Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Tenancingo

“Estudio tecnológico comparativo entre la Producción actual de comales en la Comunidad de San Simonito Tenancingo y la cerámica doméstica del Posclásico Tardío en el Valle de Tenancingo”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ARQUEOLOGÍA

PRESENTA:

ANDREANI RESENDIS SOLIS

DIRECTORES:

DR. HÉCTOR VÍCTOR CABADAS BÁEZ

DRA. VLADIMIRA PALMA LINARES

Tenancingo, Estado de México, 2022

Contenido

INTRODUCCIÓN IX

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN 1

1.1 TEMA DE ESTUDIO 1

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.2.1 Preguntas auxiliares de investigación 2

1.3 JUSTIFICACIÓN 3

1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS 4

1.4.1 Justificación del uso de la analogía en arqueología 4

1.4.2 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS 7

1.5.1 Objetivo general 9

1.5.2 Objetivos secundarios 9

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 10

2.1 La ecología Cultural 10

2.2 La Ecología Cerámica 13

2.3 Geoarqueología 16

2.4 Arqueometría 20

2.4.1 Arqueometría de materiales cerámicos 21

2.5 Petrografía de Materiales Cerámicos 22

2.5.1 Antecedentes del uso de la petrografía en Arqueología 30

2.6 Mineralogía óptica 35

2.6.1 Técnica de lámina delgada en petrografía 37

2.6.2 El microscopio Petrográfico 39

2.6.3 Clasificación de los minerales transparentes ante la incidencia de luz 41

2.6.4 Propiedades físicas y ópticas de los minerales 43

2.6.4.1 Propiedades físicas y ópticas con Luz Polarizada Plana (LPP) 43

2.6.4.2 Propiedades físicas y ópticas con Luz en Nícoles Cruzados (XPL). 47

CAPITULO 3: ÁREA DE ESTUDIO 52

3.1 El Valle de Tenancingo 52

3.1.2 Localización 52

3.2 Marco Geográfico 54

3.2.1 Clima 54

3.2.2 Vegetación 54

3.2.3 Relieve 54
3.2.4 Geología 55
3.2.5 Hidrografía 59
3.2.6 Edafología 59
CAPÍTULO 4: PRODUCCIÓN DE COMALES EN LA COMUNIDAD DE SAN SIMONITO TENANCINGO 63
CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA 68
5.1 Selección de muestras cerámicas 69
5.1.2 Metodología para la selección de las muestras cerámicas 69
5.1.3 Análisis y descripción macroscópica de las pastas identificadas y sus muestras seleccionadas. 71
PASTA 1: Inclusiones blancas transparentes 71
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS 72
PASTA 2: Micas Doradas 77
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS 79
PASTA: 3 85
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS 86
PASTA: 4 90
DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS 91
PASTA 5: Inclusiones rojas 96
DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS 97
PASTA 6: 101
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS 103
PASTA 7: CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA 106
DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRA SELECCIONADAS 108
5.1.4 Descripción de comales 111
MUESTRA 1: Sitio La Malinche 112
MUESTRA 2: Sitio Matlalac 113
MUESTRA 3: Sitio San Martín Coapaxtongo 115
MUESTRA 4: Sitio San Simonito 116
MUESTRA 5: Sitio Tepalcatepec 118
MUESTRA 6: Comal Moderno (San Simonito) 120
5.2 Recolección de muestras de suelo 122
5.2.1 Ubicación de los yacimientos de arcilla. 122

5.2.2 Descripción de los yacimientos de arcilla 123
5.2.3 Metodología para la obtención de muestras de suelo de los yacimientos 127
5.3 Elaboración de láminas delgadas de cerámica y suelo 130
5.4 Metodología para el estudio petrográfico de cerámica 136
5.4.1 Conceptos de Micromorfología de suelos utilizados en la caracterización de materiales cerámicos 137
5.4.2 Sistema de descripción de secciones delgadas de materiales cerámicos 145
5.4.3 Metodología para el cálculo de porcentajes 153
5.5 Descripción petrográfica de las muestras cerámicas y de suelo 155
5.5.1 Pasta 1: Inclusiones blancas transparentes 156
5.5.2 Pasta 2: Micas doradas 171
5.5.3 Pasta 3 186
5.5.4 Pasta 4 195
5.5.5 Pasta 5. Inclusiones rojas 207
5.5.6 Pasta 6 216
5.5.7 Pasta 7 225
5.5.6 Descripción petrográfica de comales 240
1.5.7 Descripción petrográfica de suelos 258
1.5.7.1 Muestras de suelo: Banco de extracción de materia prima No.1 258
5.5.7.2 Muestra de suelo: Banco de extracción de materia prima No.2 266
5.5.7.3 Muestra de suelo: Banco de extracción de materia prima No. 3 268
CAPÍTULO 6: RESULTADOS 270
6.1 Grupos de pasta 271
6.1.1 Pasta 1. Inclusiones blancas transparentes 271
6.1.2 Pasta 2. Micas doradas 273
6.1.3 Pasta 3. 275
6.1.4 Pasta 4. 277
6.1.5 Pasta 5. Inclusiones rojas 280
6.1.6 Pasta 6. 282
6.1.7 Pasta 7. 284
6.2 Muestras de comales. 287
6.3 Muestras de suelo 291

CAPÍTULO 7: ANÁLSIS DE LOS RESULTADOS 295
7.1 Identificación de petrogrupos 295
7.2 Naturaleza de las inclusiones 297
7.3 Preparación de la pasta 298
7.3.1 Materias primas 299
7.3.2 Modificaciones de composición/textura 300
7.4 Confección de las formas cerámicas 304
7.6 Secado 307
7.7 Acabado de superficie 307
7.8 Cocción 309
CONCLUSIONES 315
Referencias 323

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Sistemas cristalográficos de los minerales. *36*
Ilustración 2. Polarización de la luz. *40*
Ilustración 3. Principales componentes de un microscopio petrográfico. *41*
Ilustración 4. División de los minerales isótropos y anisótropos. *42*
Ilustración 5. Formas de los minerales. *44*
Ilustración 6. Hábitos más comunes de los minerales. *44*
Ilustración 7. Pleocroísmo en una hornblenda. *45*
Ilustración 8. Líneas de clivaje. *46*
Ilustración 9. Fracturas en minerales de olivino. *47*
Ilustración 11. Tabla de colores de interferencia de Michelle-Lévy. *48*
Ilustración 10. Colores de interferencia de moscovita en luz con nícoles cruzados en comparación con luz polarizada plana. *48*
Ilustración 12. Tipos de Extinción mineral. *49*
Ilustración 13. Maclas en cristales de piroxenos.. ..... *50*
Ilustración 14. Zonación triple en un cristal de Plagioclasa. *51*
Ilustración 15. Secuencia a seguir para la identificación de un mineral. *51*
Ilustración 16. Vista Noroeste del Valle de Tenancingo. *52*
Ilustración 17. Mapa de la ubicación geográfica del municipio de Tenancingo. *53*
Ilustración 18. Mapa Hipsométrico del Valle de Tenancingo. *55*
Ilustración 19. Mapa de los tipos de roca dentro del municipio de Tenancingo. *58*
Ilustración 20. Mapa de los tipos de suelo del municipio de Tenancingo. *62*
Ilustración 21. Comunidad de San Simonito Tenancingo. *63*
Ilustración 22. Materias primas.. ..... *64*
Ilustración 23 Limpieza y preparación de la pasta. *65*
Ilustración 24. Amasado de la pasta y confección del comal. *66*
Ilustración 25. Comales cocidos. *67*
Ilustración 26. Mapa de ubicación de los sitios arqueológicos del Valle de Tenancingo *69*
Ilustración 27. Proceso de inspección y selección de los grupos de pastas cerámicas a analizar. *70*
Ilustración 28. Pasta 1 (Inclusiones blancas transparentes). Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico. *72*
Ilustración 29. Pasta 1. Inclusiones Blancas. Muestra 1. Cuello de olla. Superficie externa e interna. *73*
Ilustración 30. Pasta 1 Inclusiones Blancas. Muestra 2. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna. *74*
Ilustración 31. Pasta 1. Inclusiones Blancas. Muestra 3. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna. *74*
Ilustración 32. Pasta 1. Inclusiones Blancas. Muestra 4. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna. *75*
Ilustración 33. Pasta 1. Inclusiones blancas. Muestra 5. Cajete de paredes Curvodivergentes. Superficie externa e interna. *76*
Ilustración 34. Pasta 2. Micas doradas. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico . *78*
Ilustración 35. Pasta2. Micas Doradas. Muestra 1. Cuello de olla. Superficie externa e interna. *79*
Ilustración 36. Pasta 2. Micas Doradas. Muestra 2. Borde de olla. Superficie externa e interna. *80*
Ilustración 37. Pasta 2. Micas Doradas. Muestra 3. Asa de olla. Superficie externa e interna. *81*
Ilustración 38. Pasta 2. Micas Doradas. Muestra 4. Cuello de olla. Superficie externa e interna. *82*
Ilustración 39. Pasta Micas Doradas. Muestra 5. Cuello de olla. Superficie externa e interna. *83*
Ilustración 40. Pasta 3. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico. *86*

Ilustración 41. Pasta 3. Muestra 1. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna..... 87
Ilustración 42. Pasta 3. Muestra 2. Borde de olla. Superficie externa e interna..... 88
Ilustración 43. Pasta 3. Muestra 3. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna..... 89
Ilustración 44. Pasta 4. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico. 91
Ilustración 45. Pasta 4. Muestra 1. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna..... 92
Ilustración 46. Pasta 4. Muestra 2. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna..... 93
Ilustración 47. Pasta 4. Muestra 3. Borde de cajete de paredes recto divergentes. Superficie exterior e interior..... 94
Ilustración 48 Pasta 4. Muestra 4. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna..... 95
Ilustración 49. Pasta 5. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico. 97
Ilustración 50. Pasta 5 "Inclusiones rojas". Muestra 1. Borde de olla. Superficie exterior e interior..... 98
Ilustración 51. Pasta 5 "Inclusiones rojas". Muestra 3. Borde de olla. Superficie exterior e interior..... 99
Ilustración 52. Pasta 5 Inclusiones rojas. Muestra 2. Cuerpo de olla. Superficie exterior e interior..... 101
Ilustración 53. Pasta 6. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico. 102
Ilustración 54. Pasta 6. Muestra 1. Cajete paredes recto divergentes. Superficie exterior e interior..... 103
Ilustración 55. Pasta 6. Muestra 2. Cuello de olla. Superficie exterior e interior..... 104
Ilustración 56. Pasta 6. Muestra 3. Borde de olla. Superficie exterior e interior. 105
Ilustración 57. Pasta 7. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico. 107
Ilustración 58. Pasta 7. Muestra 1. Cajete de paredes recto divergente. Superficie exterior e interior. 108
Ilustración 59. Pasta 7. Muestras 2. Borde de cajete recto divergente. Superficie exterior e interior..... 109
Ilustración 60 . Pasta 7. Muestras 3 - 5. Cuerpos de olla. Superficie exterior e interior. 110
Ilustración 61 . Comal. Muestra 1. La Malinche. Superficie exterior e interior..... 113
Ilustración 62 . Comal. Muestra 2. Matlalac. Superficie exterior e interior..... 114
Ilustración 63. Comal. Muestra 3. San Martín Coapaxtongo. Superficie externa e interna. 116
Ilustración 64. Comal. Muestra 4. San Simonito. Superficie externa e interna. 117
Ilustración 65. Comal. Muestra 5. Tepalcatepec. Superficie externa e interna. 119
Ilustración 66. Comal. Muestra 5. Tepalcatepec. Superficie externa e interna. 121
Ilustración 67 Modelo de elevación en primer plano del Cerro de la Víbora..... 122
Ilustración 68. Vista General del yacimiento número 1. Horizonte Ct. 124
Ilustración 69. Vista general del yacimiento 2. Horizonte BtC..... 125
Ilustración 70. Bloques de vertisol. 126
Ilustración 71. Limpieza del horizonte BtC. Yacimiento 2. 127
Ilustración 72. Extracción de muestra de suelo. Yacimiento 1. Horizonte Ct..... 128
Ilustración 73. Muestra embalada y señalando el área superior. Yacimiento 1..... 129
Ilustración 74. Cedula para el registro de las muestras recolectadas. 129
Ilustración 75. Pieza de cerámica impregnada en resina. 131
Ilustración 76. Corte de bloques de resina mediante cortadora de disco de diamante..... 132
Ilustración 77. Preparación y pulimento de la superficie del bloque. 132
Ilustración 78. Muestras cerámicas montadas en portaobjetos. 133
Ilustración 79. Uso de la maquina Buehler Petrothin para corte y desbaste..... 134
Ilustración 80. Pulido y acabado final de las láminas delgadas. 135
Ilustración 81. Tipos de contextura de birrefringencia..... 139
Ilustración 82. Tipos de poros.....141
Ilustración 83. Tipos de patrón de distribución relacionada g/f..... 143
Ilustración 84. Orientación de las partículas respecto a las paredes del tiesto..... 144
Ilustración 85. Sistema de descripción de muestras cerámicas desarrollado por I. K Whitbread..... 146

Ilustración 86. Formato de descripción de secciones delgadas utilizado en esta investigación.. 151
Ilustración 87. Características texturales de partículas. 152
Ilustración 88. Grado de impregnación de óxidos sobre la matriz arcillosa.. 153
Ilustración 89. Sistema de observación de puntos 154
Ilustración 90. Diagramas porcentuales de cantidad y distribución de particulas. 155
Ilustración 91. Comales Malinche, Coapaxtongo, Tepalcatepec, moderno, Matlalac, San Simonito……..290

Índice de Fotomicrografías

Fotomicrografías 1. Pasta 1. Inclusiones blancas transparentes. Muestra 1. 158
Fotomicrografías 2. Pasta 1. Inclusiones blancas transparentes. Muestra 2. 161
Fotomicrografías 3. Inclusiones blancas transparentes. Muestra 3. 164
Fotomicrografías 4. Inclusiones blancas trasparentes. Muestra 4. 167
Fotomicrografías 5. Inclusiones blancas transparentes. Muestra 5. 170
Fotomicrografías 6. Micas doradas. Muestra 1. 173
Fotomicrografías 7. Micas doradas. Muestra 2. 176
Fotomicrografías 8. Micas Doradas. Muestra 3. 179
Fotomicrografías 9. Micas doradas. Muestra 4. 182
Fotomicrografías 10. Micas doradas. Muestra 5. 185
Fotomicrografías 11. Pasta 3. Muestra 1. 188
Fotomicrografías 12. Pasta 3. Muestra 2. 191
Fotomicrografías 13. Pasta 3. Muestra 3. 194
Fotomicrografías 14. Pasta 4. Muestra 1. 197
Fotomicrografías 15. Pasta 4. Muestra 2. 200
Fotomicrografías 16. Pasta 4. Muestra 3. 203
Fotomicrografías 17. Pasta 4. Muestra 4. 206
Fotomicrografías 18. Inclusiones rojas. Muestra 1. 209
Fotomicrografías 19 Inclusiones rojas. Muestra 2. 212
Fotomicrografías 20. Inclusiones rojas. Muestra 3. 215
Fotomicrografías 21. Pasta 6. Muestra 1. 218
Fotomicrografías 22. Pasta 6. Muestra 2. 221
Fotomicrografías 23. Pasta 6. Muestra 3. 224
Fotomicrografías 24. Pasta 7. Muestra 1. 227
Fotomicrografías 25. Pasta 7. Muestra 2. 230
Fotomicrografías 26. Pasta 7. Muestra 3. 233
Fotomicrografías 27. Pasta 7. Muestra 4. 236
Fotomicrografías 28. Pasta 7. Muestra 5. 239
Fotomicrografías 29. Comal "La Malinche". 242
Fotomicrografías 30. Comal "Matlalac". 245
Fotomicrografías 31. Comal "Copaxtongo". 248
Fotomicrografías 32. Comal "San Simonito" 251
Fotomicrografías 33. Comal "Tepalcatepec". 254
Fotomicrografías 34. Comal moderno. San Simonito 257
Fotomicrografías 35. Rasgos micromorfológicos de horizonte de suelo C. Banco de extracción 1.....259
Fotomicrografías 36. Rasgos micromorfológicos de horizonte Ct. Banco de extracción 1. 261

Fotomicrografías 37. Rasgos micromorfológicos de horizonte de suelo Cu. Banco de extracción 1.. 263
Fotomicrografías 38. Rasgos micromorfológicos de horizonte suelo Cw. Banco de extracción 1……..265
Fotomicrografías 39. Rasgos micromorfológicos de horizonte de suelo BtC. Banco de extracción 2……..267
Fotomicrografías 40. Rasgos micromorfológicos de suelo vertisol. Banco de extracción 3. 269
Fotomicrografías 41. Pasta 1. Inclusiones transparentes. Muestras 1, 2, 3, 4, 5 272
Fotomicrografías 42. Pasta 2. Micas doradas. Muestras 1, 2, 3, 4, 5 274
Fotomicrografías 43. Pasta 3. Muestras 1, 2, 3 277
Fotomicrografías 44. Pasta 4. Muestras 1, 2, 3, 4 279
Fotomicrografías 45. Pasta 5. Inclusiones rojas Muestras 1, 2, 3 281
Fotomicrografías 46. Pasta 6. Muestras 1, 2, 3 283
Fotomicrografías 47. Pasta 7. Muestras 1, 2, 3, 4, 5..... 286
Fotomicrografías 48.Muestras de Comales. 289
Fotomicrografías 49. Rasgos micromorfológicos de los yacimientos de materia prima. 294

Índice de tablas

Tabla 1. Pasta 1. Inclusiones transparentes. Principales componentes minerales..... 272
Tabla 2. Pasta 2. Micas doradas. Principales componentes minerales. 275
Tabla 3. Pasta 3. Principales componentes minerales..... 277
Tabla 4. Pasta 4. Principales componentes minerales..... 280
Tabla 5. Pasta 5. Principales componentes minerales..... 282
Tabla 6. Pasta 6. Principales componentes minerales..... 284
Tabla 7. Pasta 7. Principales componentes minerales..... 286
Tabla 8.Muestras de comales. Principales componentes minerales. 289
Tabla 9. Cuadro comparativo entre las características morfológicas de las muestras de comales. 290
Tabla 10. Yacimientos de materia prima. Principales componentes minerales. 294

INTRODUCCIÓN

La cerámica es uno de los materiales arqueológicos más abundantes y su estudio es una valiosa fuente de información para conocer aspectos relacionados con la vida y el desarrollo de las sociedades pasadas; por esto es necesario realizar trabajos cerámicos que vayan más allá de un análisis en función de las características observables a simple vista.

Por tal razón la presente investigación aborda el estudio de la cerámica desde un enfoque geoarqueológico mediante la aplicación de la técnica de petrografía propia de las ciencias geológicas y siguiendo la metodología de la Micromorfología de suelos, con el fin de conocer la composición mineralógica y la organización interna de las partículas que componen la pasta de la diversa cerámica identificada como de uso doméstico y que ha sido obtenida en diferentes sitios arqueológicos del municipio de Tenancingo, los cuales a su vez forman parte del "*Proyecto arqueológico Tenancingo".*

Este trabajo busca identificar patrones tecnológicos comunes en la manufactura de cerámica entre las sociedades prehispánicas y actuales a partir de la caracterización petrográfica y micromorfológica de las pastas tanto de la cerámica arqueológica como moderna, a fin de encontrar similitudes en cuanto al uso de materias primas, modos de preparación de la pasta, técnicas de confección de las formas y el tipo de cocción empleado. Se espera que lo anterior conlleve a identificar si en el Valle de Tenancingo se desarrolló de manera local una industria de producción de cerámica que involucre el uso de materia prima semejante a la utilizada en la actualidad para la producción de comales.

Para poder llevar a cabo el objetivo antes mencionado fue necesario hacer una investigación a partir de la analogía entre los materiales cerámicos (comales) que actualmente son manufacturados en la comunidad de San Simonito con aquellos materiales prehispánicos obtenidos en las diferentes temporadas de recorrido de superficie realizadas dentro del *"Proyecto arqueológico Tenancingo".*

Dicha investigación se abordó a través del estudio petrográfico y micromorfológico mediante láminas delgadas de cerámica prehispánica y moderna, así como de muestras de suelo obtenidas de los yacimientos que actualmente son explotados para la obtención de la materia prima utilizada en la fabricación de comales.
Cabe señalar que esta investigación es un primer acercamiento hacia el estudio cerámico desde una perspectiva mineralógica, pues los trabajos en esta materia son prácticamente nulos al menos en el área de estudio y a nivel regional.

La presente investigación está organiza en siete capítulos, en los cuales se expone la información necesaria para el desarrollo de este trabajo y que permite cumplir con el objetivo planteado. En este sentido, la estructura de la investigación es la siguiente:

En el capítulo **I** se realiza el planteamiento de la investigación, la justificación, el planteamiento de la hipótesis y de los objetivos. De igual manera en este apartado se expone la importancia de la analogía y se justifica su uso y validez como herramienta de inferencia arqueológica.

El capítulo **II** corresponde al marco teórico, donde se hace referencia los enfoques y corrientes teóricas que sirven de guía y dan sustento a esta investigación. A su vez, en este apartado se reseña el papel y la importancia que ha tenido la incorporación de técnicas provenientes de las ciencias geológicas y su utilidad en el desarrollo de la arqueología. Se expone también la evolución y aplicación de la arqueometría en la solución de problemáticas relacionadas con los materiales cerámicos. Del mismo modo se aborda el origen, los antecedentes, la importancia y las ventajas de la petrografía como técnica de análisis de la cerámica arqueológica. Finalmente se describe el tema de la mineralogía óptica, el desarrollo de la técnica de láminas delgadas, el principio del microscopio petrográfico y las propiedades físicas y ópticas que permiten la identificación de las fases minerales.

El capítulo **III** atañe al entorno físico del valle de Tenancingo el cual representa nuestra área de estudio, por lo que en esta sección se tratan aspectos relacionados con la geografía del lugar tales como la geología, la fisiografía, la hidrología y la edafología; abordando principalmente los diferentes tipos de roca,

así como las características de los distintos tipos de suelo y su distribución en el área de Tenancingo.

El capítulo **IV** corresponde a una reseña acerca de la producción actual de comales en la comunidad de San Simonito Tenancingo, en este apartado se describen cada una de las etapas que intervienen en la manufactura de estos utensilios, desde la obtención de la materia prima utilizada hasta su cocción.

En el capítulo **V**, se expone la metodología utilizada para el análisis de los materiales cerámicos; se describen los criterios de selección de las muestras cerámicas y se mencionan las características macroscópicas de cada una de las muestras seleccionadas.

Se describe también el proceso de recolección de las muestras de suelo de cada uno de los yacimientos empleados en la actualidad para la fabricación de comales y se hace referencia al procedimiento utilizado para la elaboración de láminas delgadas de cerámica y de suelo.

De igual manera se desarrolla el sistema de análisis propuesto por Ian K. Whitbread para la caracterización petrográfica de cerámica en lamina delgada a partir del uso de conceptos provenientes de la micromorfología de suelos.

Por último, se presentan las cédulas de descripción petrográfica tanto de las muestras de cerámica como de suelo.

El capítulo **VI** concierne a los resultados emanados del análisis petrográfico de las láminas delgadas de cerámica y suelo. Por un lado, se resume la información relacionada con los grupos de pasta identificados, a partir de los datos derivados del análisis de cada una de las muestras cerámicas que los integran. La información comprende principalmente la caracterización de las fábricas cerámicas, confección de las formas y acabados de superficie. En segundo lugar, en cuanto a las muestras de suelo, los datos corresponden principalmente al tipo y naturaleza de las inclusiones, su forma, tamaño y abundancia.

En el capítulo **VII**, se discuten los resultados obtenidos del análisis petrográfico y micromorfológico de las muestras que integran los diferentes grupos de pasta seleccionados, así como de la muestra de comal actual. Lo anterior nos

permitió formular inferencias sobre su proceso de producción a partir de la observación de las evidencias macroscópicas y microscópicas que dejaron en los materiales las diferentes etapas de manufactura. El análisis de tales evidencias nos brindó la posibilidad de dar solución a la problemática señalada y comprobar la hipótesis planteada.

Por último, se señalan las conclusiones derivadas de la caracterización petrográfica hecha tanto a la cerámica prehispánica y actual y se esbozan las similitudes que comparten ambos sistemas de producción con respecto a la manufactura de cerámica doméstica.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE ESTUDIO:

Patrones tecnológicos comunes en la manufactura de cerámica entre las sociedades prehispánicas y actuales en Tenancingo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Los estudios realizados a cerámicas localizadas dentro de los diferentes sitios arqueológicos en el Valle de Tenancingo, únicamente se han abordado mediante un análisis macroscópico de los tiestos, tomando como eje principal de análisis aquellas características físicas que resultan significativas y que a simple vista permiten realizar una caracterización y clasificación de los materiales cerámicos, tales rasgos son el acabado de superficie, color, forma y los componentes de la pasta utilizada para su manufactura.

En la parte que compete a la pasta la identificación de las inclusiones presentes en ella y que muchas veces cumplen una función de desgrasante, solo se ha limitado a mencionarlas de manera superficial, describiendo únicamente sus características macroscópicas como son color, forma, apariencia; teorizando sobre su naturaleza en cuanto a su “clase mineralógica”, teniendo en cuenta las características antes mencionadas.

En lo que respecta a la posible procedencia de estos materiales, solamente se ha hecho una comparación con materiales de otras regiones donde se ha reportado algún tipo similar tomando como indicadores de posible procedencia los aspectos visuales mencionados anteriormente; cabe señalar que esto solo es aplicable a aquellos materiales que presentan esos rasgos, sin embargo aquellos tiestos que no los presentan y que su tratamiento y manufactura es de lo más simple resultan un problema para su posible vinculación con alguna región o grupo cultural, por lo que a menudo son relegados y poco valorados, no obstante este tipo de artefactos

austeros pueden ser un indicador sobre de una posible producción local, la cual involucra la explotación de los recursos presentes en el medio para satisfacer la demanda de artefactos domésticos o de uso cotidiano.

Una vez señalado esto y teniendo en cuenta que en la comunidad de San Simonito, actualmente se producen de manera artesanal comales; y que la obtención de la materia prima empleada para su elaboración se extrae de puntos específicos dentro de una elevación cercana a dicha comunidad, podríamos plantear la siguiente pregunta:

¿Existen similitudes entre la manufactura de los materiales cerámicos obtenidos en diferentes sitios arqueológicos de Tenancingo cuyas características nos remitan a utensilios de uso doméstico, con los procesos de elaboración que actualmente intervienen en la producción de comales en la comunidad de San Simonito, Tenancingo?

1.2.1 Preguntas auxiliares de investigación

Para responder el planteamiento antes mencionado es necesario responder también las siguientes preguntas:

¿Qué características de la producción actual son susceptibles de observarse en tiestos prehispánicos?
¿Los minerales presentes en los tiestos prehispánicos tienen alguna relación con los yacimientos actuales de obtención de materia prima?
¿El arreglo de las partículas al interior de los tiestos está relacionada con una técnica de manufactura en específico?
¿Qué alteraciones ópticas en minerales y en la matriz de arcilla podemos observar en ambas muestras y que nos hablen acerca de un proceso de cocción semejante?

1.3 JUSTIFICACIÓN:

La importancia de la presente investigación radica en la necesidad de profundizar en el conocimiento de las sociedades humanas que se establecieron en los diferentes sitios arqueológicos localizados al interior de lo que hoy es el municipio de Tenancingo, y como estos grupos aprovecharon el medio físico en el que se asentaron para explotar sus recursos y así satisfacer la demanda de materia prima necesaria para su desarrollo social y tecnológico.

A su vez se busca un mejor entendimiento sobre la dinámica de producción, comercio o intercambio de un bien altamente utilizado como la cerámica.

Debido a que este es uno de los materiales arqueológicos más abundantes, su estudio requiere un análisis más profundo y detallado de sus componentes y de los procesos inmersos en su manufactura y distribución en el área que hoy comprende el municipio de Tenancingo.

De igual manera esta investigación pretende demostrar cómo la petrografía es una herramienta de gran utilidad para la solución de problemas arqueológicos; además de que este trabajo intenta ser un primer acercamiento sobre el estudio mineralógico no solo de los componentes de la cerámica recabada en los diferentes sitios arqueológicos, sino también de los bancos de arcilla que actualmente son explotados para la fabricación de comales.

Como se mencionó anteriormente, se espera que esta investigación sea punto de partida para futuros trabajos que aborden el estudio mineralógico de la región, puesto que los trabajos de esta índole son prácticamente nulos tanto a nivel local como regional, lo que ayude a comprender mejor la dinámica social entre el hombre y el medio que le rodea.

1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

1.4.1 Justificación del uso de la analogía en arqueología

La arqueología estudia los restos materiales supervivientes de acciones humanas del pasado con el objetivo de desarrollar a través de su recuperación y análisis, interpretaciones acerca de los grupos humanos que los crearon y así comprender su estructura social, su dinámica cultural y su forma de vida (Blau, 2014; Kokkov, 2019; Matthews, 2014).

Sin embargo, como menciona Kokkov (2019), uno de los problemas a los que se enfrenta la arqueología es que el pasado ya no existe, por lo tanto, no puede ser observado directamente; es por ello por lo que se deben buscar estrategias para que, como señala Peregrine (2001) los restos materiales hablen de una manera confiable y en un idioma que podamos entender (Peregrine, 2001).

En este sentido se plantea que el arqueólogo está en la posición de aprovechar al máximo los datos limitados que ofrecen los restos materiales y buscar métodos, analogías y todo tipo de observaciones con tal de obtener algún tipo de información que ayude a entender los aspectos culturales, sociales o políticos de las personas que viven o vivieron en un sitio (Hayter, 1994, pág. 41).

A partir de lo expuesto anteriormente y como lo planteaba ya Robert Ascher desde la década de los años 60’s del siglo XX, la analogía ha sido la herramienta de interpretación arqueológica más utilizada, además de que como lo menciona Gándara (2006) se le ha considerado como un auxiliar para complementar las deficiencias del registro arqueológico (Ascher, 1961; Gándara, 2006).

Si bien el papel que juega la analogía en la interpretación arqueológica ha sido tema de debate entre diferentes escuelas arqueológicas y entre quienes defienden su uso y entre quienes la rechazan, lo cierto es que como lo indica Navarrete (2006): “*el razonamiento analógico ha sido un recurso permanente implícito o explícito en arqueología*” (Navarrete 2006, pág.225). En este sentido “*la arqueología está en buena medida basada en argumentos analógicos*” (Gándara, 2006, pág. 14).

Autores como Binford (1967), Gándara (1990,2006) y Hayter (1994) han puntualizado que el papel de la analogía no es proporcionar respuestas, sino que se le debe considerar únicamente como un mecanismo para generar ideas, modelos o hipótesis, por lo tanto, debe ser concebida como una heurística, es decir un procedimiento que permita la generación de nuevos conocimientos (Binford 1967 en Gándara 2006; Gándara 1990, 2006; Hayter 1994).

De acuerdo con Gándara (1990): "*la analogía es la aplicación básica del procedimiento de inferencia inductiva, de proyección de lo conocido a lo desconocido"* (Gándara, 1990, pág. 52)*;* y constituye *"una forma de argumento en la que las propiedades de un conjunto fuente son proyectadas al conjunto meta y que son inferidas ahí inductivamente"* (Gándara, 2006, pág. 13)*.*

Este mismo autor apunta que en la analogía el **"conjunto fuente o base de proyección analógica"** es un conjunto de propiedades conocidas que se ha observado aparecen juntas con alguna frecuencia en un caso particular, las cuales se toman como base y son proyectadas y/o comparadas con un **"conjunto meta"**, que es un caso similar y parcialmente conocido, en el que alguna o varias de sus características no han sido observadas y en el que solamente aparecen algunas de estas propiedades, entonces se infiere que a partir de la co-ocurrencia de las propiedades del conjunto base, pueden considerarse como probablemente existentes aquellas propiedades no observadas directamente en el conjunto meta (Gándara, 2006).

En resumen, "*el principio de la analogía permite inferir que, si dos conjuntos comparten características conocidas, pueden compartir características conocidas en el contexto fuente y asumidas en el contexto objeto de la analogía"* (Gándara, 1990, pág. 52).

Continuando con Gándara (2006), señala que para poder realizar proyecciones analógicas es necesario el uso de criterios de relevancia que permitan determinar si la frecuencia en que ocurre el conjunto base y su propia composición, son fundamento suficiente para la inferencia; para ello, el o los argumentos de relevancia deben tener forma de principios generales (Gándara, 2006).

Si bien menciona Gándara (2006) que desde una perspectiva particularista se ha argumentado que en lo social la concepción de principios generales es algo imposible puesto que cada sociedad es un caso único e irrepetible por lo que la analogía sería un recurso de inferencia ilegítimo; lo cierto es que como ha expresado este mismo autor, en la inferencia arqueológica intervienen distintos dominios ontológicos (áreas de conocimiento o ciencias), por lo tanto existen analogías en las que el principio general no es de índole social, sino más bien de carácter físico o químico, cuyos principios son universales, esta característica hace que sean menos susceptibles a problemas de distorsión histórica por lo tanto su uso no hace ilegítimas las analogías en que aparecen (Gándara 1990, 2006).

Tomando en consideración lo anteriormente planteado por Gándara, el estudio de la cerámica puede ser abordado a través del uso de analogías, pues como lo señalan Velde & Druc (1999) el material cerámico pasa por diferentes etapas de cambio estructural y químico debido a que en su proceso de fabricación intervienen una serie de pasos como son el modelado, secado, cocción y el posterior enfriamiento de los objetos, a partir de los cuales ocurren reacciones físicas y químicas que alteran su estado original y le otorgan nuevas características (Velde & Druc,1999). A su vez, estos autores mencionan que es importante comprender estas reacciones pues brindan información para explicar algunas de las medidas que toma el alfarero para controlarlas y así garantizar la calidad del producto final (*Ibidem,* pág. 151).

Para Velde & Druc (1999) las reacciones fisicoquímicas “visibles” son principalmente procesos de contracción y expansión estrechamente ligados a la calidad de la pasta, el tipo y cantidad de las materias primas, el tamaño de partícula, la cantidad de agua presente (plasticidad), la preparación de la pasta y las técnicas de confección utilizadas (Velde & Druc, 1999, pág. 151). Estas reacciones al ser visibles pueden ser estudiadas, analizadas, registradas, medidas y/o comparadas mediante el uso varias técnicas, entre las que destacan las técnicas ópticas como la microscopia y en específico la petrografía.

Desde una perspectiva general podemos considerar que la producción cerámica es un proceso estandarizado en lo que se refiere a su proceso de manufactura; independientemente de las características (forma, decoración, acabado de superficie) que le otorgan las sociedades que la crean, todos los materiales cerámicos (entendidos como artefactos hechos principalmente de arcilla y endurecidos por la aplicación de calor) pasan por estos pasos básicos: preparación de la pasta, formación de la pieza, secado y cocción.

De esta manera no importa que una cerámica haya sido creada hace mil años o en tiempos modernos, las reacciones fisicoquímicas que ocurren durante estas etapas de manufactura estarán presentes sin importar el tiempo o el lugar.

El único factor que determina las diferencias o el grado en que estas reacciones se ven afectadas es la tecnología empleada. Sin embargo, la observación de estas diferencias es lo que nos permite inferir el nivel de desarrollo tecnológico de los grupos que los crearon para poder (como han mencionado Velde & Druc 1999) controlar estas reacciones y obtener productos de mejor calidad.

1.4.2 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

A partir de lo anteriormente expuesto y después de discutir porqué la analogía es un recurso válido y permisible de inferencia arqueológica, es necesario para poder responder a la pregunta planeada acerca de la existencia de similitudes entre la producción cerámica actual y la prehispánica el uso de la analogía.

En este caso nuestro conjunto fuente será la producción actual de comales en la comunidad de San Simonito Tenancingo, cuyas características producto de su proceso de manufactura (materias primas, forma y tamaño de partículas, porosidad y tipos de poros, alteraciones por cocción, etc.) serán tomadas como base de proyección, mientras que nuestro conjunto meta es la cerámica prehispánica del posclásico tardío, identificada como doméstica y recolectada en diferentes sitios arqueológicos dentro del municipio de Tenancingo.

Una vez planteado esto, a fin de encontrar similitudes en ambos procesos de producción cerámica se plantea la siguiente hipótesis:

Si existen patrones tecnológicos comunes en la manufactura de cerámica entre las sociedades prehispánicas y actuales en Tenancingo… entonces en un estudio petrográfico comparativo de materiales cerámicos, se observarán las siguientes similitudes en: componentes minerales y restos de roca con misma características de forma, tamaño y redondez, que nos hable de una fuente común de abastecimiento, tipo de poros, distribución y orientación interna de las partículas y poros producto de una técnica de manufactura similar, mismo patrón de relación entre material fino y grueso, mismo tipo de contextura de birrefringencia, semejanza en el color de la pasta una vez cocida, alteraciones ópticas en minerales o en la matriz arcillosa producto de temperaturas similares de cocción, arreglo de partículas en los márgenes de los tiestos producto del uso de las mismas técnicas de acabado de superficie.

Mientras que en la comparación de tiestos prehispánicos con muestras de suelo se observará: mismos componentes minerales y fragmentos de roca con las mismas características de forma, redondez y tamaño de partícula, tipos similares de alteraciones presentes en los minerales producto de los procesos naturales de génesis que intervienen en la formación del sedimento, mismo tipo y forma de residuos inorgánicos de origen biológico como fitolitos.

1.5 OBJETIVOS:

1.5.1 Objetivo general:

Identificar patrones tecnológicos comunes de manufactura entre materiales cerámicos actuales y prehispánicos a través del estudio micromorfológico de la pasta mediante la técnica de petrografía y la metodología de micromorfología de suelos.

1.5.2 Objetivos secundarios:

- Caracterizar petrográficamente el material cerámico prehispánico y actual.
- Caracterizar petrográficamente los yacimientos actuales de extracción de materia prima.
- Identificar las técnicas a las que se sometieron las vasijas cerámicas para la elaboración de su forma a través del arreglo interno de las partículas.
- Identificar mediante el análisis de las alteraciones ópticas en los minerales y en la matriz arcillosa las posibles temperaturas de cocción a las que se sometieron las vasijas, así como el tipo de infraestructura utilizada.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se desarrollan las corrientes y enfoques teóricos empleados a partir de los cuales se guía la presente investigación con la finalidad de dar un sustento teórico a la manera en que se abordó la problemática planteada y alcanzar los objetivos programados.

Así mismo se refiere a cómo otras ciencias como la Geoarqueología, han figurado en el desarrollo de la arqueología y cómo la incorporación de sus métodos y técnicas han ayudado no solo a sistematizar el trabajo arqueológico sino también a logar un mayor entendiendo de los materiales arqueológicos, es por ello que se hace una breve semblanza a la arqueometría y como su aplicación ha ayudado a resolver problemáticas que de cierta manera no podrían ser solucionadas con los análisis tradicionales. Del mismo modo se trata el tema de la petrografía como técnica, su origen y su aplicación en los estudios arqueológicos. Por último, se aborda el tema de mineralogía óptica, el principio del microscopio petrográfico y su empleo en la identificación de minerales.

2.1 La ecología Cultural

Desde la aparición de los primeros homínidos en la tierra, el ambiente ha jugado un papel determinante en la historia y evolución del hombre, no solo provee los recursos necesarios para la subsistencia sino que también llega a influenciar las conductas y actividades humanas; fue ante esta premisa y ante un enfoque neoevolucionista o multilineal que Julian Steward desarrolló el concepto de *Ecología Cultural,* entendida como un instrumento heurístico para poder estudiar y entender el efecto que el ambiente produce sobre la cultura y así determinar los procesos creativos que toman lugar para que una sociedad mediante la cultura se adapte a su medio ambiente (Steward, 1955).

Para Steward en esta corriente el concepto de ecología adquiere otro significado: *una adaptación al ambiente,* difiriendo al usado tradicionalmente para referirse a los conjuntos bióticos, y también del empleado por otras corrientes como la ecología

biológica, humana y social; si bien en este sentido el hombre es un elemento más de las relaciones que se producen entre organismos y su entorno, este introduce el factor superorgánico de la cultura que afecta y es afectado por el ambiente, por lo tanto el comportamiento cultural del hombre no puede ser explicado mediante principios biológicos puesto que los patrones culturales no están determinados genéticamente, consecuentemente la cultura más que potencial genético para la adaptación, ajuste y supervivencia, explica la naturaleza de las sociedades humanas, por lo tanto su estudio debe ser a partir de conceptos y métodos históricos (Steward, 1955).

Ante esta nueva concepción de ecología, Steward le otorga al ambiente un papel activo en el desarrollo y evolución de las sociedades muy al contrario de otras corrientes donde el ambiente era considerado como un agente pasivo, o como lo consideraba el determinismo ambiental como un agente únicamente permisivo y limitante, es decir le permite al hombre emprender ciertas actividades y le impide otras, condicionando así el grado de complejidad social (Steward, 1955). La diferencia dice Steward, radica en "*explicar el origen de aquellos rasgos culturales particulares y los patrones que caracterizan diferentes áreas y no en buscar principios universales aplicables a cualquier situación cultural-ambiental*" (*Ibidem, pág. 6*).

A esta serie de rasgos culturales particulares Steward los engloba dentro del concepto de *núcleo cultural*, entendido como el conjunto de rasgos que son más susceptibles que otros a ser condicionados o sobre los cuales el ambiente tiene un mayor impacto, entonces se entiende que factores medioambientales específicos moldean rasgos culturales concretos; ahora bien, que ciertos factores ambientales ejerzan una influencia en determinados rasgos culturales de un área no significa que también lo haga en otras donde su injerencia puede ser distinta o en menor grado (Milton, 1997; Steward, 1955).

Los rasgos culturales a su vez son categorizados por Steward en dos tipos: los que como se vio son condicionados por los factores ambientales y por otra parte los llamados rasgos secundarios que son ajenos al ambiente, es decir aquellos que se

introducen por medio de factores histórico-culturales, por innovaciones eventuales o por difusión. Así a estos procesos adaptativos Steward los considera propiamente ecológicos y argumenta que en este sentido no se estudia el medio ambiente en su totalidad sino solo a aquellos rasgos ambientales más relevantes a los que la cultura local les presta más atención. A partir de esto es que el hombre hace uso de procesos creativos para poder adaptarse y explotar los recursos que el ambiente le ofrece; en este aspecto podemos mencionar las innovaciones tecnologías a partir de las cuales transforma su entorno, lo que a su vez genera que se desarrollen modos de organización social y de producción los cuales están determinados por los rasgos ambientales locales específicos, así aunque dos grupos compartan el mismo equipo tecnológico pueden desarrollar diferentes modos de organización debido a las diferencias ambientales por lo que las adaptaciones culturales también son diferentes (Steward, 1955).

Con base en lo anteriormente expuesto, Steward indica que la Ecología Cultural produce simultáneamente una hipótesis y una metodología; "*el problema es plantearse si los ajustes de las sociedades humanas a sus ambientes requieren de ciertos modos particulares de comportamiento o bien si estos permiten una amplia gama de posibles patrones de conducta"* (Steward, 1955, pág. 6).

Mientras que la metodología será a partir de procedimientos empíricos con el objetivo de llevar a cabo reconstrucciones históricas, por lo que han de seguirse tres procedimientos básicos:

1- Analizar la interrelación de la tecnología de explotación o producción con el medio ambiente.
2- Analizar los patrones de comportamiento social derivados de la explotación de un área particular mediante el uso de una tecnología particular.
3- Establecer hasta qué punto los comportamientos empleados para la explotación del medio afectan otros aspectos de la cultura.

Es a través de estos objetivos que la Ecología Cultural busca explicar el proceso de retroalimentación entre cultura, tecnología y entorno, establecido a través del organismo humano y de su organización cultural (Figueroa, 2016; Storå , 1994).

Harris (1991), afirma que la importancia de este método radica en la importancia que este enfoque tiene para generar hipótesis explicativas que pueden ser contrastadas mediante investigaciones etnográficas, arqueologías y ecológicas (Harris. 1991, en Figueroa, 2016), es a partir de la interacción de diferentes disciplinas que la ecología cultural adquiere un carácter interdisciplinario, "*la investigación ecológica cultural tiene muchas probabilidades de éxito gracias a la unificación de las ciencias naturales y las humanidades…la ecología cultural es esencialmente una ciencia multidisciplinar cruzada"* (Storå , 1994, pág 10)*.*

Por su parte Tomé argumenta: *los antropólogos han recurrido a técnicas de otras disciplinas sociales y las técnicas antropológicas han sido asumidas por otras ciencias en un proceso de convergencia transdisciplinar… la Ecología Cultural ofrece entonces un contexto metateórico de amplio alcance del que participar transdisciplinariamente* (Tomé, 2005, pág. 55)*.*

2.2 La Ecología Cerámica

Ecología cultural es un concepto postulado por Frederick Matson en 1965, quien lo define como una faceta de la ecología cultural, en la que se intenta relacionar las materias primas y la tecnología que el alfarero tiene disponibles de manera local con el funcionamiento dentro de su cultura de los productos que elabora (Matson, 1965, pág. 203).

Desde esta perspectiva se pretende estudiar aquellas relaciones ambientales que influyen en la producción cerámica a partir de un marco contextual donde se busca colocar los datos técnicos en un marco de referencia ecológico y sociocultural al relacionar las fuentes locales de materia prima con los procesos tecnológicos para la producción y uso de los objetos cerámicos (Rice, 1987, pág. 314). Es por ello por lo que se considera que la adaptación de la cerámica al medio ambiente determina las características físicas de los artefactos, por lo tanto, el ambiente como las características físicas de los objetos cerámicos, terminan por condicionar el comportamiento humano desarrollado para crear la cerámica (Santacreu, 2014).

Rice (1987) plantea que los estudios sobre ecología cerámica comienzan por entender el entorno ecológico a través del estudio de la geología local en la que no solo se estudian los depósitos de sedimentos y rocas sino también otros aspectos como son las condiciones hidrológicas locales, tipos de suelo, historicidad volcánica y sísmica. En este tipo de estudios los recursos de mayor importancia son las arcillas, los materiales antiplásticos, los pigmentos empleados para pintura, engobe o esmalte pero también se deben considerar aspectos relacionados con la vegetación local como la deforestación y reforestación antigua y moderna, pues este aspecto está relacionado con la accesibilidad al combustible que es empleado en la fabricación cerámica; el clima también es un elemento a considerar puesto que si bien no es factor determinante para la especialización cerámica, sí influye en la escala de producción (Rice, 1987).

Para evitar caer en un determinismo ambiental es importante destacar aquellas actividades de la producción cerámica que se encuentran más estrechamente relacionadas con factores ambientales enfatizando el papel del ambiente en las relaciones entre el comportamiento humano y la cerámica (Santacreu, 2014). Desde un punto de vista procesualista se entiende que la interacción del hombre con las materias primas responde a una perspectiva cognitiva, misma que les permite a los alfareros discernir entre la selección de las materias primas considerando variables como el color, la textura, la presencia de ciertas partículas, la plasticidad, el grado de salinidad, etc.; y en el último de los casos en los recipientes que fabrican (*Ibidem*).

De acuerdo con Rice (1987), los estudios sobre ecología cerámica pueden abordarse desde dos perspectivas, la primera es a partir de estudios experimentales en los que mediante la recolección de muestras de materia prima (arcillas), desgrasantes y pigmentos, y su posterior comparación con la cerámica de interés ayuda a entender el entorno cerámico operacional y los recursos cerámicos que fueron o son utilizados por los alfareros tanto pasados como actuales; a su vez el estudio en el laboratorio permite obtener información sobre las arcillas como son sus características físicas y grado de funcionalidad, lo que permite crear una visión

de las elecciones hechas por los alfareros para seleccionar, modificar y trabajar con arcillas específicas (Rice, 1987).

El segundo enfoque corresponde a estudios etnográficos en contextos de producción cerámica moderna, donde se estudien los patrones de comportamiento y organización social, las herramientas utilizadas, así como los patrones aprendizaje y las temporadas de producción. Los datos generados etnográficamente pueden ser utilizados para entender sociedades pasadas a través de la inferencia por analogía (Rice, 1987).

De igual manera Rice plantea que el paso final de la ecológica cerámica es relacionar los datos obtenidos sobre los factores medioambientales y sociotecnológicos de la producción cerámica con el papel que la cerámica ejerce sobre la cultura, como pueden ser la organización económica, redes de comercio, estructuras de parentesco, demografía, actividades ceremoniales o rituales, etc. (Rice, 1987, pág. 317). Finalmente, la ecológica cerámica se vincula con la tecnología cerámica de producción y la presenta como una de las diferentes maneras en que la sociedad explota ambientes particulares; le otorga al alfarero un papel activo y controlador en los procesos de manufactura; las elecciones que este hace con respecto a la selección de materias primas, técnicas de fabricación y cocción, pueden revelarse al ser estudiadas a través de análisis tecnológicos de la cerámica antigua y moderna *(ibidem).*

2.3 Geoarqueología

Como se ha mencionado anteriormente los grupos humanos se encuentran estrechamente vinculados con el medio físico que les rodea, y es a partir de su entorno que adquieren los recursos necesarios no solo para solventar sus necesidades de subsistencia, sino también aquellas relacionadas con su manera de organizarse y de entender su propia existencia; es aquí donde el paisaje físico se ve sujeto a cambios y transformaciones que están relacionados con la actividad humana, por lo que de acuerdo con Benito-Calvo, *et al* (2014) el paisaje se convierte en un elemento activo que *"influye de manera notable en el desarrollo de las culturas y la formación y preservación de los registros arqueológicos"* (Benito-Calvo, *et al,* 2014, pág. 42).

En este sentido se plantea que el conocimiento de las actividades desarrolladas por las sociedades pasadas solo es posible a través del estudio de los restos que estas dejaron en los lugares que habitaron; a esta conjunción entre restos materiales y espacio es lo que se ha denominado como yacimiento, y para Polo Díaz (2007):

> El yacimiento es el documento que registra y proporciona informacion sobre las manifestaciones de las actividades humanas así como de los procesos del medio natural en que estas se desarrollaron… contiene evideincias de distinta naturaleza e información de muy diverso origen , por ello su estudio precisa de la aplicación de métodos y técnicas procedentes de diferentes disciplinas científicas (Polo Díaz, 2007, pág. 690).

Es ante esta complejidad en la configuración y en la diversidad de elementos que integran y forman el registro arqueológico; que la asociación de la arqueología con otras disciplinas es necesaria puesto que las aproximaciones para su estudio y la información que la arqueología puede recuperar por sí sola puede resultar insuficiente al no poder abarcar en su totalidad todos los componentes materiales y naturales presentes en los yacimientos. Para solventar estas deficiencias y como se ha plantado anteriormente, la incorporación de estrategias, metodologías y herramientas provenientes de otras disciplinas constituyen un recurso indispensable a fin de obtener un mayor entendimiento de los contextos arqueológicos lo que a su vez conlleve a una mejor comprensión de las sociedades pasadas y su relación con

los lugares que habitaron (Polo Díaz, 2007).

En este sentido las Ciencias de la Tierra han jugado un importante papel transdisciplinar, pues su acercamiento a las problemáticas arqueológicas ha tenido como resultado el surgimiento y desarrollo de disciplinas como la geoarqueología y zooarquelogía (Vallverdú, 2002).

Esta relación entre ciencias de la tierra y arqueología comienza a finales de los años 1700 y durante los años de 1800, en esta época surge un interés sobre las relaciones hombre-ambiente, la cronología estratigráfica y la antigüedad humana; para principios de 1900 comienza a haber un refinamiento del uso de la estratigrafía en el estudio de sitios arqueológicos, así como de la aplicación de técnicas de campo y de laboratorio relacionadas con el estudio de paleoambientes y el análisis de fuentes de materia prima. Sin embargo, es hasta los años 1950s-1970s que la interacción entre geociencias y arqueología se intensifica volviéndose indispensables para la interpretación del registro arqueológico y para entender la conexión de los grupos humanos y los sistemas ambientales (Hill, 2017).

El término geoarqueología fue acuñado por primera vez por Colin Renfrew en 1976 (Goldberg & Macphail, 2008), entendiéndose como una disciplina que utiliza, integra y aplica los métodos, conceptos, técnicas y herramientas de las Ciencias de la Tierra para dar solución a problemáticas arqueológicas relacionadas no solo con la formación del registro arqueológico sino también para aquellas que tienen que ver con el análisis de artefactos (Butzer, 1989; Rapp & Hill, 1998 en Acevedo, 2014). Acevedo (2014) señala que las investigaciones geoarqueológicas:

> Implican la realización de trabajos interdisciplinarios donde los objetivos, modelo teórico, estrategia metodológica y análisis se construyen conjuntamente desde la arqueología y disciplinas comprendidas por las ciencias de la tierra para al final, llegar a la resolución de un problema concerniente a como fue la vida en el pasado (Acevedo, 2014, pág. 123).

Paul Goldberg (2008) menciona que el trabajo geoarqueológico puede estar dividido en diferentes fases, como pueden ser: las investigaciones de escritorio (documentales), trabajos en campo, recolección y evaluación de muestras y finalmente los estudios de laboratorio (Goldberg & Macphail, 2008). En este último

tipo de investigaciones menciona que las técnicas de laboratorio se han vuelto más sofisticadas; en un principio los estudios geoarqueológicos adoptaron técnicas de la geología y pedología para la caracterización de suelos y sedimentos cuyo análisis se centraba en la granulometría y características físicas como la forma de las partículas, abundancia y mineralogía. Sin embargo, un avance notable en geoarqueología ha sido la aplicación de la micromorfología de suelo para resolver una amplia variedad de cuestiones arqueológicas (Goldberg & Macphail, 2008).

La micromorfología de suelo es definida como el estudio del suelo a través de muestras no perturbadas y orientadas mediante técnicas microscópicas o ultramicroscópicas para determinar la composición y naturaleza de sus constituyentes, su arreglo y relación espacial, con el objetivo de deducir sus relaciones genéticas y cronológicas (Stoops & Nicosia, 2017, pág. 1).

Esta disciplina fue desarrollada en la década de 1930 por el científico austriaco W.L. Kubiëna; cuando en su obra “Micropedology” publicada en1938, planteaba una terminología y conceptos sistemáticos propios para el estudio de secciones delgadas de suelos. Esta terminología sería ampliada posteriormente por Roy Brewer en los años 1960 y por FitzPatrick en los años 1980 (Stoops & Nicosia, 2017).

Si bien el desarrollo de esta disciplina ha sido para el estudio de suelos en geología donde es ampliamente utilizada; fue I W. Cornwall el primero en aplicar este método a un contexto arqueológico, quien en 1958 publicaría “*Soils for the Archaeologist”* un manual basado en la metodología de Kubiëna, y desarrollado para la toma de muestras no perturbadas de suelos, la preparación de secciones delgadas y en el que además planteaba como la micromorfología puede ayudar en la caracterización y clasificación de suelos provenientes de depósitos arqueológicos así como de los suelos aledaños a estos. A pesar de ello sería hasta la década de 1980 cuando la micromorfología realmente comenzó a utilizarse dentro de la arqueología (Karkanas & Goldberg, 2017; Stoops & Nicosia, 2017).

Si bien el estudio de los suelos provenientes de yacimientos arqueológicos ha sido el principal enfoque que se le ha dado a la micromorfología dentro de la arqueología,

esta puede también ser aplicada tanto a materiales de construcción como a objetos cerámicos, líticos, metales, entre otros (Stoops & Nicosia, 2017).

En lo que respecta al análisis de materiales y especialmente en el caso de la cerámica, los estudios geoarqueológicos y micromorfológicos implican una lectura detallada de los artefactos para que como lo señala Acevedo (2014) no solo lleve a caracterizaciones complejas de sus componentes, sino que a través de su análisis el proceso tecnológico involucrado en su producción pueda ser revelado permitiendo obtener información relacionada con las sociedades que lo produjeron. Así el análisis de estas tecnologías ayuda a identificar posibles fuentes de obtención de materia prima, centros de producción y posibles redes de intercambio; planteando también la posibilidad de profundizar en aspectos sociales como pueden ser la división del trabajo, la influencia o conformación de grupos de poder, influencias y filiaciones políticas expresadas en la manufactura de los artefactos y en cierta medida la transmisión de conocimiento para la elaboración cerámica (Acevedo, 2014).

Es preciso señalar que hoy en día la geoarqueología ha alcanzado mucha importancia en las investigaciones arqueológicas ayudando a comprender mejor el impacto del hombre sobre el paisaje, su enfoque a partir de las ciencias naturales y en especial de las geociencias hace que puede ser aplicada en cualquier registro arqueológico y en cualquier contexto ambiental independientemente de su ubicación; además sus metodologías y técnicas pueden ser utilizadas para examinar la manera en que los ecosistemas interactúan con el hombre en varias escalas de tiempo y espacio (Goldberg & Macphail, 2008; Hill & Rapp, 2014).

2.4 Arqueometría

Los estudios tradicionales enfocados al análisis de materiales arqueológicos ofrecen en cierto punto una limitada información puesto que la mayoría de las veces se centran únicamente en aquellos aspectos que son más fácilmente observables y que ofrecen información básica de los materiales estudiados; para solventar esta limitante es que se han tomado técnicas y procedimientos instrumentales desarrollados en otras disciplinas científicas y se han aplicado al estudio de materiales arqueológicos ayudando no solo a ampliar la información sino también a obtener nuevos datos que ayudan a una mejor comprensión sobre los materiales arqueológicos tanto en su producción como en el rol que pudieron jugar dentro de la sociedad que los produjo y empleó.

A la incorporación de técnicas y métodos instrumentales procedentes de las ciencias aplicadas y enfocadas al estudio de los diferentes tipos de restos arqueológicos se le ha denominado **Arqueometría.**

El término arqueometría apareció por primera vez en 1958 cuando la Universidad de Oxford fundo a través del *Research Laboratory of Archaeology and the History of the Art* la revista ***"Archaeometry"***, cuya línea inicial se centraba únicamente en análisis físico-químicos (Vieira Fernandes & Dias Coelho, 2011).

Westfall (2006) menciona que los estudios arqueométricos "*constituyen un ámbito de investigación transdisciplinario en el cual convergen arqueólogos, geólogos, conservadores, físicos, químicos, biólogos e ingenieros, entre otros con el fin de obtener, a través del uso de técnicas instrumentales la máxima información tecnológica, cultural e histórica acerca de los distintos materiales arqueológicos que componen el patrimonio arqueológico universal" (*Westfall, 2006, pág. 775, en Vieira Fernandes & Dias Coelho, 2011).

De manera general se afirma que los campos de estudio sobre los que actua la arquemetría son cinco:

1. Datacion; 2. Análisis físico-químicos de materiales incluyendo tecnología, origen y uso de los mismos; 3. Estudios paleoambientales; 4. Prospección geofísica y

teledetección espacial; 5. Metodos matemáticos y estadísticos (Taylor 1982; Langouet 1982; Tite 1991; McGovern 1995; en Montero, et al, 2007).

2.4.1 Arqueometría de materiales cerámicos

Sin lugar a dudas uno de los materiales arqueológicos sobre los cuales se pueden realizar numerosos y diversos estudios arqueométricos es la cerámica. Debido a su alta resistencia a la degradación y a su poca alteración en condiciones favorables lo convierte en un material idóneo para pruebas físico-químicas. En consecuencia, los estudios arqueométricos pioneros enfocados en el estudio de la cerámica arqueológica comenzaron a realizarse en las primeras décadas del siglo XX, sin embargo, es hasta la década de los años 60's donde adquiere un desarrollo significativo (Santacreu, 2014).

Si bien existen diferentes temas relacionados al estudio de la cerámica; los estudios arqueométricos enfocados al estudio de la composición y caracterización de las pastas cerámicas resultan de gran importancia pues aportan abundantes y diversos datos cuantitativos y cualitativos, así como información relacionada con la tecnología empleada por las sociedades pasadas para la producción de cerámica, su uso, mantenimiento, intercambio, comercio y su posterior deposición (Santacreu, 2014; Tite , 1999). Este tipo de estudios composicionales generalmente tienen como objetivo reconocer la transmisión cultural a través de la caracterización de las arcillas y los desgrasantes del material cerámico para así identificar el material cerámico local del foráneo (Garrison, 2016).

En este sentido los análisis geoquímicos y petrográficos son dos métodos ampliamente utilizados en la caracterización cerámica, ayudando a resolver problemáticas relacionadas con el origen o procedencia de las arcillas empleadas para la manufactura de los objetos cerámicos (Tite 1999, Vandiver 2001, en Garrison, 2016). A su vez estos métodos pueden ser complementados mediante la aplicación de otras técnicas analíticas (XDR, SEM, SEMPA, etc.), logrando un mejor entendimiento de las condiciones en que la cerámica fue producida, lo que a su vez lleva a formular inferencias interpretativas mejor sustentadas (Garrison, 2016, Santacreu, 2014).

De acuerdo con Garrison (2016), este tipo de estudios centran su interés en los siguientes aspectos:

a) **La naturaleza y origen de las materias primas** (arcillas, desgrasantes, pigmentos) y los métodos de trabajo de los antiguos alfareros.
b) **Las propiedades físicas de las materias primas**, desde la preparación de la arcilla, construcción de las formas, secado, cocción, hasta su transformación en el producto cerámico final.
c) **La naturaleza de las reacciones químicas y físicas**, que tiene lugar durante la cocción, como una huella para acercarse a la tecnología que tuvieron acceso los antiguos alfareros.
d) **El uso, procedencia y comercio** de los productos fabricados.

Teniendo en consideración los aspectos mencionados anteriormente es posible hacer comparaciones entre grupos cerámicos, establecer grupos a través de sus propiedades químicas y conocer sus diferencias en términos ópticos de sus componentes. En este último rasgo la petrografía se ha convertido en un método ampliamente utilizado para diferenciar ópticamente las propiedades físicas de la cerámica, pues permite identificar diferentes partículas como son: arcillas, minerales, fragmentos de roca, y otros materiales que forman parte de los objetos cerámicos (Santacreu, 2014).

2.5 Petrografía de Materiales Cerámicos

La petrografía es una técnica desarrollada y ampliamente utilizada por la geología cuyo principal objetivo es la descripción y caracterización sistemática de rocas y sedimentos a través de su composición y estructura mineralógica. Los estudios petrográficos pueden realizarse en dos vertientes que son: a través de muestras de mano (macroscópica) y por medio de sección delgada (microscópica) (Whitbread, Petrography, 2017). La petrografía microscópica mediante sección delgada es una técnica muy popular y ha tenido un papel relevante en el estudio de la cerámica arqueológica. Debido a que la cerámica puede considerarse como una roca sedimentaria metamorfizada, hace que la metodología empleada para el análisis

petrográfico de rocas y sedimentos pueda también ser aplicada a los restos cerámicos (Garrison, 2016; Stoltman, 2015).

La petrografía por sección delgada es una técnica destructiva, pues implica obtener una sección de la muestra, su posterior adherencia a un portaobjetos de vidrio, su adelgazamiento mediante desbaste, y un pulimento final hasta obtener un espesor cercano a las 30 micras (0.03mm); este grosor es necesario puesto que a este nivel la mayoría de los minerales más comunes se vuelven translucidos y pueden ser identificados con base a sus características ópticas mediante el uso de microscopios de luz polarizada (Freestone, 1995; Middleton, 1997; Stoltman, 2015).

Otra de las limitantes que presenta la petrografía es que le es imposible identificar los minerales que componen la arcilla, debido a que ésta luce como una matriz homogénea en el que el tamaño de sus partículas es demasiado pequeño (< 0.002 mm) como para ser identificadas. Finalmente, una tercera limitante es su incapacidad para proveer información acerca de la composición química de las arcillas (Stoltman, 2015).

Teniendo en consideración los aspectos antes mencionados la petrografía en sección delgada centra su interés en conocer las características físicas de las inclusiones no plásticas que integran las arcillas y cuyo tamaño visible (> 0.002 mm), permite observar sus características texturales como abundancia, forma y tamaño (Freestone, 1995; Stoltman, 2015).

Al conjunto de inclusiones no plásticas que forman parte de las arcillas se le conoce como fracción gruesa y en el caso específico de la cerámica, su cantidad dentro de la pasta puede llegar a ser menor al 50%. El origen de estas partículas puede ser de dos tipos: 1) partículas que se encuentran de manera natural (minerales, rocas) en los depósitos de arcilla y cuya presencia responde a procesos naturales de formación de sedimentos. 2) materiales que han sido agregadas de manera intencional por los alfareros, conocidos como desgrasantes, cuya finalidad es mejorar las propiedades de las arcillas (plasticidad, maleabilidad, cocción, etc.) y pueden ser materiales orgánicos e inorgánicos como minerales, fragmentos de roca,

fragmentos de tiestos (grog), concha, hueso, restos vegetales, etc. (Kolb, 2017; Stoltman, 2001).

Varios autores (Kolb, 2017; Rice, 1987; Santacreu, 2014; Stoltman, 2001) señalan que uno de los principales objetivos de la caracterización petrográfica, es tratar de distinguir las partículas que ocurren de manera natural en la arcilla de aquellas que han sido agregadas deliberadamente; hacer esta distinción dice Stoltman (2001) es un paso importante pues permite hacer inferencias respecto a la producción e intercambio de la cerámica que de otro modo seria imposibles de realizar, además que ayuda a resolver cuatro de los principales problemas que implica el estudio de restos cerámicos: clasificación, función, producción e intercambio (Stoltman, 2001).

Para poder hacer esta distinción y resolver las cuestiones anteriormente planteadas, el análisis petrográfico centra su atención en las características texturales de la pasta; en este sentido el término textura hace referencia a los rasgos físicos que presentan tanto la matriz arcillosa como la fracción gruesa; sin embargo, este tipo de análisis suelen ser aplicados principalmente a esta última.

Con base en lo anteriormente planteado se establece que el análisis textural de las cerámicas debe realizarse a través de dos enfoques uno cualitativo y otro cuantitativo (Santacreu, 2014; Stoltman, 2015). De acuerdo con Braekmans & Degryse (2017) los análisis cualitativos se enfocan principalmente en distinguir las diferentes fuentes de arcilla que fueron empleadas, basándose en el tipo y abundancia de diferentes minerales y rocas incluidos en la *fábrica* de la cerámica (Braekmans & Degryse, 2017, pág. 236).

Para poder realizar estas observaciones es necesaria la descripción de los atributos físicos que presentan las partículas gruesas mediante el uso de parámetros granulométricos con el fin de ubicar en una escala sus características como frecuencia, tamaño y forma. Granulométricamente el tamaño de las partículas en cerámica se ha clasificado en cinco niveles: *fino* (0.625-0.49 mm), *medio* (.25-.499 mm), *grueso* (.50-.99 mm*), muy grueso* (1.00-1.99 mm), *gravilla* (>2.00 mm) (Stoltman, 2015). En el caso de la forma, el parámetro más utilizado es el grado de

redondez de las partículas, clasificándose en *angulares, subangulares*, *subredondeadas* y *redondeadas*.

Se considera que redondez v/s angulosidad en el análisis de materiales cerámicos, es un rasgo que sirve para distinguir entre inclusiones naturales y desgrasantes, pues se establece que las inclusiones naturales tienden a presentar un mayor grado de redondez a consecuencia de procesos erosivos naturales que estos han sufrido durante su formación (Santacreu, 2014). Por otra parte, materiales agregados como concha, hueso, fragmentos de roca o tiestos al ser sometidos a procesos de trituración o molienda adquieren como consecuencia formas con una alta angulosidad (Stoltman, 2001, pág. 301). Con base a lo anteriormente planteado distinguir entonces entre partículas naturales y partículas agregadas de manera intencional, puede considerarse como un proceso sencillo, sin embargo, el problema surge cuando se utilizan restos de suelo y arenas como desgrasantes, existe la mezcla de arcillas, o por el contrario cuando se realiza la separación intencional de componentes gruesos (levigación). En este sentido, Stoltman (2001) señala que hacer la distinción entre desgrasantes e inclusiones naturales puede ser una tarea imposible de realizar (*Ibidem.* pág. 301).

Por su parte los análisis cuantitativos están enfocados en la medición en términos de cantidad tanto de las partículas naturales como de los desgrasantes que en conjunto conforman la fracción gruesa, es decir, determinar el porcentaje que la fracción gruesa representa dentro la pasta; y a su vez determinar el porcentaje que cada una de las partículas que integran la fracción gruesa representa de manera individual. La medición del tamaño y la frecuencia en que ocurren las partículas también forman parte de los análisis cuantitativos.

Este tipo de análisis suelen ser tediosos e implican una alta inversión de tiempo pues las mediciones deben ser realizadas de manera manual a partir del conteo directo de las partículas mediante estimaciones visuales (Braekmans & Degryse, 2017; Santacreu, 2014; Stoltman, 2001). El método más utilizado para realizar estas mediciones es el llamado "*point counting",* un método utilizado por la geología para medir en sección delgada las proporciones de minerales presentes en las rocas y

cuyo principio técnico es aplicable a las secciones delgadas de cerámica (Stoltman, 1991). Este procedimiento y su aplicación serán desarrollados a mayor profundidad en el capítulo V.

La información que se obtiene a partir del uso de ambos enfoques en la caracterización petrográfica de restos cerámicos se ha clasificado en dos principales vertientes: estudios de procedencia/caracterización y tecnología (Middleton, 1997; Peacock, 1970). En el primer caso, se establece de manera general que el tipo de rocas y minerales presentes en la pasta son un reflejo de la geología del área del cual se obtuvieron las materias primas, por lo tanto, es posible inferir las características geológicas del área donde se localizan los yacimientos y, a través del conocimiento de la geología del área bajo estudio, poder inferir el área de origen de la cerámica (Freestone, 1995; Peacock, 1970). Este tipo de estudios son fortalecidos cuando se realizan comparaciones entre el material cerámico y muestras de sedimentos locales o bien con muestras obtenidas de yacimientos conocidos etnográficamente dentro del área de estudio, esto con el propósito de conocer si tanto la pasta como los desgrasantes son materiales disponibles localmente. Al realizar estos análisis es posible diferenciar entre cerámicas locales y foráneas, y a su vez entender procesos de intercambio y comercio entre diferentes regiones (Childs, 1989; Stoltman, 2001). No obstante, Freestone (1995) indica que existen casos en donde no es posible determinar la fuente de procedencia, como, por ejemplo, cuando una misma geología abarca grandes extensiones, cuando la pasta es sumamente fina y carece de fracción gruesa o cuando la fracción gruesa es dominada únicamente por el uso de desgrasantes no diagnósticos como tiesto molido o materia orgánica (Freestone, 1995).

Por su parte los estudios sobre tecnología tienen como propósito de acuerdo con Santacreu (2014): identificar tanto los materiales como las técnicas empleadas en la producción de cerámica con la finalidad de interpretar estas acciones técnicas dentro de la sociedad (Santacreu, 2014). Una metodología ampliamente utilizada para el estudio de la producción cerámica es la llamada “Cadena operativa” *(chaîne opératoire)*, desarrollada por el francés André Leroir-Gourhan a mediados del siglo

XX. La aplicación de dicha estrategia menciona Santacreu *(op. cit.):* busca ordenar y comparar las elecciones técnicas realizadas por los alfareros, así como un marco coherente para establecer las relaciones existentes entre los materiales y técnicas involucradas en todo el proceso de la producción cerámica (Santacreu, 2014, pág. 55).

Se establece entonces que los análisis petrográficos son de gran utilidad para inferir aspectos de manufactura como la preparación de las pastas, las técnicas empleadas para la confección de las piezas, tratamientos de superficie, así como las condiciones en que la cerámica fue cocida; todo ello a partir de la caracterización de los componentes gruesos y en menor medida de la matriz arcillosa (Childs, 1989; Rice, 1987; Santacreu, 2014; Stoltman, 2001).

El caso de los métodos de confección de las piezas, técnicas como el enrollado, el modelado, moldeado o el uso de torno puede ser inferido a través del grado de alineación que presentan las inclusiones al interior de la pasta, pues esta alineación es el reflejo del grado de intensidad y orientación de la fuerza aplicada durante los procesos de formación (Childs, 1989). En el caso del enrollado es posible observar los puntos de unión entre los rollos de arcilla además de que la orientación concéntrica de las partículas puede ser una evidencia de su uso (Santacreu, 2014).

Lo mismo ocurre con el acabado de la superficie, donde el grado de alineamiento de las inclusiones cercanas a los márgenes de las paredes son evidencia del tipo de tratamiento aplicado a las superficies; el pulido, por ejemplo, señala Santacreu (2014) provoca un alineamiento paralelo muy marcado de las inclusiones que se encuentran más cercanas a las superficies (*Ibidem. pag.85*).

En lo que respecta a los procesos de cocción, durante esta fase, se producen cambios físico-químicos que afectan en distintos niveles a los diferentes componentes de la pasta, llegando a transformar en algunos casos sus propiedades ópticas y químicas. Ciertos minerales clave funcionan como indicadores térmicos y cuya reacción al calor permite inferir las temperaturas de cocción, así como el tipo de estructura empleada (Childs, 1989; Peacock, 1970; Santacreu, 2014). Algunos ejemplos de termo indicadores son la mullita, cuya presencia indica que una

temperatura mínima de 950°C fue alcanzada. De igual manera carbonatos como la calcita o la concha se destruyen cuando se alcanzan temperaturas superiores a los 800°C (Childs, 1989; Middleton, 1997; Santacreu, 2014; Velde & Druc, 1999).

La matriz arcillosa también puede ser un indicador de la temperatura de cocción, puesto que, a temperaturas superiores a los 850°C, comienza el proceso de vitrificación, durante el cual se destruye la estructura cristalina original de los minerales de arcilla, transformándose en una matriz vítrea amorfa y ópticamente isotrópica debido a que la birrefringencia de las partículas de arcilla es destruida. Por el contrario, una matriz arcillosa anisotrópica y birrefringente significa que los minerales de arcilla preservan su estructura cristalina y por lo tanto no se alcanzó la fase de vitrificación; estimando entonces temperaturas de cocción menores a 800°C (Freestone, 1995; Middleton, 1997; Santacreu, 2014).

Con base a todos los aspectos anteriormente planteados se establece que la caracterización hecha tanto a la fracción gruesa como a la matriz arcillosa y su relación entre ambas, permite la identificación y determinación de *petrofábricas* cerámicas, cuya identificación tiene como finalidad clasificar las pastas cerámicas a partir del tipo de inclusiones, la organización interna de sus componentes, tecnología y origen (Santacreu, 2014).

El término "*fábrica"* de acuerdo con Whitbread (1988,2017) hace referencia a las propiedades que constituyen el material cerámico una vez cocido, incluyendo aspectos de la matriz arcillosa, la organización y arreglo de la estructura interna, el tamaño, forma, frecuencia y composición de las inclusiones, poros y el color; pero sin tomar en cuenta los acabados de superficie (Whitbread, 1988, 2017).

El determinar diferentes tipos de fábricas hace que sea posible crear grupos cerámicos definidos a partir de sus características petrográficas, y estos grupos subsecuentemente pueden ser divididos en subgrupos los cuales se determinan mediante la observación de diferencias que permitan distinguir variaciones entre las cerámicas que forman parte de un mismo grupo; tales diferencias pueden ser quizá la presencia o ausencia de determinados minerales o rocas, diferencias texturales o en el arreglo interno de las inclusiones, etc. (Santacreu, 2014).

En consideración a todo lo anteriormente expuesto, la petrografía en sección delgada es una técnica que nos proporciona información relevante a una serie de preguntas relacionadas con el estudio de la cerámica arqueológica y tal como lo señala Stoltman (2001), su uso no se limita únicamente a la identificación de las partículas presentes en la pasta, su papel tradicional dentro de la arqueología, sino que nos permite obtener datos únicos y sólidos respecto a cuestiones relacionadas con el comportamiento humano (Stoltman, 2001, pág. 307).

Finalmente, Childs (1989) menciona las razones por las que la petrografía en sección delgada es una técnica sumamente útil desde un punto de vista práctico para la investigación de la cerámica arqueológica:

1.- Solo una pequeña sección de las vasijas es necesaria para realizar este tipo de estudios.

2.- Es de gran utilidad en el estudio de vasijas sin decorar y que carecen de atributos de superficie para su caracterización.

3.- Las secciones delgadas se convierten en un registro permanente de los tiestos, las cuales pueden ser reexaminadas continuamente a medida que surgen nuevas preguntas de investigación.

4.- Proporciona datos cuantitativos que pueden reproducirse, compararse sistemáticamente, manipularse y probarse estadísticamente.

5.- La petrografía es económica en comparación a otros métodos de caracterización de materiales, excepto por el cuidado y tiempo requeridos para la fabricación de las secciones delgadas.

Si bien el uso formal de la petrografía en arqueología se remonta cuando menos a principios de los años 1930’s, lejos de convertirse en una técnica obsoleta ante el surgimiento de nuevas y sofisticadas técnicas de caracterización, la petrografía se ha consolidado como un método fiable para el estudio de los restos cerámicos puesto que no solo puede ser complementaria a técnicas enfocadas en análisis elementales, sino que la petrografía provee información única e importante acerca de la composición física de la cerámica arqueológica, información que no se puede

obtener satisfactoriamente por ningún otro método (Garrison, 2016; Stoltman, 2001).

2.5.1 Antecedentes del uso de la petrografía en Arqueología

De las primeras observaciones en lámina delgada de materiales arqueológicos, podemos mencionar las realizadas a mediados del siglo XIX por Henry Clifton Sorby, quien observó muestras de ladrillos romanos y medievales del Este de Inglaterra. En 1879 Ferdinand Fouqué publicaría uno de los primeros tratados sobre el estudio petrográfico de cerámica, donde identificó e ilustró inclusiones volcánicas contenidas en la cerámica prehistórica de Thera en la isla griega de Santorini en el mar Egeo (Quinn, 2013). En 1890 el geólogo alemán Karl Georg Richard Lepsius recolectó 409 muestras de mármol provenientes de esculturas clásicas y canteras de la región de Ática en Grecia, de las cuales determinó y clasificó microscópicamente diferentes tipos de mármol a partir de características como el color y el tamaño de las inclusiones (Peterson, 2009).

Anatole Bamps y Gustav Nordenskiold analizaron petrográficamente cerámica de grupos nativos de América del Norte; el trabajo realizado por Nordenskiold en 1893 sobre tiestos de Mesa Verde en Colorado puso de manifiesto la importancia de los estudios mineralógicos para la determinación de la procedencia de la cerámica (Quinn, 2013). No obstante el uso de los análisis mineralógicos como una herramienta para resolver problemas de procedencia adquirió mayor relevancia en 1942 cuando la arqueóloga norteamericana Anna O. Shepard publicó los resultados de un trabajo a gran escala en la región de Pecos, Nuevo México; Shepard realizó un estudio petrográfico de 679 tiestos de la cerámica Rio Grande Glaze Paint provenientes de esa región, clasificó los tiestos petrográficamente tomando como principal indicador las inclusiones y el desgrasante y los comparó con la geología del lugar para obtener información sobre la fuentes de materia prima; de esta manera Shepard pudo determinar que mucho del desgrasante utilizado no estaba disponible para los alfareros de la región de Pecos, llegando a la conclusión de que la mayor parte del desgrasante fue importado de otros lugares, lo que implicaba una amplia red de comercio a gran escala y una especialización artesanal en la región.

En el mismo año (1942), Wayne M. Felts de la Universidad de Cincinnati, realizó un estudio petrográfico de material cerámico proveniente de Troya en la costa occidental de Turquía, Felts comparó el desgrasante utilizado con muestras de suelo de la región, los resultados que obtuvo le permitieron diferenciar entre cerámica producida localmente y aquella que fue importada; también pudo observar que los objetos importados presentaban diferentes técnicas de manufactura con respecto a los objetos locales.

Frederick R. Matson en su artículo *Technological Ceramic Studies* publicado en 1942 resaltaría la importancia de estudiar la tecnología empelada en la manufactura de objetos cerámicos, Matson argumentaba que los estudios cerámicos tradicionales no eran suficientes para entender el proceso de producción, por lo tanto debían realizarse análisis petrográficos para estudiar la tecnología y las materias primas involucradas en el proceso de manufactura, esto con la finalidad de comprender mejor el papel del alfarero y sus productos en la sociedad. Matson realizó secciones delgadas de 308 tiestos del Valle de Amuq en Turquía, y los clasificó de acuerdo a la mineralogía de la pasta, a su vez las comparó con muestras de arcilla local para diferenciar entre materias primas locales e importadas. Durante su participación en la expedición "Minnesota Messenia" en Grecia, Matson complementó sus estudios petrográficos de cerámica con datos etnográficos de producción moderna de la región (Peterson, 2009).

Posteriormente a la publicación de Shepard en 1942, valiosos trabajos sobre petrografía cerámica fueron publicados entre 1945 y 1970, entre los que cabe destacar los realizados en el suroeste de Estados Unidos por parte de Danson y Wallace (1956) y Warren (1967, 1969); los llevados por Porter de 1963 a 1966 en el medio Oeste estadounidense, y los realizados en Gran Bretaña por parte de David Peacock (1968). Para 1965 Shepard publicaría "*Ceramics for the Archaeologist"* obra en la que pondría de manifiesto la importancia de los estudios de tecnología cerámica y el valor de los estudios cerámicos (Quinn, 2013;Peterson, 2009).
La mayor parte de estos trabajos estuvieron enfocados en el estudio del desgrasante añadido de manera intencional por los alfareros, como indicador para

diferenciar entre productos locales y foráneos (Stoltman, 1991). En su trabajo sobre cerámica romana gruesa de Fishbourne Inglaterra, Peacock utilizó análisis de texturas, método empleado en petrología sedimentaria, este método lo empleó para clasificar la cerámica a través de las características que presentaban los granos de cuarzo, tales como redondez, esfericidad, porcentaje y la distribución de los tamaños del grano; si bien Peacock no fue el primero en utilizar esta técnica, sus trabajos contribuyeron a que el uso de este técnica se popularizara (Peterson, 2009).

Para la década de los años 70's los trabajos petrográficos de cerámica continuaron centrándose en el estudio del desgrasante, no obstante las observaciones se volvieron cuantitativas y se comenzó a emplear la técnica de conteo de puntos o análisis modal derivada de la geología; esta técnica supuso un avance para la determinación precisa de las cantidades de desgrasante empelado, destacan en este aspecto los trabajos de Dickinson y Shutler 1971, 1974; Vince, 1977; Rugge y Doyel, 1980; Rose y Fournier,1981; Tankersley y Meinhart, 1982; O'Malley *et al,* 1983; Garrett, 1986; Ferring y Perttula,1987; Lombard, 1987 (Stoltman, 1991).

La mayor parte de los trabajos petrográficos habían centrado su atención en las inclusiones y en el desgrasante de los tiestos; sin embargo se comenzaba a poner interés en la matriz arcillosa de los tiestos, en este aspecto destacan los trabajos de Porter (1963a 1963b 1963c) y Warren (1967), si bien el tamaño de las partículas de arcilla son demasiado pequeñas para ser observadas, el interés radicaba en estudiar aquellas partículas de tamaño de arena, que están presentes de manera natural en los yacimientos de arcillas; lo significativo de estas primeras investigaciones es que la matriz arcillosa podía ser considerada como una variable independiente del desgrasante, ayudando a responder preguntas sobre comercio e interacción cultural (Stoltman, 1991).

A mediados de la década de los 80's Ian K. Whitbread de la Universidad de Leicester, haría uso de las técnicas desarrolladas para la micromorfología de suelo, Whitbread (1986, 1989) defendería el empleo de estas técnicas para la descripción de la microestructura de la pasta en sección delgada, pues permitía

caracterizaciones más precisas y detalladas (Peterson, 2009). Para finales de la década de los 80's Stoltman propondría el uso de técnicas cuantitativas en sección delgada como una herramienta para solucionar problemas taxonómicos o de clasificación cerámica; esta técnica que propondría Stoltman, sería una versión del conteo de puntos a fin de estimar de manera más precisa la cantidad de desgrasante añadido intencionalmente así como las inclusiones naturales, la cual en conjunto con los análisis cualitativos amplía aún más la capacidad de la petrografía para ayudar a resolver problemas de tecnología, producción comercio y clasificación de la cerámica (Stoltman, 1989).

En la década de los 90's destacan los trabajos de Peter M. Day, de la Universidad de Sheffield, quien durante sus investigaciones en Creta (1995-1997), demostró el potencian de combinar la petrografía con técnicas químicas y la microscopía electrónica de barrido, ayudando a comprender mejor prácticas regionales y locales de producción y distribución. Por su parte los trabajos de Christine Shriner en Lerna, Grecia (1999-2001), destacan la importancia de que los análisis petrográficos deben ser complementados con el estudio de fuentes locales de materia prima a fin de resolver problemas de procedencia.

Finalmente, para los inicios del siglo XXI se ha considerado a los análisis petrográficos como un complemento de rutina en análisis modernos integrales de cerámica arqueológica (Peterson, 2009).

En lo que respecta a estudio petrográfico en el área mesoamericana, el empleo de esta técnica ha tenido una mayor aplicación en el área maya donde resaltan los trabajos realizados por Anna O. Shepard (1956, 1964,1966, 1971); los realizados por Sayre, Chan y Sablod sobre el tipo cerámico Naranja fino (1971); los estudios sobre el tipo Plomizo por parte de Harbottle y Sayre (1975), los trabajos sobre la cerámica pizarra en Oxkintok por Valera y Leclaire (1999), así como los trabajos sobre el vidrio volcánico y su uso como desgrasante por Isphording y Wilson (1974), Simmons y Brem (1979) en la península de Yucatán (Varela & Leclaire, 1999). Destacan también los trabajos etnoarqueológicos de Dean E. Arnold (1971, 1980,1991), quien se ha enfocado en estudiar las fuentes de materia prima para la

elaboración de cerámica moderna en Yucatán. Para el área de Chiapas se han realizado estudios de pastas en Palenque, Ocozocoautla, San Cristóbal de las Casas, Chinikiha y Yaxilan, estos dos últimos se han abordado de manera más reciente (Jiménez Alvarez, 2015).

Para otras regiones de Mesoamérica, como el área Olmeca, resalta el trabajo de Stoltman, Marcus, *et al* (2005), enfocado al estudio del intercambio de vasijas de cerámica tallada con motivos iconográficos, en este estudio se demostró que estas vasijas tienen múltiples orígenes y una amplia comercialización entre las tierras altas y bajas, contradiciendo lo que anteriormente se había planteado de que el origen de este tipo de vasijas se limitaba únicamente a la costa del Golfo (Stolman, Marcus, Flannery, *et al*, 2005).

Para el centro de México, destaca el estudio llevado por Barba, *et al*, (2009) sobre la caracterización de la piedra caliza empleada para la elaboración de estuco en Teotihuacán, especialmente en el área de Teopancazco; en este trabajo se hizo uso de la petrografía aunado a técnicas analíticas de materiales, para determinar la procedencia de la piedra caliza (Barba, *et al* 2009).

Hartford (s.f.) realizaría una pequeña clasificación petrográfica de material del periodo clásico proveniente de Azcapotzalco, haciendo también una comparación entre la petrografía y la técnica de Activación Neutrónica.

Para la región de Guerrero, Meanwell (2017) realizó el análisis petrográfico de tres sitios de la región media del Balsas, estos sitios fueron; La Quesería, Itzímbaro y Mexiquito; con la finalidad de identificar y detallar la tecnología de producción cerámica desarrollada y utilizada en esa región de Guerrero (Meanwell, 2017).

En la región del Valle de Toluca, encontramos los análisis en Calixtlahuaca por Meanwell (2013, 2014), Huster (2016), enfocados al estudio de la cerámica doméstica; en el último caso se buscaba observar el posible impacto de la conquista azteca sobre el uso, producción e intercambio de bienes cerámicos de uso común (Meanwell, 2013, 2014 en Huster 2016; Huster 2016).

2.6 Mineralogía óptica

La mineralogía es una ciencia y rama de la geología que tiene como propósito el estudio de las formas, propiedades, composición, yacimiento y origen de los minerales (Rivera Mantilla, 2005). Esta ciencia está relacionada tanto con la física como con la química pues utiliza técnicas de estas ciencias cuando los minerales son analizados en el laboratorio (Dana & Hurlbut, 1960).

Los minerales son sustancias solidas formadas mediante procesos inorgánicos naturales; se caracterizan por tener propiedades físicas homogéneas y una composición química característica, las cuales son fijas o pueden variar en límites definidos, pero su característica principal es el poseer un ordenamiento atómico fijo y característico para cada mineral (Mottana, Crespi, & Liborio, 1978)

Al presentarse en estado sólido, los minerales pueden adoptar una forma geométrica, cuando esto sucede se le denomina **cristal,** y es considerado como un cuerpo solido homogéneo que posee un ordenamiento interno tridimensional y que en su aspecto externo se expresa por la formación de superficies planas y pulidas (Dana & Hurlbut, 1960).

Los cristales de acuerdo a su morfología y estructura cristalina se clasifican en siete sistemas cristalográficos:

- **Cúbico:** La base de cristalización es un cubo, tiene tres ejes de cristalización misma longitud perpendiculares entre sí.
- **Tetragonal:** La forma geométrica es un prisma de base cuadrada y caras rectangulares, tiene tres ejes perpendiculares ente sí, dos de mismos parámetros y el tercero vertical es diferente.
- **Rómbico u ortorrómbico:** Prisma recto, de base y caras laterales rectangulares, tiene tres ejes de parámetros desiguales y perpendiculares entre sí.
- **Hexagonal:** Prisma recto de base hexagonal y caras laterales rectangulares, presenta cuatro ejes de simetría, tres en un plano horizontal de parámetros iguales colocados a 60° uno del otro y un cuarto en un plano vertical y perpendicular a los otros tres.

- **Trigonal o romboédrico:** Prisma de caras paralelepípedas de lados iguales dos a dos, es una variante del sistema hexagonal, con el mismo tipo de ejes.
- **Monoclínico:** Prisma de caras verticales inclinadas, presenta tres ejes de simetría de parámetros diferentes, dos ejes son perpendiculares entre sí y el tercero inclinado con respecto al eje vertical.
- **Triclínico:** Prisma de caras inclinadas, tiene tres ejes de simetría desiguales y los tres se hayan inclinados entre sí.

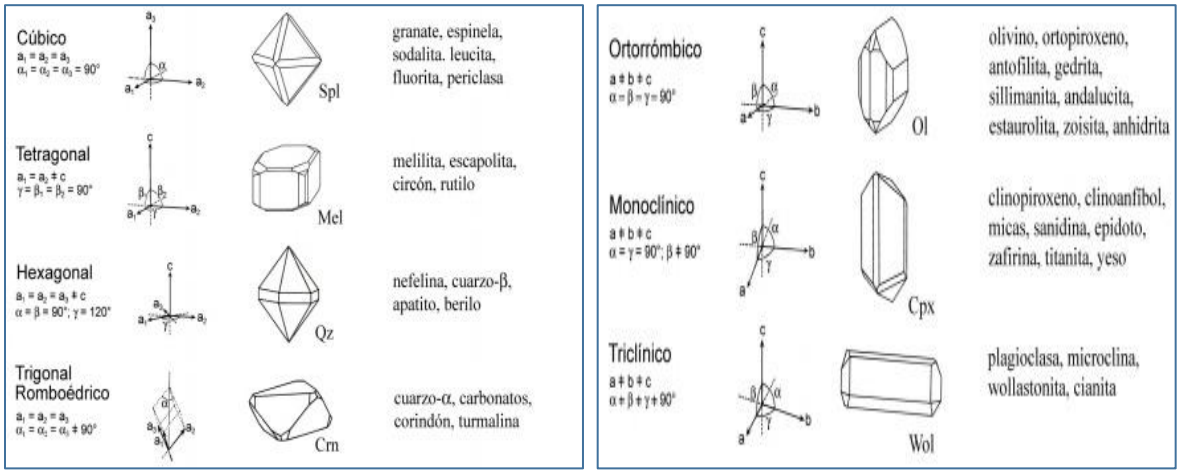


Ilustración 1. Sistemas cristalográficos de los minerales. Tomado de Raith, Raase, & Reinhardt, 2012.

Con base en lo anterior tenemos que la mineralogía óptica es una disciplina que tiene como finalidad la observación y descripción de las características visuales de los minerales transparentes cuando sobre estos hay una incidencia de luz; debido al tamaño de los minerales, estas observaciones se realizan mediante el uso de un microscopio óptico de luz polarizada y mediante el uso de muestras conocidas como láminas delgadas.

En los apartados siguientes se describen a mayor detalle cada uno de los aspectos a considerar que interviene en un estudio óptico de los minerales que componen una roca o un suelo.

2.6.1 Técnica de lámina delgada en petrografía

El método de observación de minerales por la técnica de sección o lámina delgada fue desarrollado por la geología para resolver problemas relacionados con la formación, composición y estructura de las rocas.

Podemos decir que las observaciones de minerales bajo el microscopio comenzaron prácticamente a la par desde que este fue inventado por Zacharias Janssen a finales del siglo XVI; dentro de los primeros intentos de observación mineral mediante el uso del microscopio podemos mencionar a Robert Boyle quien en 1663 examinó las inclusiones de un diamante con la finalidad de poder observa alguna peculiaridad en él; en 1774 se realizaron observaciones microscópicas mediante rocas pulverizadas, sin embargo se desconoce quién fue el precursor de este método; posteriormente algunos de los que utilizaron este método en sus investigaciones fueron Dolomieu, De Bellevue (1800), entre otros. Para 1816 Cordier sugería el método de separación mineral mediante el lavado en agua (Johannsen, 1914).

No obstante, el suceso que inició la revolución en cuanto al análisis microscópico de minerales fue el descubrimiento de la luz polarizada por el físico y matemático francés Louis Malus en 1808, quien además propuso en 1810 la teoría de la birrefringencia de los cristales. Los primeros intentos por utilizar este tipo de luz en los análisis de minerales fuero efectuados por Sir David Brewster en 1816 y por Biot (Johannsen, 1914).

El siguiente gran paso en la microscopia mineral fue la creación del prisma polarizador inventado por William Nicol en 1828, el cual permitía la transmisión en una sola dirección de un haz de luz, a su vez fue el propio Nicol quien desarrolló por primera vez una sección delgada de madera fósil, Nicol adelgazó la muestra de madera hasta que fuera transparente al microscopio. Para 1834 el inglés William Henry Fox Talbot, acopló por primera vez dos de estos prismas a un microscopio creando así el primer microscopio de luz polarizada (Croft, 2006). Los primeros especímenes observados bajo el microscopio polarizado fueron secciones delgadas de madera, fósiles, minerales y dientes (Peterson, 2009).

Destacan las observaciones hechas por Henry Witham en 1881 sobre madera fósil, así como las de Andrew Pritchard y los del profesor Unger de Grätz (1842), quienes además en sus publicaciones comienzan a sistematizar el proceso de elaboración de secciones delgadas destacando en especial el método de laminación desarrollado por el profesor Grätz. Para 1850 el científico inglés Henry Clifton Sorby utilizó un microscopio de luz polarizada y determinó como distinguir cuarzo, calcita y calcedonia, siendo el primero en demostrar que las características y propiedades ópticas exhibidas por los minerales en luz polarizada permitían su identificación, además mencionaba que el grosor de una sección delgada no debía ser mayor a 0.025mm. En 1882 Sorby publicó una descripción completa de sus métodos de sección delgada y su técnica se volvió estándar en campos de la geología, petrología y sedimentología, por lo que se le puede considerar como el padre de los métodos petrográficos modernos (Croft, 2006; Johannsen, 1914; Peterson, 2009).

Por su parte en Alemania, destacan los trabajos de Oschatz de 1851 a 1856, quien fue el primero en intentar moler minerales solubles en agua, además obtuvo una muestra de carnalita desbastándola mediante el uso de un aceite etéreo. Las muestras preparadas por Oschatz eran montadas en láminas de vidrio de 34 x 21 mm, eran extremadamente delgadas y bien pulidas.

No obstante, los trabajos posteriores realizados por otros investigadores sobre secciones delgadas no se hacían a través de una vía sistemática, fue hasta que en 1863 el mineralogista alemán Ferdinand Zirkel en su obra *Mikroskopischen Gesteinsstudien* hizo un estudio sistemático de secciones delgadas y daba las indicaciones para su estudio y preparación basados en su propia experiencia. Más tarde en 1867 Vogelsang en su *Philosophie der Geologie und Mikroskopischen Gesteinsstudien* daba las indicaciones para la preparación de secciones delgadas (Johannsen, 1914).

Cabe señalar que las propiedades ópticas de los minerales utilizadas por Sorby (1850) y posteriormente por Zirkel (1863) para la identificación mineral son hoy en día utilizados no solo en el estudio de minerales sino también en materiales orgánicos e inorgánicos e incluso en materiales biológicos (Croft, 2006).

2.6.2 El microscopio Petrográfico

Como se mencionó anteriormente las observaciones petrográficas se realizan mediante el uso de un microscopio óptico de luz transmitida; el cual en estructura y funcionamiento es similar a los microscopios tradicionales, con la diferencia de que el principal componente para realizar las observaciones en este tipo de microscopios es el uso de la llamada luz polarizada.

La luz visible que es perceptible por el ojo humano solo corresponde a una fracción del espectro electromagnético y está comprendida entre los 400 y los 700nm ($1nm=10^{-7}cm$) dentro de la longitud de onda; de acuerdo con lo anterior Tauler Ferre y Canals Sabaté nos mencionan:

> La luz visible está compuesta por un vector eléctrico y uno magnético que vibran en direcciones perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación de la onda, en mineralogía óptica solo se considera la interacción del vector eléctrico con el enlace químico entre los átomos del mineral (Tauler Ferre & Canals Sabaté, 2015, pág. 30).

Así la luz vibra en todas las direcciones de manera radial y estas direcciones forman intersecciones perpendiculares a 90° con respecto a la dirección en que viaja el haz de luz; cuando en la dirección del haz de luz se interpone un elemento polarizador este actúa como una especie de filtro el cual solo dejar pasar aquellas vibraciones que viajan en un mismo plano o dirección, generándose así la denominada luz polarizada. Otra de las características de los agentes polarizadores es que al polarizar la luz se reduce también la intensidad lumínica (Tauler Ferre & Canals Sabaté, 2015).

El microscopio petrográfico incorpora un sistema de dos polarizadores, uno fijo ubicado en el área inferior por encima de la fuente de iluminación y otro en la parte superior en el área de observación y se localiza entre el ocular y los objetivos, su polarización es perpendicular (90°) con respecto al polarizador inferior; es decir si el polarizador superior polariza en una orientación Este-Oeste, mientras que el polarizador inferior lo hará en una orientación Norte-Sur. A este segundo polarizador

se le conoce también como ***analizador*** y tiene la característica de que puede ser insertado y removido (Tauler Ferre & Canals Sabaté, 2015).

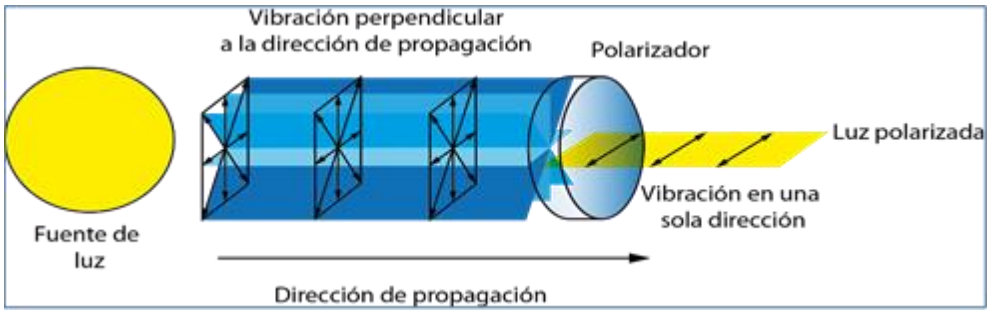


Ilustración 2. Polarización de la luz.

Otro de los componentes que distinguen a un microscopio petrográfico es la platina giratoria, que es el componente sobre el cual se coloca la muestra, su forma es circular con una rotación y graduación de 360° que lo permite realizar mediciones de ángulos de minerales, así como observar otras características ópticas de los minerales mientras se gira.

El resto de los componentes del microscopio petrográfico son similares a los de uno tradicional, cuenta con un sistema de oculares y objetivos compuestos por lentes que permiten observar y hacer aumentos de la muestra; la fuente de luz que proporciona la iluminación hacia el objeto a observar, los tornillos macrométrico y micrométrico que controlan la altura de los objetivos y permiten enfocar la muestra de manera nítida.

Se tiene además otros accesorios como la lente de Bertrand colocado por encima del polarizador superior y permite observar la figura de interferencia la cual es útil para diferenciar los minerales de acuerdo a su sistema de cristalización (minerales uniáxicos y biáxicos).

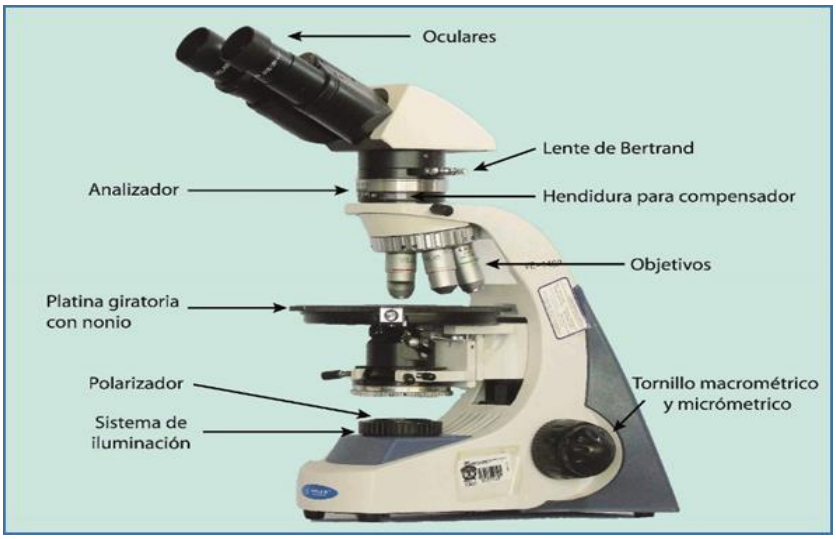


Ilustración 3. Principales componentes de un microscopio petrográfico.

2.6.3 Clasificación de los minerales transparentes ante la incidencia de luz

Como se ha mencionado anteriormente, los minerales presentan una serie de características cuando son sometidos ante la incidencia de luz sea esta natural o polarizada.

Un aspecto que hay que tener en consideración es el llamado **índice de refracción,** que es definido como la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un medio correspondiente (Vv/V). En mineralogía óptica se considera que el valor de la velocidad de la luz en el vacío es igual a la velocidad de la luz en el aire por lo que su valor es igual a 1 y de cualquier otro medio es mayor a 1. (Chirif Rivera, 2010). En un mineral el índice de refracción depende de la variación de la velocidad de la luz al pasar del aire al interior del mineral, a su vez esta variación de velocidad va acompañada de un desvío de la velocidad de propagación.

Los minerales dependiendo de cómo se comporte el valor de su índice de refracción se clasifican en dos grupos: **minerales isótropos** y **minerales anisótropos**.

- **Minerales isótropos:** Son aquellos minerales en que la luz se mueve a la misma velocidad en diferentes direcciones, por lo tanto, el valor de su índice de refracción es único y se mantiene constante. Visualmente estos minerales se observan oscuros bajo nícoles cruzados. Su indicatriz en una esfera.

Los minerales que se consideran isótropos son aquellos que cristalizan en el sistema cubico, el vidrio, los gases y la mayoría de los líquidos. (Tauler Ferre & Canals Sabaté, 2015).

- **Minerales anisótropos:** Minerales en los que la velocidad de la luz no es la misma en todas las direcciones del cristal por que encuentra entornos eléctricos diferentes, lo que trae como consecuencia que los índices de refracción sean diferentes en diferentes direcciones. Esta variación en los índices de refracción a su vez generan el color.

Los minerales anisótropos a su vez se dividen en dos grupos:

- **Uniáxicos:** Minerales con índices refracción de igual magnitud en direcciones cooplanares y de magnitud diferente en la dirección ortogonal a dicho plano. La indicatriz es una elipse de revolución. Corresponden a este grupo los minerales que cristalizan en el sistema tetragonal, hexagonal y romboédrico.
- **Biáxicos:** Minerales con índices de refracción diferente magnitudes en cada una de las tres direcciones ortogonales entre sí. La indicatriz es un elipsoide triaxial. En este grupo se encuentran los minerales que cristalizan en el sistema rómbico, monoclínico y triclínico.

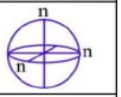
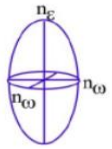
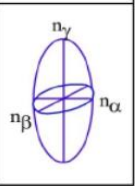
Sistema Cristalino		Características Ópticas		Índices Refracc.	Indicatriz
Cúbico	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Isótropos		n	
Tetragonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Anisótropos	Uniáxicos	n_ω n_ε $(n_\omega \neq n_\varepsilon)$	
Hexagonal	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$ $\beta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$				
Trigonal	$a_1 = a_2 = a_3 = c$ $\beta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$				
Rómbico	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$		Biáxicos	n_α n_β n_γ $(\alpha < \beta < \gamma)$	
Monoclínico	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta \neq 90^\circ$				
Triclínico	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$				

Ilustración 4. División de los minerales isótropos y anisótropos. La indicatriz es el modelo que representa las características ópticas de un mineral. Imagen tomada de Chirif Rivera, 2010.

2.6.4 Propiedades físicas y ópticas de los minerales

En mineralogía óptica se consideran dos propiedades principales que poseen los minerales, por un lado, las características físicas las cuales corresponden a aquellos rasgos morfológicos que presentan los minerales como consecuencia de su acomodo atómico estructural; y por otra parte las características ópticas, que son los fenómenos ópticos que se producen al momento en que la estructura cristalina del mineral reacciona ante la incidencia de luz.

Como se mencionó en el apartado anterior el microscopio petrográfico está compuesto por dos polarizadores; en mineralogía óptica las observaciones realizadas únicamente con el polarizador inferior se le denomina Luz Polarizada Plana (LPP); cuando se inserta el segundo polarizador se le conoce como Luz con Nícoles Cruzados (XPL). Es importante señalar que dependiendo del tipo de luz empleada se observarán diferentes propiedades físicas y ópticas de los minerales.

A continuación, se describen aquellas características físicas y ópticas que se observan dependiendo del tipo de luz que se use.

2.6.4.1 Propiedades físicas y ópticas con Luz Polarizada Plana (LPP)

- **Tamaño:** Se refiere a las dimensiones que presenta un mineral, los tamaños suelen ser variados y su ambiente de formación influye en esta característica, por lo que puede haber minerales con tamaños en centímetros, milímetros o micras.
- **Forma:** Esta característica está definida por los contornos del mineral y está relacionada a qué tan geométrico se observa un mineral; cuando se observa una forma geométrica clara se dice que el mineral es **euhedral**, si existe una aparente pero no muy definida forma geométrica se le denomina **subhedral**, y cuando la forma es irregular, redondeada y sin ninguna tendencia a una forma geométrica se le nombra como **anhedral**.
-

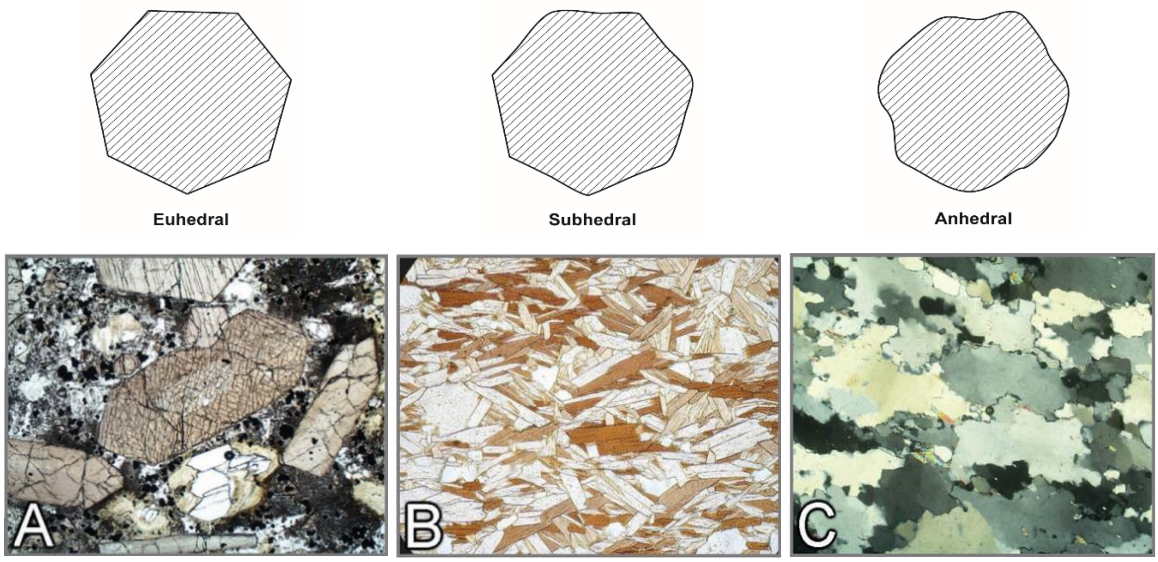


Ilustración 5. Formas de los minerales: A) Forma Euhedral. B) Forma Subhedral. C) Forma Anhedral. Imágenes tomadas de Raith, et al, 2012.

- **Hábito:** Es la forma del mineral, la cual adquiere durante su formación y se refleja en el mineral por una tendencia a presentar una o dos más caras dominantes. Los tipos de hábitos más comunes son: equidimensional, prismático, tabular, laminar, fibroso y acicular (Tauler Ferre & Canals Sabaté, 2015).

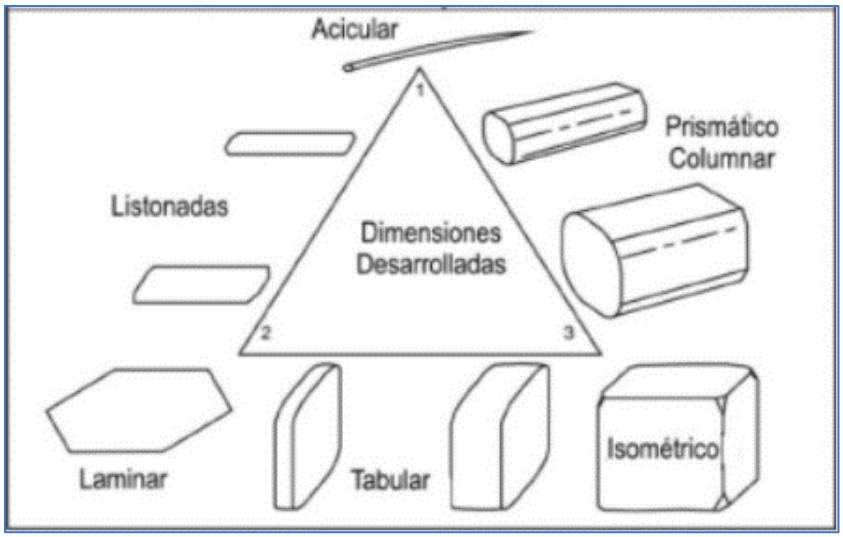


Ilustración 6. Hábitos más comunes de los minerales. Imagen tomada de Chirif Rivera, 2010.

- **Relieve:** Esta propiedad se puede considerar como una ilusión óptica que se produce debido a la diferencia entre los índices de refracción de un mineral y la sustancia (bálsamo del Canadá, resina poliéster, resina epoxi) con la que se ha impregnado la muestra. Los minerales con un índice de refracción mayor al de la resina (>n_1.54) suelen dar la sensación de tener una elevación mayor con respecto a la matriz y se consideran de relieve alto, por el contrario, aquellos que dan una impresión de hendidura o depresión se les considera de relieve bajo; cuando no se produce ninguno de los dos se dice que el relieve es medio (Chirif Rivera, 2010).

- **Color:** Se produce ante la respuesta de la incidencia de la luz sobre el mineral y es el resultado de la combinación de la reflexión, absorción y transmisión de la luz al entrar en contacto con la superficie del mineral. El color está relacionado con los elementos absorbentes que constituyen el mineral. El color puede variar en un mismo mineral por variaciones en la composición y presentar zonación de color (Tauler Ferre & Canals Sabaté, 2015)
- **Pleocroísmo:** Fenómeno por el cual un mineral presenta un abrupto o sutil cambio de color al momento de girar la platina, esto se produce debido a que un mineral puede, dependiendo de su orientación, absorber la luz de diferente manera. El pleocroísmo es clasificado como fuerte, moderado o débil dependiendo de qué tan elevado sea este cambio de color.

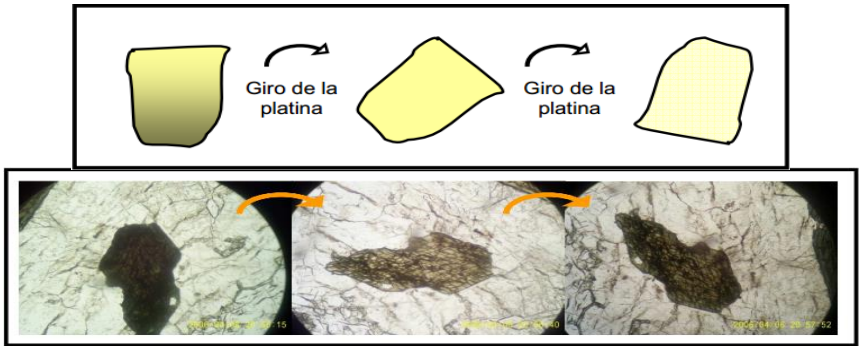


Ilustración 7. Pleocroísmo en una hornblenda. Imagen tomada de Pupo Dorticós & Crúz Gámez, 2008.

- **Exfoliación, clivaje o líneas de crucero:** Corresponde a un conjunto de líneas que se observan en la superficie del mineral; estas líneas corresponden a divisiones o particiones a lo largo de una o más direcciones que siguen los planos cristalográficos caracterizados por enlaces atómicos débiles. Los minerales pueden presentar una o más líneas de exfoliación, sin embargo, un mineral puede también no presentar clivaje. El clivaje y también la ausencia de este es una importante propiedad morfológica para la identificación mineral puesto que el número de líneas de clivaje, así como los ángulos que se forman por la intersección de estas pueden ser distintivos de especies minerales y también de grupos enteros de minerales (Raith, Raase, & Reinhardt, 2012).

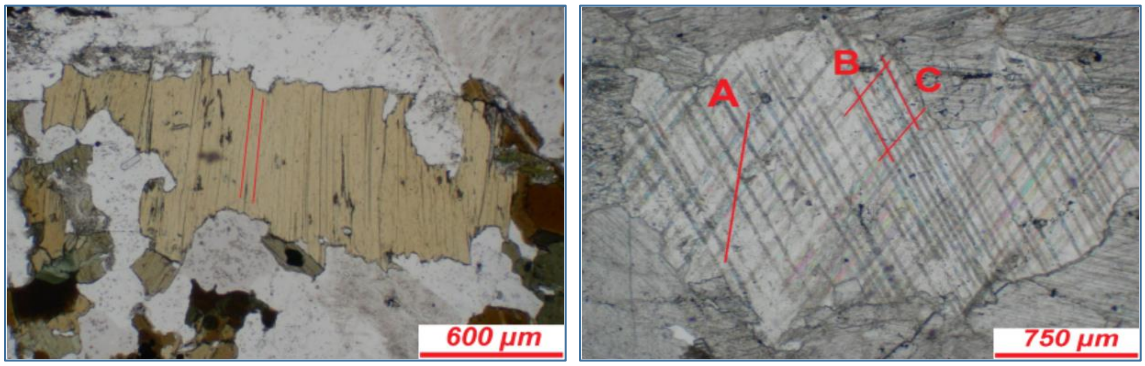


Ilustración 8. Líneas de clivaje en una dirección en un grano de biotita, y líneas de clivaje en tres direcciones en una calcita, notar los ángulos que se forman por la intersección de estas. Imágenes tomadas de Chirif Rivera, 2010.

- **Fracturas:** Líneas de ruptura que no siguen una dirección cristalográfica determinada como con las líneas de clivaje; cuando los granos minerales son expuestos a esfuerzos mecánicos externos o esfuerzos internos durante su enfriamiento rápido, estos desarrollarán fracturas irregulares (Klein & Hurlbut, 1996; Raith, Raase, & Reinhardt, 2012).

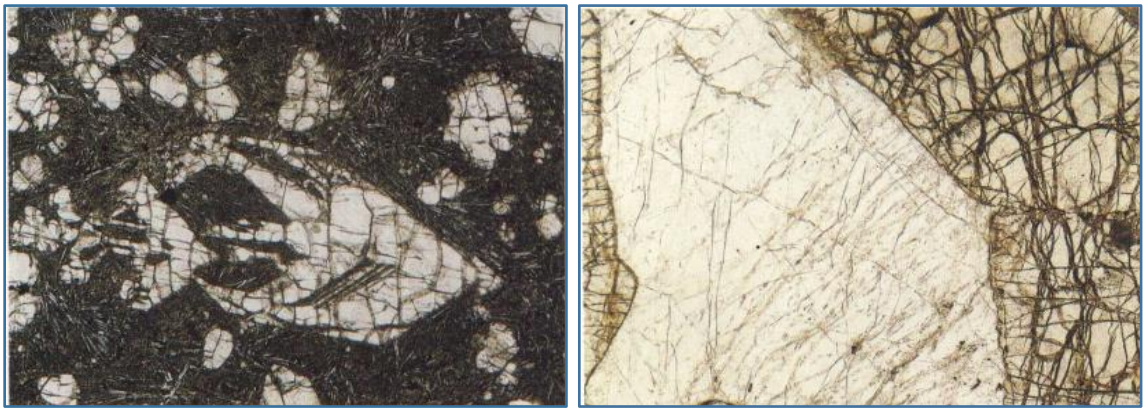


Ilustración 9. Fracturas en minerales de olivino. Imágenes tomadas de MacKenzie, et al. 1996.

2.6.4.2 Propiedades físicas y ópticas con Luz en Nícoles Cruzados (XPL).

- **Birrefringencia o doble refracción:** Se genera cuando un haz de luz incide sobre los cristales transparentes y es doblemente refractada en dos haces que vibran de manera perpendicular entre sí; todos los minerales cristalinos anisótropos presentan doble refracción (Kerr, 1965). La Birrefringencia es la máxima diferencia numérica entre los índices de refracción mayor y menor de un mineral y constituye una característica propia de cada especie mineral (Pupo Dorticós & Crúz Gámez, 2008).
-
- **Colores de interferencia:** Característica relacionada con la birrefringencia; es el color formado por la interferencia de los rayos desfasados al abandonar un medio anisótropo. El color de interferencia depende de la magnitud del desfase, lo que a su vez está determinado por la birrefringencia del mineral y el espesor de la muestra o lámina delgada. Los colores de interferencia se clasifican en colores de primero, segundo o mayor orden; la tabla de Michelle-Lévy, relaciona el color de interferencia en términos del desfase o retardo expresado en nanómetros, la birrefringencia y el espesor de la lámina delgada (Chirif Rivera, 2010).

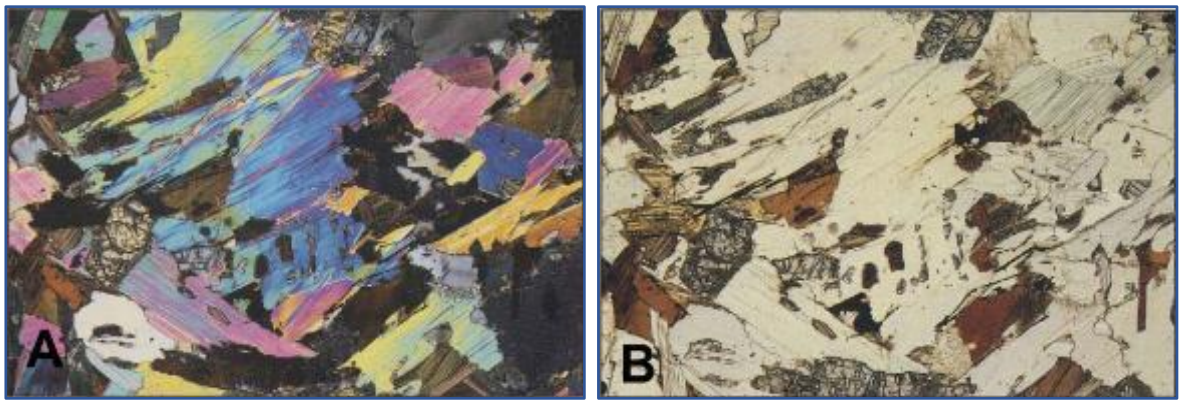


Ilustración 11. (A) Colores de interferencia de moscovita en luz con nícoles cruzados en comparación con luz polarizada plana (B). Tomado y modificado de MacKenzie & Adams, 1997.

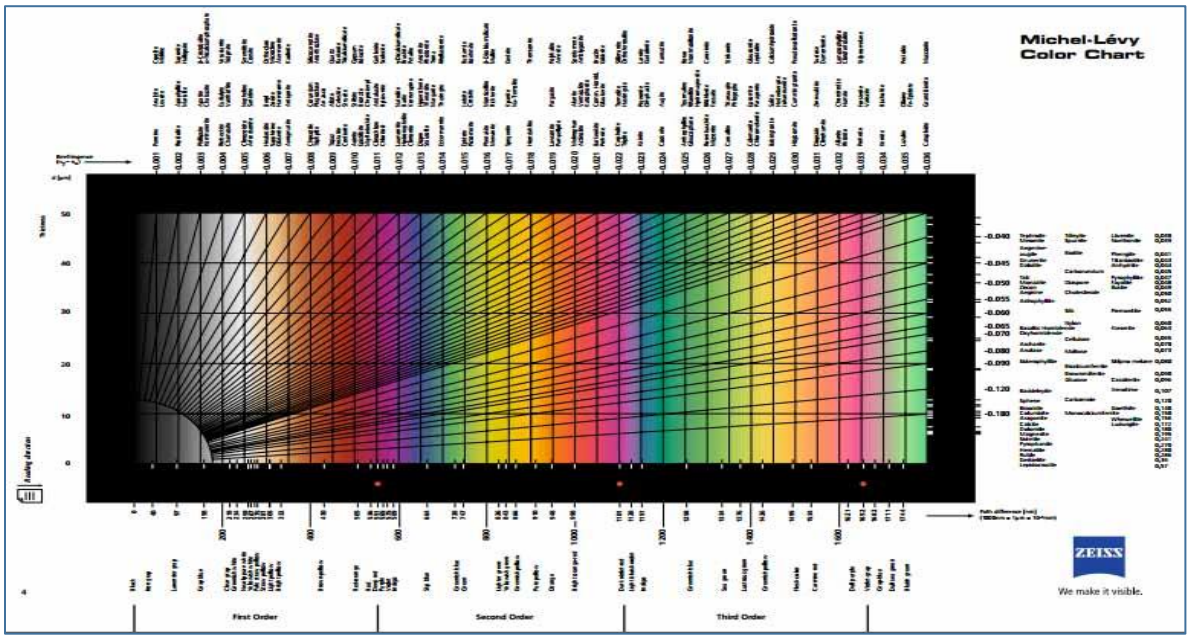


Ilustración 10. Tabla de colores de interferencia de Michelle-Lévy.

- **Extinción y tipos de extinción:** Este fenómeno se produce cuando las direcciones del mineral coinciden con las del microscopio, la dirección de vibración del rayo linealmente polarizada que incide sobre el mineral no cambia al atravesarlo y en consecuencia no pasa luz a través del analizador (Chirif Rivera, 2010). Con base a lo anterior, se le conoce como extinción a la posición de un mineral en que su superficie se oscurece completamente; un mineral anisótropo se oscurece cuatro veces en un giro completo de la

platina del microscopio puesto que esta se repite cada 90° (Pupo Dorticós & Crúz Gámez, 2008).

Por su parte los materiales isótropos presentan una extinción total en un giro de 360°, es decir siempre se verán oscuros.

Existen diferentes tipos de extinción mineral dependiendo del ángulo que se forme al momento de girar la platina con respecto a los ejes cristalográficos del mineral (bordes); de acuerdo a Chirif Rivera existen los siguientes tipos de extinción:

Extinción paralela: Cuando el ángulo formado entre los ejes cristalográficos del mineral y el índice de refracción es igual a 0°.

Extinción oblicua: cuando el ángulo formado es mayor a 0°.

Extinción simétrica: Los ejes cristalográficos coinciden con las líneas de crucero o clivaje.

Extinción ondulante: Es un tipo raro de extinción donde el mineral no se oscurece homogéneamente sino por zonas que se cambian al momento de girar la platina, dando la impresión de una onda en movimiento.

En un grano anhedral, sin un eje de referencia o líneas de crucero determinar el ángulo de extinción puede llegar a ser complicado. La propiedad de extinción es una característica diagnostica de muchos minerales, en algunos casos el ángulo de extinción permite identificar la composición en series isomórficas (Chirif Rivera, 2010).

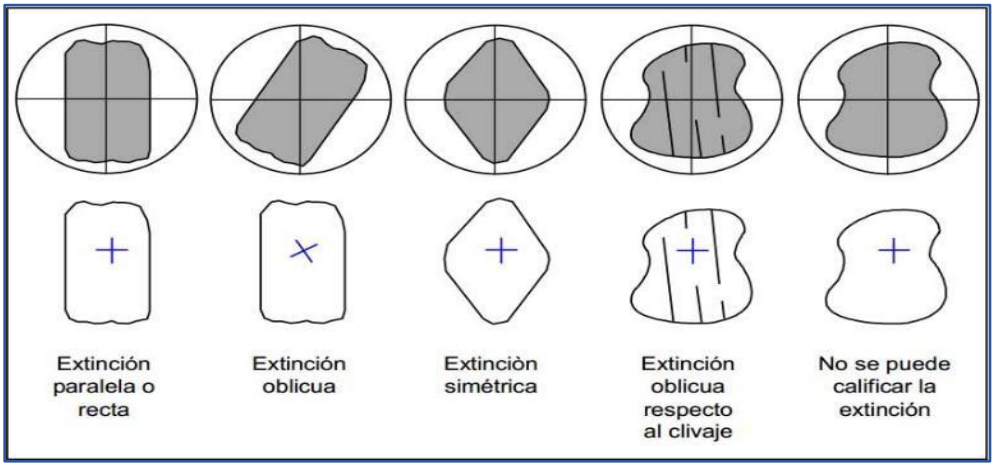


Ilustración 12. Tipos de Extinción mineral. Tomado de Chirif Rivera, 2010.

- **Maclas:** Corresponde al intercrecimiento de dos o más porciones de cristal individual de una misma especie mineral, según una relación de simetría definida controlada entorno a uno de los ejes cristalográficos. Estos intercrecimientos muestran diferente intensidad de iluminación y color de interferencia y su extinción no es homogénea, sino que se extinguen en diferentes posiciones al girar la platina (Raith, Raase, & Reinhardt, 2012).

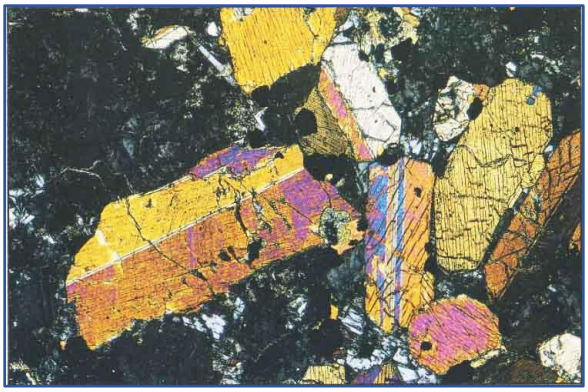


Ilustración 13. Maclas en cristales de piroxenos, en algunos se observa una línea que divide el cristal y los colores se muestran diferentes a uno y otro lado de la línea. Tomado de MacKenzie & Adams, 1997.

- **Zonación:** Se presenta cuando durante la formación del mineral ocurren variaciones en la composición ya sea a nivel de elementos mayores o elementos trazas; esta variación de composición puede ser debido a la concentración de inclusiones o de minerales de alteración en determinadas zonas de la superficie del cristal, si esta variación composicional también ha afectado la orientación del arreglo cristalino, el zonamiento tendrá lugar por la variación del color, del pleocroísmo o de la anisotropía de una zona a otra. La zonación puede evidenciar la evolución del desarrollo del cristal. La zonación es más fácil de observar en luz con nicoles cruzados (Chirif Rivera, 2010).

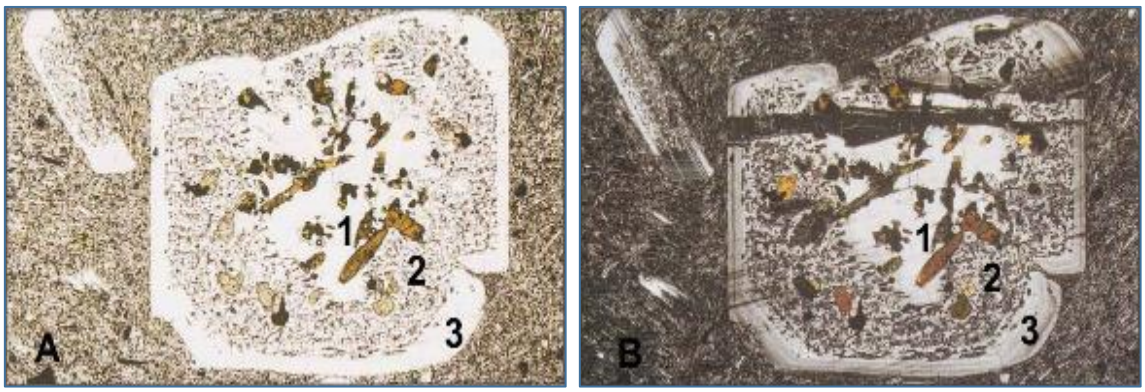


Ilustración 14. Zonación triple en un cristal de Plagioclasa. (A)Luz polarizada plana. (B) Nícoles cruzados. (1) Zonación a base de pequeños cristales en el centro de la plagioclasa. (2) Segunda zonación caracterizada por de minerales muy pequeños. (3) Bandeado. Tomado de MacKenzie & Adams, 1997.

Como se pudo observar, los minerales presentan una serie de rasgos físicos y ópticos los cuales mediante su estudio cuidadoso y sistemático nos permite identificar un mineral de otro debido a que cada especie mineral presenta características propias muy específicas que varían con respecto a las de otros minerales. A continuación, se presenta de manera general la secuencia a seguir para realizar la identificación de un mineral de acuerdo con sus propiedades ópticas.

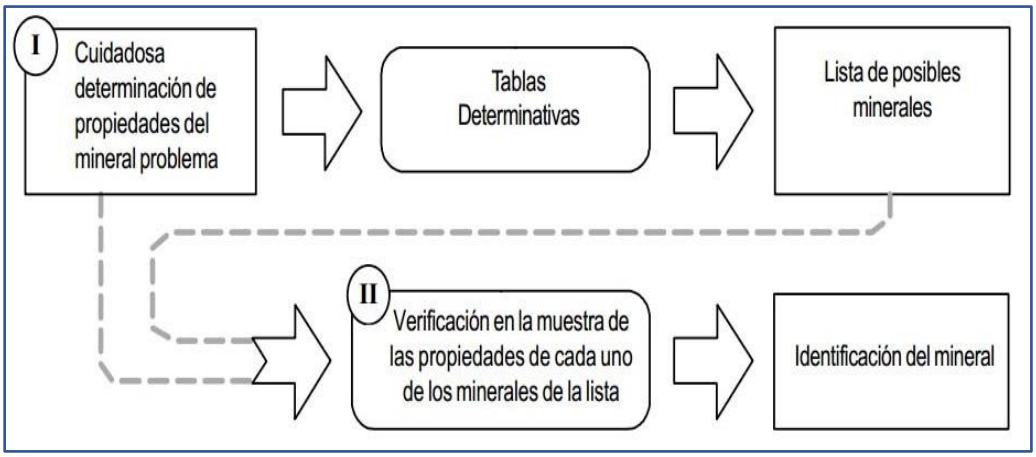


Ilustración 15. Secuencia a seguir para la identificación de un mineral. Tomado de Chirif Rivera, 2010.

CAPITULO 3: ÁREA DE ESTUDIO

3.1 El Valle de Tenancingo

En el siguiente capítulo se mencionan las principales características físicas que presenta la región del Valle Tenancingo, el cual corresponde al área sobre la cual se realiza la presente investigación.
En primera instancia se hace referencia a la ubicación geográfica de dicho lugar, posteriormente se abordan cada una de las características que conforman la fisiografía del Valle de Tenancingo, mismas que juegan un papel importante en la configuración del sistema de asentamiento tanto de poblaciones actuales como prehispánicas.

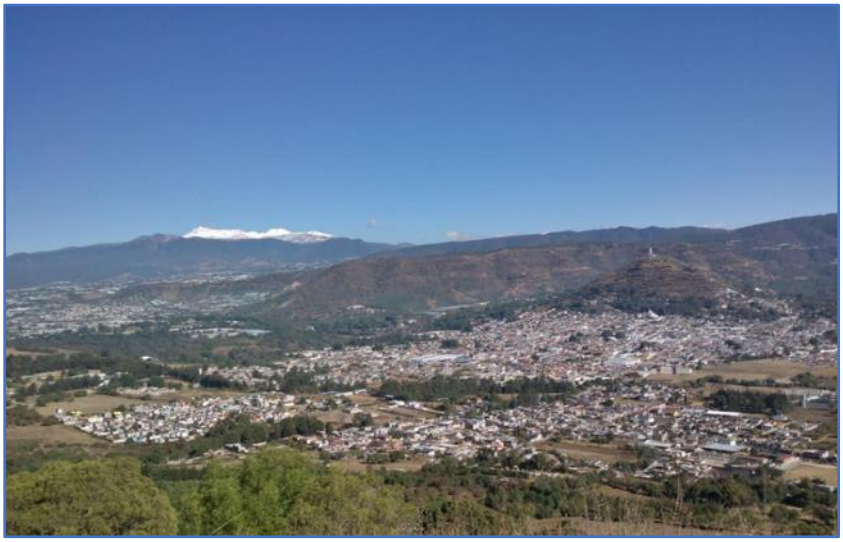


Ilustración 16. Vista Noroeste del Valle de Tenancingo. Se observa el cerro de las Tres cruces y al fondo el volcán Nevado de Toluca.

3.1.2 Localización

El municipio de Tenancingo se localiza al sureste del Valle de Toluca, de acuerdo a la regionalización propuesta por el Gobierno de Estado de México, este municipio se localiza en la región VI de Ixtapan de la Sal; Tenancingo limita al norte con los municipios de Tenango de Arista y Joquicingo, al este con el municipio de Malinalco, al sur con el municipio de Zumpahuacán y al oeste con el municipio de Villa

Guerrero; el municipio de Tenancingo abarca una extensión territorial de 160.18 km^2 *(Perfil Municipal 2013).*

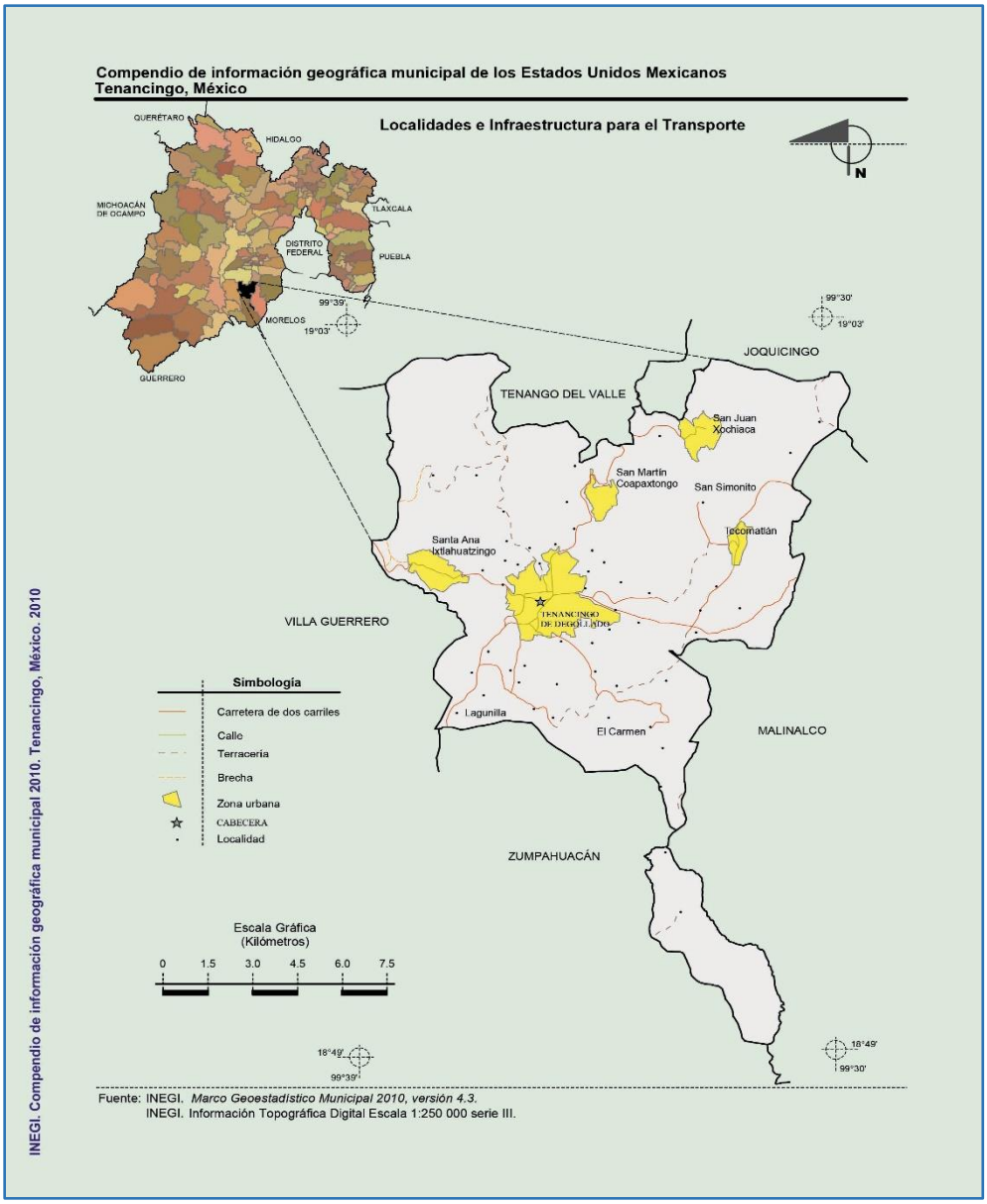


Ilustración 17. Mapa de la ubicación geográfica del municipio de Tenancingo. Imagen tomada del Compendio de información geográfica municipal. INEGI, 2010.

3.2 Marco Geográfico

3.2.1 Clima

Debido a la posición geográfica del municipio se presentan tres diferentes tipos de climas, siendo más predominante el clima Templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw), el cual abarca la mayor parte del territorio de Tenancingo (94.19%); semicálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (A (C)) localizado en la parte Sureste en los límites con el municipio de Malinalco (4.82%), y semicálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media, localizado en el extremo sur del municipio en límites con los municipios de Malinalco y Zumpahuacán (Awg, (0.99%).

3.2.2 Vegetación

Las zonas que forman el valle de Tenancingo presentan en su mayor parte vegetación agrícola (57.72%), mientras que en las zonas serranas se muestra vegetación de bosque de pino-encino (33.82%) donde la mayor concentración se localiza en la parte noroeste del municipio y en un porcentaje menor, selva baja caducifolia (1.62%) en el extremo sur del municipio.
El porcentaje restante corresponde a las zonas urbanas (6.84%).

3.2.3 Relieve

En la superficie de Tenancingo se aprecian diferente elevaciones, siendo las más notorias el sistema montañoso del noroeste, que comprende dentro de sus elevaciones Peña Rayada y el cerro de las Tres Cruces, los cuales son repliegues volcánicos de la erupción del volcán Xinantecatl; el cerro de la Víbora al noreste, la Cumbre y cerro el Plan, la primera forma parte y es el punto más alto del cordón montañoso conocido como Matlalac el cual delimita al municipio de Tenancingo con el municipio de Malinalco, al sur se localiza el cerro la Malinche y la Cantera, las cuales pertenecen al macizo montañoso del Nixcongo. Cercanas a la zona sur destacan también los Cerros la Cantera, Santa Cruz y cerro Tepetzingo. Al oeste se localiza la cañada formada por el río Tenancingo la cual divide a los municipios de

Tenancingo y Villa Guerrero (H. Ayuntamiento Constitucional de Tenancingo, 2019; Hernández, 2014; INEGI, 2010).

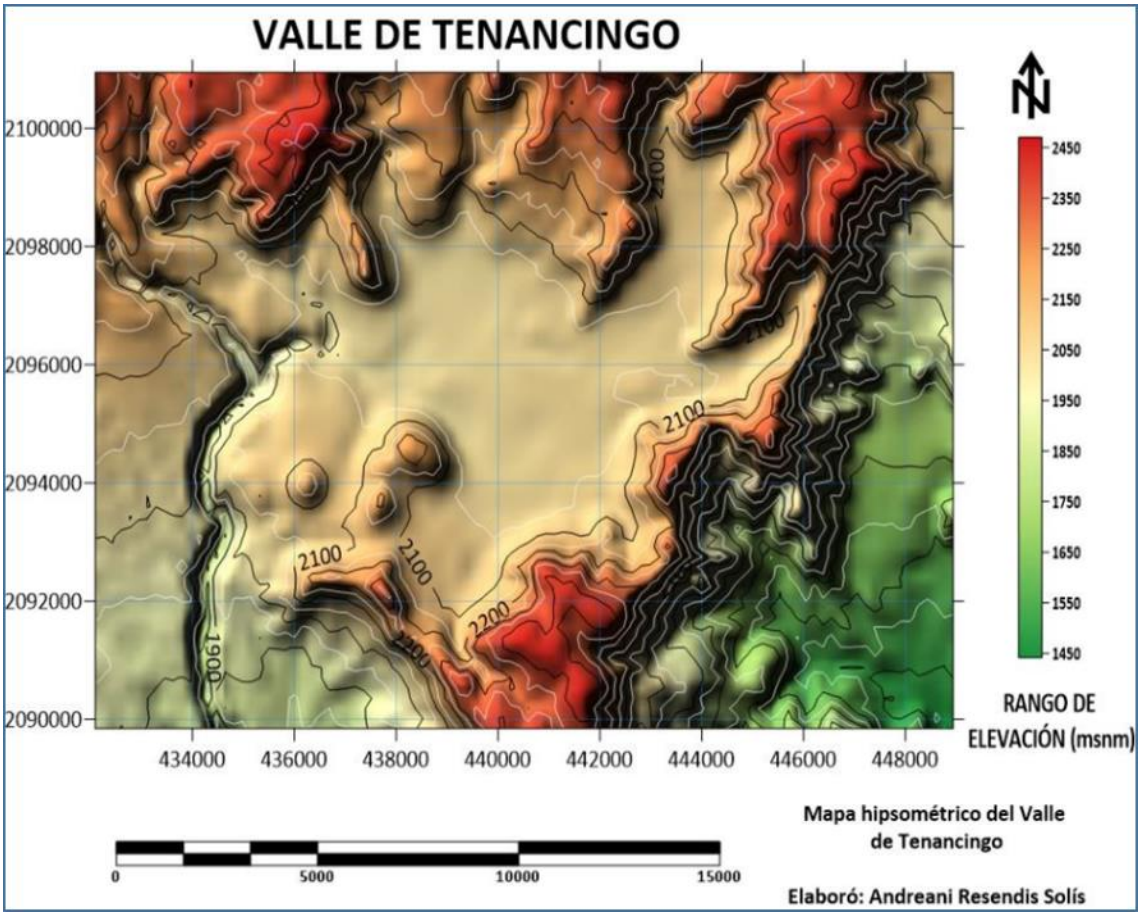


Ilustración 18. Mapa Hipsométrico del Valle de Tenancingo.

3.2.4 Geología

Geológicamente la región de Tenancingo se localiza en dos provincias fisiográficas la primera corresponde al “Eje volcánico Transversal” dentro de la subprovincia Lagos y volcanes de Anáhuac y la segunda “Sierra Madre del Sur” dentro de la subprovincia Sierras y valles Guerrerenses.

El primero se caracteriza por el predominio de rocas volcánicas cenozoicas que datan del Terciario y del Cuaternario; siendo las rocas ígneas extrusivas (andesíticas, riolíticas y basálticas) del Terciario las que cubren la mayor parte de esta provincia *(Síntesis Geográfica del Estado de México, 1981).*

Dentro del área de Tenancingo esta provincia se localiza en la zona norte, noreste y noroeste y comprende el 84.58 % del territorio municipal (INEGI, 2010).

Respecto a la provincia Sierra Madre del Sur, el área que penetra en el territorio mexiquense es la subprovincia conocida como Cuenca del Balsas la cual cubre la porción sur del Estado de México. Las rocas más antiguas de esta provincia son las metamórficas del Triásico y clasificadas como gneises, esquistos, filitas y pizarras; las cuales cubren una gran extensión del sur del Estado. Por su parte las rocas del Cretácico son sedimentarias clasificadas como calizas y calizas interestratificadas con lutitas, su distribución no es muy extensa dentro de la entidad, localizándose principalmente en los municipios de Tonatico, Ixtapan de la Sal y Zumpahuacán. Las rocas del periodo Terciario son, en su mayoría, volcánicas de tipo ígneas extrusivas intermedias, ácidas y básicas, aunque también a este periodo pertenecen afloramientos de rocas sedimentarias continentales como areniscas y conglomerados. Al periodo Cuaternario pertenecen rocas volcánicas de tipo basáltico de estructuras bien conservadas que evidencian la actividad volcánica reciente *(Síntesis Geográfica del Estado de México, 1981).*

Esta provincia se localiza en la zona sur, sureste y suroeste del municipio de Tenancingo y ocupa el 15.42% del territorio municipal (INEGI, 2010).

La mayor parte de las rocas dentro del municipio de desarrollaron principalmente durante los periodos Cuaternario (59.86%), Neógeno (25.43%), Cretácico (6.71%) y Jurásico Superior- Cretácico inferior (1.02%).

Los principales tipos de roca son:

- **Rocas ígneas extrusivas**: basalto (51.68%), volcanoclástico (6.69%), brecha volcánica básica (2.64%) y andesita (0.03%).
- **Sedimentaria**: caliza (6.71%), arenisca-conglomerado (3.26%) y brecha sedimentaria (3.14%).
- **Metamórfica**: metasedimentaria (1.02%).
- **Suelo**: aluvial (17.85%).

De acuerdo con la Carta geológica de Tenancingo y con el Plan de Desarrollo Municipal de Tenancingo (2019), los diferentes tipos de roca estan distribuidos de la siguente manera:

El sistema de sierras de cumbres extendidas y laderas escarpadas está constituido principalmente por basaltos; zonas de andesitas, caliza-lutita y caliza. Mientras que esquisto, caliza y arenisca-conglomerados conforman el sistema de lomerío con llanos aislados. El sistema de valle con laderas tendidas con meseta está constituido por caliza, caliza-lutita y basalto.

La toba volcánica se localiza en la zona de laderas de la periferia Norte de las poblaciones de Santa Ana Ixtlahuatzingo, Rinconada de Santa Teresa, La Compuerta, Colonia Morelos, San Diego, Chalchihuapan, San Martín Coapaxtongo, San Juan Tetitlan, sobre las laderas al Este de San Miguel Tecomatlán, al Sur de San José Tenería en las laderas de Cerro el Plan. Esta roca se localiza también en la parte sur del municipio por la localidad de Pueblo Nuevo y el camino hacia la localidad de Acatzingo.

La brecha volcánica se localiza únicamente en las zonas aledañas a los cerros Tepetzingo, y Santa Cruz, en las localidades de Tepetzigo, Tepalcatepec, Quetzalapa, Pueblo Nuevo e Ixpuichiapan.

Restos de montículos volcánicos de basalto se localizan al Sur Poniente de la cabecera municipal en el área donde actualmente se localizan las colonias Los Shiperes y el Chiflón.

Hacia la zona Sur y Oeste se encuentran areniscas-conglomerado; localizadas principalmente sobre la cañada del Río Tenancingo y en la localidad de Santa Ana Ixtlahuatzingo.

Finalmente, depósitos de aluvión están distribuidos en las zonas centrales del valle comprendido por el Oriente de la cabecera municipal, el poblado del Salitre y las localidades que se ubican en dirección a San José Tenería, y el Ejido de Ixpuichiapan.

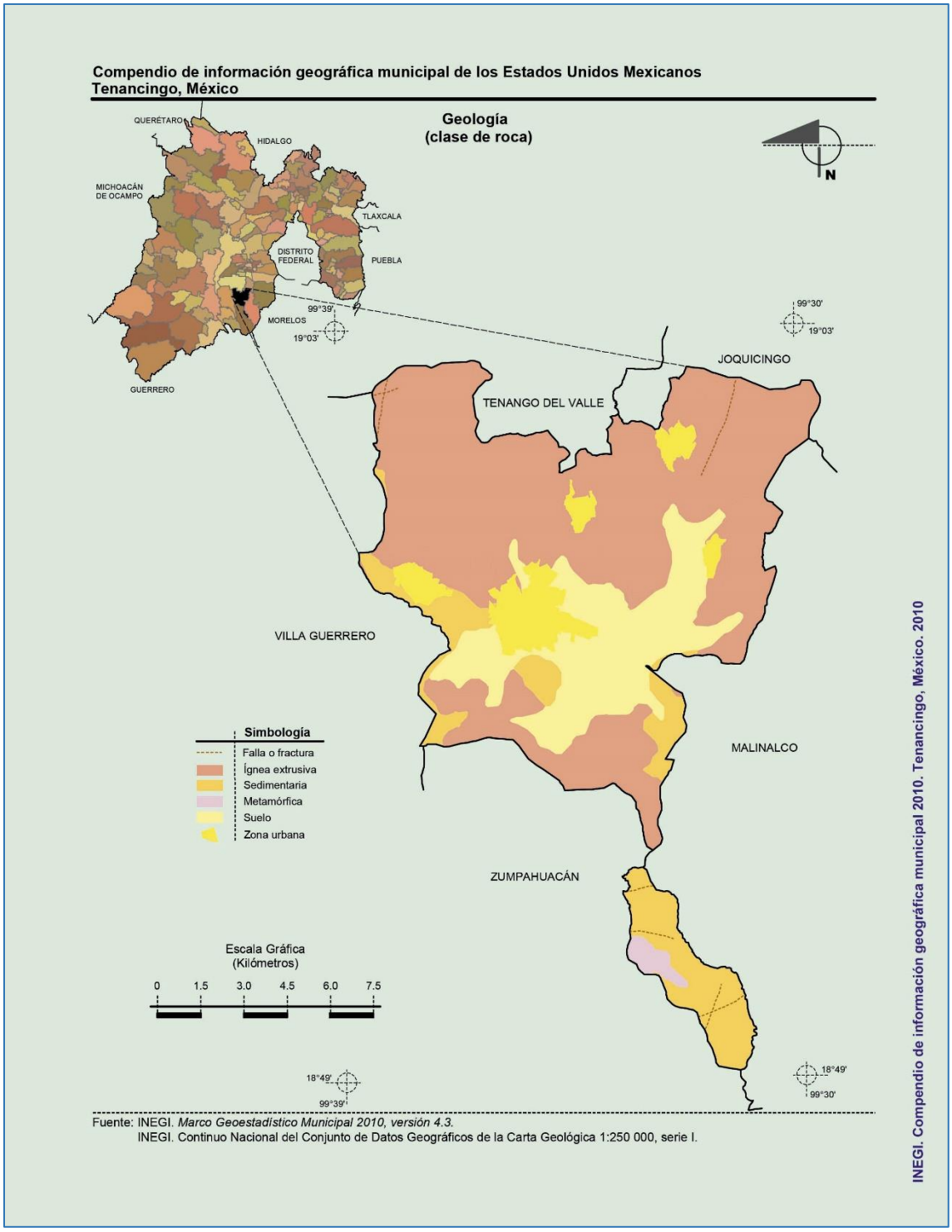


Ilustración 19. Mapa de los tipos de roca dentro del municipio de Tenancingo. Imagen tomada del Compendio de información geográfica municipal. INEGI, 2010.

3.2.5 Hidrografía

Tenancingo se encuentra en la región hidrológica Balsas (100%), en la cuenca R. Grande Amacuzac (100%) y la subcuenca R. Alto Amacuzac (89.30%) y R. Coatlán (10.70%).

Dentro del municipio se encuentran dos principales corrientes de agua perene, las cuales son el río San Simonito que fluye en dirección poniente, mientras que en la parte noroeste fluye de norte a sur el río Tenancingo, el cual tiene sus orígenes en los manantiales de San Pedro Zictepec en el municipio de Tenango del Valle (*Resumen ejecutivo del programa de manejo y conservación del Parque ecológico y recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacán 2010*).

Se encuentran además otras corrientes de aguas intermitentes, como son La Fábrica, Coatepequillo, El Saltillo, Atotonilco, Salado, Colupa, La Cametina, Las Canoas, La Mina, Temozolapa, Aguacatillo, Las Juntas y Atempa.
Cuenta además con 22 manantiales y 7 acueductos, así como con presas y bordos de almacenamiento de agua pluvial localizados en diferentes localidades del municipio (*H. Ayuntamiento Constitucional de Tenancingo, 2019)*

La mayor parte de los recursos hídricos son utilizados para actividades como la agricultura, la ganadería y el consumo humano.

3.2.6 Edafología

De acuerdo con la carta edafológica del municipio y al plan de desarrollo municipal del gobierno en turno (2019-2021), dentro del municipio de Tenancingo se encuentran los siguientes tipos de suelo:
Andosol, es el más abundante (56.89%) seguido por el Vertisol (9.4%), Cambisol (8.71%), Phaeozem (8.68) y Leptosol (6.51%).

A continuación, se describe cada uno de los tipos de suelo antes mencionados.[1]

[1] La información para realizar estas descripciones fue tomada de la obra de *Sotelo Ruiz, et al "*La clasificación FAO-WRB y los suelos del Estado de Mexico", 2010; y complemetada con informacion del Plan de Desarrollo Municipal de Tenancingo 2019-2021.

Andosol: Connotativos de suelos ácidos, derivados de cenizas volcánicas y formados de materiales ricos en vidrio volcánico y que por lo general tienen un horizonte superficial oscuro. Se presentan en todos los regímenes de temperatura y humedad de los suelos. Los sitios donde se desarrollan los Andosoles varían de planos o con pendientes fuertes, pero su mejor desarrollo se efectúa en condiciones más estables de áreas planas o con pendientes suaves.
Dentro del municipio de Tenancingo este suelo se localiza principalmente en la zona Norte, Noreste, centro y Sureste.

Vertisol: Presentan alternancias de humedad y sequía, expansión-contracción, son ricos en arcillas expansivas de esmectitas. Son suelos de color oscuro que tienen textura uniforme fina o muy fina y un contenido bajo de materia orgánica, su propiedad más importante es la dominación de la arcilla expandible, por lo general, esmectita que ocasiona que estos suelos al secarse se encojan y agrieten; y con la humedad se vuelve pegajoso. Se desarrollan principalmente en sitios planos o de pendientes suaves, por lo general en terrazas, planicies y fondo de los valles.
Este tipo de suelo se localiza al Sureste de la cabecera municipal, donde se ubican las localidades de la Ciénega, San Isidro, en las orillas de la carretera que va hacia San José Tenería, Cruz Vidriada y San Nicolás.

Cambisol: Relacionados con los cambios en color, arcilla, estructura y consistencia que resultan de la intemperización *in situ*; suelos moderadamente desarrollados o con un desarrollo incipiente en la superficie. El material parental de este tipo de suelo es medio y de textura fina derivados de un amplio tipo de rocas, se caracterizan por ser delgados con intemperismo moderado de materiales parentales y por ausencia de cantidades apreciables de arcilla iluvial, materia orgánica y compuestos de Al y/o Fe. Estos suelos proliferan en sitios de topografía plana a fuertemente inclinada, alcanzando su mayor desarrollo en sitios planos estables o de pendiente suave.
En el municipio de Tenancingo este suelo se ubica principalmente al Norte, al Noroeste, al Noreste de la cabecera municipal, y en las inmediaciones de las localidades de Rinconada de Santa Teresa y Rinconada de Atotonilco.

Feozem o phaeozem: Son suelos negros, ricos en materia orgánica; este tipo abarca suelos de praderas relativamente húmedas y regiones forestales en climas continentales moderados, donde las oscilaciones de la temperatura son bastante amplias. Estos suelos están confinados de manera prácticamente exclusiva a regiones planas o ligeramente onduladas, dominando pendientes < 8%.
En Tenancingo, estos suelos de ubican al este de la cabecera municipal, en las comunidades de San Diego, el Salitre y en la zona Oeste de Atotonilco.

Leptosoles o litosoles: Suelos de roca dura con poca profundidad menor a 25 cm; son suelos delgados y comunes en regiones montañosas. Se desarrollan en pendientes mayores a 15% llegando hasta el 100%, son pocas las áreas donde se presentan en pendientes planas.
Dentro del municipio de Tenancingo se localizan al Oeste de la cabecera municipal, y se conforma como una franja a lo largo del río Tenancingo hacia el Sur hasta el municipio de Zumpahuacán.

Regosol: Son suelos moderadamente desarrollados de materiales no consolidados que se distribuyen en zonas con fuertes pendientes mayores de 12% y altas precipitaciones, presentando problemas de erosión. La topografía dominante es de lomeríos, cerros y muy poca superficie con planicies. Predominan en zonas de clima templado de temperatura de 15 a 18°C, semicálidos y cálidos y trópico seco con temperaturas de 18 a 28°C con lluvias en verano mayores a los 800 mm anuales.
Dentro del municipio de Tenancingo se localizan al sur de la comunidad de Pueblo Nuevo y al este del cerro de Santa Cruz.

Luvisol: El nombre de estos suelos proviene de la palabra latina *luere* = lavar; connotativa de la acumulación iluvial de arcilla. Son suelos con un alto contenido de arcilla en el subsuelo como resultado de procesos pedogenéticos con una alta actividad entre la superficie y el subsuelo. Son suelos de lomeríos, cerros con pendientes mayores que 15%.
En el municipio de Tenancingo se localizan en las comunidades de Tepetzingo, Tepoxtepec, Santa Teresa, San Simonito y San Miguel Tecomatlán.

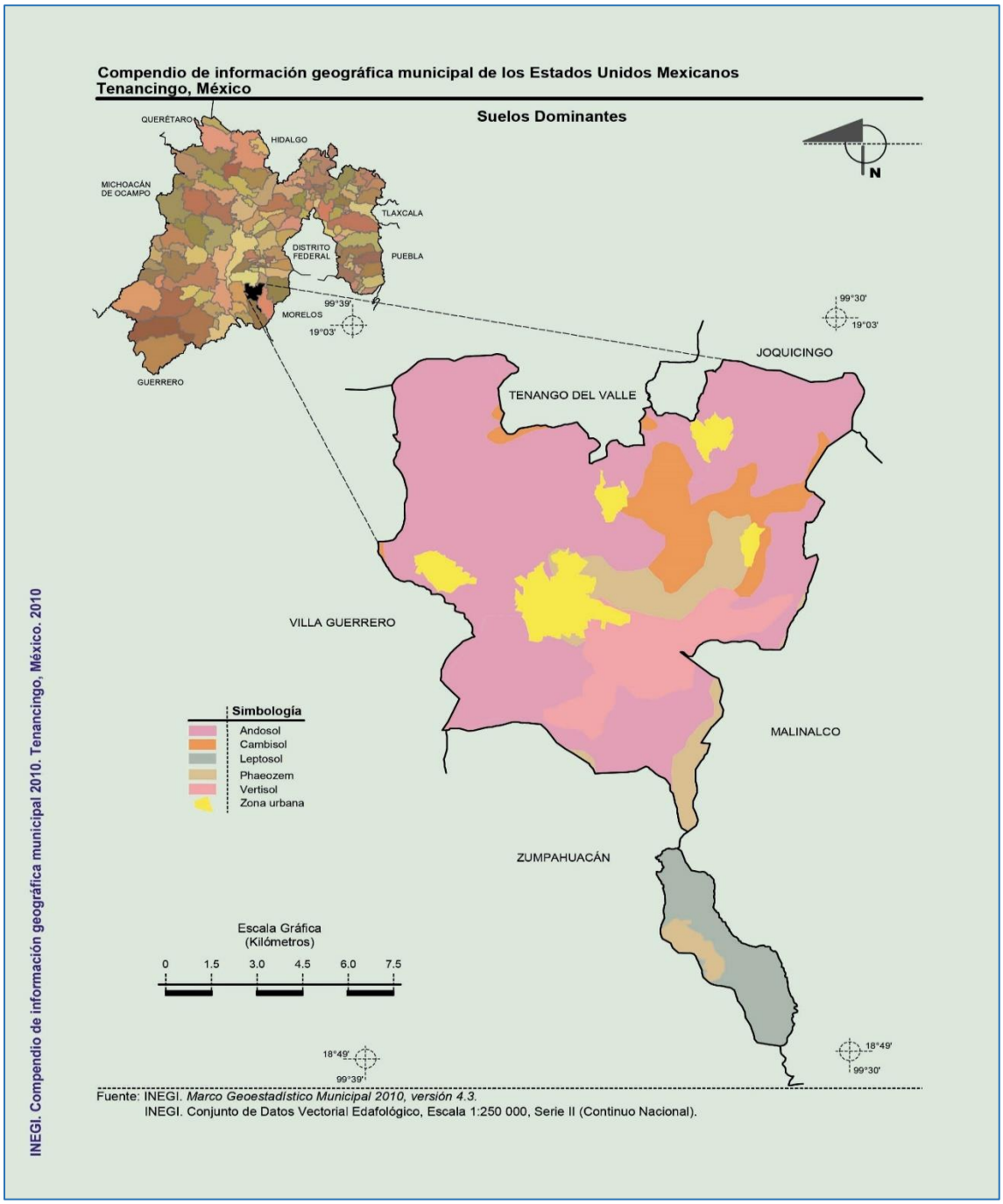


Ilustración 20. Mapa de los tipos de suelo del municipio de Tenancingo. Imagen tomada del Compendio de información geográfica municipal. INEGI, 2010.

CAPÍTULO 4: PRODUCCIÓN DE COMALES EN LA COMUNIDAD DE SAN SIMONITO TENANCINGO

La comunidad de San Simonito se localiza aproximadamente a 9 Km al noreste de la cabecera municipal de Tenancingo, y se llega a ella siguiendo la carretera conocida como Tenancingo – Tepoxtepec; limita al norte con el pueblo de San Juan Xochiaca, al noreste y sureste con el pueblo de Tecomatlán, al noroeste con la comunidad de San Martín Coapaxtongo y al sur con la comunidad de Tepoxtepec. (ilustr.21).

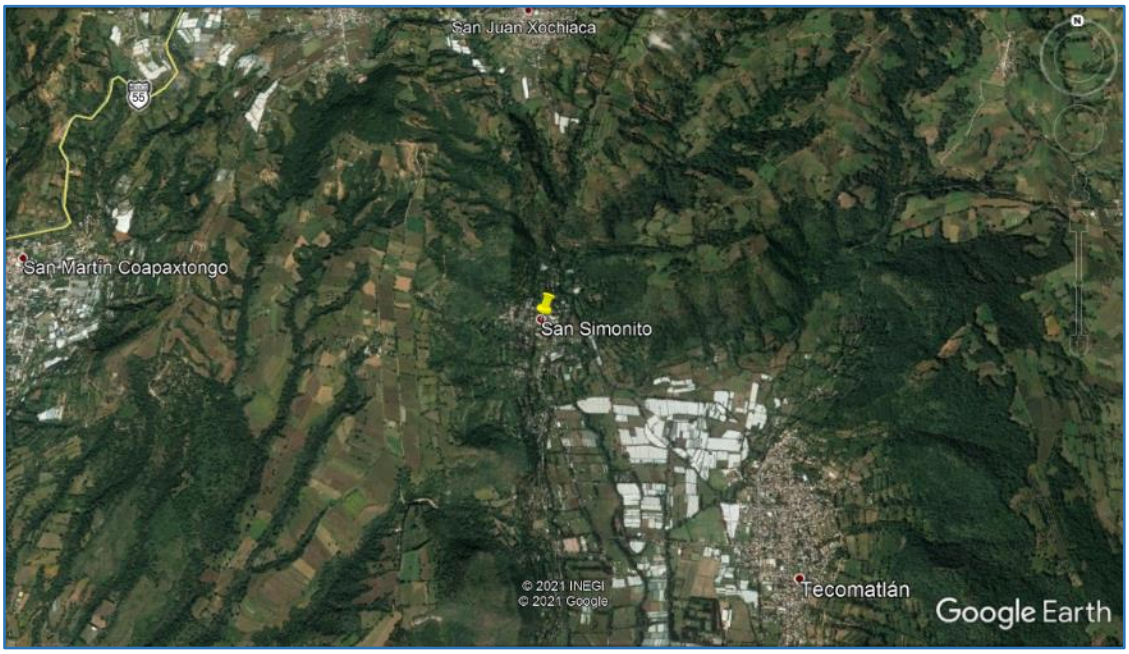


Ilustración 21. Comunidad de San Simonito Tenancingo. Imagen tomada de Google Earth.

En años anteriores la comunidad era conocida por la elaboración de comales de barro, una práctica común por gran parte de su población, enfocada principalmente a satisfacer la demanda local de este artículo de uso doméstico, no obstante con el tiempo y debido a la introducción en el mercado de comales hechos de otros materiales como el fierro o el acero, sustituyeron ampliamente a los de barro teniendo como resultado una disminución drástica en la demanda de estos productos, por tal motivo su producción se vio afectada dejando de ser una actividad redituable, y en consecuencia ha sido actualmente sustituida por otras y prácticamente olvidada.

Doña Marcelina Hernández es una de las pocas las personas que aún practica esta actividad y aunque su producción se ha visto limitada únicamente a encargos de familiares o conocidos, todavía elabora comales de barro de manera tradicional, por lo que se convirtió en nuestra principal fuente de información.

A continuación, se describen de manera breve los pasos que son practicados por doña Marcelina para la elaboración de comales.

1.- Obtención de la materia prima:

Este primer paso consiste en la recolección de las arcillas que se emplean para preparar la pasta con la que se elaboran los comales, para ello se recolectan 3 diferentes tipos de arcilla, a los que nuestra informante se refiere como *tierra amarilla, tierra café* y *barro*. Los tres yacimientos se localizan relativamente cerca de la casa de Doña Marcelina, en un radio no mayor a los 3 km. Las dos *tierras* se localizan en el cerro conocido como la víbora, mientras que el tercero al que llaman *barro* se localiza en las zonas bajas al sureste de la población.

Las tierras y el barro se recolectan en costales sintéticos, en caso de presentar una humedad alta, estas se orean al aire libre y una vez secas se encostalan nuevamente y se almacenan de manera individual.

Ilustración 22. Materias primas. Tierra amarilla y tierra café almacenadas en costales. Barro puesto a secar.

2.- Preparación de la pasta

Al momento de preparar la pasta tanto las tierras como el barro, se someten de manera individual a un proceso de selección y limpieza en la que se retiran de manera manual granos o piedras de gran tamaño, así como basura o restos de materia orgánica como raíces, hojas o tallos. Una vez limpias y secas se muelen individualmente para deshacer los bloques gruesos y grumos hasta obtener una consistencia arenosa, una vez realizado este paso se almacenan nuevamente pero ahora en botes individuales. Al bote que contiene el barro se le agrega agua hasta que adquiere una consistencia pegajosa, cuando se alcanza esta textura es amasada y se le agrega de manera paulatina porciones de tierra café hasta alcanzar la consistencia deseada. Es importante señalar que, si bien la tierra café actúa como desgrasante, en ningún momento es designado como tal e incluso este concepto no es utilizado por parte de nuestra informante.

Ilustración 23 Limpieza y preparación de la pasta.

3.-Confección de los comales

Una vez que la pasta ha sido preparada, el siguiente paso es la elaboración de los comales, para ello se toma una porción de tierra amarilla y se extiende sobre el piso para que en un primer momento sirva de antiadherente y evite que la pasta se pegue a la superficie, posteriormente se coloca sobre esta capa una porción de la pasta en forma de esfera y con la ayuda de una roca en forma alargada y cilíndrica se comienzan a realizar movimientos verticales con la finalidad de adelgazar y expandir la porción de la pasta sobre toda el área que cubre la tierra amarilla, esta acción se

repite hasta obtener el diámetro y grosor deseados (el grosor del cuerpo suele ser de 5 a 7 mm). Durante este paso si es necesario se va agregando tierra café a la pasta para mejorar su consistencia y hacer más fácil su manipulación. Cuando ya se ha alcanzado una forma semicircular se utiliza un fragmento de metal unido a una cuerda y desde el punto central y a manera de compás se gira para que el fragmento de metal corte la pasta y así el cuerpo del comal obtenga una forma circular casi perfecta; con la pasta sobrante se confecciona el borde en forma de rollito y se une al cuerpo.

Posteriormente con la ayuda de un canto rodado completamente liso y la aplicación de un poco de agua se comienza a alisar la superficie hasta que queda libre de imperfecciones, finalmente con la ayuda de una tela muy húmeda se alisa nuevamente el cuerpo, se confecciona y se estiliza el borde hasta que queda del mismo grosor (1 cm) en toda la circunferencia y quede perfectamente unido al cuerpo. Durante el alisado se forma sobre la superficie una fina capa de arcilla diluida que le brinda a la superficie una apariencia homogénea. Por su parte la superficie inferior queda completamente rustica y de textura áspera, esta es la segunda función que cumple la tierra amarilla, la cual debido a la presión que se ejerce sobre la pasta durante el amasado se adhiere a la superficie otorgándole rugosidad y porosidad, lo que contribuye posteriormente a una buena transmisión del calor cuando el comal entre en uso. El tiempo aproximado de confección de un comal es de aproximadamente 15 minutos.

Ilustración 24. Amasado de la pasta y confección del comal.

4.- Secado y cocción de las piezas

Cuando los comales han sido elaborados, se ponen a secar para eliminar el excedente de agua y se endurezcan, el tiempo de secado es de un día entero.

Para su cocción, una vez secos, los comales son colocados en fila de forma vertical, separados unos de otros mediante fragmentos de comales rotos. Posteriormente se cubren por madera y restos de láminas. La cocción se realiza al aire libre durante un lapso de dos horas y se utiliza principalmente madera de ocote como combustible, los comales se someten a un solo proceso de cocción

Ilustración 25. Comales cocidos.

Es necesario señalar que desafortunadamente los procesos de secado y cocción, no se pudieron observar directamente, por lo que la información que aquí se presenta respecto a estos procesos fue brindada de manera verbal por parte de nuestra informante.

Como se ha podido observar la fabricación de comales es un proceso riguroso en el que es necesario tener un buen conocimiento acerca de las propiedades de las materias; como se ha visto, cada una de las arcillas que se emplean tienen una función determinada (plasticidad, desgrasante, antiadherente / conducción del calor) y si bien los alfareros no están relacionados con estos conceptos técnicos (al menos en este caso) es evidente que con base en su experiencia saben identificar dentro de su entorno físico las materias primas que mejor se adaptan a sus necesidades de producción, sabiendo diferenciar entre materiales de buena y mala calidad.

CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA

En este capítulo se describen los procedimientos y técnicas empleados para el estudio de los materiales cerámicos utilizados para el desarrollo de este trabajo. En primera estancia se describe el criterio y el procedimiento a partir del cual se eligieron los tiestos que se consideraron propicios para su análisis y su posterior agrupamiento por pasta. Se presenta el análisis macroscópico de cada uno de los grupos de pasta identificados, así como la caracterización de cada uno de los tiestos seleccionados como muestras y que integran dichos grupos.

Por otra parte, se describe el método utilizado para la recolección de las muestras de suelo que fueron utilizadas para ser comparadas con las muestras cerámicas. Se presenta además la ubicación y su descripción de acuerdo con su clasificación por horizontes de cada uno de los yacimientos que actualmente son explotados para la fabricación de comales y a partir de los cuales se obtuvieron las muestras de suelo.

De manera general se muestra el procedimiento para la elaboración de secciones delgadas tanto para las muestras de cerámica como para las muestras de suelo, desde su impregnación en resina hasta pulimiento final cercano a las 30 micras.

Para finalizar se desarrolla la metodología empleada por Ian K. Whitbread, para el estudio petrográfico de materiales cerámicos mediante sección delgada y que retoma conceptos de la micromorfología de suelos; dicha metodología fue utilizada para el desarrollo de este trabajo. Se describe también el procedimiento empleado para realizar las observaciones y estimaciones porcentuales de partículas. Por último, se presentan las descripciones petrográficas de las muestras cerámicas y de suelo; en el caso de las muestras cerámicas dicha información fue organizada siguiendo los lineamientos planteados por Whitbread (1986, 1988) a través de la estructura de descripción que este autor propone, sin embargo, para efectos de este trabajo se realizaron algunas modificaciones a dicho sistema con la finalidad de ampliar un poco más la información obtenida.

5.1 Selección de muestras cerámicas

Para la obtención de las muestras, en un principio se contempló únicamente trabajar con muestras de comales, sin embargo, debido a su poca cantidad se decidió tomar en cuenta otras formas cerámicas identificadas como de uso doméstico. De esta manera se seleccionaron tiestos obtenidos en los siguientes sitios arqueológicos: *La Malinche, Tepalcatepec, San Martín Coapaxtongo, Matlalac y San Simonito*; todos ellos localizados en el Municipio de Tenancingo.

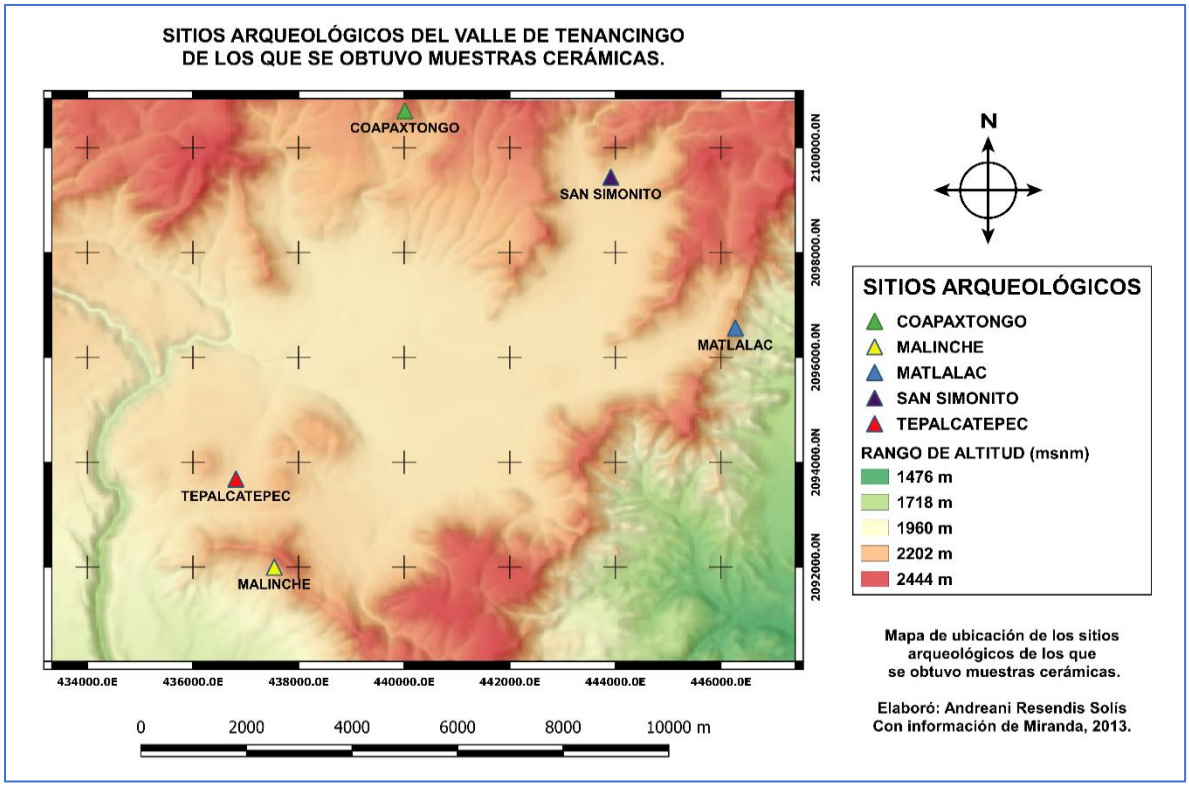


Ilustración 26. Mapa de ubicación de los sitios arqueológicos del Valle de Tenancingo, de los que se obtuvieron muestras cerámicas

5.1.2 Metodología para la selección de las muestras cerámicas

El primer criterio guía para la selección de las muestras fue seleccionar todos aquellos tiestos que presentarán en general un acabado de superficie simple, es decir todos aquellos materiales que presentaran un acabado burdo o alisado, en este último aspecto no se hizo distinción en si era un alisado fino, medio o burdo. Cabe señalar que también se optó por seleccionar aquellos tiestos que durante la

revisión presentaran pastas singulares o poco comunes, en las que ciertas partículas constituyentes de la pasta resaltaran por su forma, color y rareza en comparación con las demás inclusiones de la pasta.

Una vez realizada esta primera distinción se procedió a realizar un corte fresco en cada uno de los tiestos, con la finalidad de efectuar con la ayuda de una lupa una inspección macroscópica de la pasta y así observar sus características físicas como son color y textura de la pasta, tipo de atmosfera de cocción, tamaño, forma, color, cantidad y tipo de las inclusiones no plásticas, porosidad, compactación y tenacidad.

A partir de esta observación se comenzaron a agrupar todos aquellos tiestos que compartieran las mismas características físicas antes mencionadas, tomando como base diferentes tiestos, sobre los cuales se fueron comparando los demás y así observar similitudes compartidas. Este procedimiento se realizó con cada uno de los materiales de los diferentes sitios.

Al final, la selección de pastas a considerarse propicias para su estudio petrográfico fue: pastas cuyo número de tiestos fuera más representativo o abundante y pastas que pudieran considerarse como poco comunes o con desgrasantes singulares.

En total se lograron identificar **7** pastas representativas.

Ilustración 27. Proceso de inspección y selección de los grupos de pastas cerámicas a analizar.

5.1.3 Análisis y descripción macroscópica de las pastas identificadas y sus muestras seleccionadas.

A continuación, se presenta la descripción general de cada uno de los grupos de pasta identificados, seguido de la descripción de cada uno de los tiestos seleccionados como muestras correspondientes a cada grupo de pasta.

PASTA 1: Inclusiones blancas transparentes

1. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA:

Color: Presenta una tonalidad café (7.5YR 4/3-4/4).

Tipo de cocción: Oxidante completa; no obstante, en algunas secciones presenta un muy delgado núcleo de cocción de color gris oscuro (5YR 4/1).

Textura granular: Media.

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: En el corte se observan principalmente partículas blancas transparentes cuya forma varía de puntos a granos irregulares angulosos de tamaño fino a gruesos (50%), partículas blancas opacas de tamaño medio y forma angulosa (30%), partículas negras brillantes tamaño fino a medio y forma plana (10%), partículas de color marrón de tamaño fino a grueso y forma sub redondeada irregular (10%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Media.

Porosidad: Se observan escasos poros pequeños de forma redonda irregular.

Acabado de superficie:

Los acabados que presentan los tiestos en ambas superficies varían de un alisado fino a burdo.

Observaciones: Este tipo de pasta se encuentra relacionada en su mayoría con cuerpos de ollas.

El rango de grosor de las paredes varía de 0.6 cm a 0.9 cm para ollas.

Relaciones intrasitio: Este tipo de pasta únicamente se localizó con en el sitio de Matlalac (14 tiestos).

Ilustración 28. Pasta 1 (Inclusiones blancas transparentes). Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico.

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS

Muestra 1: Cuello de olla

Color de la pasta: Café grisáceo oscuro (10YR 4/2).

Formas: Fragmento de cuello de olla. Espesor de las paredes de 7 a 9 mm.

Acabado de superficie: Erosionado en ambas superficies; el tiesto presenta una tonalidad grisácea (gris muy oscuro 7.5YR 3/1) tanto al interior como al exterior, su apariencia es completamente opaca y su textura es áspera al tacto.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

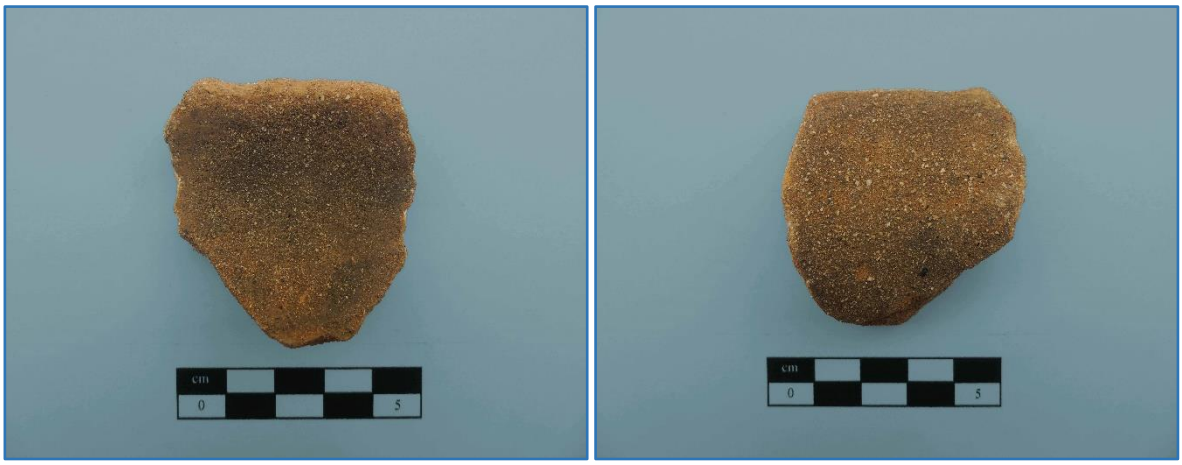


Ilustración 29. Pasta 1. Inclusiones Blancas. Muestra 1. Cuello de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 2: Cuerpo de olla.

Color de la pasta: Varía dependiendo de la zona en un rango que va de gris muy oscuro (7.5YR 3/1), café (10YR 5/3) y café grisáceo oscuro (10YR 4/2).

Formas: Fragmento de cuerpo de olla. Espesor de las paredes de 6 a 7 mm.

Acabado de superficie: El color de la superficie externa es café claro (café pálido 10YR 6/3) y en algunas zonas presenta tonalidades café oscuro (café grisáceo oscuro 10YR 4/2), su acabado es un alisado regular, su apariencia es opaca y su textura ligeramente áspera.

El acabado en la superficie interna es burdo, pudiéndose observar las inclusiones que afloran. El tiesto presenta una tonalidad grisácea (gris muy oscuro 7.5YR 3/1), su apariencia es completamente opaca y su textura es áspera al tacto.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 30. Pasta 1 Inclusiones Blancas. Muestra 2. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 3: Cuerpo de olla

Color de la pasta: Café oscuro (7.5YR 4/6)

Formas: Fragmento de cuerpo de olla. Espesor de las paredes de 6 mm.

Acabado de superficie: El color de la superficie externa es rojo amarillento (5YR 4/6), mientras que la superficie interna presenta una tonalidad gris muy oscuro (7.5YR 3/1). El acabado es un alisado regular en ambas superficies. Su apariencia es opaca y de textura ligeramente áspera al tacto.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 31. Pasta 1. Inclusiones Blancas. Muestra 3. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 4: Cuerpo de olla

Color de la pasta: Presenta una tonalidad café (café fuerte 7.5YR 5/6) y un núcleo de color negro (gris muy oscuro 10YR 3/1).

Formas: Fragmento de cuerpo de olla. Espesor de las paredes de 6 a 7 mm.

Acabado de superficie: El acabado en ambas superficies es un alisado regular que no alcanza a cubrir las inclusiones que afloran; la superficie externa mantiene el color de la pasta (café fuerte 7.5YR 5/6), mientras que la superficie interna presenta una tonalidad oscura (gris muy oscuro 10YR 3/1). En ambas superficies la textura es áspera al tacto y su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

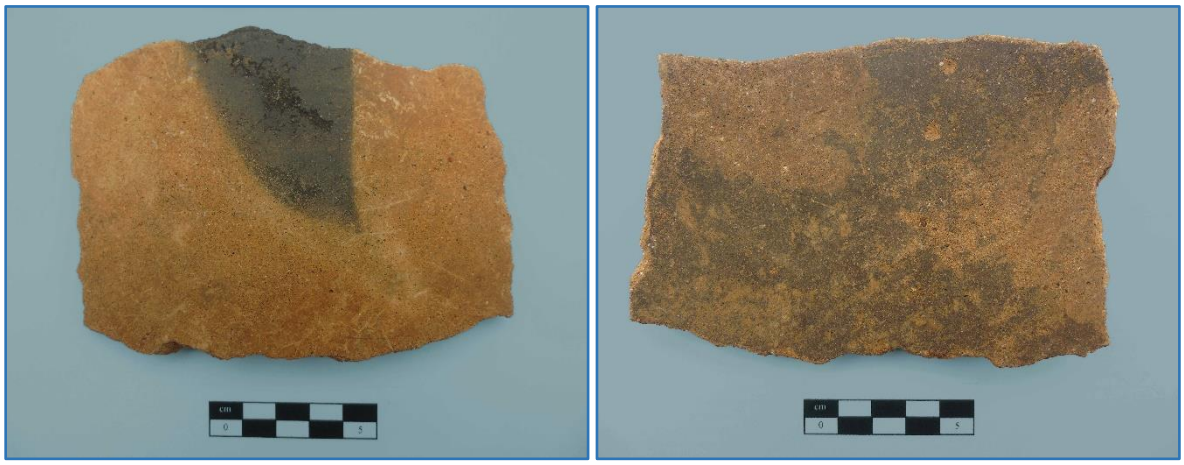


Ilustración 32. Pasta 1. Inclusiones Blancas. Muestra 4. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 5: Cajete de paredes curvodivergentes

Color de la pasta: Presenta una tonalidad café amarillento (10YR 5/4) y un núcleo de color café grisáceo oscuro (10YR 4/2).

Formas: Fragmento de cajete de paredes curvodivergentes de borde biselado al interior. Grosor del borde 6 mm. Espesor de las paredes 7mm. Diámetro aproximado de 18 cm.

Acabado de superficie: La superficie externa se encuentra cubierta por una capa de engobe firme y bien cubriente de color rojo amarillento (5YR 5/6), su acabado es un pulido fino por lo que su textura es lisa al tacto y su apariencia es ligeramente brillante. La superficie interna está cubierta por un engobe de color rojo (10R4/6) su acabado es un alisado fino, de textura lisa al tacto y de apariencia opaca.

Decoración: En la superficie externa se observa una Banda de color rojo (10R 4/6) de 6 mm de espesor en el área del borde. El engobe de color rojo sobre la superficie interna, lo que puede considerarse como decoración.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

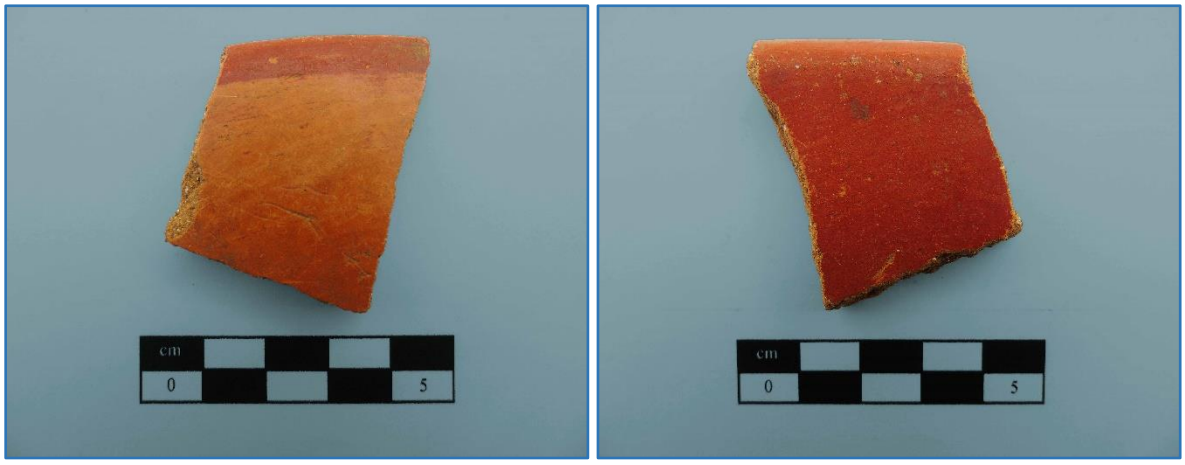
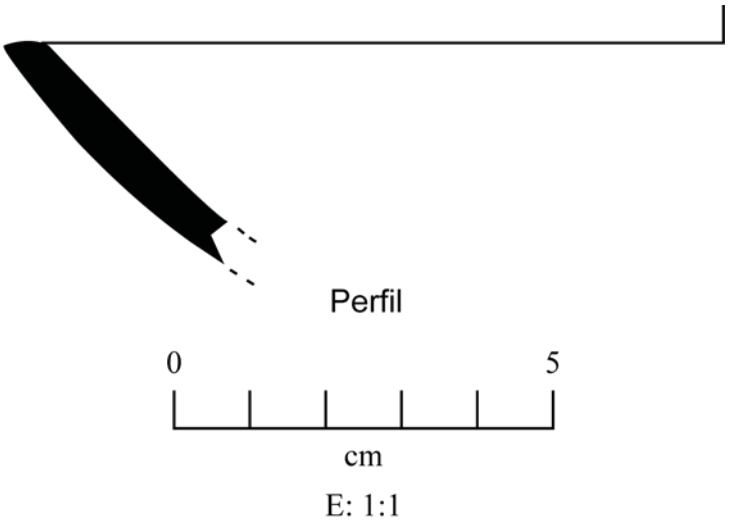


Ilustración 33. Pasta 1. Inclusiones blancas. Muestra 5. Cajete de paredes Curvodivergentes. Superficie externa e interna.



Dibujo de Perfil 1. Pasta 1. Inclusiones blancas. Muestra 5. Cajete de paredes curvodivergentes.

PASTA 2: Micas Doradas

CARACTERISTICAS DE LA PASTA:

Color: presenta un rango que va de rojo oscuro (2.5YR 3/6) a café rojizo (5YR 4/4).

Tipo de cocción: Irregular; presenta un núcleo de cocción que va de café (7.5YR 4/2) a café oscuro (7.5YR 3/2).

Textura granular: Fina a media.

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: En el corte se observan principalmente partículas doradas cuya forma varía de puntos finos a laminillas (40%), partículas transparentes de tamaño medio y forma angulosa (40%), partículas blancas opacas de tamaño fino y forma irregular (10%), inclusiones negras brillantes de tamaño fino a medio y de forma plana angulosa (5%), partículas de color marrón de tamaño medio y forma subredondeada (5%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Media a alta.

Porosidad: Se observan escasos poros pequeños de forma redonda a irregular.

Acabado de superficie:

Los acabados que presentan los tiestos varían desde un alisado burdo, hasta un pulido fino de color café claro (7.5YR 6/6) en la superficie externa; mientras que en la superficie interna el acabo es un alisado que va de fino a burdo.
Se observan también sobre la superficie manchas de color negro (gris muy oscuro 7.5YR 3/2).

Observaciones: Este tipo de pasta se encuentra relacionada en su mayoría con formas como son cuerpos de ollas y en un menor número con cuerpos de cajetes de paredes recto divergentes.
El rango de grosor de las paredes varía de 0.5 cm a 1 cm para ollas, y de 0.6 cm para cajetes de paredes recto divergentes.

Relaciones intrasitio: Este tipo de pasta se localizó con mayor frecuencia en el sitio de San Martín Coapaxtongo (22 tiestos) y en el sitio de Matlalac (7 tiestos).

Ilustración 34. Pasta 2. Micas doradas. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico.

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS:

Muestra 1: Cuello de olla.

Color de la pasta: café (7.5YR 4/4) y un núcleo de color café oscuro (7.5YR 3/2).

Formas: Fragmento de cuello de olla. Espesor de las paredes de 7 a 8 mm.

Acabado de superficie: La superficie externa se encuentra cubierta por una capa de engobe bien cubriente que va de una tonalidad café (café fuerte7.5YR 5/6) a un café claro (amarillo rojizo 7.5YR 6/6), su acabado es un alisado regular, de textura lisa al tacto y su apariencia es opaca.

La superficie interna está cubierta por una delgada capa poco cubriente de engobe café (10YR 5/3) que no alcanza a cubrir las inclusiones que afloran; su acabado es burdo, por lo que su textura es áspera al tacto y su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 35. Pasta2. Micas Doradas. Muestra 1. Cuello de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 2: Borde de olla

Color de la pasta: En los márgenes presenta una tonalidad café rojizo (5YR 4/4) y un núcleo de color café (10YR 4/3).

Formas: Fragmento de cuello de olla de paredes curvo divergentes, borde evertido y labio redondeado. Grosor del borde 8 mm. Espesor de las paredes de 7 a 8 mm. Diámetro aproximado de 18 cm.

Acabado de superficie: Ambas superficies se encuentran erosionadas, no obstante, se observan restos craquelados de engobe muy bien alisado de color café claro (amarillo rojizo 7.5YR 6/6). En general la textura es áspera y de apariencia opaca.

Sobre la superficie interna se observan manchas de color negro (7.5YR 2.5/1).

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 36. Pasta 2. Micas Doradas. Muestra 2. Borde de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 3. Asa de olla

Color de la pasta: Presenta una coloración café (7.5YR 4/4) y un núcleo gris muy oscuro (10YR 3/1), en algunas áreas se observa una tonalidad grisácea (gris oscuro 7.5YR 4/1).

Formas: Fragmento de asa de tipo circular. Diámetro aproximado de 3 cm. Mantiene restos del cuerpo de la vasija, cuyo espesor va de 6 a 7 mm.

Acabado de superficie: La superficie externa está cubierta por un engobe firme y bien cubriente de color crema (amarillo rojizo 7.5YR 6/6), su acabado es un pulido fino, su textura es lisa al tacto y su apariencia es lustrosa.

Sobre la superficie interna se observa una delgada cape de engobe café (7.5YR 4/4) que no alcanza a cubrir las inclusiones que afloran. Su acabado es un alisado regular, su textura es áspera y su apariencia es completamente opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 37. Pasta 2. Micas Doradas. Muestra 3. Asa de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 4. Borde de olla

Color de la pasta: Presenta una coloración café grisáceo oscuro (10YR 4/2) y un núcleo café oscuro (7.5YR 3/2).

Formas: Fragmento de cuello de olla de paredes curvo divergente, borde evertido al exterior y labio redondeado. Grosor del borde 8 mm. Espesor de las paredes de 6 a 7mm. Diámetro aproximado de 16 cm.

Acabado de superficie: Ambas superficies se encuentran erosionadas, por lo cual han adquirido una tonalidad grisácea (10YR 3/1) no obstante se observan restos craquelados de engobe que va de un café muy claro (amarillo rojizo 7.5YR 6/6 a un café amarillento claro (10YR 6/4).

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

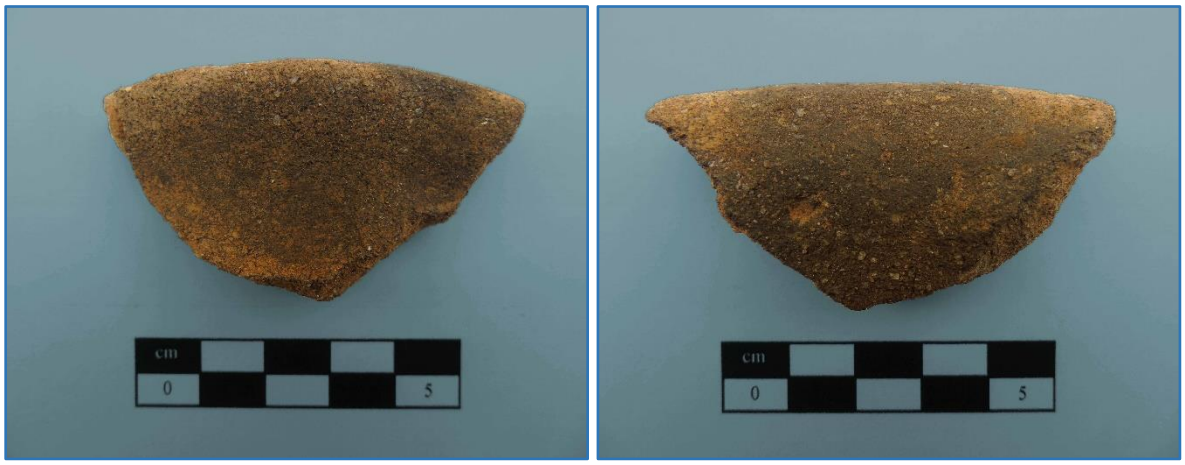


Ilustración 38. Pasta 2. Micas Doradas. Muestra 4. Cuello de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 5. Borde de olla.

Color de la pasta: Presenta una coloración que va de un gris oscuro (10YR 4/1) y café grisáceo oscuro (10YR 4/2).

Formas: Fragmento de cuello de olla de paredes curvo divergente, borde ligeramente evertido al exterior y labio redondeado. Grosor del borde 8 mm. Espesor de las paredes de 5 a 7 mm. Diámetro aproximado de 18 cm.

Acabado de superficie: Presenta restos de engobe con una tonalidad gris oscuro (2.5Y 4/1), su acabado es un alisado que va de regular a fino, debido a la erosión presenta desprendimiento y pérdida del engobe, en algunas áreas las inclusiones afloran. Su textura es áspera y de apariencia opaca.

La superficie interna muestra una apariencia parduzca debido a un intercalado de zonas de color gris (café grisáceo 10YR 5/2) y negras (gris muy oscuro 10YR 3/1).

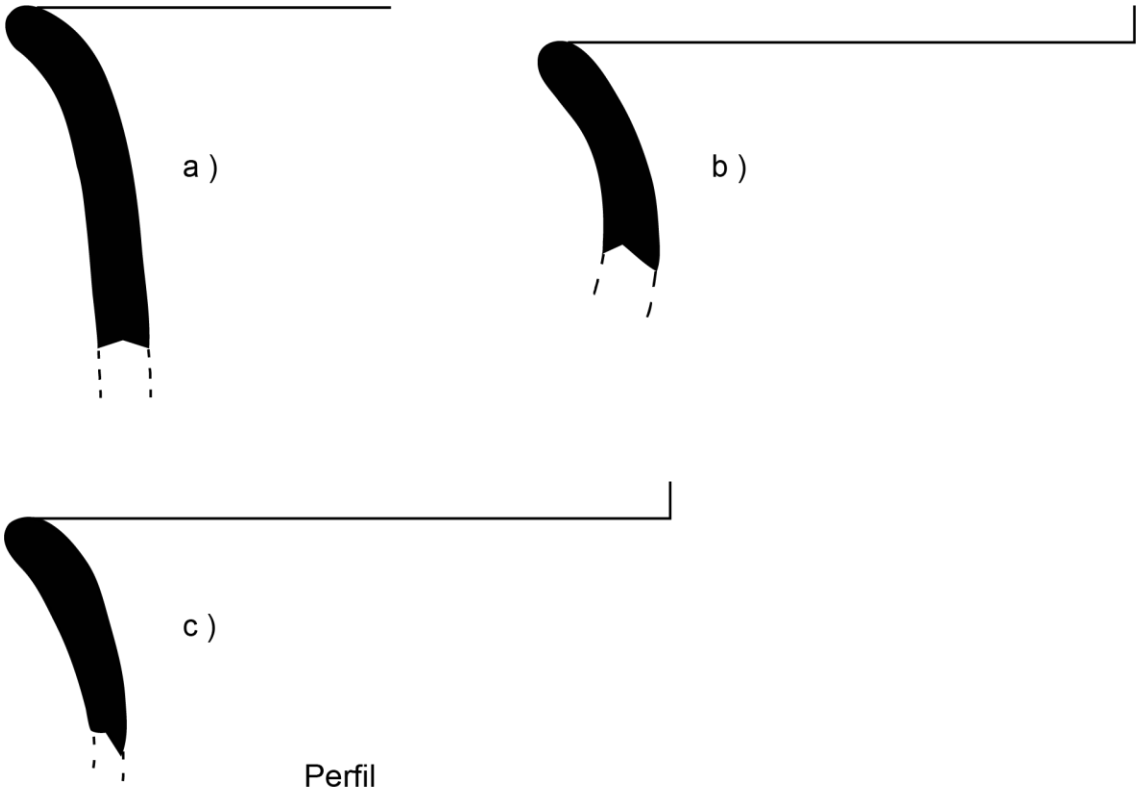
Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 39. Pasta Micas Doradas. Muestra 5. Cuello de olla. Superficie externa e interna.



Pasta: Inclusiones Doradas
Muestras: 2 (a) - 4 (b) -5 (c)
Sitio: San Martín Coapaxtongo
Forma: Bordes de Olla

Dibujo de Perfil 2. Pasta 2. Micas doradas. Muestras 2, 4, 5. Bordes de olla.

PASTA: 3

CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA:

Color: Presenta una tonalidad que va de rojo (2.5YR 4/6) a rojo amarillento (5YR 4/6-5/6).

Tipo de cocción: Oxidante incompleta; puesto que en algunas secciones presenta un núcleo de cocción de color gris muy oscuro (7.5YR 3/2).

Textura granular: Media.

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: En el corte se observan principalmente partículas blancas opacas de tamaño fino a medio y forma irregular (50%), partículas opacas de color anaranjado claro, de tamaño fino a grueso, en forma de puntos y granos irregulares (25%), partículas transparentes brillantes de tamaño fino y forma irregular, notándose únicamente por el brillo (25%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera heterogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Baja, se desmorona al fragmentarse.

Porosidad: Media, el tamaño de los poros va de pequeños a medios, y forma irregular.

Acabado de superficie:

Los acabados que presentan los tiestos varían de un alisado fino a burdo. Se observan diferentes tonalidades del acabado como son blanco (blanco rosado 7.5YR 8/2), café (café fuerte 7.5YR 5/8), café rojizo (5YR 4/4) y café claro (amarillo rojizo 7.5YR 6/6).

Observaciones: Este tipo de pasta se encuentra relacionada en su mayoría con cuerpos de ollas.

El rango de grosor de las paredes varía de 0.9 cm.

Relaciones intrasitio: Este tipo de pasta únicamente se localizó con en el sitio de La Malinche, San Martín Coapaxtongo, San Simonito

Ilustración 40. Pasta 3. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico.

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS

Muestra 1. Cuerpo de olla

Color de la pasta: Presenta una tonalidad café rojizo claro (rojo amarillento 5YR 4/6) y un núcleo de color café oscuro (7.5YR 3/2).

Formas: Fragmento de cuerpo de olla. Espesor de las paredes 1 cm.

Acabado de superficie: La superficie externa mantiene restos de una delgada capa de engobe color anaranjado (rojo 10R 4/8) y adherencia débil; su acabado es un alisado que va de regular a fino, se observa desprendimiento y pérdida del engobe por lo que en algunas áreas las inclusiones afloran. Su textura es áspera y de apariencia opaca.

La superficie interna muestra una tonalidad café amarillenta (café fuerte 7.5YR 5/6), su acabado es un alisado irregular dejando al descubierto imperfecciones de la pasta; su textura es áspera al tacto y su apariencia es completamente opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 41. Pasta 3. Muestra 1. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna

Muestra 2. Borde de olla

Color de la pasta: Presenta una tonalidad café rojizo claro (rojo amarillento 5YR 4/6) y un núcleo de color café oscuro (7.5YR 3/2).

Formas: Fragmento de borde de olla de labio redondeado, los restos de pared presentan una dirección recto divergente. Espesor de las paredes 1 cm. Debido a las dimensiones de la muestra no fue posible determinar un diámetro aproximado.

Acabado de superficie: Ambas superficies presentan una tonalidad color anaranjado (rojo 2.5YR 5/8), alternando con zonas más claras de color rojo amarillento (5YR 5/8) su acabado es un alisado que va de regular a fino.
En algunas áreas es posible observar las inclusiones que afloran. Su textura es ligeramente áspera y de apariencia opaca.

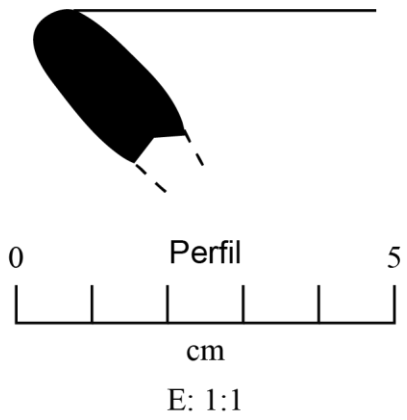
Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 42. Pasta 3. Muestra 2. Borde de olla. Superficie externa e interna.



Dibujo de Perfil 3. Pasta 3. Muestra 2. Borde de olla

Muestra 3. Cuerpo de olla

Color de la pasta: En todo su espesor la pasta es de color naranja (rojo amarillento 5YR 5/6)

Formas: Fragmento de cuerpo de olla. Espesor de las paredes 1.2 cm.

Acabado de superficie: La superficie externa está cubierta por una bien cubriente capa de engobe color anaranjado (rojo amarillento 5YR 6/6), en algunas áreas presenta una tonalidad amarillo rojizo (7.5YR 6/6). Su acabado es un alisado fino, Su textura es lisa al tacto y su apariencia es ligeramente lustrosa.
La superficie interna muestra una tonalidad similar a la de la pasta (rojo amarillento 5YR 5/6), su acabado es un alisado irregular dejando al descubierto imperfecciones de la pasta; su textura es ligeramente áspera y su apariencia es completamente opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

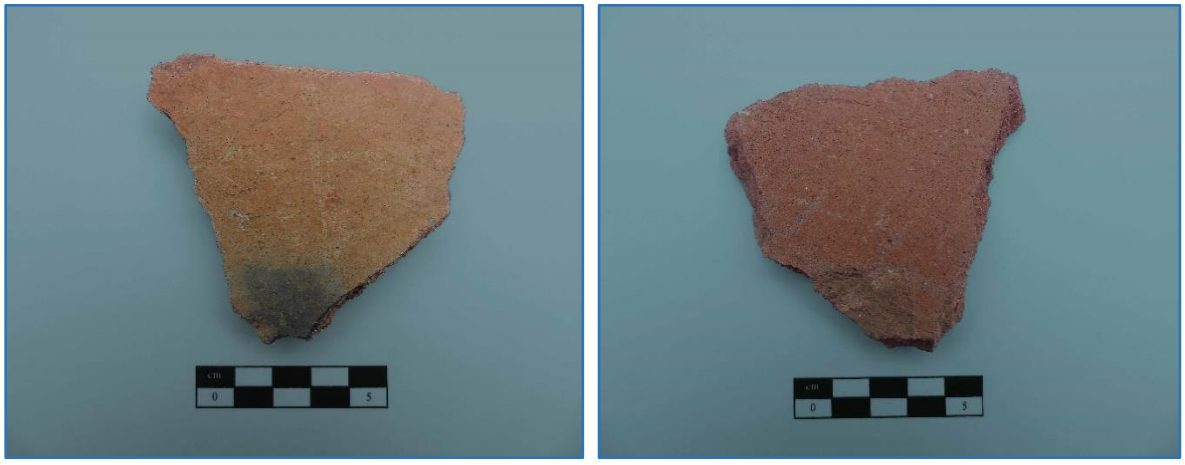


Ilustración 43. Pasta 3. Muestra 3. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna

PASTA: 4

CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA:

Color: Presenta un color café (7.5YR 4/3).

Tipo de cocción: Oxidante incompleta, se puede observar un tenue núcleo de color café (7.5YR 4/2)

Textura granular: Media a burda.

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: En el corte se observan principalmente partículas opacas de roca de color gris, rojo y anaranjado claro de tamaño fino a grueso en forma de puntos y granos irregulares angulosos (60%), partículas blancas opacas de tamaño fino y forma irregular (25%), partículas translucidas brillantes de tamaño fino a medio y forma plana irregular, notándose únicamente por el brillo (15%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Baja, se desmorona al fragmentarse.

Porosidad: Alta, el tamaño de los poros va de pequeños a medios, y su forma puede ser redondeada, irregular y alargada.

Acabado de superficie: Los acabados que presentan los tiestos varían de un alisado fino a burdo. El color del acabado puede ser blanco (blanco rosado 7.5YR 8/2), café (café fuerte 7.5YR 5/8) o café rojizo (5YR 4/4) y café claro (amarillo rojizo 7.5YR 6/6).

Observaciones: Esta pasta presenta similitudes con la pasta número 3. Este tipo de pasta se encuentra relacionada en su mayoría con cuerpos de ollas.

El rango de grosor de las paredes varía de 1.1 cm.

Relaciones intrasitio: Presenta una mayor frecuencia en el sitio de La Malinche.

Ilustración 44. Pasta 4. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico.

DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS:

Muestra 1. Cuerpo de olla.

Color de la pasta: Presenta una tonalidad café rojizo claro (rojo amarillento 5YR 4/6) y un núcleo de color café (café rojizo 5YR 4/4).

Formas: Fragmento de cuerpo de olla. Espesor de las paredes 8 mm.

Acabado de superficie: La superficie externa presentan una tonalidad color café rojizo muy claro (rojo amarillento 5YR 5/6), su acabado es un alisado regular, siendo posible observar en la superficie imperfecciones y partículas de la pasta. Su textura es mayormente áspera y su apariencia es opaca.
En la superficie interna el acabado es un alisado fino de color café (7.5YR 5/3). Su textura es lisa al tacto y su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

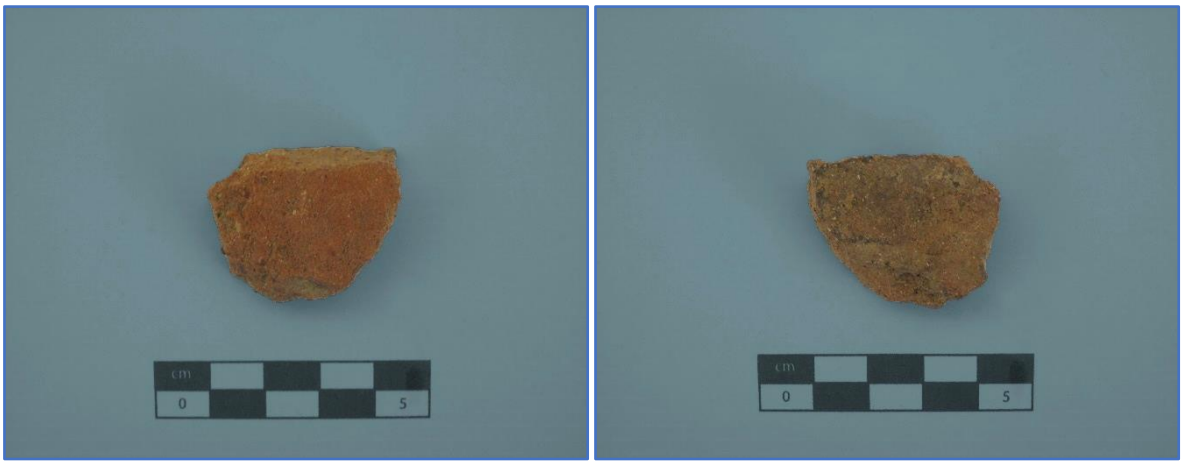


Ilustración 45. Pasta 4. Muestra 1. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 2. Cuerpo de olla.

Color de la pasta: El color de los márgenes es café rojizo (rojo amarillento 5YR 4/6), con un núcleo de color café oscuro (7.5YR 3/2).

Formas: Fragmento de cuerpo de olla. Espesor de las paredes 1.5 cm.

Acabado de superficie: La superficie externa presentan una tonalidad color café muy claro (café rojizo 5YR 5/3), que alterna con zonas más oscuras (gris muy oscuro 7.5YR 3/1); su acabado es un alisado regular, siendo posible observar finas estrías dejadas durante este procedimiento. Su textura es lisa, pero se aprecian pequeñas protuberancias. Su apariencia es completamente opaca.
La superficie interna presenta una tonalidad café rojizo claro (rojo amarillento 5YR 5/6) el acabado es un alisado fino. Su textura es lisa al tacto y su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

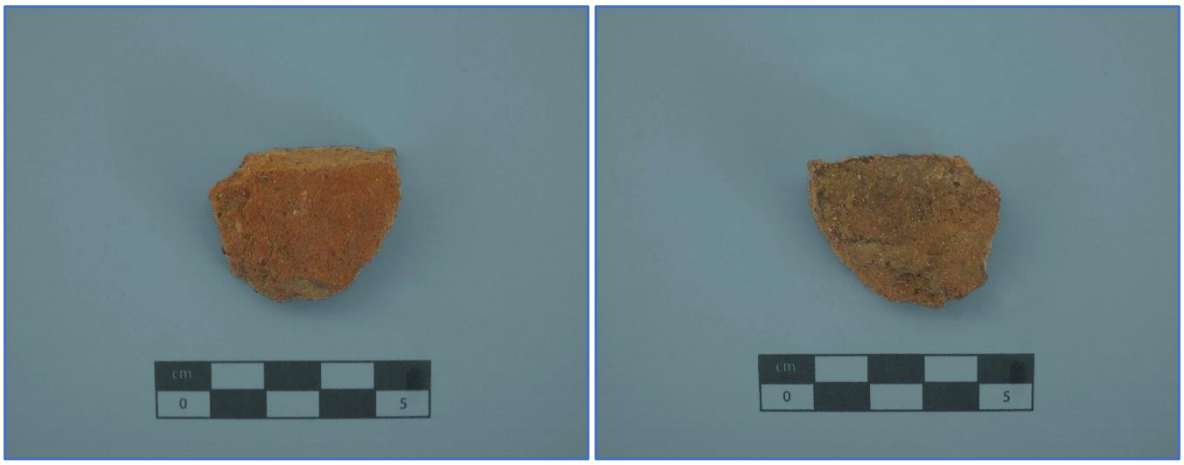


Ilustración 46. Pasta 4. Muestra 2. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna.

Muestra 3. Borde de cajete paredes recto divergentes.

Color de la pasta: En todo su espesor la pasta presenta una coloración café rojiza (5YR 4/4).

Formas: Fragmento de borde de cajete, los restos de pared muestran una dirección recto divergente, el labio es de tipo redondeado. Espesor de las paredes 6 mm. Debido a las características de la muestra no fue posible determinar un diámetro aproximado.

Acabado de superficie: La superficie externa presentan una tonalidad color café rojizo (5YR 4/3), su acabado es un alisado regular. Su textura al tacto es ligeramente áspera. Su apariencia es completamente opaca.

En la superficie interna se observan restos de una delgada capa de color naranja (rojo amarillento 5YR 5/6), cuya adherencia es débil. El acabado es un alisado que va de fino a regular. Su textura generalmente es lisa al tacto y su apariencia es opaca.

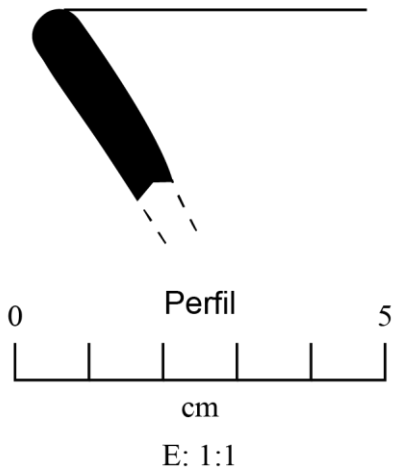
Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 47. Pasta 4. Muestra 3. Borde de cajete de paredes recto divergentes. Superficie exterior e interior.



Pasta: 4
Muestra: 3
Sitio: La Malinche
Forma: Borde de cajete recto divergente

Dibujo de Perfil 4. Pasta 4. Muestra 3. Cajete recto divergente

Muestra 4. Pared de cuerpo de olla

Color de la pasta: En todo su espesor la pasta presenta una coloración café rojiza (5YR 4/4).

Formas: Fragmento de cuerpo de olla. Espesor de las paredes 6 mm.

Acabado de superficie: La superficie externa presentan una tonalidad color café rojizo (rojo amarillento 5YR 5/6), el tratamiento de la superficie es un acabado burdo, donde solo se buscó emparejar la superficie, se notan además impresiones vegetales. Su textura es áspera al tacto y su apariencia es completamente opaca. En la superficie interna mantiene el color de la pasta (rojo amarillento 5YR 5/4). El acabado es un alisado que va de fino a regular, siendo posible observar finas estrías dejadas durante este procedimiento. Su es lisa al tacto y su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 48 Pasta 4. Muestra 4. Cuerpo de olla. Superficie externa e interna

PASTA 5: Inclusiones rojas

CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA:

Color: Presenta una tonalidad café rojizo (5YR 4/3-4/4).

Tipo de cocción: Oxidante incompleta, se puede observar manchas de color gris muy oscuro (7.5YR 3/1).

Textura granular: Media a burda.

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: En el corte se observan principalmente partículas opacas de color blanco, de tamaño fino y forma redondeada irregular (50%), granos opacos de color rojizo de tamaño fino a grueso y su forma es redondeado irregular (30%), partículas translucidas brillantes de tamaño fino (15%), inclusiones negras brillantes de tamaño fino y forma plana (5%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Media a alta, se fragmenta con dificultad.

Porosidad: Media, el tamaño de los poros va de pequeños a medios, y su forma puede es irregular.

Acabado de superficie:

Los acabados que presentan los tiestos varían de un alisado fino a burdo. Generalmente el color del acabado es café (7.5YR 5/4), café rojizo (2.5YR 4/4).

Observaciones:

Este tipo de pasta se encuentra relacionada en su mayoría con cuerpos de ollas.

El rango de grosor de las paredes varia 0.9 cm.

Relaciones intrasitio: Presenta una mayor frecuencia en el sitio de La Malinche

Ilustración 49. Pasta 5. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico.

DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS:

Muestra 1. Borde de olla

Color de la pasta: El color de las paredes es rojo amarillento (5YR 5/6), presenta un grueso núcleo de color negro (gris muy oscuro 7.5YR 3/1).

Formas: Fragmento de borde de olla ligeramente evertido al exterior, biselado al interior y labio redondeado. Los restos de pared indican una dirección recto divergente. Grosor del borde 1.2 cm. Debido al tamaño del tiesto no fue posible determinar un diámetro aproximado.

Acabado de superficie: Ambas superficies se encuentran cubiertas por una delgada pero firme capa de color anaranjado oscuro (rojo 2.5YR 4/8), el tratamiento de la superficie es un alisado que va de fino a medio. Su textura es lisa al tacto y su apariencia es ligeramente lustrosa.

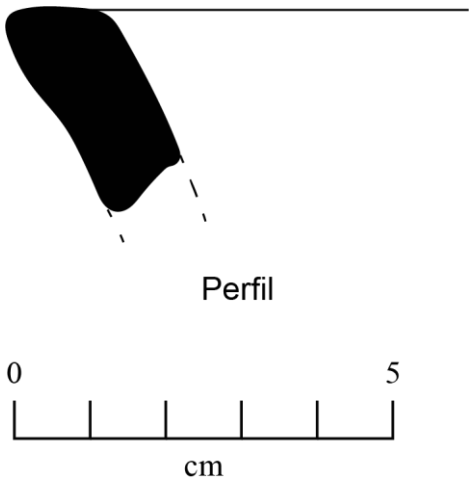
Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 50. Pasta 5 "Inclusiones rojas". Muestra 1. Borde de olla. Superficie exterior e interior.



Dibujo de Perfil 5. Pasta 5 Inclusiones rojas. Muestra 1. Borde de olla.

Muestra 2. Borde de olla

Color de la pasta: En todo su espesor la pasta presenta una tonalidad café rojizo (5YR 4/4)

Formas: Fragmento de borde de olla redondeado evertido al exterior Los restos de pared indican una dirección curvo divergente. Grosor del borde 1.5 cm. Debido al tamaño del tiesto no fue posible determinar un diámetro aproximado.

Acabado de superficie: Ambas superficies se encuentran cubiertas por una delgada pero firme capa de color anaranjado oscuro (rojo 2.5YR 4/6), el tratamiento de la superficie es un alisado regular. Su textura es lisa al tacto y su apariencia es opaca.

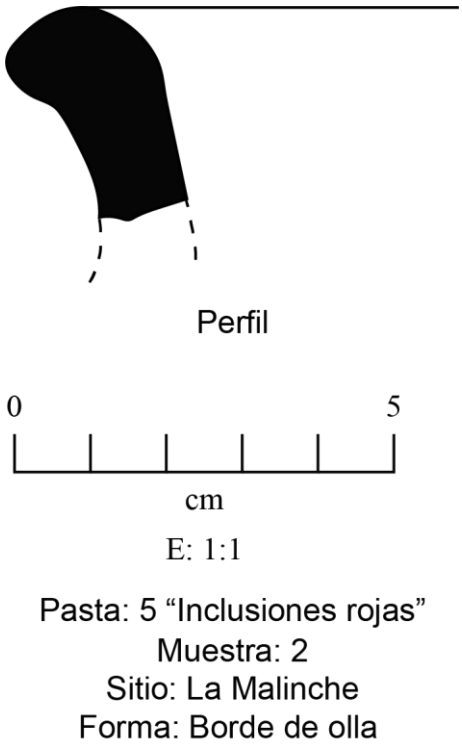
Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico tardío

Ilustración 51. Pasta 5 "Inclusiones rojas". Muestra 3. Borde de olla. Superficie exterior e interior.



Dibujo de Perfil 6. Pasta 5 Inclusiones rojas. Muestra 2. Borde de olla.

Muestra 3. Cuerpo de olla

Color de la pasta: El color de las paredes es rojo amarillento (5YR 4/6), presenta un grueso núcleo de color café oscuro (7.5YR 3/2).

Formas: Fragmento de cuerpo de olla. Grosor de las paredes 9 mm.

Acabado de superficie: Ambas superficies se encuentran cubiertas por una firme capa de color anaranjado oscuro (rojo 2.5YR 4/6), que en algunos casos no alcanza a cubrir las inclusiones que afloran. El tratamiento de la superficie es un alisado que va de fino a regular. Su textura generalmente es lisa al tacto y su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 52. Pasta 5 Inclusiones rojas. Muestra 2. Cuerpo de olla. Superficie exterior e interior.

PASTA 6:

CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA:

Color: En todo su espesor presenta una tonalidad rojo amarillento (5YR 5/6).

Tipo de cocción: Oxidante completa

Textura granular: Burda.

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: En el corte se observan principalmente partículas opacas de color blanco, de tamaño fino y forma redondeada irregular (40%), granos de roca opacos de color rojizo y anaranjado claro de tamaño fino a medio y su forma es redondeado irregular (40%), partículas translucidas brillantes de tamaño fino (15%), inclusiones negras brillantes de tamaño fino y forma plana (7%), puntos negros finos opacos de forma redonda (7%), granos muy gruesos de roca color marrón y forma irregular (1%)

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Media, a pesar de fragmentarse con cierta facilidad no se desmorona.

Porosidad: Media, el tamaño de los poros va de pequeños a medianos, su forma puede suele ser irregular.

Acabado se superficie:

Los acabados que presentan los tiestos varían de un alisado fino o burdo a un pulido regular. El color del acabado generalmente es de color café, abarcando tonalidades claras (café 7.5YR 5/4 - 4/4) oscuras (café fuerte 7.5YR 4/6) y rojizas (rojo amarillento 5YR 4/6).

Observaciones:

Presenta similitud en los desgrasantes con la pasta 4.

Su apariencia es arenosa. Este tipo de pasta se encuentra relacionada en su mayoría con cuerpos de ollas.

El rango de grosor de las paredes varia 1.0 cm.

Relaciones intrasitio: Se observa con mayor presencia en los sitios La Malinche, Matlalac, San Martin Coapaxtongo y San Simonito.

Ilustración 53. Pasta 6. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico.

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS SELECCIONADAS:

Muestra 1. Cajete de paredes recto divergente

Color de la pasta: En todo su espesor la pasta es de color café rojizo claro (rojo 2.5YR 4/6).

Formas: Fragmento de cajete de paredes recto divérgete, borde directo engrosado al exterior y labio redondeando. Grosor de las paredes 8 mm. Debido a las dimensiones del tiesto no fue posible determinar un diámetro aproximado.

Acabado de superficie: Ambas superficies presentan una tonalidad café claro (rojo amarillento 5YR 5/6), en algunas áreas se alcanza a observar una tonalidad más rojiza (rojo 2.5YR 4/6). El tratamiento de la superficie es un alisado fino. Su textura es lisa al tacto y su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

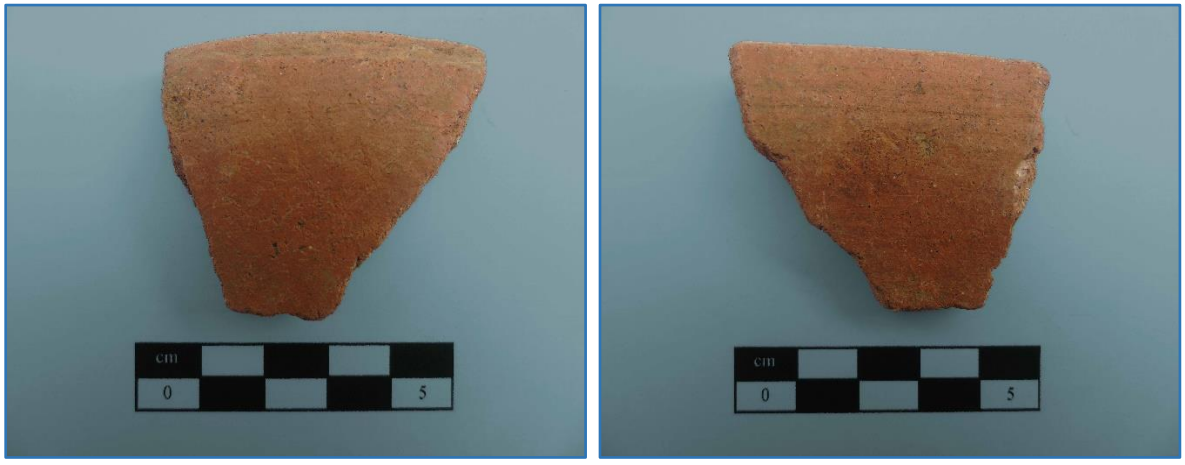


Ilustración 54. Pasta 6. Muestra 1. Cajete paredes recto divergentes. Superficie exterior e interior.

Muestra 2. Cuello de olla

Color de la pasta: El color de las paredes es café rojizo (rojo 2.5YR 4/4), al interior se observa un delgado núcleo de color crema (café 7.5YR 5/4)

Formas: Fragmento de cuello de olla. Grosor de las paredes 1.2 cm.

Acabado de superficie: Ambas superficies están cubiertas por una capa de color naranja (rojo 2.5YR 4/6) que alterna con zonas de tonalidad café rojizo (rojo amarillento 5YR 5/6). El tratamiento de la superficie es un alisado que va de fino a regular. Su textura generalmente es lisa al tacto, pero existen zonas ásperas. Su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 55. Pasta 6. Muestra 2. Cuello de olla. Superficie exterior e interior.

Muestra 3. Borde de olla

Color de la pasta: En todo su espesor la pasta presenta una tonalidad naranja (rojo amarillento 5YR 4/6).

Formas: Fragmento de borde de olla, de tipo directo redondeado. Grosor de las paredes 1.5 cm.

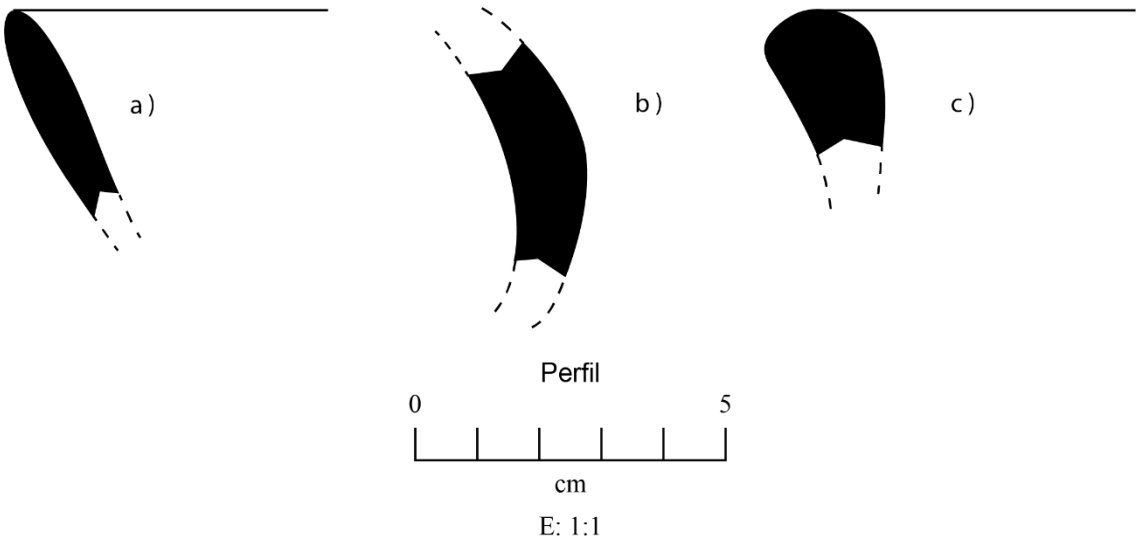
Acabado de superficie: Ambas superficies están cubiertas por una capa de color naranja (rojo 2.5YR 4/8-5/8). El tratamiento de la superficie es un alisado regular. Su textura es ligeramente áspera al tacto. Su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Técnica de Manufactura: Modelado/Moldeado

Ilustración 56. Pasta 6. Muestra 3. Borde de olla. Superficie exterior e interior.



Pasta: 6
Muestra: 1, 2, 3
Sitio: San Simonito
Formas: a) Borde de cajete recto divergente. b) Cuello de olla. c) Borde de olla

Dibujo de Perfil 7. Pasta 7. Muestras: 1-2-3. Formas: Cajete recto divergente, cuello de olla, borde de olla

PASTA 7:

CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA:

Color: En todo su espesor presenta una tonalidad café (7.5YR 4/3-4/4).

Tipo de cocción: Oxidante incompleta, de ahí su tonalidad ligeramente parduzca

Textura granular: Media

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: En el corte se observan principalmente partículas opacas que presentan una tonalidad amarillenta, son de tamaño fino y forma irregular (60%), granos blancos opacos de tamaño fino a medio y forma irregular (30%), inclusiones transparentes brillantes de tamaño fino y forma plana irregular (6%), granos de roca color marrón de tamaño fino y forma irregular (3%), partículas doradas de tamaño fino en forma de finas laminillas irregulares (1%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte con excepción de las partículas doradas las cuales son más notorias sobre las superficies del tiesto.

Tenacidad: Media, a pesar de fragmentarse con cierta facilidad, no se desmorona.

Porosidad: Media, el tamaño de los poros va de pequeños a medianos, su forma puede ser irregular o alargada.

Acabado de superficie: Los acabados que presentan los tiestos varían de un alisado fino o burdo a un pulido regular en una o ambas superficies dependiendo de la forma. El color del acabado habitualmente presenta una delgada capa de tonalidad grisácea (gris claro 5YR 7/1).

Observaciones:

Presenta similitud en los desgrasantes con la pasta 4.

Este tipo de pasta se encuentra relacionada en su mayoría con cuerpos de ollas y cajetes hemisféricos. El rango de grosor de las paredes varia de 0.6 a 0.8 cm.

Relaciones intrasitio: Esta pasta presenta mayor frecuencia en el sito de Tepalcatepec, y en menor cantidad en los sitios Matlalac y San Martín Coapaxtongo.

Ilustración 57. Pasta 7. Fragmentos cerámicos seleccionados para su análisis petrográfico.

DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRA SELECCIONADAS:

Muestra 1. Cajete de paredes recto divergentes

Color de la pasta: El color de las paredes es café amarillento oscuro (10YR 4/4), al interior se observa un delgado núcleo de color café oscuro (10YTR 3/3).

Formas: Fragmento de cajete de paredes recto divergentes, de borde directo engrosado al interior y labio redondeado. Grosor de las paredes 7 mm. Grosor del borde 1 cm. Debido a las características de la muestra no fue posible determinar un diámetro aproximado

Acabado de superficie: Ambas superficies están cubiertas por una capa de color crema (café pálido 10YR 6/3), lo que cambia es el acabado, la superficie externa presenta un alisado regular, mientras que en la superficie interna el acabado es un alisado fino. Su textura es ligeramente áspera al tacto. Su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 58. Pasta 7. Muestra 1. Cajete de paredes recto divergente. Superficie exterior e interior.

Muestra 2. Cajete paredes recto divergente

Color de la pasta: En todo su espesor presenta una tonalidad naranja (rojo amarillento 5YR 5/6).

Formas: Cajete de paredes recto divergente, se asocia a esta forma fragmento de borde de tipo directo redondeado. Espesor de las paredes de 5mm.

Acabado de superficie: la capa externa está cubierta por una capa de color café (7.5YR 5/4). El acabado es un alisado fino a regular, su textura es áspera al tacto y su apariencia es opaca.

La superficie interna está cubierta por una capa de color café rojizo oscuro (7.5YR 4/2. El acabado es un alisado burdo. Su textura es áspera al tacto y su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Temporalidad: Posclásico Tardío

Ilustración 59. Pasta 7. Muestras 2. Borde de cajete recto divergente. Superficie exterior e interior.

Muestra 3, 4, 5. Cuerpos de olla

Color de la pasta: El rango de color de la pasta va de naranja (rojo amarillento 5YR 5/6), café (7.5YR 4/3-4/4- 5/4).

Formas: Ollas, se asocian a esta forma fragmentos de pared de cuerpo. Espesor de las paredes de 5mm a 8mm.

Acabado de superficie: Generalmente la capa externa está cubierta por una capa de color café muy claro (amarillo rojizo 7.5YR 6/6), café (7.5YR 5/4), café pálido (10YR 6/3) y gris (gris parduzco claro10YR 6/2). El acabado de la superficie externa es un alisado fino a regular, su textura es lisa al tacto y su apariencia es opaca.
La superficie interna puede estar cubierta por una capa de color similar a la de la pasta o por una capa de color café pálido (10YR 6/3), café rojizo oscuro (7.5YR 4/2. El acabado es un alisado burdo. Su textura es áspera al tacto y su apariencia es opaca.

Decoración: No presenta motivo decorativo alguno.

Probable Función: Doméstico

Temporalidad: Posclásico Tardío

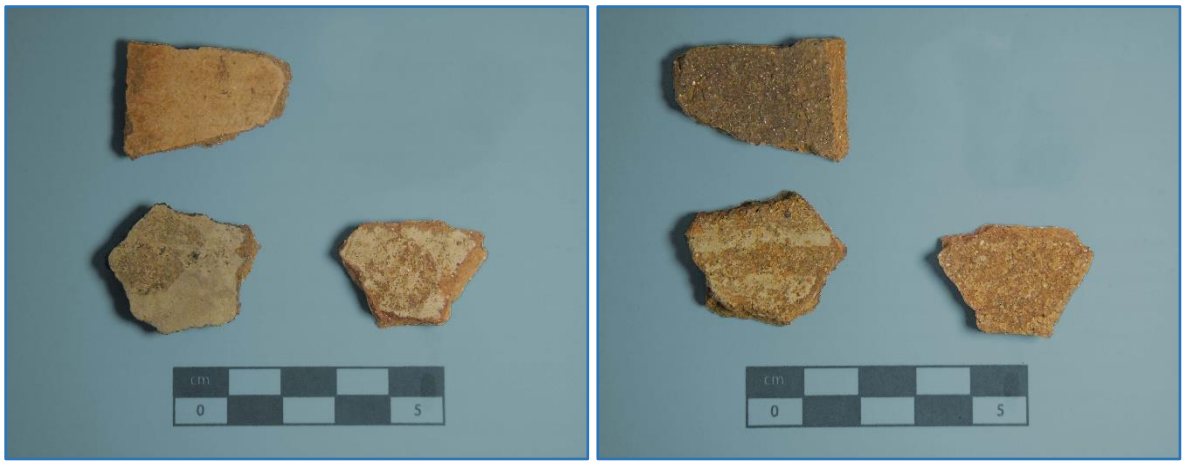
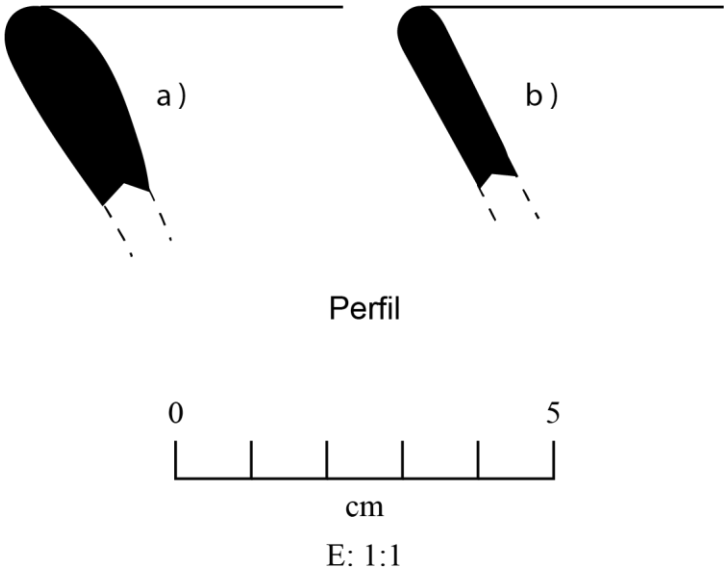


Ilustración 60 . Pasta 7. Muestras 3 - 5. Cuerpos de olla. Superficie exterior e interior.



Dibujo de Perfil 8. Pasta 7. Muestra 1, 2. Bordes de cajete recto divergente

5.1.4 Descripción de comales

Como se mencionó anteriormente durante la revisión del material cerámico se logró identificar fragmentos de comales y aunque la cantidad de ejemplares es escasa fue posible obtener un ejemplar de cada uno de los sitios arqueológicos señalados.

La mayor parte de las muestras corresponde a fragmentos de bordes los cuales aún presentan restos de cuerpo, y están caracterizados por la sencillez de su acabado. De igual manera se incluye una muestra de comal moderno manufacturado en la comunidad de San Simonito, Tenancingo.

A continuación, se presenta la descripción de cada una de las muestras obtenidas.

MUESTRA 1: Sitio La Malinche

1. CARÁCTERÍSTICAS DE LA PASTA

Color: En todo su espesor presenta una tonalidad amarillo rojizo (5YR 5/6).

Tipo de cocción: Oxidante completa

Textura granular: Arenosa fina.

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: Es poca la cantidad de las inclusiones que se observan, no obstante, las más notorias son partículas grises opacas de tamaño medio, su forma es irregular angulosa (60%), partículas grises opacas en forma de granos y puntos (25 %), puntos negros brillantes (15 %).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Media, su fractura es regular.

Porosidad: Media, se observan poros cuyo tamaño varía de fino a medio. Su forma también varía de alargados y sub redondos irregulares.

2. ASPECTO GENERAL DEL FRAGMENTO

Sección: Fragmento de borde de forma redondeada.

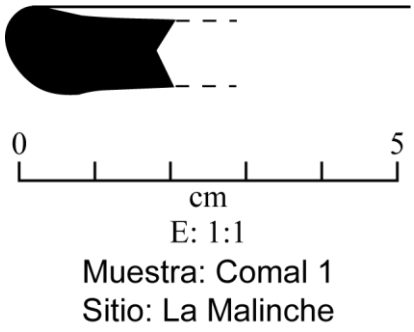
Espesor de las paredes: 0.8 cm. **Espesor del borde:** 1 cm.

Acabado de superficie: La superficie externa mantiene el color de la pasta (amarillo rojizo 5YR 5/5). Su acabado no presenta ningún tratamiento, es totalmente áspera y su apariencia es completamente opaca.

La superficie interna está cubierta por una delgada capa de engobe de color anaranjado (rojo 10 5/8), que cubre hasta la superficie externa del borde. El tratamiento de la superficie es un alisado fino a regular. Su apariencia es ligeramente lustrosa.

Observaciones: En algunas áreas de la superficie interna es posible observar inclusiones que afloran.

Ilustración 61 . Comal. Muestra 1. La Malinche. Superficie exterior e interior.



Dibujo de Perfil 9. Comal La Malinche

MUESTRA 2: Sitio Matlalac

1. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA

Color: En todo su espesor presenta una café (7.5YR 5/3).

Tipo de cocción: Oxidante completa

Textura granular: Media

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: En el corte se observan principalmente partículas grises opacas de tamaño medio y de forma redonda irregular (40%), inclusiones transparentes brillantes de tamaño fino y vistas únicamente por su brillo (30%), partículas negras en forma de puntos irregulares (20%), granos gruesos de color rojo de forma irregular angulosa (10%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Alta, se fragmenta con dificultad.

Porosidad: escasa, se observan poros pequeños de forma redondeada irregular.

2. ASPECTO GENERAL DEL FRAGMENTO:

Sección: Fragmento de borde

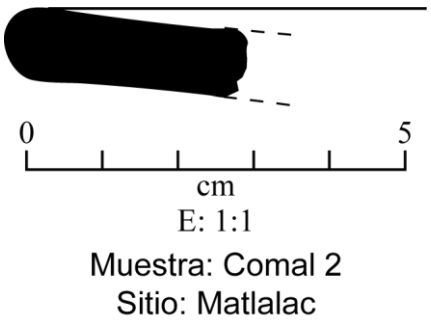
Espesor de las paredes: 1 cm. **Espesor del borde:** 1 cm.

Acabado de superficie: Ambas superficies son de color rojo amarillento (5YR 5/6-5/8). La superficie externa presenta un alisado burdo, su textura es ligeramente áspera y de apariencia completamente opaca.

La superficie interna presenta un alisado fino, su textura es lisa al tacto y se puede apreciar cierto lustre.

Observaciones: Presenta similitud con la pasta número 5.

Ilustración 62 . Comal. Muestra 2. Matlalac. Superficie exterior e interior.



Dibujo de Perfil 10. Comal Matlalac

MUESTRA 3: Sitio San Martín Coapaxtongo

1. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA

Color: En todo su espesor presenta una tonalidad café rojizo (5YR 5/4).

Tipo de cocción: Oxidante completa

Textura granular: Media

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: Se observan abundantes partículas grisáceas de tamaño fino a medio, su forma es irregular (30%), finos puntos blancos (25%), inclusiones opacas de color anaranjado claro, rojo y marrón (20%), granos de roca que presentan una tonalidad blanca son de tamaño fino y de forma redonda irregular (15%), partículas negras brillantes de tamaño fino en forma de finas laminillas irregulares (10%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Media, se fragmenta con cierta dificultad.

Porosidad: Alta, se observan abundantes poros pequeños alargados y redondos irregulares.

1. ASPECTO GENERAL DEL FRAGMENTO:

Sección: Fragmento de borde.

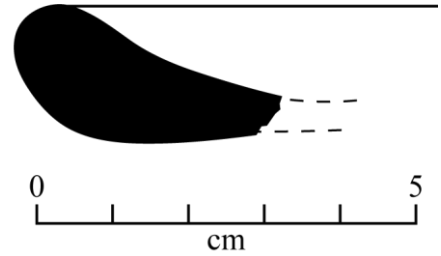
Espesor de las paredes: 0.8 cm. **Espesor del borde:** 1.5 cm.

Acabado de superficie: La superficie externa presenta una tonalidad negra (gris muy oscuro 7.5 YR 3/1), su acabado es burdo, áspero y opaco.

La superficie interna presenta una capa de engobe de color café (7.5YR 5/4), su acabado es un alisado fino a regular, su textura es lisa y su apariencia es completamente opaca.

Observaciones: La superficie externa presenta evidencia de exposición al fuego.

Ilustración 63. Comal. Muestra 3. San Martín Coapaxtongo. Superficie externa e interna.



E: 1:1
Muestra: Comal 3
Sitio: Sn. Martín Coapaxtongo

Dibujo de Perfil 11. Comal. San. M. Coapaxtongo.

MUESTRA 4: Sitio San Simonito

1. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA

Color: En todo su espesor es de color naranja (rojo 2.5YR 5/8).

Tipo de cocción: Oxidante completa

Textura granular: Media

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: Son pocas las inclusiones que se observan, no obstante, las más notorias son partículas blancas opacas de tamaño fino a medio, su forma es irregular (30%), inclusiones opacas de color grisáceo

(25%), granos de roca de tamaño medio y de forma irregular angulosa (20%), puntos negros finos y brillantes (15%), partículas rojas opacas de tamaño fino en forma de puntos irregulares (10%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Media, su fractura es regular.

Porosidad: Media, se observan poros pequeños alargados y redondos irregulares.

2. ASPECTO GENERAL DEL FRAGMENTO:

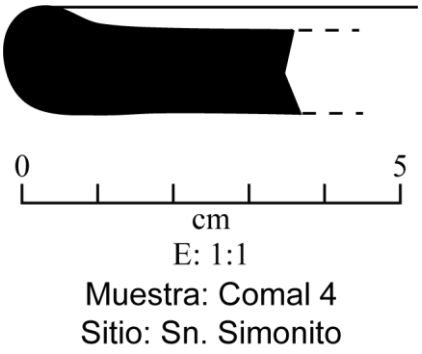
Sección: Fragmento de borde

Espesor de las paredes: 0.7 cm. **Espesor del borde:** 1.3 cm.

Acabado de superficie: La superficie externa presenta una tonalidad café muy claro (café amarillento claro 10YR 6/4), su acabado es burdo en el área del cuerpo, no obstante, presenta un alisado burdo en el borde. Su textura es áspera y opaca. La superficie interna muestra una delgada capa de color naranja (rojo amarillento 5YR 5/8), debido a su exposición al fuego se observan manchas de color negro (gris muy oscuro 7.5YR 3/1), el acabado es un alisado fino a regular; su textura es lisa y su apariencia es opaca.

Observaciones: Presenta cierta similitud con la pasta identificada como 6.

Ilustración 64. Comal. Muestra 4. San Simonito. Superficie externa e interna.



Dibujo de Perfil 12. Comal. San Simonito

MUESTRA 5: Sitio Tepalcatepec

1. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA

Color: En todo su espesor es de color café rojizo (2.5YR 4/4).

Tipo de cocción: Oxidante completa

Textura granular: Media a gruesa

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones más notorias son partículas blancas opacas de tamaño fino a medio, su forma es irregular (35%), partículas transparentes irregulares (25%), puntos negros finos y brillantes (15%), partículas rojas opacas de tamaño fino en forma de puntos irregulares (15%), granos de roca de tamaño medio y de forma irregular angulosa (10%).

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Media, su fractura es regular.

Porosidad: Media, se observan poros pequeños alargados y redondos irregulares.

2. ASPECTO GENERAL DEL FRAGMENTO:

Sección: Fragmento de borde

Espesor de las paredes: 0.9 cm. **Espesor del borde:** 1.6 cm.

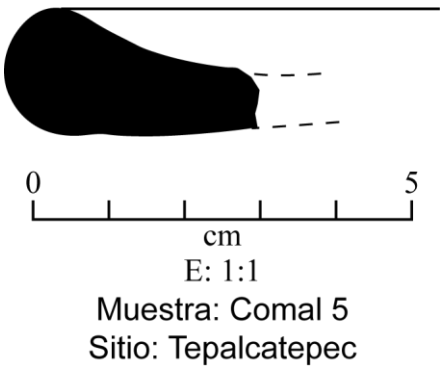
Acabado de superficie: Debido a su exposición al fuego la superficie externa presenta una tonalidad negra (gris muy oscuro 7.5YR 3/1), su acabado es burdo en el área del cuerpo, la zona del borde presenta un alisado fino. Su textura es áspera y opaca.

La superficie interna muestra una delgada capa de color naranja (rojo amarillento 5YR 5/8), observan manchas de color negro (gris muy oscuro 7.5YR 3/1), en el área del borde el acabado es un alisado fino a regular; su textura es lisa y su apariencia es opaca.

Observaciones:

Presenta cierta similitud con la muestra de comal 4.

Ilustración 65. Comal. Muestra 5. Tepalcatepec. Superficie externa e interna.



Dibujo de Perfil 13. Comal Tepalcatepec

MUESTRA 6: Comal Moderno (San Simonito)

1. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTA

Color: En todo su espesor la pasta es de color naranja (5YR 6/6).

Tipo de cocción: Oxidante completa

Textura granular: Media a gruesa (arenosa).

Tipo y tamaño de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones más notorias son granos transparentes irregulares de tamaño fino a medio, (30%), granos de roca de tamaño medio a grueso y forma irregular (25%) puntos blancos opacos (15%), laminillas y puntos finos dorados (15%). partículas opacas rojas y marrón de tamaño fino en forma de puntos irregulares (15%),

Distribución de las inclusiones no plásticas: Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea a lo largo del corte.

Tenacidad: Media, su fractura es regular.

Porosidad: Media, se observan poros pequeños alargados y redondos irregulares.

2. ASPECTO GENERAL DEL FRAGMENTO:

Sección: Fragmento de borde y cuerpo.

Espesor de las paredes: 0.6 cm. **Espesor del borde:** 1.6 cm.

Acabado de superficie: la superficie externa mantiene la misma coloración de la pasta (5YR 6/6), su acabado es burdo en el área del cuerpo, el área del borde presenta un alisado simple. Su textura es áspera y opaca.

La superficie interna se observa una capa muy delgada de color naranja (rojo amarillento 5YR 5/6) que tiende a craquelarse. Su textura es lisa y su apariencia es opaca. Se pueden observan finas líneas paralelas dejadas durante el alisado

Observaciones:

Presenta cierta similitud con la pasta identificada como 6.

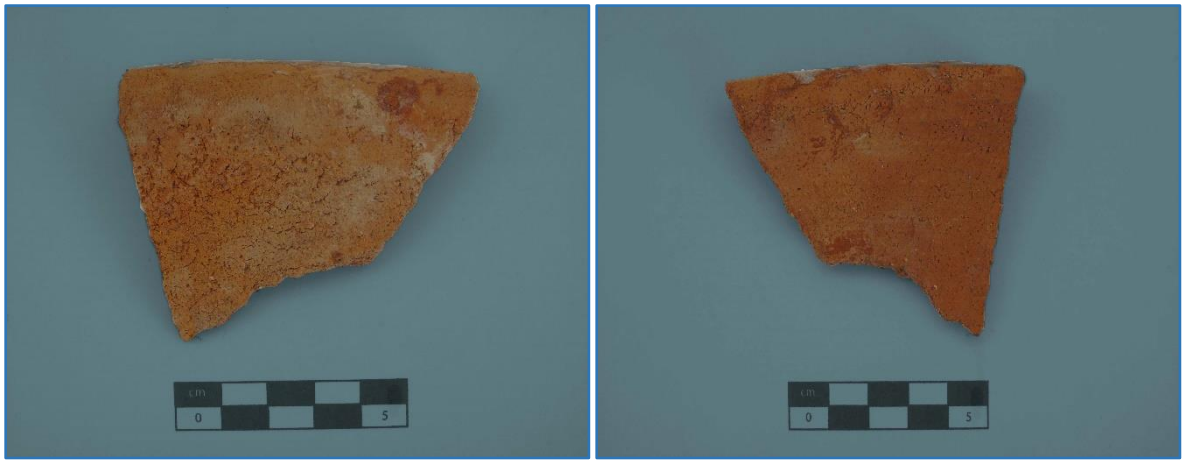
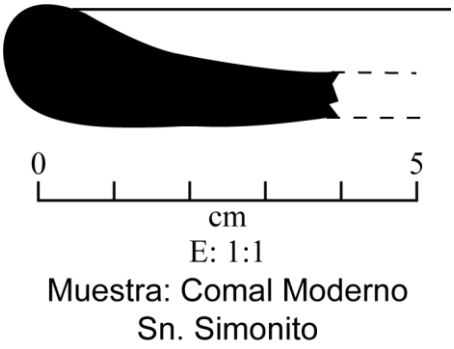


Ilustración 66. Comal Moderno. Muestra 6. San Simonito. Superficie externa e interna.



Dibujo de Perfil 14. Comal Moderno. San Simonito

5.2 Recolección de muestras de suelo

5.2.1 Ubicación de los yacimientos de arcilla.

Los yacimientos de arcilla de los cuales se obtiene la materia prima para la elaboración de los comales se encuentran en una elevación localizada al oeste de la comunidad de San Simonito, conocida popularmente como “El cerro de la Víbora”.

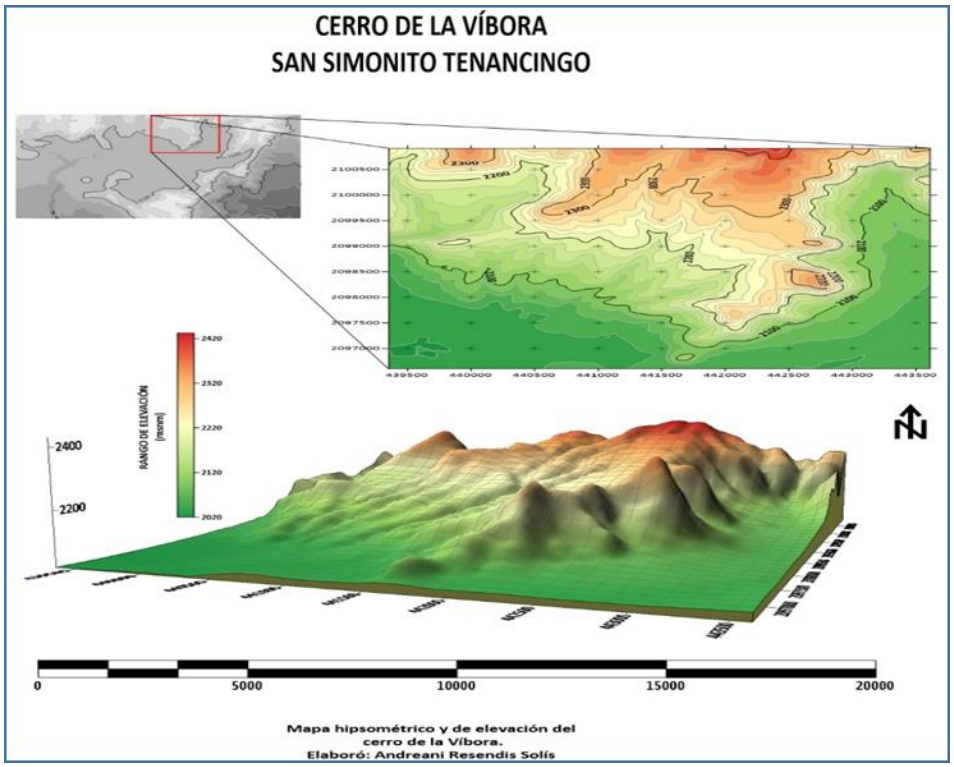


Ilustración 67 Modelo de elevación en primer plano del Cerro de la Víbora.

Teniendo en cuenta el dato etnográfico proporcionado por personas que aún elaboran comales, para la manufactura de los mismos es necesaria la recolección y mezcla de 3 tipos de suelo, cuyos puntos de extracción se localizan en diferentes zonas del área, dos de los yacimientos se localizan en el Cerro de la Víbora, uno en la parte alta y el otro al pie del cerro en las zonas bajas; el tercer punto de abastecimiento se localiza en las zonas más bajas y planas y corresponde a áreas de cultivo.

5.2.2 Descripción de los yacimientos de arcilla.

Yacimiento 1. *Tierra Amarilla.*

Para acceder al primer yacimiento es necesario tomar el camino que se encuentra a aproximadamente 50 metros hacia el sur de la intersección de la carretera que va hacia San Simonito proveniente de la cabecera municipal y la carretera que viene de la comunidad de Tecomatlán; este camino es una terracería que conduce hacia la cima del Cerro de la Víbora. Este yacimiento se localiza en las coordenadas UTM **442,426 m E** y **2,098,819 m N**, a una altura aproximada de **2240 msnm,** y corresponde a una pequeña ladera localizada en el lado sur del camino que conduce a la cima de la elevación.

Debido a sus características este yacimiento fue identificado como un horizonte **Ct**. Un horizonte **C** es una capa mineral que no comprende el estrato rocoso, puede ser similar o no, al material del cual se presumiblemente se formaron los horizontes A y B y carecen de las propiedades de los horizontes O, A, E, B, o L. Es un horizonte poco modificado por los diferentes procesos pedogenéticos. La dificultad de excavación en estos materiales es baja o moderada, al ser blando o suelto se puede cavar con una azada. Los horizontes C puede no ser el material madre, sino que puede parecerse a él. En este tipo de horizontes pueden aparecer numerosas capas modificadas (Claves para la Taxonimía de Suelos, 2014; Jordán, 2005; Scalone Echave s/f;).

Por su parte el sufijo **t**, corresponde a acumulación de arcilla iluvial (Jordán, 2005).

De acuerdo con las definiciones anteriores podemos decir que este yacimiento corresponde a depósitos formados a partir de la intemperización y posterior transporte de material edáfico, proveniente de la parte alta de la ladera y acumulado en las zonas bajas de la misma; siendo el agua y el viento los principales agentes meteorizadores y deposicionales. Una de las características de estos depósitos, es su contenido de partículas de arcilla de iluviación conocidas como *cutanes*; los cuales se forman mediante la migración de material fino proveniente de un horizonte superior y su acumulación en un horizonte inferior.

Dentro de sus características físicas presenta de acuerdo con la tabla Munsell una

tonalidad café muy pálido (10YR 7/4), está constituido principalmente por abundantes partículas subangulares transparentes y grises de tamaño medio y puntos finos brillantes; su cohesión es débil, y su dureza es mínima, desmoronándose con facilidad. Su apariencia es arenosa.

Ilustración 68. Vista General del yacimiento 1. Horizonte Ct.

Yacimiento 2. *Tierra café*

Este yacimiento se encuentra en la parte baja del Cerro de la Víbora, en la zona sureste, a escasos metros del borde de la carretera proveniente de la cabecera municipal, sus coordenadas de ubicación son **442,067 mE** y **2,097,076 mN**, a una altura aproximada de **2080 msnm.**

Este punto de extracción corresponde a una pequeña oquedad hecha en el desplante de un bordo el cual sirve de lindero entre dos terrenos; tomando en cuenta las características observadas este yacimiento se identificó como un horizonte de tipo **BtC.**

Los horizontes de tipo **B** son horizontes que se han formado debajo de un horizonte A, E u O y están dominados por la destrucción de toda o la mayor parte de la estructura original de la roca. Estos horizontes se caracterizan entre otras cosas,

por presentar concentración iluvial de arcilla silicatada, óxidos hidratados de hierro o aluminio, humus, carbonatos, yeso o sílice, solos o en combinación. De colores pardos y rojos, con desarrollo de estructura edáfica típicamente en bloques angulares, subangulares y prismática. Los horizontes tipo **B** son formados por la acumulación de material proveniente de horizontes superiores, normal en los climas templados y subtropicales (Claves para la Taxonimía de Suelos, 2014; Jordán, 2005; Scalone Echave, s/f). Igual que en el yacimiento 1, el sufijo **t**, hace referencia a arcilla de iluviación, mientras que la letra **C** a horizontes de este tipo.

Las características de este depósito son muy similares a las del yacimiento 1. presenta una tonalidad café fuerte (7.5YR 5/6) de acuerdo con la tabla Munsell. Está constituido principalmente por granos grises y partículas transparentes de tamaño medio a grueso y de forma subangular, partículas negras de tamaño fino y puntos brillantes, concreciones de material muy fino de color ocre. La cohesión entre partículas es débil y poco resistente ya que se desmorona al aplicar presión. Su apariencia es muy arenosa.

De acuerdo a la carta edafológica de Tenancingo, tanto el yacimiento uno como el dos, se localizan en un área que corresponde a un suelo de tipo luvisol.

Ilustración 69. Vista general del yacimiento 2. Horizonte BtC.

Yacimiento 3. *Barro*

El último punto de donde se obtiene la materia prima se localiza al sureste de la comunidad de San Simonito, en la zona más baja y plana y que actualmente comprende áreas de cultivo, este fue el único yacimiento que no se visitó, por lo tanto, no se pudieron obtener concretamente sus datos de ubicación. Las muestras obtenidas fueron tomadas directamente de las reservas de doña Marcela, dueña del taller de comales.

No obstante, debido a sus características se pudo deducir que este yacimiento se trata de un suelo de tipo vertisol, los cuales como se ha descrito anteriormente, se caracterizan por ser suelos oscuros altamente arcillosos, de textura fina, uniforme y con una baja presencia de materia orgánica, los cuales al secarse se encojen y agrietan mientras que con la humedad se vuelven pegajosos. En este caso presenta una tonalidad gris oscuro (7.5YR 4/1), su dureza y cohesión es alta por lo que se desmoronan con dificultad, su apariencia es muy compacta. Al interior pueden observarse finos granos y puntos de color gris.

Cabe señalar que de este es el principal material del que se forman los cuerpos de los comales.

Ilustración 70. Bloques de vertisol.

5.2.3 Metodología para la obtención de muestras de suelo de los yacimientos.

Una vez localizados e identificados el tipo de horizonte al cual pertenecen los yacimientos de los que se extrae la materia prima para la manufactura de comales, fue necesario obtener una muestra para su posterior análisis petrográfico mediante láminas delgadas.

Los pasos que se siguieron para la obtención de las muestras fueron los siguientes:

1. **Limpieza del área a muestrear:**

   Consistió en eliminar todas aquellas impurezas de gran tamaño que pudieran estar adheridas a la matriz del suelo y que fueran ajenas a su estructura y composición, como por ejemplo hojas de plantas o ramas; otra de las finalidades fue retirar todas aquellas partículas de suelo que estuvieran desprendidas de la matriz, esto con el objetivo de obtener un bloque de suelo firme y compacto.

   Esta actividad se realizó mediante el empleo de un cepillo de cerdas naturales a fin de provocar la menor alteración posible a la matriz de suelo.

Ilustración 71. Limpieza del horizonte BtC. Yacimiento 2.

2. **Extracción de la muestra**

Una vez hecha la limpieza del horizonte, se procedió a realizar un sondeo del suelo con la ayuda de una navaja, esto con el objetivo de percibir cambios en la estructura del suelo como pueden ser dureza y compactación; estos cambios pueden ser apreciados mediante el grado de penetración de la navaja sobre el suelo.

Posteriormente se procedió a extraer la muestra, para ello se utilizaron herramientas de mediano impacto, como pala y picoleta; de esta manera se realizaron perforaciones sobre la matriz del suelo a fin de obtener un bloque por desprendimiento.

Una vez que se obtuvo la muestra deseada se procedió a identificar la zona superior y se le coloco una marca, esto con la finalidad de no perder esta orientación al momento de procesar las muestras.

Ilustración 72. Extracción de muestra de suelo. Yacimiento 1. Horizonte Ct.

3. **Embalaje**

Ya que se obtuvo la muestra de suelo y se identificó su zona superior, se procedió a embalar la muestra, esto con el objetivo de preservar la forma y estructura del bloque tal y como fue extraído de la matriz de suelo, para ello se utilizó papel aluminio para envolver las muestras, puesto que es un material

resistente y de fácil manipulación, además de que ayuda a preservar la muestra prácticamente al cien por ciento. Durante esta etapa es necesario señalar nuevamente sobre el aluminio la zona superior del bloque, ya sea mediante una marca o con una flecha que indique hacia donde se encuentra esta área.

Ilustración 73. Muestra embalada y señalando el área superior. Yacimiento 1.

4. Registro

Finalmente, las muestras se depositaron en bolsas de plástico y se llenaron cédulas de registro, donde se anotaron los datos de identificación como son: tipo de muestra, tipo de horizonte, ubicación, coordenadas, etc.

Sitio:	***San Simonito***		
Yacimiento:	**1**		
Ubicación.	**Cima del cerro de la Víbora**		
Coordenadas:	**mE**	**mN**	**Alt. msnm**
	442,426	**2,098,819**	**2240**
Tipo de muestra	**Suelo**		
Tipo de horizonte	**Ct**		
No. de Muestra	**1**		

Ilustración 74. Cedula para el registro de las muestras recolectadas.

5.3 Elaboración de láminas delgadas de cerámica y suelo.

Una vez seleccionadas las muestras de cerámica y suelo, que serán analizadas, el siguiente paso es la preparación de las láminas delgadas; las cuales son el medio por el que se realizan las observaciones o estudios petrográficos. Como se ha mencionado anteriormente una lámina delgada es una fina sección de la muestra que ha sido montada sobre un portaobjetos de vidrio y desbastada hasta un espesor cercano a las 30 micras; espesor necesario para poder observar de manera óptima las características ópticas de los minerales cuando se observan mediante el uso de luz polarizada.

La elaboración de las láminas delgadas se realizó en las instalaciones del taller de laminación del Instituto de Geología de la UNAM, con el apoyo y supervisión del Maestro Jaime Díaz, encargado de dicho taller.

A continuación, se describen cada uno de los pasos que intervienen la preparación de láminas delgadas.

1.- Impregnación en resina de las muestras cerámicas y de suelo.

En ocasiones los suelos y la cerámica pueden llegar a ser inestables en su composición a tal grado de ser solubles y deleznables debido a su baja dureza o débil compactación; por lo tanto, es preciso corregir esta condición para evitar futuras pérdidas de partes de los ejemplares; para ello es necesario que las muestras sean encapsuladas mediante su impregnación en resina, esto con la finalidad de consolidar y dar mayor cohesión y dureza entre partículas.

En el caso de este estudio las muestras seleccionadas fueron impregnadas mediante el uso de una resina sintética de la marca ***Poliéster cristal Preparada****;* debido a su alta viscosidad fue necesario utilizar acetona como diluyente, con la finalidad de que la resina pueda penetrar y rellenar los poros y cavidades existentes al interior de las muestras, posteriormente se agregó el agente catalizador para endurecer la resina. La relación de preparación de la resina fue la siguiente: 3 gotas de catalizador y 30 ml de acetona por cada 70 ml de resina. Los tres componentes antes mencionados deben mezclarse perfectamente hasta obtener una solución

homogénea libre de grumos y una trasparencia uniforme libre de zonas blanquecinas.

Una vez preparada la resina, los ejemplares de cerámica o de suelo se colocan sobre moldes o recipientes y se vierte la resina hasta cubrirlos perfectamente, debido a que las muestras absorben la resina, es necesario rellenar los moldes para evitar que queden áreas sin encapsular. El tiempo de fraguado de la resina en condiciones normales varía de 4 a 6 semanas.

Ilustración 75. Pieza de cerámica impregnada en resina.

2.- Corte del bloque de la muestra

Cuando la resina ha secado y endurecido completamente, lo siguiente es preparar el bloque para que la muestra sea adherida a un portaobjetos; para ello es necesario cortarlo para crear una superficie plana, el corte se realiza usando una cortadora con disco de diamante y agua, el uso de agua es necesario para evitar que el bloque de resina se estrelle y que el disco de diamante no se sobrecaliente y llegue a romperse. El corte de la muestra se realiza en dirección conforme a la sección que se desea obtener de la muestra. En este caso todos los cortes se hicieron de manera perpendicular al borde o bien sobre el eje vertical de los tiestos, en el caso de las muestras de suelo estos se hicieron de manera perpendicular al punto superior del bloque de suelo.

Ilustración 76. Corte de bloques de resina mediante cortadora de disco de diamante.

3.- Preparación de los bloques

Una vez que se ha cortado la muestra y se tiene ya una superficie plana, es necesario eliminar todas aquellas imperfecciones (rayas, bordos, restos de resina) que deja el disco al momento de cortar, por lo que la superficie debe ser pulida mediante el uso de lijas de diferente número de grano, iniciando con un numero de 240, posteriormente uno de 400 y finalmente del número 600. El pulimento puede realizarse de manera manual o con la ayuda de una pulidora mecánica, en este caso se utilizó una pulidora Buehler Metaserve 2000 sobre la cual se pegaron las lijas con los números de grano antes mencionados.

Los movimientos de pulido deben siempre realizarse en una sola dirección y hacerse en seco, aunque puede usarse diésel o aceite de bebé como lubricante. Al final la superficie de la muestra debe quedar completamente lisa.

Ilustración 77. Preparación y pulimento de la superficie del bloque.

4.- Pegado o montado de las muestras al portaobjetos

Cuando las superficies han sido completamente pulidas, es momento de pegarlas sobre los portaobjetos, primero es necesario limpiar la superficie de la muestra para eliminar restos de polvo, resina o lubricante, para ello se utiliza alcohol puro y papel o tela que no deje residuos. Es necesario también realizar una limpieza de los portaobjetos sobre los cuales se pegarán las muestras para eliminar cualquier impureza sobre ellos.

Cuando ambos están limpios, la muestra se coloca boca arriba lo más nivelado posible y se aplica un cantidad suficiente de pagamento transparente; en la preparación de estas muestras se utilizó pegamento **Xinova de curado UV**, una vez que se ha aplicado el pegamento, se coloca el portaobjetos y se aplica una pequeña presión para fijarlo a la muestra, cuidando que no se formen burbujas de aire que pudieran quedar entre la muestra y el portaobjetos, para ello hay que mover el portaobjetos sin despegarlo de la muestra hasta haber eliminado las burbujas de aire.

Posteriormente se expone a la luz solar para que la muestra quede fijada al portaobjetos, debido a su curado UV, el pegamento seca de manera instantánea, por lo que hay que tener especial cuidado al momento de mover la muestra. Si el clima no es el adecuado, se puede utilizar una lámpara de luz ultravioleta para el curado del pegamento.

Ilustración 78. Muestras cerámicas montadas en portaobjetos.

5.- Corte y desbaste de las muestras

Una vez que las muestras fueron montadas al portaobjetos, se colocaron en una máquina de láminas delgadas de la marca **Buehler Petrothin**, con la finalidad de realizar un segundo corte para eliminar el exceso de la muestra y obtener una sección de menor grosor. Las muestras son sujetadas al vacío y posteriormente cortadas y desbastadas hasta un espesor cercano a las 30 micras. La máquina pulidora consta de un micrómetro que regula la distancia entre la muestra y el disco de corte y desbaste.

Ilustración 79. Uso de la maquina Buehler Petrothin para corte y desbaste.

6.- Pulimento y acabado final

Habiendo eliminado el excedente de la muestra y reducido su espesor, es necesario inspeccionarla bajo el microscopio para saber si ya tiene el espesor indicado o no. Si la muestra aún está gruesa es necesario hacer un pulido final de manera manual, en este caso se utilizó carburo de silicio de grano 600 como abrasivo y diésel como lubricante; el pulimento se realizó sobre un vidrio, puesto que es una superficie completamente lisa y libre de imperfecciones (bordos) que pudieran causar daños a las muestras.

El grosor de las muestras se controla mediante la observación de los colores de interferencia que presentan los minerales en nicoles cruzados; si en su conjunto los minerales presentan colores de interferencia altos significa que la muestra aún está

gruesa, por lo que es recomendable tomar un mineral base del que se sepa sus colores a 30 micras y a partir de ahí realizar el pulimento necesario.

Finalmente, las láminas delgadas se limpian con alcohol para eliminar restos de lubricante y abrasivo, posteriormente se retira todo el excedente de resina y pegamento mediante una navaja, y son rotuladas con sus datos correspondientes.

Ilustración 80. Pulido y acabado final de las láminas delgadas.

Como se ha podido observar la elaboración de láminas delgadas, es un proceso complejo y riguroso en el que interviene una serie de pasos en los que se debe tener un especial cuidado al momento de preparar las muestras, especialmente para evitar que las láminas delgadas salgan incompletas y se pierda la forma original, teniendo como resultado la pérdida de información.

En el caso específico de las muestras de cerámica se debe de tomar una mayor precaución, pues al ser un material relativamente frágil, una mala manipulación puede llevar a que elementos como la forma y los acabados de superficie desaparezcan durante las fases de desbaste y pulimento, por lo que es necesario poner énfasis en tratar de preservarlos.

En el caso de los suelos también se deben tomar ciertas precauciones, en especial cuando se trata de suelos muy arcillosos, pues en ocasiones la resina no alcanza a compactarlos completamente y al entrar en contacto con el agua o el lubricante comienzan a disolverse; además un excesivo pulimento puede tener como consecuencia que las inclusiones se estrellen o fragmenten.

5.4 Metodología para el estudio petrográfico de cerámica

Una vez que las secciones delgadas se han preparado, el siguiente paso es la descripción y el análisis de éstas mediante el uso del microscopio petrográfico. Este análisis como se ha mencionado anteriormente se realiza para conocer la composición de las pastas e identificar las inclusiones que se presentan de manera natural en los yacimientos, así como aquellas partículas de origen mineral, vegetal o incluso animal (concha, hueso) que pudieran haber sido agregadas intencionalmente en forma de desgrasante.

Lo anterior menciona Stoltman (2001) ha sido el enfoque tradicional que se le ha dado a los estudios petrográficos, sin embargo y como se ha señalado en capítulos anteriores (Capitulo II), el arreglo interno de las partículas que conforman la fracción gruesa de la pasta, las características de la matriz arcillosa y su relación entre ambos puede propiciar información relevante acerca de los procesos que intervienen en la manufactura de los productos cerámicos como pueden ser la preparación de las pastas, la confección de formas y la cocción.

Generalmente el estudio petrográfico de la cerámica se ha abordado siguiendo los lineamientos de la petrografía sedimentaria, sin embargo menciona Whitbread (1995) muchas de las propiedades de la fábrica cerámica, son diferentes a las que presentan los sedimentos, tales diferencias surgen debido a que la cerámica es un material artificial, creado a partir de la selección de sedimentos que han sido transformados a través de procesos tecnológicos, donde acciones antropogénicas como la preparación de las pastas o la cocción no presentan equivalentes naturales (Whitbread, 1995).

Este autor señala que una manera de solucionar este inconveniente ha sido combinar la metodología descriptiva de la petrografía sedimentaria con la de la micromorfología del suelo que, aunado a las características específicas de la cerámica, proporciona un sistema más completo para identificar y describir las características micromorfológicas de las secciones delgadas de cerámica (Whitbread, 1995, 2017).

Esta metodología planteada por Whitbread retoma y busca integrar los métodos de la micromorfología de suelos para compensar las deficiencias de la metodología derivada de la petrografía sedimentaria con el objetivo principal de definir mejor las características de las fábricas cerámicas para describir e investigar claramente los efectos que la tecnología cerámica tiene sobre las materias primas que integran los objetos cerámicos (matriz arcillosa y partículas no-plásticas) (Whitbread 1989).

Dicha metodología que utiliza Whitbread (1989,1995) ha sido retomada en esta investigación para poder llevar a cabo las descripciones petrográficas de las secciones delgadas de los materiales cerámicos seleccionados.

A continuación, se presentan de manera general algunos de los conceptos utilizados en la micromorfología de suelos y que son aplicables para la descripción de secciones delgadas de materiales cerámicos.

5.4.1 Conceptos de Micromorfología de suelos utilizados en la caracterización de materiales cerámicos

Desde un punto de vista de composición los suelos y la cerámica están integrados por dos componentes: la fracción fina y la fracción gruesa.
En micromorfología de suelos el término **"masa basal"** hace referencia al conjunto de materiales gruesos y finos que junto con los poros constituyen el material base del suelo en una sección delgada. No obstante, al analizar y describir la masa basal se tienen que considerar por separado el material grueso y el material fino o micromasa y su relación mutua (Stoops , 2015).

En este sentido la **micromasa** puede definirse como la matriz arcillosa y corresponde a todo el material con un tamaño menor a las 10 µm y que en el caso de los materiales cerámicos corresponde a las partículas de suelo menores a 0.01mm y arcilla cocida (Kemp 1985 en Whitbread, 2017; Maritan, 2017).
Debido a que las partículas de arcilla son demasiado pequeñas para ser observadas individualmente mediante el uso del microscopio petrográfico, la micromasa únicamente puede ser descrita en términos de contextura de birrefringencia (*b-fabric*).

La **contextura de birrefringencia (*b-fabric*)**, se refiere a la contextura de los colores de interferencia de la micromasa, que son visibles cuando las partículas de arcilla forman dominios de partículas de 20 a 30 µm de diámetro, orientadas en paralelo y actúan como un seudocristal haciendo que sea posible observar los colores de interferencia al utilizar nicoles cruzados (XLP) (Stoops , 2015).

En micromorfología de suelos la contextura de birrefringencia *(b-facric)* de acuerdo con sus pautas de orientación y distribución puede ser clasificada en cinco grupos principales: *indiferenciada, cristalítica, moteada, estriada y estrial*. A continuación, se describen de manera general los diferentes tipos de contextura de birrefringencia:[2]

- Indiferenciada: No se observan seudocristales y entre polarizadores cruzados la micromasa tiende a desaparecer cuando se gira la platina.

- Contextura cristalítica de birrefringencia: Los colores de interferencia en la micromasa derivan de la presencia de numerosos granos minerales birrefringentes pequeños.

- Contextura moteada de birrefringencia: Causada por la distribución y orientación aleatoria de pequeños dominios de arcilla, resultado de la formación espontanea de dominios en material del suelo. Se divide en motas aisladas y moteada en mosaico. Al girar la platina los dominios desaparecen de manera independiente.

- Contextura estriada de birrefringencia: Grupos de dominios tienen una orientación paralela formando estrías y desaparecen simultáneamente cuando la platina gira. Esta contextura se forma principalmente por tensiones mecánicas tales como tensión de cizallamiento, o la presión, especialmente cuando hay expansión de arcillas que empujan contra una superficie dura. Este tipo de contextura se divide a su vez en los siguientes tipos: **monoestriada** (aisladas estrías simples y alargadas), **paralela** (conjuntos paralelos de estrías alargadas), **cruzada** (dos conjuntos de intersección de estrías paralelas), **al azar** (conjuntos de estrías que se

[2] Las definiciones fueron tomadas de Stoops (2015) "Análisis de contextura de la masa basal mineral y los ragos edáficos del suelo"; en la obra *"Manual de Micromorfología de suelos y técnicas complementarias". Editado por Loaiza, et al, 2015.*

intersecan en distintos ángulos), **granoestriada** (las estrías rodean componentes duros), **circular** (forma circular), **media luna** (dispuestas en forma de arco), **poroestriada** (dispuestas a lo largo de la pared de poros).

- Contextura estrial de birrefringencia: las estrías tienen una orientación paralela que cubre toda la micromasa y desaparece simultáneamente cuando se gira la platina. Existen dos subtipos: **uniestrial** y **biestrial**.

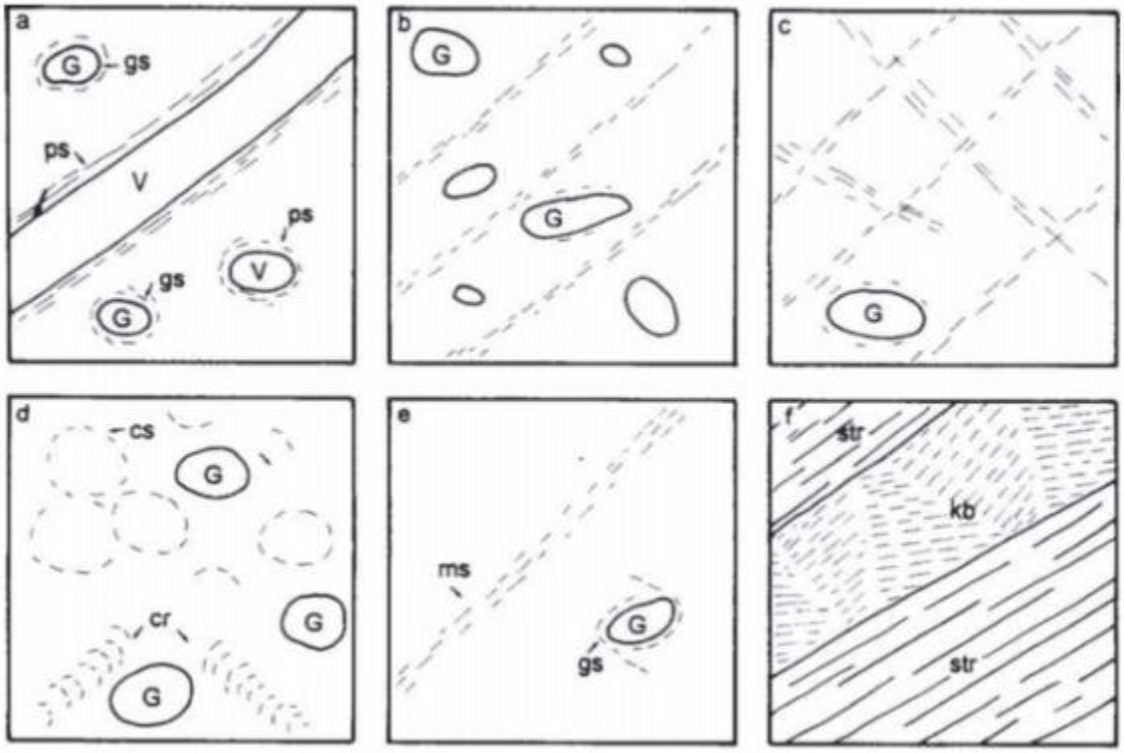


Ilustración 81. Tipos de contextura de birrefringencia. a) *poroestriada (ps) y granoestriada (gs),* ***b)*** *estriada paralela.* ***c)*** *estriada cruzada.* ***d)*** *estriada circular (cs), media luna (cr).* ***e)*** *monoestriada (ms), granoestriada con estructura de galaxia (gs).* ***f)*** *estrial retorcida (kb). G= grano V= poro. Imagen tomada de Stoops 2003 (2da ed).*

La birrefringencia de la micromasa (no confundir con contextura de birrefringencia) en los materiales cerámicos puede ser dividida en ópticamente activa y en ópticamente inactiva. Un micromasa será **ópticamente activa** cuando muestre las propiedades ópticas de extinción y colores de interferencia. Al no mostrar estas propiedades ópticas se le considera **ópticamente inactiva.**

Esta propiedad puede ser utilizada para determinar temperaturas de cocción, por

debajo de los 700°C la microestructura conserva sus propiedades de extinción y birrefringencia, mientras que a temperaturas superiores comienza el proceso de vitrificación por lo que la micromasa dejará de mostrar sus colores de interferencia y se volverá isotrópica (Maritan, 2017; Whitbread, 2017).

Otra característica que se debe tomar en cuenta es la **porosidad**; en micromorfología de suelos la porosidad corresponde al volumen no ocupado por los constituyentes sólidos, y los poros son considerados como huecos simples e individuales (Morrás, 2015).

De acuerdo con Stoops (2015) y Morras (2015) se pueden diferenciar los siguientes tipos de poros: [3]

- Poros de empaquetamiento: Poros equidimensionales a alargados, claramente interconectados entre sí, y que resultan del empaquetamiento suelto sin acomodamiento de las caras de los componentes del suelo. Este tipo de poros se dividen a su vez en **empaquetamiento simple** (huecos entre componentes básicos), **empaquetamiento compuesto** (huecos entre agregados no acomodados), **empaquetamiento compuesto** (entre componentes básicos y agregados de pequeño tamaño).

- Vesículas: Poros relativamente grandes, de forma equidimensional o alargada, con paredes lisas, curvadas.

- Fisuras: Poros planares, alargados, lisos o rugosos, cuyas paredes pueden estar acomodadas o no, sus extremos son angulosos. Su origen, dimensión y localización es muy variado. Estas pueden ser **fisuras rectas** (mantienen la misma dirección), en **zigzag** (cambian de dirección más de una vez) y **curvas** (forma curvada o circular).

- Canales: Son poros cilíndricos, usualmente producidos por fauna del suelo o por raíces, generalmente de paredes lisas.

- Cámaras: Poros relativamente equidimensionales, de paredes lisas, interconectados por canales, poco frecuentes y difíciles de reconocer en sección delgada.

[3] Las definiciones fueron tomadas de Morras (2015) y complementados con Stoops (2015).

- Cavidades: Poros aproximadamente equidimensionales, irregulares, lisos o rugosos, generalmente dispersos y aislados, una forma regular es la llamada cavidad en estrella.

- Poros de molde: Poros formados de la disolución total y congruente de minerales y rocas, en los que se conserva la morfología original de los granos preexistentes.

- Poros de contacto: huecos formados entre un mineral disuelto y su entorno.

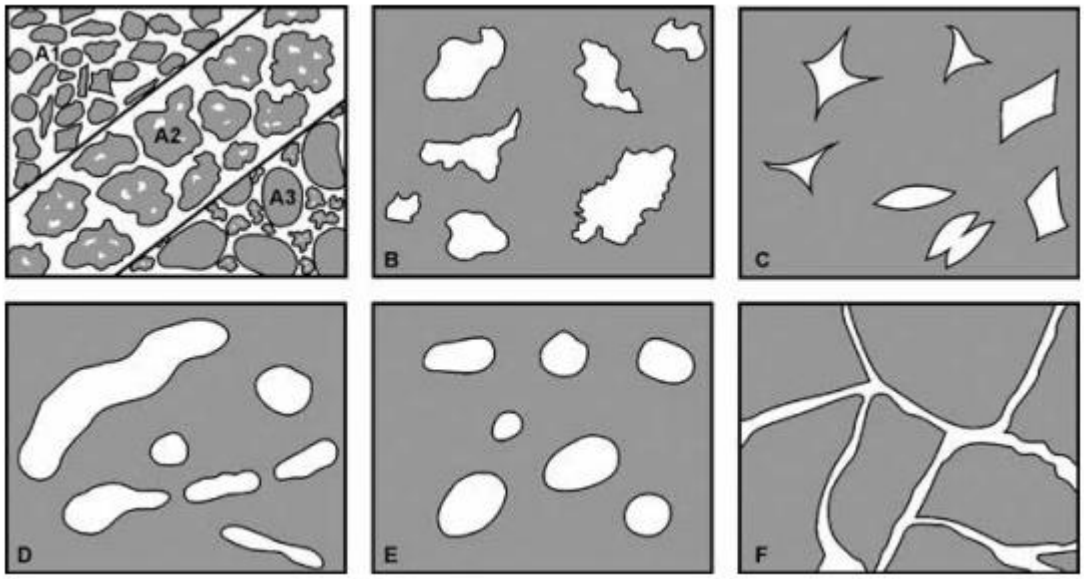


Ilustración 82. Tipos de poros. A) *A.1 Poros de empaquetamiento simple. A2. Poros de empaquetamiento compuesto. A3. Poros de empaquetamiento compuesto.* ***B)*** *Cavidades.* ***C)*** *Cavidades en estrella y poros de molde.* ***D****) Canales.* ***E)*** *Vesículas.* ***F)*** *Fisuras. Imagen tomada de Morras (2015).*

En el caso de los materiales cerámicos la porosidad ocurre principalmente a la contracción que se produce durante las fases de amasado y secado, así como a la volatilidad de agua y dióxido de carbono, y a la pérdida de materia orgánica ocurridos durante la cocción. Los tipos de poros en cerámica se clasifican y describen en términos de tamaño y forma, de acuerdo con los parámetros definidos anteriormente en micromorfología de suelo. Comúnmente en cerámica los poros ocurren dentro cuatro categorías básicas: poros largos, poros planos estrechos, canales amplios, cavidades y vesículas irregulares (Whitbread, 2017). El grado de orientación de los poros puede ser un indicador sobre las técnicas de formación y

modelado de las piezas, además de que a altas temperaturas los poros tienden a presentar formas más esféricas como cavidades o vesículas (Maritan, 2017).

Por su parte La fracción gruesa está compuesta por **inclusiones**, que son todas aquellas partículas mayores a 10 µm que pueden ser distinguidas fácilmente mediante métodos ópticos (Maritan, 2017).

Una característica importante que se debe tomar en cuenta tanto en las descripciones de suelos como en materiales cerámicos es la relación que presenta la fracción gruesa con la fracción fina (micromasa). En micromorfología de suelos esta relación de materiales gruesos y finos es expresada mediante el término patrón **de distribución relacionada g/f**, y es definida como *"la distribución de unidades de contextura individuales en relación con unidades menores y sus poros asociados* (Stoops & Jongerius 1975; Stoops, 2003, en Stoops, 2015, pág. 93).

De acuerdo con Stoops (2015) existen seis tipos de patrones de distribución relacionada:[4]

- Mónica gruesa: Solo existe fracción gruesa.

- Quitónica: El material más fino se encuentra como un recubrimiento alrededor de las partículas gruesas.

- Gefúrica: El material más fino forma puentes entre las partículas más gruesas.

- Enáulica: El material más fino se encuentra en forma de pequeños agregados entre los granos más gruesos. Dependiendo del tamaño se divide en **fina, igual y gruesa**.

- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.

- Mónica fina: Solo existe fracción fina.

A su vez señala Stoops (2015), la distancia entre partículas gruesas en los patrones de distribución relacionada puede ser expresada con los siguientes parámetros: **cerrada** (las partículas más gruesas tienen puntos de contacto), **espaciado simple** (la distancia entre partículas más gruesas es menor que su diámetro medio),

[4] Las definiciones fueron tomadas de Stoops (2015) "Análisis de contextura de la masa basal mineral y los ragos edáficos del suelo"; en la obra *"Manual de Micromorfología de suelos y técnicas complementarias". Editado por Loaiza, et al, 2015.*

espaciado doble (la distancia entre los granos más gruesos corresponde a dos veces su diámetro), **abierta** (la distancia es más grande que el diámetro medio de los granos más gruesos) (Stoops , 2015).

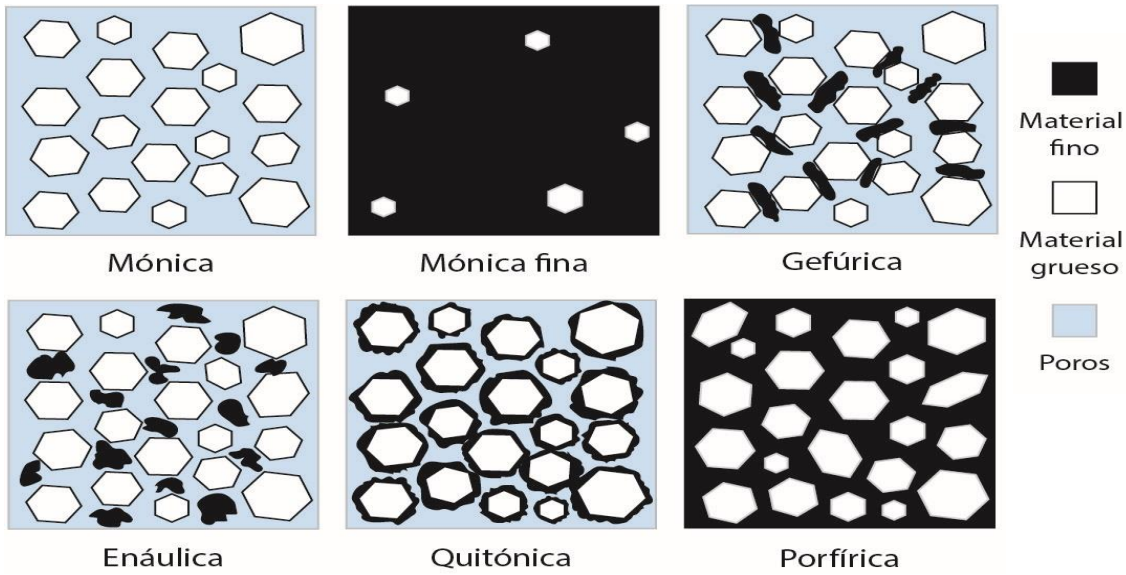


Ilustración 83. Tipos de patrón de distribución relacionada g/f.

Respecto a los materiales cerámicos Whitbread (2017) indica que el único patrón de distribución relacionada aplicable a las fábricas cerámicas es el tipo porfírica (Whitbread, 2017).

La orientación de las partículas al igual que la de los poros es un indicador que puede ser utilizado para estimar las técnicas de formación de las piezas cerámicas; además, el grado de alineación es un reflejo de la intensidad de la fuerza ejercida sobre la pieza al momento de su confección, así como del tratamiento de superficie realizado. La orientación puede estimarse tomando como referencia las paredes del tiesto y clasificándose en partículas alineadas (siguen la dirección de las paredes), ligeramente alineadas (alienación poco marcada) y aleatorias (dispuestas al azar).

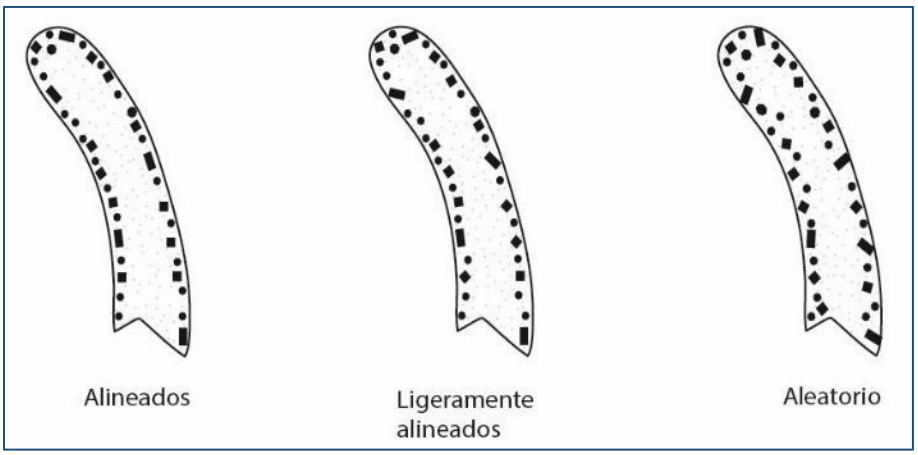


Ilustración 84. Orientación de las partículas respecto a las paredes del tiesto.

El término **microestructura** en micromorfología de suelos hace referencia a la organización espacial de los componentes sólidos y los poros, su arreglo, su forma y tamaño tanto en el material agregado como en el no agregado, así como la forma, tamaño y disposición de cualquier agregado presente (Morrás, 2015; Stoops , 2015).

Respecto a los materiales cerámicos Whitbread (1989) señala que el término microestructura se puede utilizar para referirse a la forma y arreglo de los poros, de las inclusiones y la micromasa (Whitbread 1989, pág.129). Las paredes del tiesto suelen tomarse como referencia para describir en conjunto la disposición y organización espacial de poros, partículas y micromasa (Maritan, 2017).
Con base a lo anterior Santacreu (2014) señala que las observaciones hechas sobre la microestructura de la matriz en combinación con las realizadas sobre el material grueso permiten identificar petrofábricas especificas (Santacreu 2014, pág. 25).

En este sentido el concepto **"fábrica de suelo"** engloba todas las características antes mencionadas (micromasa, porosidad, inclusiones, microestructura) y es definida como: *"la expresión de la organización total del suelo, que describe la disposición de los componentes del suelo (sólidos, líquidos y gaseosos), su forma, tamaño y frecuencia, desde los puntos de vista funcional, genético y de configuración"* (Bullock *et al, 1985* en Stoops,2015, pág. 89).

Este concepto en micromorfología de suelos puede utilizarse de manera análoga para expresar en su totalidad las características que constituyen los materiales

cerámicos mediante el uso del término **“fabrica cerámica”** y puede definirse como: la composición de la cerámica cocida, incluyendo la matriz arcillosa, poros e inclusiones, su organización y estructura interna, tamaño, forma, frecuencia y composición así como el color que presenta, excluyendo el tratamiento y acabado de las superficies (Rice, 1987; Rye, 1981 en Whitbread 2017; Whitbread, 1995).

El determinar las fábricas cerámicas es uno de los principales objetivos de la petrografía en cerámica, pues no solo ayuda a entender la tecnología implícita en la manufactura de los objetos, sino que también ayuda a resolver problemas de identificación y clasificación al establecer grupos cerámicos tomando en consideración su composición, tecnología y origen, especialmente en aquellos objetos que carecen de atributos de superficie que puedan ayudar a su caracterización (Childs, 1988; Santacreu, 2014).

La caracterización de las fábricas debe permitir distinguir entre fábricas de diferente naturaleza y a su vez distinguir con base a las inclusiones de minerales y rocas similitudes en el uso de materias primas (Whitbread, 1989, pág. 128).

5.4.2 Sistema de descripción de secciones delgadas de materiales cerámicos

El sistema de descripción de secciones delegadas de materiales cerámicos desarrollado por Whitbread (1988,1995), está adaptado y basado en gran parte en los sistemas empleados por Bullock *et al* (1985), FtitzPatrick (1984) y Kemp (1985), para la descripción micromorfológica de suelos (Whitbread, 1989, pág. 129).

Este sistema de descripción resume de manera general los conceptos mencionados anteriormente y los organiza de manera jerárquica para poder realizar las descripciones correspondientes. Esto hace que el proceso de descripción se realice de manera sencilla, pues presenta de manera concreta los aspectos a observar y ver qué características corresponden a las presentadas por los materiales cerámicos. Otro aspecto relevante de este sistema es su flexibilidad, ya que puede ser adaptado de acuerdo a las necesidades de la investigación, por lo que las categorías de observación pueden ser modificadas o eliminadas para logar un análisis más detallado de las muestras (Whitbread, 1995).

De acuerdo con Whitbread (1995), otra de las ventajas que presenta este sistema

es el uso de un vocabulario puramente descriptivo brindándole una mayor objetividad, puesto que la interpretación se mantiene separada de la descripción (Whitbread, 1995, pág. 379).

A continuación, se presenta el sistema de descripción empleado por Whitbread (1989, 1995), en el cual las categorías de observación son: **(I) Microestructura, (II) Masa basal, (III) Rasgos edáficos texturales, (IV) Rasgos edáficos amorfos, (V) Rasgos edáficos de concentración cristalinos**[5]

I MICROESTRUCTURA	a) Poros (vacíos) Planar; lineal a la sección delgada, planos en tres dimensiones Canales; linear a la sección delgada, cilíndricos en tres dimensiones Cavidades; poros irregulares Vesículas; irregular con formas lisas Modificadores; mega, macro, meso, Masivo; menos del 2% poros
	b) C/f relación de distribución Porfírica: Partículas gruesas ocurren en una densa masa de tierra de material más fino (Stoops y longerius) los poros son pocos o muy raros Modificadores: espacio cerrado; granos tienen puntos de contacto Espaciado simple; la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros Espaciado doble; distancia entre granos es menor que el doble de la medida de sus diámetros Espaciado abierto: la distancia entre granos es más del doble de la medida de sus diámetros c) Orientación preferente Grado de desarrollo y naturaleza de la orientación de los componentes
II Masa basal	(a) Homogeneidad; respecto a la sección delgada como un todo
	(b)micro masa (i) estado óptico; ópticamente inactivo, ligeramente activo, activo (ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b) cristalítica Moteado; moteado punteado, moteado en mosaico Estriado; poro-, grano-, paralelo, cruzado, aleatorio Estría; uni-, bi-, (iii) color; luz plana y nicoles cruzados
	(C) Inclusiones
	(i) C:f Relación g/f (grueso/fino) (libre de granos gruesos de grava y poros) Grueso:fino:poros% (campo total pero libre de grava) C:f Xxxx (xxxx= c:f limites) (ii) Textura; rango general de tamaño de grano, modo, redondez y aparente esfericidad (iii) Composición mineral; listado por grados de frecuencia descendente; usando predominante, dominante, frecuente, común, poco, muy poco, raro, muy raro (ver Kemp 1985 para límites, ver Folk (1974) para propiedades a ser descritas)
III Rasgos de concentración textural (e.g. pellets de arcilla)	(a) Acf% indicar si está libre de poros o campo total (b) Observar: color, densidad óptica, límites, formas características internas/externas, componentes, prominencia. (Whitbread 1986a)
IV Caracteristicas de concentraciones (alteración) amorfas (incluyendo opacos)	(a) Acf:% indicar si está libre de poros o campo total (b) Observar: pureza, pseudomorfo, impregnación (fuerte, moderaba, débil); nódulos, segregaciones, hipo- o "quasicoatings"
V Caracteristicas de concentraciones (alteración) cristalinas	(a) Kcf indicar si está libre de poros o campo total) (b) Como en el aprtado IV, pero si es micrita, microsparita o esparita (Ver Kemp para limites).

Ilustración 85. Sistema de descripción de muestras cerámicas desarrollado por I. K Whitbread.

[5] El diseño original del sistema descriptivo está redactado en idioma inglés, para el caso de esta investigación fue traducido para poder presentar las descripciones de los materiales cerámicos. El original puede ser consultado en: Whitbread Ian K. 1989*, "A propusal for the systematic description of thin sections towards the study of ancient ceramic technology".*

Como se mencionó anteriormente una de las ventajas que presenta este sistema de descripción es su flexibilidad para ser adaptado y modificado dependiendo de los objetivos que busquen alcanzarse; en lo que respecta a esta investigación se han realizado algunas modificaciones con la finalidad de hacer una descripción más detallada y sobre todo hacerla una poco más entendible, puesto que en el formato original, algunos apartados suelen ser un poco confusos respecto a las características a tomar en cuenta para su análisis.

En este sentido las secciones de análisis **I** (microestructura) y **II** (masa basal) se han conservado, sin embargo el apartado **III** (rasgos edáficos texturales) fue cambiado por "**evidencia o restos de suelo**", el apartado **IV** (rasgos edáficos amorfos) se sustituyó por "**características de óxidos y minerales opacos**", la sección **V** (rasgos edáficos de concentración cristalinos) fue sustituida por "**evidencias de grog o chamota**"; se añadieron además tres nuevos rubros **VI:** "**evidencia de materia orgánica**", **VII:** "**alteraciones de partículas**", **VIII: "composición del acabado de superficie"**.

A continuación, se describe en que consiste cada una de estas categorías y sus características a considerar.

I. Microestructura

En la descripción de la microestructura se incluye:

a) Porosidad, la cual deben describirse e indicarse el tipo de poros observados, su orientación y distribución tomando como referencia las paredes del tiesto. Además, debe indicarse el porcentaje que representan dentro de la muestra.

b) Tipo de distribución relacionada g/f, señalando el grado de separación de las partículas: cerrada, espaciado simple, espaciado doble o abierta.

c) Orientación preferente de los componentes; indicando el grado de alineación de las partículas en referencia a las paredes del tiesto, (alineadas, ligeramente alineadas o aleatorias).

II. Masa Basal

a) Grado de homogeneidad; variaciones entre fábricas de la misma clase.

b) Micromasa; las características a observar se dividen en:
(i) *Estado óptico*; ópticamente activa (muestra colores de interferencia y extinción), ópticamente inactiva (sin cambios en las propiedades ópticas al girar la platina).
(ii) *Contextura de birrefringencia (b-fabric)*; indicar el tipo o tipos de contextura de birrefringencia que se observan: Cristalítica.
Moteada; motas aisladas, motas en mosaico.
Estriada; monoestriada, paralela, cruzada, al azar, granoestriada, poroestriada.
Estrial; uniestrial, biestrial.
(iii) *Color*; en luz polarizada plana (LLP) como en nicoles cruzados (LXP).

c) Inclusiones
(i) *Textura*; características de las partículas:
- Bordes; nítidos, claros, difusos, mixto (de nítidos a difusos) *(ilustr. 87, a).*
- Redondez; angular, subredondeado, bien redondeado *(ilustr. 87, b).*
- Forma; Geométrica, concoidal, alargada, semiesférica, distorsionada (amorfa) *(ilustr. 87, c).*
- Densidad óptica; alta (inclusiones más opacas que la matriz), baja (inclusiones menos opacas que la matriz), neutral (poca o ninguna diferencia en la opacidad) *(ilustr. 87, d*).
- Dirección en relación con la matriz; *concordante* (el material fino al contacto con una partícula fluye la misma dirección), *discordante* (el material fino al contacto con una partícula no fluye la misma dirección) *(ilustr. 87, e).*

(ii) *Composición;* Minerales y fragmentos de rocas identificados a partir de sus propiedades ópticas distintivas, y enlistados en orden decreciente de acuerdo con su abundancia. Utilizando parámetros como *predominante, dominante, frecuente, común, poco, muy poco raro y muy raro*.

III. Evidencia de restos de suelo

- Descripción de restos de suelo o arcillas que no han sido incorporados a la matriz arcillosa, así como su porcentaje de abundancia.

Las características a describir son las mismas de la sección **II,** inciso **c**, apartado **(i)**.

Color; en luz polarizada plana (LLP) como en nicoles cruzados (LXP).

IV. Características de óxidos y minerales opacos.

- Descripción de las características de óxidos y minerales opacos presentes en la matriz arcillosa. Tanto óxidos como minerales opacos, para el caso de esta investigación fuero descritos tomando como referencia las características de la sección **II,** inciso **c**, apartado **(i)**.

En el caso específico de los óxidos, indicar su grado de impregnación sobre la matriz arcillosa: puro, *fuertemente impregnado, moderadamente impregnado, ligeramente impregnado (ilustr. 88)*. Señalando también su color en luz polarizada plana (LLP) como en nicoles cruzados (LXP).

V. Evidencias de grog o chamota

- Mencionar si se observa material cerámico utilizado como desgrasante y si existe, señalar su porcentaje.

VI. Evidencia de materia orgánica

- Mencionar si existen evidencias del uso de materia orgánica como desgrasante (pigmentación sobre la matriz o poros).

VII. Alteraciones de partículas

- Indicar aquellas alteraciones observadas sobre las partículas, principalmente aquellas que pudieran estar relacionadas con procesos de cocción.

VIII. Composición del acabado de superficie

- Descripción de las características de engobes o barbotina.

Color; en luz polarizada plana (LLP) como en nicoles cruzados (LXP).

Tamaño de partícula; fina, media, gruesa.

Tipo de contextura de birrefringencia (b-fabric).

A continuación, se presenta el formato de descripción de secciones delgadas con las categorías de descripción señaladas anteriormente.

<table>
<tr><td colspan="2">PASTA:</td></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA:
Forma:

Fotografía de la sección delgada</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)

Tipos de poros:
Orientación:
Porcentaje dentro de la muestra:</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
- Separación entre partículas:</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>(b) Micromasa
(i) estado óptico:
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b):
(iii) color;
luz plana (LPP):
nicoles cruzados (LXP):</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Bordes:
Redondez:
Forma:
Densidad óptica:
Dirección en relación a la matriz:

(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia descendente:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Área del gráfico de composición</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">(a) Acf% indicar si está libre de poros o campo total
(b) Características.
Bordes:
Redondez:
Forma:
Densidad óptica:
Dirección en relación a la matriz:
Color: luz plana (LPP):
Nicoles cruzados (LXP):

Porcentaje dentro de la muestra:</td></tr>
<tr><td rowspan="3">IV
Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Acf: % indicar si está libre de poros o campo total</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td>Bordees:
Redondez:
Forma:
Grado de impregnación:
Dirección/ matriz:
Color: luz plana:
Nicoles cruzados:</td><td>Límites:

Redondez:

Forma:</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- Indicar la presencia de material cerámico utilizado como desgrasante.
Porcentaje dentro de la muestra:</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Indicar la presencia de materia orgánica.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Principales características de alteración en partículas</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana:
-Nicoles cruzados:

b) Tamaño de partícula:

c) Tipo de fábrica-b:</td></tr>
</table>

Ilustración 86. Formato de descripción de secciones delgadas utilizado en esta investigación. Tomado y modificado de Whitbread 1989.

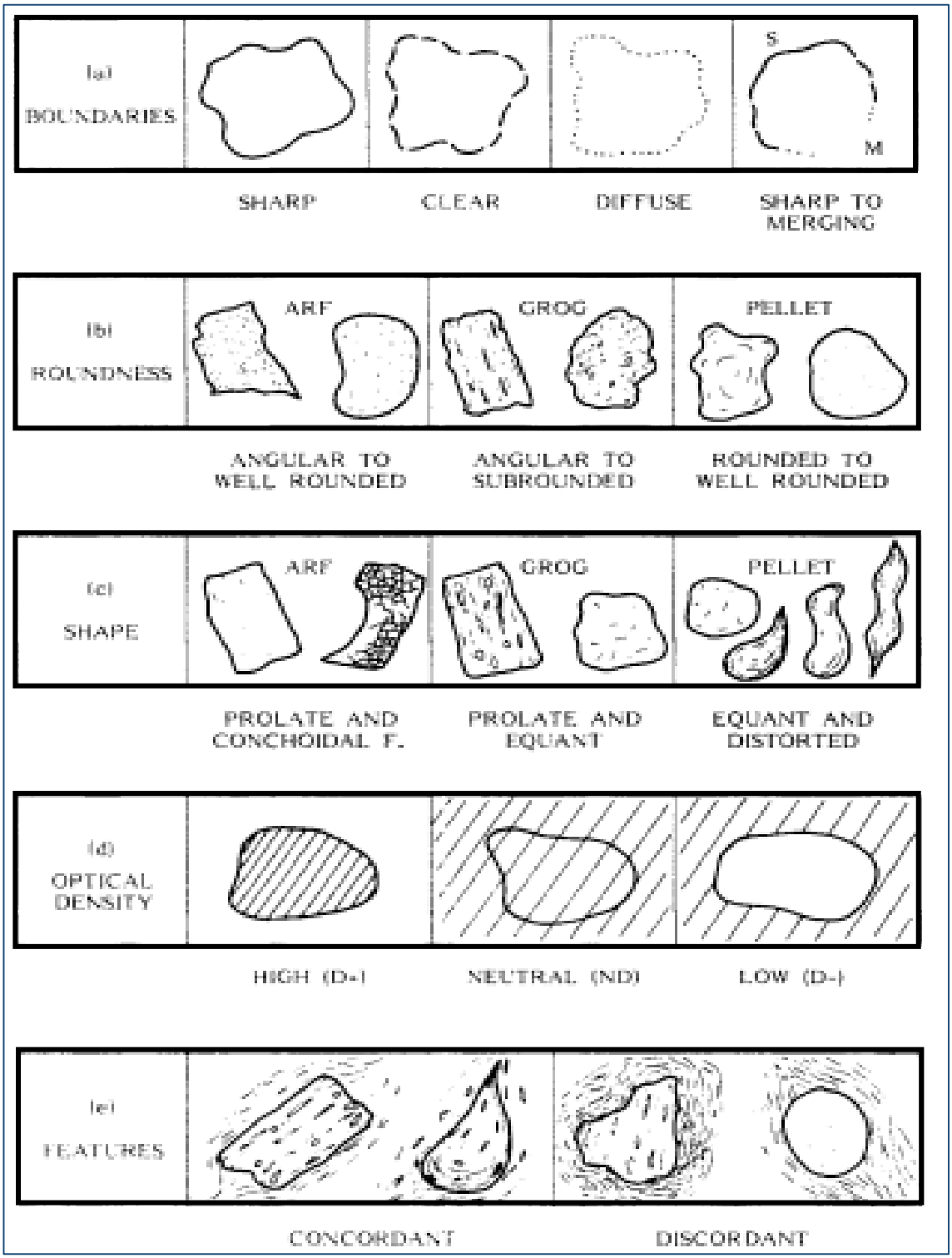


Ilustración 87. Características texturales de partículas. Imagen tomada de Whitbread 1986.

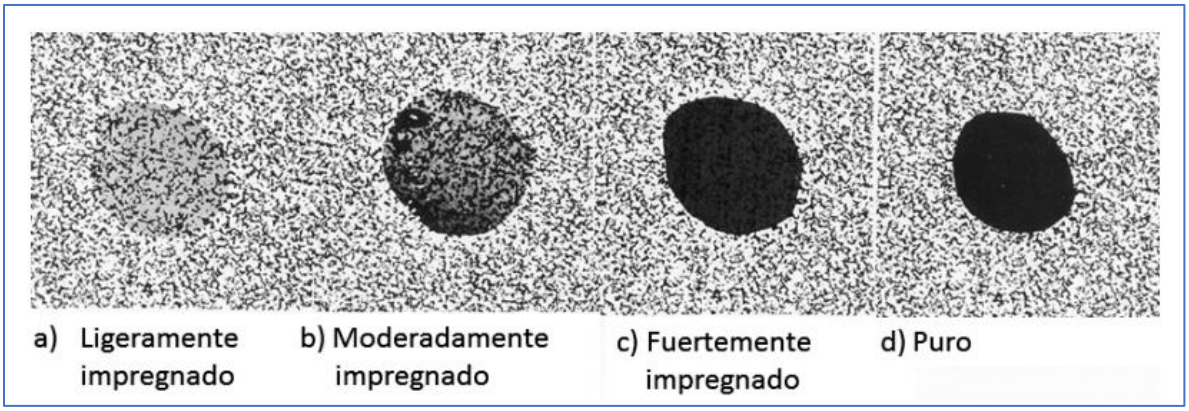


Ilustración 88. Grado de impregnación de óxidos sobre la matriz arcillosa. Bullock, et al. 1985, Tomado de Stoops 2015.

5.4.3 Metodología para el cálculo de porcentajes.

Para la estimación del porcentaje aproximado de cada uno de los componentes (poros, minerales, fragmentos de roca o suelo) que integran las muestras cerámicas, fue necesario realizar un barrido completo de la sección delgada; en este sentido las observaciones se realizaron utilizando un objetivo de **5X**, con la finalidad de tener un campo visual más amplio y por lo tanto un área mayor de registro.

El método utilizado para llevar a cabo la estimación de porcentajes fue una adaptación de la técnica conocida como ***conteo de puntos*** *(point counting)*.
De acuerdo con Stoltman (1989) el conteo de puntos es un sistema de muestreo sistemático a partir del cual los componentes de la sección delgada son estimados, mediante una serie de observaciones realizadas a intervalos fijos, por ejemplo, cada 0.5 mm o cada 1 mm, en toda el área de la sección delgada (Stoltman, 1989).

Para realizar este procedimiento es necesario utilizar un ocular con retícula y con un dispositivo que permita mover la sección delgada hacia delante o hacia atrás de acuerdo al intervalo seleccionado, en cada punto del intervalo se realiza una observación y se registra (*Ibidem*).

Al contar únicamente con el ocular con retícula, se tomó como intervalo de desplazamiento los límites del campo visual correspondiente a 3 mm, dado al utilizar el objetivo de 5X.

Las observaciones tuvieron como punto de inicio uno de los extremos de la muestra, partir de este punto se comenzó con la identificación de las partículas y la posterior estimación de sus porcentajes.
Una vez realizado este cálculo, se procedía a mover la muestra hacia otra dirección (arriba, abajo, derecha o izquierda) con el objetivo de definir una nueva área de análisis, esta nueva área de observación se ubicaba al sobreponer los límites de su campo visual con los limites visuales del punto anterior (*ilustr. 89).*

Este procedimiento de ubicación se repetía las veces necesarias hasta llegar al otro extremo y cubrir toda el área de la muestra. Este método permite hacer un barrido de casi el cien por ciento del total de la muestra.

El porcentaje de las partículas se calculó mediante el uso de diagramas de estimación visual de porcentajes de cantidad y distribución de partículas, presentado por Castro (1989) (*ilustr. 90*).
Cabe señalar que en cada una de las áreas de observación se tomó una lectura de porcentajes.

Una vez terminadas las observaciones, se sumaron los porcentajes de las partículas obtenidos en cada una de las áreas de observación y se dividió entre el número total de puntos observados a fin de obtener una media porcentual.
Ejem: Fragmentos de rocas: 16% + 20% + 35% + 10% = 81 / 4 = ***20. 25%***

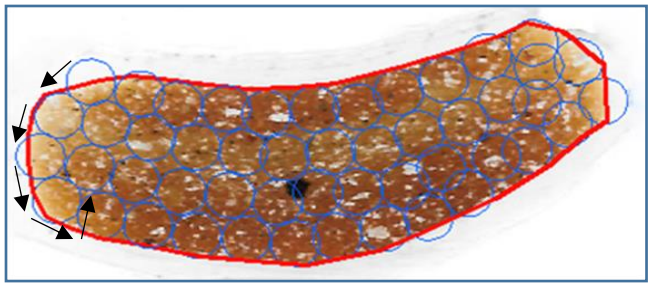


Ilustración 89. Sistema de observación de puntos

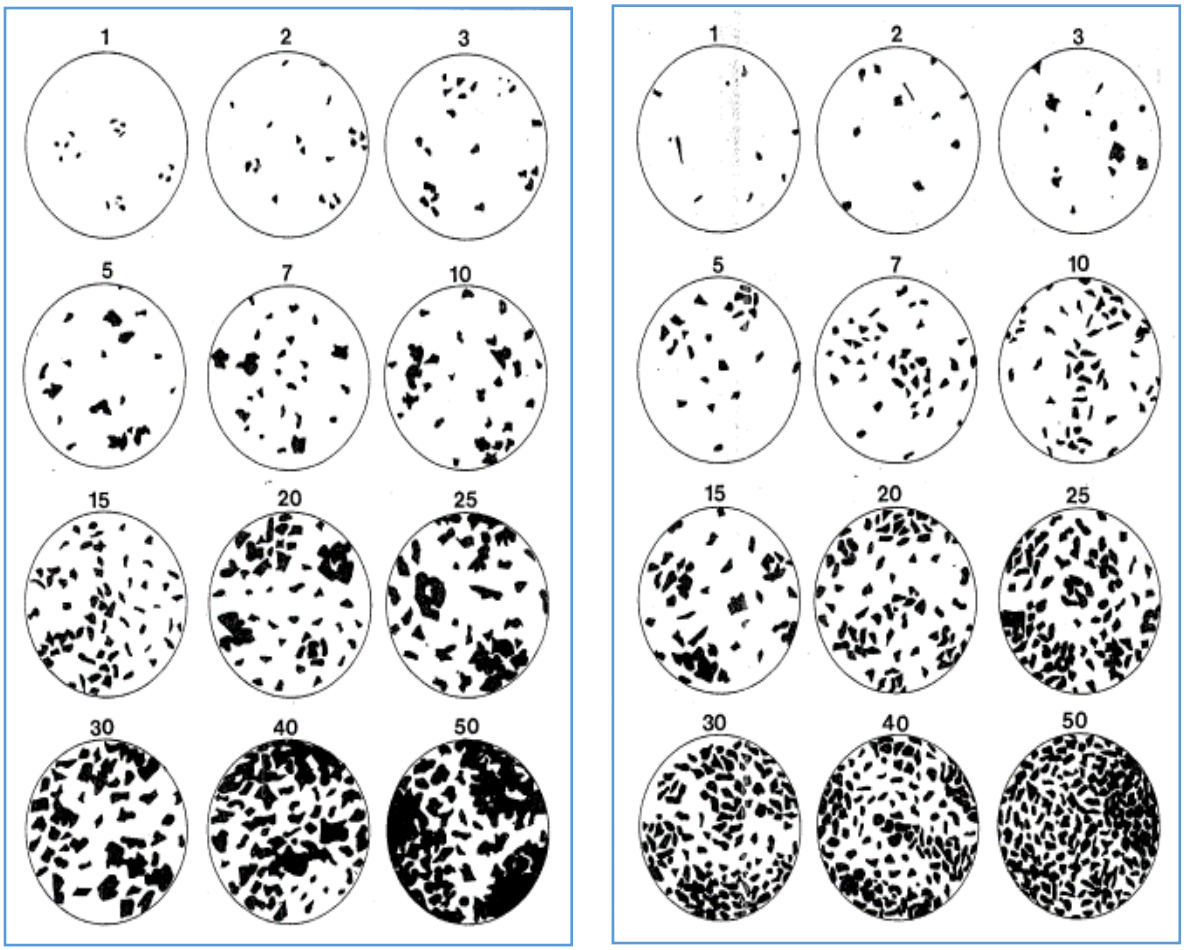


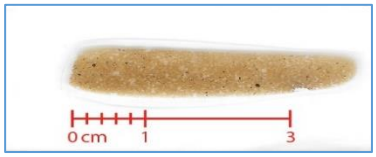
Ilustración 90. Diagramas porcentuales de cantidad y distribución de particulas. Tomado de Castro Dorado. 1989.

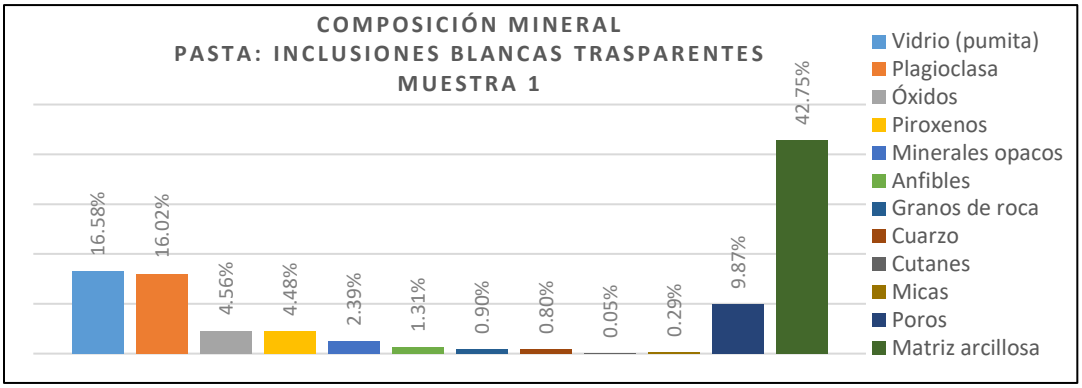
5.5 Descripción petrográfica de las muestras cerámicas y de suelo

Como se expuso anteriormente en el proceso de descripción de secciones delgadas intervienen una serie de rasgos físico y ópticos, los cuales son necesarios tener en consideración para poder realizar una descripción lo más completa de las muestras a analizar y así obtener una visión general de los procesos de manufactura presentes en la elaboración cerámica o bien de los procesos en la formación de suelos.

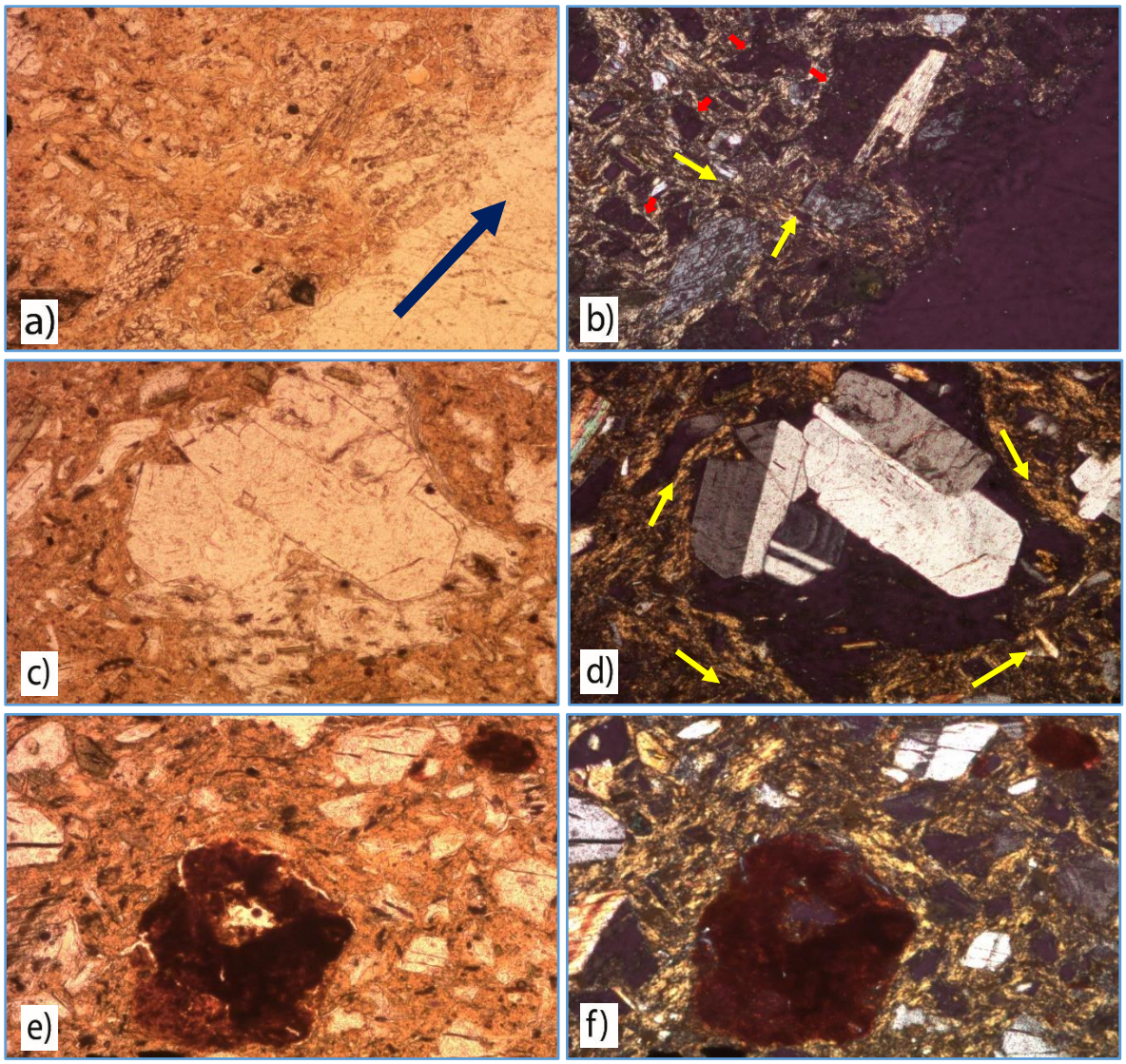
A continuación, se presentan las cedulas de caracterización petrográfica de cada una de las muestras seleccionadas (cerámica y suelos), de acuerdo con los parámetros de descripción señalados anteriormente.

5.5.1 Pasta 1: Inclusiones blancas transparentes

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 1: INCLUSIONES BLANCAS TRANSPARENTES</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA 1:
Fragmento de olla.
 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Alienados con respecto a las paredes de la vasija.
Porcentaje dentro de la muestra: 9.48 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciados; granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple; la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; se observa una ligera orientación tangencial respecto a las paredes del tiesto, este rasgo es un poco más notorio en las áreas cercanas a las paredes y en aquellas inclusiones que presentan un hábito tabular.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>(b) Micromasa
(i) estado óptico; ligeramente activo
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzado
(iii) color:
luz plana: Café amarillento
nicoles cruzados: Café amarillento oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones
(i) Textura: Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos / Claros
Redondez: Angular/ Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Negativa
Dirección en relación a la matriz: Discordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia (gráfico 1)</td></tr>
</table>



III **Evidencias de restos de suelo**	**a) Características principales.** **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Redondeado **Forma**: Distorsionada **Densidad óptica**: Negativa **Dirección con relación a la matriz**: Concordante **Color**: **luz plana**: Amarillo rojizo **Nicoles cruzados**: Café amarillento oscuro. Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: muy nulos **0.048** %	
IV Características de óxidos y minerales opacos	**a) Características principales**	
	Óxidos	**Minerales Opacos**
	Límites: Claros / Difusos **Redondez**: Redondeado **Forma**: Semiesférica / Distorsionada **Grado de impregnación:** Fuerte a moderado **Dirección/matriz**: Concordante **Color**: **luz plana**: Rojo **Nicoles cruzados**: Café, café rojizo.	**Límites:** Nítidos / Claros **Redondez:** Angular / Redondeado **Forma:** Semiesférica / Distorsionada.
V **Evidencias de "grog o chamota"**	- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante	
VI **Materia orgánica**	- Ausente No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.	
VII **Alteraciones de partículas**	- Revestimiento de óxidos de hierro al interior y en los bordes de plagioclasas	
VIII **Composición del acabado**	- Debido a las condiciones de la sección delgada no fue posible observar las características del acabado de superficie.	

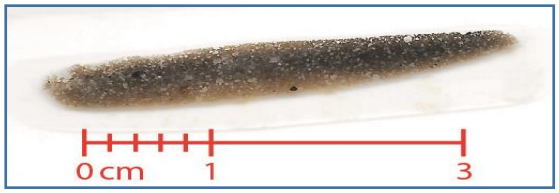


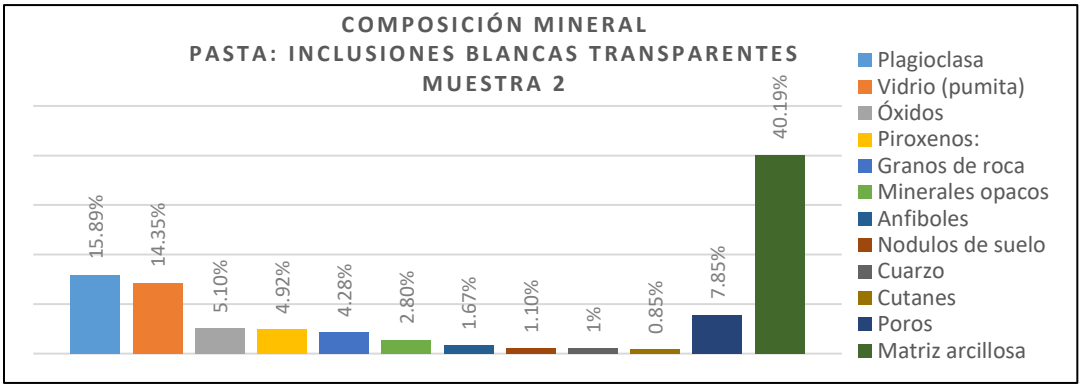
Fotomicrografías 1. Pasta 1. Inclusiones blancas transparentes. Muestra 1.

(a, b) *Alineación y distribución aleatoria de inclusiones y poros.* ***a)*** *Luz polarizada plana (LPP) la flecha azul indica la dirección de las paredes del tiesto.* ***b)*** *Luz nicoles cruzados (LXP) Patrón de contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriada cruzada (señalada por flechas amarillas), las flechas rojas señalan inclusiones angulares de pumita (vidrio volcánico).*

(c, d) *Fragmento de pumita (vidrio volcánico).* ***c) (****LPP) Fragmento de pumita de textura fluidal y plagioclasa contenida al interior.* ***d)*** *(LXP) Orientación discordante de la matriz formada por la partícula de pumita.*

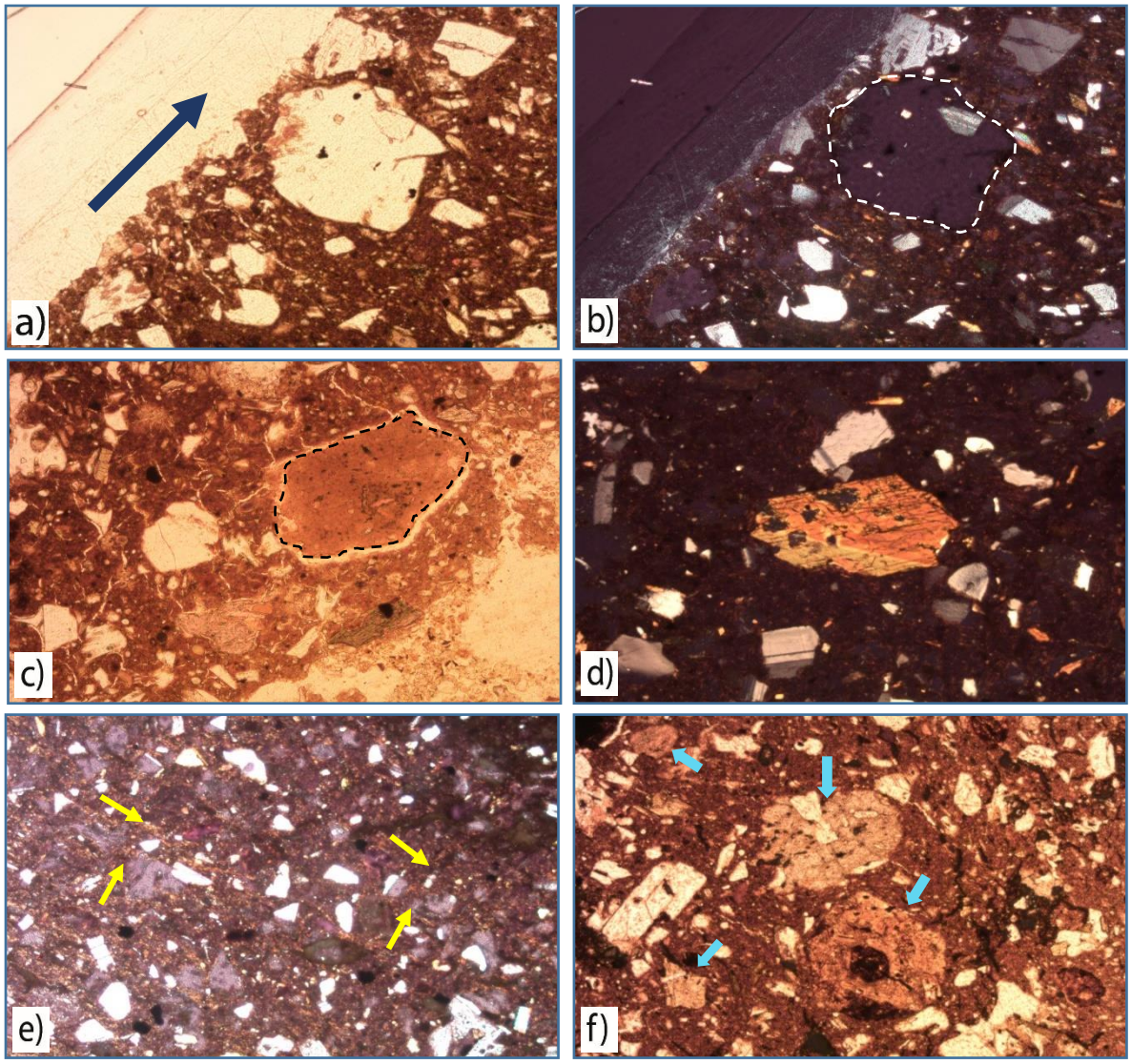
(e, f) *Óxido de impregnación fuerte.* ***e)*** (LPP) *Óxido y partículas de bordes claros, redondez angular y forma alargada.* ***f)*** *(LXP) Color de birrefringencia alto de la matriz; partículas con patrón de distribución porfírica.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 1: INCLUSIONES BLANCAS TRANSPARENTES</th></tr>
<tr><td>MUESTRA 2:
Fragmento de olla.</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria al interior de la sección delgada.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: No se observa una orientación preferente con respecto a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 7.85 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: espaciados; granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple; la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; las inclusiones no presentan una orientación preferente.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>(b) Micromasa
(i) estado óptico: Ligeramente activo
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzado
(iii) color;
luz plana: Café
nicoles cruzados: Café muy oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: nítidos/claros
Redondez: angular/ subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 2).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Distorsionada
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: amarillo rojizo
Nicoles cruzados: Café amarillento oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes- raro 1.95%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: Fuerte a moderado
Dirección/ matriz: Concordante
Color: luz plana: Rojo
Nicoles cruzados: Rojo oscuro.</td><td>Límites:
Nítidos/claros
Redondez:
Angular / Redondeado
Forma:
Semiesférica / Distorsionada.</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la sección delgada no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>

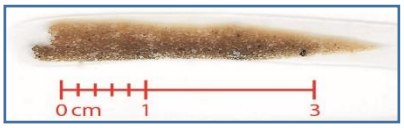


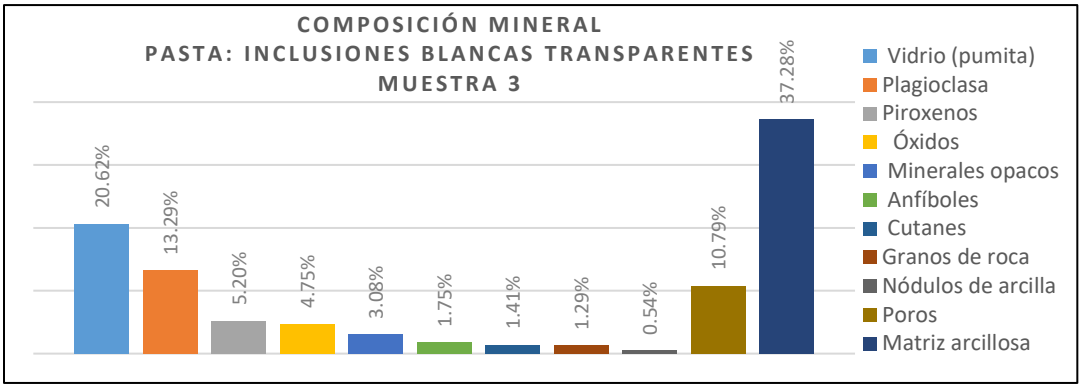
Fotomicrografías 2. Pasta 1. Inclusiones blancas transparentes. Muestra 2.

(a, b) *Distribución aleatoria de partículas.* ***a)*** *(LPP) Orientación y distribución aleatoria de partículas y poros, la flecha azul indica la dirección de las paredes del tiesto.* ***b)*** *(LXP) Fragmento de vidrio volcánico (delimitado por línea punteada blanca).*

c) *(LPP) Fragmento de arcilla no mezclada de características diferentes al de la matriz del tiesto.* ***d)*** *(LXP) Plagioclasas angulares de bordes claros, al centro anfíbol (hornblenda) con maclado.*

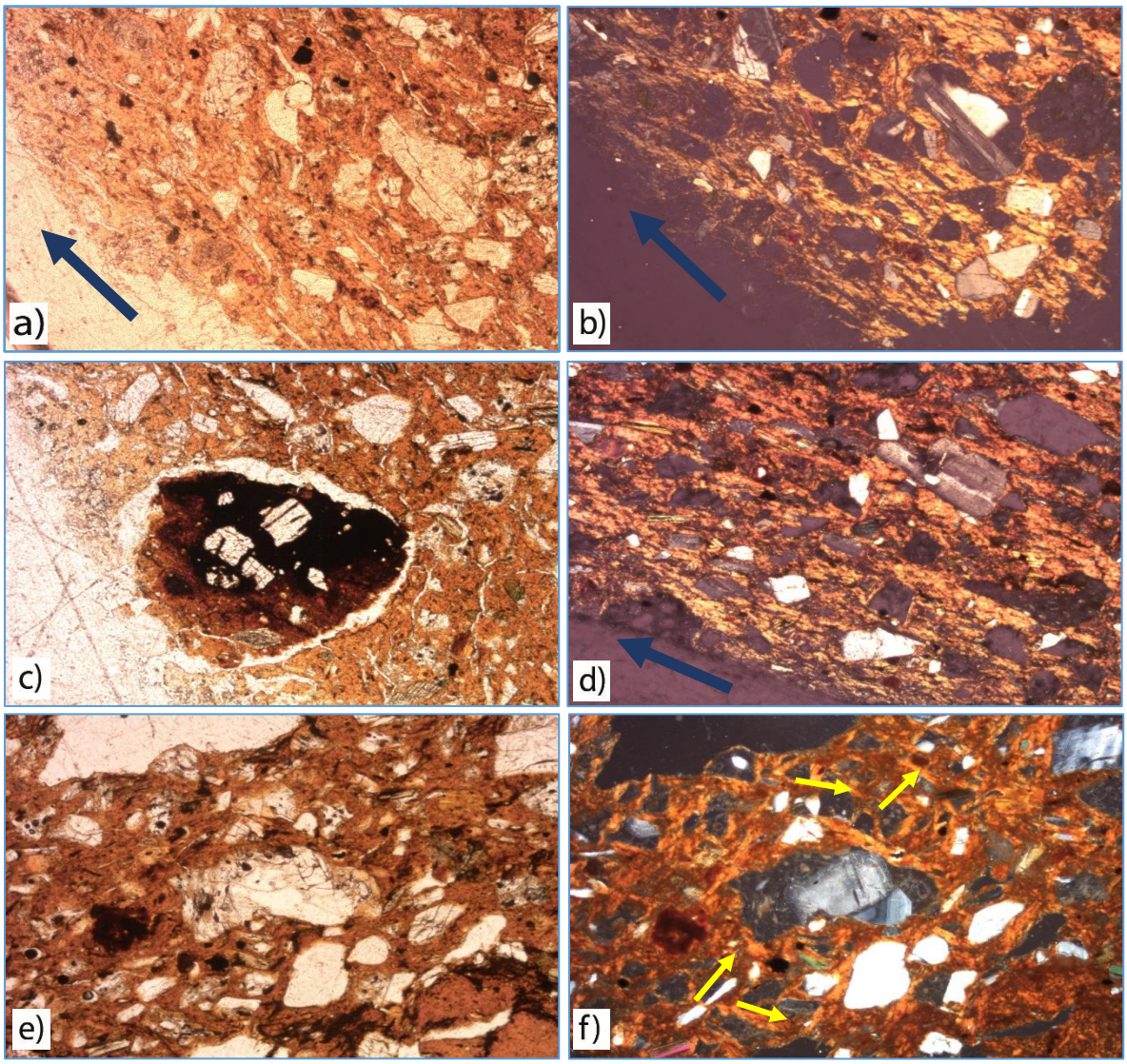
e) *(LXP) Patrón de distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica, contextura de birrefringencia (b-fabric) estriado cruzado (las flechas amarillas indican la dirección de las estrías). Partículas angulares de pumita-vidrio volcánico (isotrópico) de textura fluidal (partículas grises). Minerales opacos (inclusiones negras).* ***f)*** *(LPP) Fragmentos subredondeados de roca (flechas azules).*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 1: INCLUSIONES BLANCAS TRANSPARENTES</th></tr>
<tr><td>MUESTRA 3:
Fragmento de olla.</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria al interior de la sección delgada. Los poros se observan tanto al interior como en las áreas cercanas a los límites de la muestra.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Aleatoria; Existen áreas en donde es posible observar una alineación de los poros con respecto a los límites de la sección delgada.
Porcentaje dentro de la muestra: 10.79 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Espaciado: espaciado cerrado; los granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple; la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; solo algunas inclusiones muestran un acomodo con relación a la dirección de las paredes; esta disposición es más común observarla en plagioclasas y piroxenas debido a su hábito generalmente tabular.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico: Ligeramente activo
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzado
(iii) color:
luz plana: Café rojizo claro
nicoles cruzados: Café rojizo oscuro, café amarillento</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 3).</td></tr>
</table>

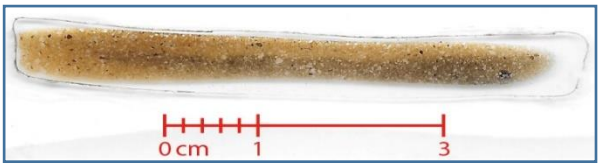


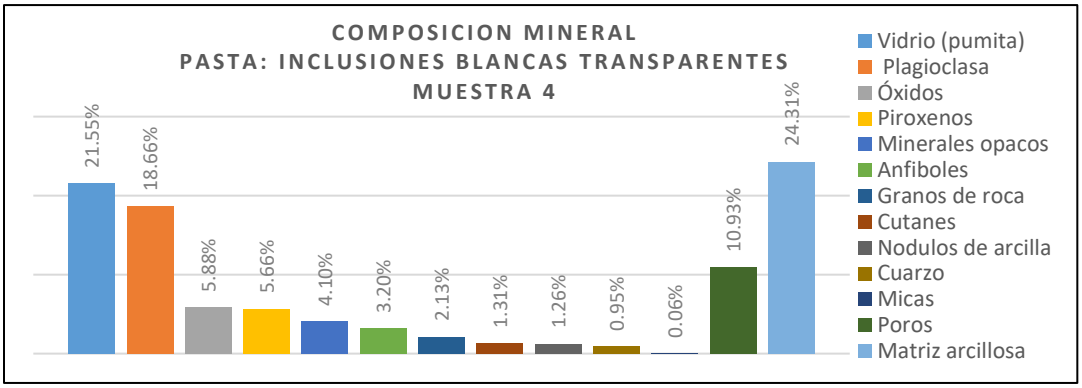
<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros /Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Distorsionada
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante/ Discordante
Color: luz plana: Café
Nicoles cruzados: Café amarillento oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes- raro 1.95%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: Fuerte a moderado
Dirección/matriz: Concordante
Color: luz plana: Rojo
Nicoles cruzados: Rojo claro.</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Redondeado
Forma:
Semiesférica / distorsionada.</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la sección delgada no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>

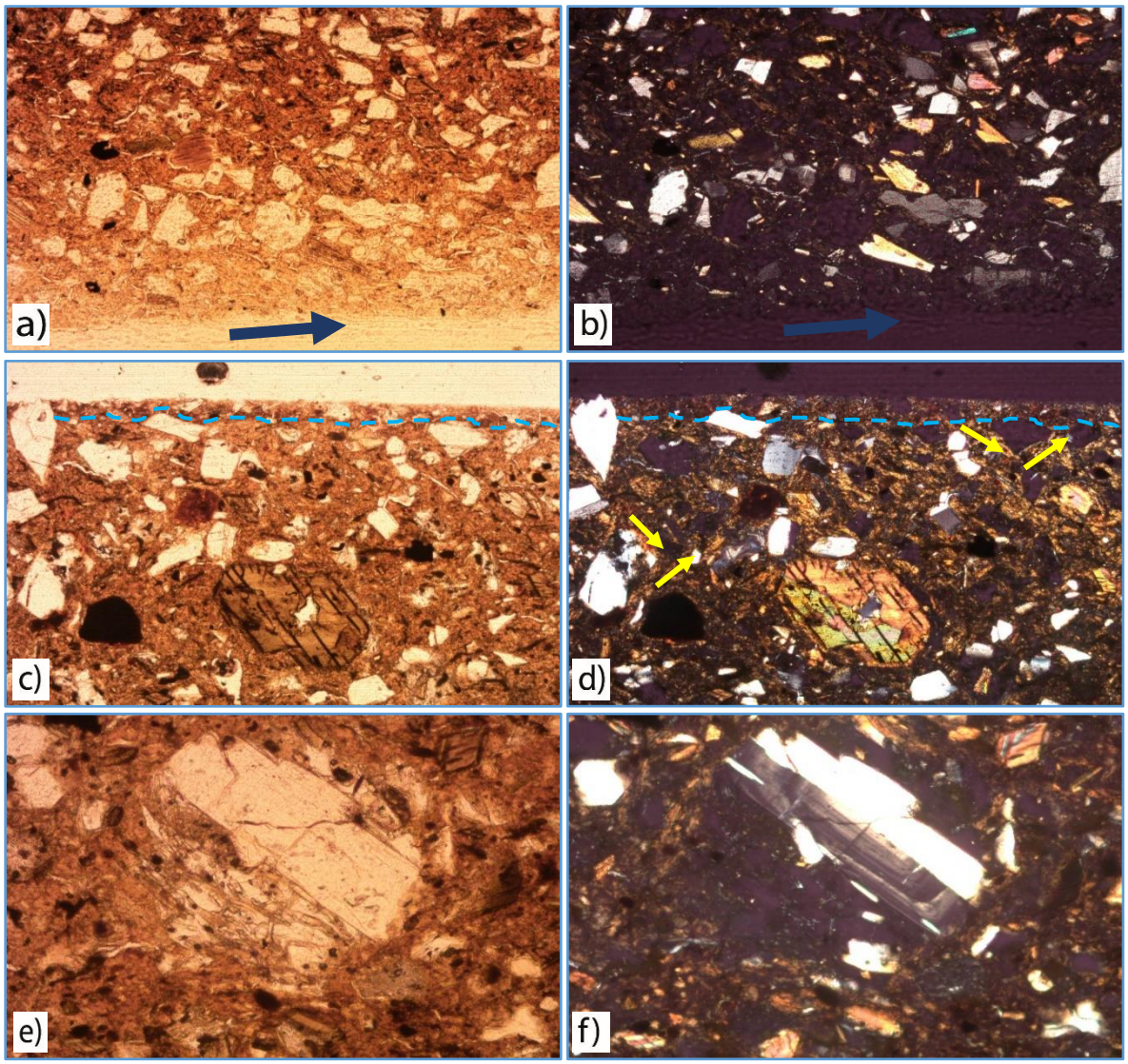


Fotomicrografías 3. Inclusiones blancas transparentes. Muestra 3.
(a, b) *Poros planos orientados y distribuidos en dirección a las paredes del tiesto (las flechas azules indican la dirección de las paredes).* ***b)*** *(LXP) Patrón de contextura de tipo estriado cruzado.*
c) *(LPP) Fragmento subredondeado de roca de límites claros dispuesto sobre los márgenes de las paredes del tiesto, creando una orientación discordante de la matriz al entrar en contacto con este.*
d) *(LXP) Partículas angulares y alargadas bien orientadas en dirección de las paredes del tiesto. Patrón de distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica.*
(e, f) *Fragmentos de pumita de textura fluidal* ***e)*** *(LPP) Distancia entre partículas de tipo espaciado cerrado (puntos de contacto) y espaciado simple.* ***f)*** *(LXP) b-fabric de tipo estriada cruzada (flechas amarillas) y colores de birrefringencia alto.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 1: INCLUSIONES BLANCAS TRANSPARENTES</th></tr>
<tr><td>MUESTRA: 4
Fragmento de olla.</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Planar: Distribución aleatoria al interior de la sección delgada.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Se observa una incipiente orientación de los poros, siendo más notoria en el área cercana a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 10.93 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: espaciado cerrado: Granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Se observa una incipiente orientación por aquellas partículas con hábito tabular en el área cercana a las paredes del tiesto.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>(b) Micromasa
(i) estado óptico: Ligeramente activo
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzado
(iii) color:
luz plana: Rojo amarillento
nicoles cruzados: Café amarillento oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos/claros
Redondez: Angular/ subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Positiva
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 4).</td></tr>
</table>



III **Evidencias de restos de suelo**	**a) Características principales.** **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Redondeado **Forma**: Distorsionada / Amorfa **Densidad óptica**: Negativa **Dirección con relación a la matriz**: Concordante **Color**: luz plana: Amarillo rojizo Nicoles cruzados: café amarillento oscuro. Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / Cutanes - raro **2.57** %	
IV Características de óxidos y minerales opacos	**a) Características principales**	
	Óxidos	**Minerales Opacos**
	Límites: Claros / Difusos **Redondez**: Redondeado **Forma**: Semiesférica **Grado de impregnación:** Fuerte a moderado **Dirección/matriz**: Concordante **Color**: **luz plana**: Rojo claro, café rojizo **Nicoles cruzados**: Café rojizo oscuro.	**Límites:** Nítidos / Claros **Redondez:** Angular / Redondeado **Forma:** Semiesférica / Distorsionada.
V **Evidencias de "grog o chamota"**	- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.	
VI **Materia orgánica**	- Ausente No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.	
VII **Alteraciones de partículas**	- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro	
VIII **Composición del acabado**	**a) Color del engobe:** **- Luz plana:** Café claro **-Nicoles cruzados:** Café amarillento claro **b) Tamaño de partícula:** fino **c) Tipo de fábrica-b:** Estriado aleatorio	

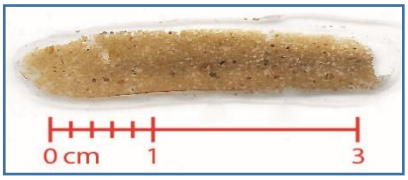


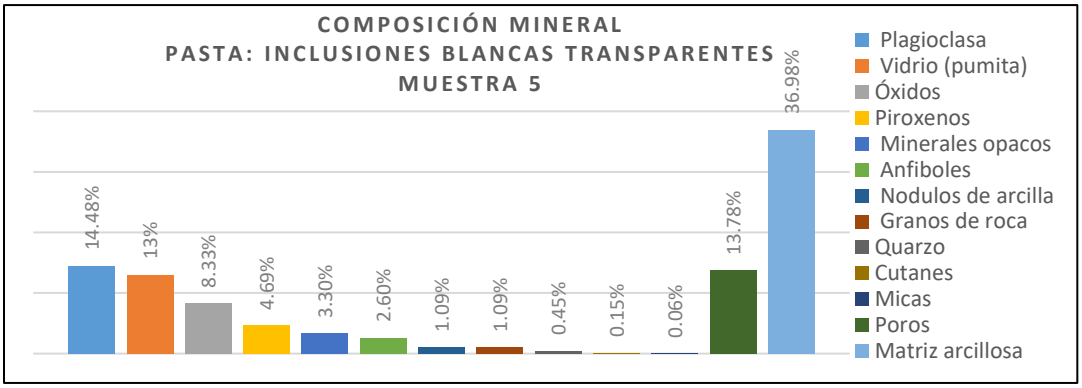
Fotomicrografías 4. Inclusiones blancas trasparentes. Muestra 4.

(a, b) *Poros y partículas angulares distribuidas de manera aleatoria con respecto a las paredes del tiesto. Patrón de distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica; distancia entre partículas de tipo espaciado cerrado y espaciado doble.* ***a)*** *PPL.* ***b)*** *LXP.*

(c, d) *Zona de contacto enrtre la matriz y el acabado de superficie.* ***c)*** *(LPP) Minerales opacos (particulas negras), oxidos (rojo) y piroxeno (café claro centro inferior) como parte de algunos de los componenetes de la pasta.* ***d)*** *En la parte superiorse observa una delgada zona de transición de color rojizo oscuro y baja birrefringencia diferente al del resto de la matriz (delimitada por la línea azul punteada). El patrón de estriado cruzado (flechas amarillas) se ve interrumpido en esta zona. Esta delgada capa puede ser parte del tratamiento efectaudo sobre la superficie del tiesto.*

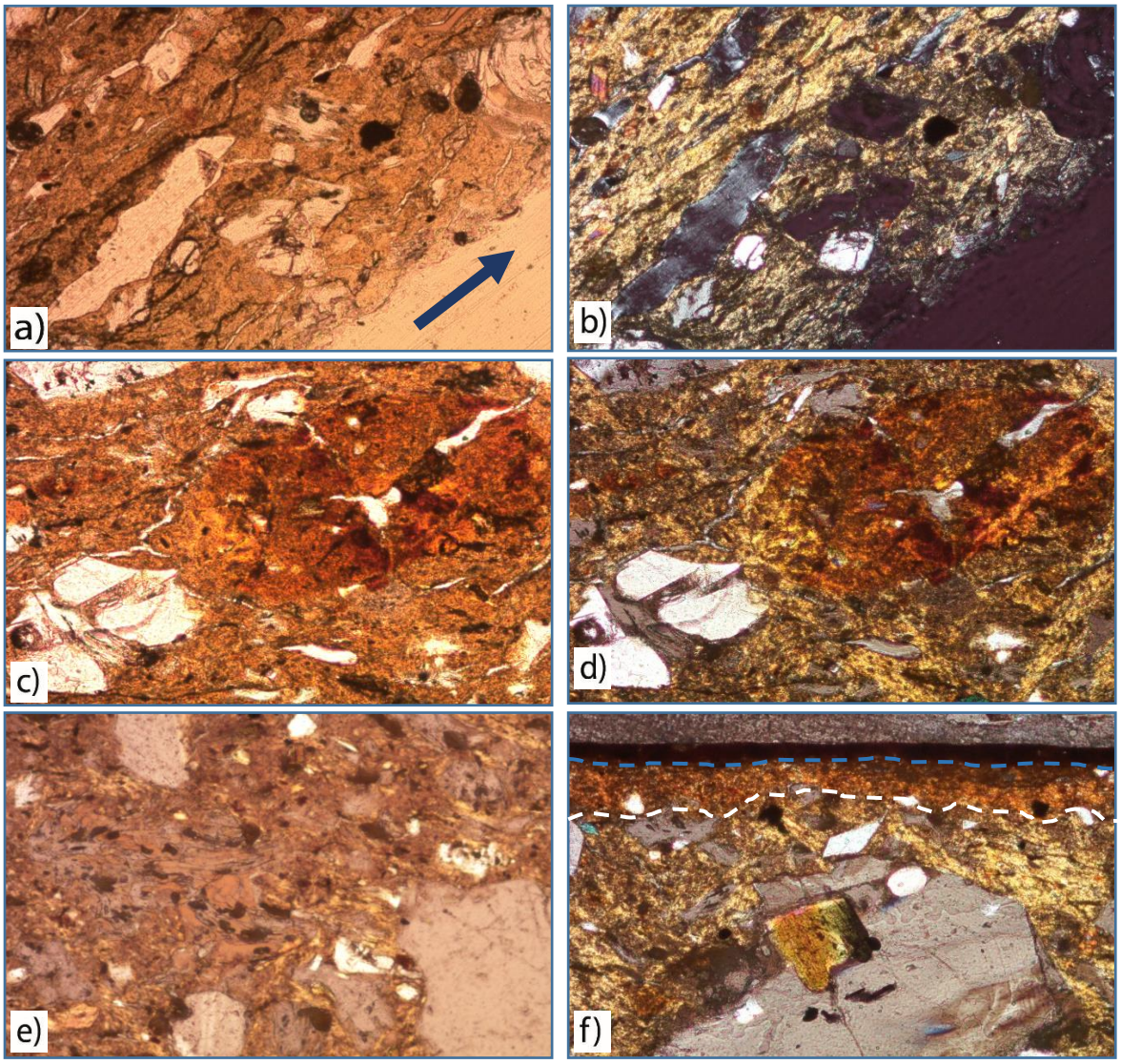
(e, f) *Plagioclasa contenida en un fragmento de pumita de textura fluidal.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 1: INCLUSIONES BLANCAS TRANSPARENTES</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA 5:
Cajete de paredes curvo divergentes.
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Planar: Lineal a las paredes del tiesto.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Tanto al interior como en los márgenes se observa una buena orientación de los poros respecto a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 13.78 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Se observa una incipiente orientación por aquellas partículas de tamaño fino y con hábito tabular en el área cercana a las paredes del tiesto.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico: ópticamente Activa
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzado
(iii) color:
luz plana: Amarillo parduzco
nicoles cruzados: Café amarillento</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos /Claros
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Positiva
Dirección en relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 5).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Distorsionada
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Amarillo rojizo
Nicoles cruzados: Café amarillento oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes - raro 1.24%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: Fuerte a moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color:
luz plana: Rojo /anaranjado
Nicoles cruzados: Rojo oscuro.</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Redondeado
Forma:
Semiesférico / distorsionada.</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro
- Micas abiertas por sus planos de crucero.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana: Rojo
-Nicoles cruzados: Rojo muy oscuro
b) Tamaño de partícula: Fina
c) Tipo de fábrica-b: Indiferenciada</td></tr>
</table>



Fotomicrografías 5. Inclusiones blancas transparentes. Muestra 5.

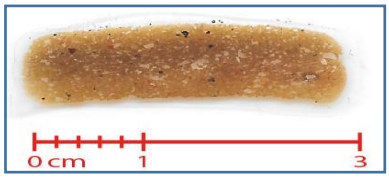
(a, b) *Alineación paralela a la dirección de las paredes del tiesto (flecha azul).* ***a)*** *(LPP) Poros de forma plana alineados a las paredes del tiesto.* ***b)*** *(LXP) Patrón de contextura de birrefringencia de tipo estriado cruzado; color de birrefringencia alto.*

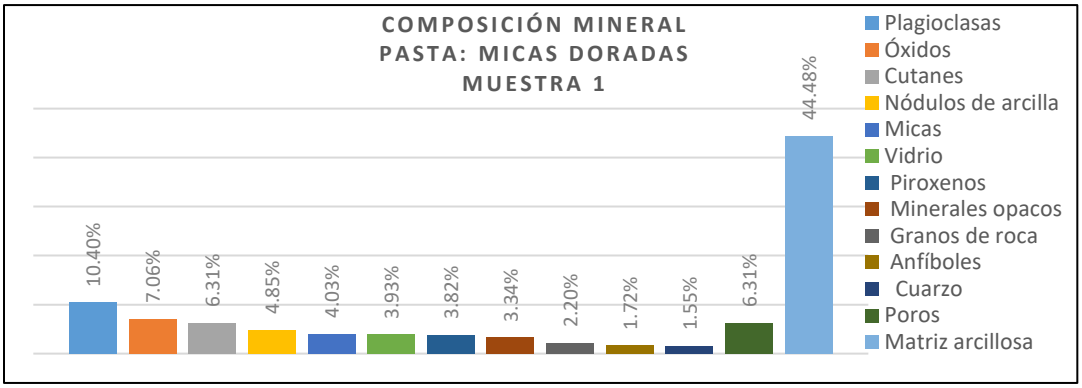
(c, d) *Fragmento subredondeado de arcilla no mezclada de color rojizo, el presenta sus propias características micromorfológicas.* ***c)*** *luz polarizada plana* ***d)*** *Luz nicoles cruzados (LXP).*

e) *(LPP) Abundantes fragmentos de pumita de textura fluidal que interrumpen el patrón de estrías creando una orientación discordante de la matriz.*

(f) *(LXP) Capa gruesa de engobe rojo sobre la superficie del tiesto (delimitado por la línea punteada azul); en la parte subyacente del engobe se observa una zona de transición creada por el pigmento que ha penetrado sobre la matriz arcillosa (línea punteada blanca).*

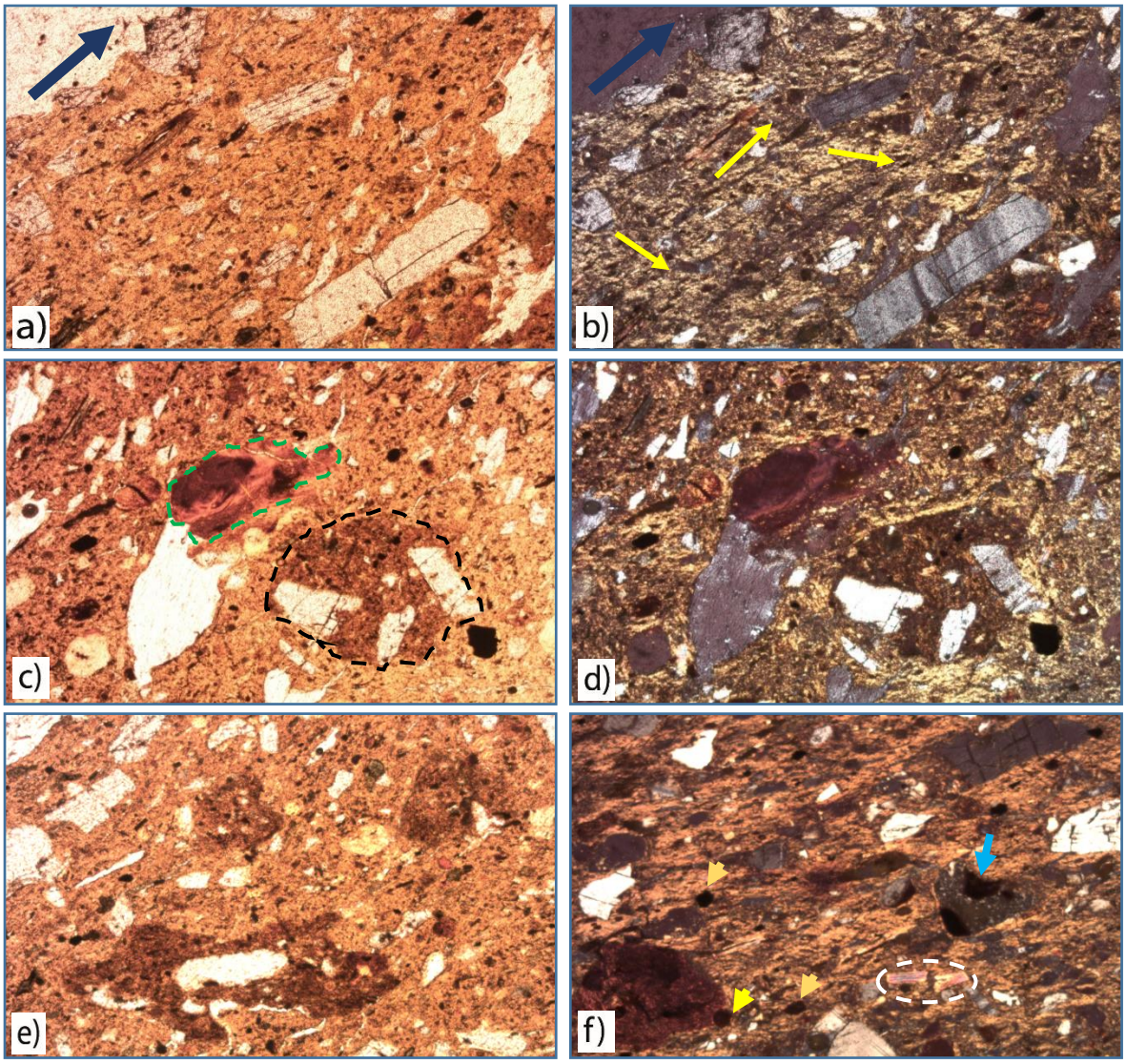
5.5.2 Pasta 2: Micas doradas

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 2: MICAS DORADAS</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA 1:
Fragmento de cuerpo de olla.
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Planar: Distribución lineal a las paredes de la sección delgada.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Preferente con respecto a las paredes de la sección delgada.
Porcentaje dentro de la muestra: 6.31%</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Se observa una incipiente orientación por aquellas partículas con hábito tabular en el área cercana a las paredes del tiesto, siendo las micas las inclusiones más notorias</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico: ópticamente activa
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada aleatoria
(iii) color:
luz plana: Amarillo parduzco
nicoles cruzados: Café amarillento</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular/ Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Positiva
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente. (gráfico 6)</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Nítidos / Claros
Redondez: Bien redondeado/ redondeado
Forma: Distorsionado / Semiesférico
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Amarillo rojizo
Nicoles cruzados: Café amarillento oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: predominante 11.16 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado / Subredondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: fuerte a moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Rojo claro, café claro
Nicoles cruzados: Rojo oscuro, café oscuro.</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Redondeado
Forma:
Semiesférica / distorsionada.</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente; no se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro en los bordes y al interior de plagioclasas, rocas, en poros y oquedades.
- Micas ligeramente abiertas en sus planos de crucero.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la sección delgada no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>



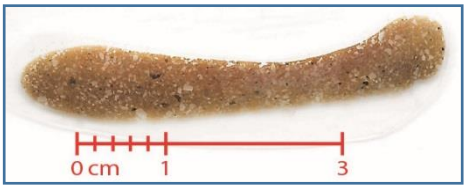
Fotomicrografías 6. Micas doradas. Muestra 1.

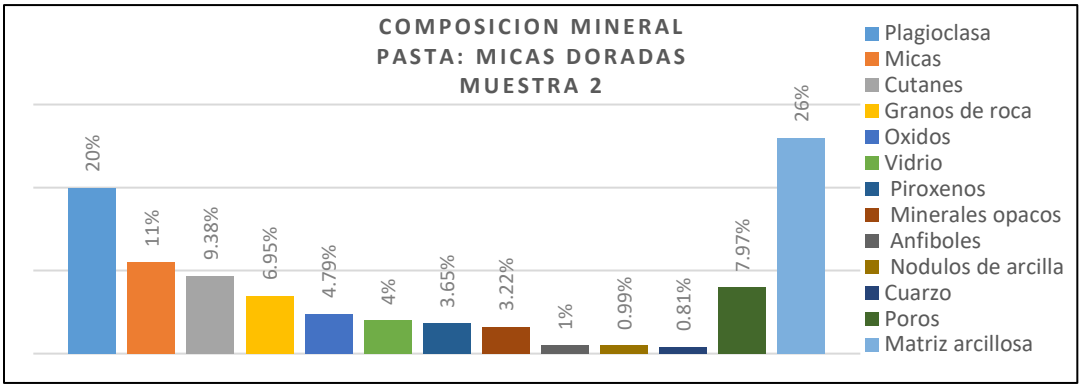
(a, b) *Alineación de partículas y poros.* ***a)*** *(LPP) Incipiente alineación paralela de poros planos y plagioclasas con hábito tabular en dirección de las paredes del tiesto.* ***b)*** *(LXP) Patrón de contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriado cruzado.*

(c, d) *Fragmentos de suelo no mezclado con la matriz.* ***c)*** *(LPP) Cutan o arcilla de iluviación subredondeada y amorfa (línea verde); partícula redondeada de suelo (línea negra).* ***d)*** *(LXP) Cutan y partícula de suelo con sus propias características internas que difieren con las de matriz.*

e) *(LPP) Restos de suelo con límites claros subredondeados, y no incorporados a la pasta, su color café rojizo oscuro contrasta con el de la matriz, es evidente además su forma irregular.*

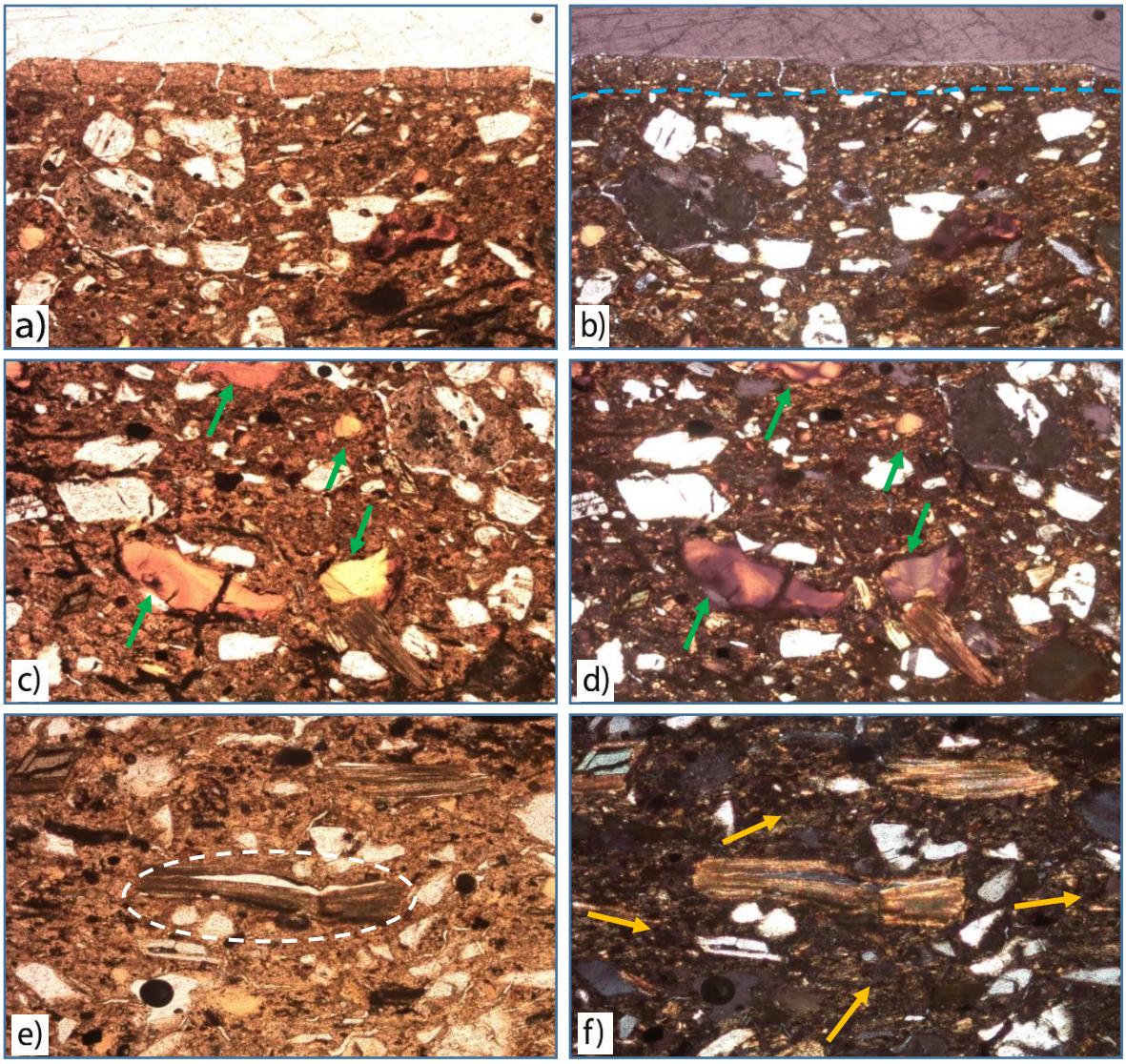
f) *(LXP) Principales componentes de la pasta; plagioclasas (esquina superior derecha) óxido de impregnación fuerte (esquina inferior izquierda), fragmentos de roca (flecha azul), piroxenos (círculo blanco), minerales opacos (flechas amarillas).*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 2: MICAS DORADAS</th></tr>
<tr><td>MUESTRA 2:
Cuello de olla.</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Planar: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Aleatoria, no se observa una orientación preferente con respecto a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 7.97 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Algunas de las inclusiones que presentan una orientación con respecto a las paredes de la muestra son las micas, partículas de hábito tabular como plagioclasas e inclusiones de tamaño fino. Esta orientación es más evidente a los márgenes de la muestra.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>(b) Micromasa
(i) estado óptico: ligeramente activa ópticamente
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada aleatoria
(iii) color:
luz plana: Café amarillento claro
nicoles cruzados: Café amarillento oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular/ Redondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 7).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

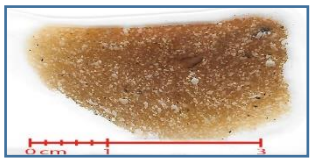
Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Nítidos / Claros
Redondez: Redondeado
Forma: Distorsionado / Semiesférico
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: Luz plana: amarillo rojizo
Nicoles cruzados: café amarillento oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: dominante
10.37 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférico
Grado de impregnación: Fuerte a moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Rojo
Nicoles cruzados: Rojo oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Semiesférica / Geométrica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro al interior de plagioclasas, en poros y oquedades.
- Micas abiertas en sus planos de crucero.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana: Café claro
-Nicoles cruzados: Café oscuro
b) Tamaño de partícula: Fino
c) Tipo de fábrica-b: Estriado paralelo</td></tr>
</table>

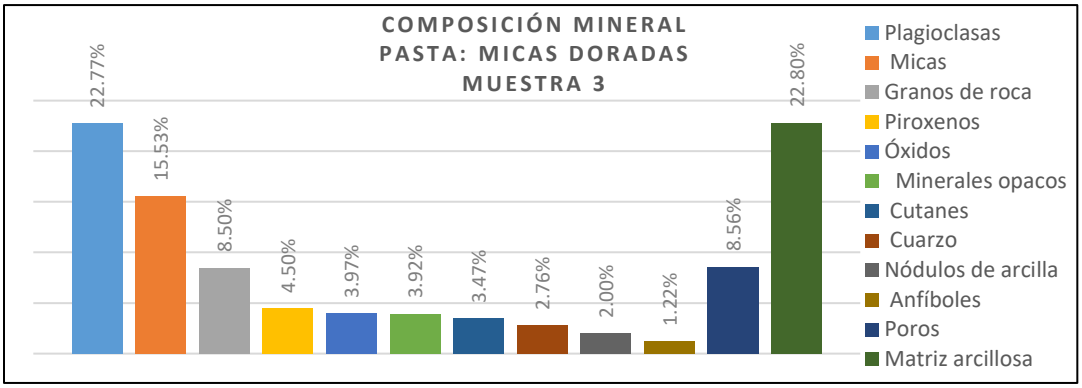


Fotomicrografías 7. Micas doradas. Muestra 2.

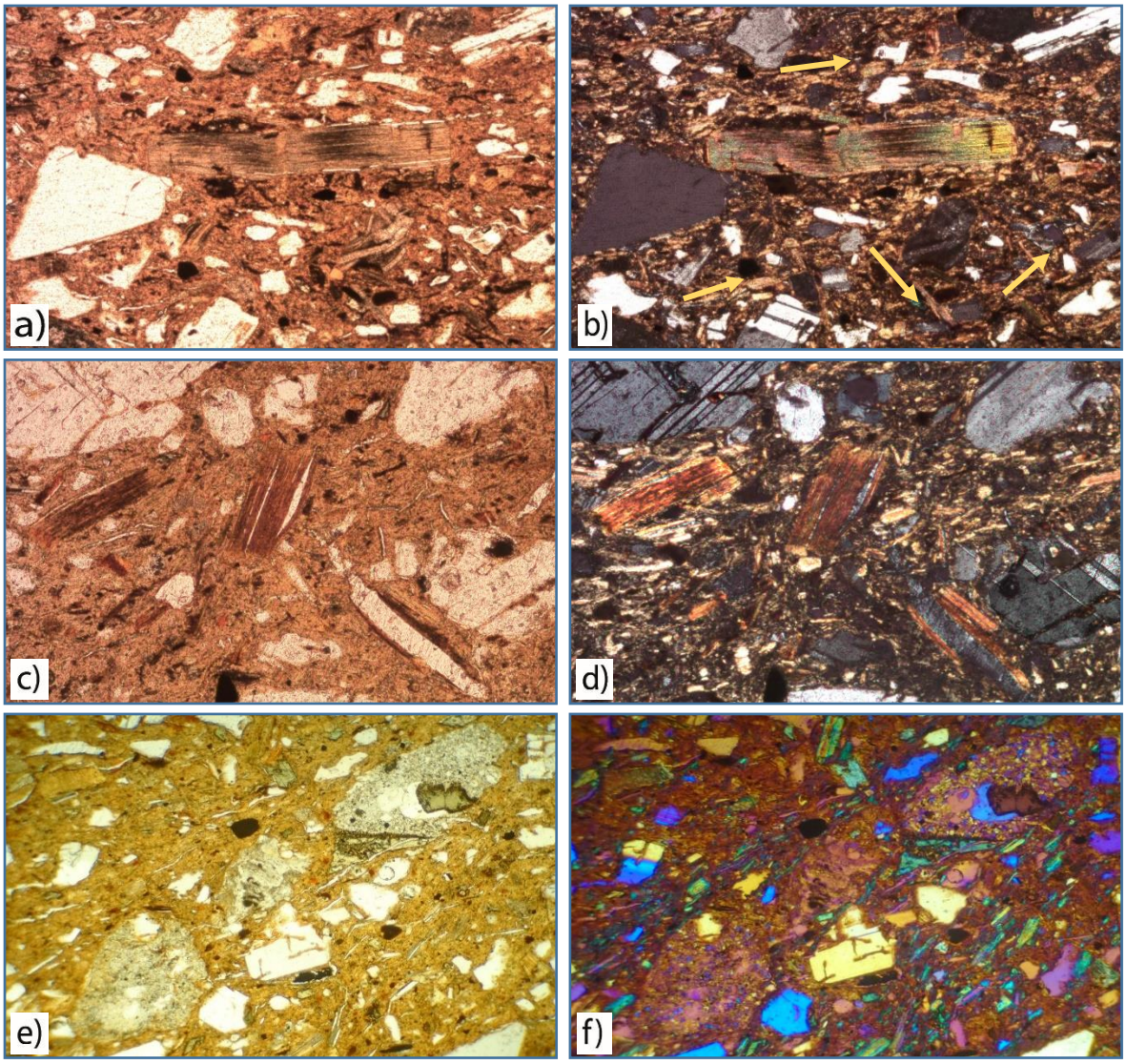
(a, b) *Capa de engobe sobre la superficie del tiesto.* ***a)*** *(LPP) En la parte superior se observa una capa gruesa compuesta por partículas de tamaño muy fino cuya diferencia de tonalidad es evidente y contrasta con el color de la matriz creando una zona de transición.* ***b)*** *(LXP) Capa de material fino (delimitada por la línea azul) de composición similar a la de la pasta, presenta además una menor birrefringencia en comparación con la matriz.*

c) *(LPP) Fragmentos subredondeados y angulares de arcilla de iluviación (cutanes señalados con flechas verdes) dispuestos en un patrón de distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica cuya distancia entre partículas es de tipo cerrado y espaciado simple.* ***d)*** *Misma zona en nicoles cruzados.* ***(e, f)*** *Partículas de mica.* ***e)*** *(LPP) Cristal de mica ligeramente abierto por sus líneas de crucero.* ***f)*** *(LXP) Se observa una disminución en los colores de interferencia que en el caso de las micas suelen ser colores brillantes de tercer orden. B-fabric (flechas amarillas) en patrón de estriado aleatorio.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 2: MICAS DORADAS</th></tr>
<tr><td>MUESTRA 3:
Fragmento de asa.</td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Planar: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Los poros se observan orientados en dos direcciones y convergen en la zona central del tiesto. Esta doble dirección es debido a que el tiesto está compuesto por dos piezas: el cuerpo y el asa.
Porcentaje dentro de la muestra: 8.56 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Las inclusiones que presentan una doble orientación con respecto a las paredes de la muestra, las partículas orientadas convergen en la zona central del tiesto. La orientación es más evidente en micas y plagioclasas.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico; ópticamente activa
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada aleatoria
(iii) color;
luz plana: Café claro
nicoles cruzados: Café amarillento claro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular/ Redondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia descendiente (gráfico 8).</td></tr>
</table>



III **Evidencias de restos de suelo**	**a) Características principales.** **Límites**: Nítidos / Claros **Redondez**: Redondeado **Forma**: Distorsionado / Semiesférico **Densidad óptica**: Negativa **Dirección con relación a la matriz**: Concordante **Color**: **luz plana:** Café rojizo claro **Nicoles cruzados:** Café amarillento oscuro. Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: dominante **5.47** %	
IV Características de óxidos y minerales opacos	**a) Características principales**	
	Óxidos	**Minerales Opacos**
	Límites: Claros **Redondez**: Redondeado **Forma**: Semiesférico **Grado de impregnación:** Fuerte a moderado **Dirección / matriz:** Concordante **Color**: **Luz plana**: Rojo **Nicoles cruzados**: Rojo oscuro	**Límites:** Nítidos / Claros **Redondez:** Angular / Subredondeados **Forma:** Semiesférica / Geométrica
V Evidencias de **"grog o chamota"**	- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.	
VI **Materia orgánica**	- Se observan manchas oscuras sobre la matriz arcillosa.	
VII **Alteraciones de partículas**	- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro al interior de plagioclasas, en poros y oquedades. - Micas abiertas en sus planos de crucero.	
VIII **Composición del acabado**	- Debido a las condiciones de la sección delgada no fue posible observar las características del acabado de superficie.	

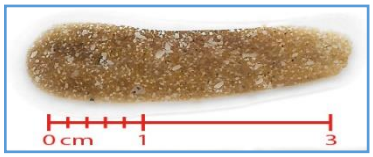


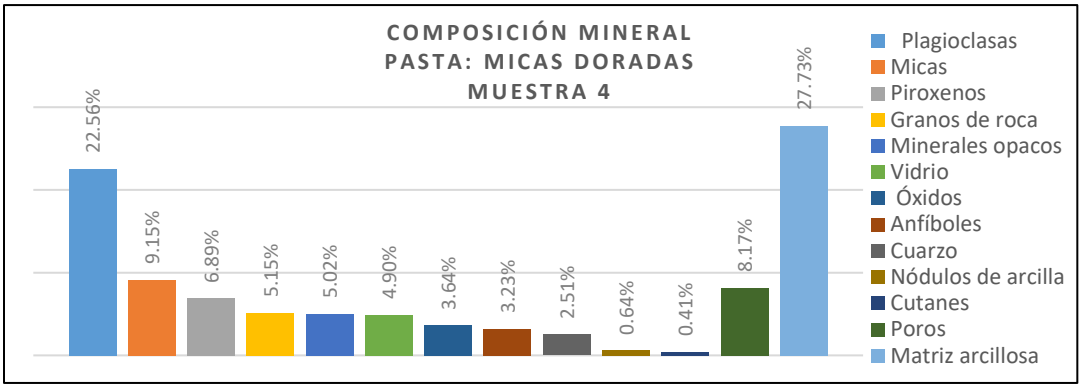
Fotomicrografías 8. Micas Doradas. Muestra 3.

(a, b) *Partícula de mica.* ***a)*** *(LPP) Cristal de mica poco alterado (centro) de hábito tabular acompañada de cristales angulares de plagioclasa y minerales opacos en un patrón de distribución (g/f de tipo porfírica.* ***b)*** *(LXP) El cristal de mica presenta colores de interferencia altos de tercer orden. Contextura de birrefringencia (b-fabric) estriada aleatoria (flechas amarillas). Se observa una birrefringencia alta de la matriz*

c) *(LPP) Conjunto de micas ligeramente abiertas por sus planos de crucero, las micas se encuentran dispuestas sobre material fino y rodeadas por cristales gruesos de plagioclasa.* ***d)*** *(LXP) Mismo conjunto de micas; es evidente la diferencia de los colores de interferencia que presentan si se compara con la mica en* ***b****; esta pérdida de color puede estar relacionada con el proceso de cocción.*

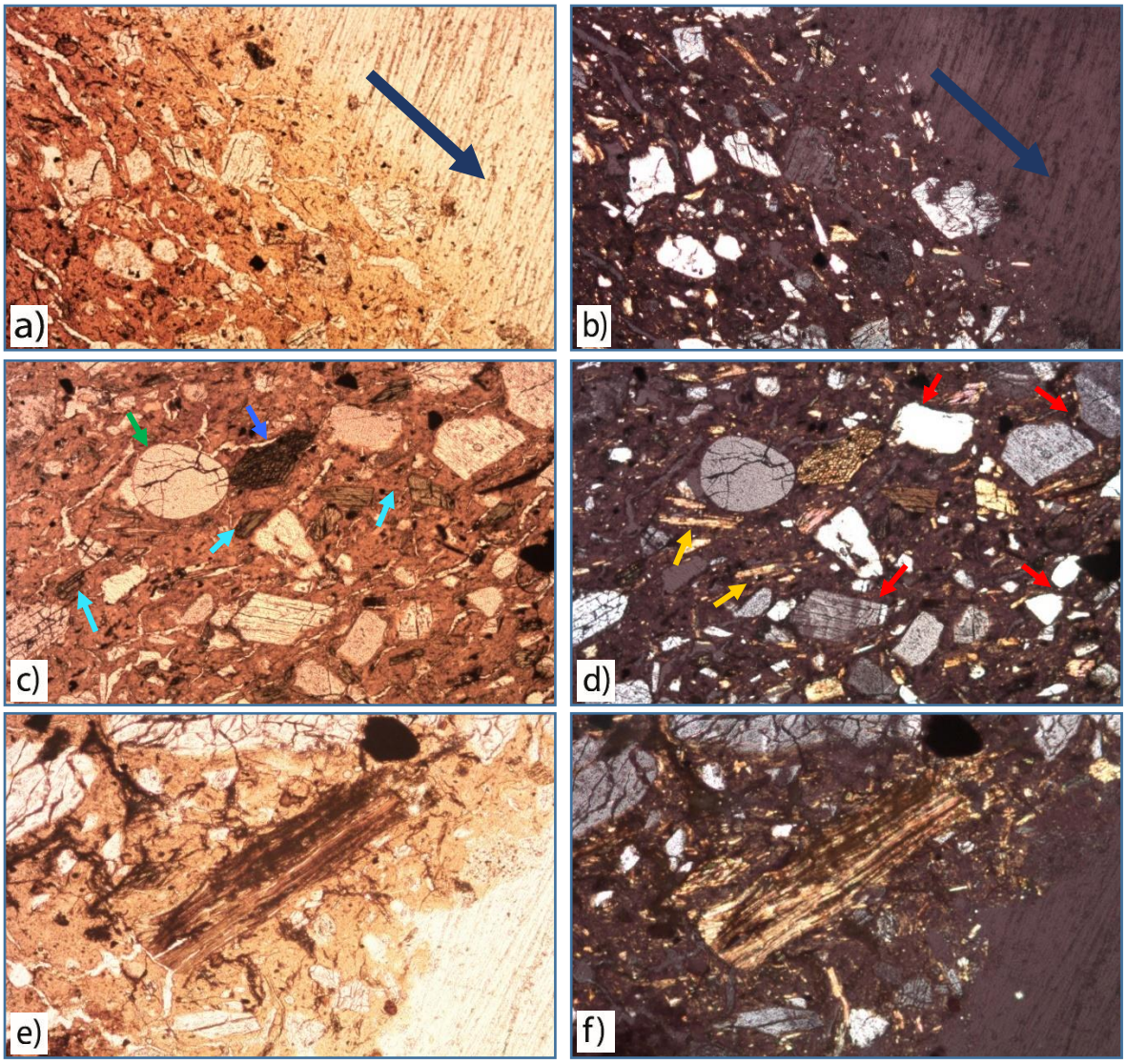
(e, f) e) *Granos de roca alineados en una zona de conjunción entre dos piezas (cuerpo y asa), tanto poros como partículas convergen en la esquina superior derecha.* ***f)*** *(LXP) Uso del compensador λ o rojo de primer orden para mostrar un mayor detalle en la convergencia de partículas gruesas y finas.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 2: MICAS DORADAS</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA 4:
Pared de cuello de olla.
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Planar: Distribución aleatoria con respecto a las paredes del tiesto.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: La única zona donde se observa una orientación es en el área del borde, donde los poros están orientados en la dirección del borde.
Porcentaje dentro de la muestra: 8.17 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Algunas de las inclusiones que presentan una orientación respecto a las paredes de la muestra son partículas de hábito tabular como plagioclasas y micas.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico; ligeramente activa ópticamente
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada aleatoria
(iii) color:
luz plana: Café
nicoles cruzados: Café amarillento oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Redondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 9).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Distorsionado
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Amarillo
Nicoles cruzados: Café amarillento.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: muy poco 1.05 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Redondeado
Forma: Geométrica / Semiesférica
Grado de impregnación: Fuerte a moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Rojo
Nicoles cruzados: Rojo oscuro</td><td>Límites:
Claros / Nítidos
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro al interior de plagioclasas, en poros y oquedades.
- Micas abiertas en sus planos de crucero.
- Escasos granos redondeados de cuarzo.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la sección delgada no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>

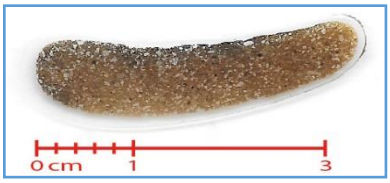


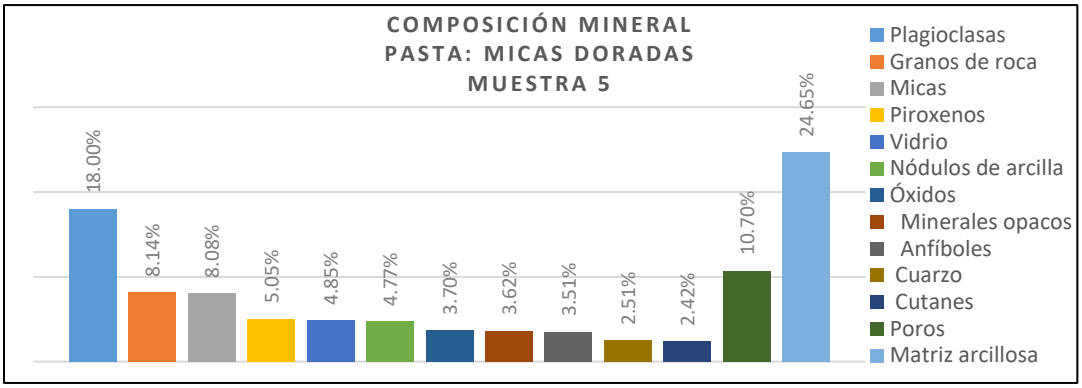
Fotomicrografías 9. Micas doradas. Muestra 4.

(a, b) *Incipiente alineación de poros planos en dirección de las paredes del tiesto. Orientación y ordenamiento aleatorio de partículas angulares y subredondeadas.* ***a)*** *Luz polarizada plana (LPP).* ***b)*** *Luz nicoles cruzados (LXP), la flecha azul indica la dirección de las paredes.*

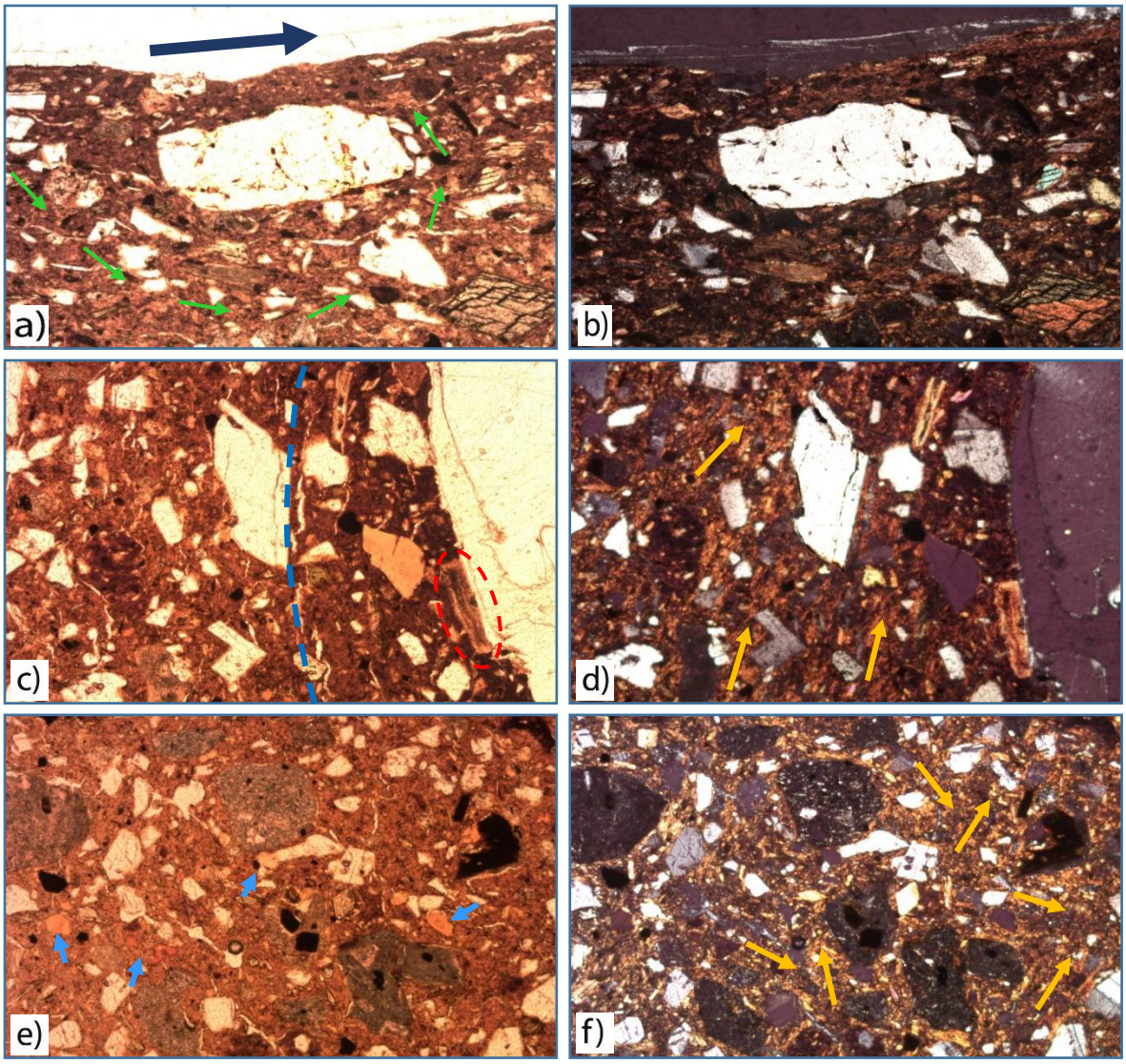
(c, d) *Partículas que conforman la pasta.* ***c)*** *(LPP) fragmento bien redondeado de cuarzo de forma casi esférica (flecha verde); Anfíbol (hornblenda) de hábito prismático (flecha azul). Piroxenos (flechas cian). Patrón de distribución relacionada (g/f) entre partículas de tipo porfírica; distancia entre partículas corresponden al tipo cerrado y espaciado simple.* ***d)*** *(LXP) Cristales de plagioclasa angulares y forma alargada (flechas rojas); Micas (flechas amarillas). Minerales opacos (partículas negras). Birrefringencia de la matriz baja.*

(e, f) *Cristal de mica ligeramente abierto por sus planos de crucero, y colores de birrefringencia bajos en nicoles cruzados.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 2: MICAS DORADAS</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA: 5
Fragmento de cuello de olla.
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Planar: Distribución aleatoria, se observan tanto al interior como en los márgenes de la muestra.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Ligeramente alineados con respecto a las paredes del tiesto
Porcentaje dentro de la muestra: 10.7 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Apenas es notoria una incipiente orientación de las partículas con respecto a las paredes del tiesto.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico; ligeramente activa ópticamente
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada aleatoria
(iii) color:
luz plana: Café claro
nicoles cruzados: Café amarillento oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular/ Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 10).</td></tr>
</table>



III **Evidencias de restos de suelo**	**a) Características principales.** **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Redondeado **Forma**: Distorsionado **Densidad óptica**: Negativa **Dirección con relación a la matriz**: Concordante **Color**: **luz plana**: Café claro **Nicoles cruzados**: Café amarillento oscuro. Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: dominante **10.37** %	
IV Características de óxidos y minerales opacos	**a) Características principales**	
	Óxidos	**Minerales Opacos**
	Límites: Claros / Difusos **Redondez**: Angular / subredondeado **Forma**: Geométrica / Semiesférica **Grado de impregnación:** Fuerte a moderado **Dirección / matriz**: Concordante **Color**: **Luz plana**: Rojo, anaranjado **Nicoles cruzados**: Rojo, café oscuro	**Límites:** Claros **Redondez:** Redondeado / Angular **Forma:** Subredondeado/ Geométrica
V **Evidencias de "grog o chamota"**	- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.	
VI **Materia orgánica**	- Ausente No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal	
VII **Alteraciones de partículas**	- Micas abiertas en sus planos de crucero.	
VIII Composición del acabado	**a) Color del engobe:** **- Luz plana: Café** **-Nicoles cruzados:** Café rojizo **b) Tamaño de partícula:** Fina **c) Tipo de fábrica-b:** Indeterminado	



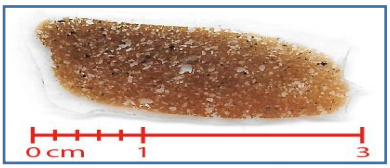
Fotomicrografías 10. Micas doradas. Muestra 5.

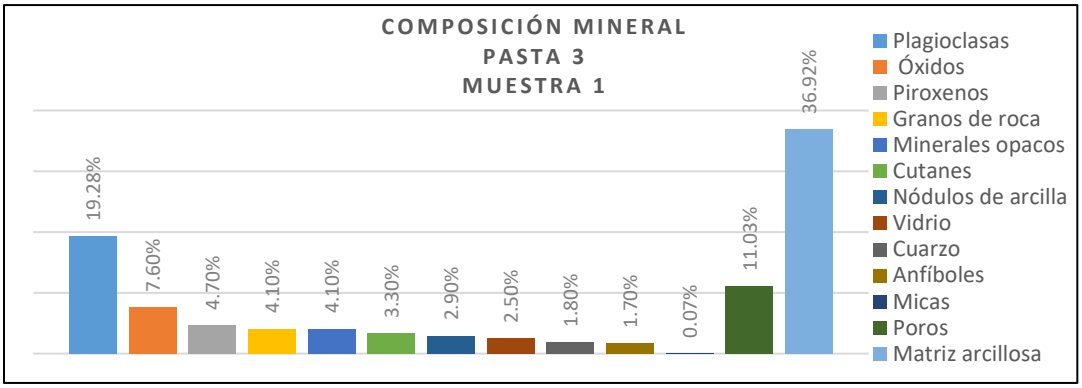
(a, b) *Orientación y distribución aleatoria de partículas respecto a las paredes del tiesto.* ***a)*** *(LPP) Zona de depresión generada por la presión del cristal grueso de plagioclasa sobre el material fino, haciendo que las partículas finas formen un arco alrededor (señalado por flechas verdes)* ***b)*** *Misma sección vista en nicoles cruzados (LXP).*

(c, d) *Ligera deformación curva sobre el alineamiento de las inclusiones y poros en la zona próxima a las paredes del tiesto, deformación producida por la presión ejercida al momento de modelar el borde. Mica de hábito tabular perfectamente acomodada sobre los márgenes del tiesto (círculo rojo).* ***d)*** *(LXP) Las flechas indica la dirección de las estrías tendiendo a converger en la parte superior. Fotomicrografía tomada en el punto de inflexión del bode.*

(e, f). e) *(LPP) Fragmentos gruesos y finos subredondeados de roca; cutanes redondeados de tamaño fino (flechas azules).* ***f)*** *(LXP) Patrón de contextura de birrefringencia de tipo granoestriada.*

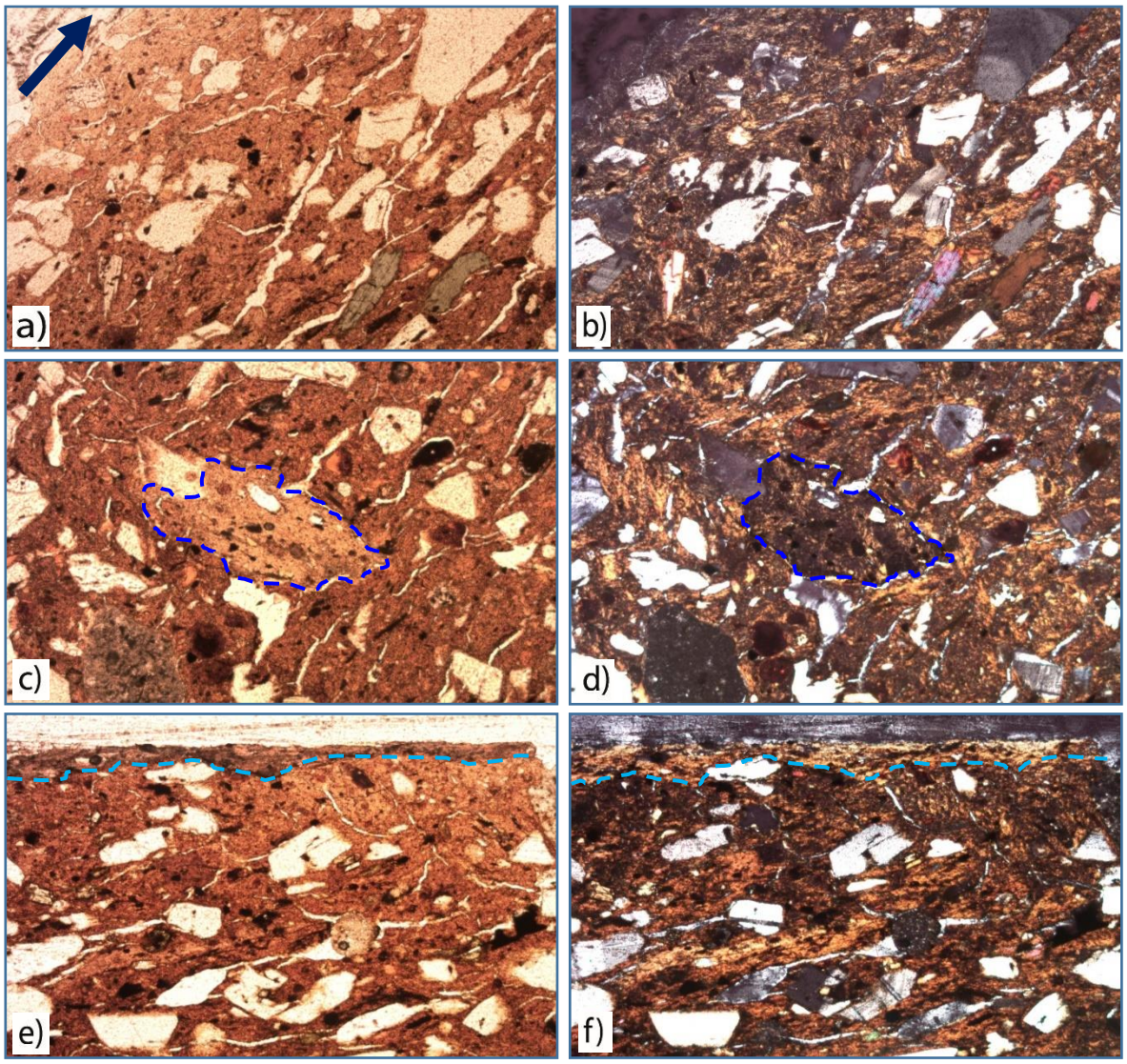
5.5.3 Pasta 3

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 3</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA 1:
Fragmento de cuerpo de olla
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Mayormente orientados con respecto a las paredes del tiesto, en el área cercana a los márgenes de la muestra esta orientación es más evidente; en la zona central la orientación es aleatoria.
Porcentaje dentro de la muestra: 11.03 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Algunas de las inclusiones tabulares como plagioclasas y piroxenos están ligeramente orientados respecto a las paredes de la muestra, siendo más evidente en los márgenes de la muestra.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ligeramente activa ópticamente
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada, estriada al azar.
(iii) Color:
luz plana: Rojo amarillento
nicoles cruzados: Café</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos / Nítidos
Redondez: Angular/ Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal / Semiesférica
Densidad óptica: Neutra
Dirección en relación con la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 11).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica / Distorsionado
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Café amarillento claro
Nicoles cruzados: Café
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: dominante 6.2 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Subredondeado / redondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: Fuerte/ Moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo
Nícoles cruzados: Rojo oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Semiesférica / Geométrica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">Se observa posible pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro en escasos granos de plagioclasas.
- Algunos poros están ligeramente revestidos por arcilla.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana: Café claro
-Nicoles cruzados: Café amarillento claro
b) Tamaño de partícula: Fina
c) Tipo de fábrica-b: Estriada paralela.</td></tr>
</table>

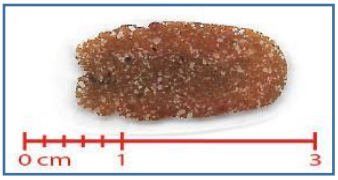


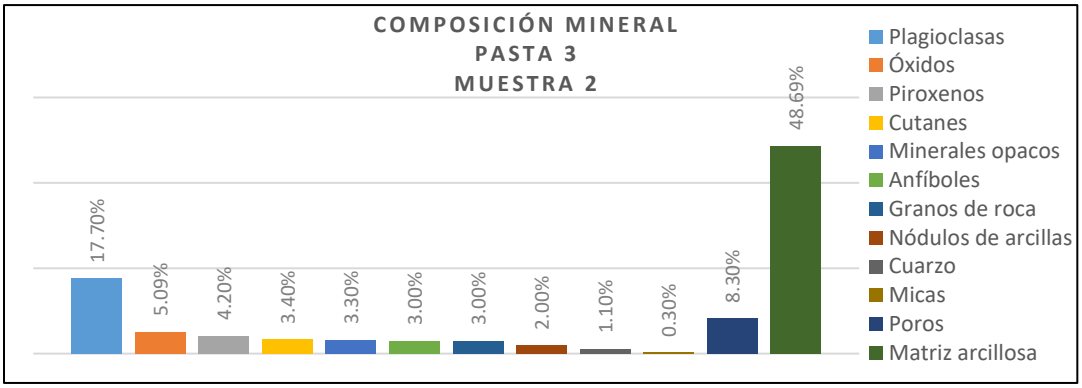
Fotomicrografías 11. Pasta 3. Muestra 1.

(a, b) *Distribución de poros y partículas.* ***a)*** *(LPP) Incipiente alineación respecto a las paredes del tiesto por parte de poros y partículas de hábito tabular.* ***b)*** *Luz nicoles cruzados.*

(c, d) *Fragmento subredondeado de suelo no incorporado a la pasta, no obstante sus características tanto en luz polariaza plana (c) como en nicoles cruzados (d) son similares a las de la matriz variando solo en la tonalidad de color.*

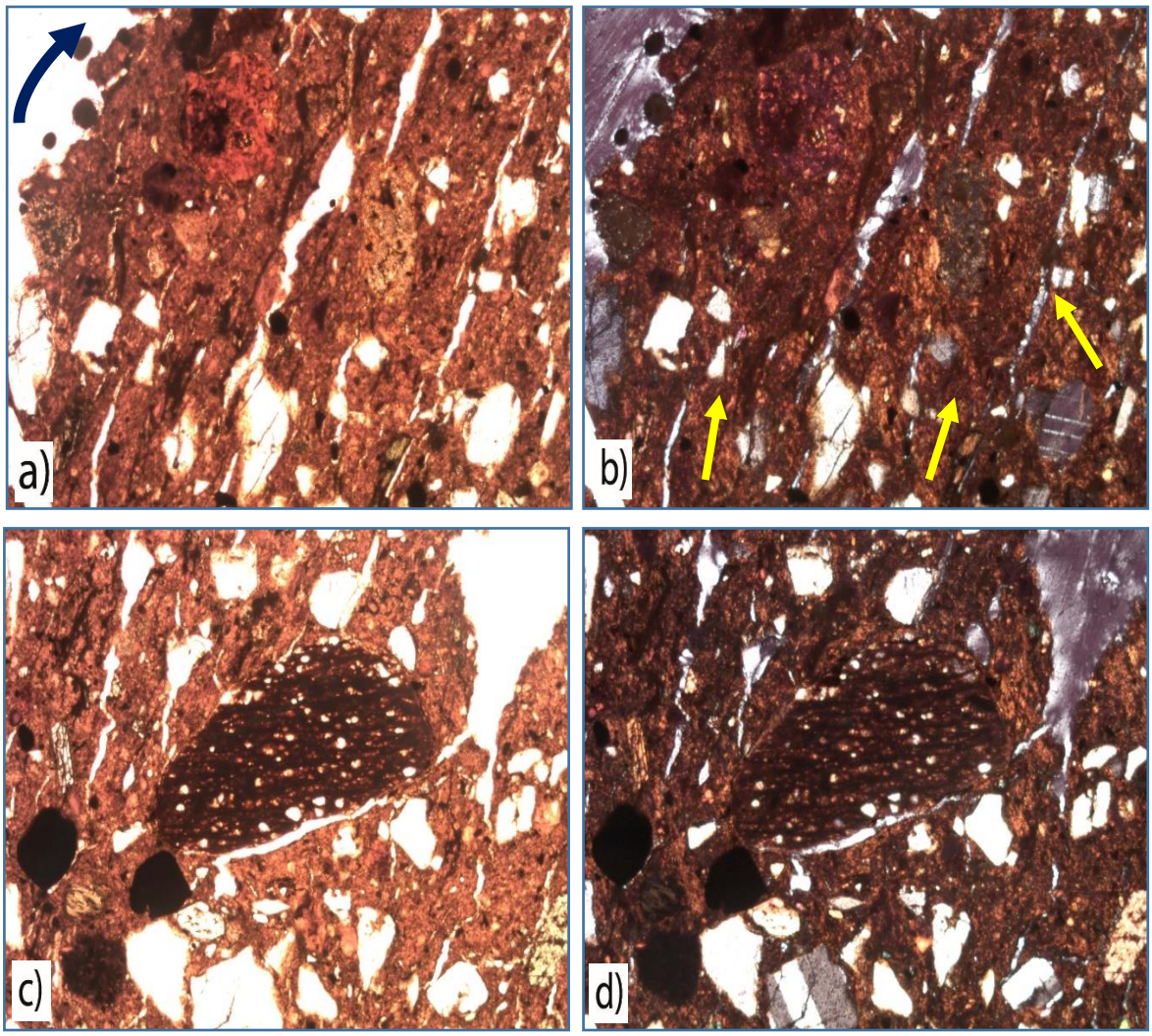
(e, f) *Acabado de superficie (barbotina).* ***e)*** *(LPP) En la parte superior se observa una delgada capa (línea azul) cuya tonalidad y tamaño de partícula difiere del de la matriz, siendo esta zona de transición claramente visible.* ***f)*** *(LXP) El material fino que conforma la capa de barbotina presenta una mayor birrefringencia que el resto de la matriz.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 3</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA: 2
Fragmento de borde.
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Los poros están alineados mayormente con respecto a las paredes de la muestra, en el área del borde los poros están ordenados de manera que siguen la dirección circular del mismo.
Porcentaje dentro de la muestra: 8.3 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Las inclusiones presentan una incipiente orientación paralela a las paredes de la muestra, siendo más evidentes en aquellas inclusiones de hábito tabular.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ligeramente activa ópticamente
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada aleatoria
(iii) Color:
luz plana: Rojo amarillento
nicoles cruzados: Rojo amarillento oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos / Claros / Difusos
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Neutra-Baja
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 12).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica / Distorsionado
Densidad óptica: Alta
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: Luz plana: Amarillo rojizo
Nicoles cruzados: Amarillo
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: dominante 5.4 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez:
Redondeado / Subredondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación:
Moderado a fuerte
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo claro
Nícoles cruzados: Rojo oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- No se observan escasas inclusiones de posible materia orgánica.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de arcilla y óxidos de hierro al interior de plagioclasas.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la sección delgada no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>



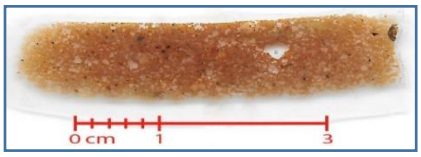
Fotomicrografías 12. Pasta 3. Muestra 2.

(a, b) *Alineamiento de poros y partículas.* ***a)*** *(LPP) Poros planos alineados y ligeramente arqueados siguiendo la curvatura de las paredes del tiesto.*

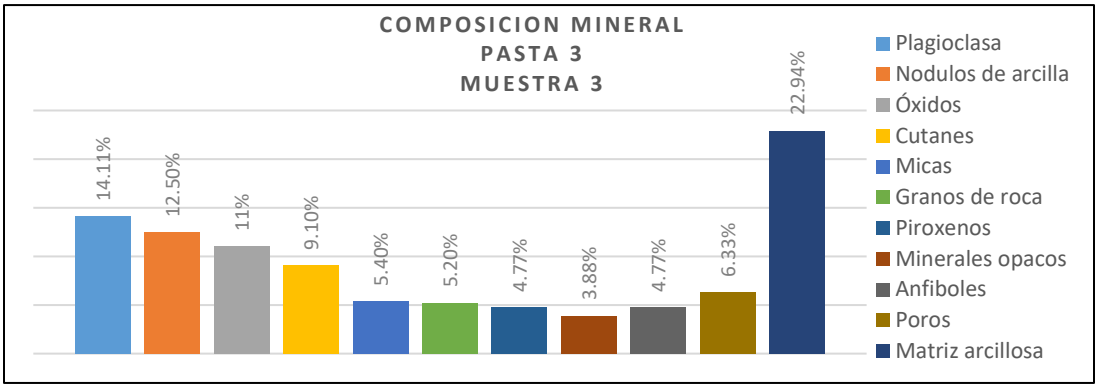
b) *(LXP) Contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriado aleatorio (las flechas amarillas indican la dirección de las estrías).*

c) *(LPP) Fragmento subredondeado de esquisto (centro), minerales opacos (partículas negras esquina inferior izquierda), plagioclasa angulares y subredondeadas (partículas blancas). Patrón de distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica. Distancia entre partículas de tipo cerrado y espaciado simple.*

d) *(LXP) La matriz presenta una birrefringencia media.*

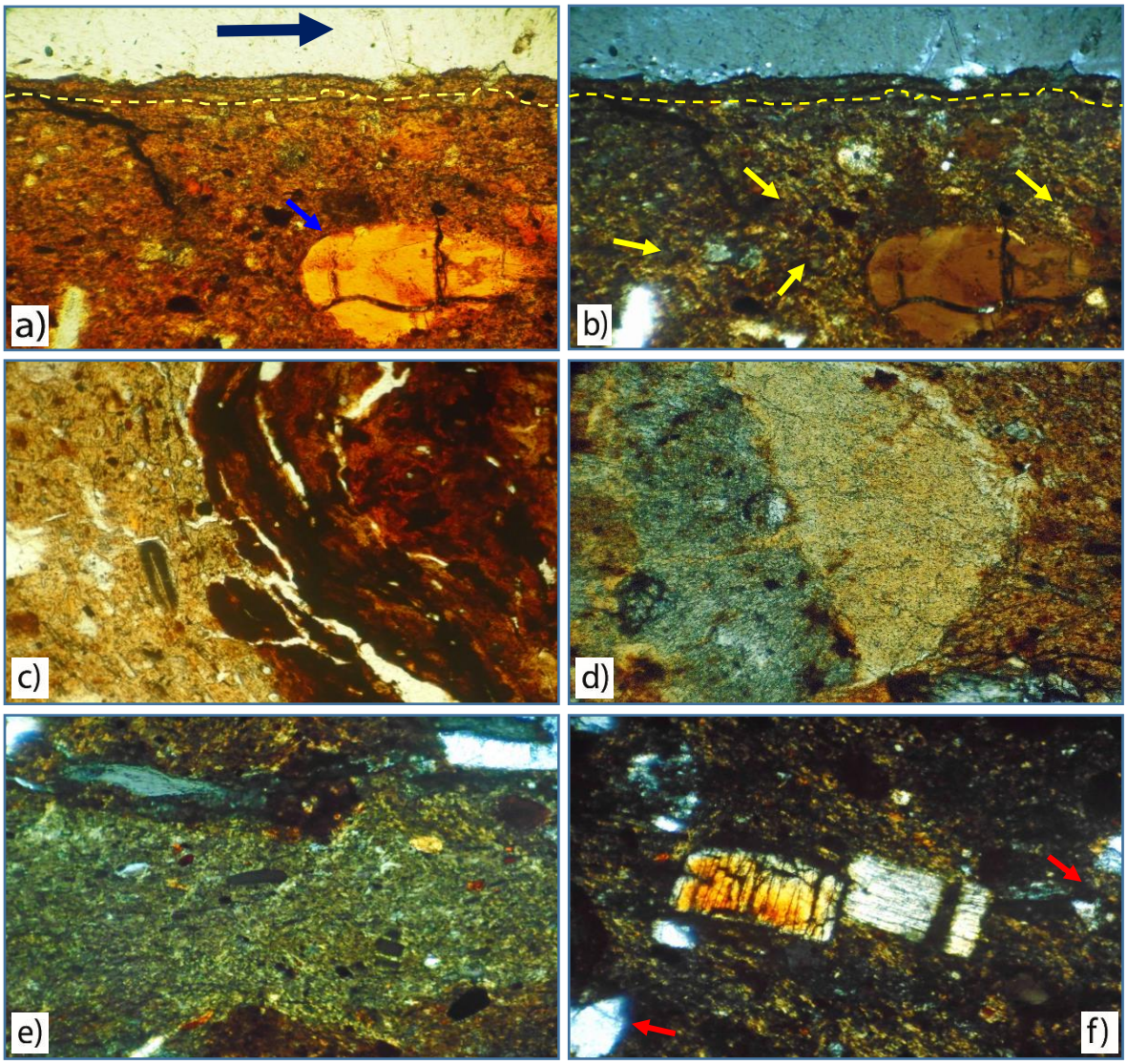
<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 3</th></tr>
<tr><td>MUESTRA 3:
Cuerpo de olla</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribuido principalmente al interior del tiesto, cerca de las paredes la porosidad es mínima.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: aleatoria, no presentan un patrón definido de orientación
Porcentaje dentro de la muestra: 6.33 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; las inclusiones no presentan una distribución preferente.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: ópticamente activa
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriada paralela, estriada aleatoria
(iii) Color:
luz plana: amarillo rojizo claro, café rojizo
nicoles cruzados: Café amarillento</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Nítidos
Redondez: Subredondeado / subangulares
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Neutra
Dirección en relación con la matriz: Concordante

(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 13).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Nítidos/Claros
Redondez: subredondeado/redondeado
Forma: semiesférica /distorsionado
Densidad óptica: Negativa
Dirección en relación con la matriz: Concordante
Color: Luz plana: Amarillo, amarillo rojizo
Nicoles cruzados: Café amarillento
Se observan restos de arcilla de características diferentes al de la masa basal, por lo que se puede inferir una mezcla de arcillas durante la preparación de la pasta. Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: dominante: 21.6%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Nítidos
Redondez: Subredondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: Fuerte/ Moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Café rojizo
Nicoles cruzados: Café rojizo muy oscuro</td><td>Límites:
Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Escasas manchas oscuras sobre la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- La mayor parte de las inclusiones presentan poca alteración, en algunos minerales se observa principalmente impregnación por óxidos,</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana: café rojizo claro
-Nicoles cruzados: Café amarillento oscuro
b) Tamaño de partícula: fina
c) Tipo de fábrica-b: indiferenciado</td></tr>
</table>



Fotomicrografías 13. Pasta 3. Muestra 3.

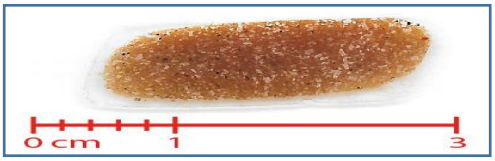
a) *(LPP) Partículas finas y gruesas ligeramente orientadas en dirección a las paredes del tiesto. En la parte superior se observa una delgada capa de material muy fino formada durante el alisado de la pieza. Grano subredondeados de arcilla de iluviación (flecha azul).* ***b)*** *(LXP) Patrón de contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriado aleatorio (flechas amarillas); las estrías son interrumpidas en la parte superior por la capa de pseudoengobe cuya diferencia de color es notable. Birrefringencia de la matriz alta.*

c) *(LPP) Nódulo concéntrico de impregnación fuerte rodeado por material fino.*

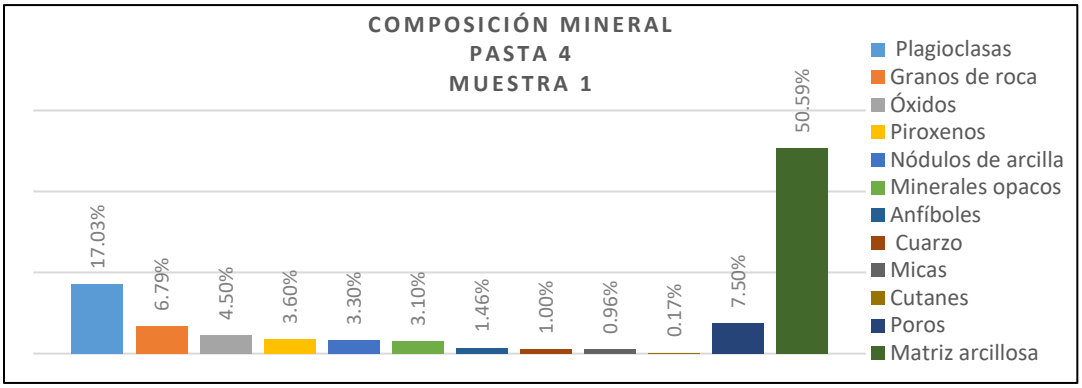
(d, e) *Restos de suelo no incorporados a la matriz.* ***d)*** *(LPP) Fragmento casi esférico de suelo formado principalmente por partículas muy finas de diferente tonalidad.* ***e)*** *(LXP) Restos de suelo de forma alargada que sigue la dirección de las paredes del tiesto, la diferencia de color y de patrón de contextura con respecto a la matriz es evidente.*

f) *(LXP) Cristales de mica de hábito laminar rodeados por partículas finas de plagioclasas (flechas rojas).*

5.5.4 Pasta 4

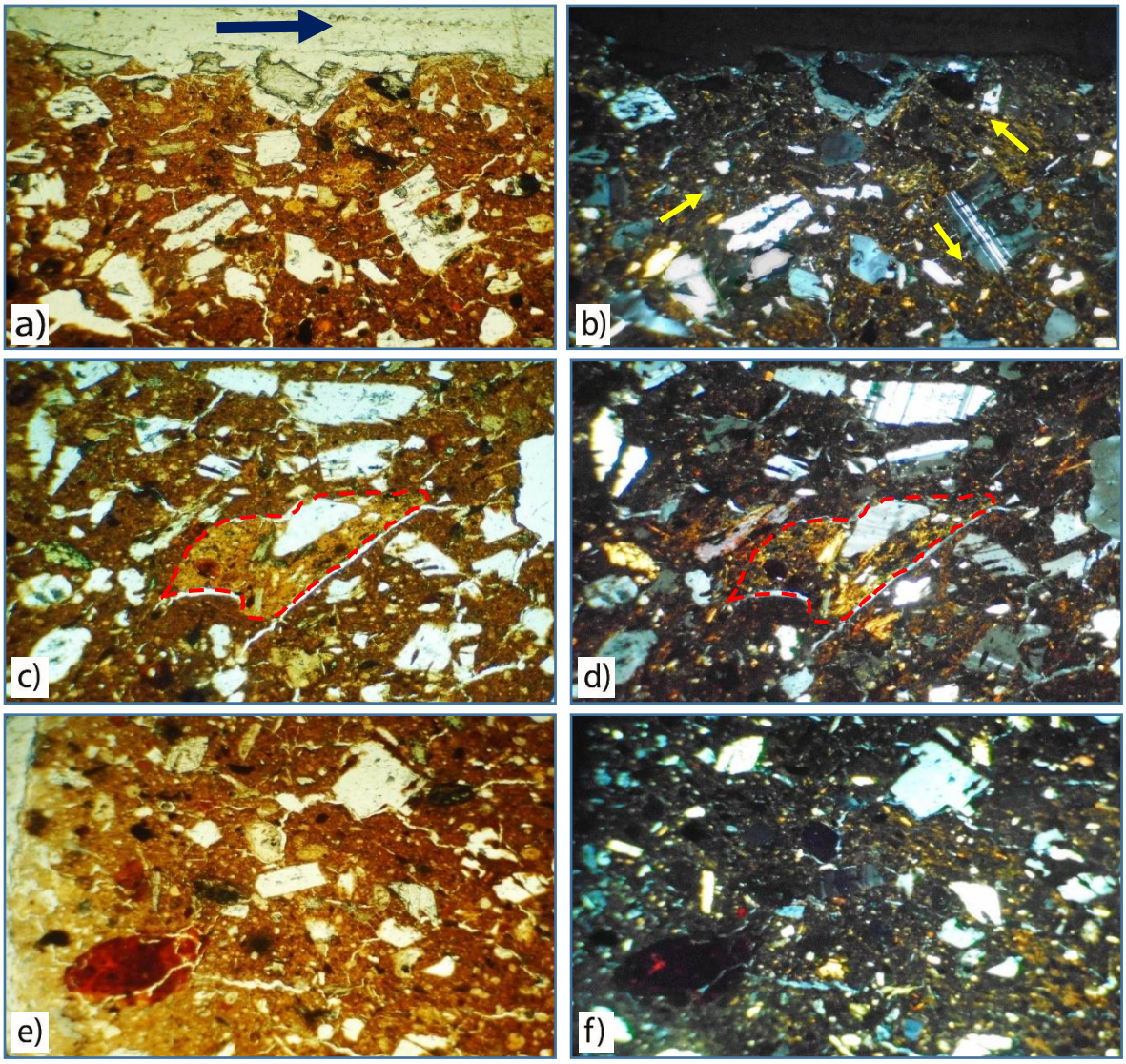
<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 4</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA 1:
Cuerpo de olla
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Incipiente orientación preferente con respecto a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 7.5%</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; las inclusiones no presentan una distribución preferente.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ligeramente activa ópticamente
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado aleatoria / estriada paralela.
(iii) Color:
luz plana: Rojo amarillento
nicoles cruzados: Café oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Subredondeado / Redondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Neutra
Dirección en relación a la matriz: Concordante

(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 14).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: claros/difusos
Redondez: subredondeado/redondeado
Forma: distorsionado
Densidad óptica: Negativa
Dirección en relación a la matriz: Concordante
Color: Luz plana: Amarillo rojizo
Nicoles cruzados: Café amarillento
Se observan restos de arcilla de características diferentes al de la masa basal, por lo que se puede inferir una mezcla de arcillas en la preparación de la pasta.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: poco
3.47%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Nítidos
Redondez: Subredondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: Moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Café rojizo
Nicoles cruzados: Café rojizo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- La mayor parte de las inclusiones presentan revestimiento de óxidos de hierro tanto al interior como en sus bordes.
- Algunas partículas de plagioclasas presentan un Incipiente revestimiento de arcilla.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la lámina delgada, no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>

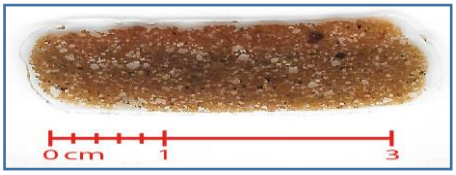


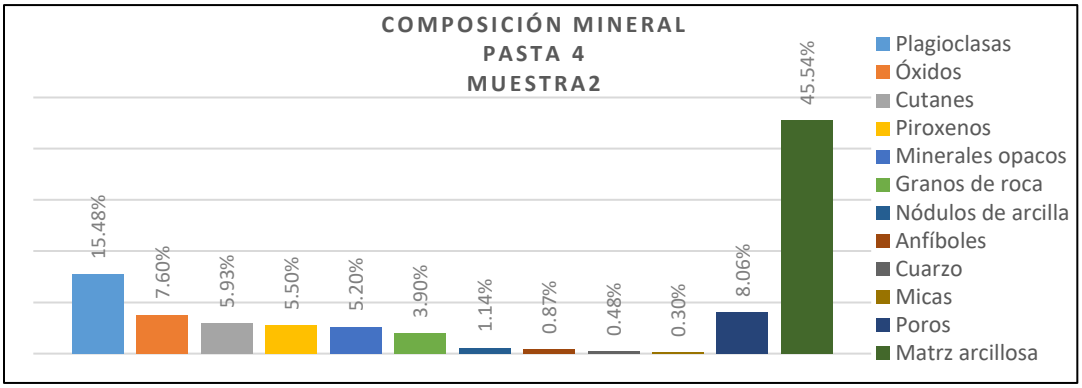
Fotomicrografías 14. Pasta 4. Muestra 1.

(a, b) *Alineamiento de poros y partículas.* ***a)*** *(LPP) Orientación y distribución aleatoria de partículas y poros, no se observa un patrón de orientación. La mayor parte de las inclusiones presentan límites difusos* ***b)*** *(LXP) Contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriada aleatoria (las flechas amarillas indican la dirección de las estrías).*

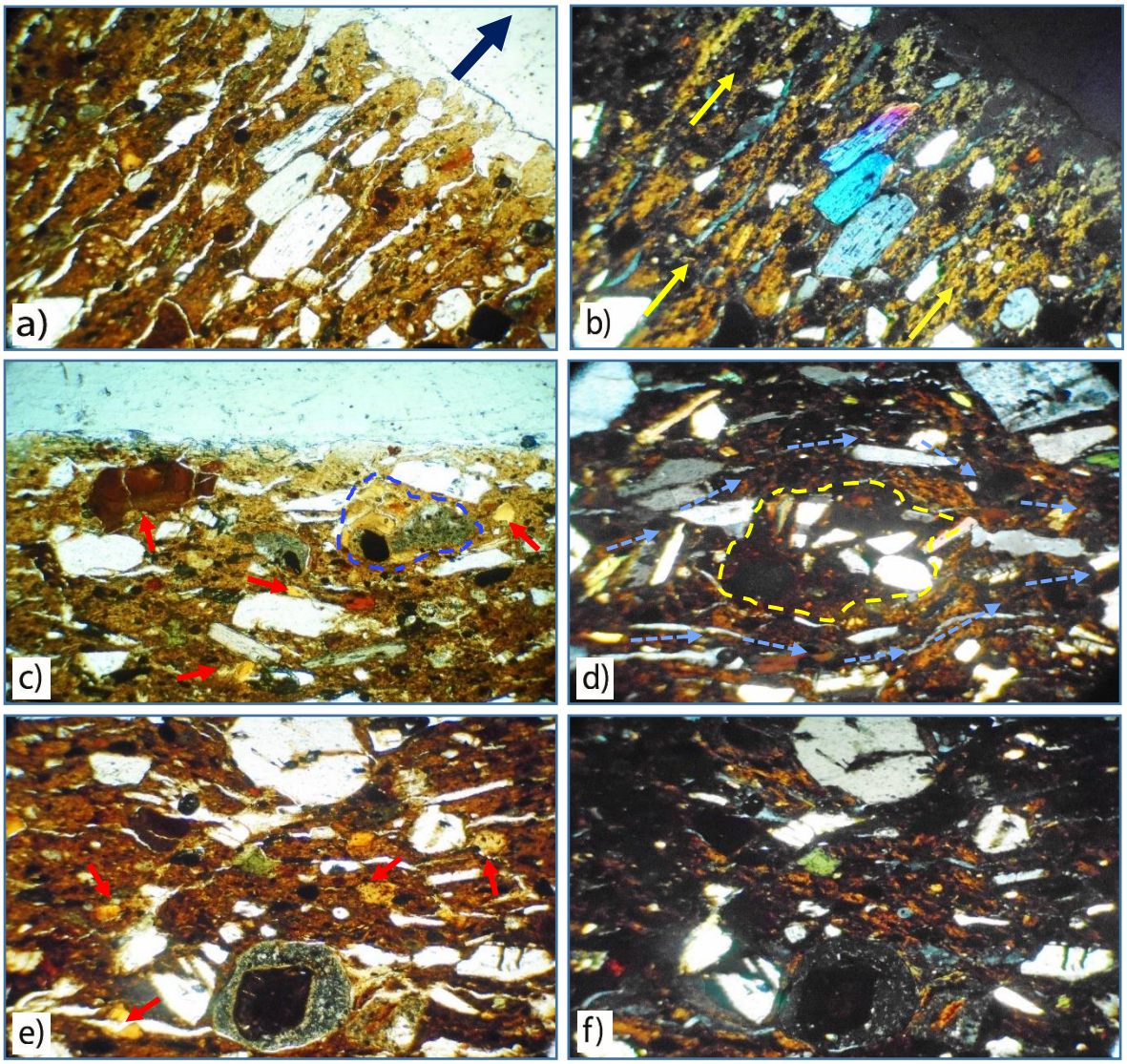
(c, d) *Partícula de suelo.* ***c)*** *Fragmento de suelo no incorporado a la pasta, cuyo color contrasta con el de la matriz, es posible observar al interior sus propios componentes minerales.* ***d)*** *(LXP) Mayor birrefringencia del fragmento de suelo en comparación con la matriz.*

(e, f) *Patrón de distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica, distancia entre partículas de arreglo cerrado y espaciado simple.* ***e)*** *Luz polarizada plana.* ***f)*** *Luz Nicoles cruzados. Birrefringencia media de la matriz.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 4</th></tr>
<tr><td>MUESTRA: 2
Cuerpo de olla</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Generalmente lineal con respecto a las paredes de la muestra.
Porcentaje dentro de la muestra: 8.06 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Partículas finas y de hábito tabular como plagioclasas y piroxenos presentan una orientación paralela a las paredes del tiesto. Las partículas de mayor tamaño están orientadas de manera aleatoria.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ópticamente activa
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriada cruzada
(iii) Color:
luz plana: Rojo amarillento
nicoles cruzados: Café amarillento oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos / Nítidos
Redondez: Angular / Redondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Dirección con relación a la matriz: Concordante / Discordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 15).</td></tr>
</table>



III **Evidencias de restos de suelo**	**a) Características principales.** **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Subredondeado / Redondeado **Forma**: Semiesférica / Distorsionado **Densidad óptica**: Negativa **Dirección con relación a la matriz**: Concordante **Color**: **luz plana:** Amarillo rojizo **Nicoles cruzados:** Café amarillento oscuro Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: dominante - **7.07** %	
IV Características de óxidos y minerales opacos	**a) Características principales**	
	Óxidos	**Minerales Opacos**
	Límites: Claros / Difusos **Redondez:** Subredondeado **Forma:** Geométrica / concoidal **Grado de impregnación:** moderado/fuerte **Dirección / matriz**: Concordante **Color:** **Luz plana:** rojo oscuro **Nícoles cruzados:** rojo muy oscuro	**Límites:** Nítidos / claros **Redondez:** Angular / Subredondeado **Forma:** Geométrica / Semiesférica
V **Evidencias de "grog o chamota"**	- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante	
VI **Materia orgánica**	- Ausente No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.	
VII **Alteraciones de partículas**	- Incipiente revestimiento de arcilla y óxidos de hierro en los bordes y al interior de plagioclasas, granos de roca y en poros.	
VIII **Composición del acabado**	- Debido a las condiciones de la sección delgada no fue posible observar las características del acabado de superficie.	



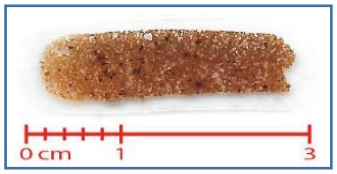
Fotomicrografías 15. Pasta 4. Muestra 2.

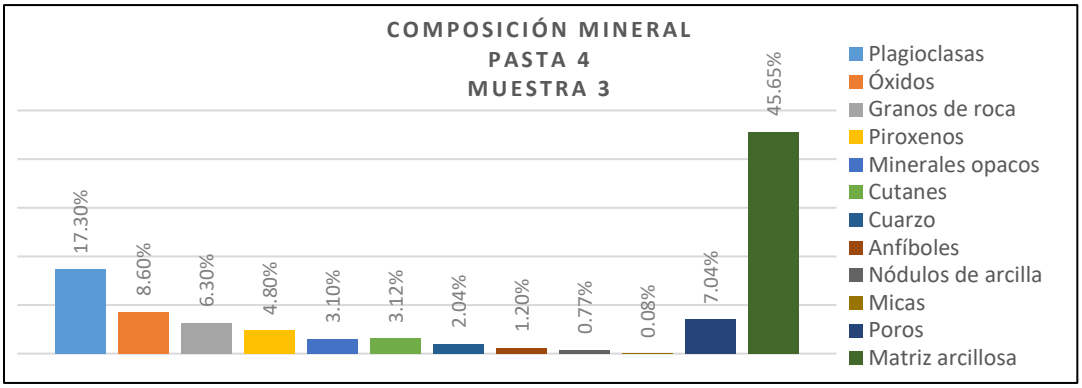
(a, b) *Orientación de poros y partículas.* ***a)*** *(LPP) Poros planos y partículas tabulares orientados y distribuidos de manera paralela a las paredes del tiesto.* ***b)*** *(LXP) Contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriado paralelo. Fotomicrografías tomadas en uno de los extremos del tiesto.*

c) *(LPP) Restos de arcilla de iluviación (flechas rojas) y suelo no incorporado a la pasta (línea azul).*

d) *(LXP) Orientación concordante formada alrededor de un grano subredondeado de roca. Observar como las estrías se abren hacia los lados al entrar en contacto con el fragmento de roca para posteriormente reincorporarse a su dirección original.*

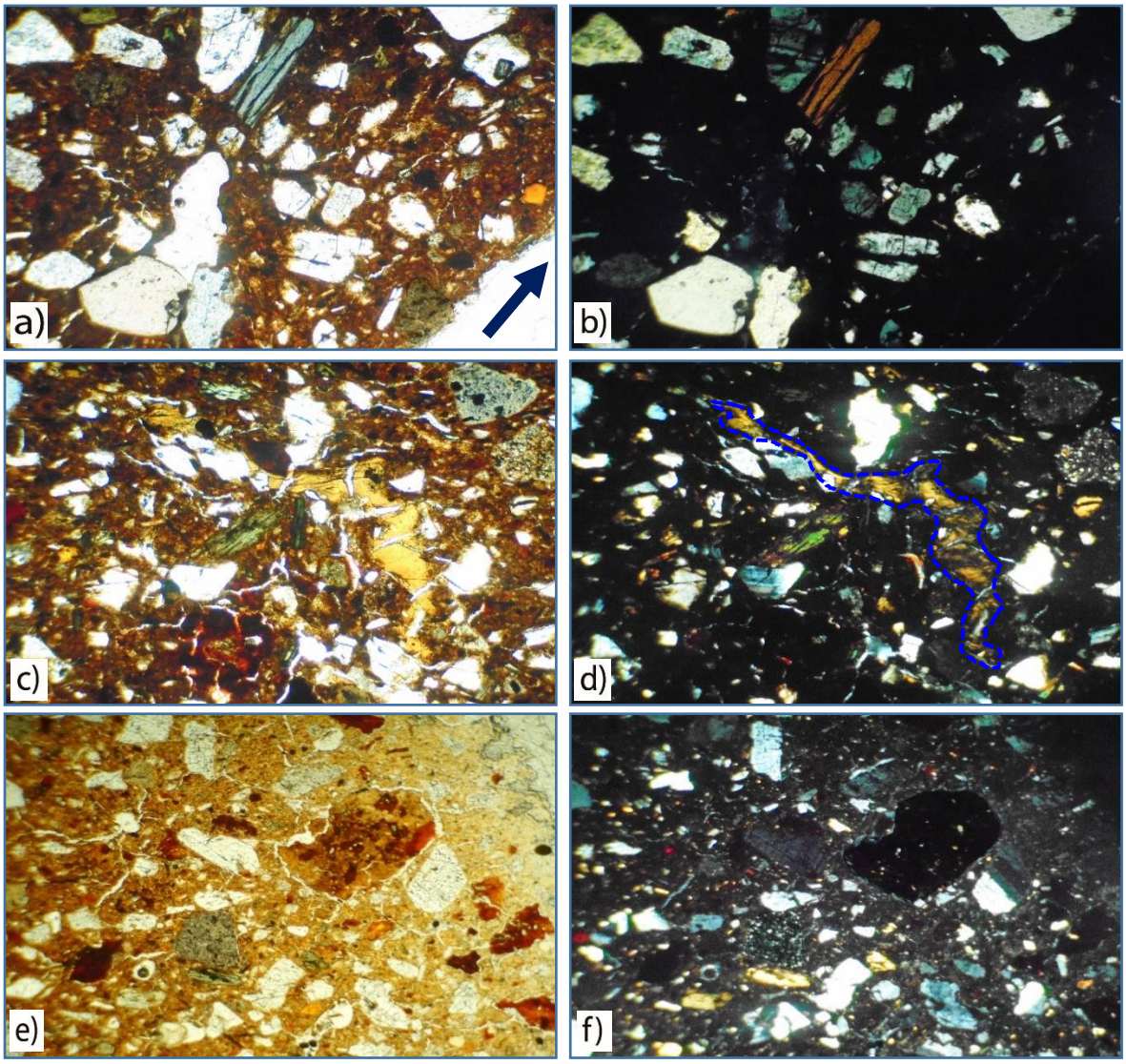
(e, f) *Componentes de la matriz.* ***e)*** *(LPP) Grano de roca redondeado y de forma casi esférica (centro inferior); cutanes de tamaño fino subredondeados (flechas rojas). Plagioclasas angulares y subredondeadas (partículas blancas).* ***f)*** *Birrefringencia media de la matriz****.***

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 4</th></tr>
<tr><td>MUESTRA 3:
Fragmento de borde</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Aleatoria; incipiente orientación preferente con respecto a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 7.04 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; las inclusiones no presentan una distribución preferente.
Son pocas las inclusiones en las que se puede observar una orientación respecto a las paredes del tiesto.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ligeramente activa ópticamente
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado aleatoria
(iii) Color:
Luz plana: Anaranjado-rojiza
Nícoles cruzados: Café rojizo oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones
(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Redondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Baja
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 16).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Redondeado
Forma: Geometría / Semiesférica
Densidad óptica: Baja
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Amarillo rojizo
Nicoles cruzados: Amarillo parduzco
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: poco 3.89%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros
Redondez: Angular / Redondeado
Forma: Geométrica / Semiesférica
Grado de impregnación: Fuerte
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo
Nícoles cruzados: Rojo muy oscuro</td><td>Límites:
Claros / Difusos
Redondez:
Angular / Redondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota.</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basa.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente y escaso revestimiento de arcilla y óxido de hierro al interior y en el borde de plagioclasas.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la lámina delgada, no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>



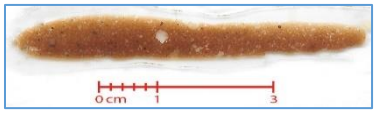
Fotomicrografías 16. Pasta 4. Muestra 3.

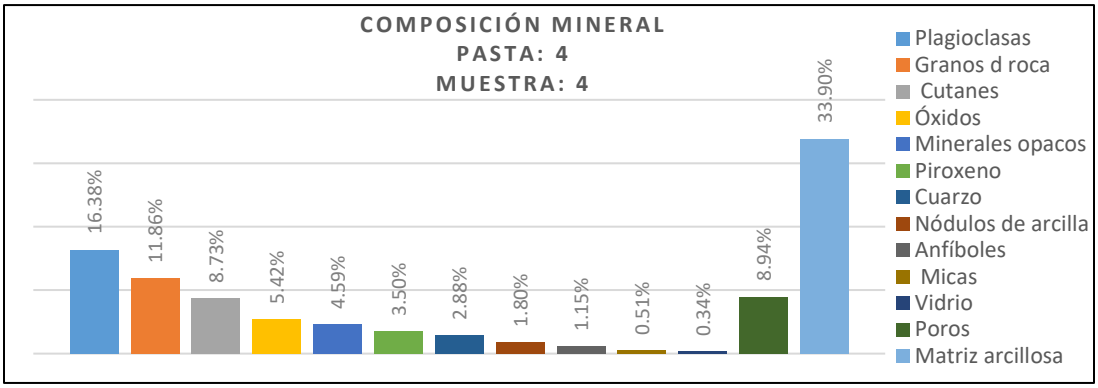
(a, b) *Orientación de poros y partículas.* ***a)*** *(LPP) Incipiente alineamiento de poros y partículas finas respecto a la dirección de las paredes del tiesto, los fragmentos gruesos mantienen un ordenamiento aleatorio. b****)*** *(LXP) Baja birrefringencia de la matriz.*

(c, d) *Restos de suelo.* ***c)*** *(LPP) Restos irregulares de arcilla de iluviación no incorporados a la pasta. Sus límites son claros y su limpidez contrasta con la matriz del tiesto.* ***d)*** *(LXP) La birrefringencia alta de la arcilla de iluviación contrasta con la baja birrefringencia de la matriz.*

e) *(LLP) Fragmento subredondeado de suelo de forma irregular, partículas gruesas de roca y óxidos de penetración fuerte rodeados de fragmentos finos y gruesos de plagioclasa en una distribución (g/f) de tipo porfírica, la distancia entre partículas es de tipo cerrado y espaciado simple.*

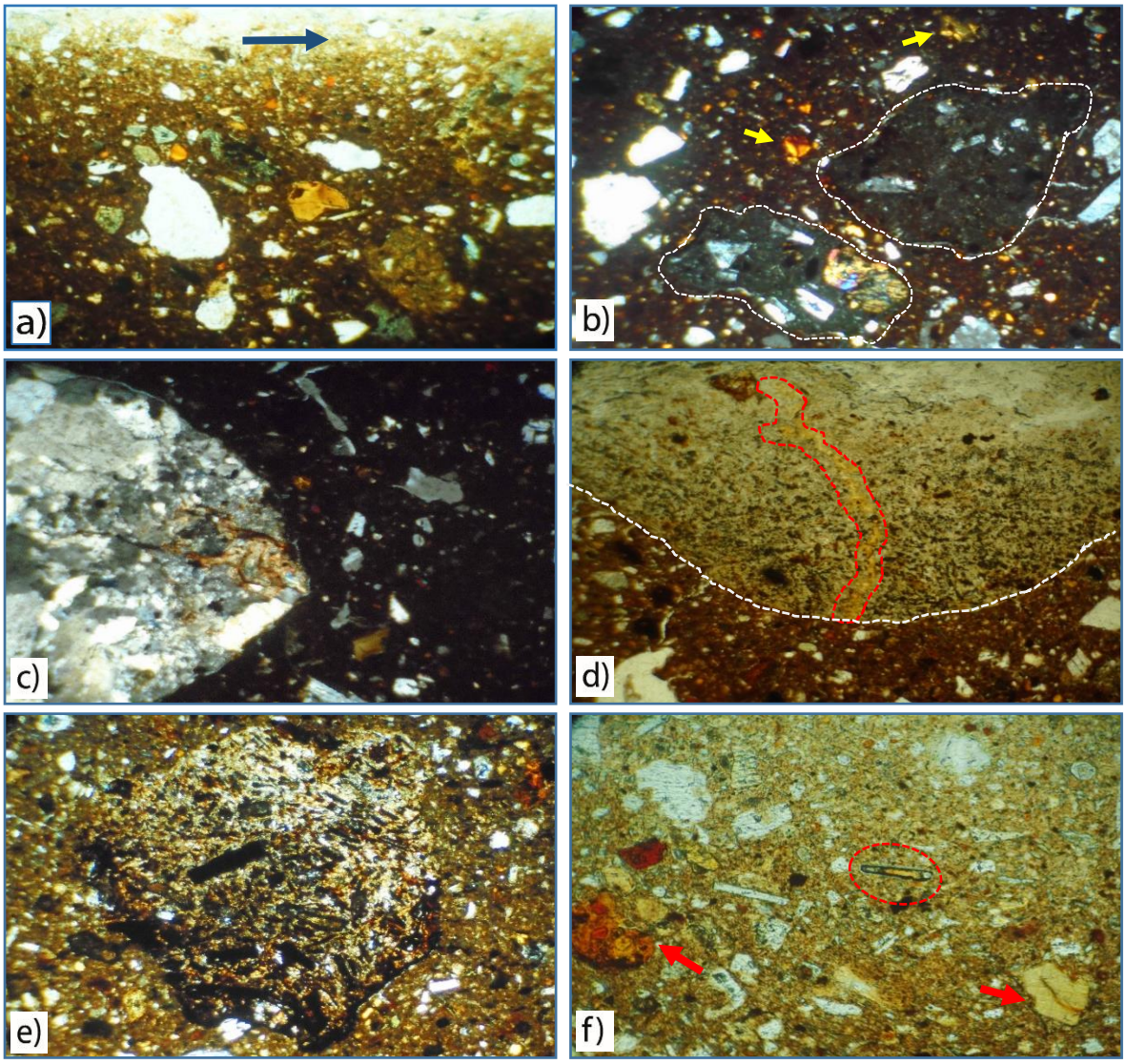
f) *Misma sección de* ***e*** *en LXP.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA 4</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA 4:
Fragmento de olla.
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Irregular respecto a las paredes de la vasija.
Porcentaje dentro de la muestra: 8.94 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado; granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple; la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Generalmente las inclusiones se encuentran orientadas de manera irregular con respecto a las paredes del tiesto. Las partículas más finas cercanas a los márgenes presentan una ligera alineación paralela a las paredes del tiesto</td></tr>
<tr><td rowspan="3">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico; activo
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Indiferenciada
(iii) color:
luz plana: Café rojizo
nicoles cruzados: Café rojizo oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones
(i) Textura: Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros/Nítidos
Redondez: Angular/ Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Negativa
Dirección en relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia (gráfico 17).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado/ angular
Forma: Distorsionada / Semiesférica
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: café muy claro, amarillo rojizo
Nicoles cruzados: gris, rojo amarillento oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: común
10.53 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Subredondeados
Forma: Semiesférica / Distorsionada
Grado de impregnación: Moderado
Dirección/matriz: Concordante
Color: luz plana: Rojo, naranja
Nicoles cruzados: rojo oscuro, café rojizo.</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica /Semiesférica / Distorsionada.</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Óxidos al interior de algunas partículas como plagioclasas, granos de roca y suelo.
- Algunas rocas se encuentran intemperadas</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las características de la muestra no fue posible observar el acabado de superficie</td></tr>
</table>



Fotomicrografías 17. Pasta 4. Muestra 4.

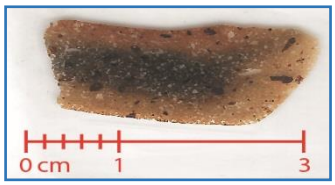
a) *(LPP) Partículas orientadas de manera aleatoria respecto a las paredes del tiesto. Cerca de las paredes se observa una disposición mayor de partículas finas.* ***b)*** *(LXP) Granos subredondeados de roca (andesita) rodeados por fragmentos finos subredondeados de plagioclasas (partículas blancas) y cutanes (flechas amarillas). Patrón de contextura de birrefringencia (b-fabric) indiferenciado. Birrefringencia media de la matriz.*

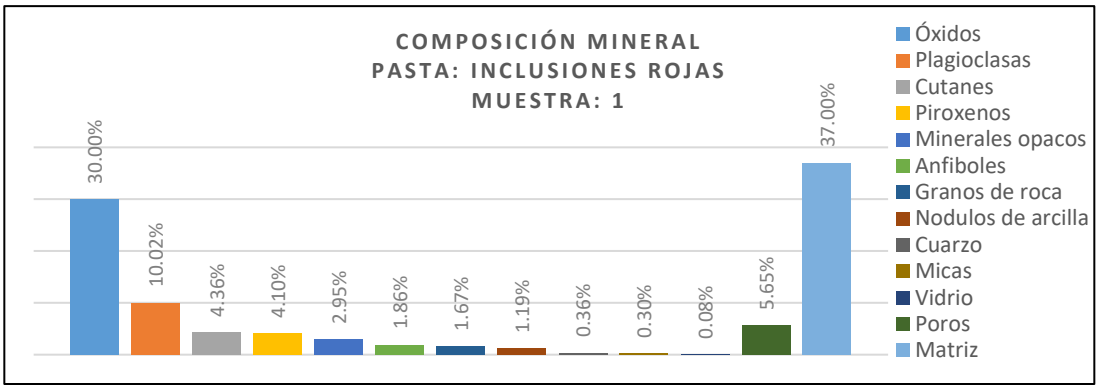
c) *(LXP) Fragmento grueso subredondeado de cuarzo policristalino rodeado por material fino.*

d) *(LPP) Restos de suelo no incorporado a la matriz; al interior es posible observar un poro en forma de zigzag revestido por arcilla de iluviación (línea roja). La diferencia de color entre los restos de suelo y la pasta es notorio.* ***e)*** *(LPP) Grano de roca subredondeado completamente intemperizado, es evidente la pérdida de su estructura interna.*

f) *(LLP) Fitolito (círculo rojo) rodeado por material fino, las flechas rojas indican restos de suelo no incorporado a la matriz de la pasta; el fragmento de la esquina inferior derecha presenta un poro revestido por arcilla de iluviación.*

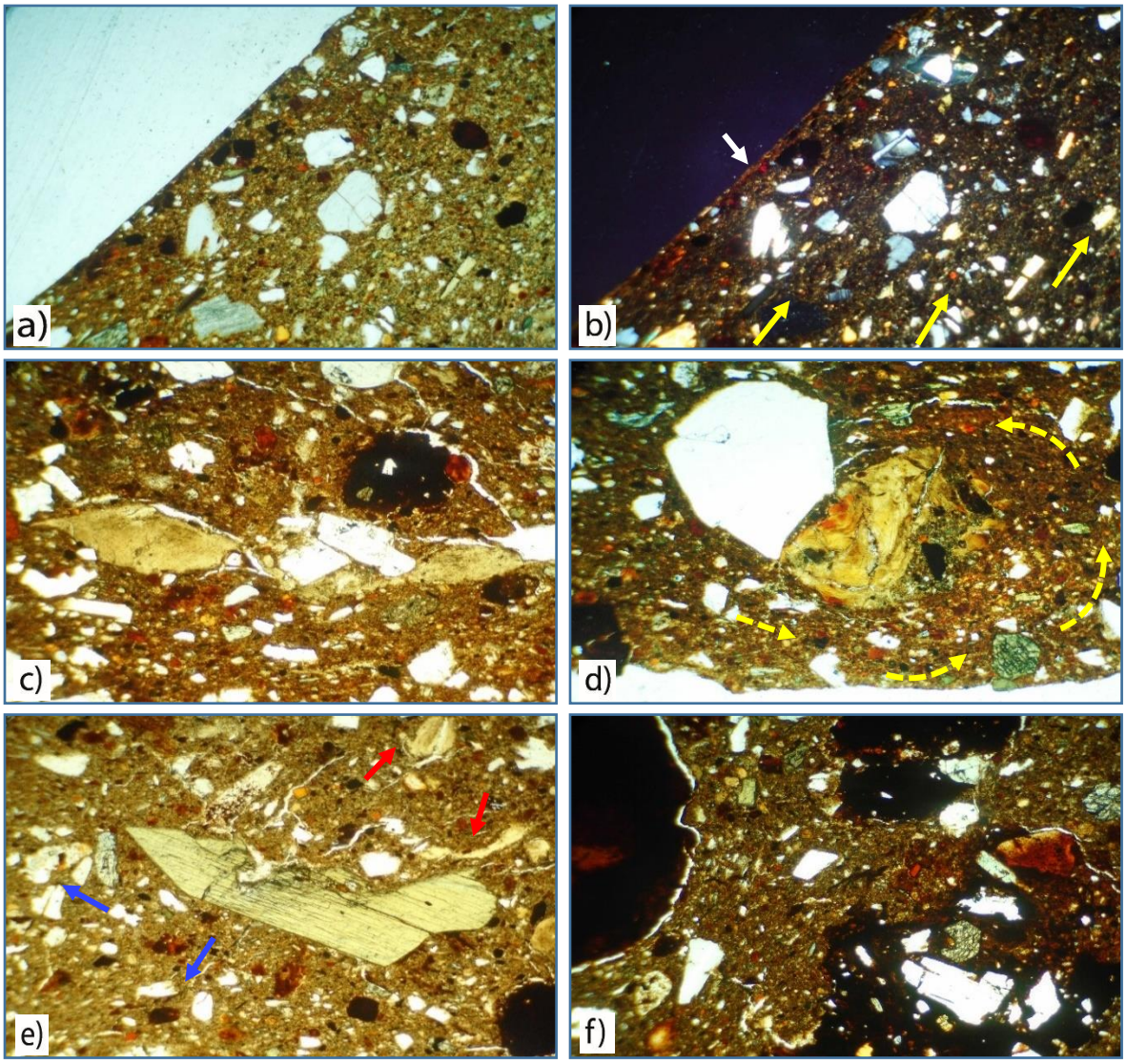
5.5.5 Pasta 5. Inclusiones rojas

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 5 INCLUSIONES ROJAS</th></tr>
<tr><td>MUESTRA: 1
Borde olla</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria, se observan tanto al interior como en los márgenes de la muestra.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Aleatoria, no obstante, en algunas zonas se notan poros cuya orientación presenta un arreglo paralelo a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 5.65 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra sobre una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; La mayor parte de las inclusiones no presentan una orientación preferente; inclusiones que notan una incipiente orientación son plagioclasas y piroxenos.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: ópticamente activa
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriada paralelo y aleatorio
(iii) Color:
luz plana: café claro – Café rojizo
nicoles cruzados: Café muy oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos / Claros
Redondez: Angular/ subredondeado
Forma: Geométrica / concoidal
Densidad óptica: Neutra
Dirección con relación con la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 18).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

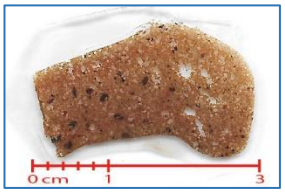
Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: semiesférica / distorsionado
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Discordante
Color: luz plana: amarillo, anaranjado claro, café
Nicoles cruzados: anaranjado rojizo, café amarillento claro, café amarillento muy oscuro
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: frecuente
5.55 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / subredondeado
Forma: Geométrica / subredondeado
Grado de impregnación: fuerte / moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: rojo, café rojizo claro
Nícoles cruzados: rojo muy oscuro, café rojizo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan partículas de posible material cerámico usado como desgrasante</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente. No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente y escaso revestimiento de óxidos de hierro en plagioclasas.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana: Café oscuro
-Nicoles cruzados: Café rojizo oscuro
b) Tamaño de partícula: fina
c) Tipo de fábrica-b: Estriada paralela</td></tr>
</table>

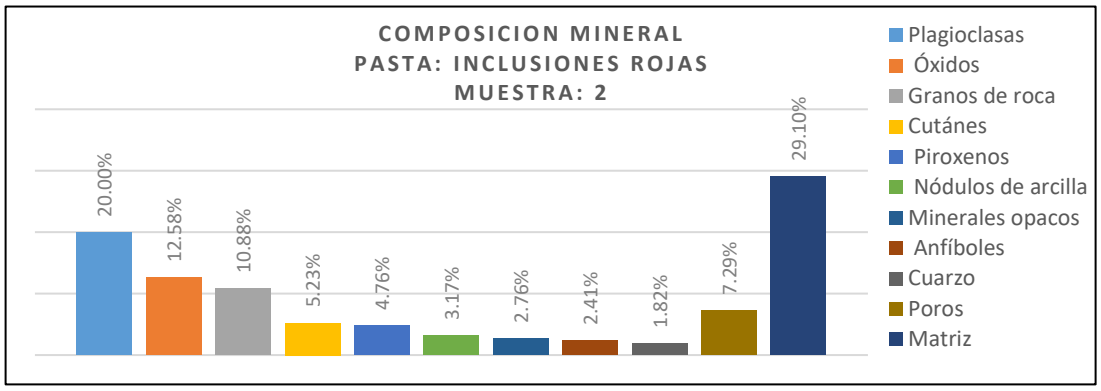


Fotomicrografías 18. Inclusiones rojas. Muestra 1.

(a, b) *Orientación de poros y partículas.* ***a)*** *(LPP) Poros y partículas de tamaño fino orientadas en dirección de las paredes del tiesto.* ***b)*** *(LXP) Contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriado paralelo. Sobre la superficie de la pared se observa una fina capa de color café rojizo oscuro de poca penetración formada durante el proceso de alisado (flecha blanca).*

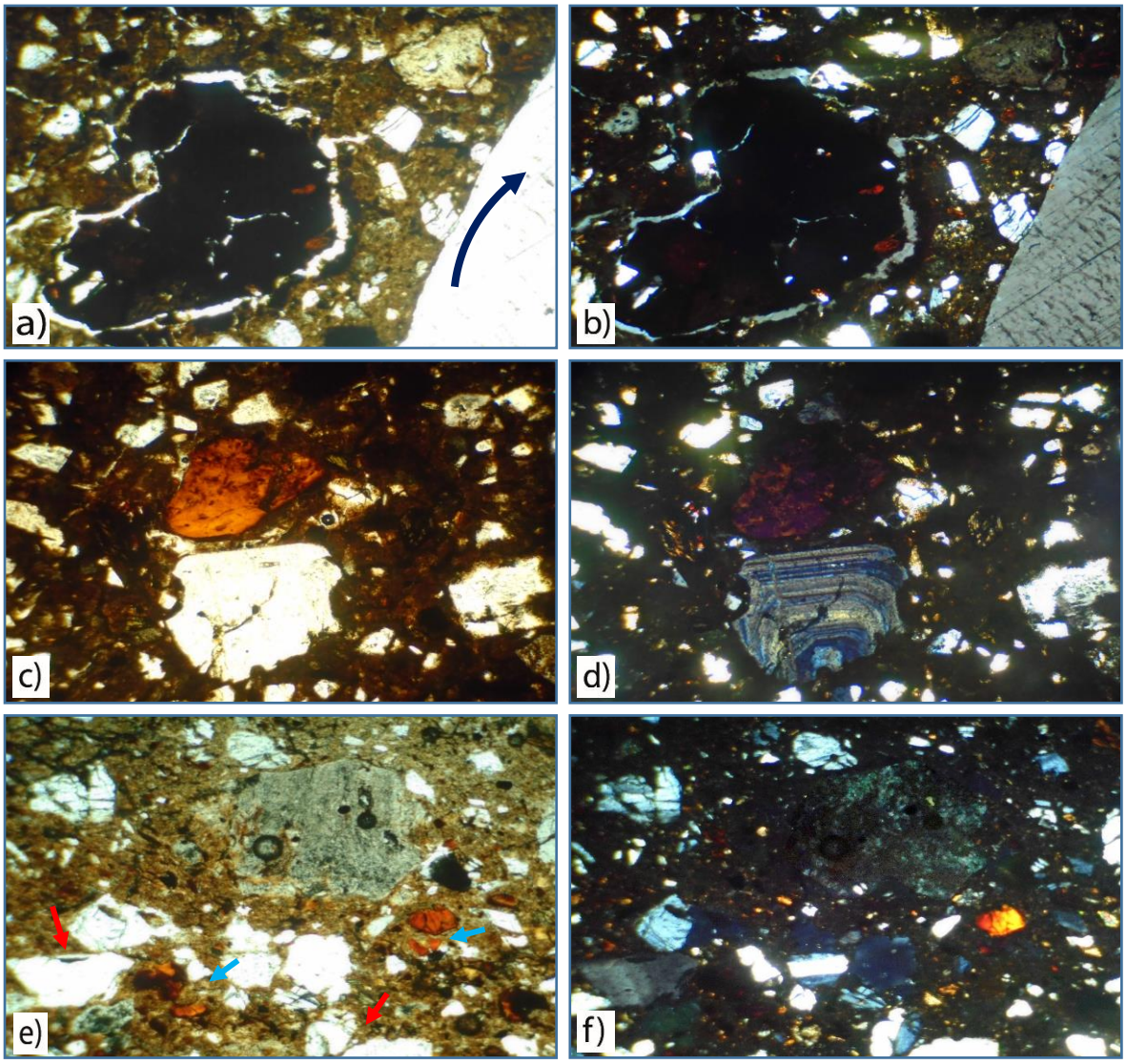
c) *(LPP) Restos alargados de arcilla (centro) no mezclada con la pasta, su color y limpidez contrasta con la de la matriz.* ***d)*** *(LPP) Fragmento subredondeado y casi esférico de suelo (cutan) el cual presenta sus propias características internas, se observa una orientación de la matriz de tipo discordante al entrar en contacto con él.* ***e)*** *(LPP) Cristal de piroxeno rodeado por fragmentos finos de roca, plagioclasa (flechas azules) y restos de arcilla no mezclada (flechas rojas). Patrón de distribución porfírica; con una separación entre partículas de tipo cerrado y espaciado simple.* ***f)*** *(LPP) Fragmentos gruesos subredondeados de roca, cuya tonalidad contrasta con el color de la pasta.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 5 INCLUSIONES ROJAS</th></tr>
<tr><td>MUESTRA: 2
Borde olla</td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria, se observan tanto al interior como en los márgenes de la muestra.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Aleatoria, no se observa una orientación preferente,
Porcentaje dentro de la muestra: 7.29 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra sobre una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria: Las partículas de tamaño fino muestran un sutil alineamiento respecto a las paredes del tiesto. Las inclusiones gruesas en su mayoría no presentan una orientación preferente.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ligeramente activa ópticamente
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Indiferenciado
(iii) Color:
luz plana: Café claro – café rojizo
nicoles cruzados: Café muy oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos / Claros
Redondez: Angular/ Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Neutra
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 19).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica / Distorsionado
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Amarillo, anaranjado claro, café
Nicoles cruzados: Anaranjado rojizo, café amarillento claro, café amarillento muy oscuro
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/ cutanes: frecuente 8.4 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros/ Difusos
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / subredondeado
Grado de impregnación: fuerte / moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Rojo, café rojizo claro
Nícoles cruzados: Café rojizo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan partículas de posible material cerámico usado como desgrasante</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente. No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente y escaso revestimiento de óxidos de hierro en plagioclasas.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">b) Color del engobe:
- Luz plana: café
-Nicoles cruzados: Café muy oscuro
b) Tamaño de partícula: fina
c) Tipo de fábrica-b: Estriada paralela</td></tr>
</table>

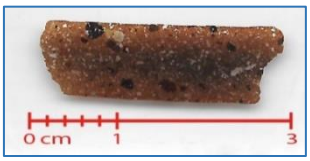


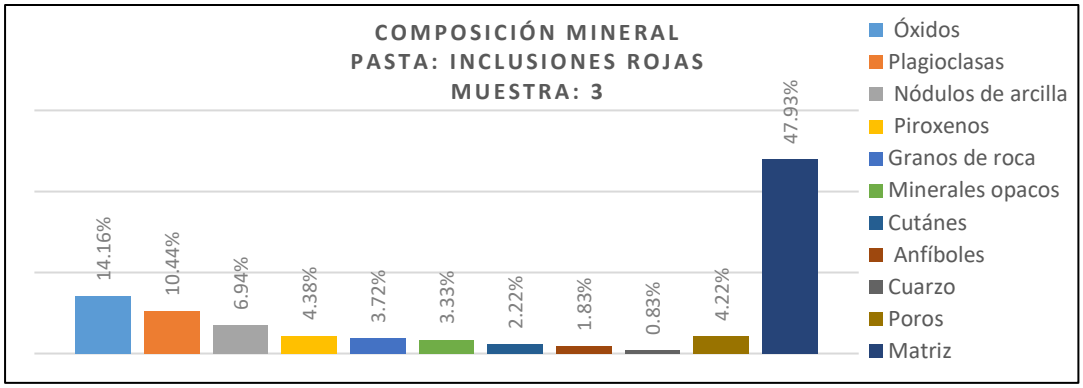
Fotomicrografías 19 Inclusiones rojas. Muestra 2.

*(**a, b)** Orientación de poros y partículas. **a)** (LPP) Orientación y distribución aleatorio de poros y partículas, **b)** (LXP) Baja birrefringencia de la matriz, patrón de contextura (b-fabric) no definido. Imagen tomada en el punto de inflexión del borde.*

***(c, d) F**ragmento suelo **c)** (LPP) Fragmento subredondeado de arcilla de iluviación rodeado de partículas angulares de plagioclasa **d)** (LXP) Baja birrefringencia con tendencia a isotropía producida por la limpidez de la arcilla de iluviación.*

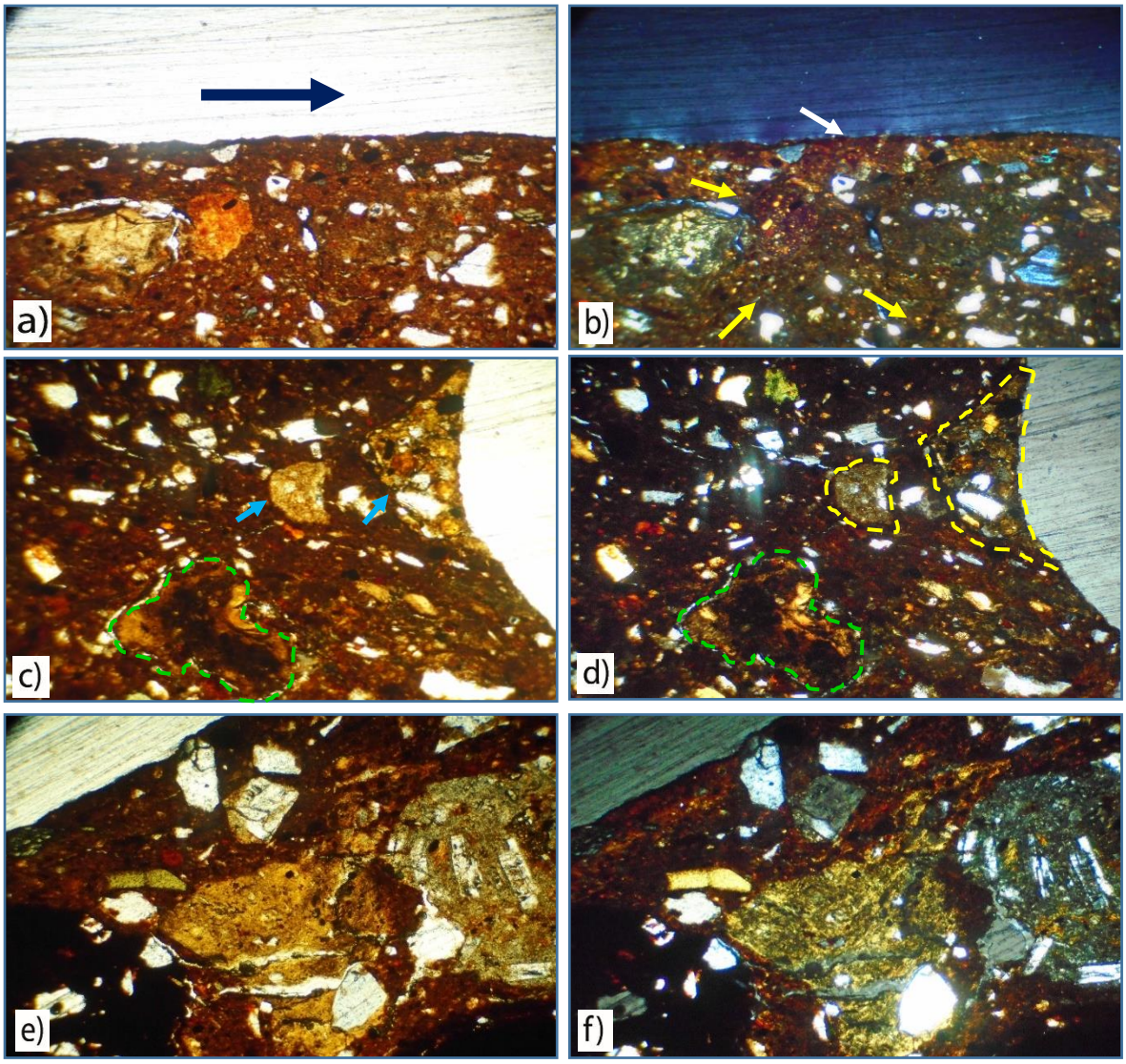
***(e, f)** Componentes de la pasta. **e)** (LPP) Fragmento grueso angular de roca rodeado por fragmentos angulares y subredondeados de plagioclasa (flechas rojas) y cutanes de iluviación (flechas azules). **f)** (LXP) Patrón de distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica, distancia entre partículas de tipo cerrado y espaciado simple.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 5 INCLUSIONES ROJAS</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA: 3
Cuerpo de olla
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria, se observan tanto al interior como en los márgenes de la muestra.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Aleatoria, no se observa una orientación preferente respecto a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 4.22 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra sobre una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Se observa una ligera orientación en algunas zonas de material grueso, la fracción fina se mantiene en un arreglo aleatorio.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ligeramente activa ópticamente
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriada cruzada
(iii) Color:
luz plana: Café claro – café rojizo
nicoles cruzados: Café muy oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos / Claros
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Neutra
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 20).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica / amorfo
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: amarillo, anaranjado claro, café
Nicoles cruzados: Anaranjado rojizo, café amarillento claro, café amarillento muy oscuro
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/ cutanes: frecuente
9.16%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / subredondeado
Forma: Geométrica /subredondeado
Grado de impregnación:
Fuerte / moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Rojo, café rojizo claro
Nícoles cruzados: Rojo muy oscuro, café rojizo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / claros
Redondez:
Angular / subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan partículas de posible material cerámico usado como desgrasante</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente. No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente y escaso revestimiento de óxidos de hierro en plagioclasas.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">c) Color del engobe:
- Luz plana: Café oscuro
-Nicoles cruzados: Café rojizo oscuro
b) Tamaño de partícula: fina
c) Tipo de fábrica-b: estriada paralela</td></tr>
</table>



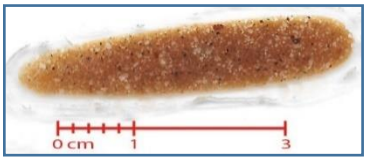
Fotomicrografías 20. Inclusiones rojas. Muestra 3.

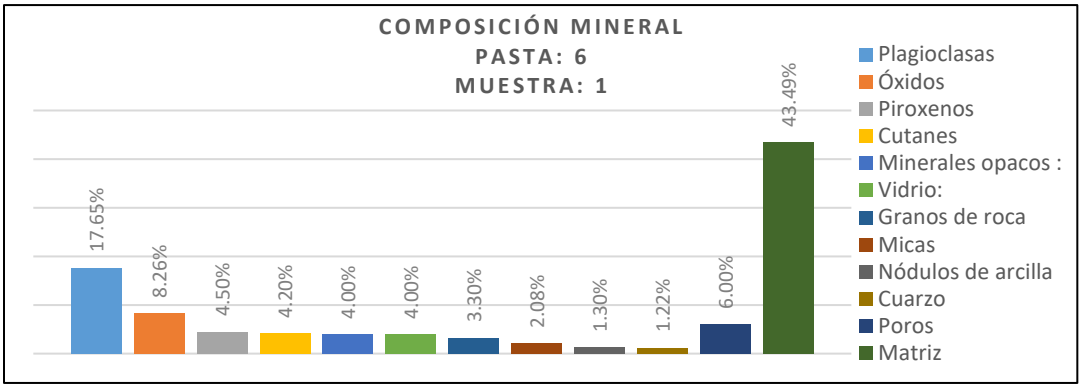
*(**a, b)** Orientación y distribución de poros y partículas. **a)** (LPP) Poros y partículas orientados y distribuidos de manera aleatoria respecto a las paredes del tiesto. **b)** (LXP) Sobre la superficie de la pared se aprecia una débil capa rojiza (flecha blanca) de material fino formada durante el alisado de la superficie. Patrón de contextura (b-fabric) estriado aleatorio.*

***(c, d)** Restos de suelo y partículas de arcilla **c)** (LPP) Cutan o arcilla de iluviación de forma irregular (línea verde). Fragmentos irregulares y subredondeados de suelo no incorporados a la pasta (flechas azules), es posible observar su composición interna. **d)** (LXP) Las características de los restos de suelo como composición y birrefringencia son evidentes y contrastan con las de la matriz.*

***(e, f)** Componentes gruesos de la matriz **e)** (LPP) Fragmentos gruesos subredondeados de roca y restos de suelo no incorporado a la matriz. Se observa una ligera orientación paralela a las paredes de tiesto por parte de estos elementos gruesos**. f)** (LXP) Birrefringencia alta en la partícula de suelo.*

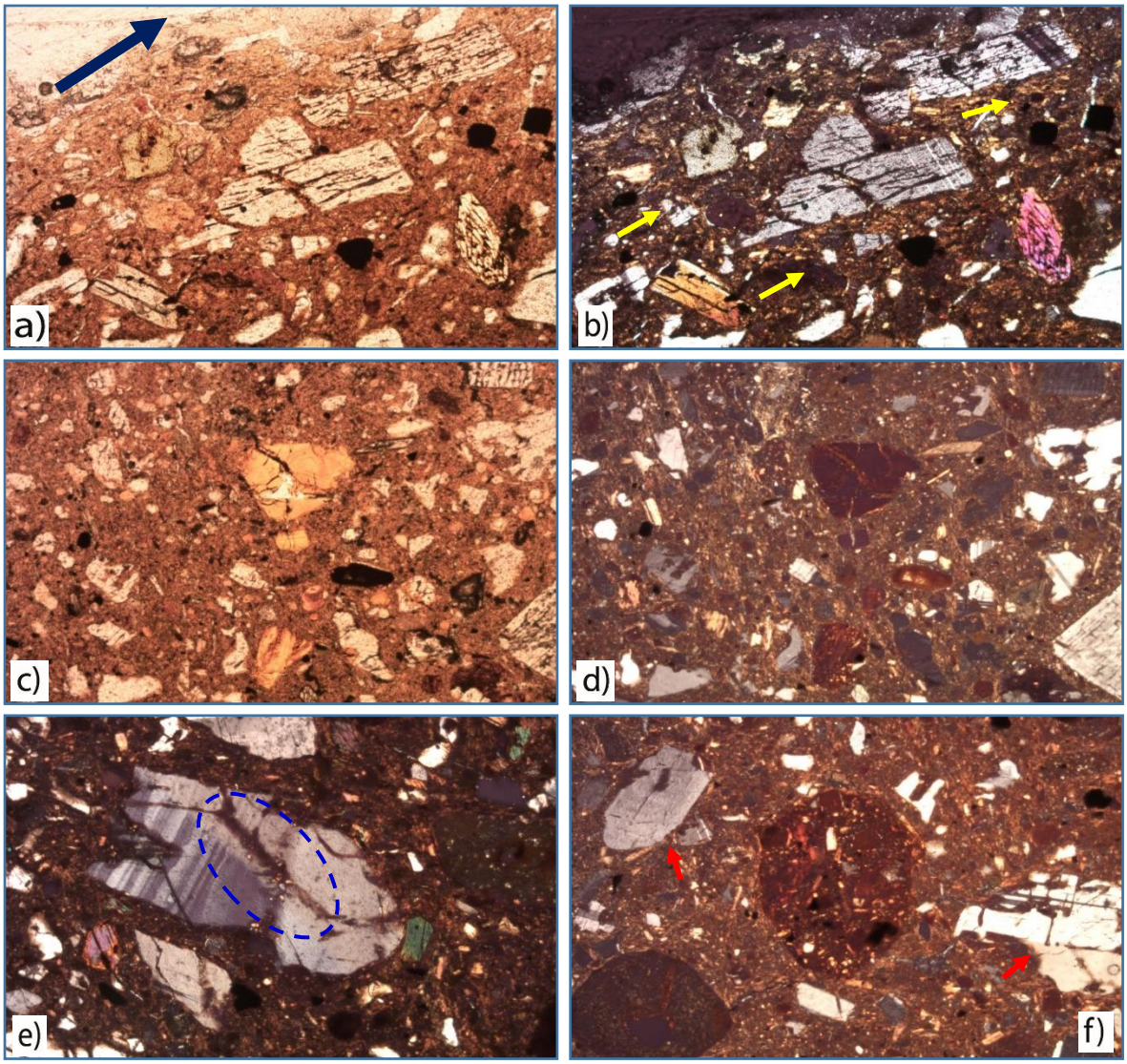
5.5.6 Pasta 6

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 6</th></tr>
<tr><td>MUESTRA 1:
Fragmento de olla</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">I MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Aleatoria, no se observa una orientación preferente con respecto a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 6.0 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td></td><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Inclusiones de hábito tabular como plagioclasas, micas e inclusiones de tamaño fino, presentan una ligera orientación respecto a las paredes de la muestra la cual es más evidente en los bordes que al interior.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">II Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico: Ligeramente activa ópticamente
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada aleatoria
(iii) Color:
luz plana: Rojo amarillento
nicoles cruzados: Café amarillento</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones
(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal / Semiesférica
Densidad óptica: Neutral
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 21).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado / Subredondeado
Forma: Distorsionado / Semiesférico
Densidad óptica: Positiva
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Amarillo rojizo
Nicoles cruzados: Café amarillento oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: frecuente 5.5 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Subredondeado
Forma: Geométrica / concoidal
Grado de impregnación: fuerte/ moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo, Café rojizo, anaranjado
Nícoles cruzados: Rojo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Revestimiento de arcilla y óxidos de hierro generalmente en los bordes y al interior de plagioclasas y granos de roca; en menor medida se observa en poros y oquedades.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las características de la muestra no fue posible observar el acabado de superficie</td></tr>
</table>



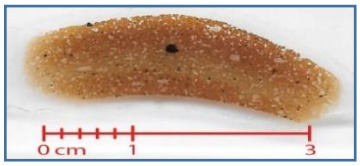
Fotomicrografías 21. Pasta 6. Muestra 1.

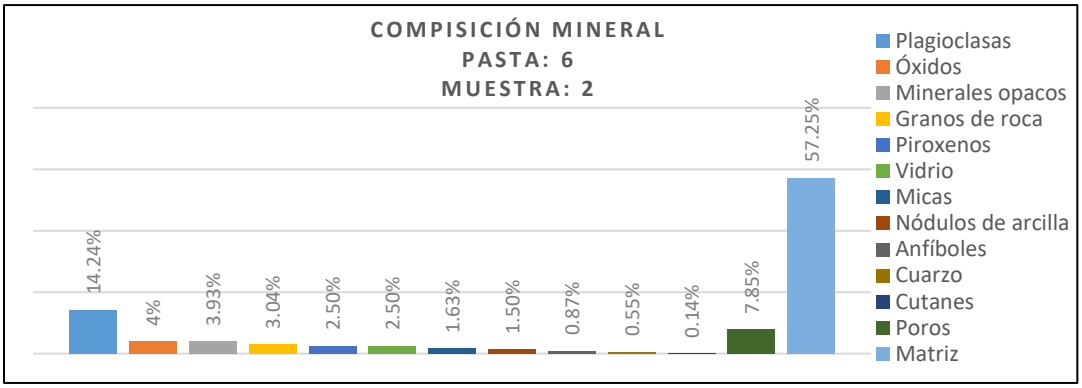
(a, b) *Distribución y orientación de partículas.* ***a)*** *(LPP) Partículas tabulares de plagioclasa orientadas en dirección de las paredes del tiesto, el resto de las inclusiones presenta una orientación aleatoria.* ***b)*** *(LXP) Se observa un débil patrón (b-fabric) de estrías paralelas.*

(c, f) c) *(LPP) Cutanes de iluviación (centro) rodeados por partículas subredondeados y forma irregular en un patrón de distribución (g/f) de tipo porfírica, distancia entre partículas de patrón cerrado y espaciado sencillo.* ***d)*** *(LXP) Birrefringencia media de la matriz.*

e) *(LXP) Fragmento grueso subredondeado de plagioclasa con bordes claros y forma alargada; en su interior se observa un revestimiento de óxido sobre las fracturas del cristal (línea azul).*

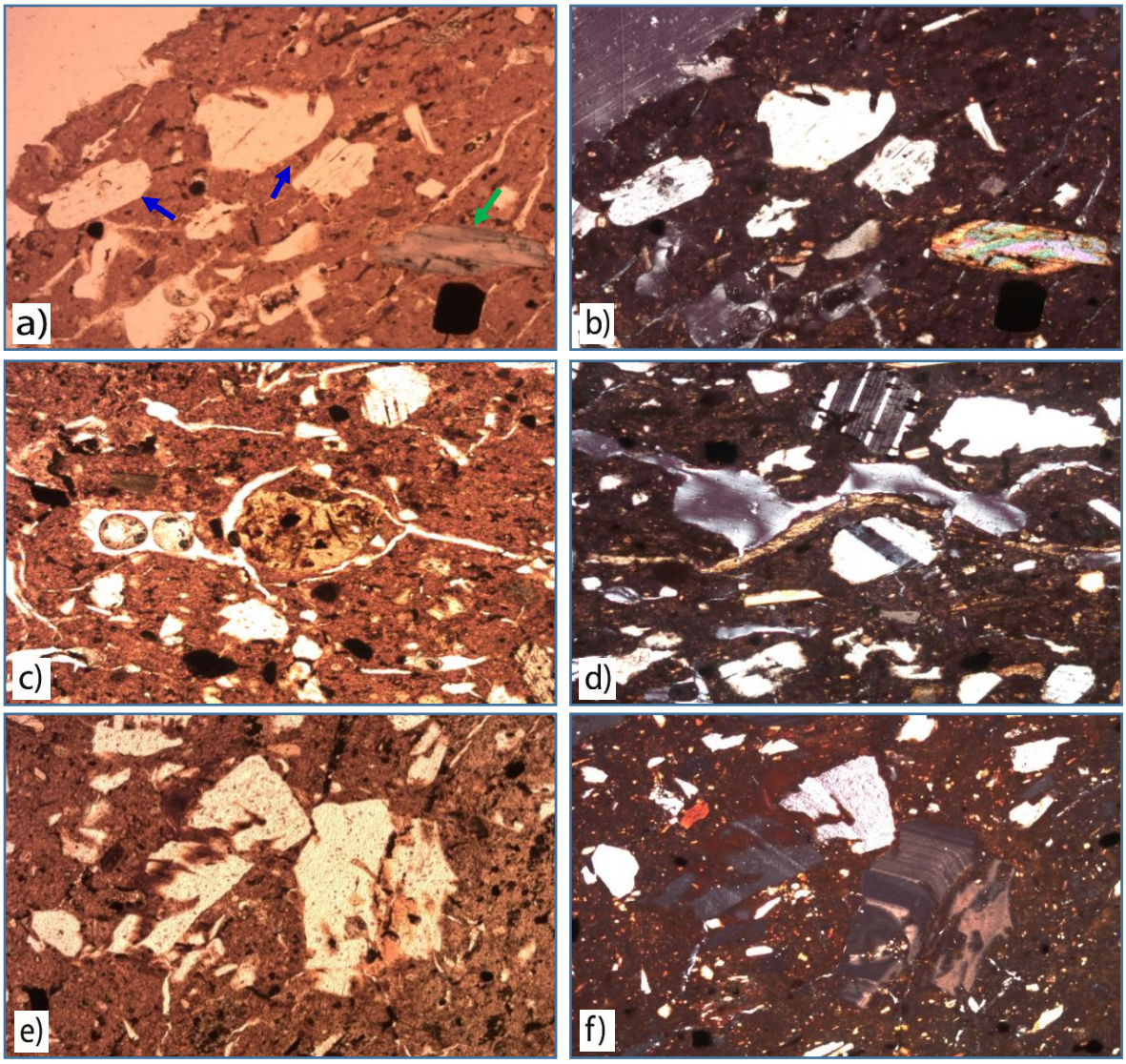
f) *(LXP) Fragmentos gruesos sobre fracción fina; nódulo de arcilla bien redondeado y esférico (centro), su composición interna es similar al de la pasta; grano redondeado de roca (esquina inferior izquierda); fragmentos de plagioclasa angulares y subredondeados (flechas rojas).*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 6</th></tr>
<tr><td>MUESTRA: 2
Cuello de olla</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Incipiente y escasa orientación preferente con respecto a las paredes del tiesto.
Porcentaje dentro de la muestra: 7.85%</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Algunas inclusiones que presentan una incipiente orientación son piroxenos, micas y plagioclasas, que, por su hábito tabular, en algunos casos están dispuestos con relación a las paredes del tiesto.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ligeramente activa ópticamente
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Indiferenciado
(iii) Color:
luz plana: Rojo amarillento
nicoles cruzados: Café rojizo oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Neutral
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 22).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférico / Amorfo
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Amarillo
Nicoles cruzados: Amarillo parduzco.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: raro 1.64%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros
Redondez: Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Grado de impregnación: fuerte/ moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo oscuro
Nícoles cruzados: Rojo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de arcilla y óxidos de hierro al interior de plagioclasas y en sus bordes.
- Escasas micas abiertas en sus planos de crucero</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las características de la muestra no fue posible observar el acabado de superficie.</td></tr>
</table>



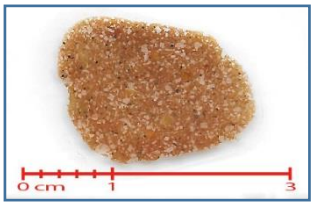
Fotomicrografías 22. Pasta 6. Muestra 2.

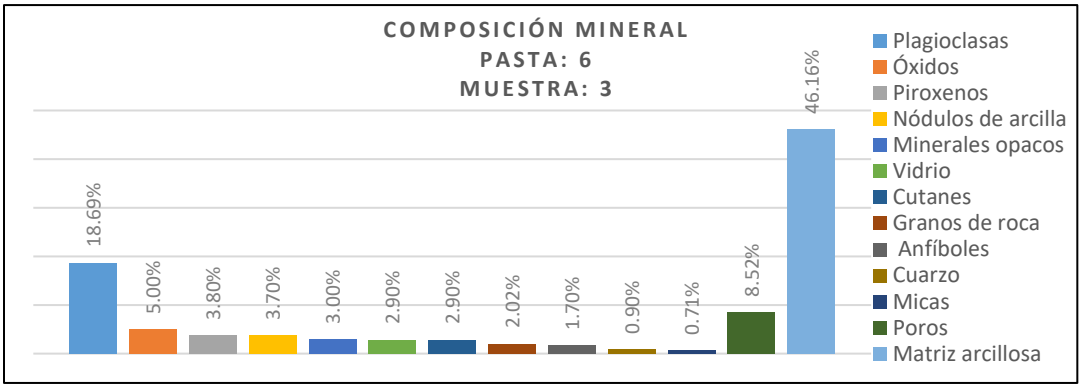
(a, b) *Orientación de poros y partículas.* ***a)*** *(LPP) Poros planos débilmente orientados en dirección de las paredes. Escasas partículas gruesas orientadas y distribuidas de manera aleatoria: plagioclasa (flechas azules), piroxenos (flecha verde) y minerales opacos (partículas negras)* ***b)*** *(LXP) Patrón de birrefringencia (b-fabric) indiferenciado, baja birrefringencia de la matriz.*

(c, d) *Restos de arcillas.* ***c)*** *(LPP) Fragmento subredondeado de arcilla (centro) de límites claros y forma casi esférica, su tonalidad amarillenta contrasta con el color de la pasta.*

d) *(LXP) Estría de arcilla que sigue la misma dirección de la matriz, rodeada por partículas gruesas de plagioclasa.*

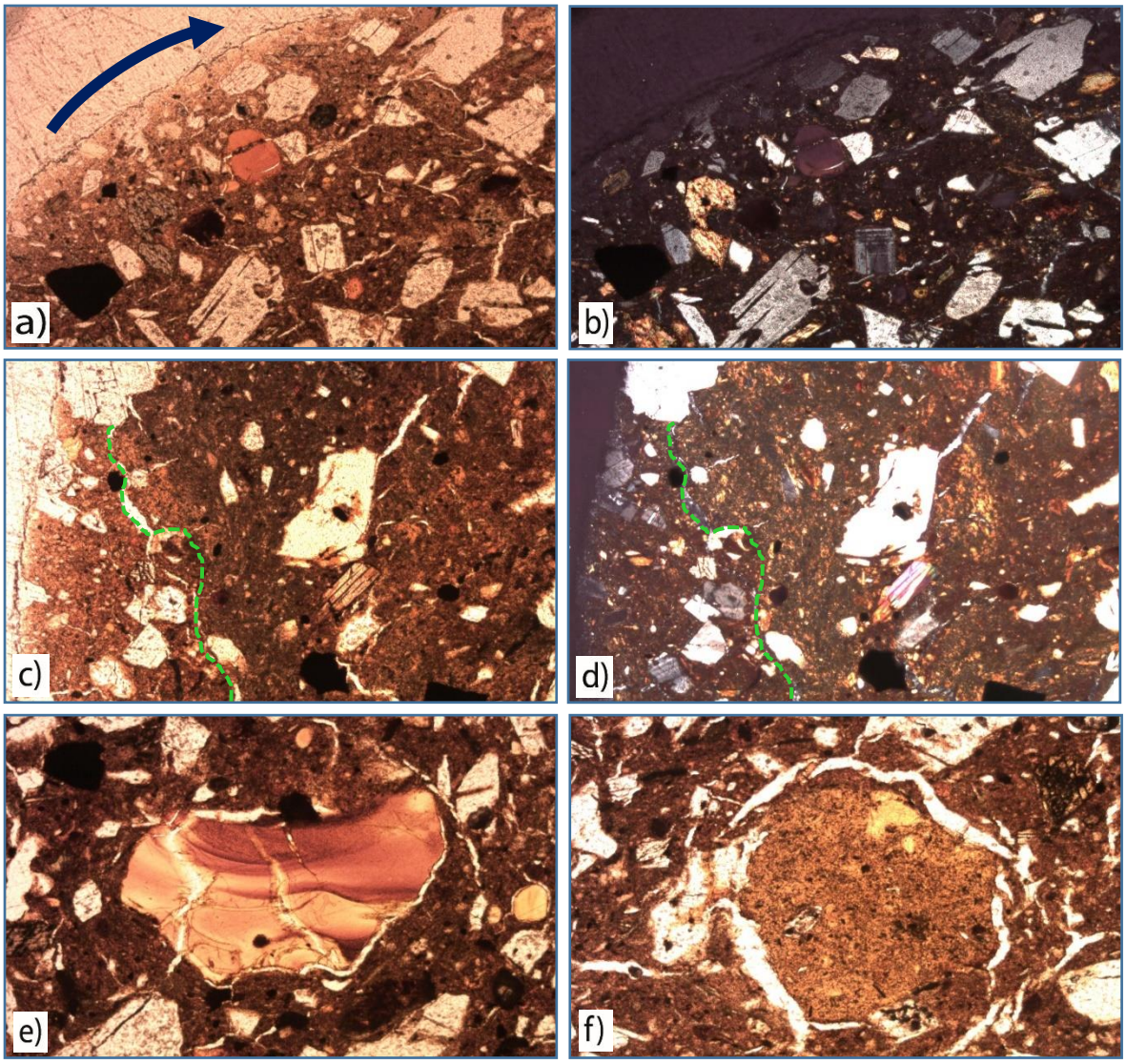
(e, f) *Plagioclasas con fuerte revestimiento de óxido en su interior.*

PASTA: 6	
MUESTRA 3: **Borde de olla**	
I **MICROESTRUCTURA**	**a) Poros (vacíos)** **Plana:** Distribución aleatoria **Cavidades:** Poros irregulares **Orientación:** Aleatoria **Porcentaje dentro de la muestra: 8.52 %**
	b) C/f relación de distribución - **Porfírica:** El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino. **Modificadores: Espaciado cerrado:** granos tienen puntos de contacto **Espaciado simple:** la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.
	c) Orientación preferente: **Aleatoria;** las inclusiones no presentan una distribución preferente. En el área del borde se observa una ligera alineación de partículas finas y gruesas que siguen la dirección curva de las paredes.
II **Masa Basal**	**a)** Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo
	b) Micromasa **(i) Estado óptico:** Ligeramente activa ópticamente **(ii) Contextura de Birrefringencia (fabrica-b):** Moteada en mosaico **(iii) Color: Luz plana: Café** **nicoles cruzados: Café oscuro**
	c) Inclusiones
	(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF) **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Angular / Subredondeado **Forma**: Geométrica / Concoidal **Densidad óptica**: Neutra **Dirección con relación a la matriz**: Concordante **(ii) Composición mineral:** listado por grados de frecuencia descendente *(gráfico 23)*.



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Observar características de edaforrasgos.
Límites: Difusos / Claros
Redondez: Bien redondeado / redondeado
Forma: Semiesférica / Amorfo
Densidad óptica: Neutra
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: Luz plana: Café amarillo claro - amarillo
Nicoles cruzados: Café oscuro - café amarillento
Se observan restos de arcilla de características diferentes al de la masa basal, por lo que se puede inferir una mezcla de arcillas para la preparación de la pasta.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: dominante 6.6 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / subredondeado
Forma: Geométrica / concoidal
Grado de impregnación: fuerte a moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Rojo / naranja
Nícoles cruzados: Rojo oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobre la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Alteración y revestimiento de óxidos de hierro en algunos poros y en plagioclasas siendo más evidente al interior que en los bordes.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las características de la muestra no fue posible observar el acabado de superficie.</td></tr>
</table>



Fotomicrografías 23. Pasta 6. Muestra 3.

(a, b) *Orientación y distribución de poros y partículas.* ***a)*** *(LPP) Insipiente alineamiento curvo de poros y partículas siguiendo la dirección del tiesto, esta curvatura es más evidente en el material fino y en partículas de hábito tabular.* ***b)*** *(LXP) No se observa un tipo definido de patrón de birrefringencia (b-fabric). Fotomicrografías tomadas en el labio del borde.*

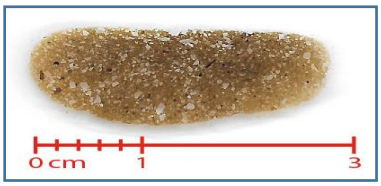
(c, d) *Mezcla de arcillas.* ***c)*** *(LPP) Área de contacto entre la matriz del tiesto (izquierda) y un fragmento de suelo (derecha) utilizado en la preparación de la pasta, la diferencia de color y tamaño de partícula es evidente. La línea verde separa ambas matrices.*

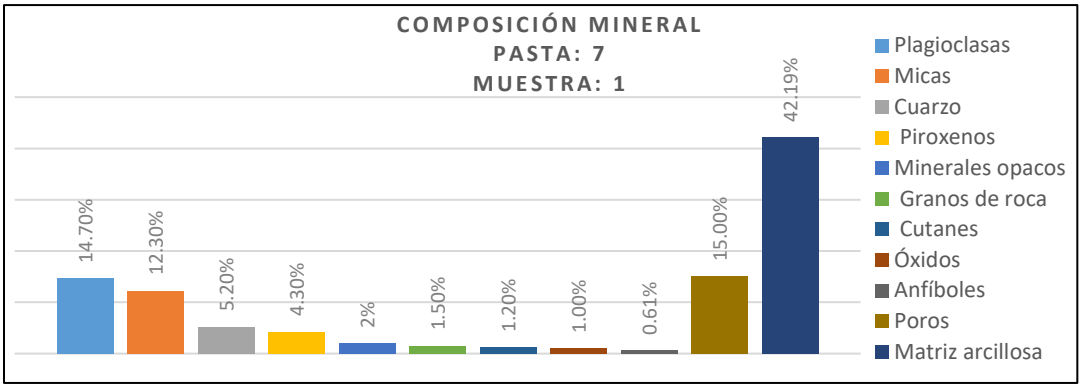
d) (*LXP) Contraste entre la birrefringencia de la matriz del tiesto y el fragmento de suelo el cual presenta una birrefringencia mayor.*

e) *(LPP) Cutan de iluviación de forma cóncava y límites nítidos; su limpidez es característica diferenciándolo del resto de la matriz.*

f) *(LPP) Nódulo subredondeado y casi esférico de arcilla no incorporada a la matriz.*

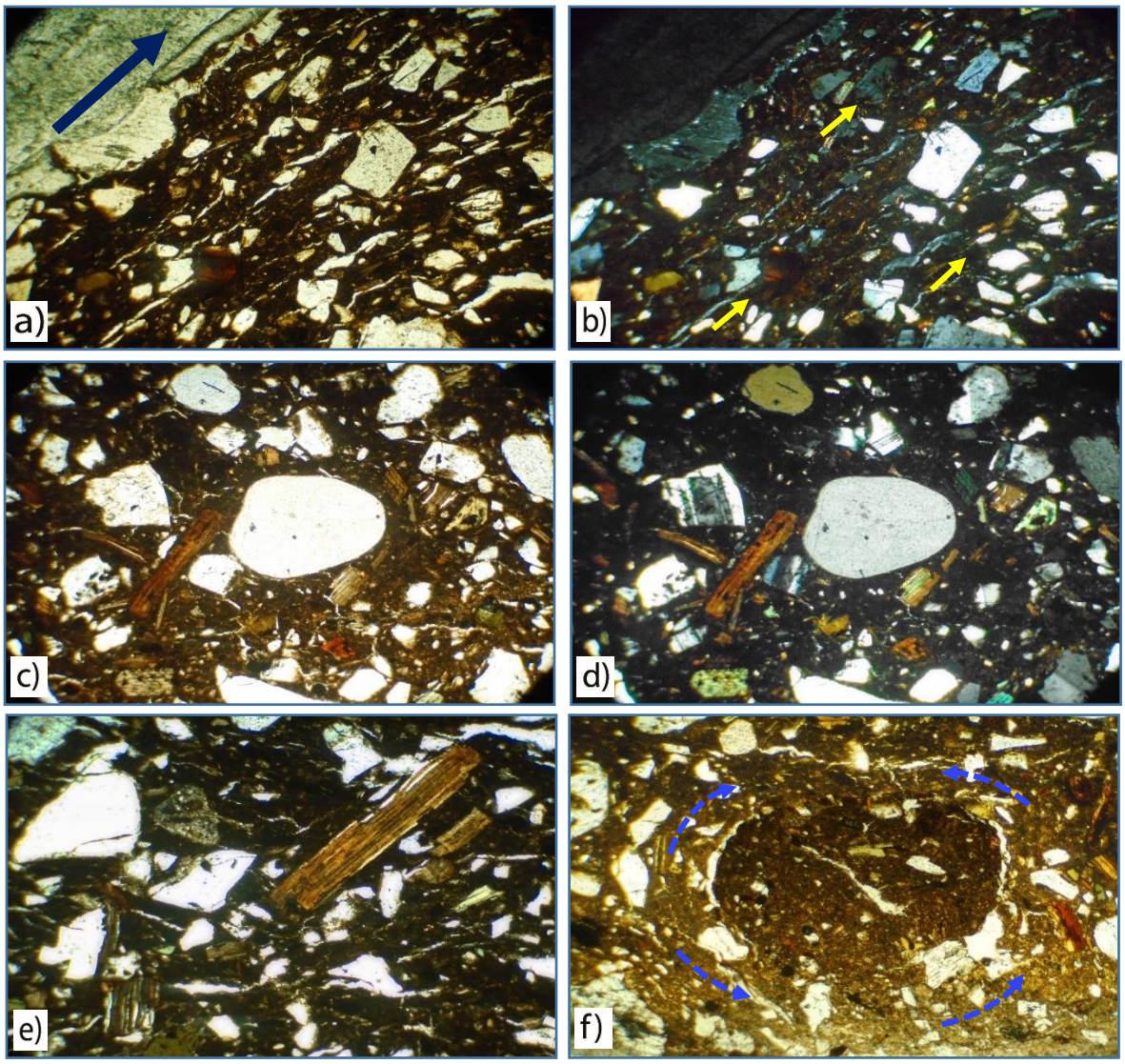
5.5.7 Pasta 7

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 7</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA: 1
Fragmento de borde.
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Incipiente orientación preferente con respecto a las paredes del tiesto, siendo más notoria en el área cercana a las paredes de la muestra.
Porcentaje dentro de la muestra: 15 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Algunas de las inclusiones que presentan una orientación con respecto a las paredes de la muestra son las micas, pues algunas de ellas se encuentran acomodadas sobre los bordes de la muestra.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: ligeramente activa ópticamente
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado paralelo, aleatoria
(iii) Color:
luz plana: Café amarillento claro
nicoles cruzados: Café oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos / Claros / Difusos
Redondez: Angular / redondeado
Forma: Geométrica/ concoidal
Densidad óptica: Neutra
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 24).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros
Redondez: Redondeado
Forma: semiesférica / Amorfo
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Discordante
Color: luz plana: Café amarillento oscuro
Nicoles cruzados: Café amarillento oscuro
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: muy poco 1.2 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros
Redondez: Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Grado de impregnación: Fuerte/ moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo oscuro
Nícoles cruzados: Rojo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica /Concoidal</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Micas ligeramente abiertas en sus planos de crucero.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la lámina delgada, no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>



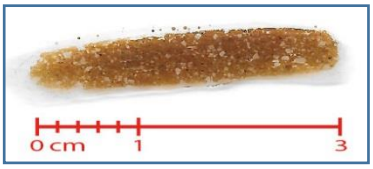
Fotomicrografías 24. Pasta 7. Muestra 1.

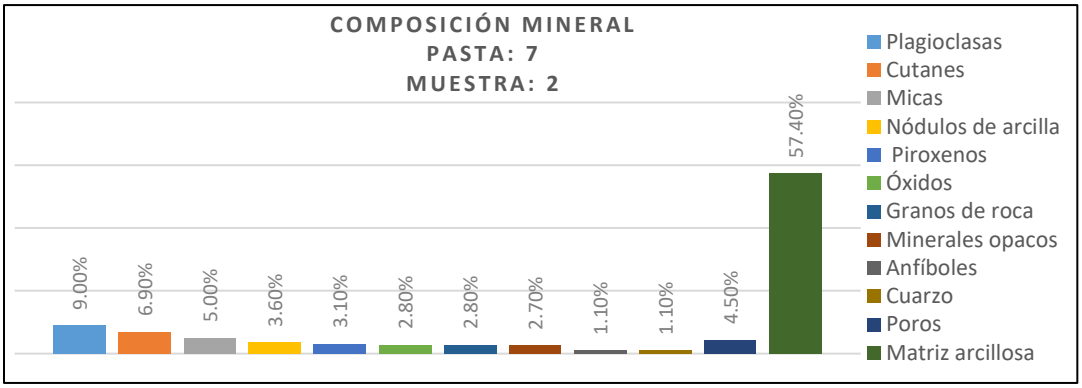
(a, b) *Orientación de poros y partículas.* ***a)*** *(LPP) Perfecto alineamiento paralelo de poros y partículas en dirección de las paredes del tiesto.* ***b)*** *(LXP) Contextura de birrefringencia estriado paralelo. Birrefringencia de la matriz baja.*

(c, d) *Partículas de la pasta.* ***c)*** *(LPP) Grano subredondeado y casi esférico de cuarzo (centro), rodeado por micas (centro izquierda) y fragmentos angulares y subredondeados de plagioclasas.* ***d)*** *(LXP) Se observa una baja birrefringencia en las partículas de mica.*

e) *(LPP) Mica ligeramente abierta por sus planos de crucero, rodeada por partículas angulares y subredondeadas de plagioclasa.*

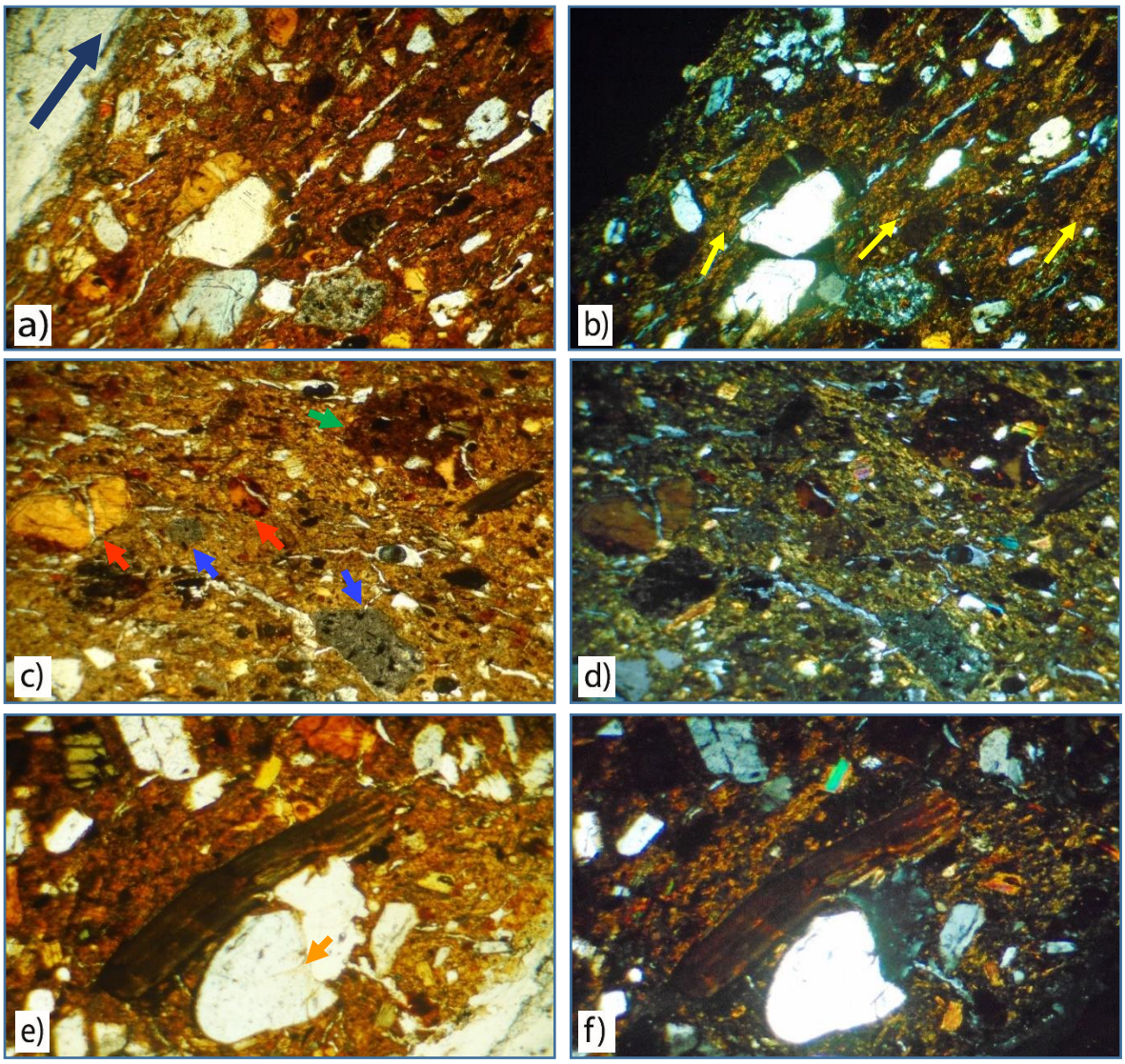
f) *(LPP) Fragmento subredondeado de arcilla, en un acomodo discordante de la matriz.*

PASTA: 7	
MUESTRA: 2 **Cuerpo de olla.**	
I **MICROESTRUCTURA**	**a) Poros (vacíos)** **Plana:** Distribución aleatoria **Cavidades:** Poros irregulares **Orientación:** Generalmente aleatoria. Se observa una orientación paralela de los poros con respecto a las paredes de la muestra, siendo más evidente en el área cercana a las paredes. **Porcentaje dentro de la muestra: 4.5** %
	b) C/f relación de distribución - **Porfírica:** El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino. **Distancia: Espaciado cerrado:** granos tienen puntos de contacto **Espaciado simple:** la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.
	c) Orientación preferente: **Aleatoria:** Algunas partículas como micas y plagioclasas muestran una incipiente orientación paralela a las paredes de la muestra, pero esto solo es observable en el área cercana a los márgenes.
II **Masa Basal**	**a)** Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo
	b) Micromasa **(i) Estado óptico:** Ópticamente activa **(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b):** Estriado cruzada **(iii) Color:** **luz plana: Café rojizo / amarillo rojizo** **nicoles cruzados: Café rojizo oscuro / café amarillento oscuro**
	c) Inclusiones
	(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF) **Límites**: Claros **Redondez**: Angular/ subredondeado **Forma**: Geométrica / Concoidal **Densidad óptica**: Neutra **Dirección con relación a la matriz**: Concordante **(ii) Composición mineral:** listado por grados de frecuencia descendente *(gráfico 25).*



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales
Límites: Nítidos / claros
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica / distorsionado
Densidad óptica: Neutra
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Café rojizo claro
Nicoles cruzados: Café amarillento oscuro
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: predominante 10.5 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Subredondeado
Forma: Semiesférica / Concoidal
Grado de impregnación: Débil / fuerte
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo oscuro
Nícoles cruzados: Rojo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos/claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Escasas micas ligeramente abiertas en sus planos de crucero.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la lámina delgada, no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>

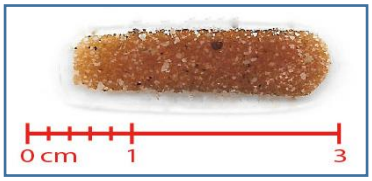


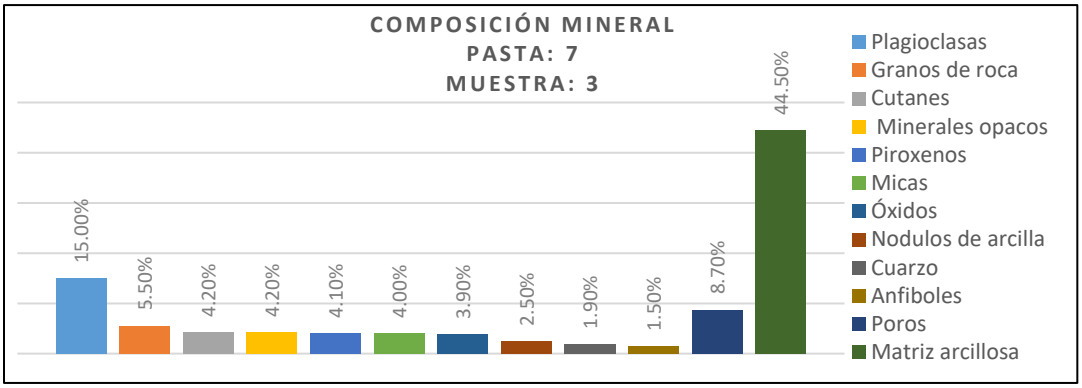
Fotomicrografías 25. Pasta 7. Muestra 2.

*(**a, b)** Acomodo de partículas y poros. **a)** (LPP) Poros planos alargados y partículas ligeramente orientados respecto las paredes del tiesto. **b)** (LXP) Contextura de birrefringencia (b-fabric) estriado paralelo.*

***(c, d)** Componentes de la pasta **c)** (LPP) Cutan de iluviación (flechas rojas), fragmento subredondeado de arcilla no incorporada a la pasta (flecha verde), fragmentos subredondeados roca (flechas azules). Patrón de distribución de tipo porfírica. **d)** (LXP) Birrefringencia alta de la matriz. En el fragmento de arcilla es posible observar sus propios componentes internos.*

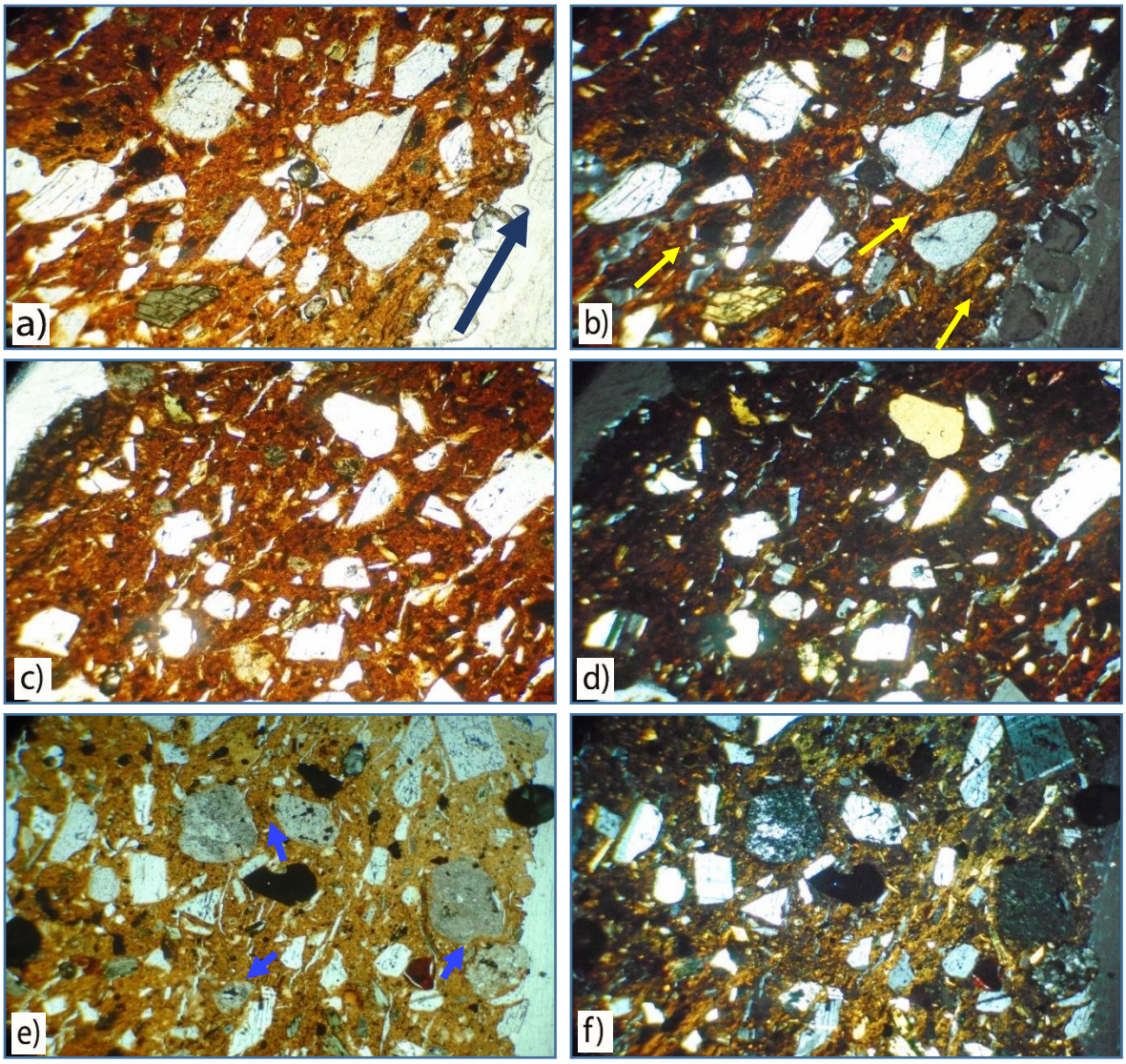
***(e, f) e)** (LPP) Mica ligeramente abierta por sus planos de crucero rodeada por partículas finas y gruesas. Fragmento de cuarzo subredondeado (flecha naranja). **f)** (LXP) En la mica se observa una baja birrefringencia debido a la perdida en sus niveles de color de interferencia.*

<table>
<tr><td colspan="2">PASTA: 7</td></tr>
<tr><td>MUESTRA: 3
Borde</td><td> 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Generalmente se observa una orientación paralela con respecto a las paredes del tiesto; siendo esto más notorio en las áreas cercanas a los límites de la nuestra.
Porcentaje dentro de la muestra: 8.7 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria: Se observa una incipiente orientación paralela a las paredes del tiesto por inclusiones de hábito tabular como plagioclasas y micas.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Activa
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada aleatoria
(iii) Color:
luz plana: Amarillo rojizo / café rojizo
nicoles cruzados: Café rojizo oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones
(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos / Difusos
Redondez: Angular/ Redondeado
Forma: Geométrica / Concoidal / Semiesférica
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (grafico 26).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / difusos
Redondez: Angular / Redondeado
Forma: Geométrica / Amorfo
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Rojo amarillento
Nicoles cruzados: rojo amarillento oscuro
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: dominante 6.7 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros
Redondez: Subredondeado / redondeados
Forma: Geométrica / Semiesférica
Grado de impregnación: Débil / fuerte
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo
Nícoles cruzados: rojo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos/claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Poca alteración e incipiente revestimiento de óxidos de hierro en plagioclasas.
- Micas ligeramente abiertas en sus planos de crucero.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la lámina delgada, no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>

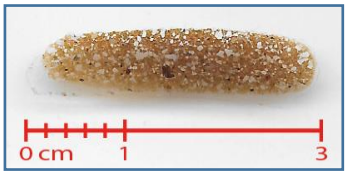


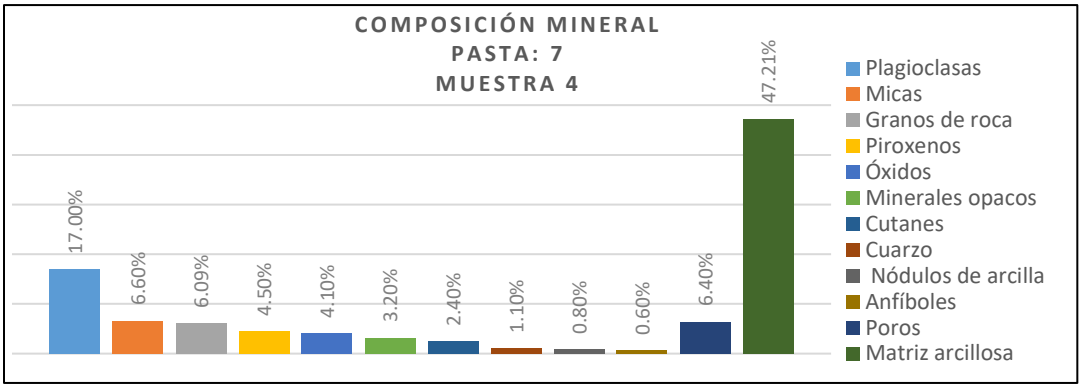
Fotomicrografías 26. Pasta 7. Muestra 3.

(a, b) *Orientación y distribución de poros y partículas* ***a)*** *(LPP) Alineamiento débilmente marcado de partículas gruesas* ***b)*** *(LXP) Patrón de contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriado aleatorio.*

(c, d) *Características y distribución de partículas.* ***c)*** *(LPP) Fragmentos gruesos y finos angulares y subredondeados mayormente de plagioclasas en un patrón de distribución (g/f) de tipo porfírica, distancia entre partículas de tipo cerrado y espaciado simple.* ***d)*** *Luz nicoles cruzados.*

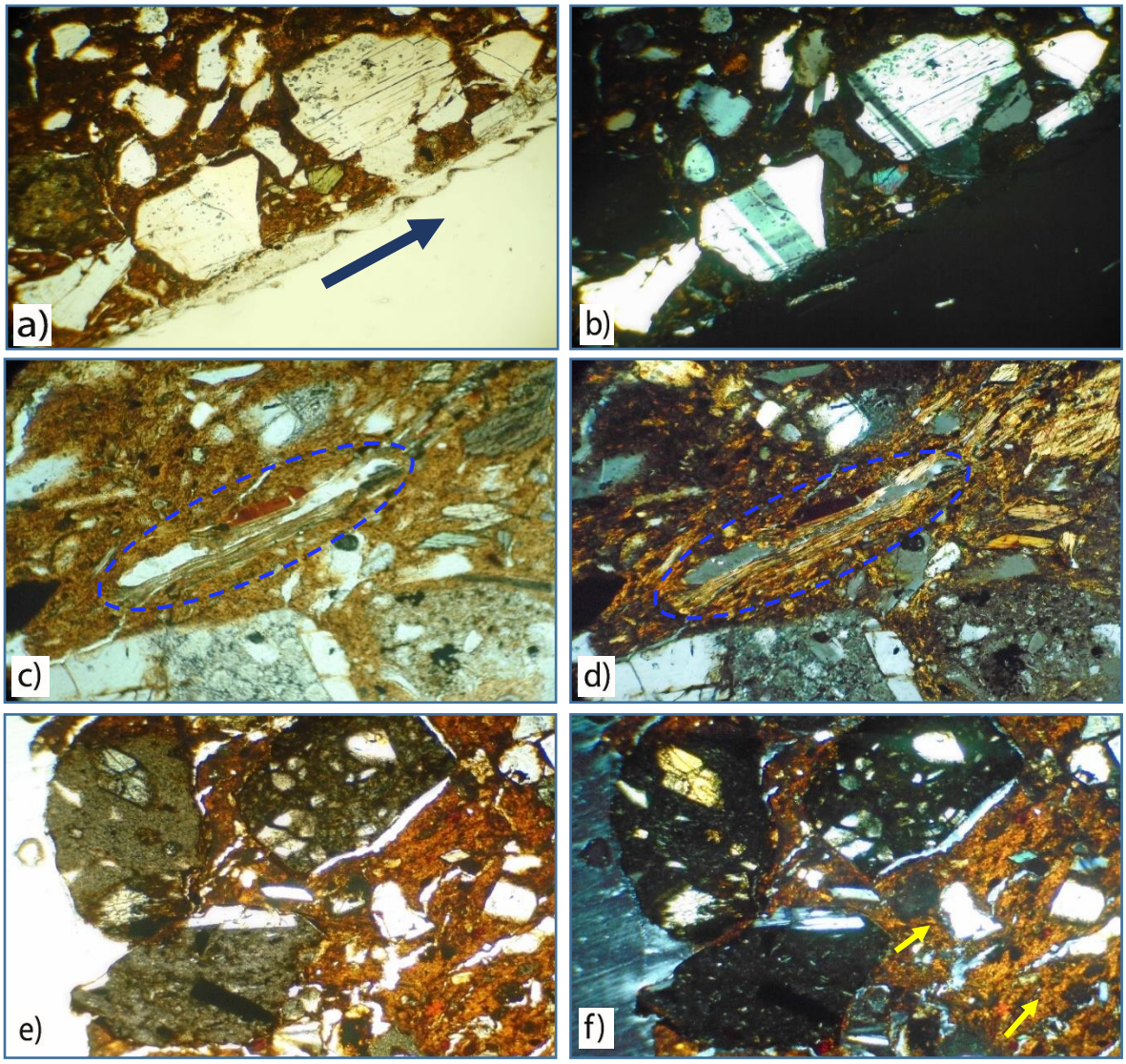
(e, f) *Fragmentos de roca.* ***e)*** *(LPP) Fragmentos gruesos de roca subredondeados y casi esféricos (flechas azules), minerales opacos (partículas negras) piroxenos angulares (partículas verdes).* ***f)*** *(LXP) Birrefringencia alta de la matriz.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 7</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA 4:
Fragmento de cuerpo.
 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Aleatoria; Algunos poros están ligeramente orientados a las paredes de la muestra.
Porcentaje dentro de la muestra: 6.4 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Algunos granos de roca e inclusiones de hábito tabular están ligeramente orientados con respecto a las paredes de la muestra.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ligeramente activa ópticamente
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado aleatoria
(iii) Color:
luz plana: Café amarillento
nicoles cruzados: Café oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos / Claros
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Neutra
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 27).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica / Amorfo
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Amarillo rojizo
Nicoles cruzados: Rojizo oscuro
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: muy poco 3.2 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Nítidos
Redondez:
Subredondeado / Redondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: Débil / fuerte
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo oscuro
Nícoles cruzados: Rojo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular/ Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente y no muy abundante revestimiento de arcilla y óxidos de hierro al interior y en bordes de plagioclasas, granos de roca y en poros.
- Escasas micas ligeramente abiertas en sus planos de crucero.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la lámina delgada, no fue posible observar las características del acabado de superficie.</td></tr>
</table>

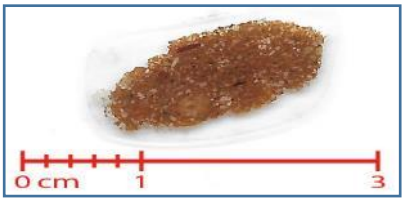


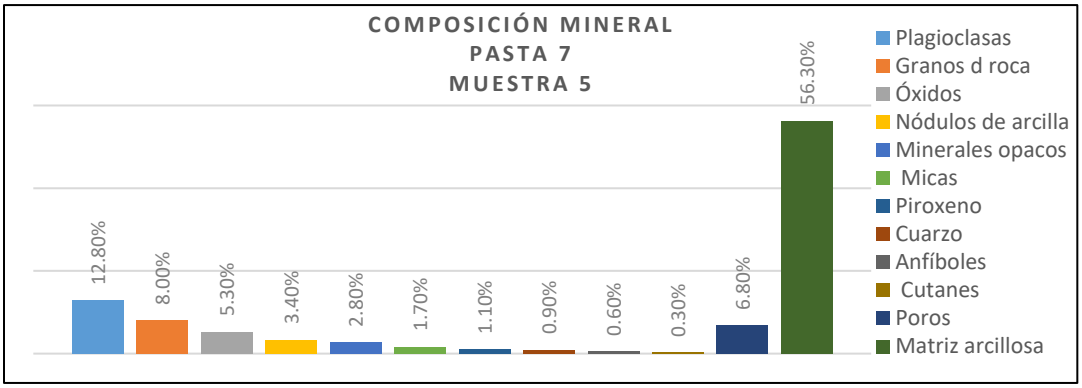
Fotomicrografías 27. Pasta 7. Muestra 4.

*(**a, b)** Distribución y orientación de poros y partículas. **a)** (LPP) Fragmentos gruesos de plagioclasa perfectamente orientados y dispuestos en la dirección de las paredes. **b)** Misma sección es nicoles cruzados (LXP)*

***(c, d)** Micas **c)** (LPP) Mica abierta por sus planos de crucero (círculo azul). Granos gruesos de roca en el área inferior. **d)** (LXP) Ligera pérdida de birrefringencia de la mica si se compara con la partícula de mica ubicada en la esquina superior izquierda la cual no presenta aberturas por sus planos de crucero.*

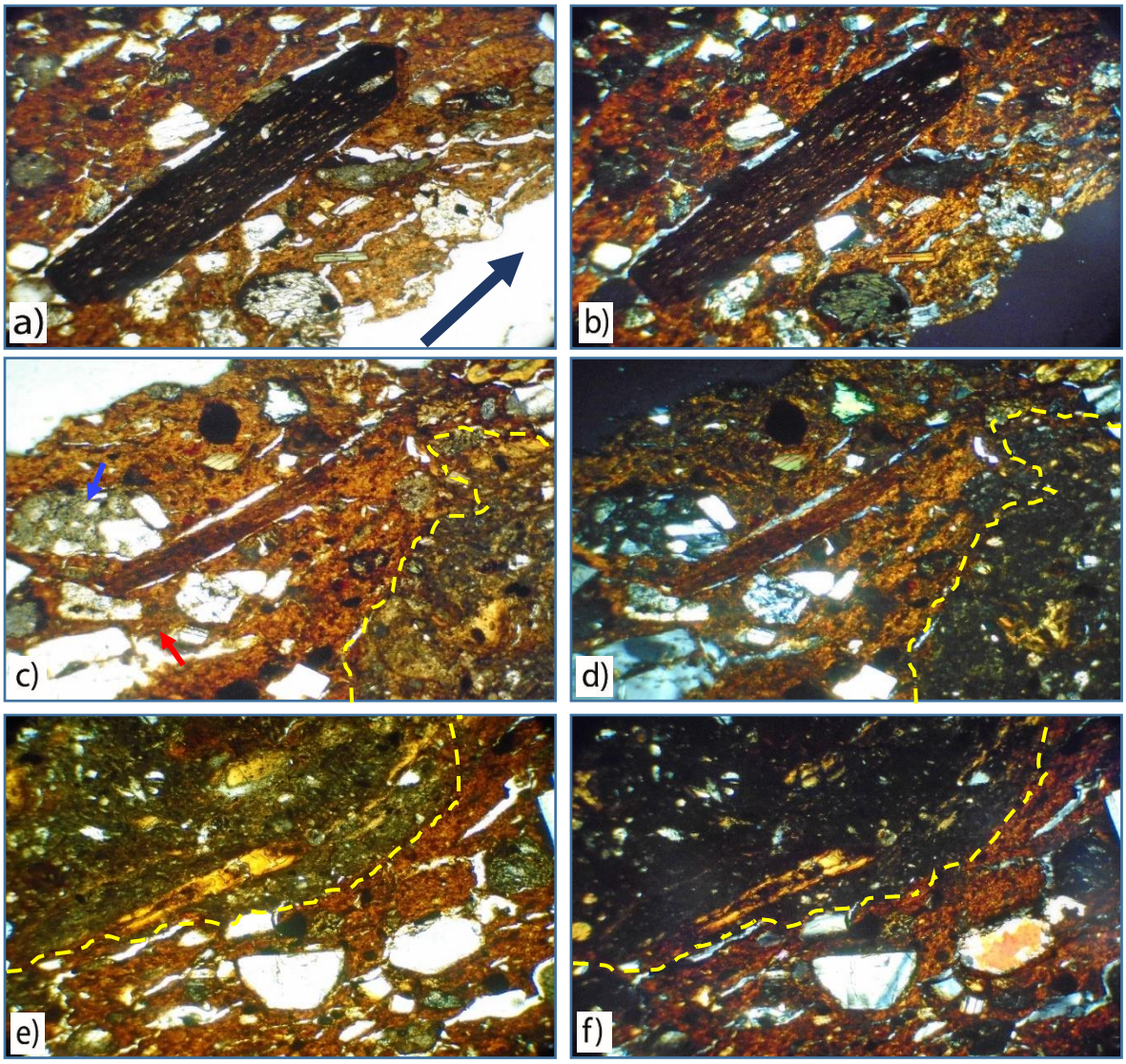
***(e, f) Fragmentos de roca a)** (LPP) Conjunto de fragmentos gruesos de roca subredondeados y angulares, depositados en uno de los extremos del tiesto. **f)** (LXP) Patrón de contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriado aleatorio.*

<table>
<tr><th colspan="2">PASTA: 7</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA 5
Fragmento de cuerpo de olla.
 
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Incipiente orientación preferente con respecto a las paredes del tiesto. No muy evidente.
Porcentaje dentro de la muestra: 6.8 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: Espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Algunas de las inclusiones como plagioclasas y micas presentan una ligera y no muy evidente orientación con respecto a las paredes de la muestra, esta orientación es más evidente a los márgenes que al interior de la muestra.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) Estado óptico: Ópticamente activa
(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Indeterminada
(iii) Color:
luz plana: Rojo amarillento
nicoles cruzados: Café rojizo oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / redondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Neutra
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 28).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

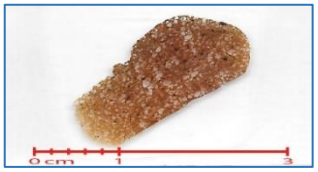
Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica /Amorfo
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Café claro grisáceo
Nicoles cruzados: Café oscuro
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: común 3.7 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros
Redondez: Subredondeado
Forma: Geométrica
Grado de impregnación: fuerte/ moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color:
Luz plana: Rojo oscuro
Nícoles cruzados: Rojo muy oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro al interior y en los bordes de plagioclasas y granos de roca.
- Escasas micas abiertas en sus planos de crucero.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">- Debido a las condiciones de la lámina delgada, no fue posible observar las características del acabado de superficie. .</td></tr>
</table>

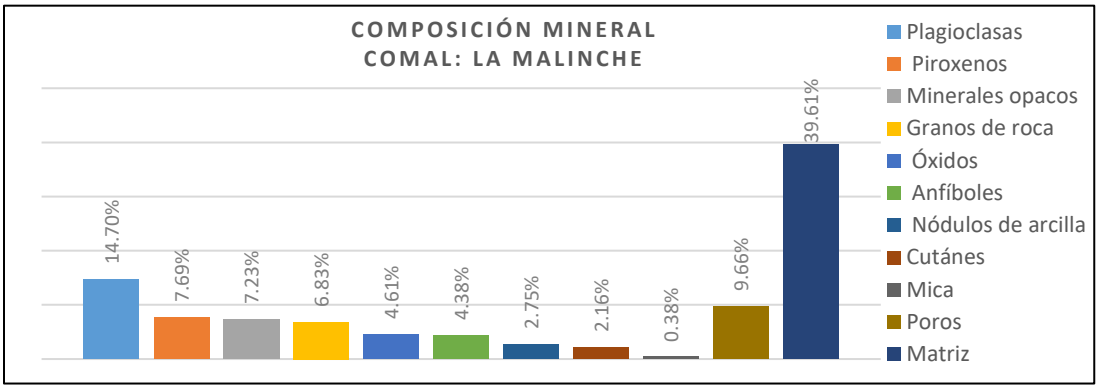


Fotomicrografías 28. Pasta 7. Muestra 5.

*(**a, b)** Orientación de poros y partículas. **a)** (LPP) Fragmento tabular de esquisto alineado en relación de las paredes del tiesto, la fracción fina y los poros mantienen un incipiente ordenamiento y orientación lineal. **b)** (LXP) Contextura de birrefringencia (b-facric) indeterminado. **(c, d)** Componentes de la pasta. **c)** (LPP) Partícula alargada de esquisto (centro), granos de roca subredondeados (flecha azul), fragmentos angulares de plagioclasa (flecha roja), grumo de arcilla de composición diferente al de la matriz (línea amarilla). **d)** (LXP) Matriz con birrefringencia media. **(e, f)** Restos de suelo no incorporado a la pasta. **e)** (LPP) zona de contacto entre la matriz y grumo de suelo, es evidente la diferencia de color, así como el arreglo interno que ambos presentan. **f)** (LXP) Diferencia entre la contextura de birrefringencia, la matriz del grumo es más opaca en comparación con la matriz cerámica, una diferencia entre el tamaño de las partículas también es evidente.*

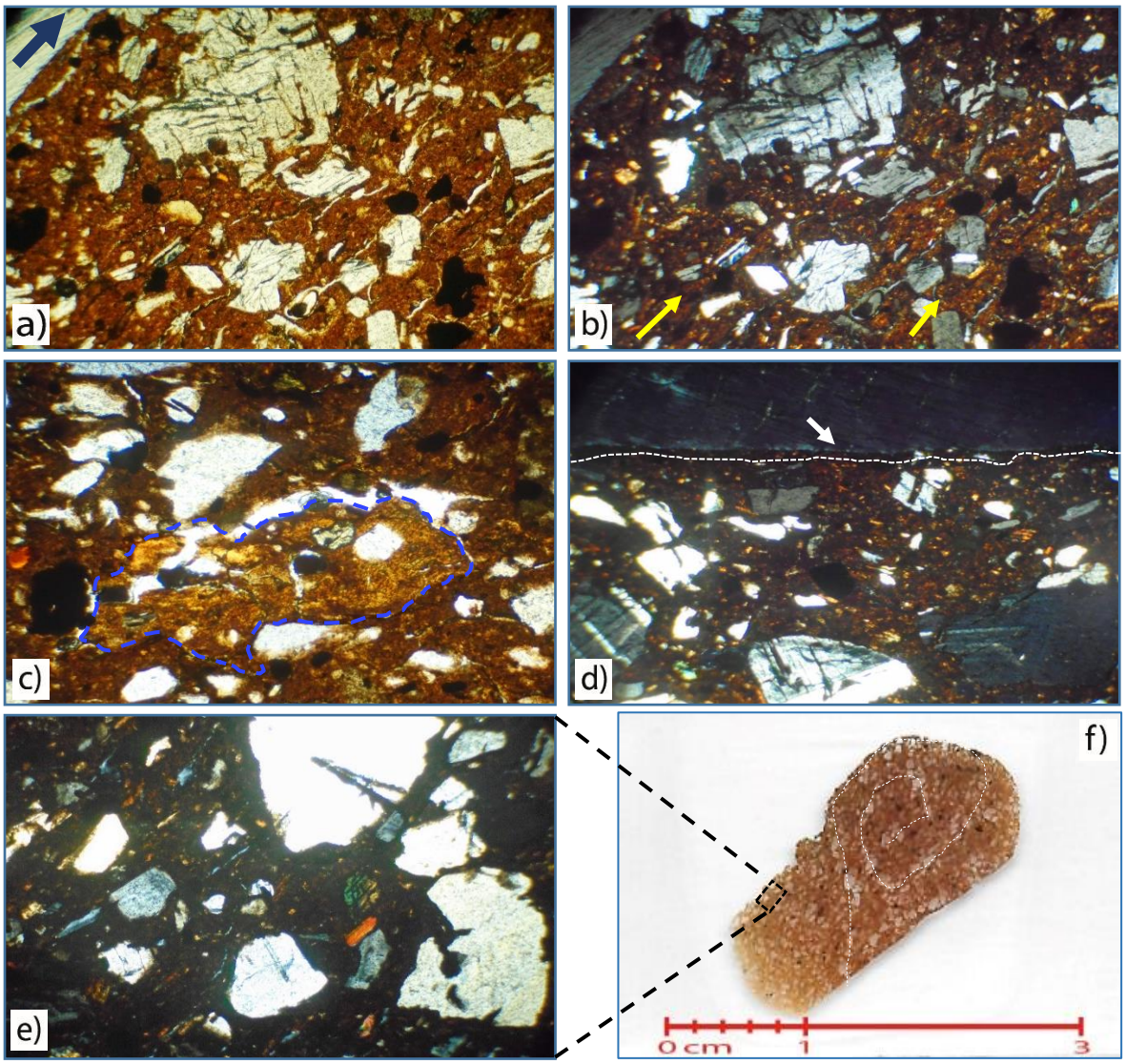
5.5.6 Descripción petrográfica de comales

<table>
<tr><th colspan="2">COMAL PREHISPÁNICO</th></tr>
<tr><td>MUESTRA:
MALINCHE</td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Planar: Distribución aleatoria, se observan tanto en el interior como en el área de las paredes, los poros son más visibles en el área del cuerpo que en el borde.
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Se observa una orientación lineal preferente con respecto a las paredes que conforman el cuerpo, en área del borne la orientación es irregular.
Porcentaje dentro de la muestra: 9.66 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Distancia: espaciado cerrado: granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple: la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros.</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; Las inclusiones que muestran una cierta orientación con respecto las paredes del tiesto son escasos piroxenos y plagioclasas de hábito tabular.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico: ópticamente activa
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzada aleatoria
(iii) color:
luz plana: Café rojizo claro
nicoles cruzados: Café oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Neutral
Dirección con relación a la matriz: Concordante
(ii) Composición mineral: listado por grados de frecuencia descendente (gráfico 29).</td></tr>
</table>



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Difusos
Redondez: redondeado
Forma: distorsionado/ semiesférico
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: amarillo rojizo claro
Nicoles cruzados: café amarillento claro a oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: predominante 4.91 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Difusos
Redondez: redondeado / Subredondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: fuerte a moderado
Dirección/matriz: Concordante
Color: Luz plana: café rojizo
Nicoles cruzados: café oscuro.</td><td>Límites:
nítidos/claros
Redondez:
angular/redondeado
Forma:
Geométrica / distorsionada</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”.</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Plagioclasas presentan fracturas y un incipiente revestimiento de óxidos de hierro en los bordes y al interior.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana: Café rojizo claro
-Nicoles cruzados: Café muy oscuro
b) Tamaño de partícula: Fina
c) Tipo de fábrica-b: Similar al de la matriz</td></tr>
</table>



Fotomicrografías 29. Comal "La Malinche".

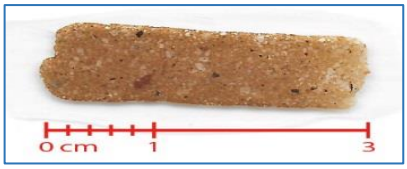
*(**a, b)** Alineación de poros y partículas. **a)** (LPP) Poros alineados de manera paralela a las paredes del tiesto; las inclusiones en su mayoría están orientadas de manera aleatoria. **b)** (LXP) Patrón de contextura (b-fabric) estriado paralelo (flechas amarillas).*

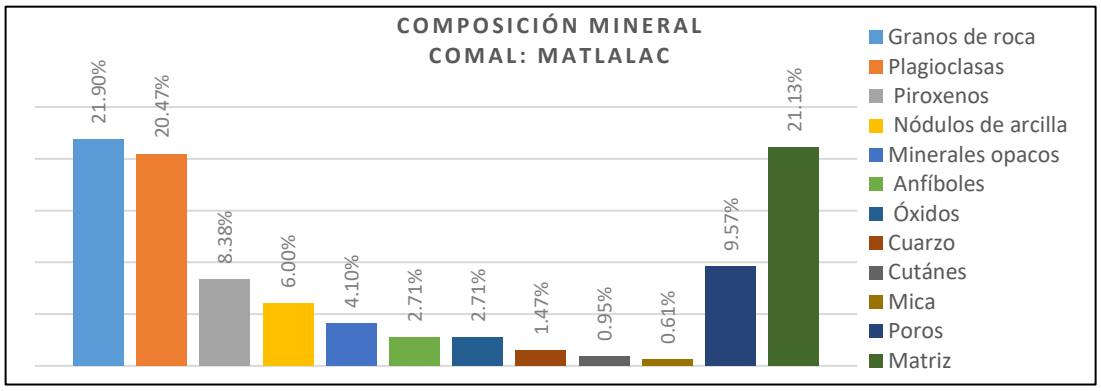
***c)** (LPP) Restos de arcilla no incorporada a la pasta cuya composición es similar a la de la pasta.*

***d)** (LXP) Delgada capa de arcilla formada durante el proceso de alisado; de composición igual a la de la matriz, no obstante, presenta una menor birrefringencia (flecha y línea blanca).*

***(e, f) e)** (LXP) Zona de contacto entre material fino y grueso, esta es el área de unión del cuerpo (material fino) con el borde (material grueso) lo que indica que fue manufacturado en dos piezas.*

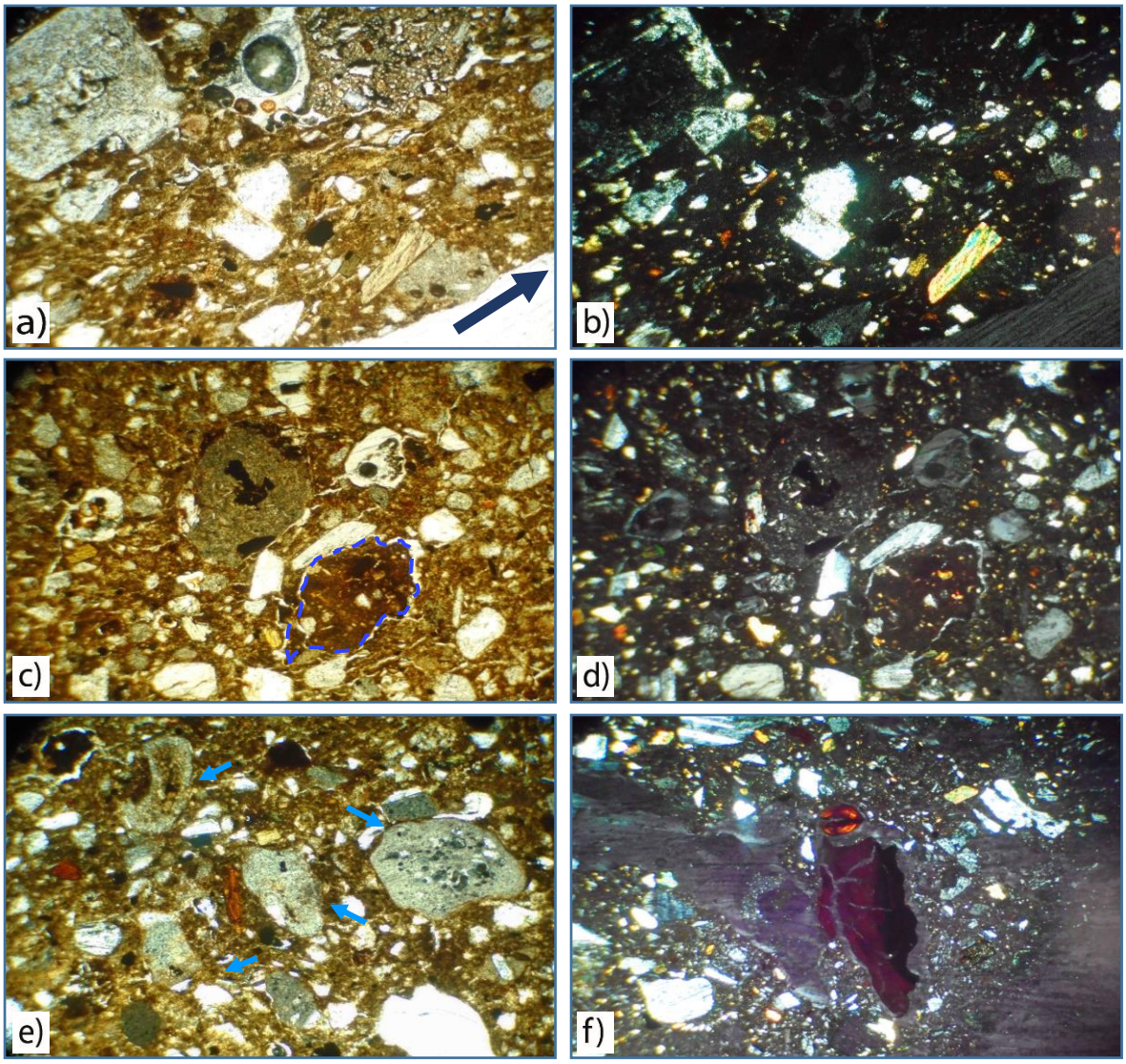
***f)** Vista macroscópica de la muestra, se puede observar un patrón en espiral en el borde, formado por el material grueso, lo que apunta a que precede a partir de un rollo de arcilla.*

COMAL PREHISPÁNICO	
MUESTRA: MATLALAC	
I MICROESTRUCTURA	- **a) Poros (vacíos)** **Planar:** Distribución aleatoria, se observan en mayor cantidad en la zona media del tiesto. **Cavidades:** Poros irregulares **Orientación:** Ligeramente alineados con respecto a la dirección de las paredes, pero únicamente los poros de la zona central, en la periferia se observa un acomodo aleatorio. **Porcentaje dentro de la muestra: 9.57** %
	- **b) C/f relación de distribución** - **Porfírica:** El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino **Distancia: Espaciado cerrado:** granos tienen puntos de contacto **Espaciado simple:** la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.
	- **c) Orientación preferente:** **Aleatoria;** Algunas inclusiones gruesas y de hábito tabular marcan una incipiente orientación con respecto a las paredes del tiesto.
II Masa Basal	**a)** Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo
	b) Micromasa **(i) estado óptico:** Ligeramente activa ópticamente **(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b):** Aleatoria **(iii) color;** **luz plana: Café oscuro-café amarillento claro** **nicoles cruzados: Café muy oscuro**
	c) Inclusiones
	(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF) **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Angular / Subredondeado **Forma**: Geométrica / Concoidal **Densidad óptica:** Neutral **Dirección con relación a la matriz:** Concordante **(ii) Composición mineral:** listado por grados de frecuencia descendente *(gráfico 30).*



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Semiesférica / Distorsionado
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Café
Nicoles cruzados: Café muy oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: dominante 6.95 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: geométrica / Semiesférica
Grado de impregnación: Fuerte a moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Rojo, anaranjado
Nicoles cruzados: Rojo, café oscuro</td><td>Límites:
Claros
Redondez:
Angular / Redondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- La mayor parte de las fases minerales presentan un alto grado de intemperismo, siendo más notorio en plagioclasas y piroxenos.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana: café claro
-Nicoles cruzados: café oscuro
b) Tamaño de partícula: fina
c) Tipo de fábrica-b: aleatoria</td></tr>
</table>

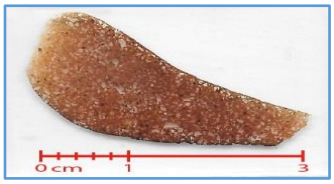


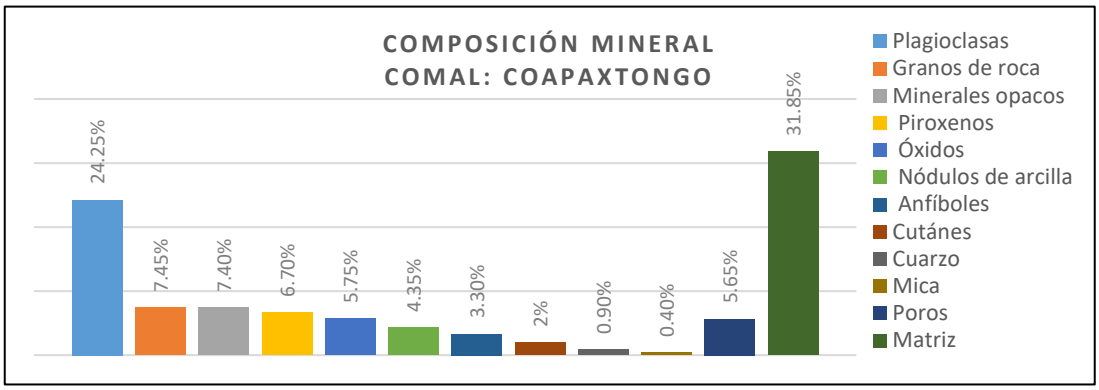
Fotomicrografías 30. Comal "Matlalac".

(a, b) *Distribución de poros y partículas****. a)*** *(LPP) Poros, partículas gruesas y finas orientadas de manera paralela a las paredes del tiesto, la orientación es más evidente en partículas de hábito tabular.* ***b)*** *(LXP) Baja birrefringencia de la pasta.*

(c, d) c) *(LPP) Restos de suelo de forma irregular no incorporado a la matriz rodeado por material angular y subredondeado fino de forma alargada y casi esférica.* ***d)*** *(LXP) Patrón de distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica, distancia entre partículas de tipo cerrado y espaciado simple.* ***e)*** *(LPP) Fragmentos gruesos subredondeados casi esféricos de roca (flechas azules).*

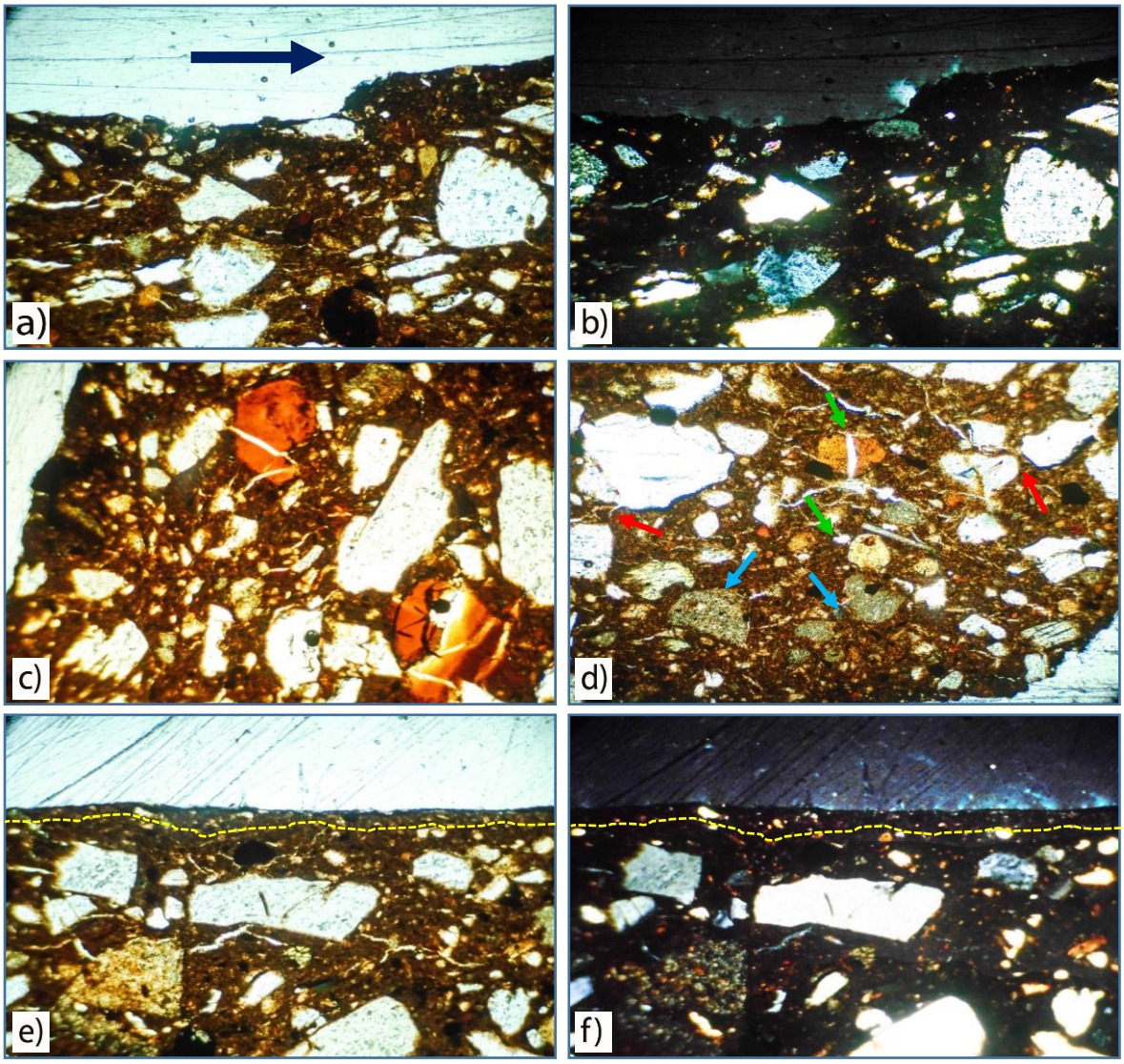
f) *(LXP) Restos de arcilla de iluviación (cutan) de forma irregular.*

COMAL PREHISPÁNICO	
MUESTRA: S.M. COAPAXTONGO	
I MICROESTRUCTURA	**a) Poros (vacíos)** **Planar:** Distribución aleatoria, se observan tanto al interior como en los márgenes de la muestra. **Cavidades:** poros irregulares **Orientación:** generalmente presentan un acomodo irregular sin una orientación bien definida. **Porcentaje dentro de la muestra: 5.65 %**
	b) C/f relación de distribución - **Porfírica:** El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino. **Modificadores: Espaciado cerrado:** granos tienen puntos de contacto **Espaciado simple:** la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.
	c) Orientación preferente: **Aleatoria;** Apenas es notoria una incipiente orientación de las partículas de mayor tamaño y forma alargada.
II Masa Basal	**a)** Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo
	b) Micromasa **(i) estado óptico:** Ópticamente activa **(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b):** Estriado cruzada **(iii) color;** **luz plana: Rojo amarillento claro, café rojizo claro** **nicoles cruzados: Café rojizo muyo oscuro**
	c) Inclusiones
	(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF) **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Angular / Subredondeado **Forma**: Geométrica / Concoidal **Densidad óptica:** Negativa **Dirección con relación a la matriz:** concordante **(ii) Composición mineral:** listado por grados de frecuencia descendente *(gráfico 31).*



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado
Forma: Amorfo
Densidad óptica: Negativa
Dirección con relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Amarillo rojizo, café claro
Nicoles cruzados: Café muy oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: frecuente
6.36 %</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros / Difusos
Redondez: Angular / Subredondeado
Forma: Geométrica / Semiesférica
Grado de impregnación: fuerte a moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Rojo, anaranjado
Nicoles cruzados: Rojo, café oscuro</td><td>Límites:
Claros
Redondez:
Angular / Redondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente
No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro al interior y en la periferia de plagioclasas.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana: café oscuro
-Nicoles cruzados: café muy oscuro
b) Tamaño de partícula: fina
c) Tipo de fábrica-b: estriada lineal</td></tr>
</table>



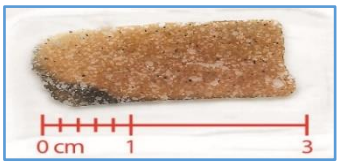
Fotomicrografías 31. Comal "Coapaxtongo".

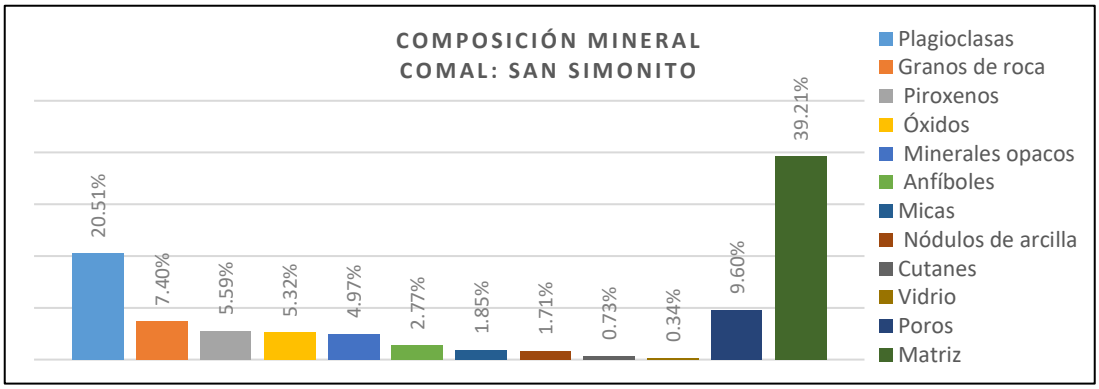
*(**a, b)** Orientación y distribución de poros y partículas **a)** (LPP) Poros y partículas con una incipiente orientación paralela a las paredes del tiesto **b)** (LXP) Patrón de contextura de birrefringencia indeterminado. Baja birrefringencia de la matriz.*

***c)** (LPP) Fragmentos subredondeados casi esféricos de arcilla de iluviación (cutanes), su limpidez contrasta con la matriz.*

***d)** (LPP) Fracción gruesa de la pasta compuesta por cutanes (flechas verdes), fragmentos subredondeados de roca (flechas azules) y plagioclasas (flechas rojas). Patrón de Distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica; distancia entre partículas de tipo cerrado y espaciado simple. **(e, f)** Acabado de superficie. **e)** (LPP) Delgada capa de material fino (barbotina-línea amarilla) con características similares a las de la matriz, creada durante el tratamiento de la superficie.*

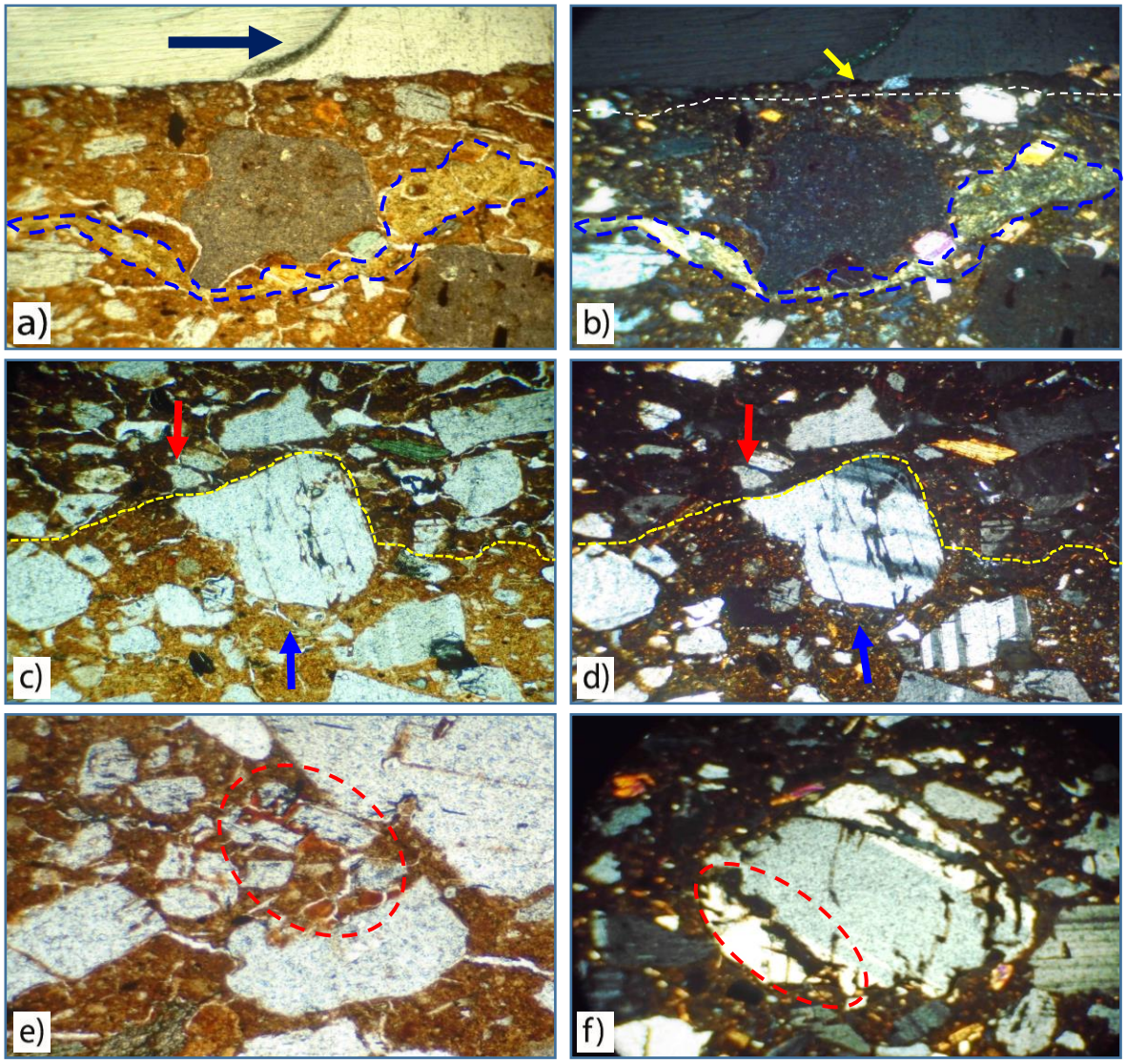
***f)** (LXP) La baja birrefringencia de la barbotina es igual a la de la matriz.*

COMAL PREHISPÁNICO	
MUESTRA: **SAN SIMONITO**	
I **MICROESTRUCTURA**	- **a) Poros (vacíos)** **Plana:** Distribución aleatoria, siendo más notorios en los márgenes y al interior de la muestra, no obstante, en el centro de la muestra se observa un área libre de poros. **Cavidades:** Poros irregulares **Orientación:** No se observa una orientación preferente con respecto a las paredes del tiesto. **Porcentaje dentro de la muestra: 9.6 %**
	- **b) C/f relación de distribución** - **Porfírica** **Distancia: Espaciado cerrado:** granos tienen puntos de contacto **Espaciado simple:** la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.
	- **c) Orientación preferente:** **Aleatoria;** Algunas de las inclusiones que presentan una orientación con respecto a las paredes de la muestra son partículas de hábito tabular como son plagioclasas de tamaño grueso, piroxenos y micas.
II **Masa Basal**	**a)** Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo
	b) Micromasa **(i) Estado óptico:** Ligeramente activa ópticamente **(ii) Birrefringencia de fábrica (fabrica-b):** Estriado aleatoria **(iii) Color:** **luz plana: Café amarillento claro** **nicoles cruzados: Café amarillento oscuro**
	c) Inclusiones
	(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF) **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Angular / Subredondeado **Forma**: Geométrica / Concoidal **Densidad óptica:** Neutra **Dirección en relación a la matriz:** Concordante **(ii) Composición mineral:** listado por grados de frecuencia descendente *(gráfico 32).*



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros / Difusos
Redondez: Redondeado / Subredondeado
Forma: Semiesférica / Amorfo
Densidad óptica: Negativa
Dirección en relación a la matriz: Concordante
Color: Luz plana: Amarillo - anaranjado
Nícoles cruzados: Amarillo claro / café amarillento claro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: poco 2.44 %
Se observan restos de suelo, cuya morfología es diferente a la matriz</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros
Redondez: Subredondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: fuerte/ moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Café rojizo claro
Nícoles cruzados: Café rojizo oscuro</td><td>Límites:
Nítidos / Claros
Redondez:
Angular / Subredondeado
Forma:
Geométrica / Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente, no observan evidencias de materia orgánica</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Revestimiento de arcilla y óxidos de hierro al interior de plagioclasas y en sus bordes.
- Evidencia de plagioclasa abierta por sus planos de crucero</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
Luz plana: Café claro
Nicoles cruzados: Café muy oscuro
b) Tamaño de partícula: Fino
c) Tipo de fábrica-b: Estriado lineal</td></tr>
</table>



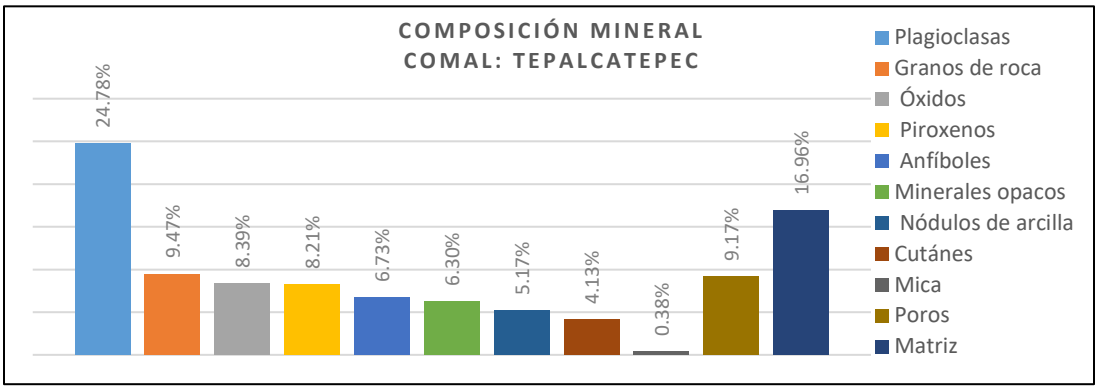
Fotomicrografías 32. Comal "San Simonito"

*(**a, b)** Orientación de poros y partículas. **a)** (LPP) Partículas poco orientadas respecto a las paredes del tiesto y distribución aleatoria. Restos alargados en dirección de las paredes del tiesto de arcilla no incorporada a la pasta y deformada al entrar en contacto partículas duras (rocas). **b)** (LXP) Mayor birrefringencia en los restos de arcilla en comparación con la matriz. Delgada capa de arcilla sobre la superficie del tiesto (flecha amarilla) del mismo material que el de la matriz formada durante el acabado de superficie.*

***c)** (LPP) Zona de contacto entre matriz sin exposición al fuego (flecha azul) y área de exposición al fuego (flecha roja). Fragmentos gruesos angulosos y subredondeados de plagioclasa. **d)** (LXP) Evidente perdida de birrefringencia del área expuesta al fuego en comparación con la matriz sin alteración.*

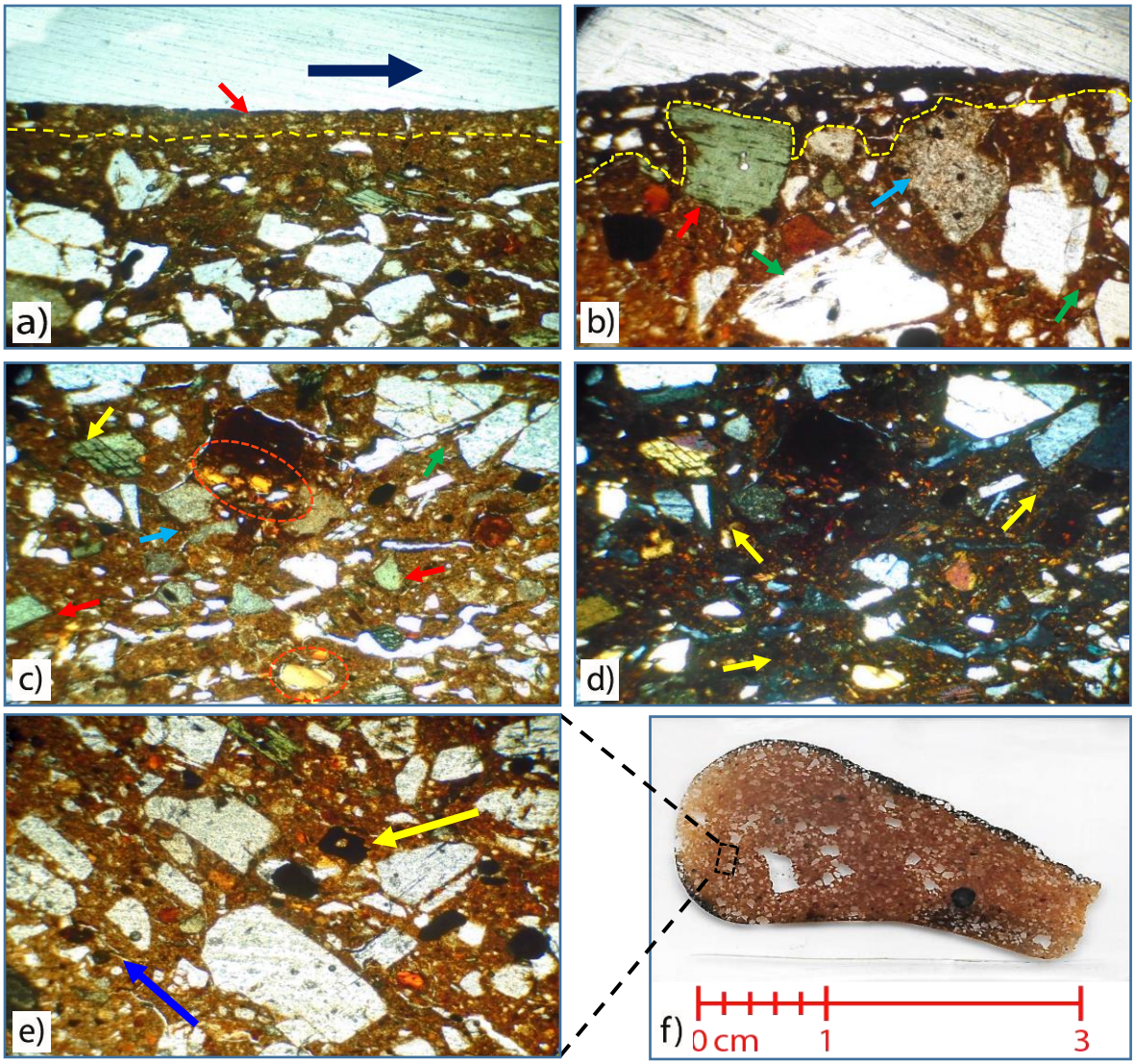
***e) (LPP), f) (LXP)** Revestimiento de óxido sobre las fracturas internas de cristales de plagioclasas.*

COMAL PREHISPÁNICO	
MUESTRA: TEPALCATEPEC	
I MICROESTRUCTURA	**a) Poros (vacíos)** **Planar:** Distribución aleatoria, se observan tanto al interior como en los márgenes de la muestra. **Cavidades:** Poros irregulares **Orientación:** Se observa una buena orientación de los poros, su arreglo es paralelo a las paredes del tiesto tanto al interior como en los márgenes de la muestra. Existe una zona de convergencia de poros en el área del borde. **Porcentaje dentro de la muestra: 9.17** %
	b) C/f relación de distribución - **Porfírica:** El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino. **Modificadores: Espaciado cerrado:** granos tienen puntos de contacto **Espaciado simple:** la distancia entre granos es menor que la medida de sus diámetros.
	c) Orientación preferente: Incipiente orientación de granos gruesos y de hábito tabular respecto a las paredes del tiesto. En el área del borde se observa una convergencia de la orientación de las inclusiones. se observa también un patrón en forma de espiral formado por inclusiones de mayor tamaño.
II Masa Basal	**a)** Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo
	b) Micromasa **(i) estado óptico:** Ligeramente activa ópticamente **(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b):** Estriada paralela, aleatorio. **(iii) color; luz plana: café amarillento claro** **nicoles cruzados: café amarillento oscuro**
	c) Inclusiones
	(i) Textura de los Fragmentos de roca arcillosa (ARF) **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Angular / Subredondeado **Forma**: Geométrica / Concoidal **Densidad óptica:** Negativa **Dirección con relación a la matriz:** Concordante **(ii) Composición mineral:** listado por grados de frecuencia descendente *(gráfico 33).*



<table>
<tr><td>III

Evidencias de restos de suelo</td><td colspan="2">a) Características principales.
Límites: Claros
Redondez: Redondeado
Forma: Amorfo / Semiesférica
Densidad óptica: Negativa
Dirección en relación a la matriz: Concordante
Color: luz plana: Café claro, café rojizo, anaranjado
Nicoles cruzados: Café rojizo oscuro, café amarillento oscuro.
Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla/cutanes: dominante 9.30%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">IV Características de óxidos y minerales opacos</td><td colspan="2">a) Características principales</td></tr>
<tr><td>Óxidos</td><td>Minerales Opacos</td></tr>
<tr><td></td><td>Límites: Claros
Redondez: Angular/ subredondeado
Forma: Semiesférica
Grado de impregnación: fuerte a moderado
Dirección / matriz: Concordante
Color: Luz plana: Rojo, anaranjado
Nicoles cruzados: Rojo, café oscuro</td><td>Límites:
Claros
Redondez:
Angular
Forma:
Semiesférica</td></tr>
<tr><td>V
Evidencias de “grog o chamota”</td><td colspan="2">- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante.</td></tr>
<tr><td>VI
Materia orgánica</td><td colspan="2">- Ausente</td></tr>
<tr><td>VII
Alteraciones de partículas</td><td colspan="2">- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro en plagioclasas.</td></tr>
<tr><td>VIII
Composición del acabado</td><td colspan="2">a) Color del engobe:
- Luz plana: café claro
-Nicoles cruzados: café muy oscuro
b) Tamaño de partícula: muy fina
c) Tipo de fábrica-b: lineal</td></tr>
</table>



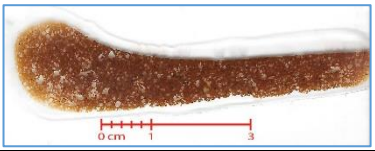
Fotomicrografías 33. Comal "Tepalcatepec".

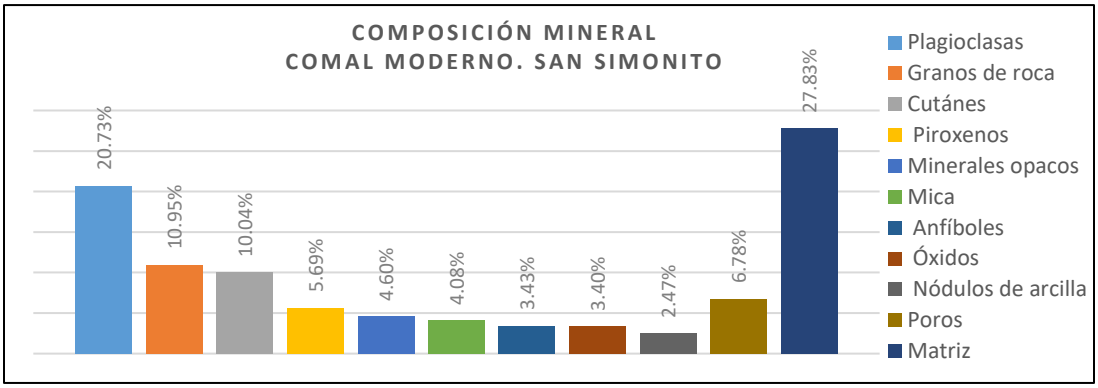
a) *(LPP) Incipiente alineamiento de poros y partículas en dirección de las paredes del tiesto, la mayor parte de las inclusiones están distribuidas de manera aleatoria. En la parte superior se observa una delgada capa compuesta por partículas finas de cuya composición es la misma de la matriz, formada durante el acabado de la superficie.*

b) *(LPP) Zona con exposición al fuego en contraste con el resto de la matriz donde es evidente el cambio de coloración. Fragmentos gruesos no alineados de roca (flecha azul), piroxeno (flecha roja) y plagioclasa (flecha verde).*

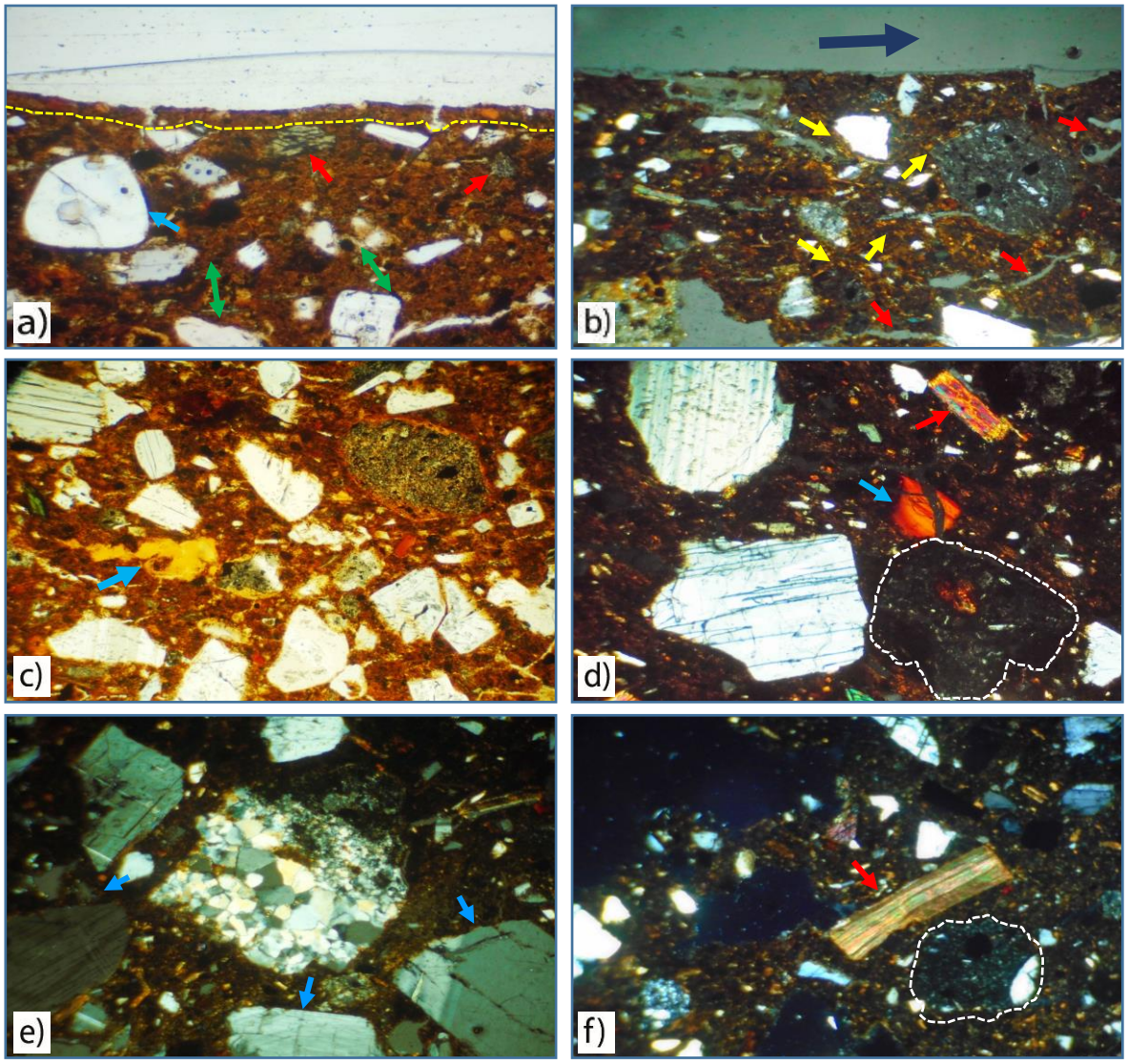
(c, d) *Componentes de la pasta* ***c)*** *(LPP) Arcilla de iluviación (círculo naranja) rodeada por fragmentos gruesos y finos de anfiboles (flecha amarilla), piroxenos (flecha roja), granos de roca (flecha azul) y plagioclasa (flecha verde). Distribución entre partículas (g/f) de tipo porfírica; separación entre partículas de tipo cerrado y espaciado simple.* ***d)*** *(LXP Contextura de birrefringencia (b-fabric) estriado aleatorio (flechas amarillas); birrefringencia media de la pasta.*

(e, f) e) *(LPP) Zona de cambio de dirección en la orientación de las partículas, producto de la acción del modelado del borde.* ***f)*** *Vista macroscópica de la muestra.*

<table>
<tr><th colspan="2">COMAL MODERNO</th></tr>
<tr><td colspan="2">MUESTRA: SAN SIMONITO  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">I
MICROESTRUCTURA</td><td>a) Poros (vacíos)
Plana: Distribución aleatoria
Cavidades: Poros irregulares
Orientación: Poca porosidad, distribución aleatoria a las paredes de la vasija.
Porcentaje dentro de la muestra: 6.78 %</td></tr>
<tr><td>b) C/f relación de distribución:
- Porfírica: El material más grueso se encuentra como una masa densa de material más fino.
Modificadores: Espaciados; granos tienen puntos de contacto
Espaciado simple; la distancia entre granos es menos que la medida de sus diámetros</td></tr>
<tr><td>c) Orientación preferente:
Aleatoria; se observa una distribución no ordenada de las inclusiones</td></tr>
<tr><td rowspan="4">II
Masa Basal</td><td>a) Homogénea; respecto a la sección delgada como un todo</td></tr>
<tr><td>b) Micromasa
(i) estado óptico; activa
(ii) birrefringencia de fábrica (fabrica-b): Estriado cruzado, estriado aleatorio
(iii) color:
luz plana: café rojizo
nicoles cruzados: Café amarillento oscuro</td></tr>
<tr><td>c) Inclusiones</td></tr>
<tr><td>(i) Textura: Fragmentos de roca arcillosa (ARF)
Límites: Nítidos / Claros
Redondez: Subredondeado / Angular
Forma: Geométrica / Concoidal
Densidad óptica: Negativa
Dirección en relación a la matriz: Discorcordante
(ii) Composición mineral: Listado por grados de frecuencia (gráfico 34).</td></tr>
</table>



III **Evidencias de restos de suelo**	**a) Observar características de edaforrasgos.** **Límites**: Claros / Difusos **Redondez**: Subredondeado/Redondeado **Forma**: Distorsionada **Densidad óptica**: Negativa **Dirección en relación a la matriz**: Concordante **Color**: **luz plana**: café amarillento, Amarillo rojizo **Nicoles cruzados**: Café amarillento oscuro, café rojizo Porcentaje dentro de la muestra: Nódulos de arcilla / cutanes: frecuente **12.51 %**	
IV Características de óxidos y minerales opacos	**a) Características principales**	
	Óxidos	**Minerales Opacos**
	Límites: Difusos **Redondez**: subredondeado **Forma**: Semiesférica / Distorsionada **Grado de impregnación:** moderado **Dirección/matriz:** Concordante **Color**: **luz plana**: Rojo **Nicoles cruzados**: Café, café rojizo.	**Límites:** Claros **Redondez:** Angular / Redondeado **Forma:** Semiesférica / Distorsionada.
V Evidencias de **"grog o chamota"**	- No se observan evidencias de material cerámico utilizado como desgrasante	
VI **Materia orgánica**	- Ausente No se observa pigmentación de materia orgánica sobe la matriz o masa basal.	
VII **Alteraciones de partículas**	- Incipiente revestimiento de óxidos de hierro al interior y en los bordes de plagioclasas, granos de roca	
VIII **Composición del acabado**	**a) Color del engobe:** **- Luz plana:** Café rojizo **-Nicoles cruzados: C**afé amarillento **b) Tamaño de partícula:** Fino **c) Tipo de fábrica-b:** Estriada aleatoria	



Fotomicrografías 34. Comal moderno. San Simonito

a) *(LPP) Delgada capa de barbotina creada sobre la superficie del tiesto durante el alisado (línea amarilla), grano de cuarzo redondeado (flecha azul), piroxenos (flechas rojas) y plagioclasas (flechas verdes) subredondeados.* ***b)*** *(LXP) Distribución aleatoria de inclusiones y poros (flechas rojas) respecto a las paredes del tiesto; patrón de contextura de birrefringencia de tipo estriado cruzado (las flechas amarillas indican la dirección de las estrías). Birrefringencia media de la matriz.*

(c, d) *Tamaño de las inclusiones.* ***c)*** *(LPP) Arcilla de iluviación (flecha azul) rodeada por granos finos de plagioclasa y rocas de forma subangulares y subredondeados.* ***d)*** *(LXP) Granos gruesos subangulares y subredondeados de plagioclasa y roca (línea blanca), cutan (flecha azul) y mica de tamaño fino (flecha roja).*

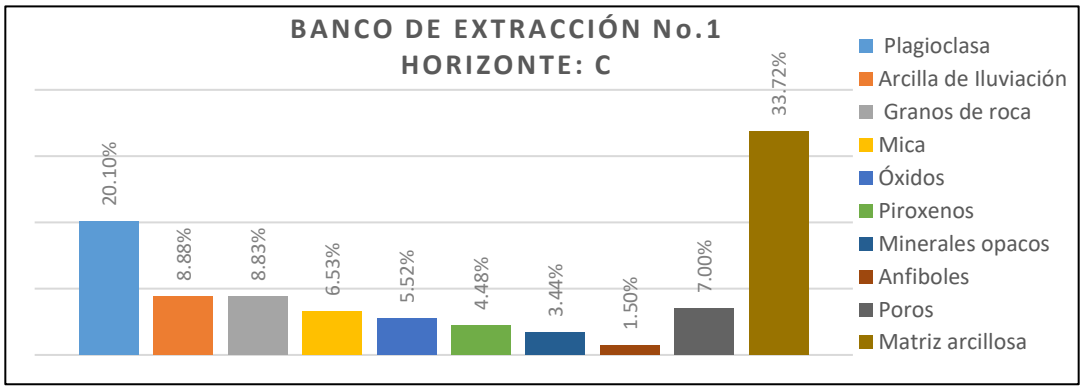
e) *(LPP) Cuarzo policristalino, rodeado por granos gruesos de plagioclasa (flechas azules).*

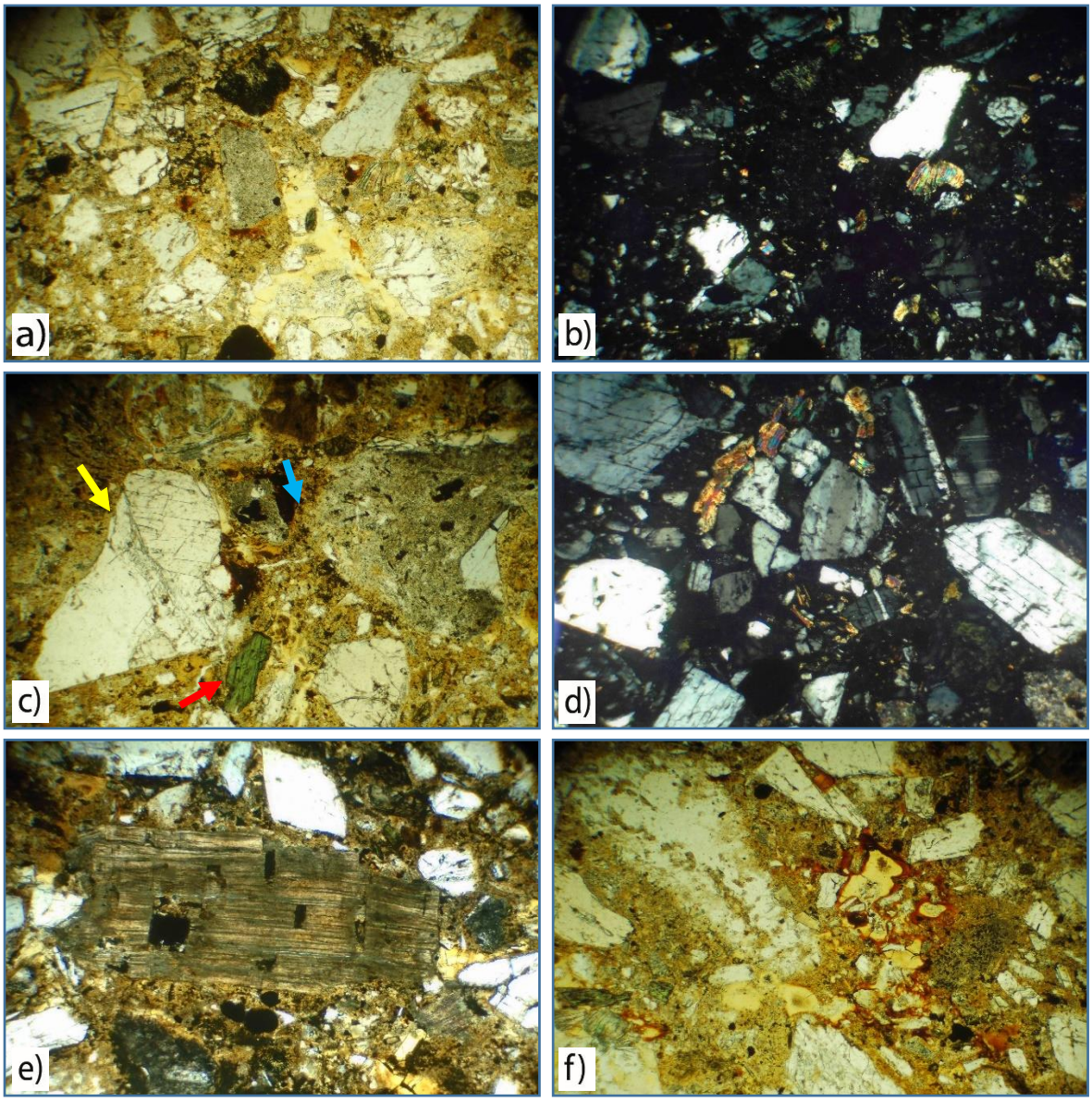
f) *(LXP) Mica (flecha roja) rodeada por material fino subangular y granos de roca subredondeado (línea blanca).*

1.5.7 Descripción petrográfica de suelos

1.5.7.1 Muestras de suelo: Banco de extracción de materia prima No.1

Muestra de suelo No. 1		
Horizonte	**C**	
MASA BASAL	**Microestructura: Porfírica:** El material grueso se encuentra sobre material más fino.	
	Porosidad: Fisuras: Poros planares alargados en zigzag.	
	Patrón de distribución relacionada (g/f): **Porfírica cerrada:** El material más grueso se encuentra sobre una masa densa de material más fino. Las partículas más gruesas tienen puntos de contacto.	
MICROMASA	**Color:** (LPP) Café amarillento (LXP) Colores de 1° orden	
	Limpidez: Moteado; alternancia de zonas claras y oscuras	
	Contextura de birrefringencia (b-fabric): **Indiferenciada:** La micromasa tiende a desaparecer debido a la ausencia de colores de interferencia en la fracción fina.	
COMPONENTES GRUESOS	Fragmentos gruesos angulares y subredondeados de roca; piroxenos, micas y plagioclasa angulares y subredondeados de forma alargada. Tamaño de partícula arena gruesa. Fragmentos finos de mica de forma alargada y plagioclasa angulares y subredondeados.	
MATERIA ORGÁNICA	Manchas oscuras irregulares sobre la matriz arcillosa. Evidencia de fotolitos	
EDAFORRASGOS	Revestimientos y rellenos de arcilla de iluviación en poros y huecos. Acumulación de óxidos (compuestos de hierro) de impregnación fuerte a moderada sobre la superficie y en poros.	
COMPOSICIÓN MINERAL		

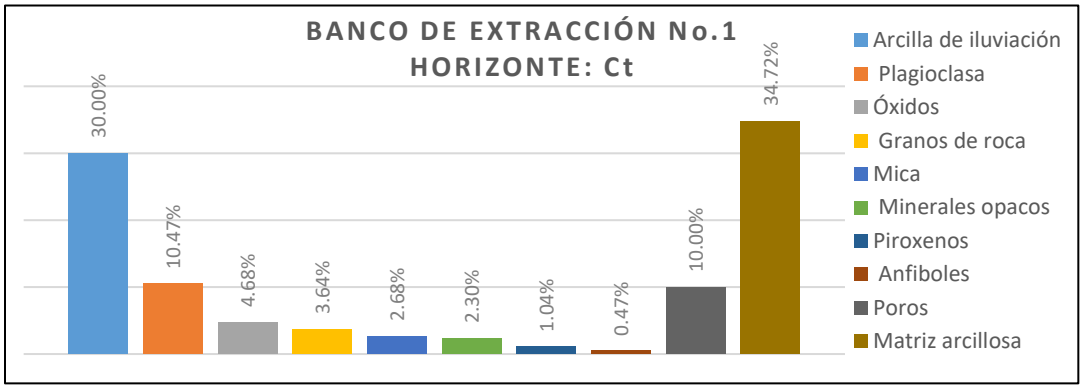


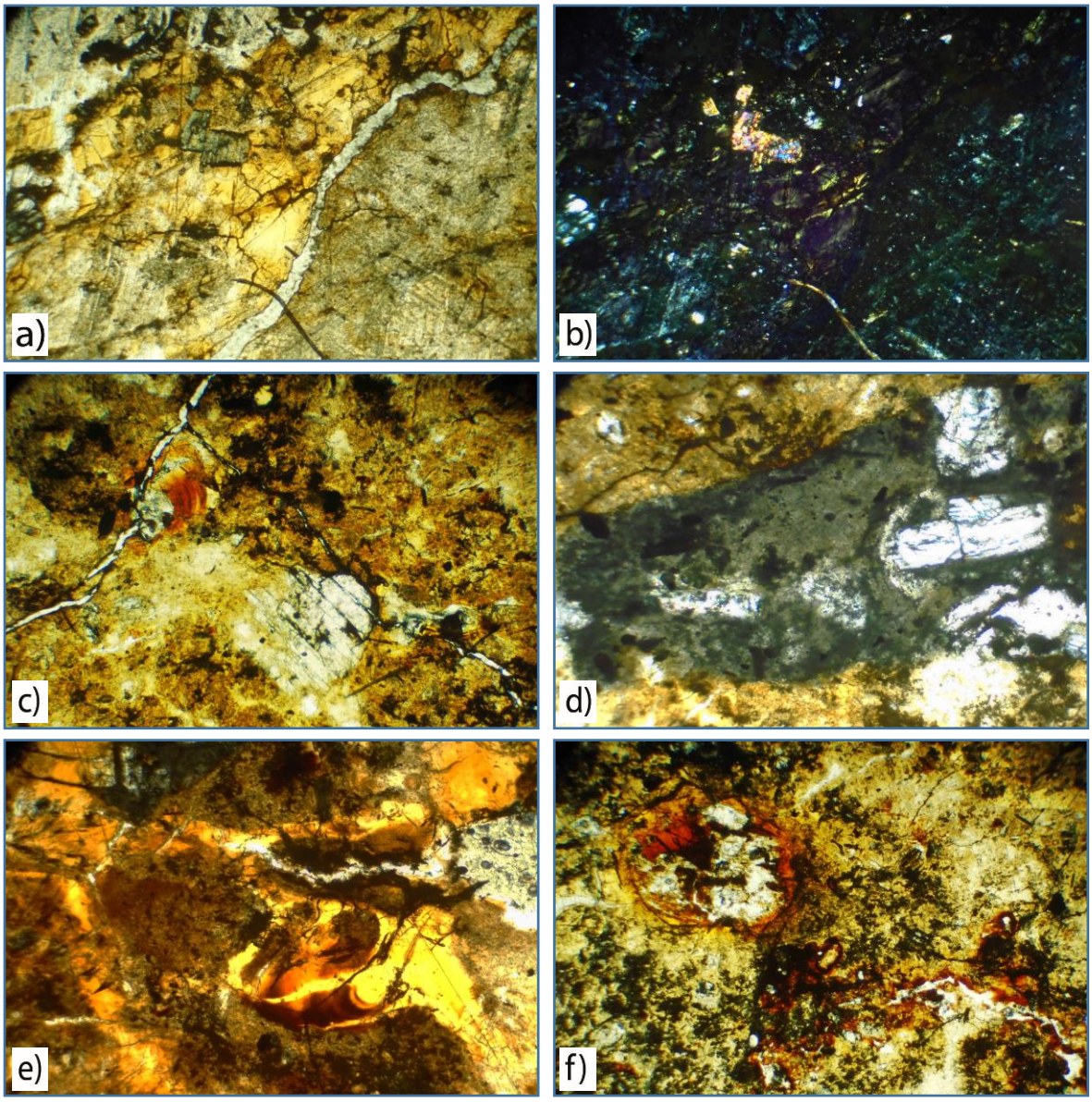


Fotomicrografías 35. Rasgos micromorfológicos de horizonte de suelo C. Banco de extracción 1. ***a)*** *(LPP) Matriz de suelo de color moteado y distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica cerrada.* ***b)*** *(LXP) Contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo indiferenciada; colores bajos de interferencia.*

(c, d, e) *Componentes gruesos de la matriz.* ***c)*** *(LPP) Fragmentos gruesos subangulares de plagioclasa (flecha amarilla), fragmento subredondeado de roca volcánica (flecha azul), piroxenos (flecha roja).* ***d)*** *(LXP) fragmentos finos de mica y piroxenos rodeados por partículas gruesas y finas angulares y subredondeados de plagioclasa de forma alargada. e****)*** *(LPP) Cristal grueso de mica rodeado por fragmentos subangulares y redondeados de plagioclasa y rocas.*

f) *(LPP) Arcilla de iluviación rodeada por óxidos de hierro.*

<table>
<tr><th colspan="3">Muestra de suelo No. 2</th></tr>
<tr><td>Horizonte</td><td>Ct</td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="3">MASA BASAL</td><td colspan="2">Microestructura:
Fracturada o fisural: Material denso con algunas grietas no interconectadas.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Porosidad: Fisuras: Poros planares alargados en zigzag.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Patrón de distribución relacionada (g/f):
Porfírica abierta: El material más grueso se encuentra sobre una masa densa de material más fino. Los granos gruesos son poco abundantes y la distancia entre ellos es más grande que su diámetro.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">MICROMASA</td><td colspan="2">Color: (LPP) Café amarillento claro. (LXP) Colores de 1° orden</td></tr>
<tr><td colspan="2">Limpidez: Moteado</td></tr>
<tr><td colspan="2">Contextura de birrefringencia (b-fabric):
Indiferenciada: La micromasa tiende a desaparecer debido a la ausencia de colores de interferencia en la fracción fina.</td></tr>
<tr><td>COMPONENTES GRUESOS</td><td colspan="2">Fragmentos gruesos de roca y plagioclasa angulares y subredondeados de forma alargada. Tamaño de partícula arena gruesa.
Fragmentos finos de mica de forma alargada y plagioclasa angulares y subredondeados.</td></tr>
<tr><td>MATERIA ORGÁNICA</td><td colspan="2">Manchas oscuras irregulares sobre la matriz arcillosa.
Evidencia de fitolitos.</td></tr>
<tr><td>EDAFORRASGOS</td><td colspan="2">Revestimientos y rellenos de arcilla de iluviación en poros y huecos.
Acumulación de óxidos (compuestos de hierro) de impregnación fuerte a moderada sobre la superficie y en poros.</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPOSICIÓN MINERAL</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>



Fotomicrografías 36. Rasgos micromorfológicos de horizonte Ct. Banco de extracción 1.

a) *(LPP) Poro alargado en zigzag que divide acumulación de arcilla de iluviación y material limoso de la matriz del suelo. Al centro fragmento fino de mica.* ***b)*** *(LXP) B-fabric Indiferenciada, la matriz está caracterizada por la ausencia de colores de interferencia.*

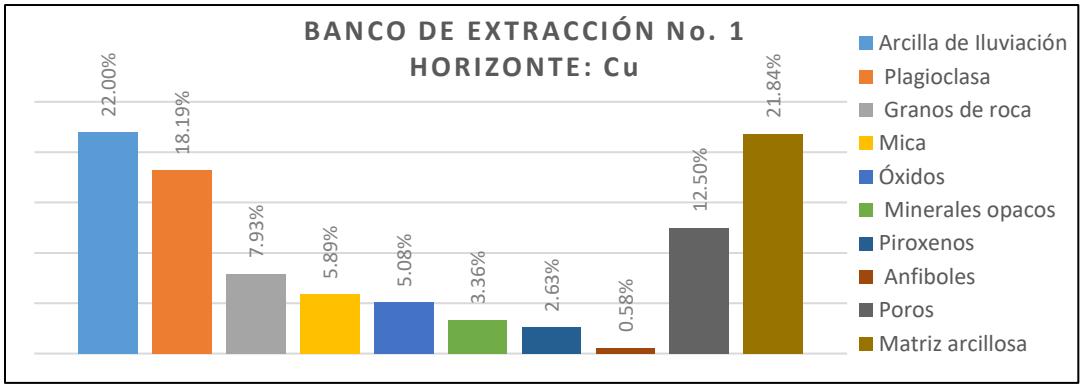
c) *(LPP) Coloración moteada de la matriz debido a la presencia de restos orgánicos (manchas irregulares de color negro.) Fragmento subredondeado de plagioclasa (centro inferior).*

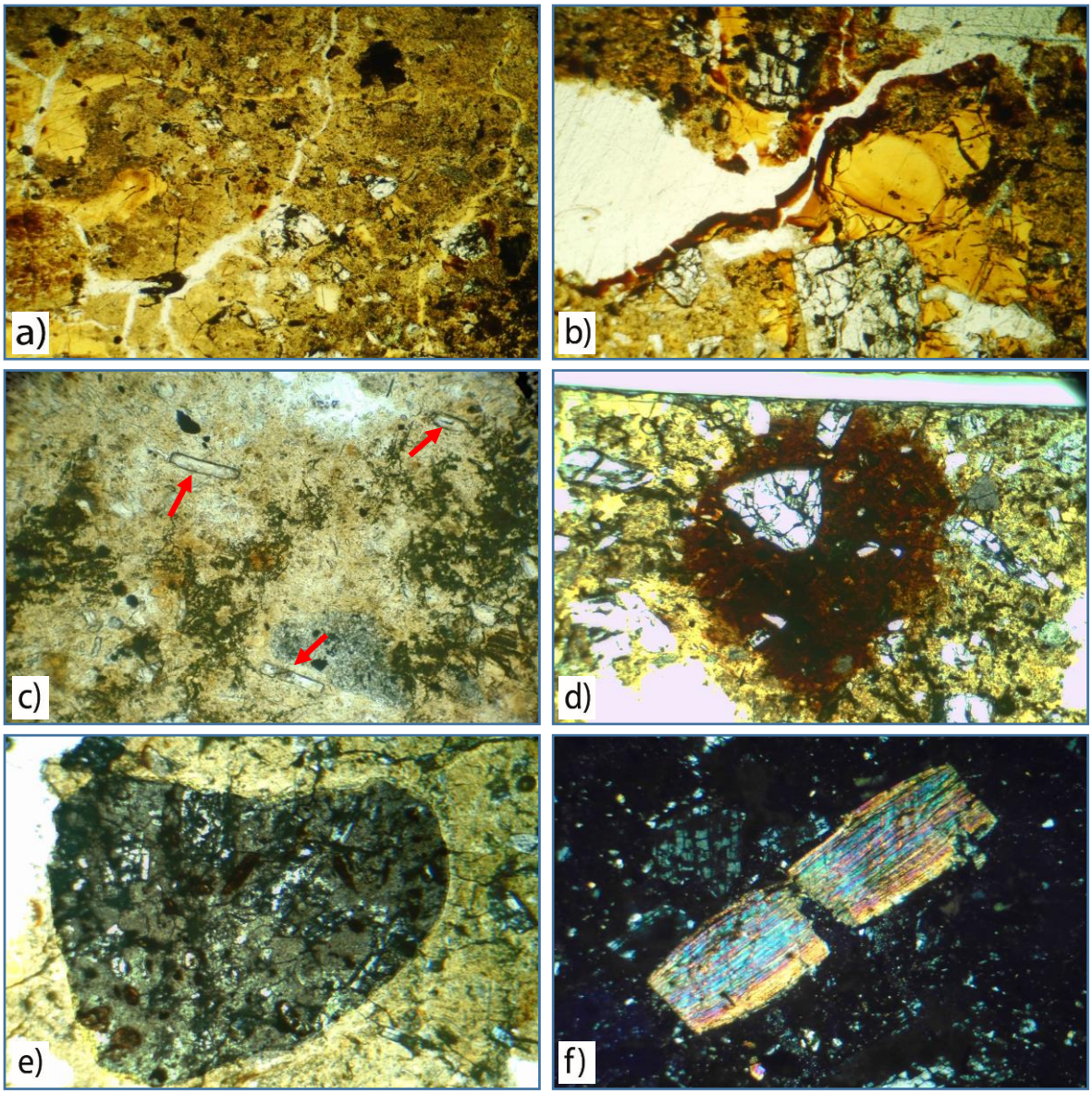
d) *(LPP) Fragmento grueso subangular y alargado de roca de origen volcánico (andesita).*

e) *(LPP) Revestimiento de poros y relleno de huecos mediante arcilla de iluviación caracterizada por su limpidez. Las tonalidades rojizas son consecuencia de la presencia de óxido de hierro.*

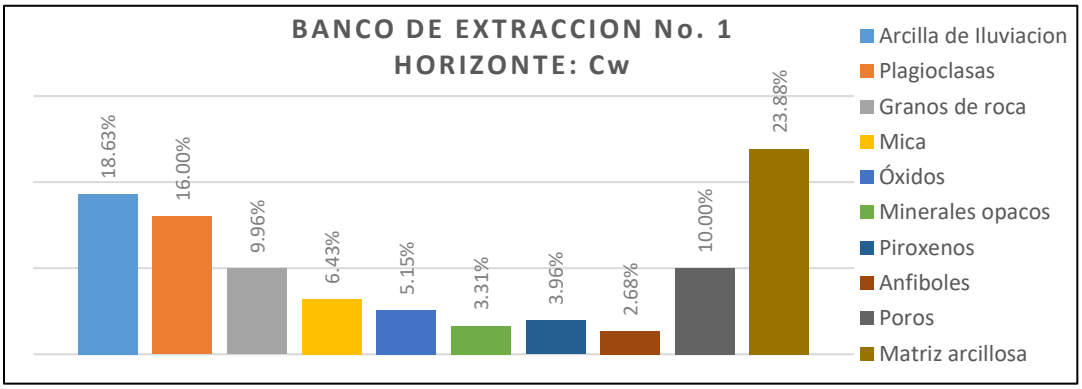
f) *(LPP) Acumulación de óxidos de hierro en las paredes de poros y alrededor de partículas.*

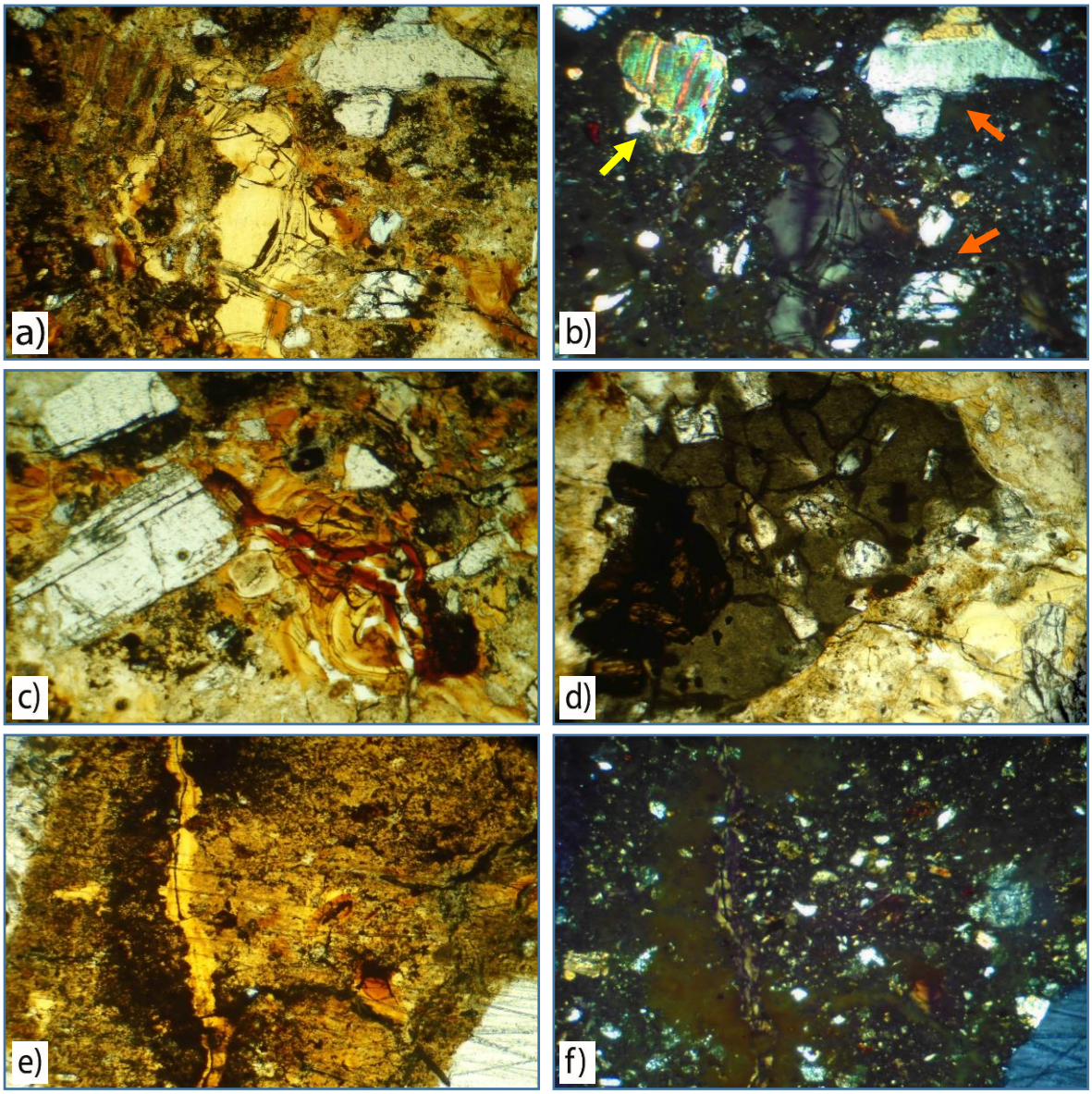
Muestra de suelo No. 3		
Horizonte	**Cu**	
MASA BASAL	**Microestructura:** **Fracturada o fisural:** Material denso con algunas grietas no interconectadas.	
	Porosidad: Fisuras: Poros planares alargados en zigzag.	
	Patrón de distribución relacionada (g/f): **Porfírica abierta:** El material más grueso se encuentra sobre una masa densa de material más fino. Los granos gruesos son poco abundantes y la distancia entre ellos es más grande que su diámetro.	
MICROMASA	**Color:** (LPP) Café amarillento claro. (LXP) Colores de 1° orden	
	Limpidez: Moteado: alternancia de zonas claras y oscuras.	
	Contextura de birrefringencia (b-fabric): **Indiferenciada:** La micromasa tiende a desaparecer debido a la ausencia de colores de interferencia en la fracción fina.	
COMPONENTES GRUESOS	Fragmentos gruesos y finos angulares y subredondeados de roca. Tamaño de partícula arena gruesa. Fragmentos finos y gruesos de mica de forma alargada y hábito tabular.	
MATERIA ORGÁNICA	Manchas oscuras irregulares sobre la matriz arcillosa. Evidencia de fitolitos.	
EDAFORRASGOS	Revestimientos y rellenos de arcilla de iluviación en poros y huecos. Acumulación de óxidos (compuestos de hierro) de impregnación fuerte a moderada sobre la superficie y en poros.	
COMPOSICIÓN MINERAL		





Fotomicrografías 37. Rasgos micromorfológicos de horizonte de suelo Cu. Banco de extracción 1.
a) *(LPP) Matriz de suelo de color moteado debido a la presencia de materia orgánica (manchas negras). Huecos y poros planos en zigzag rellenos de arcilla de iluviación.*
b) *(LPP) Revestimientos de arcilla de iluviación y de óxidos de hierro sobre las paredes de poros. La limpidez de la arcilla de iluviación es evidente.*
c) *Fitolitos (células vegetales mineralizados) alargados de límites lisos incorporados en la matriz de suelo. (Flechas rojas).*
d) *(LPP) Nódulo de óxido de hierro de impregnación fuerte y limites difusos.*
e) *(LPP) Fragmento grueso subredondeado de roca volcánica (andesita) rodeado por material fino.*
f) *(LXP) Cristal de mica de hábito tabular con sus característicos colores de interferencia de 3° orden. B-fabric de la matriz de tipo indiferenciado, baja birrefringencia de la matriz.*

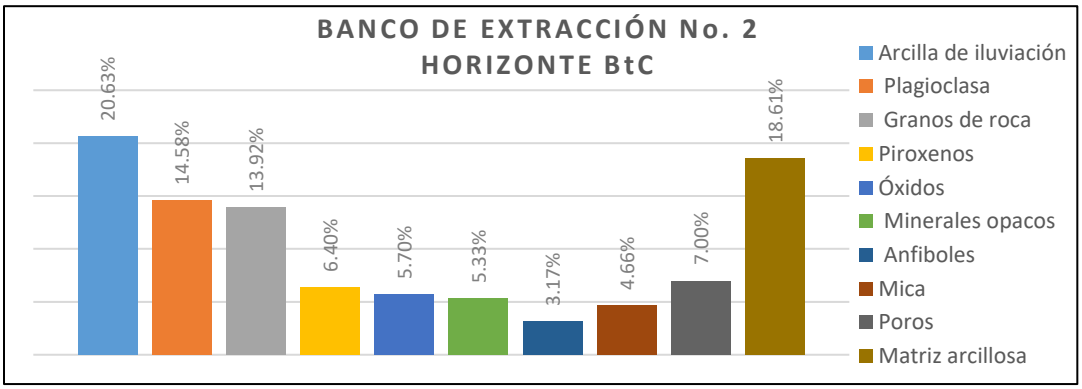
<table>
<tr><th colspan="3">Muestra de suelo No. 4</th></tr>
<tr><td>Horizonte</td><td>Cw</td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="3">MASA BASAL</td><td colspan="2">Microestructura:
Fractural o fisural: El material denso con fisuras no interconectadas.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Porosidad: Fisuras: Poros planares alargados en zigzag no interconectados.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Patrón de distribución relacionada (g/f):
Porfírica espaciado simple: El material más grueso se encuentra sobre una masa densa de material más fino. La distancia entre partículas es menor a su diámetro medio.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">MICROMASA</td><td colspan="2">Color: (LPP) Amarillo parduzco (LXP) Colores de 1° orden</td></tr>
<tr><td colspan="2">Limpidez: Moteado; alternancia de zonas claras y oscuras</td></tr>
<tr><td colspan="2">Contextura de birrefringencia (b-fabric):
Indiferenciada: La micromasa tiende a desaparecer debido a la ausencia de colores de interferencia en la fracción fina.</td></tr>
<tr><td>COMPONENTES GRUESOS</td><td colspan="2">Fragmentos gruesos angulares y subredondeados de roca; micas y plagioclasa angulares y subredondeados de forma alargada. Tamaño de partícula arena gruesa a media.
Fragmentos finos de mica de forma alargada, piroxenos y plagioclasas angulares y subredondeados.</td></tr>
<tr><td>MATERIA ORGÁNICA</td><td colspan="2">Manchas oscuras irregulares sobre la matriz arcillosa. Restos de fitolitos.</td></tr>
<tr><td>EDAFORRASGOS</td><td colspan="2">Revestimientos y rellenos de arcilla de iluviación en poros y huecos. Acumulación de óxidos (compuestos de hierro) de impregnación fuerte a moderada sobre la superficie, en poros. Y alrededor de partículas.</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPOSICIÓN MINERAL</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>

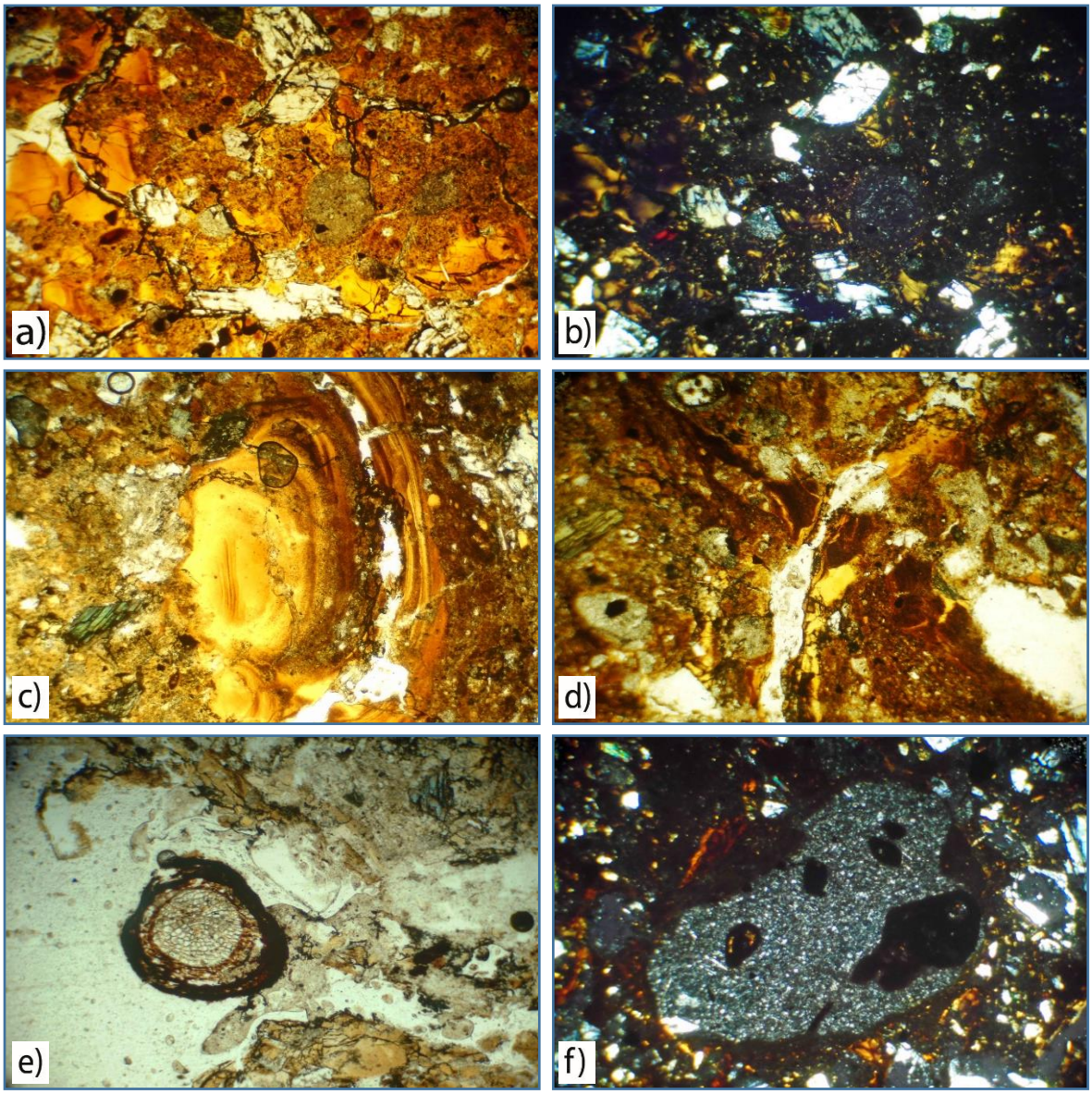


Fotomicrografías 38. Rasgos micromorfológicos de horizonte suelo Cw. Banco de extracción 1. ***(a, b)*** *Microestructura de la matriz.* ***a)*** *(LPP) Relleno de arcilla de iluviación caracterizada por su evidente limpidez. Color moteado de la matriz caracterizado por la alternancia de zonas claras y oscuras.* ***b)*** *(LXP) El relleno de arcilla presenta líneas de extinción difusas producto de una orientación parcial de las partículas de arcilla. Fragmentos gruesos de mica (flecha amarilla) y plagioclasa (flechas naranjas) en un patrón de distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica de espacio simple. Contextura de birrefringencia de tipo indiferenciada.*
(c, d) *Componentes gruesos de la matriz.* ***c)*** *(LPP) Fragmentos gruesos subangualres y alargados de plagioclasa que rodean un depósito de arcilla de iluviación con un alto contenido de óxido de hierro.* ***d)*** *(LPP) Fragmento grueso subangular de roca volcánica (andesita) incorporado a la matriz.*
e) *(LPP) Poro en zigzag con relleno denso de arcilla de iluviación.* ***f)*** *(LXP) Fracción fina de la matriz.*

5.5.7.2 Muestra de suelo: Banco de extracción de materia prima No.2

Muestra de suelo No. 1		
Horizonte	**BtC**	
MASA BASAL	**Microestructura: Porfírica:** El material grueso se encuentra sobre material más fino.	
	Porosidad: Fisuras: Poros planares alargados en zigzag no interconectados.	
	Patrón de distribución relacionada (g/f): **Porfírica espaciado simple:** El material más grueso se encuentra sobre una masa densa de material más fino. La distancia entre partículas es menor a su diámetro medio.	
MICROMASA	**Color:** (LPP) Café rojizo (LXP) Colores de 1° orden	
	Limpidez: Moteado; alternancia de zonas claras y oscuras	
	Contextura de birrefringencia (b-fabric): **Indiferenciada:** La micromasa tiende a desaparecer debido a la ausencia de colores de interferencia en la fracción fina.	
COMPONENTES GRUESOS	Fragmentos gruesos angulares y subredondeados de roca; piroxenos, micas y plagioclasa angulares y subredondeados de forma alargada. Tamaño de partícula arena gruesa. Fragmentos finos de mica de forma alargada y plagioclasa angulares y subredondeados.	
MATERIA ORGÁNICA	Manchas oscuras irregulares sobre la matriz arcillosa. Restos de raíces. Restos de fitolitos.	
EDAFORRASGOS	Revestimientos y rellenos de arcilla de iluviación en poros y huecos. Acumulación de óxidos (compuestos de hierro) de impregnación fuerte a moderada sobre la superficie y en poros.	
COMPOSICIÓN MINERAL		



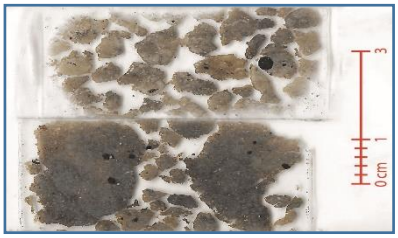
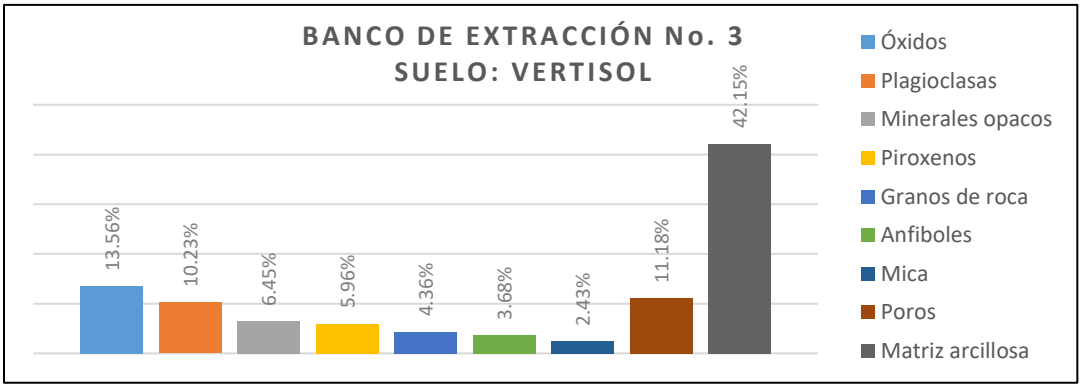


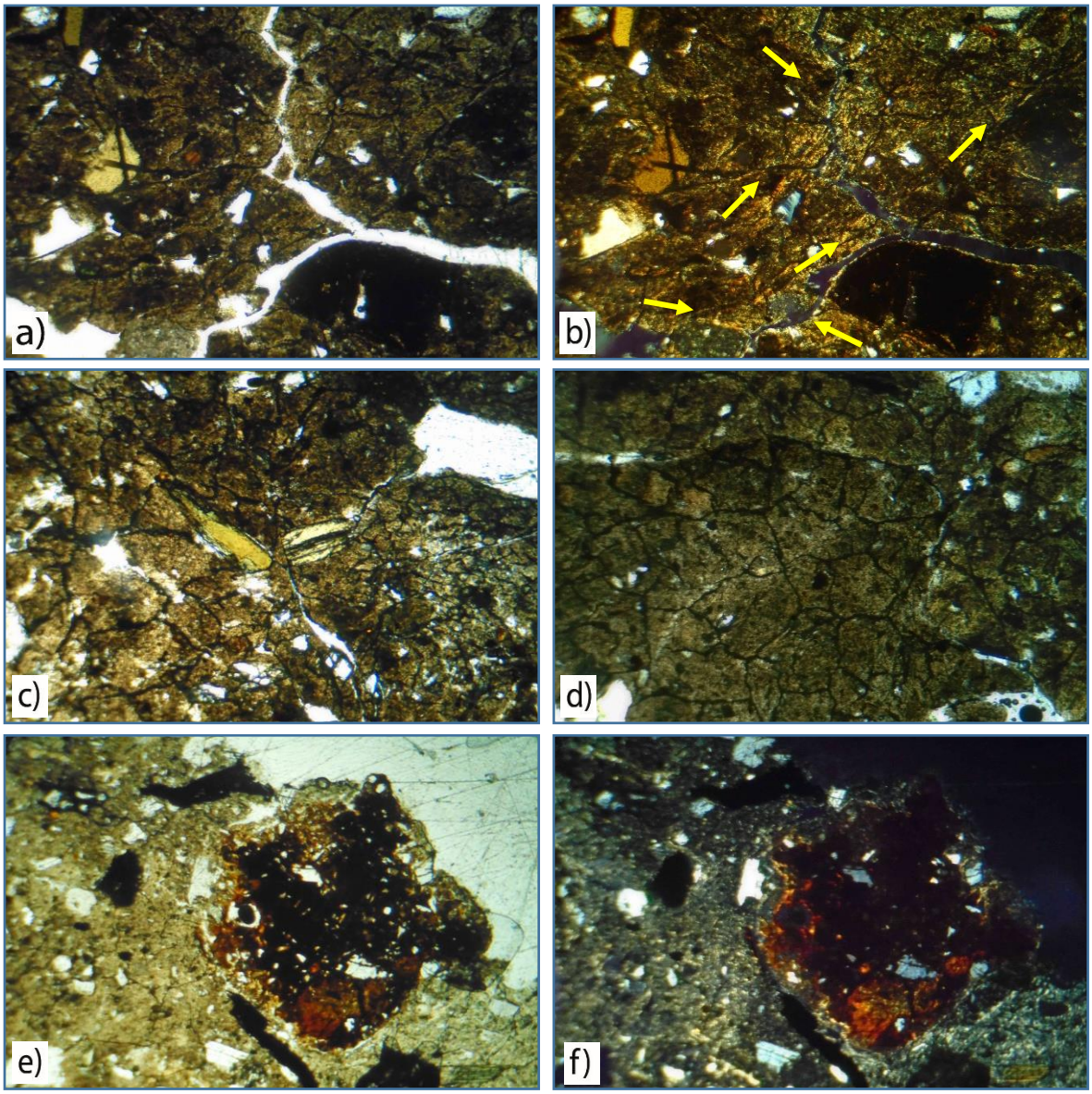
Fotomicrografías 39. Rasgos micromorfológicos de horizonte de suelo BtC. Banco de extracción 2. ***(a, b)*** *Microestructura de la matriz de suelo.* ***a)*** *(LPP) Altas concentraciones de arcilla de iluviación incorporada a la matriz del suelo. Coloración parduzca de la matriz, el color rojizo es consecuencia de la alta concentración de óxidos de hierro. Distribución relacionada (g/f) de tipo porfírica espaciado simple.* ***b)*** *(LXP) La arcilla de iluviación presenta colores de interferencia altos que contrasta con la baja birrefringencia de la matriz del suelo.*

(c, d) *Rellenos arcillosos impuros.* ***c)*** *(LPP) Relleno de arcilla de iluviación microlaminado acompañado con partículas de tamaño limo.* ***d)*** *(LPP) Relleno arcilloso impuro de tamaño limo con textura fluidal.*

e) *(LPP) Tejido vegetal perteneciente a restos de raíz.* ***f)*** *(LXP) Fragmento subredondeado de roca volcánica (andesita) rodeado por material fino.*

5.5.7.3 Muestra de suelo: Banco de extracción de materia prima No. 3

<table>
<tr><th colspan="3">Muestra de suelo No. 1</th></tr>
<tr><td>SUELO</td><td>VERTISOL</td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">MASA BASAL</td><td colspan="2">Microestructura:
Agregados en bloques subangulares: Los agregados están separados por fisuras cortas y sus caras en general se acomodan entre sí.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Porosidad: Fisuras: Poros planares interagregados alargados en zigzag interconectados.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Patrón de distribución relacionada (g/f):
Mónica fina: La fracción fina es dominante, los granos gruesos son poco abundantes y muy separados unos de otros.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">MICROMASA</td><td colspan="2">Color: (LPP) café claro parduzco (LXP) Café amarillento claro</td></tr>
<tr><td colspan="2">Limpidez: Moteado; alternancia de zonas claras y oscuras</td></tr>
<tr><td colspan="2">Contextura de birrefringencia (b-fabric):
Estriada al azar: conjunto de estrías que se interceptan en diferentes ángulos.</td></tr>
<tr><td>COMPONENTES GRUESOS</td><td colspan="2">Fragmentos finos angulares y subredondeados de piroxenos y plagioclasas. Granos finos subredondeados de roca.</td></tr>
<tr><td>MATERIA ORGÁNICA</td><td colspan="2">Manchas oscuras irregulares sobre la matriz arcillosa.</td></tr>
<tr><td>EDAFORRASGOS</td><td colspan="2">Nódulos de óxidos (compuestos de hierro) de impregnación fuerte a moderada sobre la superficie de forma irregular y semiesférica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPOSICIÓN MINERAL</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td></tr>
</table>



Fotomicrografías 40. Rasgos micromorfológicos de suelo vertisol. Banco de extracción 3.
(a, b) Microestructura de la matriz. a) *(LPP) Microestructura con agregados en bloques subangulares parcialmente acomodado; poros interconectados en zigzag.*
b) *(LXP) Contextura de birrefringencia (b-fabric) de tipo estriada, las estrías se interceptan en diferentes ángulos (flechas amarillas).*
(c, d) *Composición fina de la matriz.* ***c)*** *(LPP) Patrón de distribución relacionada de tipo mónica fina es evidente la ausencia de materiales gruesos; al centro fragmentos irregulares de piroxenos y mica.*
d) *(LPP) Coloración moteada de la matriz acompañada de escasas partículas finas.*
(e, f) *Nódulo de óxido de hierro fuertemente impregnado de límites irregulares rodeado por restos de materia orgánica (manchas negras irregulares).* ***f)*** *Misma área vista en nicoles cruzados.*

CAPÍTULO 6: RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos del análisis petrográfico de las muestras seleccionadas y se sintetiza la información obtenida mediante las cédulas de descripción utilizadas para el análisis de un total de 40 secciones delgadas, de las cuales 33 son cerámica arqueológica, 1 es de un comal moderno y 6 son muestras de suelo.

En el caso de las muestras de cerámica arqueológica los resultados se presentan de acuerdo a los siete grupos de pasta identificados, abordando de manera general las características físicas observadas en las diferentes muestras que integran los grupos. De igual manera la información relacionada con las inclusiones se sintetiza a manera de tablas de porcentajes para tener una visión más amplia acerca de la composición mineral de la pasta permitiendo observar qué partículas son más abundantes y cuales son menos frecuentes.
También se resume la información obtenida sobre la fábrica cerámica determinada a partir del uso de la micromorfología de suelo, poniendo especial atención en la distribución y orientación de poros y partículas, la relación entre material fino y grueso y el grado de birrefringencia de la matriz. Finalmente se abordan aspectos relacionados con el acabado de superficie.

Para las muestras de comales prehispánicos y moderno los datos se abordan de manera similar a como ocurre con los grupos de pasta, donde se resumen las principales características petrográficas que presentan a su vez que son comparadas entre sí.
Respecto a las muestras de suelo los datos que se presentan corresponden principalmente a la abundancia, tamaño, forma y naturaleza de las inclusiones.

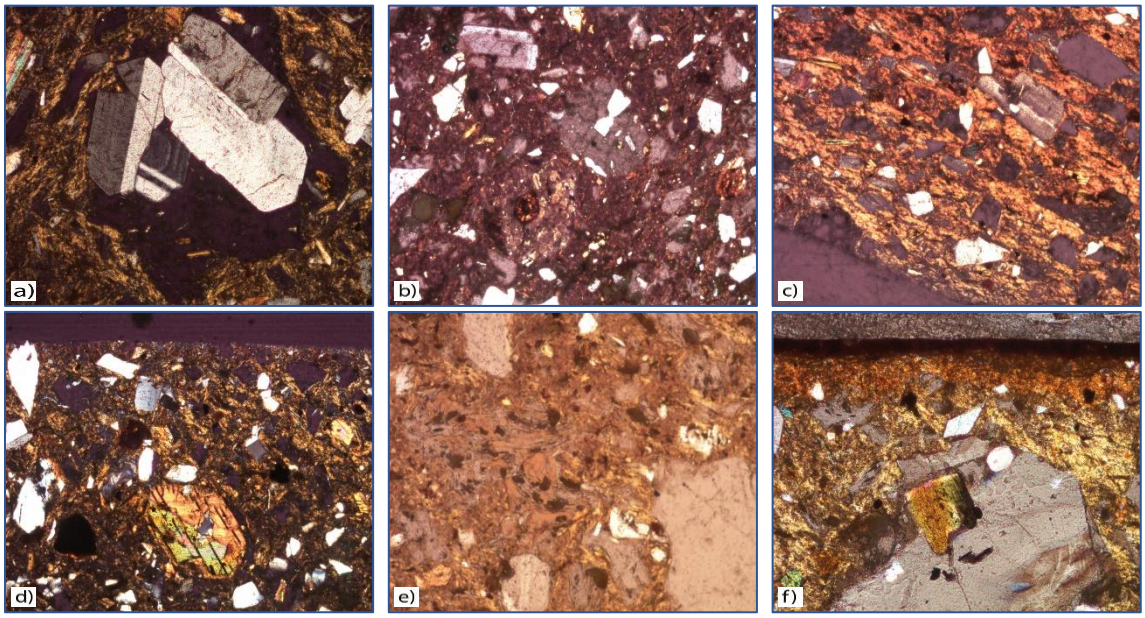
A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis petrográfico realizado a las muestras seleccionadas, comenzando con las descripciones del material cerámico y finalizando con las muestras de suelo.

6.1 Grupos de pasta

6.1.1 Pasta 1. Inclusiones blancas transparentes

Los componentes de este grupo son principalmente de origen mineral, y se clasifica como una pasta no calcárea. El rango de tamaño de las partículas va de arena fina (0.125mm-0.250mm) a arenas medias (0.250mm-0.5mm). Está compuesta principalmente de vidrio vesicular (pumita) y plagioclasa *(tabla 1);* la distribución del tamaño de partícula es polimodal con poca uniformidad en el tamaño de los granos. Las inclusiones por lo general van de subredondeadas a subangulares con escasos granos redondeados; esta variabilidad tanto en tamaño como en forma permite asumir que la pumita se encuentra de manera natural en la arcilla. La distribución de las partículas es homogénea en todo el grosor del tiesto; en cuanto a la orientación, las partículas están ligeramente dispuestas en relación a las paredes siendo más evidente en el área cercana a los márgenes, al interior la orientación es aleatoria. En las muestras 3 y 5 las partículas están bien orientadas en dirección de las paredes del tiesto. La porosidad es alta (10.64%), observándose principalmente poros secundarios de forma plana, su orientación por lo general es regular en relación a las paredes del tiesto, con excepción de las muestras 3 y 5 donde los poros están bien orientados. Por su parte el patrón de distribución relacionada (*c/f*) entre material fino y grueso es porfírica de tipo cerrada y de espaciado simple. El color de la micromasa (matriz) generalmente es de color café amarillento en LLP y café amarillento oscuro en LXP; respecto a la contextura de birrefringencia (*b-fabric*) predomina el patrón estriado cruzado y estriado aleatorio, los colores de birrefringencia son altos por lo que se le considera ópticamente activa, lo que indica temperaturas de cocción inferiores a los 750-800°C. En cuanto a la manufactura, las características en el ordenamiento de las partículas (lineal en las paredes-aleatorio al interior) sugieren el modelado como la principal técnica de confección. El acabado es alisado, cuyo ordenamiento regular de las partículas en el área cercana a las paredes indica que fue realizado con poca intensidad. El acabado de la muestra 5 (cajete de paredes recto divergentes) es un pulido donde la intensidad que se aplica sobre la superficie para lograr este acabado explica por qué tanto

inclusiones como poros estén bien orientados. Respecto a las técnicas de decoración las muestras 1, 2, 3 y 4 conciernen a fragmentos de olla sin ningún tipo de decoración, sin embargo, sobre la superficie es posible observar una capa muy delgada de material muy fino cuya composición es la misma que la de la matriz arcillosa, formada durante el tratamiento de la superficie. En el caso de la muestra 5, la decoración consiste en un pigmento rojo (posiblemente a partir de óxidos) aplicado en toda la superficie interna y en forma de banda en el área externa del borde. Este pigmento fue aplicado de manera directa sobre la superficie sin necesidad de un tratamiento base.



Fotomicrografías 41. Pasta 1. Inclusiones transparentes. Muestras 1*(a),* ***2****(b),* ***3****(c),* ***4****(d)* ***(lxp), 5****(e)* ***(lpp).*** *Granos subangulares de pumita.* ***f) muestra 5 (lxp)*** *pigmento aplicado directamente sobre la superficie del tiesto.*

Pasta 1. Inclusiones Transparentes Composición mineral												
	Plagioclasa	Óxidos	M. Opacos	Anfíbol	Piroxenos	Mica	Cuarzo	Vidrio /Pumita	Nód. Arcilla	Cutanes	G. Roca	Poros
Muestra 1	16.02%	4.56%	2.39%	1.31%	4.48%	0.29%	0.80%	16.58%	0.00%	0.05%	0.90%	9.87%
Muestra 2	15.89%	5.10%	2.80%	1.67%	4.92%	0.00%	1%	14.35%	1.10%	0.85%	4.28%	7.85%
Muestra 3	13.29%	4.75%	3.08%	1.75%	5.20%	0.00%	0.00%	20.62%	0.54%	1.41%	1.29%	10.79%
Muestra 4	18.66%	5.88%	4.10%	3.20%	5.66%	0.06%	0.95%	21.55%	1.26%	1.31%	2.13%	10.93%
Muestra 5	14.48%	8.33%	3.30%	2.60%	4.69%	0.06%	0.45%	13%	1.09%	0.15%	1.09%	13.78%
% Total	**15.67%**	**5.72%**	**3.13%**	**2.11%**	**4.99%**	**0.08%**	**0.64%**	**17.22%**	**0.80%**	**0.75%**	**1.94%**	**10.64%**

Tabla 1. Pasta 1. Inclusiones transparentes. Principales componentes minerales.

6.1.2 Pasta 2. Micas doradas

Su composición es principalmente mineral y se clasifica como una pasta no calcárea. Las inclusiones presentan un tamaño variable que va de fino (.0125mm-0.250mm) a grueso (0.5mm-1mm). Está compuesta principalmente de plagioclasa, micas (biotita) granos de roca (andesita) *(tabla 2)*. En todos los casos se observa una distribución polimodal en el tamaño de las inclusiones. La forma de las partículas generalmente es irregular a subangular, aunque es posible observar granos de roca y restos de suelo subredondeados, así como escasos cuarzos bien redondeados. La distribución de las partículas es homogénea en todo el espesor de la muestra; se observa una buena orientación de las partículas con respecto a las paredes del tiesto, principalmente en las muestras 1, 2, 4 y 5 donde en el área de los márgenes las partículas están orientadas de manera paralela en dirección de las paredes del tiesto. En todos los casos las partículas al interior de las muestras están orientadas de manera aleatoria.

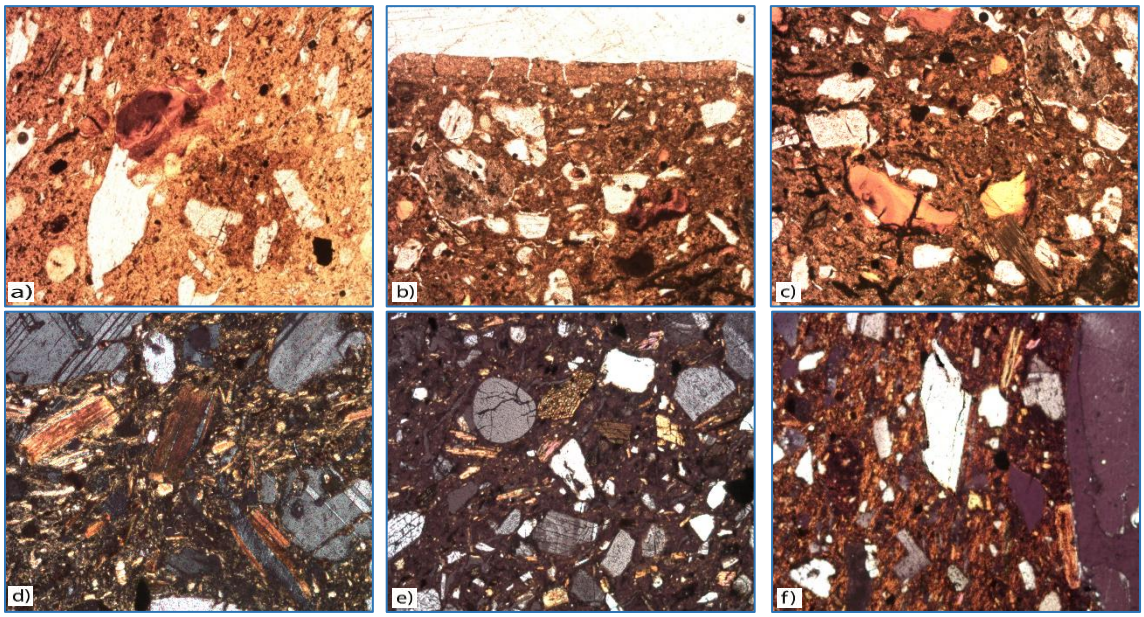
La porosidad es alta (8.34%), se observan principalmente poros secundarios de forma plana e irregular generalmente en un patrón aleatorio, en el área de los márgenes los poros muestran una orientación regular respecto a las paredes, en las muestras 4 y 5 la orientación es más notoria.

Se observan restos de suelo no incorporados a la pasta de características similares a las de la matriz de tamaño variable y de forma irregular a subredondeados; cuya presencia pudiera estar relacionada con un trabajo regular en el amasado de la pasta. De igual manera se observan restos de arcilla de iluviación (cutanes) cuya tonalidad (amarillo, anaranjado) y limpidez contrasta con la matriz.

El patrón de distribución relacionada (*c/f)* entre material fino y grueso es de tipo porfírica de tipo cerrado y espaciado simple. El color de la micromasa (matriz) es amarillo rojizo en LPP y café amarillento claro a oscuro en XLP. En la mayoría de los casos predomina la contextura de birrefringencia (*b-fabric*) de tipo estriado aleatorio. El estado óptico de la micromasa (moderadamente activa) así como las características que presentan los cristales de biotita (perdida de pleocroísmo y colores de interferencia, apertura en sus planos de crucero), sugiere temperaturas de cocción en un rango de 750°C a 850°C (Travé Allepuz, 2021).

La disposición y arreglo de las inclusiones y poros indican el modelado como la principal técnica de manufactura. Las muestras 1, 2 ,4 y 5 corresponden a cuellos de olla, donde el alineamiento de poros y partículas reflejan el énfasis puesto sobre la superficie para crear la dirección curva de las paredes; la ausencia de patrones concéntricos de partículas relacionados con el uso de rollos de arcilla, indica que los bordes fueron modelados directamente pues el arreglo tanto de poros como partículas es lineal únicamente en el área de los márgenes externos. La muestra 3 corresponde a un fragmento de asa, donde es posible observar la zona de unión del asa con el cuerpo de la olla, en esta área se observa una fuerte alineación de poros y partículas que convergen en un punto desde dos direcciones diferentes.

En general el acabado es un pulido que va de regular a fino, con excepción de la muestra 1 donde el acabado es un alisado regular, las muestras 2 y 3 mantienen restos de un engobe de color crema de características similares a las de la pasta con un tamaño de partícula muy fino, el cual fue aplicado de manera directa sobre la superficie sin la utilización de un tratamiento base.



Fotomicrografías 42. Pasta 2. Micas doradas.
a) Muestra 1 *Restos de suelo subredondeado****; b, c) Muestra 2. b)*** *Engobe aplicado directamente sobre la superficie****, c)*** *arcilla de iluviación de forma irregular.* ***d) Muestra 3,*** *micas abiertas en sus planos de crucero****. e) Muestra 4****. Grano redondeado de cuarzo y partículas subangulares de plagioclasa, anfíbol y mica****. f) Muestra 5.*** *Partículas alineadas en dirección a las paredes del testo.* ***a, b, c (lpp); d, e, f (lxp).***

Pasta 2. Micas Doradas Composición mineral												
	Plagioclasa	Óxidos	Min. Op.	Anfíbol	Piroxenos	Mica	Cuarzo	Vidrio	Nód. Arcilla	Cutanes	G. roca	Poros
Muestra 1	10.40%	7.06%	3.34%	1.72%	3.82%	4.03%	1.55%	3.93%	4.85%	6.31%	2.20%	6.31%
Muestra 2	20.00%	4.79%	3.22%	1.00%	3.65%	11.00%	0.81%	4.00%	0.99%	9.38%	6.95%	7.97%
Muestra 3	22.77%	3.97%	3.92%	1.22%	4.50%	15.53%	2.76%	0.00%	2.00%	3.47%	8.50%	8.56%
Muestra 4	22.56%	3.64%	5.02%	3.23%	6.89%	9.15%	2.51%	4.90%	0.64%	0.41%	5.15%	8.17%
Muestra 5	18.00%	3.70%	3.62%	3.51%	5.05%	8.08%	2.51%	4.85%	4.77%	2.42%	8.14%	10.70%
% Total	**18.75%**	**4.63%**	**3.82%**	**2.14%**	**4.78%**	**9.56%**	**2.03%**	**3.54%**	**2.65%**	**4.40%**	**6.19%**	**8.34%**

Tabla 2. Pasta 2. Micas doradas. Principales componentes

6.1.3 Pasta 3.

Los componentes de las muestras que integran este grupo son de origen mineral y se clasifican como pastas no calcáreas. A pesar de las similitudes macroscópicas entre las muestras seleccionadas, estas resultaron ser heterogéneas petrográficamente, observándose una clara diferencia en la composición de las pastas de cada una de las muestras que integran este grupo.

La muestra uno se caracteriza por un tamaño de partícula de arena media (0.250mm-0.5mm), aunque también es posible observar escasas inclusiones gruesas (0.5mm-1mm); clasificándose como una distribución de tamaño de grano bimodal. Está compuesta principalmente por abundantes plagioclasas subangulares, óxidos irregulares a subredondeados, piroxenos de hábito tabular y granos subredondeados de rocas *(tabla 3).* La distribución de las partículas es homogénea en todo el espesor del tiesto, y presentan una fuerte orientación en los márgenes con relación a la dirección de las paredes; al interior presentan una orientación aleatoria. Su porosidad es alta (11.03%) constituida por poros secundarios de forma plana cuya orientación en las áreas de los márgenes casi es paralela a la dirección de las paredes del tiesto.

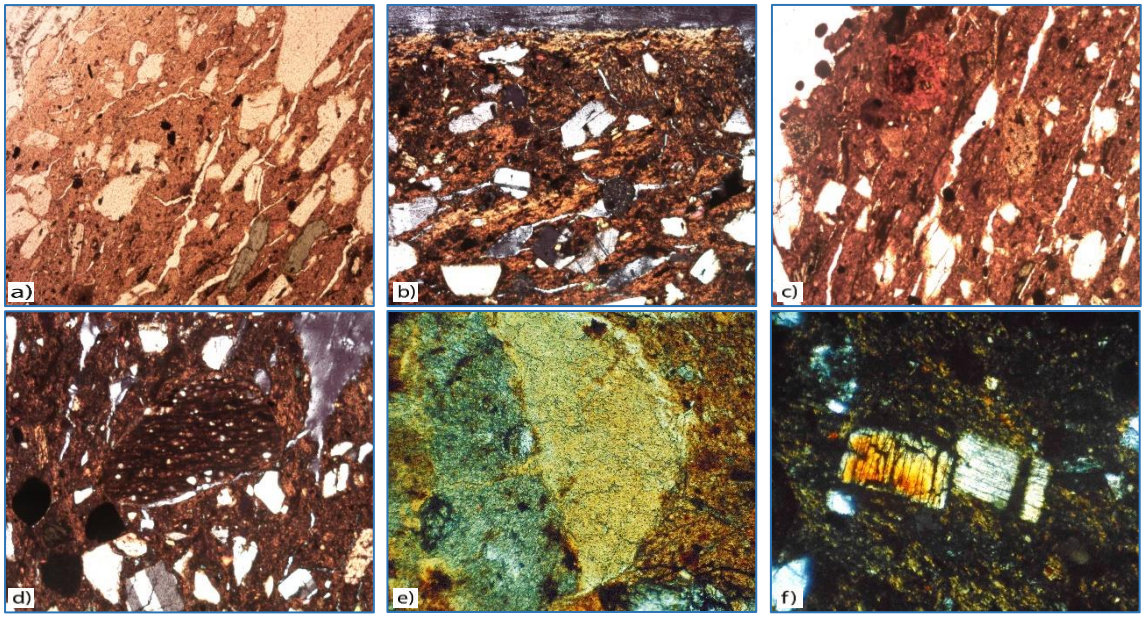
La muestra dos está constituida principalmente por partículas de tamaño medio (0.250mm-0.5mm) y escasas partículas gruesas (0.5mm-1mm). Su composición es similar a la muestra uno; está constituida por plagioclasas subangulares, óxidos irregulares y piroxenos subangulares, aunque la principal diferencia es la presencia

(aunque no muy abundante) de granos subredondeados de esquisto. La cantidad de partículas es menor y la pasta está menos saturada de inclusiones si se compara con la muestra uno. Se observa una distribución homogénea de las partículas en todo el espesor de la muestra. Tanto inclusiones como como poros presentan una buena lineación con la dirección de las paredes del tiesto, principalmente en los márgenes y en el área que corresponde al borde donde la alineación es casi paralela a la dirección curva del borde. La porosidad es alta (8.30%) constituida principalmente por poros planos secundarios.

En la muestra tres el rango de tamaño de partícula va de arena muy fina (0.062mm-0.125mm) a arena muy gruesa (1mm-2mm). Está compuesta principalmente por restos gruesos subredondeados de suelo y arcilla de iluviación (cutanes), plagioclasas subangulares de tamaño muy fino a medio, óxidos de impregnación fuerte y micas tabulares de tamaño grueso. La distribución de las inclusiones es homogénea en todo el espesor del tiesto y su orientación es aleatoria tanto al interior, como en el área de los márgenes. La cantidad de inclusiones es baja y la pasta no está saturada de inclusiones. Presenta una porosidad media (6.33%) constituida por poros planos secundarios cuya orientación es generalmente aleatoria en toda la muestra.

En todas las muestras el color de la micromasa es café claro en LPP y café amarillento oscuro en LXP, en todos los casos predomina el patrón de contextura de birrefringencia (*b-fabric*) de tipo estriado aleatorio. Los colores de birrefringencia son altos por lo que se les considera ópticamente activa, indicando temperaturas de cocción inferiores a los 750°-800°C.

De acuerdo a las características en el ordenamiento de las inclusiones y poros, se plantea el modelado como la principal técnica de manufactura. La muestra 2 corresponde a un fragmento de borde de olla, el cual se infiere fue confeccionado directamente sin la utilización de rollos de arcilla pues no se observó ningún patrón concéntrico de inclusiones. En todos los casos el acabado es un alisado regular que se refleja en el pobre ordenamiento de partículas y poros; sobre la superficie se puede observar una delgada capa de arcilla de composición semejante a la pasta formada durante el acabado de la superficie.



Fotomicrografías 43. Pasta 3.
a, b) Muestra 1. a) *Alineación de poros y partículas.* ***b)*** *partículas subangulares de plagioclasa.*
c, d) Muestra 2. c) *Poros y partículas alineados.* ***d)*** *Grano subredondeado de esquisto y granos subangulares de plagioclasa.*
e, f) Muestra 3. e) *Fragmento subredondeado de suelo.* ***f)*** *Micas rodeadas por material fino.*
Es evidente la diferencia en la composición y en la cantidad de partículas entre cada una de las muestras. ***a, c, e (lpp), b, d, f (lxp).***

Pasta 3 Composición mineral												
	Plagioclasa	Óxidos	Min. Op.	Anfíboles	Piroxenos	Mica	Cuarzo	vidrio	Nód. Arcilla	Cutanes	G. Roca	Poros
Muestra 1	19.28%	7.60%	4.10%	1.70%	4.70%	0.07%	1.80%	2.50%	2.90%	3.30%	4.10%	11.03%
Muestra 2	17.70%	5.09%	3.30%	3.00%	4.20%	0.30%	1.10%	0.00%	2.00%	3.40%	3.00%	8.30%
Muestra 3	14.11%	11.00%	3.88%	3.44%	4.77%	5.40%	0.00%	0.00%	12.50%	9.10%	5.20%	6.33%

Tabla 3. Pasta 3. Principales componentes minerales.

6.1.4 Pasta 4.

Los componentes que integran la pasta son de origen mineral y se clasifica como una pasta no calcárea. Las muestras 1, 2 y 3 presentan homogeneidad en su composición a diferencia de la muestra 4, la cual resultó ser petrográficamente diferente a las demás a pesar de mostrar características macroscópicas semejantes.

En las muestras 1, 2 y 3 el rango de tamaño de partícula va de arena fina (0.125mm-0.250mm) a arena gruesa (0.5 mm-1 mm) clasificándose como una distribución de

tamaño de grano de tipo polimodal. Está compuesta principalmente por granos uniformes subangulares y subredondeados de plagioclasa, óxidos de impregnación moderada y granos de roca subredondeados; se observan también restos de suelo y arcilla de iluviación (cutanes) de forma irregular a subredondeada. *(tabla 4)*

La distribución de las inclusiones es homogénea en todo el espesor de los tiestos. En las muestras 1 y 3 predomina una orientación aleatoria de las partículas incluso en las zonas cercanas a los márgenes donde las inclusiones muestran un acomodo irregular. En el caso de la muestra 2, la orientación es buena principalmente por inclusiones de hábito tabular las cuales muestran una orientación paralela a las paredes del tiesto.

La porosidad es media (7.53%), compuesta principalmente por poros secundarios de forma plana; al igual que las inclusiones solo en la muestra dos se ve un claro alineamiento de los poros con relación a la dirección de las paredes.

En la muestra 4 se observa un tamaño de partícula variable que va de muy fino (0.062mm-0.125mm) a muy grueso (>1mm) y se clasifica como una pasta con distribución de tamaño polimodal. Está compuesta por plagioclasas finas a medias subangulares y subredondeadas, aunque su principal característica es la alta presencia de granos subangulares y subredondeados de roca (andesita), restos de suelo y arcilla de iluviación cuyo tamaño varía de muy finos a muy gruesos. Es muy semejante en apariencia y en composición con la muestra 3 del grupo pasta tres, así como con las muestras del yacimiento 1 en especial con las muestras Cu y Ct. En cuanto a la orientación, tanto partículas finas y gruesas están dispuestas de manera aleatoria en todo el espesor de la muestra. La porosidad es alta (8.94%), constituida por pequeños pero abundantes poros secundarios orientados y distribuidos de manera aleatoria.

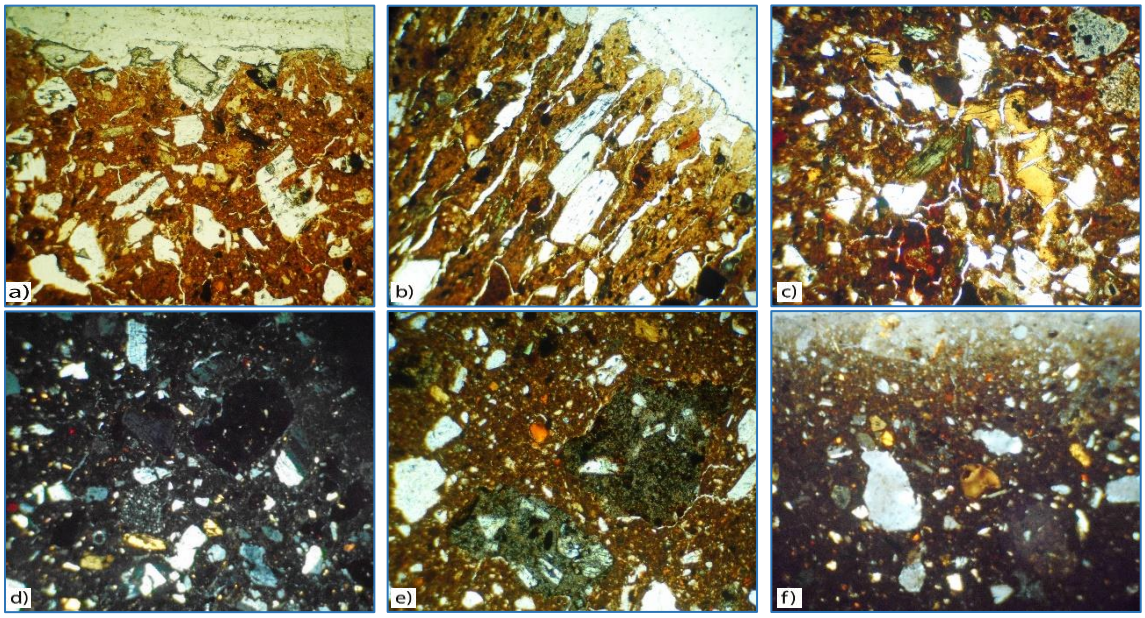
En todas las muestras el patrón de distribución relacionada (*c/f*) entre material fino y grueso es porfírica de tipo cerrado y espaciado simple. El color de la micromasa en las muestras 1, 2 y 3 generalmente es café rojizo en LPP y café muy oscuro en LXP; en las muestras uno y tres predomina la contextura de birrefringencia (*b-fabric*) de estrías aleatorias, mientras que en la muestra dos es de estrías paralelas.

En el caso de la muestra cuatro el color de la micromasa es café amarillento oscuro-

claro en LPP y café rojizo oscuro en LXP. La micromasa está compuesta por una densa masa de material fino, por lo que se clasificó como un patrón de textura de birrefringencia (*b-fabric*) indiferenciado.

En todos los ejemplares el estado óptico de la micromasa es moderadamente activo por lo que se consideran temperaturas de cocción inferiores a los 750°-800°C.

En cuanto a la manufactura, las características en el ordenamiento de las partículas (alineación incipiente en las paredes y aleatorio al interior) sugieren el modelado como la técnica de confección más probable. La débil orientación de poros y partículas indican que sobre la superficie se ejerció poca presión durante el acabado dando lugar a alisados regulares y burdos justo como los que presentan las muestras que integran este grupo. La muestra cuatro presenta irregularidades en el grosor de las paredes y su acabado es burdo y áspero sin un evidente tratamiento de las superficies, lo que explica la ausencia de un patrón de contextura de birrefringencia claro y la orientación aleatoria de las inclusiones en toda la muestra.



Fotomicrografías 44. Pasta 4.
a) Muestra 1. *Partículas subangulares orientadas de manera aleatoria****.***
b) Muestra 2. *Alineación paralela de inclusiones y poros.* ***c, d) Muestra 3. c)*** *Arcilla de iluviación rodeada por partículas subangulares y subredondeadas****. d)*** *Partículas finas y gruesas orientadas de manera aleatoria.*
e, f) Muestra 4. e) *Granos subangulares y subredondeados de roca.* ***f)*** *inclusiones finas de roca y arcilla de iluviación orientados de manera aleatoria.* ***a, b, c, e (lpp) d, f (lxp).***

Pasta 4 Composición mineral												
	Plagioclasa	Óxidos	Mn Op.	Anfíbol	Piroxenos	Mica	Cuarzo	vidrio	Nód. arcilla	Cutanes	G. roca	Poros
Muestra 1	17.03%	4.50%	3.10%	1.46%	3.60%	0.96%	1.00%	0.00%	3.30%	0.17%	6.79%	7.50%
Muestra 2	15.48%	7.60%	5.20%	0.87%	5.50%	0.30%	0.48%	0.00%	1.14%	5.93%	3.90%	8.06%
Muestra 3	17.30%	8.60%	3.10%	1.20%	4.80%	0.08%	2.04%	0.00%	0.77%	3.12%	6.30%	7.04%
Porcentaje	**16.60%**	**6.90%**	**3.80%**	**1.18%**	**4.63%**	**0.45%**	**1.17%**	**0.00%**	**1.74%**	**3.07%**	**5.66%**	**7.53%**
Muestra 4	**16.38%**	**5.42%**	**4.59%**	**1.15%**	**3.50%**	**0.51%**	**2.88%**	**0.34%**	**1.80%**	**8.73%**	**11.86%**	**8.94%**

Tabla 4. Pasta 4. Principales componentes minerales.

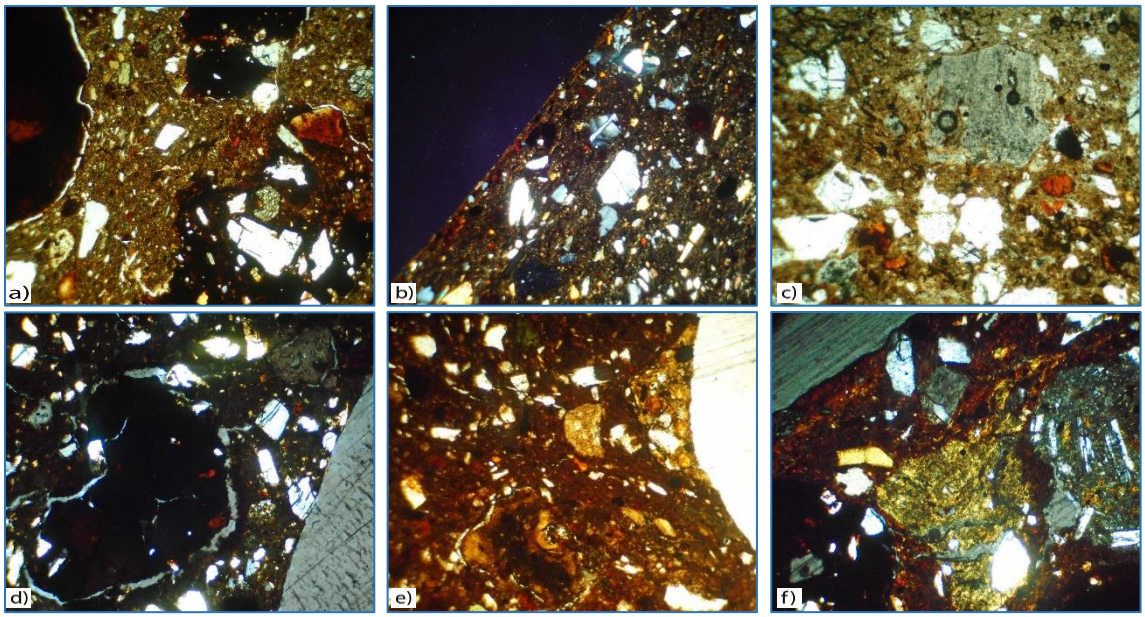
6.1.5 Pasta 5. Inclusiones rojas

Su composición es principalmente mineral y se clasifica como una pasta no calcárea. El tamaño de las inclusiones es variable y en todos los casos se observa una distribución polimodal, donde el rango de tamaño va de arena media (0.250-0.5mm) a arena muy gruesa (>1mm). Se caracteriza por la abundante presencia de granos de tezontle rojo, de tamaño medio a muy gruesos de forma irregular a subredondeada, plagioclasas subangulares de tamaño medio, granos gruesos de roca subangulares, restos de suelo y arcilla de iluviación cuyo tamaño es variable y su forma tiende a ser subangular a subredondeada *(tabla 5).*

Las inclusiones se encuentran distribuidas de manera homogénea en todo el espesor de la muestra, se observa una orientación regular en el área cercana a los márgenes por parte de partículas finas y medias, con excepción de la muestra 1 en donde las inclusiones presentan una buena orientación. En todos los casos las partículas al interior tienden a mostrar una orientación aleatoria. En general la porosidad es media (5.72%) compuesta de poros planos secundarios con una débil orientación en las muestras 2 y 3; mientras que en la muestra uno los poros suelen tener una orientación casi paralela a la dirección de las paredes.

Los restos de suelo no están incorporados a la matriz y presentan características un tanto diferentes a las de la pasta, al igual que la arcilla de iluviación cuyo color contrasta con la matriz. Su notoriedad puede estar relacionada con un pobre trabajo durante el amasado de la pasta.

En todos los casos se observa un patrón de distribución relacionada (*c/f*) porfírica de tipo cerrado y espaciado simple. El color de la micromasa (matriz) es de tono café a café rojizo en LPP y de color café rojizo muy oscuro en LXP. En las muestras 2 y 3 no se observa un patrón de birrefringencia (*b-fabric*) definido; en el caso de la muestra 1 se observa un patrón estriado paralelo. El estado óptico de la micromasa es moderadamente activo, lo que sugiere temperaturas de cocción inferiores a los 750-800°C. La débil orientación y arreglo de poros e inclusiones, así como la ausencia de patrones claros de organización de las partículas señalan el modelado como la técnica de manifactura más probable. Las muestras 1 y 2 corresponden a bordes de olla, que se infiere fueron modelados de manera directa pues la usencia de patrones concéntricos de partículas descartan el uso de royos de arcilla. En todos los casos el acabado es un alisado regular, reflejado en la débil orientación de las partículas en el área cercana a los márgenes. Sobre la superficie es posible observar una fina capa de color café rojizo claro (lxp) de características similares a las de la matriz con un tamaño de partícula muy fino, formada durante el alisado de las superficies.



Fotomicrografías 45. Pasta 5. Inclusiones rojas
a, b) Muestra 1. a) *Granos gruesos de tezontle sobre material fino.* ***b)*** *Partículas medias subangulares y subredondeadas orientadas de manera paralela.* ***c, d) Muestra 2. c)*** *Grano muy grueso de roca rodeado por partículas subangulares y subredondeadas de tamaño medio.* ***d)*** *Orientación aleatoria de las inclusiones.* ***e, f) Muestra 3. e)*** *Restos de suelo no incorporados a la matriz.* ***f)*** *Granos subredondeados muy gruesos de tezontle, suelo y roca.* ***a, c, d (lpp) b, d, f (lxp).***

PASTA 5. Inclusiones rojas Composición mineral												
	Plagioclasa	Óxidos	Min. Op.	Anfíbol	Piroxenos	Mica	Cuarzo	Pumita	Nód. arcilla	Cutanes	G. roca	Poros
Muestra 1	10.02%	30.00%	2.95%	1.86%	4.10%	0.30%	0.36%	0.08%	1.19%	4.36%	1.67%	5.65%
Muestra 2	20.00%	12.58%	2.76%	2.41%	4.76%	0.00%	1.82%	0.00%	3.17%	5.23%	10.88%	7.29%
Muestra 3	10.44%	14.16%	3.33%	1.83%	4.38%	0.00%	0.83%	0.00%	6.94%	2.22%	3.72%	4.22%
% Total	**13.49%**	**18.91%**	**3.01%**	**2.03%**	**4.41%**	**0.10%**	**1.00%**	**0.03%**	**3.77%**	**3.94%**	**5.42%**	**5.72%**

Tabla 5. Pasta 5. Principales componentes minerales.

6.1.6 Pasta 6.

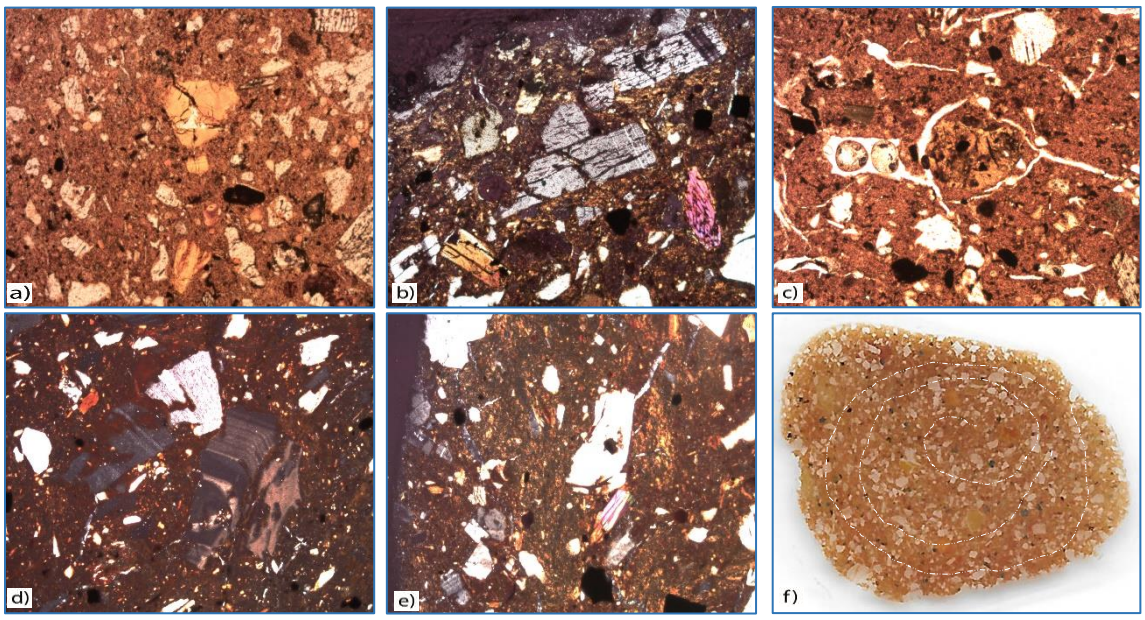
Sus componentes son de origen mineral, y se clasifica como una pasta no calcárea. Se caracteriza por una distribución de tamaño de grano de tipo bimodal. El componente más abundante son plagioclasas subangulares y subredondeadas de tamaño medio (0.250-0.5mm) a muy grueso (>1mm) cuya principal característica es su fuerte alteración y revestimiento de óxidos al interior como en la periferia otorgándoles una apariencia carcomida. Se observan óxidos subredondeados de impregnación fuerte a moderada, restos de suelo y arcilla de iluviación de tamaño variable, y escasos granos redondeados de roca. *(tabla 6)*

La distribución de las inclusiones es homogénea en todo el espesor de las muestras, lo única diferencia es la saturación y densidad de las inclusiones la cual varía entre muestras; en este sentido la muestra uno es la que presenta una mayor saturación de inclusiones mientras que la muestra dos tiene una menor densidad de partículas. La orientación de las partículas generalmente es irregular en todos los casos, notándose una incipiente alineación de partículas de hábito tabular en el área de los márgenes; en la muestra 3 se observa una mayor alineación en el borde de la muestra. En todos los casos las partículas están dispuestas en un arreglo aleatorio. Se observan restos de suelo no incorporados a la pasta de características diferentes a la matriz cuya forma generalmente va de irregular a subredondeada y en algunos casos alargada; su presencia puede estar relacionada con un trabajo de amasado regular al momento de preparar la pasta. La porosidad es media (7.45%) compuesta por poros planos secundarios, cuya orientación por lo general es irregular con respecto a las paredes del tiesto, con la excepción la muestra 3 donde se observa una tendencia paralela de los poros en el área del labio del borde.

El patrón de distribución relacionada (*c/f*) entre material fino y grueso es de tipo porfírica que va de cerrado a espaciado simple. El color de la micromasa es de café claro a amarillo rojizo en LPP y café muy oscuro en LXP. En cuanto a la contextura de birrefringencia (*b-fabric*) predomina el patrón indiferenciado; los colores de birrefringencia son altos por lo que se le considera ópticamente activa, lo que sugiere temperaturas de cocción inferiores a los 750°-800°C.

El que no se observen patrones claros de organización de partículas indican al modelado como la técnica de manufactura más probable para las muestras 1 y 2 que corresponden a fragmentos de cuerpo y cuello. Por su parte la muestra 3 pertenece a un fragmento de borde, donde las partículas al observase de manera macroscópica están dispuestas en un arreglo concéntrico, por lo tanto, se infiere que fue confeccionado a partir de la técnica de rollos de arcilla.

En todos los casos el acabado es un alisado regular, lo que explica la débil orientación de las partículas y poros en las zonas cercanas a los márgenes.



Fotomicrografías 46. Pasta 6.
a, b) Muestra 1. a) *Arcilla de iluviación rodeada por partículas subangulares.* ***b)*** *Incipiente alineación de plagioclasas.* ***c, d) Muestra 2.*** *Restos subredondeados de arcilla.* ***d)*** *plagioclasas fuerte mente alteradas.* ***e, f) Muestra 3. e)*** *Restos de arcilla de composición diferente a la matriz.* ***f)*** *Vista macroscópica del patrón concéntrico de partículas que refleja el uso de rollo de arcilla para formar el borde.* ***a, c (lpp) b, d, e (lxp).***

PASTA 6 Composición mineral												
	Plagioclasa	Óxidos	Min. Op.	Anfíbol	Piroxenos	Mica	Cuarzo	vidrio	Nód. Arcilla	Cutanes	G. roca	Poros
Muestra 1	17.65%	8.26%	4.00%	2.30%	4.50%	2.08%	1.22%	4.00%	1.30%	4.20%	3.30%	6.00%
Muestra 2	14.24%	4.00%	3.93%	0.87%	2.50%	1.63%	0.55%	2.50%	1.50%	0.14%	3.04%	7.85%
Muestra 3	18.69%	5.00%	3.00%	1.70%	3.80%	0.71%	0.90%	2.90%	3.70%	2.90%	2.02%	8.52%
% Total	**16.86%**	**5.75%**	**3.64%**	**1.62%**	**3.60%**	**1.47%**	**0.89%**	**3.13%**	**2.17%**	**2.41%**	**2.79%**	**7.46%**

Tabla 6. Pasta 6. Principales componentes minerales.

6.1.7 Pasta 7.

A pesar de compartir características macroscópicas semejantes este grupo resultó ser petrográficamente heterogéneo, pues las muestras que lo integran presentan entre si diferencias evidentes en su composición.

Las muestras 1, y 4 son petrográficamente semejantes a la pasta 2 (Micas doradas), se observa una alta concentración de plagioclasa, biotita, y granos de roca (andesita), la única diferencia observable es el tamaño de partícula, que en la muestra cuatro tienden a ser muy gruesos (>1mm). La muestra 2 también es muy semejante a este grupo, pero se observa una saturación menor de biotita.

Estas muestras (1, 2 y 4) se caracterizan por un buen arreglo de sus partículas principalmente en el área de los márgenes donde las inclusiones tienden a mostrar una alineación casi paralela a la dirección de las paredes. En todos los casos se observan poros secundarios con una alineación buena a regular respecto a las paredes del tiesto. La relación entre material fino y grueso es de tipo porfírica de espaciado simple a espaciado doble. El color de la micromasa va de café claro, café rojizo en LPP y a café amarillento oscuro en LXP. El patrón de contextura de birrefringencia más común es el estriado paralelo y el aleatorio; mientras que la birrefringencia de la matriz va de baja a moderada por lo que se infieren temperaturas de cocción entre los 750-800°C. Se considera el modelado como la técnica más probable de manufactura. La muestra 1 corresponde a un fragmento de borde, el cual no presenta una organización clara de las partículas por lo que se infiere fue modelado directamente.

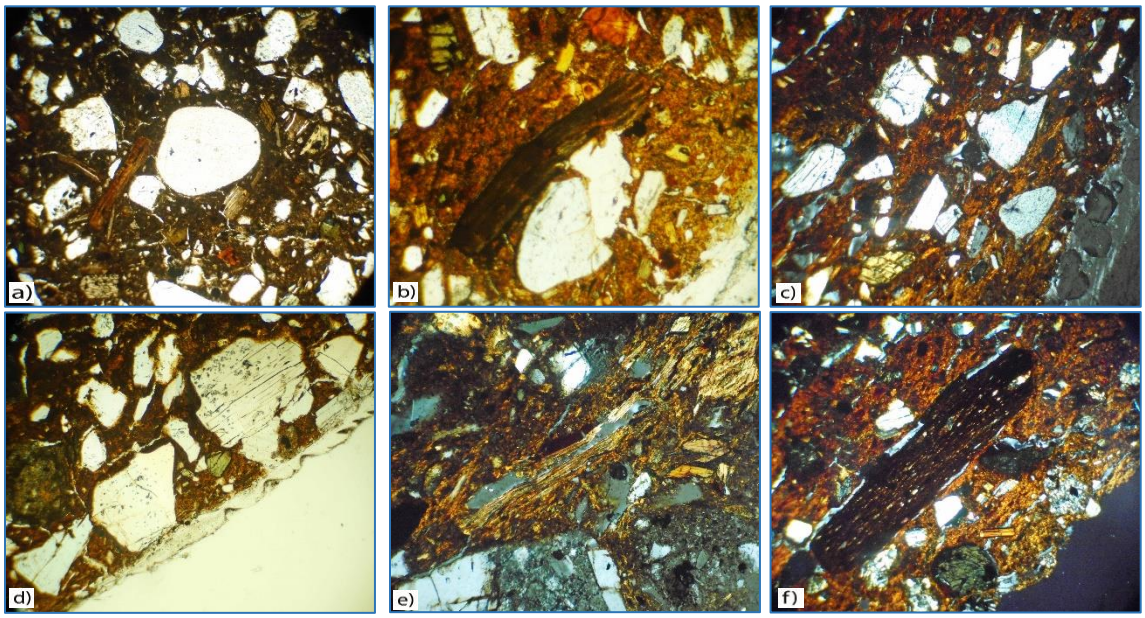
Por su parte la muestra 3 es muy semejante a las muestras de la pasta 4; se caracteriza por su alta concentración de plagioclasa de forma subangular y granos de roca subredondeados cuyo tamaño de partícula va de arena media (0.250mm-0.5mm) a gruesa (0.5mm-1mm). Las inclusiones están distribuidas de manera homogénea en todo el espesor del tiesto y muestran una ligera alineación con respecto las paredes del tiesto siendo más evidente en el área de los márgenes, al interior la disposición es aleatoria. La porosidad está compuesta por abundantes poros planos dispuestos de manera irregular a paralela en las zonas de los márgenes. Por su parte el patrón de distribución relacionada (*c/f*) entre material grueso y fino es porfírica de tipo espacio cerrado a espaciado simple.

El color de la matriz es café rojizo claro en LPP y café rojizo oscuro en LXP. Presenta un patrón de contextura de birrefringencia de tipo estriado aleatorio; la birrefringencia de la matriz es alta, por lo que se infieren temperaturas de cocción inferiores a los 750°-800°C. Tomando en consideración la organización de partículas y poros se considera al modelado como la técnica de manufactura más probable; esta muestra corresponde a un delegado fragmento de borde por lo que se infiere fue modelado directamente. El acabado de la superficie es un alisado regular, mismo que se ve reflejado en la débil orientación de partículas y poros en las áreas de los márgenes.

Finalmente, la muestra 5 se caracteriza por la alta presencia de restos de suelo, arcilla de iluviación y granos de roca, pero su principal característica es la presencia (aunque no muy alta y probablemente accidental) de esquisto. El tamaño de las partículas es variable, observándose granos que van de arena media (0.250mm-0.5mm) a muy gruesa (>1mm). La distribución de las inclusiones es homogénea en todo el espesor de la muestra; las partículas tienden a mostrar una orientación aleatoria tanto al interior como en los márgenes de la muestra.

Se observan principalmente poros secundarios de forma plana cuya orientación y distribución es irregular tanto al interior como en la zona de las paredes. La relación entre material fino y grueso es porfírica de tipo espaciado simple a cerrado. El color de la matriz es café rojizo claro en LPP y café rojizo en LXP. No se observa un patrón claro de contextura de birrefringencia (*b-fabric*); la matriz es ópticamente

activa, por lo que se infieren temperaturas de cocción inferiores a los 750°C.
La distribución y arreglo aleatorio de poros y partículas señalan al modelado como la técnica de manufactura más probable. El acabado de la superficie es un alisado regular a burdo, mismo que se ve reflejado en la débil orientación de las partículas en la zona de los márgenes.



Fotomicrografías 47. Pasta 7.
a) Muestra 1. *Grano redondeado de cuarzo rodeado por partículas subredondeadas, subangulares y micas.* ***b) Muestra 2.*** *Partículas gruesas de mica y cuarzo rodeadas por inclusiones más finas.* ***c) Muestra 3.*** *Granos subangulares y subredondeados de plagioclasa ligeramente orientados en dirección de las paredes.* ***d, e) Muestra 4. c)*** *Granos muy gruesos de plagioclasa alineados a las paredes.* ***e)*** *Mica abierta en sus planos de crucero rodeado por fragmentos muy gruesos de roca.* ***f) Muestra 5.*** *Fragmento de esquisto dispuesto de manera paralela a la dirección de las paredes rodeado de partículas de menor tamaño.* ***a, b, d (lpp) c, e, f (lxp).***

PASTA 7 Composición mineral											
	Plagioclasa	Óxidos	Min. Op.	Anfíbol	Piroxenos	Mica	Cuarzo	Nód. Arcilla	Cutanes	G. roca	Poros
Muestra 1	14.70%	1.00%	2.00%	0.61%	4.30%	12.30%	5.20%	0.00%	1.20%	1.50%	15.00%
Muestra 2	9.00%	2.80%	2.70%	1.10%	3.10%	5.00%	1.10%	3.60%	6.90%	2.80%	4.50%
Muestra 3	15.00%	3.90%	4.20%	1.50%	4.10%	4.00%	1.90%	2.50%	4.20%	5.50%	8.70%
Muestra 4	17.00%	4.10%	3.20%	0.60%	4.50%	6.60%	1.10%	0.80%	2.40%	6.09%	6.40%
Muestra 5	12.80%	5.30%	2.80%	0.60%	1.10%	1.70%	0.90%	3.40%	0.30%	8.00%	6.80%

Tabla 7. Pasta 7. Principales componentes minerales

6.2 Muestras de comales.

Los componentes de las muestras son principalmente de origen mineral y todas ellas se clasifican como pastas no calcáreas. A pesar de compartir una composición similar en el tipo de inclusiones es posible observar cierta heterogeneidad entre las muestras; siendo el de Matlalac el que más se diferencia respecto a los demás. De manera general las partículas de las muestras presentan un tamaño variable que va de tamaño medio (0.250mm-0.5mm) a muy grueso (>1mm); en el caso del comal de Matlalac el rango de tamaño va de fino (0.125mm-0.250mm) a muy grueso. Todas las muestras están compuestas principalmente por abundante plagioclasa, granos de roca, piroxenos y minerales opacos *(tabla 8)*. En todos los casos las partículas presentan una forma irregular que va de subangular a subredondeada. La distribución de las inclusiones es homogénea en todo el espesor de la muestra; las partículas tienden a presentar una alineación irregular o poco marcada en relación con las paredes en la zona del cuerpo, con excepción de la muestra de Matlalac donde sí se observa una buena alineación de las partículas, no obstante, en todos los casos al interior la distribución de las inclusiones es aleatoria. En el área del borde las partículas tienden a mostrar un ligero alineamiento con respecto a la dirección del labio. En los comales de la Malinche, Tepalcatepec y moderno, es posible observar de manera macroscópica como las partículas (principalmente gruesas) forman patrones en espiral o concéntricos.

En todas las muestras es posible observar restos de suelo y arcilla de iluviación en diferentes proporciones, la forma generalmente va de irregular a subangular y su color y composición contrastan con la matriz. En algunos casos es posible que su presencia esté relacionada con un trabajo regular en el amasado de la pasta.

La porosidad tiende a ser media a alta, compuesta principalmente de poros secundarios de forma plana y con una orientación mayormente aleatoria, en algunos casos es posible observar poros primarios formados durante la confección de la pieza, así como también cavidades de tamaño significativo.

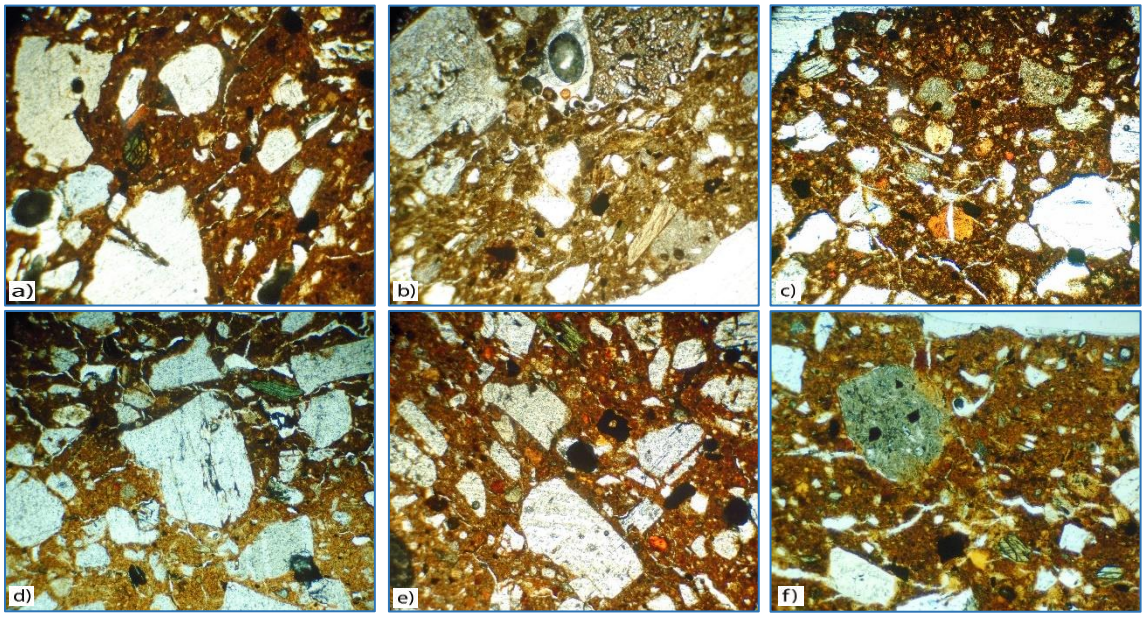
La relación entre material fino y grueso (*c/f*) es porfírica de tipo cerrado y espaciado simple para todas las muestras. El color de la micromasa (matriz) en la mayoría de

los casos es de tonos amarillo rojizo, café rojizo claro en LLP y café oscuro, café rojizo muy oscuro en LXP. En el caso del comal de Matlalac la micromasa es de color café amarillento muy claro en LPP y café en LXP. En cuanto al patrón de contextura de birrefringencia en las muestras de la Malinche, Tepalcatepec y moderno es de tipo estriado paralelo y estriado aleatorio mientras que en las muestras de Matlalac, Coapaxtongo y San Simonito es indiferenciado. De manera general, en todas las muestras la birrefringencia va de alta a moderada, por lo que se consideran ópticamente activas, por lo tanto, se infieren temperaturas de cocción menores a los 750°-800°C.

En cuanto a la elaboración de las piezas el ordenamiento irregular de poros e inclusiones sugiere el modelado como la principal técnica de manufactura, en este sentido es necesario señalar que debido a que las muestras corresponden a fragmentos de borde, no es posible identificar el método empleado para la elaboración del área del cuerpo pues solo se cuenta con limitados restos de esta zona, sin embargo se infiere que pudieron ser elaborados a partir de una porción de arcilla expandida mediante presión de manera similar a como se modelan actualmente, lo cual se ve reflejado en el ordenamiento irregular y aleatorio de partículas y poros al menos en los restos de cuerpo con los que se cuenta, lo que en cierto punto permite descartar el uso de otros métodos (como por ejemplo el de rollos equidistantes).

En el caso del área de los bordes se pudieron identificar dos métodos de elaboración; bordes modelados directamente junto con el cuerpo y rematados en forma esférica (Matlalac y San Simonito) y bordes ensamblados al cuerpo (Malinche, Coapaxtongo y Tepalcatepec), en este caso los bordes proceden de rollos de arcilla que posteriormente fueron unidos al cuerpo, siendo posible observar patrones de partículas en forma espiral y concéntricos, mismos como los que se observan en la muestra de comal moderno. En el caso específico del comal de la Malinche es posible observar una diferencia en el tamaño de partícula entre el cuerpo y el borde, el cuerpo está formado por partículas de tamaño medio, mientras que en el borde se observan partículas gruesas a muy gruesas.

Por último, el tratamiento de la superficie es un alisado regular efectuado cuando la superficie aún estaba húmeda y posiblemente con una alta saturación de agua, formado sobre superficie una fina capa a especie de barbotina de material muy fino y de misma composición de la pasta.



Fotomicrografías 48.Muestras de Comales.
a) Comal Malinche. *Zona de contacto entre material fino (cuerpo) y grueso (borde).*
b) Comal Matlalac. *Alineación de partículas finas y gruesos respecto a las paredes del tiesto.*
c) Comal Coapaxtongo. *Inclusiones finas y gruesas de forma subangular y subredondeada, orientadas de manera aleatoria.*
d) Comal San Simonito. *Partículas medías y gruesas de forma subangular en un área de contacto entre una zona expuesta al fuego y una sin exposición al fuego.*
e) Comal Tepalcatepec. *Zona de contacto en un evidente cambio de dirección de las partículas.*
f) Comal Moderno San Simonito*. Partículas subangulares y subredondeadas orientadas de manera aleatoria. Todas las imágenes están en LPP.*

COMALES Composición mineral											
Comal	**Plagioclasa**	**Óxidos**	**Min. Op.**	**Anfíbol**	**Piroxenos**	**Mica**	**Cuarzo**	**Nód. Arcilla**	**Cutanes**	**G. roca**	**POROS**
Malinche	14.70%	4.61%	7.23%	4.38%	7.69%	0.38%	0.00%	2.75%	2.16%	6.83%	9.66%
Matlalac	20.47%	2.71%	4.10%	2.71%	8.38%	0.61%	1.47%	6.00%	0.95%	21.90%	9.57%
Coapaxtongo	24.25%	5.75%	7.40%	3.30%	6.70%	0.40%	0.90%	4.35%	2.00%	7.45%	5.65%
San Simonito	20.51%	5.32%	4.97%	2.77%	5.59%	1.85%	0.0.%	1.71%	0.73%	7.40%	9.60%
Tepalcatepec	24.78%	8.39%	6.30%	6.73%	8.21%	0.38%	0.00%	5.17%	4.13%	9.47%	9.17%
Moderno	20.73%	3.40%	4.60%	3.43%	5.69%	4.08%	0.86%	2.47%	10.04%	10.95%	6.78%

Tabla 8.Muestras de comales. Principales componentes minerales.

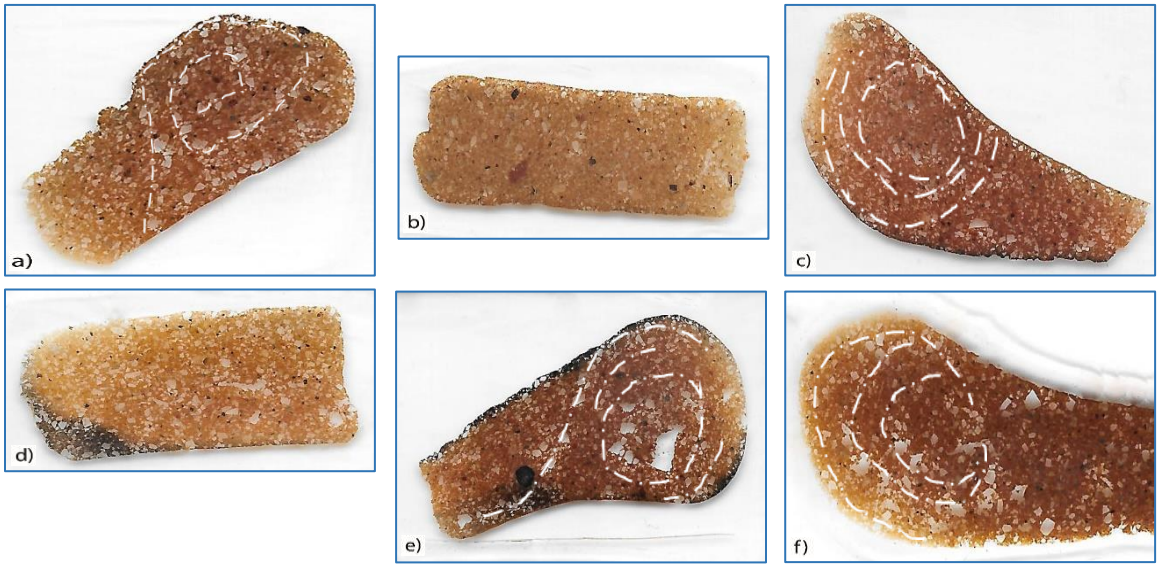


Ilustración 91. Comales Malinche (a), Coapaxtongo(c), Tepalcatepec (e) y moderno (f). *Manufacturados mediante el uso de rollos de arcilla, las inclusiones tienden a formar patrones concéntricos y en espiral.*
Comales Matlalac (b) *y* ***San Simonito (d).*** *Manufacturados de manera directa, las partículas muestran una orientación aleatoria en todo el espesor del tiesto. Vista macroscópica.*

Características morfológicas de las muestras de comales										
COMAL	**Sección**	**Grosor del Borde (cm)**	**Grosor cuerpo (mm)**	**Bode/ rollo de arcilla**	**Tamaño de grano**	**Redondez de las inclusiones**	**Confección**	**Acabado de superficie**	**Grado de alineación de las partículas**	**Temp. Cocción °C**
Malinche	Borde+ cuerpo	1 cm	8 mm	SI	Medio-muy grueso	subangular/ subredondado	Modelado en dos piezas	Alisado regular-fino	Regular a bueno	< 750°
Matlalac	Borde+ cuerpo	1cm	10mm	n/a	Fino-muy grueso	subangular/ subredondado	Modelado directo	Alisado fino	Bueno	< 750°
Coapaxtongo	Borde+ cuerpo	1.5cm	8mm	SI	Medio-muy grueso	subangular/ subredondado	Modelado en dos piezas	Alisado regular-fino	Regular	< 750°
San Simonito	Borde+ cuerpo	1.3cm	7mm	n/a	Medio-muy grueso	subangular/ subredondado	Modelado directo	Alisado regular-fino	Regular	< 750°
Tepalcatepec	Borde+ cuerpo	1.6cm	9mm	SI	Medio-muy grueso	subangular/ subredondado	Modelado en dos piezas	Alisado regular-fino	Regular	< 750°
Moderno	Borde+ cuerpo	1.6cm	6mm	SI	Medio-muy grueso	subangular/ subredondado	Modelado en dos piezas	Alisado simple	Regular	< 750°

Tabla 9. Cuadro comparativo entre las características morfológicas de las muestras de comales.

6.3 Muestras de suelo

Como se ha señalado anteriormente para la elaboración de comales se utiliza materia prima proveniente de tres yacimientos diferentes, dos de ellos clasificados como horizontes y el tercero como un suelo.

El yacimiento 1 fue identificado como un horizonte **Ct**, mientras que el yacimiento 2 como un horizonte **BtC**, ambos son depósitos detríticos y se consideran como yacimientos secundarios, es decir formados principalmente por la erosión de rocas y suelos preexistentes y depositados mediante la acción fluvial, caracterizados por la presencia de minerales arcillosos y partículas de tamaño de arcilla.

Si bien el yacimiento 1 se clasificó de manera general como un horizonte **Ct** a su vez se tomaron muestras clasificadas como horizontes **C, Cu** y **Cw** dentro del mismo depósito.

Estas muestras se caracterizan por sus tonalidades claras (amarillo, amarillo rojizo) y presentan un alto contenido de arcilla de iluviación con un alto grado de limpidez (cutanes), plagioclasa, granos de roca volcánica (andesita), óxidos y en menor medida micas (biotita) *(tabla 10)*. El tamaño de partícula es de arenas medias (0.250mm-0.5mm) a muy gruesas (>1mm), y en algunos casos es posibles observar partículas de tamaño muy fino (0.062mm-0.125mm). En este caso el horizonte **C** presenta un mayor grado de saturación de partículas en comparación con las demás muestras. La forma de las inclusiones no es uniforme, pues es posible observar tanto partículas angulares como subredondeadas mezcladas entre sí producto de la meteorización natural.

La presencia de materia orgánica es baja, no obstante sobre la superficie existen manchas oscuras de forma irregular relacionadas con la posible descomposición de agentes orgánicos, además, se observan restos de fitolitos mineralizados.
En cuanto a la relación entre material fino y grueso (*c/f*) es de tipo porfírica de espaciado simple a abierto en una clara distribución y orientación aleatoria de las partículas.

Por su parte la micromasa está compuesta por material limo-arcilloso y tiene una apariencia moteada en una alternancia de zonas claras y oscuras, en cuanto a su contextura de birrefringencia tienden a mostrar un patrón indiferenciado debido a su

alta saturación de material arcilloso y arcilla de iluviación, lo que impide observar colores de interferencia. En este sentido la arcilla de iluviación se observa en forma de revestimiento y rellenando poros y huecos. En cuanto a la presencia de óxidos, estos se observan en la superficie, alrededor de partículas y en poros, cuya impregnación va de fuerte a moderada.

En general este conjunto de horizontes presentan mucha similitud con los restos de suelo que se observan en la muestra 3 del grupo de pasta 3, en la muestra 4 del grupo de pasta 4 y en los restos de suelo de las muestras del grupo de pasta 5.

En cuanto al yacimiento dos, el horizonte **BtC**, se caracteriza por una tonalidad más oscura (café, café rojizo) y al igual que en el horizonte anterior presenta altas concentraciones de arcilla de iluviación, solo que en este caso presenta una mayor cantidad de impurezas, y su tonalidad es más rojiza. Se observa una mayor saturación de a partículas, principalmente plagioclasa, granos de roca y piroxenos. El tamaño de las partículas no es uniforme pues su tamaño va de arenas medias a muy gruesas. La forma de las partículas es heterogénea, se observan partículas subangulares y subredondeadas mezcladas entre sí. En este horizonte la cantidad de granos de roca es mayor en comparación con el yacimiento 1.

Existe una mayor concentración de materia orgánica no solo en forma de manchas oscuras sino también se pueden observar raíces de plantas y en menor escala fitolitos mineralizados.

La distribución relacionada entre material fino y grueso (*g/f*) es de tipo porfírica de espacio simple y las inclusiones están dispuestas y orientadas en un patrón aleatorio.

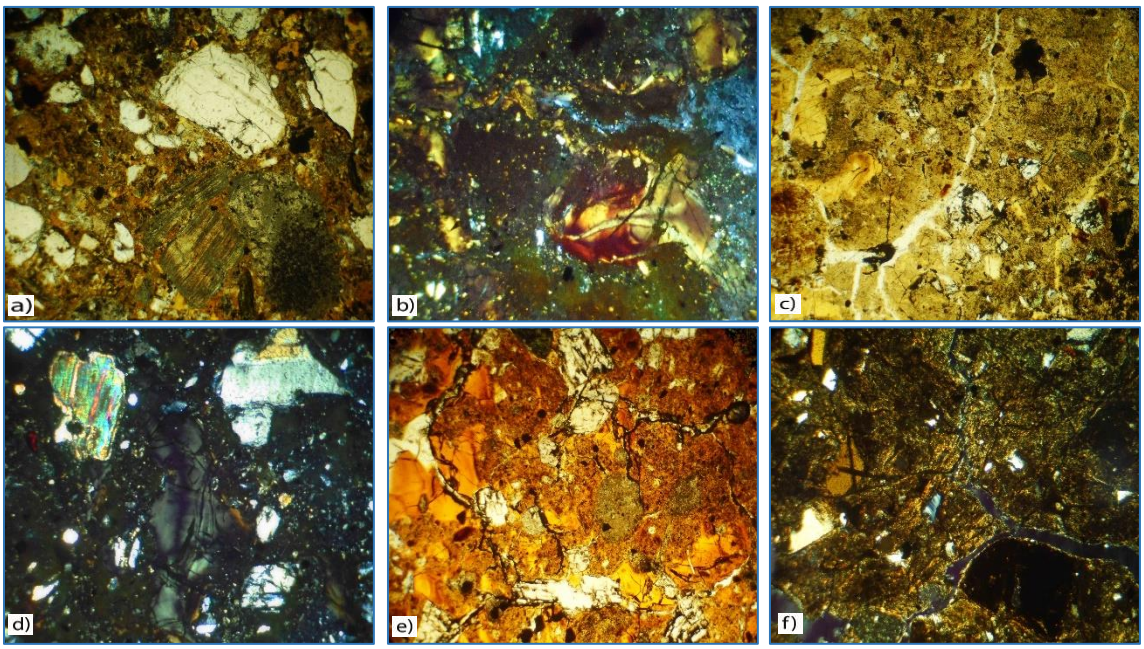
La micromasa tiene características muy similares a las del conjunto de horizontes anterior, su apariencia es moteada debido a la alternancia de zonas claras y oscuras y su contextura de birrefringencia es de tipo indiferenciado. La arcilla de iluviación se encuentra incorporada a la matriz del suelo, pero también en forma de revestimientos y rellenos impuros de poros y huecos, presentando formas en microláminas y en ocasiones una textura fluidal.

La presencia de óxidos es notable, mostrando acumulaciones sobre la superficie, en arcilla de iluviación y en poros, donde su grado de impregnación va de fuerte a

moderado.
Las características de este horizonte muestran cierta similitud con la muestra 4 del grupo de pasta cuatro y con el comal de Coapaxtongo, San Simonito y Tepalcatepec.

Finalmente, el yacimiento tres, fue identificado como un suelo **vertisol** y puede ser considerado como un yacimiento primario. Su tonalidad es oscura (negro) y está compuesto principalmente por material arcilloso, siendo esta su principal característica. La cantidad y saturación de inclusiones es mucho menor en comparación con los yacimientos uno y dos. Se observan principalmente nódulos de óxido de forma típica y de impregnación fuerte a moderada, plagioclasa, minerales opacos y piroxenos *(tabla 10)*. El tamaño de las partículas es predominantemente fino, pero existen también escasas partículas de tamaño grueso a muy grueso. La forma de las inclusiones es principalmente angular y subredondeada y su orientación es aleatoria. Sobre la superficie se aprecian restos de materia orgánica en forma de manchas oscuras de forma irregular.
El patrón de distribución relacionada entre material fino y grueso (g/f) es de tipo mónica fina, la microestructura de la masa basal es de bloques subangulares y la porosidad es a partir de fisuras o poros planos alargados interconectados en forma de zigzag.
La micromasa tiene un aspecto moteado notándose una alternancia entre zonas claras y oscuras, se observa un patrón de contextura de birrefringencia (*b-fabric*) de tipo estriada al azar, en el cual las estrías se intersecan desde diferentes ángulos.

Como se mencionó anteriormente (Capítulo 3) la principal característica de estos suelos es su alto contenido de arcilla que al entrar en contacto con la humedad se vuelven pegajosos y difíciles de manipular debido a su alta plasticidad y su escasa cantidad de elementos gruesos, para poder solventar esta problemática es necesaria la adición de agentes antiplásticos que reduzcan su plasticidad y mejoren su maleabilidad. En este caso en particular el abastecimiento de elementos gruesos se logra mediante el suministro de los yacimientos uno y dos.



Fotomicrografías 49. Rasgos micromorfológicos de los yacimientos de materia prima.
a, b, c, d) Yacimiento 1. a) Horizonte C. *Partículas medias y gruesas de formas subangulares y subredondeadas.* ***b) Horizonte Ct.*** *Revestimiento de poros y huecos mediante arcilla de iluviación.* ***c) Horizonte Cu.*** *Matriz de aspecto moteado, poros y huecos rellenos de arcilla de iluviación.* ***d) Horizonte Cw.*** *Fragmentos de tamaño grueso y medio rodeando un revestimiento de arcilla de iluviación.*
e) Yacimiento 2. Horizonte BtC. *Partículas medias y gruesas de plagioclasa y granos de roca de forma subredondeadas en altas concentraciones de arcilla de iluviación.*
f) Yacimiento 3. Vertisol. *Matriz arcillosa con baja densidad de partículas gruesas.*
a, c, e (lpp). b, d, f (lxp).

Yacimientos de materia prima Composición mineral										
Yacimiento	**Horizonte**	**Arc. iluviación**	**Plagioclasa**	**Óxidos**	**G. roca**	**Mica**	**Min. Op.**	**Piroxenos**	**Anfibol**	**Poros**
1	**C**	8.88%	20.10%	5.52%	8.83%	6.53%	3.44%	4.48%	1.50%	7.00%
1	**Ct**	30.00%	10.47%	4.68%	3.64%	2.68%	2.30%	1.04%	0.47%	10.00%
1	**Cu**	22.00%	18.19%	5.08%	7.93%	5.89%	3.36%	2.63%	0.58%	12.50%
1	**Cw**	18.63%	16.00%	5.15%	9.96%	6.43%	3.31%	3.96%	2.68%	10.00%
2	**Btc**	20.63%	14.58%	5.70%	13.92%	4.66%	5.33%	6.40%	3.17%	7.00%
3	**Vertisol**	0.00%	13.56%	10.23%	4.36%	2.43%	6.45%	5.96%	3.68%	11.18%

Tabla 10. Yacimientos de materia prima. Principales componentes minerales.

CAPÍTULO 7: ANÁLSIS DE LOS RESULTADOS

En esta sección se discuten los resultados obtenidos del análisis petrográfico y micromorfológico de las muestras seleccionadas y desarrollados en el capítulo anterior con la finalidad de dar respuesta a la interrogante planteada acerca de la existencia de similitudes en el proceso de manufactura de comales actuales y la cerámica prehispánica de uso doméstico.

Tanto el análisis macroscópico, micromorfológico y petrográfico nos permiten identificar en los materiales cerámicos ciertos rastros visibles dejados por las diferentes etapas que intervienen en su manufactura, el análisis de tales evidencias hace que sea posible realizar, hasta cierto punto, una reconstrucción de la cadena operativa de producción inmersa en la fabricación de los objetos cerámicos. En relación a lo anterior Castañeda *et al* (2019) menciona que: "*el analisis por cadenas operatorias en ceramica implica el conocimiento de las etapas mínimas de dicho proceso y el reconocimiento de las huellas plasmadas en el material relaciondas con cada una de estas"* (Castañeda *et al,* 2019, pág. 361).

Esto nos da la posibilidad de poder contrastar las evidencias de manufactura presentes en los materiales arqueológicos y compararlas con el dato etnográfico de la producción actual de comales y con las características macroscópicas y microscópicas que estos materiales presentan.

Con base a lo anterior se presentan los siguientes resultados:

7.1 Identificación de petrogrupos

En una primera estancia, la petrografía de los materiales cerámicos nos permitió establecer, corroborar y rectificar los grupos de pasta previamente establecidos de manera macroscópica, en términos petrográficos los resultados del análisis nos permiten identificar con base a su composición mineralógica al menos seis petrogrupos cerámicos dentro del conjunto de restos cerámicos utilizados en este estudio. A continuación, se describen los grupos petrográficos identificados con base a su composición mineral.

Petrogrupo 1: Caracterizado por su alto contenido de vidrio volcánico (pumita) y corresponden a esta petrofábrica todas las muestras del grupo de pasta 1 llamado “inclusiones transparentes”, estas inclusiones vistas de manera macroscópica corresponden a las partículas de pumita.

Petrogrupo 2., Representado por sus altas concentraciones de biotita y concierne a todas las muestras del grupo de pasta 2 micas doradas, y las muestras 1, 2 y 4 del grupo de pasta 7. Las micas doradas vistas de manera macroscópica y a partir de las cuales se nombró a este grupo de pasta corresponden a las inclusiones de biotita.

Petrogrupo 3. Compuesto principalmente por granos de tezontle rojo, granos de roca andesita y restos de suelo; a esta petrofábrica pertenecen todas las muestras del grupo de pasta 5 nombrado como inclusiones rojas, que corresponde a las partículas de tezontle.

Petrogrupo 4. Constituido por la presencia principalmente de plagioclasa en mayor o menor cantidad. Este petrogrupo a su vez puede ser dividida en dos subgrupos, el subgrupo *“a”* formado por plagioclasas con una alta alteración principalmente por revestimiento de óxidos; este subgrupo lo conforman todas las muestras del grupo de pasta 6, el comal del sitio la Malinche y Tepalcatepec. El subgrupo “*b”* compuesto por plagioclasas sin o poca alternación, integrado por las muestras 1 y 2 del grupo de pasta 3; las muestras 1 y 2 del grupo de pasta 4, las muestras 3 y 5 del grupo de pasta 7 y el ejemplar de comal San Simonito y Copaxtongo.

Es necesario mencionar que la muestra 2 del grupo de pasta 3 y la muestra 5 del grupo de pasta 7 presentan restos de esquisto, sin embrago su cantidad es prácticamente nula, por lo tanto, se plantea que su presencia puede ser accidental por lo que se decidió incorporarlas en este grupo.

Petrogrupo 5. Caracterizado por su alta presencia de restos de suelo y arcilla no incorporada a la matriz; dividiéndose en dos grupos, el subgrupo “***a”:*** los restos de suelo tienden a ser más gruesos que las inclusiones minerales presentes en la pasta; en este subgrupo encontraríamos la muestra 3 del grupo de pasta 3. El subgrupo “*b”:* a diferencia del subgrupo *a*, los restos de suelo van de muy finos a muy gruesos aunado a la alta presencia de granos medios y gruesos de andesita;

a este subgrupo pertenece la muestra 4 del grupo de pasta 4. Como se mencionó anteriormente los restos de suelo presentes en este grupo de pasta exhiben una semejanza muy alta con el conjunto de horizontes C de las muestras de suelo recolectadas.

Petrogrupo 6. Se caracteriza por su alta presencia de granos de roca y plagioclasa con una apariencia más fina y compacta y cuya tonalidad más clara (café claro) es diferente a las demás muestras. Este grupo es el menos abundante pues está representado únicamente por la muestra de comal Matlalac.

7.2 Naturaleza de las inclusiones

Respecto al tipo inclusiones, las partículas de origen mineral son el principal componente grueso, pues no se observaron evidencias claras de la presencia de tiestos molidos (grog) o materia vegetal que pudieran haber sido utilizados como agentes desgrasantes. El análisis mineralógico de todas las muestras indica cierta homogeneidad en cuanto al tipo de minerales presentes en la fracción gruesa de las pastas, las cuales están compuestas principalmente aunque en proporciones variables por plagioclasas, piroxenos, anfíboles, mica (biotita), granos de roca, óxidos de hierro y arcilla de iluviación; los primeros son minerales de origen volcánico y se consideran como minerales típicos de los suelos del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano los cuales se derivan a partir del material parental volcánico (Sedov, *et al 2001* en Ramos Galicia, *et al* 2003). Tres tipos de rocas volcánicas se lograron identificar, pumita, tezontle rojo y andesita; la primera está restringida únicamente al petrogrupo 1 (Pasta 1), donde es el componente grueso más abundante, su variabilidad de forma (subredondeado a angular) así como su rango de tamaño (de fino a grueso) sugiere que está presente de manera natural. En cuanto al tezontle, es el principal componente del petrogrupo 3 (grupo de pasta 5), se limita únicamente a este petrogrupo y se plantea que fue agregado de manera intencional a la pasta, ya que su tamaño de partícula es generalmente grueso y predominan las formas angulosas. En el caso de la andesita, está presente en todos los petrogrupos con excepción del petrogrupo 1; tanto su cantidad y forma es variable en cada ejemplar cerámico.

La morfología irregular de las inclusiones minerales de subangular a subredondeada así como una pobre uniformidad en el tamaño de las partículas, sugiere que están presentes de manera natural y son partículas de carácter detrítico producto de procesos naturales de erosión (Donner, *et al* 2019; Olaetxea 1996); esto nos indica que los yacimientos a partir de los cuales se obtuvo la materia prima son depósitos con poco transporte, descartando el uso de sedimentos aluviales como por ejemplo de ríos (arenas), caracterizados por una homogeneidad en el tamaño de las partículas y una alta esfericidad.

Las muestras cerámicas presentan similitudes tanto en composición mineral como en la morfología de las inclusiones con las muestras de suelo recolectadas, además de que cierto tipo de edaforrasgos (arcilla de iluviación) se observan en ambos conjuntos; esto nos sugiere el uso de yacimientos de materias primas con un origen y características semejantes a los yacimientos estudiados en esta investigación.

El que existan similitudes entre las muestras cerámicas y las muestras de suelo nos permite asumir el uso de materia prima ya sea local o regional, sin embargo, al estar en un área extensa y geológicamente homogénea como es el caso del Eje Volcánico Transversal, nos impide identificar con exactitud la fuente de providencia de las materias primas; como se mencionó anteriormente este es uno de los problemas a los que se enfrentan los estudios petrográficos al momento de identificar la posible procedencia de los materiales donde la ausencia de elementos diagnósticos hace que se difícil identificar centros de producción, además esta dificultad aumenta al trabajar con materiales sin elementos decorativos que puedan brindar alguna pista sobre su lugar de procedencia, como es el caso de los materiales utilizados en esta investigación.

7.3 Preparación de la pasta

El producto final del procesamiento de composición / textura y homogeneización aplicado a la arcilla de partida se llama pasta (Eramo, 2020). Su preparación es una de las etapas más importantes en la producción cerámica, pues de ella depende la calidad de los objetos y su óptimo desempeño de acuerdo a la función para la cual

se crearon; es así que durante esta etapa se llevan a cabo una serie de procesos con tal de garantizar que las arcillas empleadas sean moldeables y fáciles de trabajar mediante una combinación de plasticidad, resistencia y tixotropía (Eramo, 2020. pág. 2). Como etnográficamente se observó, acciones como la trituración o molienda intervienen en el procesamiento de las arcillas que junto con el retiro de elementos gruesos ya sea mediante el tamizado o de manera manual se busca obtener un material fino, el cual, dependiendo de su manejabilidad, será que se agreguen partículas o se mezcle con otras arcillas para mejorar su trabajabilidad una vez que se ha hidratado. Sin embargo, el tratar de identificar estos procesos una vez terminados los objetos, puede ser algo difícil de logar ya que a menudo son borrados por las fases de conformación y cocción (Eramo, 2020, pág. 8).

Para el propósito de esta investigación, el análisis micromorfológico y petrográfico nos permitió identificar los siguientes aspectos relacionados con la preparación de las pastas utilizadas en la manufactura de los objetos cerámicos aquí estudiados:

7.3.1 Materias primas

Los suelos de origen volcánico son la principal fuente de materias prima utilizada para la manufactura cerámica; dentro de la produccion actual de comales se observó el uso de suelos de tipo vertisol y luvisol para la preparación de la pasta; los primeros están formados principalmente por minerales arcillosos del grupo de las esmectitas, mientras que los luvisoles son suelos se caracterizan por la presencia de minerales arcillosos del tipo de la illitas y esmectitas (Castañeda, *et al* 2019). Tanto el dato etnográfico como el petrográfico nos permitió observar que en la produccion actual los vertisoles son los que proporcionan la matriz plástica de la pasta y el luvisol la fracción gruesa (horizontes Btc y Ct).

Para el caso de la cerámica arqueológica, mediante el análisis micromorfológico se identificó en todas la muestras (aunque con cantidades variables) la presencia de cutanes arcillosos (arcilla de iluviación), esto nos lleva a suponer el uso de luvisoles como materia prima, pues este edaforrasgo puede considerarse como un elemento diagnóstico de este tipo de suelo, cuya conservación en materiales cerámicos es debido a su alta resistencia a procesos de trituración (Cabadas *et al 2017* en

Castañeda, *et al* 2019). Existen reportes (*ibidem*) donde los luvisoles son utilizados individualmente sin la necesidad de ser combinados con otros suelos, pues suministran tanto la carga plástica como la fracción gruesa; sin embargo, en nuestro caso en casi todas las muestras se observa una heterogeneidad en la matriz, lo que nos lleva a suponer su uso en combinación con otro tipo de suelo.

7.3.2 Modificaciones de composición/textura

En este aparatado se hace referencia a aquellas transformaciones que se realizan a la arcilla después de su extracción tales como pueden ser el molido, el tamizado, adición de desgrasantes, mezcla de arcillas o la aplicación de aditivos (Eramo, 2020). Es necesario señalar que en este caso solo es posible observar los efectos de estos procesos sobre la pasta más no las técnicas o herramientas empleadas para su ejecución.

7.3.2.1 Molido y tamizado de la arcilla

El molido es sin duda un paso innegable en la preparación de la arcilla, pero puede ser un proceso difícil de identificar una vez que los objetos han sido terminados, algunas evidencias que nos puede señalar su ejecución es la presencia en la masa basal de bloques a menudo rodeados y separados de la matriz mediante poros, pero que presentan con ligeras variaciones las mismas características físicas y ópticas de la matriz cuando se observan tanto en luz polarizada plana como en nicoles cruzados. Su forma suele ser irregular y exhibir angulosidad o a su vez cierta esfericidad (ejemplos claros pueden verse en las fotomicrografías **11** *c*, *d***; 13** *c*, *d***; 15** *e, f***; 20** *f***; 23** *f*).

Por otra parte, de acuerdo con Eramo (2020) si se realizó algún tipo de tamizado a la arcilla ya sea para la eliminación de elementos no deseados o para la selección de un determinado tamaño de grano, la textura de la arcilla se caracterizará por un claro corte de la curva granulométrica en relación con la arcilla de partida, con una distribución de tamaño de partícula más o menos asimétrica, donde el corte representa el tamaño de apertura del tamiz (Eramo, 2020). En nuestro caso,

granulométricamente las pastas analizadas se caracterizan por tener un rango de tamaño de partícula muy amplio generalmente de arena fina a arena muy gruesa llegando a encontrar incluso elementos mayores a 2 mm, por lo tanto, se asume que la eliminación de impurezas y elementos muy gruesos como piedras o restos vegetales, se realizó de manera manual, limitándose a elementos que por su tamaño pueden ser retirados manualmente al ser visibles a simple vista.

La única que pieza que muestra una aparente selección en el tamaño de partícula es el comal del sitio Malinche, donde el cuerpo presenta un tamaño de grano más fino en comparación con el área del borde donde las inclusiones son más gruesas (*fotomicrografías* **29** *e, f*); sin embargo, resulta imposible deducir la técnica y los instrumentos empleados para este fin.

7.3.2.2 Desgrasante y mezcla de arcillas

De acuerdo con Rye (1981) el uso de desgrasantes puede considerarse como una de las primeras grandes innovaciones en la tecnología cerámica, pues su adición a la pasta tiene implicaciones importantes en todo el proceso de fabricación, así como en las diversas fases involucradas en la cadena operativa (Rye 1981 en Eramo, 2020; Santacreu 2014).

Druc (1998) señala que la bimodalidad del tamaño de grano se ha interpretado como el producto de dos constituyentes, donde la fracción fina es usualmente atribuida a la arcilla y la fracción gruesa es atribuida al uso intencional de desgrasantes (Druc, 1998). No obstante, esta bimodalidad puede ser dada también por la presencia de inclusiones gruesas dentro de la arcilla de manera natural o por la mezcla de la arcilla con otros sedimentos más gruesos (Santacreau 2014). Ante esta ambigüedad señala Druc (1998) es mejor dejar la medición del uso de desgrasante para aquellas inclusiones que no son constitutivas de los suelos como son huesos triturados, conchas o incluso granos de roca (Druc, 1998, pág. 715).

Tanto el uso de desgrasantes como la mezcla de arcillas tienen objetivos semejantes: mejorar la trabajabilidad y resistencia de la arcilla, minimizar la contracción, ayudar al secado y mejorar el comportamiento de las arcillas durante la cocción (Eramo, 2020). Sin embargo, estas acciones alteran en gran medida las

propiedades de la arcilla original y determinan la composición química, mineralógica textural y petrológica de las vasijas, además de aumentar la variabilidad composicional de las cerámicas dificultando el establecimiento de grupos de referencia y a su vez la designación de procedencia (Santacreu 2014, pág. 75). Si bien ambos procedimientos cumplen con el mismo objetivo, son prácticas completamente diferentes y dentro del análisis composicional es necesario identificar cuando se están usando desgrasantes y cuando se están mezclando arcillas.

En lo que respecta a esta investigación y como se ha señalado anteriormente, el tezontle es el único material que se considera como un agregado intencional y está limitado únicamente al petrogrupo tres.

Por su parte la fracción gruesa de las demás pastas analizadas es únicamente de naturaleza mineral; el análisis morfológico de las inclusiones nos permite inferir que son partículas presentes de manera natural en las arcillas utilizadas, descartando su uso como desgrasantes intencionales. Algunos de los elementos que nos permite llegar a esta conclusión es la ausencia de partículas gruesas con una alta angulosidad y homogeneidad tanto en forma como en tamaño, así como la ausencia en cantidades importantes de partículas con fractura en forma de “L”, consideradas como formas típicas de procesos de trituración (Olaetxea, *et al* 1996; Santacreu 2014). Otro elemento a considerar es la falta de inclusiones de diferente origen geológico (metamórfico, sedimentario) u orgánico que contrasten con los materiales volcánicos que componen las pastas cerámicas.

Por otra parte, las observaciones hechas sobre la pasta muestran, en la mayoría de los casos, heterogeneidades dentro de la matriz arcillosa, formadas por partículas o dominios de arcilla de características físico-ópticas diferentes que contrastan con la matriz circundante, estos elementos son considerados indicadores de la mezcla dos o más arcillas, cuya presencia suele relacionarse con un pobre amasado de la arcilla (Eramo, 2020). A diferencia de los dominios de trituración estos se caracterizan por presentar una alta variación en su grado de delimitación presentando tanto límites claros como difusos, un alto estado de redondez, formas irregulares o semiesféricas, una pobre orientación interna y por lo general lucen una

dirección concordante con el flujo de la matriz (Whitbread 1986).

Tomando como base lo anteriormente señalado podemos asumir que la mezcla de arcillas fue el método más utilizado para la preparación de la mayor parte de las pastas analizadas, pues muchas de las muestras presentan rasgos con las características antes mencionadas. Un ejemplo claro de ello son los ejemplares que integran el **petrogrupo 5** (muestras 13 y 17), donde es posible observar tanto material arcilloso como restos de suelo que contrastan con la matriz arcillosa. En la muestra 4 del grupo de pasta 4 (*fotomicrografías* **17** *d, f*) se observan incluso restos de suelo donde es posible apreciar poros rellenos con arcilla de iluviación. Otro ejemplo lo constituyen las muestras del **petrogrupo 3**, donde se aprecian restos de arcilla con un color, textura y birrefringencia completamente diferentes a la matriz (*fotomicrografías* **18** *c*, *d*, y *fotomicrografías* **20**). En la muestra 2 del grupo de pasta 6 (*fotomicrografía* **22** *d*) y en la muestra del comal de San Simonito (*fotomicrografía* **32** *a, b*) se aprecian estrías de arcilla diferentes a la matriz pero que fluyen en la misma dirección de la matriz arcillosa. Por otra parte, grumos de gran tamaño pueden verse en la muestra 3 del grupo 6 (*fotomicrografías* **23** *c, d*) y en la muestra 5 del grupo de pasta 7 (*fotomicrografías* **28** *c, d, e, f).*

En contraste, en la muestra de comal moderno donde se tiene pleno conocimiento del uso de diferentes arcillas, fue difícil en principio, encontrar evidencias de esta práctica. Como se ha reiterado anteriormente, sabemos por el dato etnográfico que la fracción fina es dada por el vertisol utilizado y la fracción gruesa por el uso de los horizontes BtC y Ct de un suelo de tipo luvisol, sin embargo, hacer esta distinción entre estos dos tipos de suelo en una pieza terminada resulta difícil. Algunas de las evidencias encontradas fueron partículas de suelo que pertenecen a los horizontes antes mencionados, con un rango de tamaño fino a grueso, límites difusos, forma irregular a subredondeada y una tonalidad que contrasta con el de la matriz arcillosa; se observaron también granos de roca con material arcilloso aún adherido a ellos, pero sin duda la prueba más abundante y evidente son los restos de arcilla y cutanes de iluviación que como se mencionó son rasgos característicos de los suelos de tipo luvisol.

Respecto al vertisol no se encontraron evidencias que nos remitan a su

identificación, ya que la matriz arcillosa al menos en la muestra analizada presentó una marcada homogeneidad, además de que otras características como el color, la microestructura, la contextura de birrefringencia y la birrefringencia observadas en laminada delgada de este suelo, cambiaron a través de los diferentes procesos de manufactura, por lo que afirmar su uso sin tener antes el antecedente etnográfico es algo difícil de comprobar.

7.4 Confección de las formas cerámicas

Con el objetivo de poder observar características que nos ayuden a entender los procesos de manufactura, el análisis microscópico se complementó con observaciones macroscópicas a partir del escaneo de las láminas delgadas, esto con la finalidad de tener una vista completa y más amplia de las muestras y así poder identificar patrones de organización de inclusiones y poros.

De manera general se plantea el modelado a mano como el método empleado en la manufactura de las piezas cerámicas, ya que definir con certeza la técnica o el tipo de modelado empleado (pellizcado, enrollado, placas de arcilla, paleado y yunque, etc.) es una tarea difícil de definir en especial cuando solo se tienen fragmentos, pues es posible que en la construcción de una pieza se utilicen o combinen varias técnicas; otro aspecto a considerar es que diferentes técnicas pueden producir características similares como pueden ser la orientación de poros y partículas, debido a que cada una de ellas involucra la aplicación de presión y la deformación de la pasta (Braekmans & Degryse, 2017; Druc & Velde, 1999; García, 2015; Lindahl & Pikirayi, 2010).

En consideración a lo antes mencionado las observaciones se centraron en los objetos que presentaban restos de cuerpo y bordes, y las zonas de inflexión en las piezas (cuellos, bordes). En cuanto a la construcción de bordes se identificaron dos procedimientos: bordes directos manufacturados y estilizados de manera dactilar y bordes formados a través del uso de rollos de arcilla.

Los bordes directos se caracterizan por un flujo continuo de poros y partículas desde la zona de cuerpo sin cambios abruptos en su dirección, mostrando un cambio únicamente en la zona del labio, en esta zona los poros cambian su aspecto

lineal y adquieren, producto de la presión ejercida, una forma en arco siguiendo el patrón redondo del borde. Estas características son evidentes en las zonas cercanas a las superficies de los tiestos, no obstante, al interior la orientación y organización de poros y partículas es aleatoria. Este tipo de borde se identificó principalmente en fragmentos de olla y cajetes cuyo grosor del borde era mayor a 5mm, pero menor a 1cm y en las muestras de comal de Matlalac y San Simonito. El otro procedimiento implica la utilización de **rollos de arcilla** para formar el borde de las piezas. En este caso el flujo continuo de poros y partículas desde el área del cuerpo se interrumpe en la zona donde comienza el borde haciendo posible observar cambios abruptos en la dirección de estos rasgos (*fotomicrografía* **33** *e*). De manera macroscópica se identificaron patrones de inclusiones en forma circular y en espiral considerados patrones típicos del uso de rollos de arcilla los cuales se forman durante el movimiento de rotación que se aplica para formar el rollo (Braekmans & Degryse, 2017). Este procedimiento se identificó en formas donde el grosor del borde es mayor a 1cm como lo son el borde de olla de la muestra 3 del grupo de pasta 6, los comales Malinche, Coapaxtongo y Tepalcatepec. Otro elemento relacionado con el uso de rollos de arcilla son cavidades de gran tamaño que pueden aparecer producto del aire atrapado durante la rotación del rollo de arcilla generalmente en la boca, ya sea en la zona central del rollo o en la periferia; este rasgo fue identificado únicamente en el comal Tepalcatepec (*fotomicrografía* **33** *f*) y en la muestra de mano del comal moderno.

Lo anterior nos lleva a plantear el pegado como otra práctica de manufactura utilizada para unir el cuerpo de las piezas con los rollos de arcilla y así formar los bordes. Otro ejemplo de esta práctica lo encontramos en la muestra de asa del grupo de pasta 2, en este caso, se observó a través de una zona de convergencia de poros y partículas provenientes de dos direcciones diferentes y se redireccionan en un mismo sentido (*fotomicrografías* **8** *e, f*). El comal Malinche es otro ejemplo de esta práctica, en este caso es posible observar el ensamble de dos piezas manufacturadas con un tamaño de grano diferente, donde el cuerpo presenta un tamaño de grano más fino y homogéneo en comparación con el borde donde las partículas son más gruesas (*fotomicrografías* **29** *e, f*).

Otras características a considerar son los efectos que la presión ejercida al momento de formar la pieza tiene sobre las partículas, poros y en la matriz arcillosa. En la mayoría de las muestras, las inclusiones y poros presentan una alineación regular respecto a las paredes del tiesto, por lo que podemos asumir una baja presión al momento de confeccionar las formas.

No obstante, en algunas zonas como son los cuellos se nota que se aplicó una mayor presión para poder formar la curvatura de las paredes, en resultado a la fuerza que se ejerce, las partículas, en especial las de hábito tabular están orientadas de manera paralela a los márgenes de las paredes y a su vez los dominios de la matriz arcillosa muestran deformación y forman estriaciones y patrones curvos (*fotomicrografías* **10** *c, d*).

En otros casos se observó que cuando la presión aplicada durante la confección de las piezas recae sobre un elemento grueso puede dar lugar a deformaciones puntuales de la matriz, creando depresiones y que las inclusiones más finas formen patrones en forma de “U” en las zonas subyacentes a las partículas gruesas; estos rasgos se observan principalmente en las zonas cercanas a las superficies de los cuerpos (*fotomicrografía* **10** *a*). En el caso del Comal San Simonito se observa como un grano de roca deforma restos de arcilla creando un notable hundimiento de esta; es posible que esta deformación sea el producto de la presión ejercida por el instrumento empleado para extender y adelgazar la pasta (*fotomicrografías* **32** *a, b*). Un rasgo similar, aunque menos notorio lo encontramos en la muestra del comal moderno donde dos elementos gruesos deforman la matriz arcillosa creando una distorsión de la matriz (*fotomicrografía* **34** *b*).

Finalmente se señala que el área destinada a entrar en contacto con el fuego en todas las muestras de comales presentan el mismo patrón corrugado y áspero por lo que se infiere que al igual que sucede con la muestra moderna, esta superficie fue creada mediante el uso de una capa de sedimentos sobre la cual se modeló la pasta tal y como se observó etnográficamente.

7.6 Secado

De acuerdo con Santacreu (2014) el tiempo requerido para el sacado de las piezas cerámicas depende de las propiedades de la arcilla, el grosor de las paredes y la manera en que la pasta ha sido preparada, además de que otras variables a considerar son la temperatura, la humedad y el lugar donde se realice el secado ya sea al aire libre o no, por lo que el tiempo de secado puede ser de algunos días o por el contrario semanas (Santacreu, 2014). En esta fase el agua se evapora a través de la acción capilar desde el interior al exterior de las vasijas, teniendo como consecuencia una pérdida de volumen y peso, lo que a su vez lleva a la contracción de la matriz arcillosa y el contacto de las partículas de arcilla. Al final de este proceso la matriz arcillosa tendrá una estructura de macro-poros y micro-poros debido a la evaporación del agua contenida en la estructura laminar de los minerales de arcilla; sin embargo, la completa evaporación del agua ocurre durante la cocción (Druc & Velde, 1999; Santacreu, 2014).

Algunas de las evidencias relacionadas con esta fase es la formación de poros planos o de forma irregular (grietas) formadas por la pérdida de agua y por la liberación de aire atrapado durante el amasado y la confección de la forma (*fotomicrografías* **11** *a*, *e***; 14** *a***; 24** *e***; 25** *c***; 26** *c*). Otra de las evidencias son poros formados por la retracción de la pasta alrededor de granos o inclusiones gruesas, lo que denota la diferencia en el tiempo de sacado entre la matriz arcillosa y las partículas no plásticas (Druc & Velde, 1999, pág. 152) (*Fotomicrografías* **3** *c***; 19** *a, b***; 23** *e, f***; 28** *a, c*).

7.7 Acabado de superficie

El alisado es el tratamiento de superficie más recurrente dentro de nuestro grupo de muestras, esto está relacionado con el hecho de que en un principio se seleccionaron materiales afines a funciones domésticas, principalmente fragmentos de ollas, caracterizados por su sencillez en el tratamiento de las superficies. Sin embargo, hay ejemplares que presentan acabados mediante la aplicación de engobes cuya función no está relacionada con fines domésticos.

De manera macroscópica se identificó un rango variable en cuanto al tipo de alisado, encontrando alisados finos (8), medios (20) y burdos (3). Estas diferencias en el grado de alisado se ve reflejado principalmente en el ordenamiento y orientación de las particas cercanas a las paredes del tiesto. Los alisados finos se caracterizan por una marcada orientación paralela de poros y partículas respecto a las paredes del tiesto, especialmente notoria en las inclusiones tabulares, otra característica observada fue la formación de patrones de contextura (*b-fabric*) de estrías paralelas en el área cercana a las paredes del tiesto (*fotomicrografías* **3** *d***; 15** *a, b***; 21** *a, b**;* **24** *a, b***; 25** *a, b***; 30** *a, b*).

Por su parte en los alisados medios, las inclusiones y poros presentan una regular pero evidente orientación y alineamiento en relación a las paredes del tiesto, en este caso se observan patrones de contextura de birrefringencia de tipo estriado paralelo cruzado y estriado aleatorio (*fotomicrografías* **2** *a, b***; 4** *a, b***; 6** *a, b***;** 9 a, b**; 19** *a, b***; 22** *a, b***; 26** *a, b***; 27** *a, b***; 28** *a, b***; 31** *e, f***; 29** *a, b, d)*.

Finalmente, los alisados burdos se caracterizan por un pobre ordenamiento de poros y partículas mostrando una orientación aleatoria respecto a la dirección de las paredes del tiesto; en cuanto a los patrones de contextura de birrefringencia son de tipo grano estriado, estriado aleatorio o incluso indeterminado *(fotomicrografías* **1** *a, b***; 14** *a, b***; 17** *a, b*).

En algunos ejemplares se pudo observar sobre una de las superficies, generalmente la externa, la presencia de una delgada capa de material muy fino con las mismas características de la matriz, la cual se asume se originó como una especie de suspensión o barbotina durante el alisado de la pieza cuando la pasta estaba aún sobrehidratada (*fotomicrografías* **4** *c, d***; 11** *e, f***; 13** *a, b***; 18** *b***; 20** *b*).

El otro tratamiento de superficie corresponde a ejemplares con engobes pulidos (3) los cuales se observaron en fragmentos de olla y en un ejemplar de cajete de paredes recto divergente. A pasear de que son pocas muestras, se identificaron dos tipos de engobe: el primero formado a partir de la misma arcilla para manufacturar la pieza (*fotomicrografías* **7** *a-b*); y el segundo a partir del uso de un pigmento de tonalidad roja, obtenido posiblemente a partir de algún tipo de óxido de hierro, oxido

férrico, cinabrio o arcilla férrica (García Ramírez, 2015) (*fotomicrografías* **5** *f)*. Estos engobes se caracterizan por ser capas gruesas aplicadas directamente sobre las superficies sin la aplicación previa de alguna base o pre-engobe, en el caso del engobe rojo la falta de este tratamiento hace que la pigmentación penetre la matriz arcillosa subyacente.

Ambos engobes presentan una apariencia lisa y lustrosa producto de la alta presión y fuerza ejercidas durante el pulido para lograr la textura antes mencionada, no obstante el ordenamiento interno de las partículas puede verse afecta en diferentes niveles, en el caso de la muestra 5 (*fotomicrografía* **5**) se aprecia una buena orientación de poros y partículas que se alinean de manera paralela a la dirección de las paredes del tiesto; mientras que en el caso de la muestra 2 del grupo de pasta 2 (*fotomicrografías* **7** *a, b*) las inclusiones presentan una orientación regular en relación a las paredes del tiesto.

Una característica importante es la ausencia en ambas muestras de poros en la matriz arcillosa subyacente al área donde se localiza el engobe, de acuerdo con Druc & Velde (1999) esto es debido a que durante el pulido se sellan los poros y la superficie evitando que se formen nuevos poros durante la cocción. Una evidencia clara de ellos se observa al comparar las fotomicrografías ***a*** y ***f*** de la muestra 5 del grupo de pasta 1.

Para finalizar se plantea que la aplicación del engobe y su posterior pulido se realizó durante la fase conocida como “cuero”, estado en el que las piezas no están completamente secas, pero son lo suficientemente fuertes como para evitar que los objetos se deformen durante estos procedimientos (Druc & Velde, 1999, pág. 154).

7.8 Cocción

La cocción se considera la etapa más relevante dentro de la producción cerámica, ya que durante este proceso se logra transformar el comportamiento plástico de la arcilla a un estado rígido e irreversible (Rye, 1891 en Garcia & Calvo 2006). A su vez se considera a la cocción como la fase de mayor complejidad, donde “*el grado de desarrollo tecnológico de la comunidad que lo produce condicionará el tipo de*

cocción utilizada" (Garcia & Calvo, 2006, pág. 87).

Al igual que sucede con otras etapas de producción, el reconstruir o estimar las temperaturas de cocción a las cuales se sometieron los objetos cerámicos puede ser una tarea difícil de determinar, más aún a través de métodos petrográficos. Una de las principales problemáticas es que: "*las atmosferas de cocción y las variaciones de temperatura pueden, comportarse aleatoriamente, por lo que la combustión puede afectar de forma diferente a las distintas partes de una misma vasija*" (Garcia & Calvo, 2006, pág. 86).

Generalmente las estimaciones sobre las temperaturas de cocción se han abordado principalmente a partir de análisis químicos, (XRD) mediante el estudio de las relaciones que existen entre las temperaturas de cocción y los cambios químicos y estructurales que ocurren en la mineralogía y microestructura de las vasijas (Braekmans & Degryse, 2017, pág. 257). No obstante, se ha considerado que ciertas transformaciones en las características ópticas y físicas de ciertos minerales y de la matriz arcillosa pueden tomarse como marcadores tecnológicos o contribuir a la valoración de las temperaturas de cocción (Travé Allepuz, 2021).

Respecto a lo anteriormente mencionado, y para el caso de esta investigación las observaciones se centraron en el comportamiento óptico de la matriz arcillosa, tomado como principal referente su grado de birrefringencia. Las muestras pertenecientes a los petrogrupos **1**, **3**, **4**, **5** y **6**, así como las muestras de comales (incluido el comal moderno), presentan un estado óptico activo, donde se puede apreciar una birrefringencia alta de la matriz con ciertas variaciones en su intensidad dependiendo de la zona, pero mostrando siempre sus características ópticas de birrefringencia y extinción. Esta condición del estado óptico de la matriz nos permite inferir que los ejemplares cerámicos fueron sometidos a temperaturas en un rango inferior a los 750-800°C; ya que, de acuerdo con varios autores (Braekmans & Degryse, 2017; Druc & Velde, 1999; Freestone, 1995; Middleton, 1997; Santacreu, 2014) la matriz arcillosa pierde sus propiedades ópticas durante la vitrificación de la matriz la cual comienza en un rango que va de los 750 - 850°C, a lo largo de este proceso la matriz arcillosa se vuelve isotrópica y ópticamente inactiva.

Otros parámetros que sustentan esta inferencia es la nula alteración que presentan minerales como son plagioclasas y anfíboles. En el caso de las plagioclasas autores como Duminuco, *et al* (1998); El Ouahabi, *et al*, (2015); Ionescu & Hoeck (2011); Riccardi, *et al* (1999); Trindade, *et al* (2010); indican que es apartir de temperaturas superiores a 950°C cuando las plagioclasas (especialmente la albita) comienzan a desarrollar alteraciones físicas. En este sentido Riccardi, *et al* (1999) señala que a 1050°C los cristales de albita pierden su morfología original, desintegrándose principalmente a través de sus planos de fractura (Riccardi, *et al* 1999, pág. 397). A su vez, estos mismos autores mencionan que en este rango de temperaturas mayores a los 850°C comienza la formación de feldespato alcalino (K-feldespato) en forma de bandas en los márgenes y alrededor de los granos de albita (Duminuco, *et al,* 1998; El Ouahabi, *et al*, 2015; Ionescu & Hoeck,2011; Riccardi, *et al,*1999; Trindade, *et al,* 2010, en Gliozzo, 2020).

Respecto a anfíboles, Quinn (2013) señala que, a una temperatura de 750°C, la hornblenda comienza a perder su característico color verde (en LPP) adquiriendo una tonalidad café o parduzca (Quinn, 2013 en Travé Allepuz, 2021). Los anfíboles de tipo hornblenda identificados en las muestras no lucen alteraciones en sus características ópticas como las que reporta ese autor (*fotomicrografías* **2** *d*; **4** *c, d*; **33** *c, d*).

El siguiente elemento a considerar es la porosidad, las muestras analizadas presentan una porosidad constituida principalmente por grietas y poros alargados planos e irregulares, ante esto, Cultrone, *et al,* (2001, 2004) y Viani, *et al* (2018) mencionan que a temperaturas altas (>950°C), y producto del proceso de vitrificación, poros angulares y de forma irregular comienzan a ser remplazados por poros con forma elipsoidal, adquiriendo una forma esférica a los 1100°C, debido a la total o parcial fusión de las partículas de arcilla en la matiz y la liberación de gases (Cultrone, *et al,* 2001; Cultrone, *et al*, 2004; Viani, *et al*, 2018). Con base a lo anterior podemos inferir que la porosidad en las muestras estudiadas se desarrolló en condiciones de baja temperatura.

Finalmente, dentro del estudio macroscópico de las muestras en discusión, estas se caracterizan por fragmentarse y desmoronarse con cierta facilidad, a lo anterior Garcia & Calvo (2006) mencionan que la poca dureza y el desmenuzamiento de la pasta evidencian bajas temperaturas de cocción, pues la cerámica incrementa su dureza con la temperatura (Garcia Rosselló & Calvo Trias, 2006, pág. 100).

En el caso del petrogrupo **2**, el principal indicador de temperatura es la biotita presente en la pasta. Travé Allepuz (2021) menciona que la desestabilización de los cristales de biotita comienza a partir de los 750-800°C y se intensifica a temperaturas más altas. La biotita de las muestras cerámicas que integran este petrogrupo luce alteraciones ópticas como lo es un color café muy oscuro, disminución tanto de pleocroísmo como de birrefringencia y apertura a partir de sus planos de crucero (*fotomicrografías* **6, 7; 8; 9, 24, 25, 27**). De acuerdo con Travé Allepuz (2021) alteraciones como las anteriormente mencionadas ocurren en un rango de 800-850°C, este grado de alteración nos permite a su vez descartar temperaturas mayores a los 900-950°C pues en este rango de temperatura el pleocroísmo de la biotitita es nulo o muy bajo y su color se torna completamente oscuro (Travé Allepuz, 2021, pág. 9).

En cristales de hornblenda, se pueden apreciar alteraciones en su color como los que reporta Quinn (2013), además, se nota una disminución en sus colores de interferencia cuando se observan en nicoles cruzados (*fotomicrografía* **9** *c, d*). Como se ha señalado, estas alteraciones en cristales de hornblenda comienzan a partir de los 750°C (Quinn, 2013 en Travé Allepuz 2021).

La plagioclasa presente en la pasta no muestra alteraciones como las anteriormente señaladas; en cuanto a la porosidad, está compuesta por grietas poros alargados planos e irregulares, lo que contribuye a descartar temperaturas mayores a los 900°C. Por su parte, la matriz arcillosa luce un estado óptico moderadamente activo, ya que se observa una notoria reducción en su birrefringencia, teniendo como resultado la pérdida de luminosidad de la matriz, pero mantiene el brillo suficiente para diferenciarla de un estado de extinción.

Lo anteriormente señalado nos permite inferir que la mayoría de los ejemplares cerámicos que conforman el petrogrupo 2 fueron expuestos a temperaturas en un rango de los 750° a los 850°C. La única excepción, es la muestra **10** la cual parece estar sujeta a temperaturas inferiores a los 750°C, ya que la biotita y la hornblenda no presentan alteración, manteniendo sus propiedades ópticas que las caracterizan (*fotomicrografías* **10** *a, b, c, d*).

En cuanto a sus características físicas, los tiestos se fragmentan y desmoronan con dificultad, Travé Allepuz (2021) menciona que las vasijas cocidas entre 800-850°C tienen una resistencia moderada y una alta tenacidad debido a que la matriz de arcilla adquiere una buena sinterización sin llegar a la vitrificación (Travé Allepuz 2021, pág. 6).

Todo lo anteriormente señalado nos lleva a plantear la quema a cielo abierto como el método empleado para la cocción de las piezas cerámicas que integran los diferentes petrogrupos. Este tipo de cocción se caracteriza por ser de corta duración y no alcanzar una temperatura suficientemente elevada (Garcia & Calvo, 2006, pág. 88). Se ha reportado (Gosselain, 1992; Maggeti, *et al* 2011; Tite, 1999, 2008) que en este método las temperaturas máximas alcanzadas usualmente abarcan el rango entre los 500° a 950°C, con una alta proporción en el rango de 600-800°C (Tite, 1999). En una cocción a cielo abierto la temperatura máxima que se puede alcanzar esta condiciona por diferentes variables como el tipo, cantidad de combustible y su rendimiento calórico, el acomodo del combustible y de las vasijas, así como de condiciones atmosféricas como la estación del año, temperatura ambiente o la humedad (Gliozzo, 2020; Rye, 1981).

Por otra parte, al hacer uso de este método de cocción no se tiene un control directo sobre aspectos como la velocidad de calentamiento a la temperatura máxima, ya que esta ocurre de manera rápida, mientras que el tiempo de duración a la temperatura máxima es corto; además que una vez iniciada la quema es casi imposible controlar la atmósfera de cocción (Gliozzo, 2020; Maggeti, *et al,* 2011; Rye, 1981). En este tipo de cocción el grado de oxidación de la pasta está relacionada con la cantidad de aire al momento de la quema, una buena ventilación causa oxidaciones completas, mientras que una deficiente circulación de aire

produce oxidaciones incompletas llevando a la formación de núcleos de reducción (Garcia & Calvo, 2006, pág. 98). El color de la pasta a través de los cortes transversales nos permite identificar ejemplares en atmosfera oxidantes completas (20) e incompletas (13).

Para el caso específico de los comales, en trabajos etnográficos como el realizado por de la Vega & Hernández (2006) se menciona que los comales al ser cocidos a cielo abierto se evitan desperfectos, ya que una exposición prolongada a una temperatura constante (800°C/1h), las piezas se sobrecuecen y se deforman (de la Vega Doria & Hernández Zarza, 2006, pág. 154).

CONCLUSIONES

El análisis mineralógico y micromorfológico de la cerámica prehispánica como actual nos permitió identificar que ciertas prácticas de producción son recurrentes en ambos grupos, por lo que la hipótesis planteada sobre la existencia de patrones tecnológicos comunes en la manufactura de cerámica entre las sociedades prehispánicas y actuales en Tenancingo resulta hasta cierto punto positiva.

Una de las similitudes más importantes que presentan ambas esferas de producción es que la pasta se prepara a través de la mezcla de arcillas; esta parece ser una práctica frecuente, pues con excepción del petrogrupo 1, todos los demás petrogrupos presentan evidencias de esta práctica, ya que se pudo observar una heterogeneidad en la fracción fina formada por estrías de arcilla y grumos de suelo, con características diferentes a las de la matriz. La mezcla de arcillas parece ser el método en común por cual se buscó mejorar las propiedades de la pasta, dejando a un lado otras prácticas como el agregado intencional de desgrasantes individuales ya sea orgánicos o inorgánicos. No obstante, un caso extraordinario, son las muestras que integran el petrogrupo 3, donde es posible observar tanto la mezcla de arcillas como el uso de tezontle como desgrasante.

La mezcla de arcillas como método de preparación de la pasta trae consigo un trasfondo tecnológico, el cual involucra un nivel de especialización en la selección de la materia prima, pues implica un conocimiento acerca de las características de los suelos a fin de identificar qué tipos de suelos pueden ser utilizados de manera individual al contener tanto la carga plástica como material antiplástico, y distinguir entre suelos muy arcillosos con un bajo contenido de partículas de gruesas, de aquellos que pueden cumplir una función desgrasante al contener una fracción gruesa abundante y que al combinarse se obtenga una pasta maleable y resistente.

En cuanto a la mineralogía, el tipo de minerales observados tanto en la cerámica actual como en la arqueológica resulta ser bastante uniforme; la plagioclasa es la fase mineral más recurrente ya que está presente en todas las muestras analizadas y es, en la mayoría de los casos, el elemento más abundante, otros minerales e

inclusiones como piroxenos, anfíboles, mica (biotita), granos de roca, óxidos de hierro y arcilla de iluviación, también son frecuentes pero su cantidad suele variar dependiendo el caso. Otras partículas como la pumita y el tezontle están restringidos únicamente a su grupo de pasta donde son el componente principal. El que exista esta similitud en la mineralogía no significa que se estén utilizando los mismos yacimientos de materia prima, en su lugar, esto nos permite deducir una tendencia hacia el uso de yacimientos que comparten un mismo origen; en este caso se trata de suelos de origen volcánico pues tanto los minerales como los tipos de roca antes mencionados se consideran típicos de estos suelos.

Respecto a la forma y esfericidad de las inclusiones, en ambos conjuntos (prehispánico y actual) predominan las formas irregulares de contornos subangulares a subredondeados, mientras que las inclusiones redondeadas o esféricas son prácticamente nulas en uno y otro. Lo anterior nos lleva a suponer que fue a partir de sedimentos con poco transporte como los observados en la actualidad de donde se obtuvo la materia prima utilizada para la preparación de las pastas. Las inclusiones al estar presentes de manera natural y tener cierta angulosidad puede explicar el interés en este tipo de depósitos debido a las ventajas y beneficios que implica el uso de partículas angulares con respecto a partículas bien redondeadas. El uso de minerales o partículas prismáticas, alargadas y angulares se consideran más apropiadas para dar solidez a la pasta, obteniendo cuerpos más fuertes y rígidos en comparación con aquellos donde se utilizan granos redondeados, esto es porque las partículas redondas carecen de superficies ásperas de las cuales los minerales arcillosos puedan adherirse con firmeza, en cambio la angularidad evita que las partículas de deslicen entre ellas, mejorando la relación entre la matriz arcillosa y la fracción gruesa previniendo el desarrollo de fracturas (Gibson & Woods, 1990; Carter, 2002 en Santacreu, 2014; Velde & Druc, 1999).

Otro rasgo en común que comparten la mayoría de los ejemplares, junto con la muestra de comal actual, es una fracción gruesa abundante, con un tamaño de partícula que va de arena fina a gruesa; el que compartan esta característica, no

parece ser algo fortuito, sino que es posible que corresponda a una elección hecha, relacionada con la función de los objetos; pues como mencionan Velde & Druc (1999), al tratarse de utensilios de cocina, se busca que estos sean resistentes al estrés térmico y a ciclos de calentamiento y enfriamiento repetitivos, por lo tanto la pasta de este tipo de objetos tiende a tener abundantes partículas gruesas a fin de maximizar la resistencia a la propagación de fracturas ya que abren la pasta y permiten el escape de los gases derivados del estrés térmico. Además, aunado a la presencia de poros interconectados grandes y abiertos se favorece la conductividad térmica al permitir la circulación de aire y gases, lo cual conlleva a una adecuada propagación del calor (Braekmans & Degryse, 2017; Velde & Druc, 1999).

Como se ha mencionado anteriormente, las partículas de origen mineral son el principal agente antiplástico de la pasta ya que no se encontraron evidencias que confirmen el uso de materia orgánica en las muestras prehispánicas. Su ausencia, puede estar relacionado con la mayor inversión de tiempo y carga de trabajo que involucran sus diferentes etapas de preparación (secado, recolección, molido), además de que su disponibilidad puede verse limitada a cierta época del año.

En cuanto a la funcionalidad de los objetos especialmente de aquellos de uso doméstico, el uso de materia orgánica tiene ciertos inconvenientes; uno de ellos y quizá el más importante, es que la materia orgánica puede generar una cantidad excesiva de poros abiertos, además de que su adición aumenta el grosor de las paredes de los recipientes, lo que tiene como consecuencia una mala conductividad del calor a través de las paredes de las vasijas (Santacreu 2014). En cuanto a la funcionalidad y desempeño, se ha demostrado de manera experimental que las vasijas con una fracción gruesa a base de minerales o arenas presentan una mayor eficiencia térmica en comparación con aquellos objetos en los que se ha utilizado materia orgánica. En el caso de los primeros se ha probado que son capaces de hervir el agua y alcanzar temperaturas altas de manera más rápida (92,7°C en 7.8 minutos), mientras que en recipientes donde se ha utilizado materia orgánica las temperaturas son menores en un lapso mayor (86.1°C en diez minutos) y no se logra el estado de ebullición ya que muchas veces el agua comienza a evaporarse antes de hervir, teniendo como consecuencia un mayor consumo de combustible

(Schiffer & Skibo, 1987; Skibo, 1992; Skibo *et al.,* 1989, en Santacreu 2014, pág. 158).

Respecto a la construcción de las formas, no se observaron evidencias que se pudieran relacionar con el empleo de rollos de arcilla u otras técnicas específicas de confección relacionada con los cuerpos de los objetos, pues como se mencionó, las marcas dejadas en ellos resultan ser semejantes ya que todas tienen como principio la aplicación de presión y la deformación de la pasta, por lo que resultó imposible determinar con exactitud las técnicas empleadas, por esta razón se plantea de manera general el modelado a mano como el método de manufactura. No obstante, en lo que respecta a la confección de bordes, el uso de rollos de arcilla es una práctica recurrente, sobre todo para la elaboración de bordes gruesos y redondos pues se observó su uso en varias de las muestras analizadas como lo fueron restos de ollas y en tres de las muestras prehispánicas de comales, sin mencionar que este es el procedimiento a partir del cual se forman los bordes en los comales actuales. El uso de rollos de arcilla trae consigo el uso de otra técnica como lo es el pegado, utilizado para unir el cuerpo con el borde y para ensamblar asas. En cuanto a los bordes delgados, se utilizó la técnica de estilizado dactilar para dar forma a bordes finos de ollas y de cajetes.

Es preciso señalar que la mayor parte de los petrogrupos están relacionados con la manufactura de utensilios domésticos afines a actividades de cocción, sin embargo, una excepción parece ser el petrogrupo 1, donde se pudo constatar que la misma "*receta"* de la pasta se utiliza para producir tanto cerámica de cocción como cerámica decorada.

Con relación al acabado de superficie, el alisado es el tratamiento más recurrente en la mayor parte las muestras analizadas, mientras que el pulido y el uso de engobes se limita a unas cuantas piezas. El que el alisado sea el tratamiento aplicado a utensilios de cocción está relacionado con la funcionalidad de estos; microscópicamente el alisado provoca una organización aleatoria de las partículas lo que promueve la adecuada conducción del calor a través de las paredes de los objetos. Por su parte, el pulido y el uso de engobes sellan las superficies y

microscópicamente generan una orientación paralela de las partículas lo que ocasiona una mala trasferencia del calor (Braekmans & Degryse, 2017). Por lo anterior es que su aplicación se relaciona más a prácticas de almacenamiento. Al respecto es preciso señalar que tanto la muestra de comal actual como las muestras prehispánicas de ollas y comales se caracterizan por presentar un acabado de tipo alisado medio.

En el caso de la cocción, el método más probable es la quema a cielo abierto, esto es sustentado por las evidencias que presentan tanto la matriz arcillosa como los minerales que la componen. Las características ópticas de la matriz, así como la nula alteración en minerales nos permite inferir que la mayor parte de las vasijas fueron expuestas a temperaturas inferiores a los 750°-800°C. Ópticamente las pastas de todas las muestras incluida el comal moderno, se caracterizan por un estado óptico activo de la matriz al presentar una birrefringencia alta a media, lo que descarta temperaturas mayores a las del rango anteriormente señalado.

La excepción son las muestras que integran el petrogrupo dos, en este caso se observa que los objetos cerámicos fueron sometido a temperaturas entre los 750°-850°C, a diferencia de las demás, en las piezas del petrogrupo dos se observa una mayor alteración en minerales principalmente en micas, mientras que en la matriz arcillosa se nota una reducción de su birrefringencia.

Como se trató anteriormente en este sistema la cocción suele ser de corta duración por lo que no se logra un óptimo control de la atmosfera de cocción y de la velocidad de calentamiento, lo que impide que se mantenga una temperatura constante.

En cuanto a la relación entre los petrogrupos identificados y las muestras de suelo recolectadas, un elemento que resulta en común es la arcilla de iluviación, la cual está presente, aunque en cantidades variables en la mayoría de los petrogrupos con la única excepción del petrogrupo uno. Sin embargo, son las muestras que integran el petrogrupo cinco las que presentan una mayor semejanza con las muestras de suelo recolectadas en especial con el yacimiento uno integrado por el conjunto de horizontes C. Tanto el tipo, la forma y tamaño de los minerales resultan muy similares en ambos conjuntos, incluso el tipo de fitolitos observados es el

mismo en uno y otro. A pesar de lo anterior, no podemos asegurar que de este yacimiento en específico se extrajo la materia prima para manufacturar las muestras del petrogrupo cinco; lo que podemos deducir es el uso de un mismo tipo de suelo, en este caso de un luvisol, que es el tipo de suelo al que pertenece el banco de extracción uno. Este tipo de suelo se encuentra cerca de los sitios arqueológicos (San Simonito y Matlalac) de donde se recuperaron las muestras cerámicas del petrogrupo cinco, por lo que una producción de cerámica local en la zona de Tenancingo a partir del uso de suelos de tipo luvisol es factible.

Respecto a los demás petrogrupos, se plantea que las muestras del petrogrupo 4 pueden haber sido manufacturadas de manera regional o incluso pueden tener un origen local pues sus características son compatibles con la geología del área. Por su parte los petrogrupos 1, 2, 3 y 6 se consideran como elementos foráneos o regionales ya que resultan poco compatibles con la geología del valle de Tenancingo.

El análisis mineralógico de todas las muestras que integran los diferentes petrogrupos, por ahora, nos permite plantear que se tiene una mayor relación hacia el uso suelos de origen volcánico para la fabricación de cerámica utilitaria, ya que no se encontró ningún ejemplar de pasta calcárea o cerámica que presentara carbonatos en su composición, a pesar de que como se vio en el capítulo 3, áreas con presencia de rocas sedimentarias (calizas) están relativamente cerca del área de estudio; quizá una posible explicación a su ausencia, se deba a las desventajas que conlleva su uso en utensilios de cocina; Santacreu (2014) señala que cuando las pastas calcáreas se cuecen a temperaturas entre 800°- 950°gran parte de la calcita reacciona formando una gran cantidad de poros que se conectan con las superficies de los objetos, lo que reduce su eficiencia térmica (Santacreu, 2014). Sin embargo, esto no descarta que se estén utilizando para manufacturar otro tipo de artefactos cerámicos.

El análisis mineralógico realizado, así como la revisión de la edafología del territorio de Tenancingo, nos permite plantear que una producción de cerámica doméstica tiene altas probabilidades de haberse desarrollado de manera local, ya que en la

zona de estudio se encuentran diferentes tipos de suelo como el feozem, el luvisol y el vertisol, los cuales han sido reportados en otras investigaciones (por ejemplo en Castañeda, *et al*,2019) como propicios para la elaboración de cerámica, ya sea que se utilicen en conjunto o de manera individual. Estos tipos de suelo están ampliamente distribuidos en la región y se localizan relativamente cerca de los sitios arqueológicos de los cuales se obtuvieron las diferentes muestras analizadas.

En el desarrollo de esta investigación se pudo comprobar la eficacia de la petrografía como técnica de análisis ya que no solo fue posible conocer la composición mineral de la cerámica estudiada, sino que también se logró corregir problemas de clasificación derivados del análisis macroscópico. Por su parte la micromorfología de suelos resulta ser una metodología eficaz y perfectamente aplicable al estudio de la cerámica pues gracias a su uso fue posible identificar a través del análisis textural de la pasta las huellas dejadas por cada una de las diferentes etapas de manufactura, desde el tipo de materia prima hasta el acabado de superficie, permitiendo, además, reconocer diferentes métodos empleados para la confección de las piezas cerámicas. Ambos procedimientos en conjunto ayudan a complementar la información que se tiene acerca de la producción de los objetos cerámicos.

Desafortunadamente, no fue posible hacer una correlación entre los petrogrupos identificados y algunos de los tipos que integran el muestrario cerámico ya establecido; la principal limitante es que dentro de un mismo tipo se observó una variedad de pastas, donde la única característica en común a partir de la cual se agruparon los tiestos es el acabado de superficie. Respecto a lo anterior se hace hincapié para que en futuras clasificaciones las características de las pastas sean un parámetro más a considerar al momento de realizar categorizaciones cerámicas y que en conjunto con el acabado de superficie de lugar a tipologías mejor definidas.

Si bien esta investigación aborda únicamente cerámica doméstica, un siguiente paso es el análisis de materiales decorados, cerámica considerada de uso ritual y de materiales reconocidos como foráneos, para determinar a través de su análisis mineralógico, si estos materiales realmente son importados (como tradicionalmente

se les ha considerado) o, por el contrario, identificar si se está produciendo cerámica decorada de manera local o bien si se está practicando algún tipo de imitación. Lo anterior conlleva a profundizar aún más en el estudio de los suelos de la región por lo que es necesario ampliar su caracterización mineralógica tomando un mayor número de muestras, especialmente de aquellos suelos que se han reportado son propicios para la elaboración de cerámica y de suelos aledaños a los sitios arqueológicos.

Finalmente, se espera que este trabajo sirva de referencia y despierte el interés por realizar futuras investigaciones que aborden el estudio mineralógico de los materiales cerámicos, a fin de profundizar en el conocimiento y entendimiento de la dinámica social relacionada a la producción, uso, consumo y distribución de la cerámica dentro del territorio de Tenancingo.

Referencias

Acevedo, B. (2014). Geoarqueología: Interpretaciones interdisciplinarias para la investigación arqueológica. *Revista Geológica de America Central*, 123-131.

Ambiente, S. d. (Ed.). (2010). Resumen ejecutivo del programa de manejo y conservación del Parque ecológico y recreativo de Tenancingo, Malinalco y Zumpahuacán. *Gaceta del Gobierno. Periodio oficial del Gobierno del Estado Libre y soberano de México*.

Ascher, R. (1961). Analogy in Archaeological Interpretation. *Southwestern Journal of Anthropology, 17*(4), 317-325.

Barba, L., Blancas, J., Manzanilla, L., Ortíz, A., Barca, D., Crisci, G., Pecci, A. (2009). Provenance of the Limestone used in Teotihuacan (Mexico): A Methodological Approach. *Arqueometry*, 525-545.

Benito-Calvo, A., Campaña Lozano, I., & Karampaglidis, T. (2014). Conceptos básicos y metodos en Georqueología: Geomoerfología, Estratigrafía y Sedimentología. *Treballs d'Arqueología*(20), 41-54.

Blau, S. (2014). Archaeology: Definition. En C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pág. 449). Springer.

Braekmans, D., & Degryse, P. (2017). Petrography, Optical Microscopy. En A. W. Hunt (Ed.), *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (págs. 234-265). New York, U.S.A: Oxford University Press.

Castañeda Gómez del Campo, A., Sedov, S., López Aguilar, F., Sánchez Pérez, S., & López Mendiola, R. E. (2019). Cadena operatoria de la producción cerámica Xajay: análisis estadístico de evidencias petrográficas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 71*(2), 359-381.

Castro, D. A. (1989). *Petrografía Básica. Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas.* Madrid: Paraninfo.

Childs, S. T. (1989). Petrographic Analysis of Archaeological Ceramics. *MRS Bulletin, 14*(3), 24-29.

Chirif Rivera, L. H. (2010). *Microscopía Óptica de Minerales.* Lima, Perú: INGEMMET.

Claves para la Taxonimía de Suelos (Décima segunda ed.). (2014). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de conservacion de Recursos Naturales.

Croft, W. J. (2006). *Under the microscope, a brief history of microscopy. Series in popular Science* (Vol. IV). Hackensack, NJ: World Scientific.

Cultrone , G., Rodriguez-Navarro, C., Sebastian, E., Cazalla, O., & De la Torre, M. (2001). Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. *European Journal of Mineralogy*, 621-634.

Cultrone, G., Sebastián, E., Elert, K., de la Torre, M. J., Cazalla, O., & Rodriguez-Navarro, C. (2004). Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks. *Journal of the European Ceramic Society, 24*(3), 547-564.

Dana, J. D., & Hurlbut, C. (1960). *Manual de Mineralogía* (Segunda ed.). (J. L. Amorós, Trad.) Barcelona, España: REVERTÉ.

De la Vega Doria, S. C., & Hernández Zarza, N. (2006). Etnografía de la Producción alfarera en los Reyes Metzontla. En S. de la Vega Doria (Ed.), *La Alfarería en los Reyes Metzontla: pasado, presente y futuro* (págs. 147-157). INAH/ENAH.

Donner, N. R., Casale, S., Braekmans, D., & Geurds, A. (2019). Ceramic comales at the Barillas site (cal 1255-1390 CE), central Nicaragua: Defining a local technical tradition of griddle manufacture. *Journal of Archaeological Science: Reports, 24*, 829-842.

Druc, I. (1998). From Clay to Pots: A Petrographical Analysis of Ceramic Production in the Callejón de Huaylas, North-Central Andes, Peru. *Journal of Archaeological Science, 25*(7), 707-718.

Duminuco, P., Messiga, B., & Riccardi, M. (1998). Firing process of natural clays. Some microtextures and related phase compositions. *Thermochimica Acta 321*, 185-190.

El Ouahabi, M., Daoudi, L., Hatert, F., & Fagel, N. (2015). Modified Mineral Phases During Clay Ceramic Firing. *Clay and Clay Minerals, 65*(5), 404-413.

Eramo, G. (2020). Ceramic Technology: How to recognize clay processing. *Archaeologican and Anthropological Sciences, 12*(8), 1-24.

Figueroa, J. (2016). La ecologia cultural: una estrategia para el estudio en antropología cultural.

Freestone, I. C. (1995). Ceramic Petrography. Science in Archaeology. *American Journal of Archaeology: A Review, 99*(1), 111-115.

Gándara, M. (1990). La Analogía Etnografica como Heuristica: Lógica Muestreal, Dominions Ontológicos e Historicidad. En Y. Sugiura Y., & M. Serra P. (Edits.), *Etnoarqueología. Coloquio Bosch-Gimpera* (págs. 43-82). Mexico: Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Gándara, M. (2006). La inferencia por analogía: más allá de la analogía etnográfica. En *Etnoarqueología de la Prehistoria: más allá de la analogía.* (págs. 13-24). España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC.

García Ramírez, P. A. (2015). *La producción de la cerámica prehispánica recuperada en el sitio maya de Pol Box, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura.*

Garcia Rosselló, J., & Calvo Trias, M. (2006). Análisis de las evidencias macroscópicas de cocción en la cerámica prehistórica: una propuesta para su estudio. *Mayurqa, 31*, 83-112.

Garrison, E. (2016). *Techniques in Archaeological Geology* (Segunda ed.). (G. A. Wagner, C. E. Miller, & H. Schutkowski, Edits.) Springer.

Gliozzo, E. (2020). Ceramic technology. How to reconstruct the firing process. *Archaeological and Anthropological Sciences, 12*(11), 1-35.

Goldberg, P., & Macphail, R. I. (2008). *Practical and theoretical geoarchaeology.* Oxford: Blackwell publishing.

Gosselain, O. P. (1992). Bonfire of the Enquiries. Pottery Firing Temperatures in Archaeology: What For? *Journal of Archaeological science, 19*(3), 243-259.

H. Ayuntamiento constitucional Tenancingo 2013-2015. (2013). *Perfil Municipal 2013. Tenancingo. Edo. De México.*

H. Ayuntamiento Constitucional de Tenancingo. (2019). Plan de Desarrollo Municipal de Tenancingo 2019-2021. *Gaceta Municipal de Tenancingo, Estado de Mexico.*

Hartford, A. (s.f.). *Classifying Classic Period Ceramics from Azcapotzalco. A comparation of INAA and Petrography.* Harvard University, Department of Anthropology.

Hayter, H. M. (1994). Hunter-gatherers and the Ethnographic Analogy: Theoretical Perspectives. *Totem: The University of Western Ontario Journal of Anthropology, 1*(1), 39-49.

Hernández Sánchez, V. (2014). *La dinámica social establecida entre el sitio arqueológico Matlalac y los Altepeme Malinalco y Tenancingo durante el Posclásico Tadío. Tesis de Licenciatura.*

Hill, C. L. (2017). Geoarchaeology, History. En A. S. Gilbert (Ed.), *Encyclopedia of Geoarchaeology* (págs. 292-303). Springer.

Hill, C. L., & Rapp, G. (2014). Geoarchaeology. En C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (págs. 3008-3017). Springer.

Huster, A. (2016). *The Effects of Aztec Conquest on Provincial Commoner Households at Calixtlahuaca, Mexico.* Arizona State University.

INEGI. (2010). *Compendio de Informacion geografica municipal.*

Ionescu, C., & Hoeck, V. (2011). Firing-induced transformations in Copper Age ceramics from NE Romania. *Mineralogical Sciences and Archaeology*(23), 937–958.

Jiménez Alvarez, S. d. (2015). *Consumo, Producción, y Dsitribución especializada de los bienes cerámicos durante el Clásico Tardío de Chinikiha, Chiapas México. Tesis Doctoral.* Cidad de México: UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas.

Johannsen, A. (1914). *Manual of Petrographic Methods.* McGraw-Hill Book Company.

Jordán, L. A. (2005). *Manual de Edafología.* Sevilla.

Karkanas, P., & Goldberg, P. (2017). Soil Micromorphology. En A. S. Gilbert (Ed.), *Encyclopedia of Geoarchaeology* (págs. 830-841). Springer Reference.

Kerr, P. F. (1965). *Mineralogía Óptica* (Vol. I).

Klein, C., & Hurlbut, J. C. (1996). *Mnual de Mineralogía.* (J. Aguilar Peris, Trad.) Barcelona, España: REVERTÉ.

Kokkov, K. (2019). Warrants, Middle-Range and Inferential Scaffolding in Archaeological Interpretation. *Perspectives on Science, 27*(2), 171-186.

Kolb, C. C. (2017). Ceramics. En A. S. Gilbert (Ed.), *Encyclopedia of Geoarchaeology* (págs. 118-128). Springer Netherlands.

Lindahl, A., & Pikirayi, I. (2010). Ceramics and change: An overview of pottery production techniques in northern South Africa and eastern Zimbabwe during the first and second millennium AD. *Archaeological and Anthropological Sciences, 2*(3), 133-149.

MacKenzie, W. S., & Adams, A. E. (1997). *Atlas en color de Rocas y Minerales en Lámina Delgada.* Barcelona, España: MASSON.

MacKenzie, W. S., Donaldson, C. H., & Guilford, C. (1996). *Atlas de Rocas Igneas y sus Texturas.* Barcelona: MASSON.

Maggeti, M., Neururer, C., & Ramseyer, D. (2011). Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing. *Applied Clay Science, 53*(3), 500-508.

Maritan, L. (2017). Cerami Materials. En C. Nicosia, & G. Stoops (Edits.), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology* (págs. 205-212). WILEY Blackwell.

Matson, F. R. (1965). Ceramic Ecology: An approach to the study of the early cultures in the Near East. En F. R. Matson (Ed.), *Ceraics and Man* (págs. 202-217). Chicago.

Matthews, C. N. (2014). Archaeology and Anthropology. En C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (págs. 380-393). Springer.

Meanwell, J. (2017). *Ancient Engineering: Selective Ceramic Processing in the Middle Balsas Region of Guerrero, Mexico.* (E. Taladoire, Ed.) Oxford: Archeopress Publishing LTD.

Middleton, A. (1997). Ceramic Petrography. *Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia, Suplemento 2*, 73-79.

Milton, K. (1997). Ecologías: antropologia, cultura y entorno. *Revista internacional de ciencias sociales*(154).

Miranda Gómez, R. (2013). *Organización espacial en la época prehispanica a través de los estudios del patrón de asentamiento en la Región de Tenancingo, Estado de México. Tesis de Licenciatura.*

Montero Ruiz, I., García Heras, M., & López Romero, E. (2007). Arquemetría:cambios y tendencias actuales. *Trabajos de Prehistoria, 64*(1), 23-40.

Morrás, H. J. (2015). Porosidad y Microestructura del suelo. En J. C. Loaiza, G. Stoops, R. M. Poch, & M. Casamitjana (Edits.), *Manual de Micromorfología de suelos y técnicas complementarias* (págs. 205-260). Medellin, Colombia: Fondo Editorial Pascual Bravo.

Mottana, A., Crespi, R., & Liborio, G. (1978). *Guías de l anaturaleza. Minerales y rocas* (Tercera ed.). Barcelona, España: Grijalbo.

Navarrete, R. (2006). Analogías poderosas: El uso de la analogía para el estudio arqueológico de la complejidad social prehispánica y colonial temprana en el oriente venezolano. *Boletín Antropológico, 24*(67), 221-258.

Olaetxea, C., Larrea, F. J., & Ortega, L. Á. (1996). Anáslisis Tecnológico y Petrgráfico de Cerámicas de Bourges I (Bourges, Francia). *Complutum*(7), 163-173.

Peacock, D. (1970). The Scientific Analysis of Ancient Ceramics: A Review. *World Archaeology, 1*(3), 375-389.

Peregrine, P. N. (2001). Cross-cultural Comparative aproaches in archaeology. *Annual Review of Anthropology, 30*(1), 1-18.

Peterson, S. E. (2009). *Thin Section Petrography of ceramic Material.* Philadelphia: INSTAP Academic Press.

Polo Díaz, A. (2007). Geoarqueología y reconstrucción de contextos aqueológicos: Contribución y nuevas perspectivas desde el área de prehistoria de la Universidad del país Vasco. *VELEIA*, 689-700.

Pupo Dorticós, E. L., & Crúz Gámez, E. M. (2008). *Atlas de Minerales Formadores de Roca y su Sitemática.* (U. d. Oca, Ed.) Cuba.

Quinn, P. S. (2013). *Ceramic Petrography. The interpretation of Achaeological Pottery & Related Artefacts in Thin Section.* Oxford Archaeopress.

Raith, M. M., Raase, P., & Reinhardt, J. (2012). *Guía para la Microscoía de Minerales en Lámina Delgada.*

Ramos Galicia , Y., Hidalgo Moreno, C., Sedov, S., & Poetsch, T. (2003). Comales of Tzompantepec and paleosols: a case of study. *Revista Merxicana de Ciencias Geológicas, 20*(3), 263-269.

Riccardi, M., Messiga, B., & Duminuco, P. (1999). An approach to the dynamics of clay firing. *Applied Clay Science*(15), 393-409.

Rice, P. M. (1987). *Pottery Analysis. A sourcebook.* University of Chicago Press.

Rivera Mantilla, H. (2005). *Geología general* (Segunda ed.). Lima, Perú.

Rye, O. S. (1981). *Pottery technology: Principles and reconstruction* (Manuals on Archaeology ed., Vol. 4). Washington D.C: Taraxacum.

Santacreu, D. A. (2014). *Materiality, Techniques and Society in Pottery Production: The Technological Study of Archaeological Ceramics through Paste Analysis.* Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

Scalone Echave, M. (s.f.). *Morfología de los suelos.*

Síntesis Geográfica del Estado de México. (1981). Secretaría de Programación y Presupuesto. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.

Sotelo Ruiz, E. D. (2010). *La clasificación FAO-WRB y los suelos del Estado de Mexico.* Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agricolas y Pecuarias.

Steward, J. H. (1955). El Concepto y el Método de la ecologia cultural. En J. H. Steward, *Theory of Culture Changes* (R. Melville, Trad.). University of Illinois Press, Urbana.

Stolman, J. B., Marcus, J., & Flannery, K. V. (2005). Petrographic evidence shows that pottery exchange between the Olmec and their neighbors was two-way. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 102*(32), 11213-11218.

Stoltman, J. B. (1989). A Quantitative Approach to the Petrographic Analysis of Ceramic Thin Sections. En *American Antiquity* (Vol. 54, págs. 147-160).

Stoltman, J. B. (1991). Ceramic Petrography as a technique for documenting cultural interaction: An example from the ummper Mississippi Valley. *American Antiquity, 56*(1), 103-120.

Stoltman, J. B. (2001). The Role of Petrography in the Study of Archaeological Ceramics. En P. Goldberg, V. T. Holliday, & C. R. Ferring (Edits.), *Earth sciences and archaeology* (págs. 297-326). Neueva York: Springer Science+Business Media.

Stoltman, J. B. (2015). *Ceramic Petrography and Hopewell Interaction.* Tuscaloosa, Alabama, U.S.A: University of Alabama Press.

Stoops , G. (2015). Análisis de contextura de la masa basal mineral y los ragos edáficos del suelo. En J. C. Loaiza, G. Stoops, R. M. Poch, & M. Casamitjana (Edits.), *Manual de Micromorfología de suelos y técnicas complementarias* (págs. 87-153). Medellin, Colombia: Fondo Editorial Pascual Bravo.

Stoops, G. (2003). *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections* (Segunda ed.). John Wiley & Sons.

Stoops, G., & Nicosia, C. (2017). *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology.* (C. Nicosia, & G. Stoops, Edits.) WILEY Blackwell.

Storå , N. (1994). La Ecología cultural y la interacción entre el hombre y su entorno. En *Nissinako A (ed).Cultural Ecology, One Theory ?* (J. L. García Valdivía, & L. García San Juan, Trads., págs. 11-23). Turku: University of Turku.

Tauler Ferre, E., & Canals Sabaté, A. (2015). Mineralogía óptica. En J. C. Loaiza, G. Stoops , R. M. Poch, & M. Casamitjana, *Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias* (pág. 384). Medellín, Colombia: Fondo Editorial Pascual Bravo.

Tite, M. S. (1999). Pottery Production, Distribution, and Consumption: The Contribution pf Physical Scienes. *Journal of Archaeological Method and Theory., 6*(3), 181-233.

Tite, M. S. (2008). Ceramic production, provenance and use - a review. *Archaeometry, 50*(2), 216-231.

Tomé, P. M. (2005). Ecología cultural y Antropología económica. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad, 26*(102), 20-59.

Travé Allepuz, E. (2021). Color Transformation and Textural Change in Biotite: Some Remarks for the Interpretation of Firing Technology in Greyware Pottery Thin-Sections. *Minerals, 11*(4), 428.

Trindade, M. J., Dias, M. I., Coroado, J., & Rocha, F. (2010). Firing tests on clay-rich raw materials from the Argarve Basin (southern Portugal): Study of mineral transformations with temperature. *Clay and Clay Minerals, 58*(2), 188-204.

Vallverdú Poch, J. (2002). *Micromorfologia de las facias sedimentarias de la Sierra de Atapuerca y del Nivel J del Abric Romaní. Implicaciones Geoarqueológicas y paleoetnográficas. Tesis Doctoral.* Universitat Rovira i Virgili.

Varela, T. C., & Leclaire, A. (1999). Enigmas cerámicos: Análisis petrográfico de la cerámica pizarra de Oxkintok, Yucatán, México. *Revista Española de Antroplogía Americana.*(29), 101-129.

Velde, B., & Druc, I. C. (1999). *Archaeological Ceramic Materials Origin and Utilization.* Berlin: Springer.

Viani, A., Cultrone, G., Sotiriadis, K., Ševčík, R., & Šašek, P. (2018). The use of mineralogical indicators for the assessment of firing temperature in fired-clay bodies. *Applied Clay Science, 163*, 108-118.

Vieira Fernandes, G., & Dias Coelho, L. J. (2011). Arqueometría: Mirada historica de una ciencia en desarrollo. *Revista CPC*(13), 107-133.

Whitbread, I. K. (1986). The Characterisation of Argillaceous Inclusions in Ceramic Thin Sections. *Archaeometry, 28*(1), 79-88.

Whitbread, I. K. (1989). A propusal for the systematic description of thin sections towards the study of ancient ceramic technology. En Y. Maniatis (Ed.), *Archaeometry. Proceedings of the 25th International Symposium* (págs. 127-138). Elsevier.

Whitbread, I. K. (1995). *Greek Transport Amphorae. A Petrological and Archaeological Study.* The British School at Athens. Fitch laboratory Ocassional paper 4.

Whitbread, I. K. (2017). Fabric Description of Archaeological Ceramics. En A. W. Hunt (Ed.), *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (págs. 200-216). New York, U.S.A: Oxford University Press.

Whitbread, I. K. (2017). Petrography. En A. S. Gilbert (Ed.), *Encyclopedia of Georchaeology* (págs. 660-664). Springer Netherlands.