



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
INSTITUTO DE GEOLOGIA
Ciencias ambientales

**Micromorfología experimental en la cerámica de Santiaguillo Tlalcilcalli,
Almoloya de Juárez, Estado de México: estabilidad mineral y estructural en
procesos pre y post cocción.**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PRESENTA:
Pamela Aide García Ramírez

TUTOR
Dr. Héctor Víctor Cabadas Báez, Posgrado Ciencias de la Tierra (UNAM)

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
Dr. Sergey Sedov, Instituto de Geología (UNAM)
Dra. Teresa Pi Puig, Instituto de Geología (UNAM)
Dra. Ana María Soler Arechalde, Instituto de Geofísica (UNAM)
Dr. Serafín Sánchez Pérez, Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH)

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, Enero de 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias de la Tierra y al Instituto de Geología por apoyar este proyecto de investigación geoarqueológico y fomentar la formación de investigadores interdisciplinarios.

A los Alfareros de Santiaguito Tlalcilacalli por confiar en nosotros para atestiguar el proceso de producción cerámica aun cuando han tenido malas experiencias previas, y por permitirnos la toma de muestras durante nuestras estancias en campo.

A mi tutor el doctor Héctor Cabadas Báez por el tiempo y esfuerzo invertido para que esta investigación fuera posible, gracias por el conocimiento compartido y porque siempre hubo un intercambio de ideas enriquecedor a los resultados de este proyecto.

A la doctora Teresa Pi por su apoyo en los análisis de difracción y estar disponible para resolver las dudas generadas.

Al doctor Sergey Sedov por sus comentarios atinados durante las evaluaciones y su enseñanza en el salón de clases y en campo.

A la doctora Ana Soler por su apoyo durante los análisis magnéticos, y por compartir sus experiencias en el trabajo con diferentes proyectos arqueológicos.

Al doctor investigador profesor y amigo Serafin Sanchez Pérez, por su apoyo incondicional desde hace ya algunos años y por su infinita paciencia y sabiduría en discusiones tanto académicas como de la vida misma.

Al todo el grupo de paleosuelos, alumnos e investigadores por igual, por sus comentarios y apoyo durante la elaboración de esta investigación, así como las risas compartidas. Un especial agradecimiento a la Dra. Elizabeth Solleiro por aceptarme en el grupo, siempre estar dispuesta a ayudarme y por invitarme a integrarme a las actividades del grupo.

Al Taller de laminación del Instituto de Geología y al técnico Jaime Díaz Ortega por su apoyo para la elaboración de láminas delgadas.

Al Laboratorio de Física de Suelos y Cuarto de Experimentación en Columnas y al técnico René Alcalá Martínez por su apoyo para los análisis de conductividad eléctrica y pH.

Al Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica UNAM y al Dr. L. Alba Valdivia y al Mc. A. Hernández C.

Al Laboratorio de Edafología Experimental y a la técnica Lucy Mora Palomino por los análisis de C y N Total.

A mis profesores del posgrado por todas las enseñanzas, siempre tratando de unir las Ciencias de la Tierra con la Arqueología y enriquecer mi formación: Dra. Lizeth Caballero, Dra. Elizabeth Solleiro, Dr. Sergey Sedov, Dra. Laura Beramendi, Dra. Ana Soler, Dr. Avto Gogichaishvili, Dra. Margarita Reyes, Quim. Sonia Angeles, Dra. Christina Siebe y el Dr. Lorenzo Vázquez.

A todas las personas con las que compartí estos años, compañeros de prácticas y laboratorio, nuevos y viejos amigos que me vieron sufrir y reír durante este proceso, que me dieron la razón pero también me regañaron cuando lo merecía, que compartieron el estrés y el nerviosismo. Gracias a todos... menos a Thania (eres insufrible amix).

Por último agradezco a mi familia que siempre me ha apoyado en mis buenas y malas decisiones, vamos por muchos años más de buenos momentos compartidos! Susana, Alejandro, Susana 2 y Alejandro 2... se nota que no fui planeada pero sé que soy lo mejor que les ha pasado, de nada!!

INDICE

Resumen

Lista figuras y tablas

1. Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	2
1.3 Hipótesis	3
1.4 Objetivos	4
2. Antecedentes	5
2.1 Estudios de cerámica arqueológica	5
2.2 Estudios petrográficos en cerámica	6
2.3 Petrografía cerámica de Mesoamérica	9
3. Marco Teórico	13
3.1 Producción cerámica	13
3.1.1 Cadena operativa	13
3.1.2 Componentes de la cerámica	23
3.2 Piro-metamorfismo	29
3.3 Cambios mineralógicos	32
3.4 Cambios micromorfológicos	36
4. Área de Estudio	39
4.1 Ubicación	39
4.2 Geología, geomorfología, hidrología, suelos y fisiografía	39
4.3 Clima y vegetación	42
4.4 Arqueología de la región	42
5. Materiales y Métodos	45
5.1 Trabajo en campo	45
5.1.1 Registro etnográfico	46
5.1.2 Toma de muestras	47
5.2 Trabajo en laboratorio	50
5.2.1 Análisis físico-químicos del suelo	50
5.2.2 Caracterización mineralógica	51
5.2.3 Micromorfología y Petrografía	53

6. Resultados	55
6.1 Registro etnográfico	55
6.1.1 Cadena operativa	56
6.2 Perfil Las Cruces	61
6.2.1 Descripción en campo	61
6.2.2 Propiedades Físico-Químicas	63
6.2.3 Micromorfología (Procesos pedogenéticos)	65
6.2.4 Micromorfología terrones de suelo alfarero	68
6.3 Mineralogía	69
6.3.1 Difracción de rayos X	69
6.3.2 Magnetismo de Rocas	77
6.3.3 Petrografía y rasgos suelo y cerámica	81
6.4 Micromorfología cerámica actual	83
6.4.1 Proceso de elaboración de vasija	83
6.4.2 Partes vasija pre y post cocción	90
6.5 Análisis petrográfico de la cerámica arqueológica	96
7. Discusión	103
7.1 Suelo como materia prima de la cerámica	103
7.2 Mineralogía y su transformación	106
7.3 Micromorfología y su transformación	108
7.4 Termómetros de cocción	109
7.5 Estudio de cerámica arqueológica con los nuevos resultados	110
8. Comentarios finales	114
Referencias	117
Anexos	
Propiedades Magnéticas	126
Catalogo cerámica arqueológica	131

Lista de Figuras

- 3.1. Técnicas de elaboración de vasijas (Tomado y modificado de Gosselain, 2000:201).
- 3.2. Variabilidad de temperaturas (Tomado de Gossealain 1992:246 y 254).
- 3.3. Cambios minerales en diferentes temperaturas y tipos de barro (Tomado de Ouahabi *et al.*, 2015:408).
- 3.4. Orientación de fábrica en distintas técnicas de elaboración (Tomado de Berg, 2008:1178).
- 3.5. Cambios en la porosidad y densidad (Tomado de Rye, 1976).
- 4.1. Mapa localización poblado Santiaguito Tlalcilalcalli
- 4.2. Recorte del Plano D-03 Geología 1:250,000 (Tomado de Gobierno del Estado de México, 2007).
- 4.3. Relieve del municipio Almoloya de Juárez (Tomado de INEGI, 2009:5).
- 4.4. Suelos del municipio Almoloya de Juárez (Tomado de INEGI, 2009:8).
- 4.5. Registro arqueológico cercano a la zona de estudio (Mapa proporcionado por el arqueólogo Héctor Pérez del Centro INAH Estado de México).
- 5.1. Ubicación de las diferentes muestras.
- 5.2. Ejemplos de las muestras de las etapas en la elaboración de la vasija.
- 5.3. Muestras de los diferentes momentos de la vasija y corte de secciones.
- 5.4. Muestras arqueológicas analizadas.
- 5.5. Ejemplo mediciones sobre capturas microscopio.
- 6.1. Croquis de la casa/taller del alfarero con las áreas de actividad.
- 6.2. Molido de la materia prima para el barro.
- 6.3. Horno de quema.
- 6.4. Acomodo de cazuelas para la quema.
- 6.5. Perfil Las Cruces.
- 6.6. Horizonte BwC.
- 6.7. Horizonte 2BA.
- 6.8. Horizonte 2B(t)C1.
- 6.9. Horizonte 2B(t)C2.
- 6.10. Horizonte 3BwC.
- 6.11. Horizonte 4Btg.
- 6.12. Micromorfología terrones alfarero.
- 6.13. Difractogramas de muestras en Roca Total.
- 6.14. Difractogramas de muestras Orientadas.
- 6.15. Comportamiento muestras orientadas y calentadas a tres temperaturas.
- 6.16. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestras ST_A (sin cocer).
- 6.17. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestras ST_B (primera cocción).
- 6.18. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestras ST_C (segunda cocción).

- 6.19. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestras ST_D (2B(t)C2).
- 6.20. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestras ST_E (4Btg).
- 6.21. Composición mineral en cerámica y suelo.
- 6.22. Rasgos composición del suelo y cerámica.
- 6.23. Micromorfología muestra 0 barro preparado.
- 6.24. Micromorfología muestra 1 sobrante vasija y nuevo barro.
- 6.25. Micromorfología muestra 2 amasado homogeneización.
- 6.26. Micromorfología muestra 3 tortilla gruesa.
- 6.27. Micromorfología muestra 4 tortilla media.
- 6.28. Micromorfología muestra 5 tortilla delgada.
- 6.29. Micromorfología muestra 6 parche pared.
- 6.30. Micromorfología muestra 7 parche borde.
- 6.31. Micromorfología muestra 8 pared alisado.
- 6.32. Micromorfología muestra 9 base alisado.
- 6.33. Micromorfología muestra 10 rebabas.
- 6.34. Matriz vasijas sin cocer.
- 6.35. Tipos de poros presentes.
- 6.36. Birrefringencia pre y post cocción.
- 6.37. Aumento de porosidad tipo fisura.
- 6.38. Oxidación de la Hornablenda a Oxihornablenda.
- 6.39. Grupos cerámica arqueológica.
- 6.40. Composición general cerámica arqueológica.
- 7.1. DXR en Roca Total. Comparación de muestras horizontes de suelo y barro alfarero.
- 7.2. Evidencias de formación de “geles de arcilla” en cerámica moderna.
- 7.3. Evidencia de geles de arcilla y su posible formación en cerámica arqueológica.

Lista de Tablas

- 3.1. Principales cambios mineralógicos.
- 5.1. Muestras recuperadas y análisis realizados.
- 5.2. Muestras de las etapas en la elaboración de la vasija.
- 6.1. Propiedades físico-químicas.
- 6.2. Resultados magnetismo de rocas.
- 6.3. Composición porcentual de la porosidad, fracción gruesa y fracción fina.
- 6.4. Porcentajes de los principales componentes minerales y elementos heredados del suelo.
- 6.5. Caracterización cerámica arqueológica.
- 7.1. Ejemplo de tamaños de partículas (mm) presentes en el suelo y la cerámica.

Resumen

La presente investigación parte de la necesidad de comprender mejor las características micromorfológicas y mineralógicas de las cerámicas arqueológicas, para discriminar cuáles de estas son heredadas de la materia prima y cuales son resultado de la producción alfarera. Con este conocimiento se logra ahondar en la cadena operativa de la producción cerámica, la cual permite acercarse al comportamiento social detrás de la misma y no solo hacer una descripción de las muestras estudiadas.

Se trabajó con alfareros modernos en el poblado de Santiaguito Tlalcilcalli, en el municipio de Almoloya de Juárez del Estado de México, como base para el registro de una cadena operativa vigente y que presenta cierta cercanía a las producciones pasadas con el uso de tecnologías identificadas en el registro arqueológico (ej. moldes y hornos semiabiertos); además del registro etnográfico se obtuvieron muestras de la materia prima en forma de terrones o agregados de suelo y el barro preparado a partir de los mismos, así como de los distintos momentos en la cadena operativa, a saber la elaboración de la forma y distintos momentos en la cocción de la cerámica.

La base del estudio fueron láminas delgadas de los distintos momentos en la elaboración de la forma (10 pasos desde el amasado hasta el alisado), así como los tres momentos que ejemplifican la modificación por efecto del calor (sin cocer, Primera y segunda cocción), y un corte seccional de las vasijas para estudiar la variabilidad dentro de una misma forma en distintas partes (borde, pared, pared+base y base). Con las láminas delgadas se estudió la fábrica cerámica, la cual se refiere al arreglo, tamaño, forma y frecuencia de los distintos componentes finos, gruesos y poros, dentro del cuerpo cerámico; así como la mineralogía presente.

Para complementar la parte mineralógica de la petrografía se realizaron estudios de Difracción de Rayos X tanto en muestra total como en la fracción arcillosa, y Magnetismo de Rocas para los minerales magnéticos mediante estudios de Susceptibilidad, Histéresis y Curvas de Susceptibilidad-Temperatura.

Los principales resultados muestran modificaciones en los rasgos micromorfológicos con la formación de “geles” arcillosos durante la preparación del barro y la elaboración de la forma cerámica, así como un cambio en la porosidad y birrefringencia con las diferentes cocciones. En la mineralogía los cambios versan en el cambio de cristalinidad y estructura de los minerales arcillosos, en el estado de oxidación de los anfíboles, y la transformación de los minerales magnéticos hacia una

sola fase presente. Estos cambios presentan un comportamiento acumulativo durante las dos cocciones realizadas.

Se analizó una muestra de cerámica arqueológica recuperada cercana al poblado de Santiaguito, y la cual se piensa tiene cierta continuidad con la producción actual. Los resultados muestran que algunos de los rasgos observados en las muestras actuales también se encuentran presentes en algunas de las muestras arqueológicas, estos se refieren tanto al material utilizado para la elaboración del barro como al proceso de producción: los fragmentos arcillosos, los geles de arcilla y la presencia de oxihornblendas. La presencia de estos elementos no son suficientes para confirmar ni negar una continuidad en la producción. Hace falta mayor trabajo en el estudio de la cerámica arqueológica de la región para determinar procedencias y a su vez continuidad en la producción.

Capítulo 1. Introducción

Los estudios de petrografía en cerámicas arqueológicas y modernas, han estado presentes casi desde el momento en que se establece el método petrográfico para el estudio de rocas (Peterson, 2009), sin embargo se han desarrollado de manera dispar con una mayor presencia en Europa y un uso aislado en América y aun menor en América latina.

La petrografía permite realizar un estudio profundo del material, con el que se puede: 1) elaborar clasificaciones del material cerámico estudiado y correlacionarlo con otras clasificaciones previas del material, 2) conocer su procedencia a partir de su caracterización, 3) reconstruir la cadena operativa de la producción cerámica, y 4) conocer las tecnologías utilizadas en el proceso productivo; todos ellos, aspectos relevantes para el estudio de las sociedades pretéritas, objeto de estudio de los arqueólogos. Como cualquier método presenta ciertas limitaciones, siendo necesario complementar los resultados con otras técnicas, principalmente de tipo geoquímico (Velde y Druc, 1998).

Dentro del estudio de la cerámica, la cocción representa una etapa importante en la secuencia de su producción, esto debido a la transformación de la materia prima empleada para la elaboración del barro¹ cerámico, con la aplicación de calor se cambian las propiedades del barro y en algunos casos se generan nuevas fases minerales que se han identificado y pueden ser utilizadas como indicadores de la temperatura alcanzada durante la cocción de esa cerámica (Rathossi *et al.*, 2010). Este tipo de aspectos han sido poco abordados en América (Pereyra-Domingorena, 2012; Simms, 2013), generando mucha incertidumbre sobre las condiciones de exposición al fuego de los materiales originales, un aspecto que se ha discutido incluso como un proceso de pirometamorfismo antropogénico (Grapes, 2011).

Los estudios de micromorfología clásicos se centran en muestras de suelo no perturbadas para conocer los distintos procesos pedogenéticos desarrollados en los suelos, dentro de la arqueología esta técnica se ha usado para abordar preguntas no solo sobre el impacto antrópico en el desarrollo de los suelos sino también para conocer y caracterizar diferentes materiales culturales como lo es la cerámica, el estuco, pisos y apisonados entre otros (Goldberg, 1983; Nicosia y Stoops, 2017; Reedy, 1994; Yannitto, 2012).

¹ Se entiende por *barro* a la mezcla de un componente fino (arcilla y limos) y otro grueso (arenas), a partir de la cual se elaboran las formas cerámicas, las proporciones y cualidades del mismo dependen de la tradición cerámica de cada lugar. En investigaciones arqueológicas se ha empleado la palabra Arcilla como sinónimo de este concepto, y también como un nombre dado al yacimiento de la materia prima (ej. banco de arcilla).

El estudio de producciones actuales así como la recreación experimental de la producción de la cerámica arqueológica, permite vislumbrar diversos aspectos de la vida de la cerámica, que van desde la forma de obtener y modificar la materia prima, las técnicas de elaboración de formas, hasta procesos tafonómicos presentes durante el tiempo de enterramiento de las vasijas, todos estos inherentes a sociedades y sus contextos ambientales específicos (Rice, 2005; Quinn, 2013).

1.1 Planteamiento del Problema

La principal problemática de los estudios petrográficos en Mesoamérica (correspondiente al territorio mexicano, parte de Belice y Guatemala) y en general en la petrografía cerámica, es que no se tiene una certeza en la correlación de las características finales de la cerámica con el punto exacto de generación de las mismas durante su producción. Principalmente, se trata de los cambios dados durante la elaboración de las formas y la cocción de las vasijas, los cuales repercuten directamente en la porosidad, la alineación de las partículas minerales y las características de la matriz arcillosa (lo que se define como la fábrica de acuerdo a Whitbread, 2017), entre otros.

Algunos intentos por descifrar estas características finales de la cerámica, han llevado a decir que una cerámica tiene buena o mala cocción, a partir de una inferencia de la temperatura alcanzada, sin embargo estas interpretaciones no son siempre compatibles con los resultados encontrados en la mineralogía de la cerámica, un ejemplo de esto es la presencia de Calcita en cerámicas que se propone han sido cocidas a más de 600°C y hasta 900°C, temperatura en la que los elementos carbonatados se disocian y por lo tanto ya no debiesen presentarse (Rice, 2005; Shepard, 1956).

De igual forma, se ha propuesto la presencia de ciertos rasgos morfológicos como indicadores de las diferentes técnicas de manufactura cerámica, sin embargo, no se toma en cuenta la modificación de la fábrica de la cerámica durante la cocción y como ésta puede enmascarar dichos rasgos.

El problema dentro de los estudios de petrografía cerámica no versa sobre su utilidad, o la generación de resultados, sino sobre una falta de bases y evidencias “empíricas” a partir de las cuales interpretar los resultados y generar interpretaciones

sobre la cadena operativa² y los alfareros, y no solo como un apartado descriptivo dentro del análisis cerámico.

1.2 Justificación

Como se mencionó anteriormente son pocos los estudios de arqueología experimental en cerámica para América y en menor cantidad para el área cultural conocida como Mesoamérica. Por otra parte se trata de estudios realizados durante las décadas de los 50 y 60, y que hoy en día no son usados como referencias para estudios petrográficos actuales, ya sea por su desconocimiento o por su difícil obtención/consulta, un ejemplo son los estudios petrográficos de cerámica Maya realizados para el sitio de Uaxactun por Smith y Gifford (1966a), y que sirvieron para complementar la clasificación del lugar pero que ya no son usados como fuente de información para las clasificaciones actuales.

Aunado a la problemática anteriormente expuesta, se hace evidente la necesidad de conocer mediante análisis específicos los cambios mineralógicos y morfológicos resultado de la cocción cerámica a diferentes temperaturas, y generar datos confiables de comparación para el área de estudio y Mesoamérica en general; no solo con la intención de obtener un conjunto de datos, sino como una base para la interpretación del conocimiento de los materiales por parte de las sociedades estudiadas y de esta forma poder recrear las tecnologías y técnicas de fabricación de la cerámica, es decir, reconstruir las actividades relacionadas a la cadena operativa de la alfarería.

Se eligió la zona de Santiaguito Tlalcillalcali por ser un sitio donde se tiene conocimiento del proceso de producción cerámica no industrializado (principalmente era de interés el que no se utilizara el torno y que la quema se realizara en un horno cuya fuente de calor no fuera la quema de algún hidrocarburo) y cercano a lo teorizado para las sociedades arqueológicas, los alfareros aun extraen su materia prima de un paleosuelo, posiblemente relacionado a la actividad del Nevado de Toluca. Otro punto importante para su elección es que en la localidad se cuenta con presencia de material arqueológico para comparar y analizar bajo los nuevos resultados obtenidos del estudio de la producción actual.

1.3 Hipótesis

² La Cadena Operativa se entiende como todos los pasos necesarios para la producción de un objeto, desde la obtención de la materia prima hasta la obtención del bien material deseado.

Si se conocen las transformaciones mineralógicas y morfológicas del barro durante la producción cerámica (principalmente antes y después de su exposición a temperaturas elevadas durante la cocción), mediante el estudio de un caso etnográfico bajo el enfoque etnoarqueológico y de las “teorías de rango medio” (Johnson, 2000), es posible inferir las condiciones originales del material empleado en la producción de la cerámica arqueológica, y con esto ayudar a reconstruir la cadena operativa de la cerámica en diferentes áreas de Mesoamérica.

1.4 Objetivos

Objetivo General:

Identificar indicadores micromorfológicos y mineralógicos en la producción de la cerámica moderna, que permitan realizar comparaciones con patrones de fábrica de cerámica arqueológica para la interpretación de procesos de manufactura pretérita.

Objetivos específicos:

- Describir la cadena operativa de la producción de la cerámica moderna en el poblado de Santiago Tlalcilacalli, Almoloya de Juárez, Toluca.
- Caracterizar la materia prima empleada para la producción cerámica moderna y su contexto natural de acuerdo a criterios pedológicos.
- Caracterizar diferentes momentos en la manufactura de las vasijas modernas, pre y post cocción, mediante técnicas analíticas mineralógicas y micromorfológicas.
- Caracterizar petrográficamente las muestras de cerámica arqueológica colectada en las cercanías del poblado moderno, a fin de comparar con los patrones de fábrica de la cerámica actual y determinar su continuidad en el tiempo.

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 Estudios de Cerámica Arqueológica

La cerámica es uno de los materiales más abundantes dentro de los estudios de arqueología, principalmente cuando se estudian sociedades sedentarias y con cierta complejidad social que permiten la existencia de un grupo especialista en su producción; es aquí que la cerámica, al igual que otros materiales arqueológicos, sirve como una forma de diferenciar a los diversos grupos sociales del pasado, así como sectores poblacionales dentro de las mismas sociedades estudiadas, formando las llamadas culturas materiales (Orton *et al.*, 1997; Renfrew y Bahn, 2011).

Dentro de la historia de la arqueología, la cerámica se ha estudiado desde diversos enfoques y con diversas finalidades, en un principio el interés se centraba en el objeto mismo como un objeto de colección, prestando atención principalmente a los aspectos formales de la vasija como lo es la decoración, los pigmentos utilizados, las formas y los tamaños; con el tiempo se comenzó a notar que estas vasijas, y en general las culturas materiales de los diferentes grupos, podrían dar luz acerca de las diferentes asociaciones y contactos entre grupos culturales, por lo que se comenzó a indagar sobre los procesos sociales detrás de los diferentes materiales arqueológicos, con el enfoque en aspectos específicos como su composición, la tecnología de producción y su procedencia (Orton *et al.*, 1997).

En el primer momento de enfoque en la cerámica por sí misma, el estudio se basó en la descripción de los objetos con la finalidad de crear clasificaciones, estas las hay de diversos tipos y dependiendo de la zona de estudio y el material a analizar se le da mayor importancia a ciertos atributos de la cerámica como puede ser la decoración o la composición.

En general las principales clasificaciones son las de Forma-Función, la Numérica y la de Tipo-Variedad. La primera tiene su origen en los estudios líticos donde la forma de una herramienta determina su función, en ella se agrupan las formas cerámicas en diferentes vajillas de acuerdo a su uso (ej. vajilla de preparación de alimentos, vajilla para almacenamiento, vajilla ritual, etc.). La Numérica se basa en un análisis estadístico de los atributos presentes, estos pueden obtenerse tanto con un estudio macroscópico de la cerámica, como a partir de resultados composicionales a nivel microscópico (análisis químicos y elementales), los grupos son definidos de acuerdo a preguntas específicas a cada investigación y los datos se procesan en programas estadísticos (Dunnell, 1970; Sokal, 1966). La clasificación de Tipo-Variedad se basa en la agrupación de atributos cerámicos y a partir de estos

determinar tipos, variedades, grupos y vajillas (wares) para cada sitio estudiado, posteriormente estos se incluyen en un segundo nivel de análisis centrado en las relaciones sociales de los grupos con los conceptos de complejos y subcomplejos, horizontes y esferas cerámicas (Gifford, 1960; Sabloff y Smith, 1970; Smith y Gifford, 1966b; Smith *et al.*, 1960).

La revolución en la forma de realizar arqueología en general y el cambio de visión en el estudio de los materiales, se dio con el surgimiento de la Nueva Arqueología o Arqueología Procesual, durante este momento se comenzaron a usar diferentes técnicas y métodos procedentes de las Ciencias de la Tierra para resolver problemáticas arqueológicas, dando paso a la creación del enfoque Geoarqueológico.

En el caso de la cerámica hubo una gran atención a la caracterización de los materiales, con lo que se comenzaron a emplear diferentes técnicas arqueométricas, dentro de las que se puede mencionar la Activación Neutrónica, la Microscopia Electrónica de Barrido y la Microsonda, la Espectrometría de Masas, Espectroscopía Raman, la Fluorescencia de Rayos X, la Difracción de Rayos X, la Petrografía, así como el uso de Radiografías; cada una de estas técnicas se centra en diferentes aspectos de la composición cerámica, por lo que su uso es complementario y no excluyente al resto (Ghezzi, 2011).

En el caso de los estudios de producción cerámica, se tienen dos principales enfoques, uno es en el objeto mismo y las evidencias que quedan en él, y el otro son los indicadores externos, como lo son las herramientas empleadas, los desechos, las vasijas sin terminar y los talleres en donde se desarrolla la producción (Santley et al., 1989); si bien la petrografía se centra en el estudio de la cerámica y sus componentes minerales principalmente, mediante la aplicación de estudios micromorfológicos se pueden realizar inferencias de los procesos productivos (Courty y Roux, 1995; Roux y Courty, 1998; Rye, 1981; Whitbread, 1996; Woods, 1985).

2.2 Estudios Petrográficos en Cerámica

Los estudios petrográficos de cerámica arqueológica han existido prácticamente desde el momento en que se comienza a desarrollar el método petrográfico (Peterson, 2009). En un primer momento el enfoque se centraba en la identificación de los componentes a-plásticos, es decir fragmentos minerales “gruesos”, similar al estudio petrográfico de rocas sedimentarias (con las cuales ha sido comparada la cerámica), con la finalidad de caracterizar su composición y por medio de esta identificar su área de producción, así como crear una clasificación de acuerdo a sus componentes minerales, como se ha manejado en los modelos de *petrofacies* (Miksa y Heidke, 2001).

Este tipo de enfoque es particularmente útil y exitoso (Ownby *et al.*, 2014) en el estudio de los llamados “desgrasantes” (partículas minerales añadidas al barro) de tamaño arena o “gruesos”, que proviene precisamente de yacimientos ricos en dicho tamaño de partícula.

Una de las problemáticas del uso petrográfico para determinar zonas de producción (local o foránea), reside en su aplicación en zonas mineralógicamente homogéneas donde la cerámica tendrá una composición similar en grandes extensiones (Ortega, 1990; Stoltman, 2001). Otra problemática reside en la modificación de los componentes del barro durante la producción y al ser expuesto al calor durante la cocción, si no se tienen en cuenta estas modificaciones la comparación entre yacimientos y cerámica final puede llevar a falsos resultados.

Posteriormente se modificó el enfoque hacia el componente plástico así como al arreglo general de la pasta cerámica³, es decir la fábrica, con la intención de profundizar más en la producción de la misma (Whitbread, 1989). Con el cambio en el enfoque hacia la fábrica se integraron algunos conceptos de la micromorfología de suelos para una mejor comprensión del arreglo de la totalidad de la pasta; sin embargo estos enfoques no son del todo aplicables a la problemática cerámica, teniendo en cuenta que ésta es resultado de la actividad humana, y tanto las rocas como los suelos son resultado de procesos naturales.

Es por esto que poco a poco se han desarrollado metodologías específicas para su estudio, en las que aún es visible la influencia de la petrografía de rocas y de la micromorfología de suelos (ver Peacock, 1977; Quinn, 2013; Stoltman, 1989; Whitbread, 1986, 1989, 2016), así como la integración de otras técnicas o enfoques que complementan la caracterización mineralógica de los materiales.

Actualmente Whitbread (2016) define la *petrografía cerámica* como el estudio de la fábrica cerámica, junto con el entendimiento de la geología regional, los métodos de producción y la geoquímica de los objetos; se trata de un proceso de descripción e interpretación a partir del estudio de láminas delgadas en un microscopio polarizador. A continuación se exponen brevemente los principales conceptos de utilidad en la petrografía cerámica:

Se entiende por fábrica cerámica al arreglo, tamaño, forma, frecuencia y composición de los componentes de la pasta cerámica; estos son las partículas gruesas (ej. fragmentos minerales o rocas), las partículas finas (ej. minerales de la arcilla u

³ El concepto de *pasta cerámica* es empleado aquí como sinónimo de barro, con la acepción de que esta se emplea para hacer referencia a un estado post-cocción de las vasijas, mientras que el barro refiere a un estado pre-cocción en los primeros momentos de la cadena operativa.

óxidos de hierro sobre la pasta), y la porosidad presente entre éstas (Whitbread, 2016).

Siguiendo ésta definición de la *fábrica cerámica*, y de acuerdo a Quinn (2013), es posible realizar el estudio petrográfico de la cerámica centrándose en sus tres principales componentes: las inclusiones⁴ (o agregados en este trabajo), la matriz arcillosa y la porosidad; a cada una de estas se le realiza una cuantificación y una caracterización general de sus componentes para generar una descripción base, a partir de la cual se realizan las interpretaciones que responderán las preguntas de investigación, cualesquiera que éstas sean.

La cuantificación se puede realizar a partir de la técnica de conteo de puntos (ya sea por medio de cuadrículas, líneas o áreas), de un análisis de imágenes o por comparación con gráficos de estimación de porcentajes (ver Stoltman, 1989, para una evaluación del uso de conteo de puntos y su representatividad a la totalidad de la cerámica).

La caracterización se realiza de acuerdo con conceptos de la petrografía y de la micromorfología, los que varían según se aborden los diferentes componentes. En el caso de las inclusiones se busca conocer su tipo, frecuencia, forma, tamaño, redondez/angulosidad, espaciado, orientación y distribución. Para la matriz arcillosa se busca conocer la orientación, la actividad óptica y el tipo de Fábrica-b de los dominios de arcilla presentes, así como el grado de homogeneidad/heterogeneidad de la micromasa⁵. En cuanto a la porosidad, se describe su morfología, tamaños y abundancias, así como los elementos asociados (Quinn, 2013; Withbread, 1989, 2016).

Tomando en cuenta que los minerales arcillosos componen entre el 60 al 70% de la fábrica cerámica, las inclusiones de tipo arcilloso reciben un tratamiento especial, pues pueden ayudar a las interpretaciones sobre la materia prima y sus yacimientos, así como de las tecnologías de producción. Estas inclusiones pueden ser fragmentos rocosos arcillosos, fragmentos cerámicos triturados (reportados como grog en la literatura), agregados de arcilla (clay pellets) o agregados arcillosos (clay temper); de éstos se busca identificar los límites, la redondez, la forma, la densidad óptica, el arreglo interno de sus constituyentes, la orientación, y el color (Withbread, 1986).

⁴ Las inclusiones son todas aquellas partículas agregadas de manera consciente a la mezcla del barro por parte del alfarero con la intención de modificar alguna propiedad del mismo. En este estudio se emplea el término agregado, pues no se presta a confusiones sobre su naturaleza.

⁵ El término micromasa hace referencia a la fracción fina (principalmente tamaño arcilla) o matriz de la fábrica cerámica.

Las descripciones petrográficas tienen como propósito la exposición clara de los componentes, entendible para gente familiarizada con la técnica, pero también para los que comienzan a utilizarla, de forma que éstas puedan ser empleadas como material de referencia para otros estudios y facilitar la comparación entre investigaciones. Es importante tener en cuenta que la composición de la cerámica, y en última instancia de la fábrica, presentará cierta variabilidad que debe definirse al momento de realizar los agrupamientos de acuerdo con las fábricas identificadas en cada estudio; Withbread (2016) propone la creación de *grupos* basándose en las características geológicas generales, y su división en *clases* considerando las composiciones secundarias y variaciones en la tecnología de producción (ej. tamaño o forma de grano).

La finalidad de estos estudios es conocer la materia prima y su procesamiento para la elaboración del barro, conocer las técnicas de manufactura de la vasija así como las condiciones de cocción; lo que se traduce en la caracterización de la cerámica, la tecnología de producción y la procedencia de los materiales (Braeksman y Degryse, 2017; Quinn, 2013).

2.3 Petrografía Cerámica de Mesoamérica

Dentro del área cultural de Mesoamérica han sido pocos los trabajos de petrografía si es que se comparan con el desarrollo de este enfoque en Europa y en Estados Unidos. Los principales trabajos se tienen entre las décadas de los 30 y 70, cuando se comenzaba a conocer y sentar las bases del método (ver Lambert, 1972; Linné, 1934; Reyes Cortés 1977, 1983; Shepard, 1939, 1967; Smith, 1971; Sotomayor y Castillo, 1963; Reyes, 1970).

Posteriormente se dan algunos estudios aislados, sobre todo por parte de investigadores que mantenían cercanía a universidades de Norte América e investigadores que estaban ya familiarizados con la técnica y continuaron usándola en sus sitios de interés; estos trabajos están fuertemente marcados por un enfoque en la caracterización de las partículas minerales gruesas como base para la solución de diferentes preguntas de investigación. A continuación, se realiza una pequeña exposición de algunos de estos trabajos para ejemplificar las problemáticas abordadas.

- Ortega (1990) realiza un estudio de la cerámica de la Cueva 1 de Coral de Piedra en San Cristóbal de las Casas. Se analizan 59 muestras cerámicas y 60 muestras geológicas de las rocas de los alrededores, las cuales incluyen dolomías, calizas, andesitas, dacitas y tobas. Este estudio es de importancia pues continua con el trabajo

previamente desarrollado en el Laboratorio de Geología del Departamento de Prehistoria del INAH; se realiza un estudio “ceramográfico” que tiene como eje la caracterización de los elementos no plásticos, los elementos plásticos, la porosidad y el acabado de superficie de las muestras cerámicas para la composición de grupos petrográficos y sus posibles yacimientos de materia de producción y por lo tanto áreas de producción.

- Carpenter y Feinman (1999) realizan un estudio buscando comprender como el comportamiento del alfarero afecta la variabilidad de los componentes de la cerámica. Su estudio se centra en la zona de Ejutla, Oaxaca, durante el periodo Clásico, y se ocupa un estudio petrográfico pero complementado con un estudio químico mediante ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Los materiales analizados comprenden cerámicas arqueológicas y muestras de posibles yacimientos; se realizan un modelo experimental con la quema de tablillas cerámicas a diferentes temperaturas y atmósferas de cocción, así como con diferentes modificaciones para interpretar posibles comportamientos del alfarero.

- Iceland y Goldberg (1999) analizan la producción cerámica de dos sitios en Belice, Colha y Kichpanha, durante el Clásico Terminal. Primero se compara la producción de un tipo cerámico (Subin Rojo) en ambos sitios para tratar de identificar tradiciones alfareras de cada grupo; y posteriormente se incluyen otros tipos cerámicos (Tinjaja Rojo, Palmar Naranja Policromo y Encanto Estriado), para el sitio de Colha, para comparar la producción de diferentes tipos en un mismo sitio y conocer si estos presentan diferencias en su producción o solo difieren externamente.

- Varela y Leclaire (1999) centran su estudio en la cerámica de Oxkintok, Yucatán, durante el Clásico Tardío y Posclásico. Realizan análisis de Espectroscopía infrarroja, Difracción de Rayos X, Análisis de propiedades físicas y Petrografía, con la finalidad de entender si la variabilidad de composición es resultado del cambio en el tiempo o se da en función al tipo de vajilla (uso determinado). Para el análisis petrográfico primero se realiza una clasificación de las pastas en 121 fragmentos de 25 sitios arqueológicos y 4 producciones actuales; posteriormente se centran en el tipo Pizarra y sus variedades durante el tiempo de ocupación de la península de Yucatán.

- Stoltman *et al.* (2005) realizan un estudio integral de la cerámica del formativo en diferentes sitios arqueológicos en el centro y sur del territorio mexicano (Tlapacoya, Moyotzingo, Las Canoas, San José Mogote y San Lorenzo), con la finalidad de comprender mejor el comercio y los contactos culturales que estos conllevan entre los Olmecas y sus vecinos. Se analizan cuatro tipos principales de cerámica: Blanca Caolinítica, Esgrafiada Gris, Incisa Engobe Blanco y Negra con Borde Blanco. Parte del

trabajo consiste en exponer las diferencias entre el estudio petrográfico y la activación neutrónica como medio para conocer la procedencia de los materiales.

- Farger (2007) divide el Valle de Oaxaca en 16 diferentes áreas, las cuales marcarían diferentes yacimientos y a partir de su identificación y caracterización remitirían a zonas de producción cerámica. Se analiza una muestra de 31 láminas delgadas, así como información de análisis previos de la zona, la temporalidad incluye el Formativo y el Clásico y busca encontrar el momento de estandarización en la producción de cerámica de Monte Albán.

- Obando *et al.* (2011) hacen un estudio de caracterización de la cerámica de Chinikiha en Chiapas, durante el Clásico Tardío. Se analizan 21 fragmentos y a partir de su componente principal se agrupan en dos grandes grupos (Silicoclásticas y Carbonatadas), que a su vez se subdividen a partir de su componente secundario. Este estudio incluye en sus descripciones los componentes de la *fábrica cerámica*, y a partir de estos propone algunas propiedades de los yacimientos de materia prima para la producción cerámica en el sitio.

- Peuramaki-Brown (2012) basa su trabajo en el estudio de la cadena operativa a partir de la petrografía. El estudio se ubica en Honduras, en el sitio de Rancho del Río, durante el periodo Clásico e incluye no solo muestras de cerámica, sino herramientas de producción y materia prima encontradas en un taller cerámico, así como muestras de tres diferentes yacimientos de "arcilla". El análisis petrográfico se centra en la identificación y caracterización de petrofábricas (similar a las fábricas cerámicas pero en estudios de sedimentología), que en comparación con los yacimientos de arcilla muestran la modificación de la materia prima para el barro, así como otras evidencias de la cadena operativa.

Cabe mencionar que, aunque actualmente hay un resurgimiento en los estudios geoarqueológicos en general, la petrografía de Mesoamérica tiene un largo camino por recorrer para lograr avances significativos en su uso, pues pareciera que muchos de los análisis se quedan hasta la caracterización y un poco de procedencia, sin adentrarse más en los rasgos productivos visibles en las láminas. Muchos de estos análisis son resultado de investigaciones de grado como parte de proyectos que buscan caracterizar su cerámica por lo que su distribución es limitada y sus resultados poco conocidos (ver Angelini, 1998; Chung, 1993; De la Fuente, 2012; Delgadillo, 2018; García Ramírez, 2015; García Zeferino, 2017; Gómez, 2015; Gutiérrez, 2014; Hardy, 2006; Lugo, 2017; Ruiz y Bautista, 2012).

Un último punto importante a mencionar es la falta de trabajos experimentales que permitan identificar e interpretar con certeza los rasgos encontrados en las cerámicas arqueológicas estudiadas, relacionándolos con los diferentes momentos en

la producción alfarera y como éstos pueden sufrir modificaciones posteriores, resultado tanto del mismo proceso productivo, como de la historia de uso y descarte de los objetos; se habla en específico de las características físico-químicas y micromorfológicas, por lo que es importante trabajos que conjunten la etnoarqueología y la geoarqueología en el estudio de materiales para elaborar modelos de producción “extrapolables” a las técnicas productivas del pasado.

Capítulo 3. Marco teórico

3.1 Producción Cerámica

Se entiende por cerámica a los objetos fabricados a partir de la cocción de una arcilla o barro. La palabra tiene su origen en el griego *Keramikos* que se refiere a “sustancia quemada”, por otra parte, alfarería se deriva del árabe *alfaharería* y hace referencia al “arte de fabricar vasijas de barro cocido”; ambas palabras se usan indiscriminadamente en los estudios de cerámica actuales. En inglés se puede diferenciar entre las palabras *Ceramics* y *Pottery*, siendo la primera utilizada cuando se habla de producciones actuales con altas temperaturas de cocción, con presencia de vidriados y glaseados, y la segunda haciendo referencia a la producción de la cerámica arqueológica, de baja cocción y sin vidriar (Rice, 2005).

3.1.1 Cadena operativa

El concepto de cadena operativa tiene su origen en los estudios líticos de la prehistoria, los cuales tenían como finalidad entender a partir del análisis de desechos de talla y objetos terminados, como es que se obtenía una herramienta a partir de un núcleo, tratando de reconstruir los distintos “gestos” o pasos empleados por el tallador durante la elaboración de la herramienta (ver Leroi Gourhan 1943, 1945, 1964, 1965, y Mauss 1941, para una exposición más detallada de la cadena operatoria en estudios líticos). Es así que se logró comprender como a partir de un fragmento burdo de material (núcleo), que puede ser desde un canto rodado hasta una roca de pedernal u obsidiana, se fabricaban diversas herramientas “finas”, que pueden ser desde una navaja hasta una punta de proyectil, y se realizó toda la clasificación de núcleos, lascas, preformas, desechos, etc.; también de esta forma se entendió mejor la elección de las materias primas de acuerdo a sus propiedades y como estas afectaban su tallado, así como algunos métodos para facilitar su trabajo (ej. el calentamiento de los núcleos), y determinaban su tiempo de vida/uso.

Posteriormente el concepto se expande al trabajo arqueológico general y ya no solo de la lítica prehistórica, con el estudio de las distintas industrias materiales empleadas por el hombre y las sociedades pretéritas, entre las que se puede mencionar al hueso, la cerámica y la metalurgia; en este estudio se incluye desde la obtención de la materia prima y su modificación para la elaboración de la herramienta o bien material, así como su uso, rehúso y descarte, todo esto dentro del contexto sistémico, hasta las diferentes modificaciones tafonómicas una vez el artefacto es

desechado y pasa a ser parte del contexto arqueológico (ver Schiffer, 1990, para mayor información sobre el contexto sistémico y arqueológico por el que transitan los materiales estudiados por los arqueólogos).

En el caso particular de la cerámica, la cadena operativa se ha dividido en los siguientes pasos: 1) obtención de la materia prima, 2) elaboración del barro, 3) elaboración de la forma cerámica, 4) secado, 5) cocción, 6) acabado final. Es importante mencionar que la estructuración de la cadena operativa es particular a cada sociedad estudiada y resultado de una serie de “elecciones tecnológicas” de cada grupo particular (ver Sillar y Tite, 2000 Fig. 1), estas elecciones versan principalmente sobre la materia prima, las fuentes de energía, las herramientas y técnicas empleadas, así como la secuencia productiva de las anteriores; a su vez estas elecciones están integradas dentro de un contexto socio-cultural y otro ambiental que delinearán la forma específica en que se lleva a cabo cada aspecto dentro de la producción cerámica.

A continuación, se expone de forma concisa la cadena operativa de la cerámica, se remite al lector a los trabajos de Arnold (1985), Balfet *et al.*, (1992), De la Vega (2006), Mannoni y Gianchedda (2004), Oliver (1978), Rice (2005), Sean Quinn (2013) y Shepard (1985), para una exposición más exhaustiva y con ejemplos etnográficos.

Obtención de la materia prima. Dentro de la materia prima se entiende todo aquel material necesario para la elaboración no solo del barro y la decoración de la vasija, sino también las herramientas y materiales empleados durante los diferentes momentos de la producción (ej. combustible para la cocción o pigmentos para la decoración). En el caso particular del barro, existen dos principales componentes, la llamada “arcilla” y los agregados, la primera se trata de un uso coloquial de la palabra y hace referencia a ciertos horizontes de suelos y paleosuelos, así como algunos sedimentos cuya principal característica es su alto contenido de minerales arcillosos y que le dan la propiedad de ser plástica y moldeable, con esto se entiende que la llamada “arcilla” no se compone únicamente de minerales arcillosos y también presenta otros minerales primarios y secundarios, así como fragmentos rocosos y componentes orgánicos; los llamados agregados son partículas que son añadidas de forma intencional para modificar alguna característica de la “arcilla” base para el barro, pueden ser desde fragmentos de rocas molidas, ceniza volcánica y toba, materiales orgánicos, hasta fragmentos de cerámica triturados, a estas partículas se les ha denominado de distintas formas según su función, se conocen como temperantes o fundentes, antiplásticos o desgrasantes y plásticos, en el presente trabajo se referirán indistintamente como agregados.

Un punto relevante a mencionar es que según estudios etnográficos (Arnold, 1985), el área de obtención de la materia prima está delimitada por la cantidad de material necesario, el estudio abarca 111 casos y se estudiaron las distancias hacia los yacimientos de arcilla, de agregados y de pigmentos, de acuerdo a los resultados se propone una distancia media promedio de entre 1 y 7 km para la obtención de arcillas, de entre 1 a 6-9 km para los agregados y 10 a 30 km para los pigmentos y otros componentes decorativos de pinturas, vidriados y engobes. Las distancias promedio propuestas en este estudio se vieron modificadas en los casos en los que las sociedades contaban con algún medio de transporte como canoas o animales de carga, y más en la actualidad con vehículos motorizados.

Elaboración del barro. Esto es la mezcla y homogeneización del material arcilloso con los agregados, en caso de que se usen, o la mezcla de dos o más “arcillas⁶” distintas. Las proporciones dependerán de la “receta⁷” empleada por los alfareros, la cual se ha determinado de acuerdo a las características de los materiales y a la experiencia de la producción dentro de cada taller y tradición alfarera.

El primer paso es la preparación de la “arcilla”, como ya se mencionó anteriormente ésta corresponde a un horizonte dentro de un suelo o paleosuelo o a una capa sedimentaria que no se compone totalmente de minerales de la arcilla. Si bien los alfareros han desarrollado la habilidad de elegir y recolectar solo el material que les es útil por sus características, es necesario realizar una depuración del mismo, en esta se puede buscar quitar impurezas que afecten el trabajo del barro u homogeneizar el tamaño de las partículas presentes, sobre todo la fracción gruesa que es la que más puede afectar al manejo del barro, para esto existen diversas técnicas que van desde la separación manual hasta un triturado y posterior tamizado del material; de especial interés es la técnica del “podrido” de la arcilla, la cual consiste en dejar el material en agua durante días y a veces meses, para hidratarlo completamente y que se disgregue logrando una mejor separación de sus componentes (Arnold, 1985; de la Vega, 2006).

La preparación de los agregados depende del tipo de material a usar, no es lo mismo obtenerlos a partir de una roca, de un yacimiento de ceniza o arena o de algún componente de origen orgánico como conchas o fragmentos vegetales, sin embargo el común denominador es que se trata de obtener una partícula de tamaño homogéneo,

⁶ Nombre coloquial para el material empleado para la elaboración del barro, que cuando se le agrega agua se vuelve plástico. No tiene correspondencia directa ni con los minerales de la arcilla ni con la partícula tamaño arcilla.

⁷ La llamada “receta” del alfarero es lo que dará pie a la composición de la Fábrica cerámica, de acuerdo al concepto de Whitbread (2016) expuesto en el capítulo anterior.

a veces más grueso o a veces más fino dependiendo de las formas y funciones de las vasijas a preparar, por lo que es común el uso de un elemento para morturar el material y un tipo de malla o tamiz.

Es relevante mencionar que algunas “arcillas” requieren muy poco trabajo, pues contienen los porcentajes deseados de partículas finas y gruesas, y ya cuentan con la plasticidad y moldeabilidad necesaria para la elaboración de las vasijas, en estos casos se puede realizar la limpieza del material con una selección manual de algunas impurezas y no es necesario el uso de agregados, estas arcillas se han referido en la literatura como “pastas de arcilla naturales” (Rhodes, 1990).

Una vez se tiene el material limpio se agrega agua y se procede al amasado, mediante el cual se homogeniza la distribución del material y también se “aprieta” el barro, es decir se expulsa el aire que pudiera estar atrapado y que puede causar la fractura o deformación de la cerámica durante la cocción, la cantidad de agua usada para la mezcla, así como las proporciones de los diferentes componentes, se dan de acuerdo a la “receta” de los alfareros pero también se modifica al momento de la preparación a partir de observaciones empíricas.

Elaboración de la forma de la vasija. Existen diversas técnicas para elaborar las formas cerámicas, la elección de una en particular está dada por las tradiciones del alfarero, pero también por el tipo de pieza a elaborar. Durante la manufactura de la pieza se tiene un modelado primario, que se refiere a la elaboración de la forma general del objeto sin ninguna añadidura, y un modelado secundario en el que se le agregan todos los detalles, ya sean funcionales o decorativos (Orton *et al.*, 1997). Las técnicas más comunes en la zona de Mesoamérica y el pasado prehispánico en general son el enrollado, el modelado, el moldeado, el falso torno y el Paleado y Yunque.

- *Enrollado* (Figura 3.1. a). Consiste en la elaboración de rollos o tiras de barro que se aplican como anillos superpuestos o en espiral con una sola tira. El enrollado se puede realizar desde el fondo de la vasija o se puede agregar a una preforma elaborada previamente con otra técnica, ya sea un molde o modelada a mano. La aplicación de los rollos o tiras de barro se puede realizar a presión o agregando un “pegamento” que puede ser un engobe preparado con el mismo barro. Una vez se han colocado los anillos de barro es necesario homogenizar la superficie para fijar el barro y darle un acabado liso al exterior de la vasija (Balfet *et al.*, 1992).
- *Modelado* (Figura 3.1 b). En esta técnica la forma cerámica se realiza a partir del trabajo del barro en las manos sin ningún otro elemento que sirva

de base para la elaboración de la forma, el primer momento suele ser la elaboración de una esfera de barro que se va ahuecando para obtener un elemento cóncavo, el cual posteriormente puede seguirse trabajando mediante esta técnica o servir como base para la aplicación de rollos o para el paleado y yunque (Balfet *et al.*, 1992).

- *Moldeado* (Figura 3.1 c). A diferencia de la anterior, en esta técnica se emplean moldes sobre los cuales se aplica el barro para la creación de las formas cerámicas, los moldes pueden ser cóncavos o convexos y también pueden presentar patrones decorativos que se plasman sobre el barro húmedo. Los moldes pueden ser de diferentes materiales como madera, yeso, cerámica, elementos vegetales como guajes, y pueden componerse de una sola pieza (ej. cajetes o fondos de ollas) o de más partes (ej. figurillas), en estos casos a veces es posible identificar sobre la pieza la zona de unión entre las partes del molde por medio de pequeñas costuras o cicatrices (Balfet *et al.*, 1992).
- *Falso torno* (Figura 3.1 d). El nombre de esta técnica hace alusión a la imitación del principio giratorio del torno para la elaboración de formas cerámicas, la principal diferencia es que la base no presenta un movimiento constante y no alcanza las altas revoluciones del torno. Debido a que permite un fácil movimiento de la pieza, se puede utilizar tanto para la elaboración de forma cerámica como para la aplicación de las decoraciones pre-cocción sin tener que hacer un manejo excesivo de la pieza y salvando así su integridad (Balfet *et al.*, 1992).
- *Paleado y Yunque* (Figura 3.1 e). La forma cerámica se crea mediante un yunque al interior de la pieza sobre el que se va paleando el barro y se va estirando para crear la pieza (Joukowsky, 1980; Shepard, 1956). También es posible usar esta técnica como un segundo momento en el modelado de la pieza, con lo que se busca lograr paredes más delgadas y/o formas más grandes y globulares (Orton *et al.*, 1997).



Figura 3.1. Técnicas de elaboración de vasijas: a) enrollado, b) modelado, c) moldeado d) falso torno, e) paleado y yunque (Tomado y modificado de Gosselain, 2000:201).

Secado. Existen dos momentos de secado, el primero se realiza una vez se obtiene la forma primaria de la vasija con la finalidad de darle cierta estabilidad al barro y poder aplicarle diferentes elementos, tanto decorativos como funcionales. Una vez que se ha terminado completamente la vasija, se realiza un segundo secado con la finalidad de que pierda toda el agua posible antes de cocerlo y de esta forma evitar que se fracture o estalle por un aumento en la presión resultado de la evaporación del agua en los poros de la cerámica, para este secado se tienen dos momentos uno que se da a la sombra durante al menos una noche, y otro al sol durante aproximadamente un día.

Los tiempos de secado dependen de las condiciones climáticas de la zona, es decir la temperatura y humedad, y también de la composición (tipo de minerales arcillosos) y textura (tamaño de partículas) del barro y la forma de la vasija. Se ha denominado “duro de cuero” al momento en que el barro ha perdido el agua suficiente

para poder cocerla (Joukowsky, 1980; Rhodes, 1990), en este momento es cuando se realizan mayoritariamente las modificaciones finales pre-cocción, algunas son decorativas (ej. incisiones) y otras funcionales (ej. escisión en los sahumadores).

Cocción. Como se mencionó anteriormente, la cocción es el momento clave en que la cerámica toma su nombre por definición. Como principio básico se busca que no haya un cambio brusco en la temperatura, para evitar la fractura y deformación de las piezas, por lo que al principio se busca elevar la temperatura lentamente y una vez terminada la quema se deja el material hasta que es posible manejarlo con las manos y en algunas ocasiones hasta el día posterior.

Dentro de la manufactura del objeto cerámico se puede tener más de una cocción en cada vasija, la primera tiene como finalidad la cocción del barro, el resultado es una vasija lista para su uso o un “bizcocho” al cual se le aplicará algún elemento decorativo o funcional (ej. pigmento o engobe), y se volverá a cocer para fijar este nuevo material aplicado; en algunas ocasiones se puede tener una tercera quema para arreglar imperfecciones tanto de la pieza como de su decoración.

Existen diferentes aspectos importantes a tomar en cuenta, el primero de ellos es la forma de realizar la cocción o el tipo de quema (a cielo abierto y en horno), la segunda es la temperatura de cocción y la tercera son las atmósferas de cocción.

- *Tipo de quema.* Existen dos principales formas, una es a cielo abierto y otra en hornos. En la quema a cielo abierto se coloca el material sobre el suelo o sobre algún soporte, que pueden ser rocas o una cama de combustible, y se recubre con otra capa de combustible que se ira quemando en secciones, el material y la pira misma se acomodan de tal forma que se aproveche el paso del aire y este ayude a la quema del combustible; en este tipo de cocción no se tiene un control sobre la temperatura y la atmósfera dominante es oxidante. Los hornos cerámicos los hay de muy diversas formas y disposiciones, pueden ser cerrados, abiertos o semi-cerrados, con una disposición vertical u horizontal, pueden ser una construcción sobre la superficie o como un elemento “enterrado”, excavado sobre tepetates o laderas (Abascal, 1996; Balkansky *et al.*, 1997; Castanzo, 2004; López Varela *et al.*, 2001); sin embargo todos tienen el rasgo común de contar con una cámara de combustión y una cámara de cocción, en estos se alcanzan mayores temperaturas y la atmósfera puede ser reductora en los casos de los hornos totalmente cerrados.

- *Temperatura de cocción.* Esta tendrá una distribución de campana, el tiempo que tarde llegar a su mayor grado y se mantenga ahí, depende del tipo de combustible utilizado, principalmente la proporción de volátiles y resinas que contenga, así como la densidad del carbón formado y el tipo de ceniza producido (Shepard, 1956). Etnográficamente se ha observado el uso de una gran variedad de materiales que van desde diferentes maderas explotadas con ese fin, hasta desechos de otras actividades como agricultura y ganadería (Arnold, 1985). Es importante mencionar que dentro de la pira u horno de quema se tendrán diferentes temperaturas, al igual que la temperatura alcanzada en el objeto cerámico será diferente que la de la pira/horno en general y a su vez la del combustible (Gosselain, 1992; Thér, 2013; Maggetti *et al.*, 2011).

- *Atmosferas de cocción.* Esta se refiere a las condiciones de la atmósfera inmediata a la cerámica, principalmente en cuanto a su contenido de oxígeno libre por lo que puede ser oxidante o reductora. La cantidad de oxígeno dependerá de la circulación del aire, el tipo de combustible y la adición de cargas durante la cocción en el caso de quemas al aire libre (Balfet *et al.*, 1992). Con una atmósfera oxidante se tiene oxígeno libre que permite la oxidación de los componentes del barro y la combustión de la materia orgánica, el color de la cerámica presenta un núcleo homogéneo. En la atmósfera reductora al no haber oxígeno no se oxidan los componentes ferrosos y materiales orgánicos, esto le otorga un color grisáceo/negro a la pasta. La oxidación de los componentes se realiza de la parte externa hacia la parte interna, si no se completa, la cerámica presenta un color más oscuro en la parte interna, característica conocida como *núcleo de reducción*; las razones para que no se complete la oxidación pueden ser por una rápida vitrificación de la capa exterior impidiendo la combustión del material interno o solo por falta de temperatura y tiempo durante la cocción.

Acabado final. Dentro de este apartado se incluyen modificaciones a la superficie que pudieron realizarse anterior o posterior a la cocción de la cerámica. Estas modificaciones pueden tener finalidades tanto funcionales como decorativas (ej. cerrado de poros para la impermeabilidad de la vasija o aplicación de pigmentos decorativos).

En estudios clásicos de cerámica, estas modificaciones se refieren como *acabado de superficie* y *técnica decorativa*, sin embargo aquí se presentan de forma

conjunta pues se trata de las modificaciones visibles en las vasijas terminadas, cabe mencionar que estos dos conceptos no son excluyentes. Modificaciones a la superficie incluyen las técnicas de Alisado y Bruñido/Pulido con la intención de cambiar las propiedades superficiales de la vasija para un uso específico; también se tiene la Incisión, la Escisión y la Impresión/sellado con fines más decorativos. Otras técnicas dentro del acabado final incluyen un recubrimiento líquido o plástico, el primero incluye la aplicación del Engobe, Baño, Vidriado o Pintura, estos pueden ser tanto decorativos como funcionales, mientras que el segundo se compone principalmente de las técnicas de Aplicación/pastillaje, Incrustación, Cloisonné y Champlévé.

Los términos y definiciones de estas técnicas difieren de autor a autor a lo largo del tiempo, por lo que se presentan de forma general y se remite al lector a las obras de Balfet *et al.* (1992), Joukowsky (1980), Rice (2005), Ortega (1990), Shepard (1956) y Smith y Piña (1962) para una comprensión más detallada.

- *Alisado.* Se refiere a un alisamiento de la superficie del objeto, con la finalidad de homogenizar y cerrar los poros superficiales. Se realiza pre-cocción, anterior al estado de cuero, agregando un poco de agua y pudiéndose utilizar algún instrumento (ej. hojas vegetales o cantos rodados), o hacerse con la mano.
- *Bruñido/Pulido.* Estas técnicas buscan otorgarle un brillo a la superficie del objeto y su principal diferencia será el grado de lustre. Se necesita una superficie homogénea lograda con un alisado previo, y en ocasiones se realiza sobre un baño o engobe previamente colocado en la vasija por lo que puede realizarse anterior o posterior a la cocción y dependiendo de esto será el nombre que se le otorga.
- *Incisión.* Se realiza pre-cocción y consiste en realizar una acanaladura en la pieza sin que haya una remoción de material. Si se realiza el mismo principio, pero posterior a la cocción se le conoce como esgrafiado. La diferencia de color entre la parte interna y externa de la acanaladura, así como los bordes de los mismos es lo que ayuda a diferenciar el momento en que se realizó esta modificación.
- *Escisión.* A diferencia de la incisión en esta si hay una remoción de material, que puede ser desde una extracción superficial hasta la perforación de la totalidad del cuerpo. Se realiza anterior a la cocción y si se realiza posterior a la cocción se le conoce como perforación, puede ser tanto decorativa como funcional.

- *Impresión/Sellado*. Esta modificación se logra por una presión sobre barro fresco, pre-cocción y anterior al seco de cuero. Se pueden utilizar diferentes elementos para el patrón, desde herramientas creadas con esa finalidad específica, como sellos y rodillos, hasta elementos vegetales u objetos de cestería.
- *Engobe*. Esta es una suspensión de arcilla, normalmente la misma utilizada para la elaboración del barro y algunas veces con el añadido de algún pigmento, que se aplica al objeto mediante sumersión o con alguna herramienta tipo brocha. Se puede aplicar tanto pre como post-cocción y también puede aplicarse en más de una ocasión para lograr el efecto o grosor deseado.
- *Baño*. Este es un tipo de engobe mucho más diluido y aplicado pos-cocción, que no está bien fijado en la vasija y se pierde fácilmente con el uso del objeto.
- *Vidriado*. Se trata de un recubrimiento tipo barniz, de acabado brillante, que es aplicado pos-cocción sobre un bizcocho y es necesario someterlo a una segunda cocción para afianzarlo a la pieza. Puede ser totalmente transparente o tener una ligera coloración, también es común su aplicación sobre una decoración previa. En el territorio de Mesoamérica esta técnica se comenzó a utilizar hasta la llegada de los españoles y es una de las principales características para distinguir la cerámica prehispánica de la colonial.
- *Pintura*. Su uso es meramente decorativo, si se aplica anterior a la cocción suelen utilizarse pigmentos minerales, y si es posterior suelen ser pigmentos orgánicos; puede cubrirse con un vidriado o bruñirse para resaltar el color. La preparación de la pintura incluye el pigmento junto con alguna arcilla, resina, cera o goma para ayudar a la fijación del color. Usualmente se clasifica como monocromo, bicroma y policroma dependiendo de la cantidad de colores utilizados; de igual forma se han identificado diversas técnicas de aplicación como el negativo y el fresco.
- *Aplicación/Pastillaje*. En este tipo de decoración se adicionan elementos decorativos elaborados con el mismo barro de la vasija a las paredes externas, estas decoraciones pudieron realizarse con moldes o ser moldeadas a mano. Las figuras se pegan a la pieza mediante presión y un

tipo de engobe que ayude al pegado. Se realiza anterior a la cocción y elemento adicionado se coce junto al resto de la vasija.

- *Incrustación*. En esta decoración se incrustan diferentes elementos de naturaleza diferente al barro, como puede ser madera, vidrio, concha o metales (Balfet *et al.*, 1992). Principalmente se realiza pre-cocción y es importante que los elementos resistan el calor de la quema sin modificarse pues podrían afectar la pieza; también se ha reportado su aplicación pos-cocción con el uso de algún tipo de pegamento para fijar el elemento incrustado.
- *Cloisonné*. Se realiza posterior a la cocción y el principio de esta técnica es la creación de una decoración en alto relieve, cuyos espacios en “blanco” serán rellenos con pigmentos y posteriormente se somete la pieza a una segunda cocción. El resultado es una superficie de tipo mosaico (Ortega, 1990).
- *Champlevé*. Es similar a la anterior con la diferencia que aquí el motivo decorativo se realiza en bajo relieve y estos espacios son rellenos con un pigmento (Ortega, 1990).

3.1.2 Componentes de la cerámica

Dentro del estudio del barro o pasta cerámica se puede separar dos grandes fracciones dentro de la fábrica total: la fracción fina y la fracción gruesa, esto para un mejor manejo de la información durante su estudio. La delimitación del tamaño corresponde básicamente a un tamaño de partículas que son visibles individualmente y cuyas características principales aún son identificables, en el contexto de la petrografía, con el uso del microscopio de polarización, la fracción fina corresponde principalmente a partículas del tamaño de las arcillas (<.002mm), no visibles bajo el microscopio petrografico, mientras que la fracción gruesa se compone primariamente de limos (.002-.02mm) y arenas (.02-2mm), ambas fracciones pueden ser de origen natural (presentes en los yacimientos) o cultural (agregadas durante la producción).

Los componentes de la cerámica son aquellos presentes en la materia prima con la que se elaboró el barro, como se mencionó anteriormente los principales yacimientos para esta son suelos (y paleosuelos) y sedimentos con un contenido de arcilla notable (igual o mayor al 30%), en segundo lugar se podría mencionar el uso de agregados particulares que suelen estar asociados a los yacimientos del barro,

pudiendo ser las rocas que fungen como su material parental o depósitos que los cubren. La presencia de ciertos minerales dependerá de la naturaleza del yacimiento, es decir su historia geológica general, y en última instancia la geología de la zona.

Con lo anterior se entiende que los componentes de la cerámica son aquellos presentes en suelos, sedimentos y rocas de la región particular en que se extrajeron las diferentes materias primas del barro. Dentro de los principales componentes de estos se encuentran los minerales primarios, los secundarios y los neoformados durante el proceso de cocción, así como elementos heredados de los yacimientos. Se entiende por mineral a las sustancias sólidas homogéneas de composición química definida, cuyos átomos se ordenan en una red cristalina y que son formados por procesos naturales, principalmente inorgánicos.

La corteza terrestre se compone principalmente de ocho elementos químicos que son: el oxígeno (O), el silicio (Si), el aluminio (Al), el hierro (Fe), el calcio (Ca), el sodio (Na), el potasio (K) y el magnesio (Mg); la combinación de los mismos constituyen al grupo mineral de los silicatos, que componen el 90% de la corteza terrestre. Otros grupos minerales importantes son los Carbonatos, los Haluros, los Óxidos, los Sulfuros, los Sulfatos y los Elementos nativos (Ford, 1984; Tarbuck y Lutgens, 2005).

A continuación se presentan de manera breve los principales componentes minerales presentes, así como los elementos particulares a suelos y sedimentos heredados a la pasta cerámica.

Minerales primarios o formadores de rocas. Son aquellos que se encuentran principalmente en las rocas ígneas intrusivas y extrusivas, y que tras el intemperismo de las mismas algunos serán heredados a suelos y sedimentos como partículas individuales y otros darán paso a la formación de los minerales secundarios. Aquí se engloba principalmente a la clase mineral de los silicatos en los grupos de los Cuarzos, Feldespatos, Anfíboles, Piroxenos, Olivinos y Micas, que como se mencionó anteriormente representan el 90% de los minerales presentes en la corteza (Huang, 1968; Tarbuck y Lutgens, 2005).

A continuación se presentan las principales características macroscópicas de estos minerales:

- *Cuarzos.* (SiO_2) Sistema trigonal, no presenta exfoliación. Es traslucido o de color claro (rosado, ahumado, lechoso y morado). Su dureza es 7 en la escala de Mohs.

- *Feldespatos*. Se compone de los grupos de feldespato potásico (KAlSi_3O_8) y la plagioclasa $[(\text{Ca},\text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8]$. Sistema triclínico o monoclinico. Presentan dos planos de exfoliación a 90° . Su dureza es 6 en la escala de Mohs.
- *Anfíboles*. Su principal exponente es la hornblenda $[\text{Ca}_2(\text{Fe},\text{Mg})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$. Sistema monoclinico, forma cristales alargados, con exfoliación en dos planos: a 60° y 120° . De color verde oscuro a negro. Dureza de 5-6 en la escala de Mohs.
- *Piroxenos*. El mineral más común de este grupo es la Augita $[(\text{Mg},\text{Fe})\text{SiO}_3]$. Sistema monoclinico, presenta exfoliación en dos planos en ángulo casi recto. Es de color negro a verde oscuro. Dureza de 5-6 en la escala de Mohs.
- *Olivinos*. $[(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4]$. Sistema rómbico, que no presenta exfoliación. Desarrolla cristales pequeños y redondeados de color negro a verde oliva. Dureza de 6.5-7 en la escala de Mohs. Es un mineral común en el manto.
- *Micas*. Se compone de los grupos de la Biotita $[\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$ y la Muscovita $[\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$. Sistema monoclinico con exfoliación en una sola dirección. De color claro (blanco a amarillo) a oscuro (verde a negro) dependiendo de su composición. Dureza de 2.7-3 en la escala de Mohs.
- *Calcita*. (CaCO_3). Sistema trigonal con exfoliación romboédrica. De color blanco, amarillo, rosa, café e incoloro. Dureza de 3 en la escala de Mohs.
- *Dolomita*. ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Sistema trigonal con exfoliación romboédrica. De color blanco, gris, blanco rojizo, blanco cafésoso y gris. Dureza de 3.5-4 en la escala de Mohs.

Minerales secundarios. Son resultado del intemperismo químico (solución, hidratación, hidrólisis, carbonatación y oxido-reducción), de los minerales primarios, y se encuentran principalmente en suelos y sedimentos. Se tienen tres grandes grupos: los minerales arcillosos, los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, y las sales (carbonatos, sulfuros y cloruros). De mayor importancia para la producción cerámica son los minerales de la arcilla.

- *Minerales arcillosos*. Estos pertenecen al grupo de los filosilicatos, y son abundantes en las rocas sedimentarias. Dentro de este grupo se tienen tres principales familias: Caolinita (1:1), Illita (2:1) y Esmectitas (2:1), cuya principal diferencia se encuentra en la composición de su estructura laminar, de esta forma se tienen arcillas 2:1 y 1:1, las primeras tienen dos capas de tetraedros por una de octaedro y las segundas solo tienen una de tetraedro por una de octaedro. La estructura de los Tetraedros contiene un átomo de silicio en el centro y cuatro oxígenos en las esquinas, mientras que los octaedros presentan un átomo de aluminio en el centro y OH en sus esquinas.

Dentro de sus características más relevantes para la producción cerámica se debe mencionar su carga negativa, la cual se da por la sustitución isomórfica en los octaedros y tetraedros (sustitución de un aluminio por el silicio en los tetraedros, y hierro y magnesio por el aluminio de los octaedros lo cual le da un exceso de cargas negativas al interior del cristal y que se traduce en una carga negativa permanente), por lo que varía de familia en familia, siendo la esmectita la de mayor sustitución con un valor de 65%, la illita con 25% y la caolinita con 5%. Otra de sus características más relevantes es su plasticidad y maleabilidad, dadas por su estructura laminar, esto quiere decir que son materiales propensos a modificarse y una vez trabajados conservan la forma que se les da.

- Óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. También conocidos como sesquióxidos de Fe y Al. De estos los más relevantes para la cerámica son los óxidos de hierro, estos son comunes en suelos tropicales y son los responsables de su color rojizo. Granulométricamente se encuentran en la fracción arcilla y tienen un grado de organización de la cristalinidad hasta el amorfismo. Algunos ejemplos relevantes de estos son: Ferrihidrita ($\text{Fe}_5\text{O}_{8.4}\text{H}_2\text{O}$), Goethita (FeOOH), Lepidocrocita ($\text{FeO}(\text{OH})$), Hematita (Fe_2O_3), y Gibsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$).

Elementos heredados. Dentro de los yacimientos del barro es posible encontrar elementos diferentes a los minerales primarios y secundarios, algunos de estos se pierden al momento de la limpieza y elaboración del barro, y otros son heredados a la pasta cerámica.

Algunos de éstos se presentan en los yacimientos en su forma final y otros se generan en los yacimientos, principalmente en el caso de los suelos y los llamados pedorrasgos. Entre los elementos más encontrados se tiene la presencia de agregados

de arcilla, así como fragmentos de cutánes o pápulas, nódulos de hierro, fragmentos líticos, microfósiles, fitolitos y diatomeas.

- *Agregados de arcilla.* Son concentraciones de arcilla que tienen su formación principalmente en horizontes B del suelo con altos contenidos de arcilla, y que al momento de la preparación del barro no pudieron disgregarse correctamente. Suelen tener una coloración amarillenta pero también puede presentar colores rojizos por la presencia de óxidos de hierro, así como la presencia de algunas partículas minerales presentes en su contexto de formación.
- *Fragmentos de Cutánes o pápulas.* Son concentraciones de arcilla iluviada que se acomodan de forma laminar en el espacio poroso del suelo y en algunas ocasiones a lo largo de las estructuras del mismo resultado de la contracción y expansión de las arcillas en el suelo, estos últimos son conocidos como cutánes de estrés. Su origen remite a los horizontes Bt del suelo. Suelen tener una coloración amarillenta y dependiendo de su formación pueden contener partículas de limo confiriéndoles una coloración “sucia” u óxidos de hierro con una coloración rojiza.
- *Nódulos.* Estos pueden ser de óxidos de hierro o manganeso, y refieren a ambientes redox en su contexto de formación. Algunos de los nódulos identificados en la cerámica se propone son “creados” *in situ* durante la producción, resultado de la cocción, y otros son heredados de los yacimientos, su correcta identificación depende de su morfología y sus límites con el resto de la fábrica.
- *Fragmentos líticos.* Son pequeños fragmentos de diversas rocas que en principio son el material parental de los yacimientos utilizados, aunque también pueden ser adicionados culturalmente tras el triturado de alguna roca específica para su uso como agregados. Su morfología es de importancia para separar los presentes en los yacimientos, de los culturales agregados intencionalmente.
- *Microfósiles.* Los microfósiles pueden ser heredados al suelo o sedimento por rocas sedimentarias que han sufrido intemperismo, principalmente se trata de elementos de carbonato de calcio o sílice.
- *Fitolitos y diatomeas.* Estas son partículas inorgánicas que tienen su origen en la flora y fauna de los yacimientos. Los fitolitos y las diatomeas son

vidrios de sílice formados por procesos orgánicos. Los fitolitos son improntas de células en diferentes partes de las plantas y las diatomeas son esqueletos de microbiota presentes en lugares con concentraciones de agua.

La presencia de algunos de estos minerales y elementos, así como su morfología general, ayuda a comprender la historia del yacimiento empleado, así como a dilucidar algunas elecciones de los grupos alfareros para el uso de ciertas materias durante la producción de la cerámica.

Minerales neoformados. Si bien bajo este nombre se pudieran incluir a los minerales secundarios, aquí se hace referencia a los minerales que fueron formados por un proceso de pirometamorfismo, cultural o antropogénico, al momento de la cocción de la cerámica, la aparición de los mismos depende de las temperaturas alcanzadas, los tiempos de enfriamiento, así como la composición del barro, principalmente a la presencia o no de materiales carbonatados. Cabe mencionar que estos minerales también se pueden presentar como heredados (detríticos) del material empleado para la elaboración del barro; para diferenciar entre neoformados de heredados es necesario tomar en cuenta el tamaño de los cristales (se esperan los neoformados sean de tamaño pequeño pues el tiempo de cristalización no es mucho, es decir, el enfriamiento del material es rápido), su contexto de aparición (si es visible la presencia de pseudomorfos que indiquen la alteración y neoformación), su grado de intemperismo (se espera mayor deterioro en los minerales heredados) y comparar con el material circundante que es el que más probablemente se haya usado como materia prima.

Dentro de los principales minerales neoformados, la literatura menciona fases minerales de alta temperatura y meta-estables como lo son la Mullita, la Cristobalita, la Ghelenita, la Wallastonita, la Espinela y la Anortita, estos ocurren por arriba de los 900°C, y junto a éstos aparecen otros minerales más comunes como lo son la Hematita, la Plagioclasa, el Feldespato potásico y la Diopsida (Cultrone, 2001; Ouahabi, 2015; Rasmussen, 2012; y Rathossi, 2010).

- *Mullita* ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$). Sistema Ortorrómico, dipiramidal. De coloración blanco, amarillo, rosa, rojo, gris e incoloro. Dureza de 6-7 en la escala de Mohs. Formada por refundición de arcillas.

- *Cristobalita* (SiO_2). Sistema tetragonal, sin exfoliación. De color blanco, azul, café, gris y amarillo. Dureza de 6-7 en la escala de Mohs. Formado por alteración hidrotermal, y presente en barros de origen volcánico en los cuales se presenta como mineral primario.
- *Gehlenita*: ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$). Sistema tetragonal. Color café amarillento, verde grisáceo y sin color. Dureza de 5-6 en la escala de Mohs. Formado en rocas calizas con metamorfismo de contacto y en rocas volcánicas.
- *Wallastonita* (CaSiO_3). Sistema triclinico, exfoliación en un plano. Color blanco, verde claro, café, rojo y amarillo. Dureza de 4.5-5 en la escala de Mohs. Formada por metamorfismo de contacto en rocas calcáreas.
- *Espinela* (MgAl_2O_4). Sistema cubico, de difícil exfoliación pero indistinta. Color verde, negro, rojo, azul, café, rosa y transparente según la composición. Dureza 7.5-8 en la escala de Mohs. Presente en rocas metamórficas.
- *Anortita* ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Sistema triclinico, con exfoliación irregular. Color gris rojizo, blanco y traslucido. Dureza de 6-6.5 en la escala de Mohs. Presente en rocas metamórficas e ígneas plutónicas.

3.2 Pirometamorfismo

Piro-metamorfismo es una palabra derivada del griego *Pyr/Pyro*: fuego, *Meta*: cambio, y *morph*: forma. Hace referencia a los cambios sufridos por altas temperaturas, principalmente mediante el contacto del magma con la roca circundante (country rock), sin que exista un intercambio de material. Los principales indicadores de este proceso es la presencia de vidrio resultado de la fusión de minerales, la formación de minerales pirogenéticos (formados a partir de una masa fundida anhidra), el remplazo de minerales hidratados por anhídros, la creación de texturas relictas (pseudomorfos) creadas por la preservación de hábitos cristalinos y texturas de rocas que han sido modificados por las altas temperaturas (Brauns, 1912, en Grapes, 2011).

En 1922 Milch propone el termino caustic metamorphisim (caustic: corrosión) para referirse a procesos de endurecimiento, quemado y freimiento (fritting) de rocas que son “intruidas” por lavas e intrusiones menores. Posteriormente en 1926, Tyrrell lo modifica a optalic metamorphism (Optaleos: cocido), y describe sus efectos: “. . . optalic effects are produced by evanescent hot contacts at which heat is rapidly

dissipated. The elimination of water and other volatile constituents, the bleaching of carbonaceous rocks by the burning off of carbon, the reddening of iron-bearing rocks by the oxidation of iron, induration, peripheral fusion of grains (fritting); in short, analogous kinds of alteration to those produced artificially in brick and coarse earthenware manufacture, are the most notable effects of this phase of metamorphism. Argillaceous rocks are often indurated with the production of an excessively hard material called hornstone, lydian-stone, or porcellanite. Some hornstones and novaculite are due to this action on siliceous clays and shales. The coking of coal seams by igneous intrusions, and the columnar structures induced both in coals and in some sandstones, are also to be regarded as the effects of optalic metamorphism" (Grapes, 2011:1-2).

El caso de la cerámica es identificado como un piro-metamorfismo antropogénico, en el que se tiene una elevación de la temperatura y se logra un equilibrio térmico que produce un conjunto de minerales de alta temperatura y meta-estables que indican la temperatura que se ha alcanzado, estos minerales se "producen" en una progresión y gracias a esta es que se puede conocer la temperatura. La aparición de ciertos minerales es resultado directo de la descomposición de otros por lo que se espera cierta modificación en la mineralogía original de los barros; esto es relevante cuando se habla de procedencia y se comparan los probables yacimientos contra la cerámica final. También es relevante la caracterización del material, principalmente si se trata de barros calcáreos o no calcáreos y su composición específica, pues cada uno de estos da pie a ciertos conjuntos de minerales (Cultrone et al., 2001; Grapes, 2011; Ouahabi *et al.*, 2015).

Si bien la presencia de algunos minerales ayuda a determinar las temperaturas de cocción de una cerámica dada, no siempre se alcanzan las temperaturas necesarias para las transformaciones y a este respecto es importante mencionar que existe una alta variabilidad en las mismas, dentro del horno puede haber un rango de 100°C hasta 600°C y dentro de una misma vasija el rango promedio es de 200°C de diferencia (Figura 3.2), por lo que la aparición de ciertos minerales solo será indicativa de la temperatura de la cocción de la vasija o parte de la misma y no de toda la quema en el horno o pira. Esta variabilidad se da por los distintos tipos de quema (al aire libre u horno y tipo de horno), por el combustible empleado, así como una variabilidad dentro de cada objeto cerámico dependiendo de su ubicación respecto a la fuente de calor, por los componentes del barro y hasta la parte expuesta de la vasija (interior o exterior) (Gosselain, 1992; Thér, 2013).

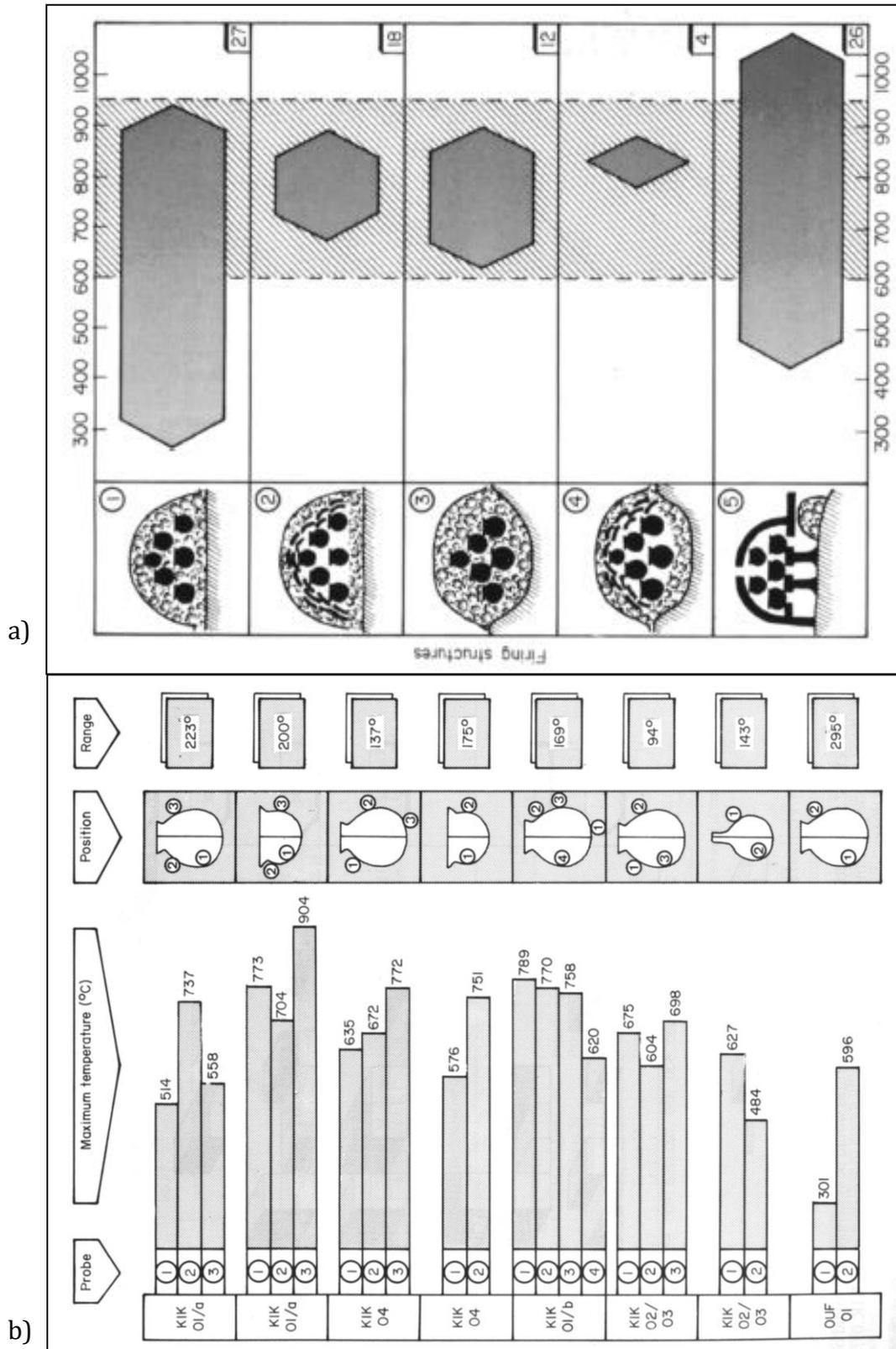


Figura 3.2. Variabilidad de temperatura: a) en distintos hornos y b) partes de la vasija (Tomado de Gosselain, 1992:246 y 254).

3.3 Cambios Mineralógicos

Durante la cocción se dan diversos procesos y cambios en el barro, los cuales se presentan en diferentes momentos dependiendo de la temperatura, el tiempo de exposición al calor y enfriamiento, y la composición del barro (Gosselain, 1992; Manoharan *et al.*, 2011; Ouahabi, 2015; Rathossi *et al.*, 2010; Thér, 2013; Veldey y Druc, 1998). Las principales etapas de modificación del barro incluyen: la deshidratación, la oxidación y reducción, y la sinterización y vitrificación.

Deshidratación. Se refiere a la pérdida del agua presente en los poros del barro y asociada a nivel molecular en la pieza, posterior al agua residual se da un encogimiento del objeto, el grado del cual depende de los componentes del barro, principalmente al tipo de mineral arcilloso. Una vez se alcanzan los 750°C se pierde la plasticidad del barro (Manoharan *et al.*, 2011).

Oxidación y reducción. Se dan de acuerdo a la atmósfera de cocción presente en la quema, afecta algunos compuestos minerales del barro, así como los compuestos orgánicos y tienen gran influencia en el color final de la pasta cerámica.

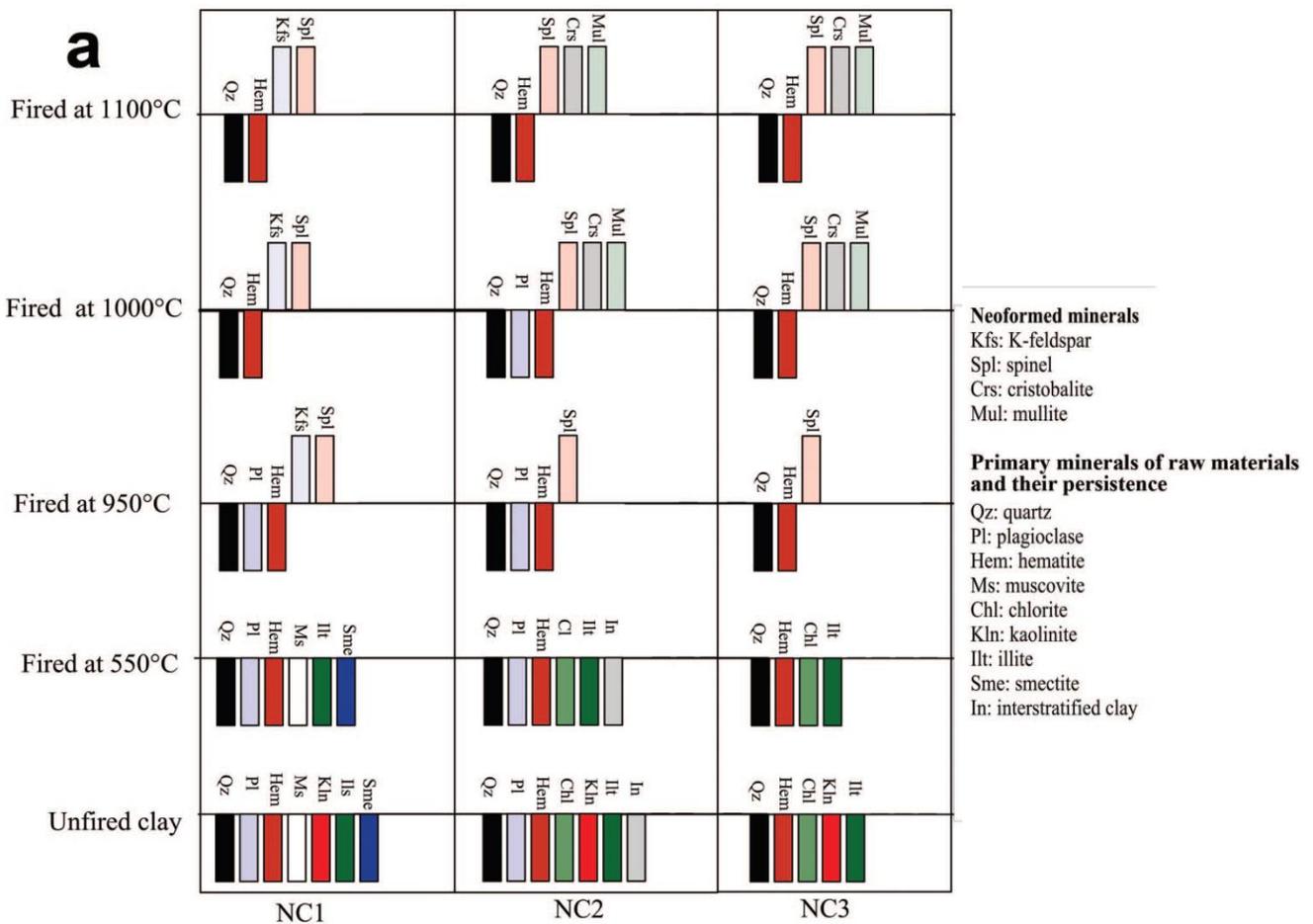
Sinterización y vitrificación. Se refieren a la fusión de distintos minerales presentes en el barro, principalmente los minerales de la arcilla. La sinterización afecta la parte externa de las partículas, mientras que la vitrificación toma lugar en toda la partícula. En el caso de las arcillas es necesario lograr temperaturas mayores a 1200°C para lograr su vitrificación (Rice, 2005); otros estudios en cerámicas indican que la vitrificación puede comenzar a los 700°C y entre 900-950°C se da de forma extensiva (Carpenter y Fenman, 1999; Rye, 1976), y otros la mencionan hasta 1000-1100 (Cultrone *et al.*, 2001). Le confiere cierta dureza a la cerámica pues la pasta se convierte en un continuo, y la porosidad disminuye al llenarse los poros con el “líquido” resultado de la “licuefacción” de las partículas (Balfet *et al.*, 1992). Se logra con mayor rapidez en materiales de texturas finas como pueden ser los engobes y vidriados.

Inversión. Es el cambio en la estructura atómica, la temperatura a la cual sucede depende del mineral. Por ejemplo, en el caso del cuarzo se tiene una inversión a los 572°C (Cuarzo alfa/rómbico a beta/hexagonal con un cambio en el volumen de 2%), posterior se tiene otro a 870°C cuando se puede transformar a tridimita (Alfa/hexagonal y beta/rómbico), y el último se da hacia los 1250°C cuando se da el cambio a cristobalita y se estabiliza a los 1470°C (Rice, 2005; Shepard, 1956).

Descomposición. La descomposición de los diferentes componentes minerales se da en función de las temperaturas alcanzadas y los tiempos de cocción, así como de los componentes elementales de los mismos; también es relevante la característica de

las quemas, principalmente en cuanto a la atmósfera, si es reductora u oxidante (Velde y Druc, 1998). Los ejemplos más comunes para la cerámica se tienen en la pérdida de OH estructurales en las arcillas (proceso que crea la cerámica por definición), y la disociación del carbonato de calcio. Es importante mencionar que altas temperaturas de corta duración pueden tener el mismo efecto que temperaturas más bajas que se mantienen por mayor tiempo, y que ciertos componentes del barro ayudaran a acelerar o desacelerar este proceso. De acuerdo a Rye (1976) las temperaturas de mayor descomposición para las arcillas son: ilita a 550°C, Halloysita a 558°C, Caolinita a 585°C, Montmorilonita a 678°C, Muscovita-Mica a 856°C.

Neoformación. La neoformación también se da en función de las temperaturas alcanzadas y el tiempo, pero en este caso es de mayor importancia el tiempo de enfriamiento, pues de este depende el grado de cristalinidad de los nuevos minerales. La aparición de ciertos tipos minerales responde no solo a la temperatura de cocción sino también a la composición del barro, principalmente si se trata de material carbonatado o no carbonatado (Figura 3.3).



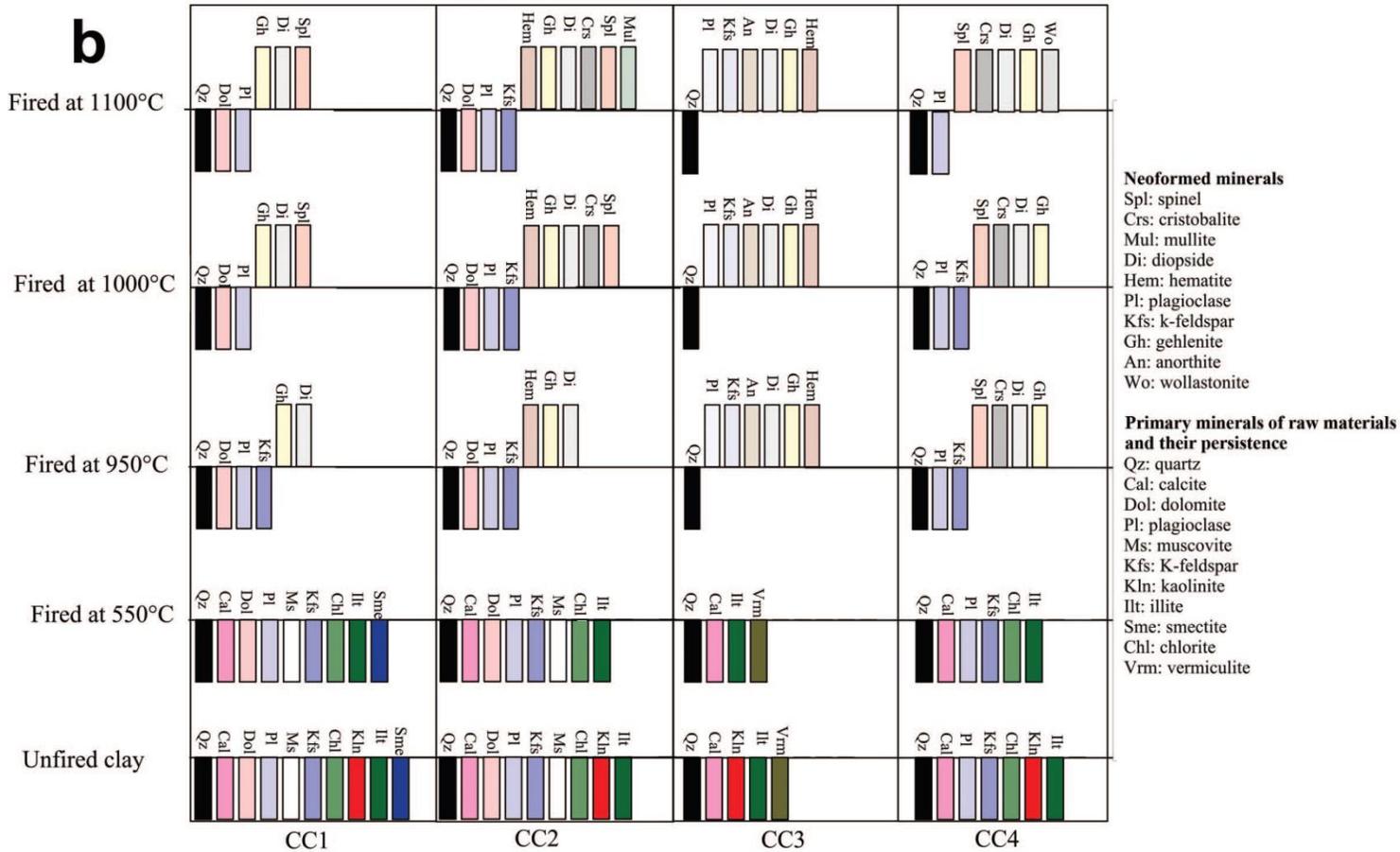


Figura 3.3. Cambios minerales en diferentes temperaturas y tipos de barros: a) no calcáreo y b) calcáreo (Tomado de Ouahabi, *et al.*, 2015:408).

En la siguiente tabla se presentan los principales cambios mineralógicos presentes durante la cocción de la cerámica:

Temperatura (°C)	Cambios mineralógicos
100 – 200	Perdida de agua no molecular
250 – 350	Lepidocrita cambia a maghemita
300 – 400	Goethita se deshidrata a Hematita
300 – 500	Magnetita a Maghemita

350	Perdida de agua molecular
450 - 550	El Caolín pierde Hidroxilos (agua)
500 - 600	Desaparece el Caolín
500	Oxidación de la materia orgánica Cambio de aragonita a calcita
550 - 650	Montmorilonita pierde Hidroxilos
573	Inversión Alfa-Beta del Cuarzo
600	Inicia la sinterización. Formación de Titanomagnetitas (enfriamiento lento en rocas plutónicas)
600 - 800	Micas pierden Hidroxilos
750	Oxidación de la Hornblenda
800	Formación de Gehlenita. Disminuye a 1000°C
870	Disociación de Carbonato de Calcio en CaO Formación de tridimita a partir de Cuarzo Beta
800 - 900	Wallastonita
950	Formación de Espinel
900	Diopsida Anortita
960	Recristalización del metacaolín (al enfriarse)
1000- 1100	Formación de Mulita
1160	Feldespato K (potásico) se derrite
1170	Feldespato Na (Sódico) se derrite
1250	Formación Cristobalita a partir de Tridimita

1700	Derretimiento de SiO ₂
2000	Derretimiento de Al ₂ O ₃

Tabla 3.1. Principales cambios mineralógicos a partir de: Butler, 1992; Cultrone *et al.*, 2001; Dearing, 1994; Maggeti y Rossmannith, 1981; Quinn, 2013; Rathossi y Tsohis-Katagas, 2010; Rice, 2005; Rye, 1976; Wilkinson, 1961.

3.4 Cambios Micromorfológicos

Se entiende por micromorfología al arreglo de los distintos componentes de la cerámica: fracción fina, fracción gruesa y porosidad. La micromorfología de la cerámica se modifica desde el momento del procesamiento de la materia prima para la elaboración del barro, la manufactura de la forma cerámica mediante distintas técnicas, y hasta la cocción de la misma; también existen procesos tafonómicos que la modifican (ej. intemperismo de minerales o cristalización de otros en poros), pero estos quedan fuera del alcance de esta investigación.

Los rasgos más claros para el estudio micromorfológico incluyen la orientación de las partículas gruesas y finas, así como el tipo y orientación de los poros. La formación de la micromorfología responde a diferentes patrones en los tres momentos mencionados anteriormente:

1.- La modificación de la materia prima, con la extracción o agregación de diferentes tipos y tamaños de partículas, tiene su principal interferencia en la porosidad de la fábrica cerámica, la puede abrir o cerrar. Como se comentó anteriormente, el tipo y tamaño de material utilizado está relacionado al uso pensado de la forma cerámica (Rye, 1976).

2.- Las diferentes técnicas de elaboración de las vasijas crearan patrones definidos en la fábrica cerámica que sirven para la identificación de dichas técnicas (Figura 3.4) (Berg, 2008; Ortega, 1990; Rye 1977, 1981; Viani *et al.*, 2018; Quinn, 2013), esto se da porque “la aplicación de presión a arcilla plástica causa que las partículas minerales, poros y fragmentos orgánicos tomen una orientación preferida” (Rye, 1977:206 traducción propia).

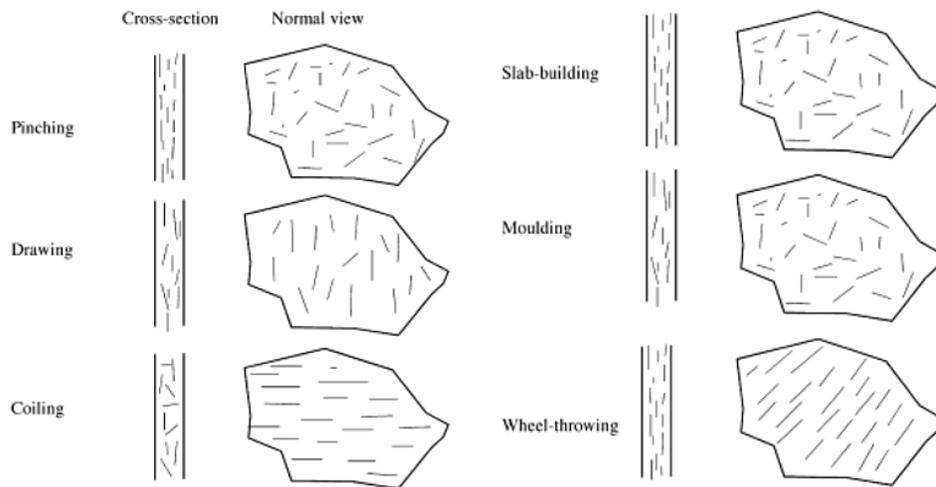


Figura 3.4. Orientación de fábrica en distintas técnicas de elaboración de la vasija (Tomado de Berg, 2008:1178).

Esta modificación en la orientación general de la fábrica aplica tanto para diferentes técnicas de manufactura, como para diferentes momentos en la elaboración de la vasija cerámica y sus partes (ej. orientación diferente entre el cuerpo de la cerámica y las asas/soportes u otros elementos accesorios a la forma principal).

3.- La temperatura de cocción afectará a diferentes minerales de formas distintas, algunas de estas afectaciones tendrá repercusiones en la micromorfología, principalmente en la porosidad, a bajas temperaturas los principales modificadores serán la pérdida de agua y OH, y la oxidación de la materia orgánica; a temperaturas mayores se tiene la disociación de CaCO_2 así como la generación de geles vítreos. La neoformación de ciertos minerales puede no repercutir en la porosidad pues la transformación se da in situ, es decir, el nuevo mineral mantendrá la forma del que se formó.

De forma general se puede decir que durante la cocción hay un incremento en la porosidad, sobre todo la fina e interconectada con las contracciones del material por pérdida de agua; si la temperatura continua hasta llegar a crear geles amorfos la porosidad disminuirá pues estos geles rellenarán los poros, y a su vez se crearán poros vesiculares redondeados relacionados con gases atrapados dentro del cuerpo de la vasija. La mayor porosidad se presenta alrededor de los 800°C (Cultrone *et al.*, 2001; Quinn, 2013; Rye, 1976 Viani *et al.*, 2018). Este cambio en la porosidad y creación de materiales amorfos también repercute en la densidad de las cerámicas (Figura 3.5).

Otras modificaciones a la micromorfología incluyen la pérdida de birrefringencia (alrededor de $800\text{-}850^\circ\text{C}$) por el colapso de la estructura de las arcillas, así como la aparición de porosidad secundaria en minerales filossilicatados (Quinn, 2013; Viani *et al.*, 2018).

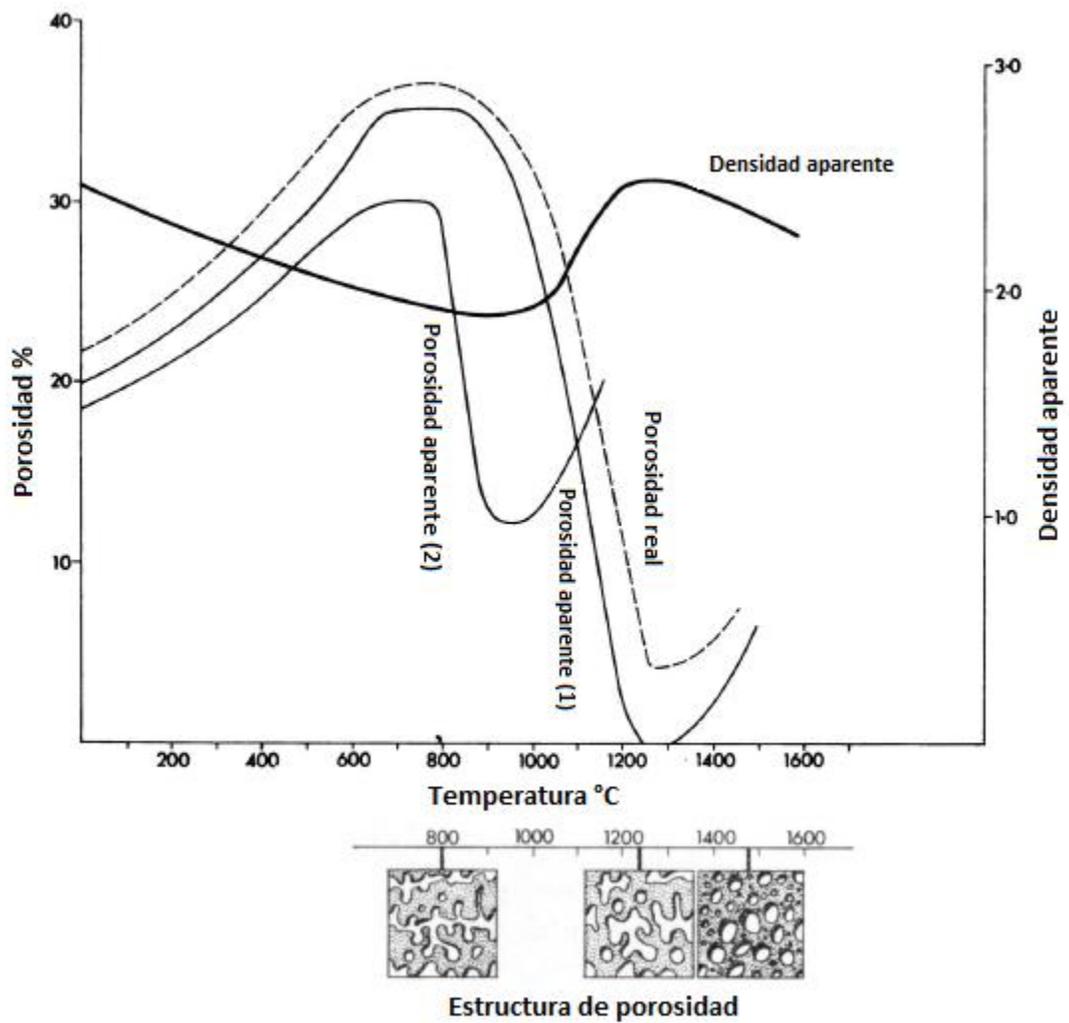


Figura 3.5. Cambios en la porosidad y densidad con el aumento de temperatura durante la cocción (Tomado de Rye, 1976:110).

Capítulo 4. Área de Estudio

4.1 Ubicación

El poblado de Santiaguito Tlalcilcalli se localiza dentro del Valle de Toluca, 19°20" latitud Norte y 99°44" longitud Oeste, a 2690 msnm. Pertenece al Estado de México, dentro del municipio de Almoloya de Juárez, del cual se ubica al sureste de su cabecera municipal (Figura 4.1).

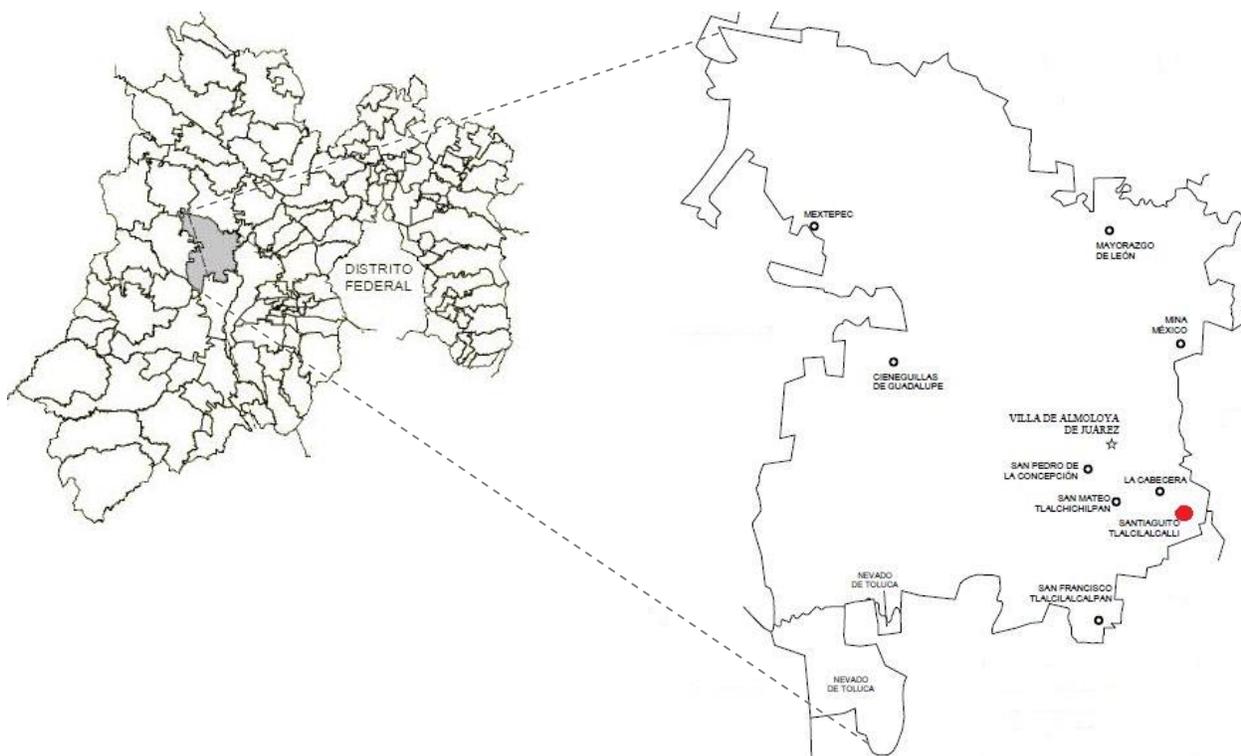


Figura 4.1. Mapa localización poblado Santiaguito Tlalcilcalli.

4.2 Geología, Geomorfología, Hidrología, Suelos y Fisiografía

De acuerdo al mapa geológico del Plan Estatal de Desarrollo Urbano 1:250 000, el poblado se localiza sobre Rocas Volcánicas del Cuaternario (PQv) y Rocas Clásticas y Volcánicas (PQs), cercano también hay algunas áreas aisladas con Rocas volcánicas del Terciario (Tomv) (Figura 4.2).

El tipo de rocas presentes en el municipio son ígneas extrusivas: volcanoclásticos, basalto, andesita, brecha volcánica básica y brecha volcánica intermedia; y sedimentarias: brecha sedimentaria (INEGI, 2009).

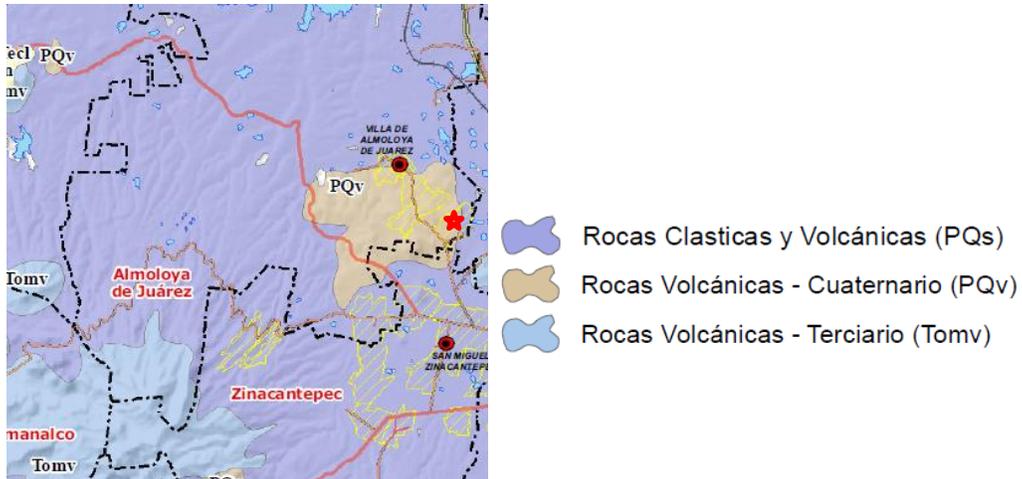


Figura 4.2. Recorte del Plano D-03 GEOLOGIA 1:250,000. (Tomado de Gobierno del Estado de México, 2007).

El sistema de toposformas del municipio de Almoloya se conforma por Lomeríos de basalto, Volcanes escudo, Sierra volcánica con estrato volcanes aislados, y un vaso lacustre de piso rocoso; Santiaguito se ubica en los lomeríos de basalto (Figura 4.3) (INEGI, 2009).

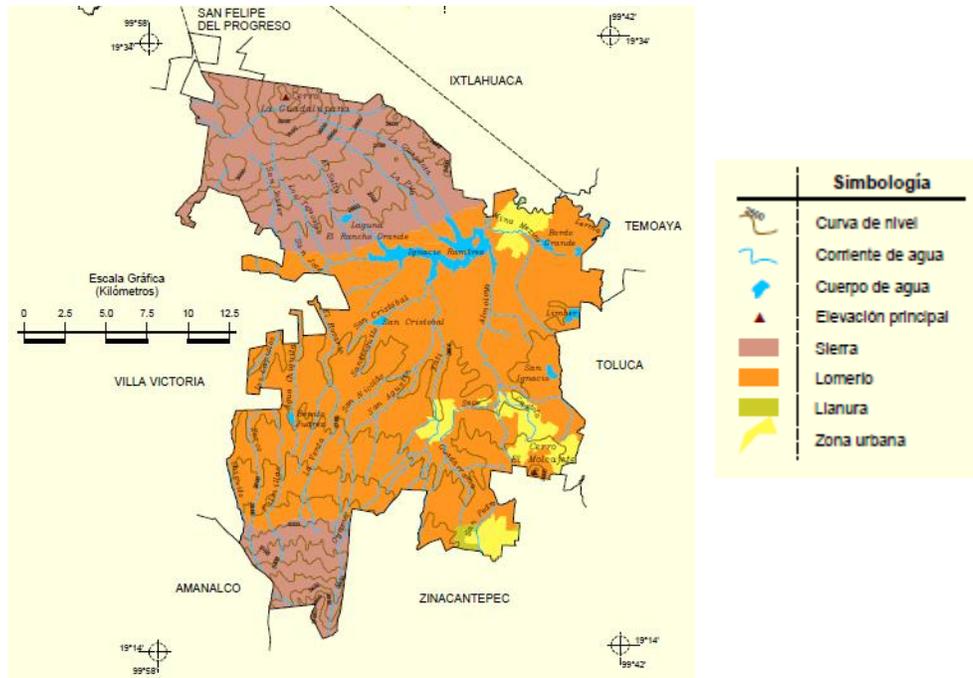


Figura 4.3. Relieve del municipio Almoloya de Juárez (Tomado de INEGI, 2009:5).

La elevación más cercana al poblado corresponde al Cerro El Molcajete (19°20" N y 99°45" O), que cuenta con una altura de 2930 msnm. El Volcán Zinacantepec se encuentra aproximadamente a 26 km hacia el suroeste, el poblado de Santiaguito se encuentra dentro del área con evidencias de la Pómez Toluca Superior (PC1 y PC2), con depósitos de aproximadamente 10 cm (Arce *et al.*, 2003).

La región hidrológica a la que pertenece el municipio es la Lerma-Santiago (RH12), en la cuenca del R. Lerma-Toluca (A) y la subcuenca R. Tejalpa (j). Los ríos más cercanos son el San Pedro, hacia el suroeste y La Alcantarilla hacia el oeste del poblado (INEGI, 2002, 2009).

Los suelos presentes en el municipio de Almoloya de Juárez son del tipo Vertisol, Phaeozem, Andosol, Planosol, Luvisol y Cambisol. Cercanos al poblado de Talcilacalli predominan los vertisoles y suelos tipo Phaeozem (Figura 4.4) (INEGI, 2009).

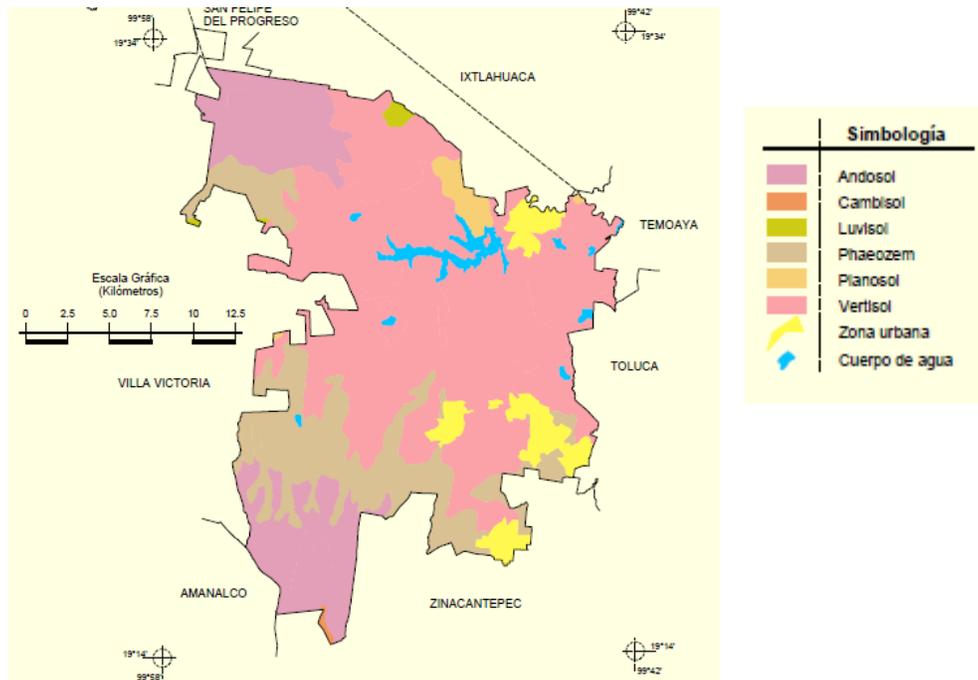


Figura 4.4. Suelos del municipio Almoloya de Juárez (Tomado de INEGI, 2009:8).

Estudios realizados en las inmediaciones del Nevado de Toluca (Jasso, *et al.*, 2006; Sedov *et al.*, 2001; Solleiro, *et al.*, 2004) indican la presencia de una secuencia de paleosuelos registrados como PT0 a PT7, estos se han clasificado como Cambisoles, Andosoles y Luvisoles. Dentro de la secuencia los paleosuelos PT0 a PT4 muestran un

desarrollo moderado con presencia de horizontes Bw; mientras que los paleosuelos PT5 a PT7 evidencian mayor evolución pedogenética con la presencia de horizontes albicos (E) y argicos (Bt). Es importante mencionar que algunos de estos paleosuelos no presentan un horizonte A, lo cual evidencia eventos erosivos, y otros carecen de horizonte C, lo cual apunta a un desarrollo policíclico de los suelos.

Santiaguito se encuentra en la provincia Fisiográfica X: Eje Neovolcánico, en la Subprovincia 57: Provincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac.

4.3 Clima y Vegetación

La estación meteorológica más cercana es la 15-089 que se localiza en San Francisco Tlalcilcapán, hacia el suroeste del poblado de Santiaguito y a una mayor altura pero sin llegar a los 2800 msnm. El tipo de clima presente es C(w2), que se refiere a un régimen templado y subhúmedo, con lluvias en verano entre 700 y 1500 mm. (INEGI, 2005).

En cuanto a la vegetación, el área ha perdido la vegetación original y actualmente se encuentra bajo un régimen de agricultura de temporal anual y agricultura de riego anual, con manchones de pastizal inducido (INEGI, 2002).

4.4 Arqueología de la Región

Como ya se mencionó anteriormente, el poblado de Santiaguito Tlalcilcalli se localiza en el valle de Toluca, arqueológicamente la historia de esta región estuvo íntimamente ligada al desarrollo de Teotihuacán durante el periodo clásico y para el posclásico tuvo su mayor apogeo evidenciado en el desarrollo de una cultura propia conocida como Matlatzinca (Sigiura, *et al.*, 2015).

La cronología del valle presenta una problemática pues no se ha generado de manera precisa, y hacen faltan más investigaciones al respecto, así como una homologación de los estudios realizados, esto es claramente visible en cuanto se aborda la tipología cerámica, existen diferentes tipos que hacen referencia a la misma cerámica (ver Chacón Guerrero *et al.*, 2007; García Payón, 1941; Smith 2003a y b).

Siguiendo a Sigiura, *et al.*, (2015) se presenta el siguiente panorama de desarrollo cultural para el valle de Toluca:

Para el inicio del Preclásico Medio (1200 a.C. aprox.), el valle contaba con población sedentaria con desarrollo de agricultura, que se encontraba habitando en

aldeas pequeñas, localizadas cercanas al río Lerma y sus afluentes. A finales del Preclásico Medio (1000 a 500 a.C.), se incrementa la población en la parte central del Valle, alejándose de las zonas lacustres antes preferidas; se inserta en la esfera cerámica del Altiplano Central, y se piensa que esta asociación es resultado y se facilita porque ambas regiones comparten un origen Otomí.

En el preclásico Tardío (400 a.C. a 150/200 d.C.), se dan una serie de episodios de abandono con una disminución de los sitios y el tamaño de los mismos, esto se atribuye al nacimiento de Teotihuacán causando una migración del valle de Toluca al valle de México.

Durante todo el Clásico existe una estrecha relación con Teotihuacán, sin embargo, la naturaleza de esta relación va cambiando de acuerdo con la historia propia del sitio. Durante la llamada Fase Atizapán (200-400 d.C.), correspondiente a la segunda mitad del Clásico Temprano, se da un repoblamiento del valle de Toluca el cual se piensa que es resultado de la llegada de población Teotihuacana para control del área, ya que esta era una de las principales zonas productoras y abastecedoras de maíz, y alimento en general, para Teotihuacán.

Sigiura, *et al.*, (2015), proponen que bajo esta presión externa se comienza a gestar el nacimiento de la identidad de la población autóctona con evidencia en la producción de la cultura material, tal como el pseudo anaranjado delgado y la modificación de elementos decorativos netamente teotihuacanos.

Para finales del Clásico Tardío (Fase Metepec, 550-600 d.C. en Teotihuacán y Fase Tejalpan 600-650 d.C. en Toluca), continua la producción material con motivos Teotihuacanos, lo que habla de una continuación en la filiación hacia la urbe, aun cuando ya se comienza a desintegrar el sistema de la ciudad.

Hacia el Epiclásico (600-900 d.C.), ya no existe una relación tan estrecha con Teotihuacán y se da la aparición de nuevos elementos culturales tales como la arquitectura de planta circular y la cerámica Coyotlatelco, de igual forma se comienzan nuevas relaciones con el área de occidente y sur del estado de México.

Para el Posclásico (900-1521 d.C.), surge el grupo Matlatzinca (epítome de la identidad del Valle de Toluca de acuerdo a Sugiura et al., 2015), y su esfera cerámica es la que ahora predomina la región; se da un aumento en la población y sitios, así como la expansión hacia zonas antes no pobladas. Surgen los sitios de Calixtlahuaca, Teotenango, Techuchulco y Santa Cruz Atizapán.

Para mitad del siglo XV, la zona entra bajo el dominio de la triple alianza y a principios del siglo XVI con la llegada de los españoles se trunca el desarrollo general de Mesoamérica.

Durante el posclásico se tienen tres grupos principales dentro del Valle (Sigiura, 2009): 1) los matlatzincas en el sur, suroeste y centro occidental, 2) los otomíes, al este y sur, y 3) grupos de filiación mazahua-otomí más relacionados con el valle de Ixtlahuaca, hacia el norte y noroeste. Los Matlatzincas se encuentran en las zonas fértiles del valle mientras que los otomíes se localizan en zonas marginales (Sigiura *et al.*, 2015).

Respecto a la cerámica es importante mencionar que la esfera Coyotlatelco desaparece para el 900 d.C., dando paso a la esfera Matlatzinca, la cual presenta ciertas similitudes con la anterior sobre todo en el Tipo 2-A Rojo sobre Bayo. Específico de la esfera Matlatzinca podemos mencionar que carece de comales y figurillas, mientras que el grupo otomí, contemporáneo, si las presenta, además de que la esfera otomí se compone solo de ollas, cuencos, tecomates, y comales.

Dentro de este panorama general, el área de estudio de Santiaguito Taltcílcalli, tiene su mayor desarrollo durante el posclásico y es de filiación Matlatzinca. Piña Chan y Brambilia (1975) reportan los sitios de Almoloya de Juárez (filiación Mexica), Calixtlahuaca (filiación Matlatzinca y Mexica) y Tlachichilpa (filiación Mazahua en tiempos históricos), como los sitios más cercanos al poblado actual de Santiaguito; de estos es Tecaxic-Calixtlahuaca el que ha tenido mayor investigación y del cual se desprende una de las principales clasificaciones para la cerámica matlatzinca (ver García Payón, 1941).

Actualmente se tienen registrados otros sitios más pequeños cercanos al poblado, como lo son: Cerro El Molcajete I, II y III, La Loma, La Mesa II y Loma del Conejo II (Figura 4.5).

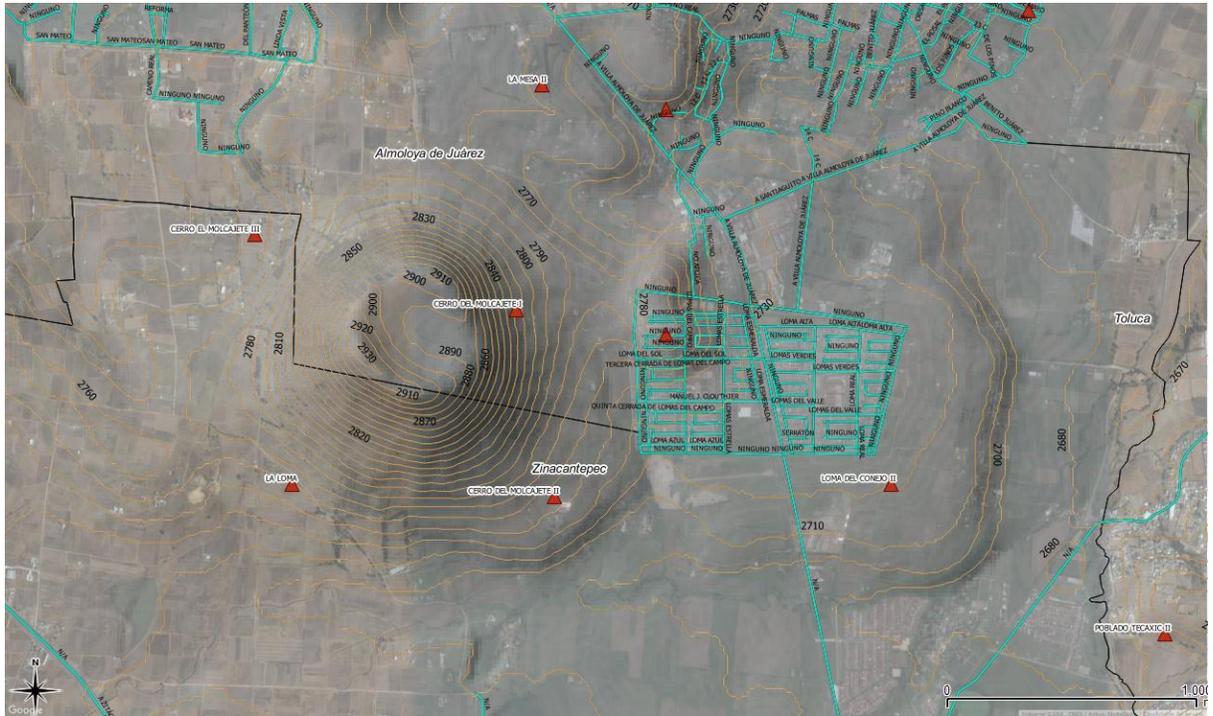


Figura 4.5. Registro arqueológico cercano a la zona de estudio (Mapa proporcionado por el arqueólogo Héctor Pérez del Centro INAH Estado de México).

Capítulo 5. Materiales y Métodos

El trabajo para la presente investigación se puede dividir en dos momentos, uno en campo en el poblado de Santiaguito Tlalcilcalli y sus alrededores, y otro en laboratorio en los institutos de Geología y Geofísica de la UNAM.

5.1 Trabajo en Campo

Durante el trabajo en campo se visitó el taller alfarero de Sergio Reyes Gómez, donde se registró la cadena operativa de la producción cerámica y se obtuvo información sobre los yacimientos de materia prima empleada. Junto al registro etnográfico se tomaron muestras del proceso de producción, la materia prima empleada y material arqueológico de superficie cercano al poblado (Figura 5.1).

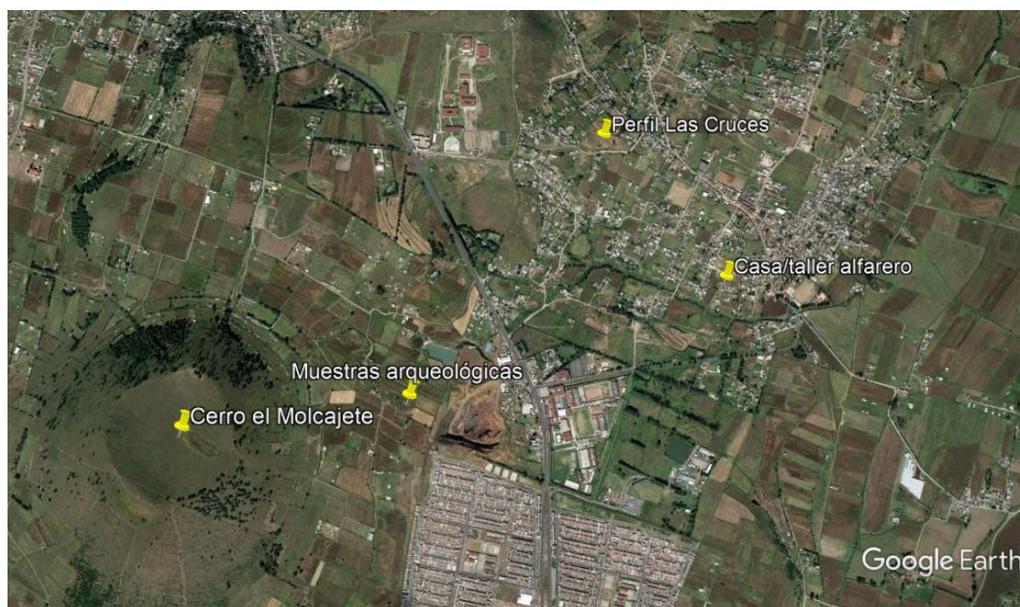


Figura 5.1. Ubicación de las diferentes muestras.

5.1.1 Registro etnográfico

Se realizaron dos visitas al taller alfarero de Sergio Reyes Gómez, la primera de ellas durante el mes de Noviembre del año 2017 y la segunda en Febrero del 2019. Durante estas se registró la cadena operativa de la producción cerámica, observada principalmente con el alfarero Empirio Beltrán García y su hijo (quien prefirió no dar su nombre).

5.1.2 Toma de muestras

La toma de muestras se realizó en diferentes momentos durante las visitas al taller y otras visitas a los alrededores (muestras arqueológicas y del perfil de suelo), las muestras incluyen tres materiales diferentes (Tabla 5.1):

MUESTRA	ANALISIS
Perfil suelo	F-Q ; MM; DXR y MAG (muestras selectas)
Elaboración vasija	P-MM.
Cocción	P-MM; DXR y MAG
Muestras arqueológicas	ARQ; P-MM.

Tabla 5.1. Muestras recuperadas y análisis realizados. MM: Micromorfología. F-Q: Físico-químicos. P-MM: Petrográfico y Micromorfológico. DXR: Difracción de Rayos X. MAG: Magnetismo de Rocas. ARQ: Arqueológico.

1) Perfil de suelo Las Cruces. Es el yacimiento de materia prima para el barro de la cerámica, se localiza en las afueras del poblado (E 422754 N 2138768). Se tomaron muestras para análisis físico-químicos (6 muestras de 1k) y muestras inalteradas para análisis de micromorfología mediante láminas delgadas (13 bloques).

2) Muestras del barro y cerámica. Se tomaron muestras de las diferentes etapas en la formación de la vasija (Tabla 5.2 y Figura 5.2), así como tres diferentes momentos una vez obtenida la forma (sin cocer, primera cocción y segunda cocción) (Figura 5.3 a). Las vasijas fueron seccionadas y se separaron cuatro partes principales para su estudio micromorfológico: fondo, fondo/pared, pared y borde (Figura 5.3. b, c y d); esto bajo el principio que diferentes partes de una vasija presentarán diferentes arreglos internos de acuerdo con su posición y elaboración. También se recuperó la materia prima empleada para la elaboración del barro para comparar con la tomada en el perfil Las Cruces y cerciorarnos que fuese la misma (ya que los alfareros no nos acompañaron al lugar). Estas muestras se analizaron petrográfica y micromorfológicamente mediante láminas delgadas; además de su caracterización mineralógica por Difracción de Rayos X y Magnetismo de Rocas.

No.	Muestra	Descripción
0	Barro preparado	Muestra inalterada del barro preparado con anterioridad y que se deja reposar de uno a dos días antes de su uso. Este barro ya lleva cierto amasado previo.
1	Sobrante vasija y nuevo barro	Unión de barro preparado proveniente del barro preparado y los sobrantes de la vasija anterior (rebabas borde- Muestra 10).
2	Amasado homogeneización	En este punto ya se homogeneizo la mezcla anterior.
3	Torta gorda	Una vez que se tiene el material suficiente comienza a formarse un disco de barro que se ira adelgazando a partir de percusión con el golpeador lítico.
4	Torta media	El disco de barro tiene un grosor medio, presenta mayor percusión que el paso anterior.
5	Torta delgada	El disco de barro es suficientemente delgado para ser colocado sobre el molde y comenzar a apretarlo para conferirle la forma deseada.
6	Parche pared	Posterior a ese primer apretado sobre el molde, si quedan algunas depresiones se agregan pequeñas porciones de barro para obtener un grosor homogéneo.
7	Parche borde	En este caso se añadió material para que el disco de barro alcanzara a cubrir la totalidad del molde pues el disco de barro quedo corto en algunas partes.
8	Pared alisado	Una vez que se tiene la vasija sobre el molde, se agrega un poco de agua y se alisa la superficie. En este caso se tomó muestra de la pared posterior a ese paso.
9	Base alisado	Una vez que se tiene la vasija sobre el molde, se agrega un poco de agua y se alisa la superficie. En este caso se tomó muestra de la base posterior a ese paso.
10	Rebabas borde	Casi al final de la elaboración de la vasija se recortan los sobrantes del borde, esto se realiza con un alambre siguiendo la forma del molde.

Tabla 5.2. Muestras de las etapas en la elaboración de la vasija.



Figura 5.2. Ejemplos de las muestras de las etapas en la elaboración de la vasija. a) Barro amasado con material sobrante y nuevo agregado, b) Primeros golpes del macetón, c) Colocación de un “parche” en el borde.

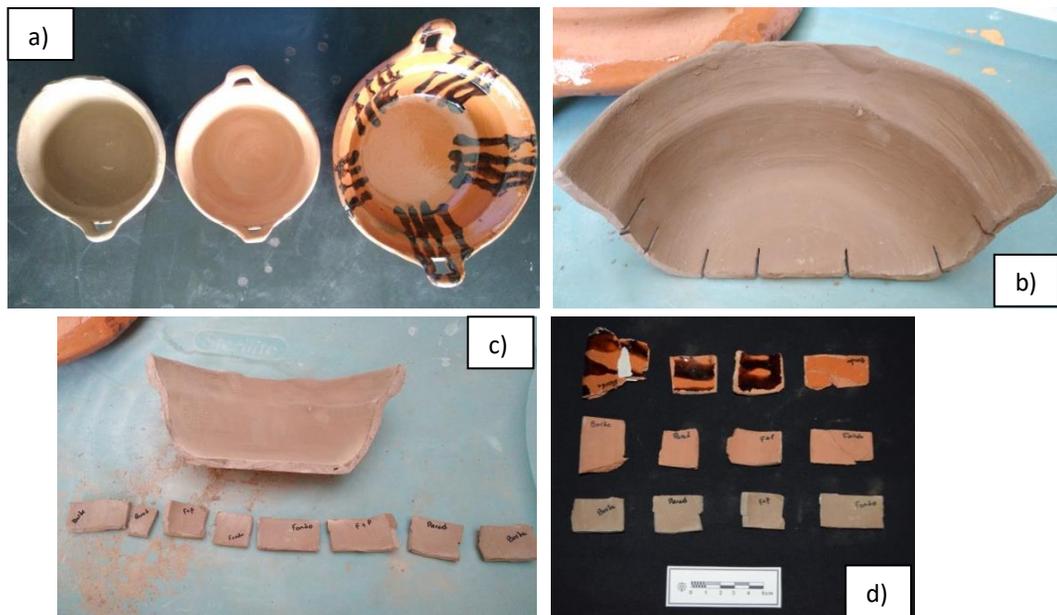


Figura 5.3. Muestras de los diferentes momentos de la vasija y corte de las diferentes secciones de la vasija.

3) Muestras de cerámica arqueológica. El material se recuperó durante un recorrido en las faldas del cerro Molcajete, bajo la supervisión del arqueólogo Héctor Pérez del Centro INAH Estado de México, durante el mes de Julio del 2018. Se recuperó material de superficie correspondiente al posclásico y de filiación Matlatzinca, en total se analizaron y clasificaron trece fragmentos (Figura 5.4), de

acuerdo a la metodología arqueológica, antes de su análisis petrográfico y micromorfológico mediante láminas delgadas.



Figura 5.4. Muestras arqueológicas analizadas.

5.2 Trabajo en Laboratorio

El trabajo en laboratorio se realizó en: 1) Laboratorio de Paleosuelos del Instituto de Geología, 2) Taller de Laminación del Instituto de Geología, 3) Laboratorio de Difracción de Rayos X del Instituto de Geología, 4) Laboratorio de física de suelos y cuarto de experimentación del Instituto de Geología, y 5) Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la UNAM.

5.2.1 Análisis físico-químico del suelo

Las muestras recuperadas en el perfil de Las Cruces se caracterizaron mediante métodos físico-químicos, se determinó su color, textura, pH y conductividad eléctrica, así como el C y N total.

Anterior a la realización de los análisis se secó la muestra a temperatura ambiente y se tamizó (apertura de 2mm) para la separación de la fracción fina.

Color. Se determinó el color de cada horizonte, en húmedo y seco, mediante el uso de la Munsell Soil Color Chart (1975).

Textura. Se realizó por el método de la pipeta (Flores y Alcalá, s/f). Se pesaron 10g de suelo y se colocaron en frascos con 10 ml de Hexametáfosfato de sodio como agente dispersante, se dejaron en agitación por 24 horas. Pasado este tiempo se separó la fracción arena con un tamiz de 53 micras, ésta se secó a 65°C y se pesó. El resto de la muestra se colocó en probetas de 1L aforadas con agua destilada; para la determinación de la fracción arcilla se agito la muestra y se tomó una alícuota a las 3 horas 51' 48", ésta se secó en horno a 65°C y se pesó. Se realizaron los cálculos correspondientes.

Una vez terminado el análisis se dejó reposar la muestra por 24 horas, se decantó los 300ml superiores para obtener la fracción arcilla y con ésta realizar los análisis de difracción de rayos X por muestras orientadas.

pH y Conductividad Eléctrica. Se pesaron 10g de suelo y se colocaron en un frasco con agua destilada, en una relación de 1:2.5, las muestras se agitaron durante 24 horas. Ambas propiedades se determinaron con un equipo Thermo Scientific, Orion Versa Star Pro.

C y N Total. Se molió un gramo de muestra en un mortero de Agatha y se entregaron al Laboratorio de Edafología Experimental para la determinación de C y N total, donde se analizó por duplicado utilizando un analizador elemental CNHS/O Perkin Elmer 2400 series II, bajo las siguientes condiciones: Gas Acarreador: Helio. Temperatura de combustión: 975°C. Temperatura de reducción: 640°C. Detector: Conductividad térmica. Compuesto de calibración: Acetanilida. Material de referencia: LECO soil calibration sample for CNS part 502-309.

5.2.2 Caracterización mineralógica

Esta se realizó tanto para los horizontes de suelo usados como materia prima de la cerámica y durante los tres momentos finales una vez obtenida la forma de la vasija (sin cocción/barro, primera cocción y segunda cocción).

Difracción de Rayos X (DXR). Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Difracción de Rayos X del Instituto de Geología, UNAM. Las muestras a analizar corresponden a los horizontes de suelo identificados como posible materia prima para la cerámica (2B(t)C y 4Btg), el barro empleado para la fabricación de la vasija, y dos momentos de cocción de la cerámica (primera cocción y segunda cocción).

Los difractogramas se obtuvieron en un Difractómetro EMPYREAN equipado con filtro de Ni y tubo de cobre de foco fino y un detector PIXcel3D. Se analizaron en el

software HighScorePlus (PANalytical 4.5), con las bases de datos ICDD (International Center Diffraction Data) e ICSD (Inorganic Crystal Structure Database).

Se realizaron por Roca total y por Muestras orientadas:

- *Análisis de Roca total (muestras en polvo)*. Las muestras para el análisis de roca total, se morturaron en un mortero de cerámica, y se tamizaron a 75 micras, hasta obtener 2 gramos de muestra, las cuales se midieron utilizando un portamuestras de aluminio (fracciones no orientadas). La medición se realizó en el intervalo angular 2θ de 5° a 80° en escaneo por pasos con un “step scan” de 0.003° (2 Theta) y un tiempo de integración de 40s por paso.

- *Análisis de arcillas (muestras orientadas)*. Para las muestras orientadas se empleó la arcilla resultante del análisis de textura, en el caso de la cerámica se morturo la muestra lo más fino posible, se agregó hexametáfosfato de sodio y se dejó en agitación durante 24 horas, posterior a lo cual se colocó en una probeta de 1L aforada con agua destilada, se agito y se dejó reposar por 24 horas para recuperar los 300 ml superficiales.

A la fracción separada, tanto de los suelos como de la cerámica, se le agregó Cloruro de Magnesio 1Mol para saturar la muestra y que precipitaran, posteriormente se enjuagaron con agua destilada 3 veces utilizando una centrifuga ROTANA 46 marca Hettich, a 3000 rpm durante 5 min. La muestra obtenida se colocó en vidrios de reloj, se prepararon por triplicado.

Se analizaron tres ejemplares de la muestra: 1). Un agregado orientado sin tratamiento en el intervalo angular de 4 a 70° (2theta); 2) El segundo agregado se trató con etilenglicol a 70°C durante 24h y se midió de 4 a 70° (2theta); y 3) El tercer agregado se calentó a 550°C y se midió en el intervalo angular de 4 a 40°C .

Una posterior revisión de algunas de las muestras (3, 4, 6 y C), se realizó con filtro de Fe, tubo de Cobalto de foco fino y detector PIXcel3D; con tres temperaturas de calentamiento: T1: 450°C ; T2: 550°C ; y T3: 600°C .

Magnetismo de rocas. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica de la UNAM, con el apoyo de la Dra. Ana María Soler Arechalde. Anterior a cualquier análisis se midió la susceptibilidad magnética de las muestras para conocer la viabilidad de los estudios, esto es, que tuvieran suficiente contenido de minerales magnéticos. Las muestras a analizar corresponden a los horizontes de suelo identificados como posible materia prima para

la cerámica (2B(t)C2 y 4Btg), el barro empleado para la fabricación de la vasija, y los dos momentos de cocción de la cerámica (primera cocción y segunda cocción).

Los análisis realizados fueron:

- Susceptibilidad por volumen. Unidad de cubos de 8 cm³. En un equipo KAPPABRIDGE KLY-2
- Histéresis. Se analizaron micromuestras en un magnetómetro Micromag de Princeton Measurements Corporation.
- Curvas de Susceptibilidad-temperatura. Se analizaron muestras molidas en un Agico MFK1-FA/A Kappabridge con los controles de temperatura CS4 y CSL. Los rangos de temperatura usados fueron de -192° a 0 y de 50°C a 600°C. Los resultados se analizaron en el Software Cureval.
- Susceptibilidad a altas y bajas frecuencias. Se analizó en un susceptibilímetro Barington, modelo Ms2. En cubos de 8 cm³.

5.2.3 Micromorfología y petrografía

Se elaboraron láminas delgadas del perfil de suelo descrito, de la cerámica muestreada con el alfarero, y de la cerámica arqueológica recuperada cercana al poblado de Santiaguito.

Las muestras se impregnaron usando resina poliéster (preparación de: 60% resina poliéster, 40% monómero de estireno, 100 gotas de promotor NVC, y 60 gotas de Catalizador K-2000 peróxido de metil etil cetona), y se introdujeron a una cámara de vacío por un periodo de 20 min, dos veces. Una vez secas se cortaron con una cortadora de disco de diamante, utilizando la menor cantidad posible de agua. Se pulieron en seco utilizando diferentes lijas (desde 80 hasta 1000). Para montar las muestras en los portaobjetos se utilizó una resina de curado UV, Xnova uv300, una vez pegadas se utilizó una cortadora para láminas delgadas petrothin Beuhler para aproximar las 30 micras de grosor, empleando el mínimo de agua posible. El pulido final se realizó manualmente con un abrasivo de carburo de silicio, con calibre de 600 y 1000, y diésel como lubricante.

El análisis se realizó siguiendo la metodología de Bullock *et al.*, (1985) en el caso de los suelos y de Withbread (1986, 1989, 2016) para las cerámicas. El formato de descripción para los horizontes de suelo incluye los apartados de: estructura (primaria, secundaria, grado de separación y acomodación), porosidad (tipo y tamaño), distribución relacionada y relación g/f, micromasa (color y fabrica-b), componentes gruesos (tipo, tamaño y forma) y presencia de edaforasgos. El formato

de descripción para las muestras cerámicas incluye los apartados de: porosidad, distribución relacionada, relación g/m/f (se agregó una partícula media por las características de las muestras), orientación preferencial, homogeneidad de la masa basal, estado óptico de la masa basal, fabrica-b, inclusiones (tipo, porcentaje y tamaño), remanentes de suelo (tipo, porcentaje y tamaño), y superficie.

Como parte del análisis micromorfológico se realizó un análisis de imágenes utilizando imágenes escaneadas a 24 bits y 2400 ppp y capturas del microscopio con el software IMAGE PRO 6. En este análisis se midieron los ejes longitudinales de las partículas y los poros para conocer las diferentes fracciones y tamaños presentes (Figura 5.5).

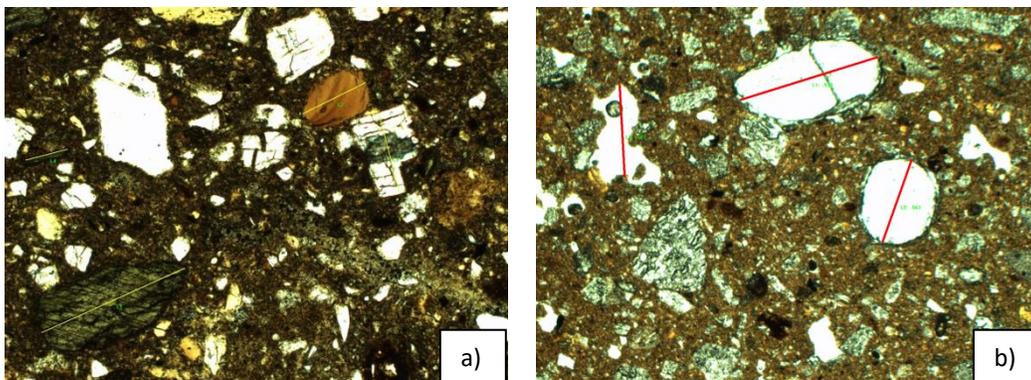


Figura 5.5. Ejemplo de mediciones sobre capturas de microscopio a 2x: a) Fracción gruesa y b) Poros.

Capítulo 6. Resultados

6.1 Cadena Operativa (Registro Etnográfico)

El presente registro no es exhaustivo, pues el tiempo disponible para trabajo en campo es reducido en consideración del trabajo necesario y queda fuera de las posibilidades de esta investigación; hace falta más trabajo en campo directamente con los alfareros y en el poblado en general. Las observaciones se realizaron durante dos visitas y con cierta reserva de los alfareros debido a experiencias previas con gente externa al poblado, por lo que la información no es concluyente.

Otro punto importante a mencionar es que durante la duración de la presente investigación, la producción de la cerámica tuvo un descenso importante, pasando de ser el principal sustento de la familia con una producción continua seis días a la semana (Noviembre 2017) a una actividad secundaria que solo la continua el señor Empirio Beltran, elaborando 42 cazuelas por día, cuando se tiene el material, y la quema solo se realiza hasta que se junta el material y el dinero necesario (Febrero 2019); esta baja de producción responde a una baja de demanda, que según nos comentan los alfareros tiene que ver con que la gente ya no compra las cazuelas porque “son malas” para la salud por el contenido de vidriado con plomo y otros mitos que circulan alrededor de los productos artesanales.

El registro etnográfico se realizó en el poblado de Santiguito Tlalcilacalli, en el municipio de Almoloya de Juárez, con el Alfarero Sergio Reyes Gómez, Empirio Beltran y otro alfarero que prefirió no dar su nombre. En el poblado existen otros talleres sin embargo son pocos y de acuerdo a la gente del pueblo cada vez son menos. La producción se restringe a una o dos formas cerámicas en cada taller, en este caso se producen solo cazuelas de diferentes tamaños, de silueta compuesta y dos asas.

La producción es principalmente familiar aunque también cuenta con trabajadores pagados, los cuales se van turnando los días de trabajo para la elaboración de las vasijas. El alfarero no pudo informarnos desde hace cuánto se elabora la cerámica en el poblado sin embargo, comenta que su abuelo la hacía desde los 25 años y que el comenzó a quemar desde la primaria; también comenta que sus hijos ya no están interesados en aprender y piensa pronto dejara de producirse la cerámica en el poblado. Sergio se encarga principalmente de la quema y el aplicado de la greta, con la ayuda de su esposa y a veces sus hijos, mientras que su suegro, Empirio Beltran, y cuñado se encargan de elaborar las cazuelas.

El taller de cerámica se encuentra dentro de su propiedad, consiste principalmente de: 1) un cuarto donde se prepara el barro, se realizan las cazuelas y se dejan secando a la sombra, 2) un horno semi-abierto construido con ladrillo, con la cámara de combustión en la parte baja, se encuentra localizado en el patio de la casa, cercano al cuarto de trabajo, 3) patio interno donde se coloca la decoración y greta a la cerámica, y 4) patio externo, aquí se seca al sol la cerámica, se guarda la materia prima para el barro y se muele para la preparación del barro (Figura 6.1).

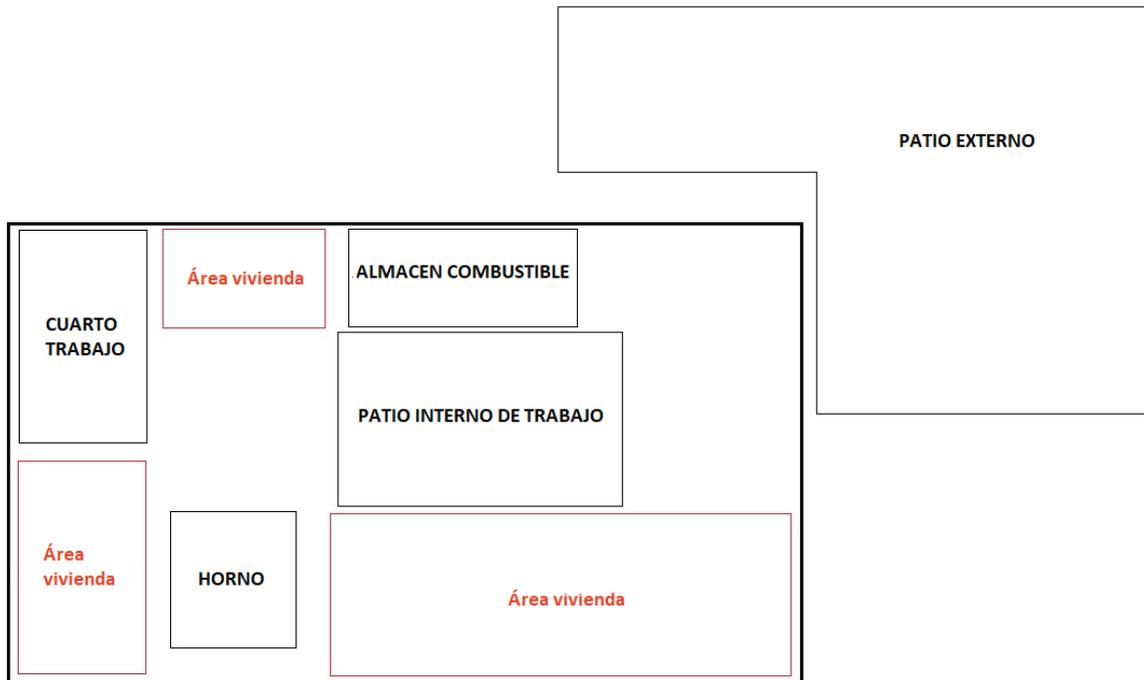


Figura 6.1. Croquis de la casa/taller del alfarero con las áreas de actividad.

6.1.1 Cadena operativa

A continuación se describe de manera general los aspectos más relevantes de los distintos momentos de la elaboración de las vasijas, y al final, las principales herramientas de trabajo.

- Obtención de materia prima. Los alfareros mencionan diferentes tipos de “barro”⁸: amarillo o blanco (tepetate), negro, colorado o rojo, y terroso, que es la combinación del colorado y negro; cada uno de estos tiene un uso diferente en la producción de las vasijas cerámicas y su empleo dependerá de la forma a elaborar. Los

⁸ En este estudio se entiende por barro el producto final de la modificación de la materia prima, con el cual se pueden elaborar las formas cerámicas sin ninguna alteración adicional al material.

yacimientos de materia prima para el barro, se encuentran en las zonas límites del poblado de Santiaguito Tlalcilcalli, son de fácil acceso desde el taller, sin embargo los alfareros no lo extraen ellos mismos sino que compran el camión de volteo en el caso del barro negro y colorado, y para el blanco o amarillo se extrae manualmente, cabe mencionar que este yacimiento está mucho más cercano al taller y su uso es mucho menor en cantidad y periodicidad de uso.

En el perfil estudiado se encuentra el rojo y el negro (aunque no se sabe con certeza cuál es cual, el negro probablemente sea el 4Btg de la parte baja, y el rojo el 2B(t)C₂ que va de 110 a 140cm. Ver Figura 6.5) y aparentemente se toman por igual cuando se sacan con el trascabo por lo que estarían utilizando el barro terroso.

Para la cocción se emplea madera que también es comprada por camión. La creta se compra dentro del poblado y es el elemento más caro utilizado en la producción de las vasijas cerámicas. Su composición exacta no se conoce.

- Elaboración del barro. El material entregado por el camión es molido en un molino mecánico (Figura 6.2), antes se utilizaba un mazo de madera y la disgregación era por medio de golpes; el molido se hace muy temprano para que no haya mucho viento y el material no se disperse.



Figura 6.2. Molido de la materia prima para el barro.

Una vez molido se pasa por un “tamiz” de malla de costal y el material ya tamizado es el empleado para el barro, se le agrega agua y se comienza el amasado. No

se le agrega ningún otro material a la mezcla, se utilizan solo los componentes naturales del suelo empleado.

El amasado se realiza a consideración del alfarero que lo utilizará hasta que tenga la consistencia deseada, en este caso se nos informó que el alfarero joven le da solo un amasado, mientras que su padre, el señor Emporio, le da dos, haciéndolo más suave. Una vez terminado el amasado se hace una pila de barro que se deja reposar por doce horas, envuelto en plástico para que no se seque y dentro de un cuarto que es frío y húmedo; se amasa en la tarde para que al día siguiente se tenga barro para trabajar.

- Manufactura del objeto. Como se comentó anteriormente en este taller se manufacturan principalmente cazuelas, estas se elaboran con moldes de diferentes tamaños que los alfareros denominan: cazuela grande, tecomate, segunda, tercera, cuarta, etc., estas van de mayor a menor tamaño.

El proceso de moldeado es el siguiente: 1) elaboración de una “torta o tortilla” de barro que se aplana con un “macetón” hasta contar con la extensión necesaria para cubrir el molde que se esté trabajando, 2) la “torta o tortilla” de barro se coloca sobre el molde por la parte exterior, 3) en caso de haber pequeñas depresiones o que no se cubra totalmente el molde se le coloca más barro y se homogeniza la superficie, 4) se le va dando forma con las manos a forma de pequeños golpeteos para apretar el barro al molde, y posteriormente se usa un alisador de cerámica con un poco de agua, se comienza haciendo presión en la parte de la base y después en los costados hasta el borde, 5) se corta el sobrante de barro de la zona del borde con un hilo, 6) se hace un último apretado con las manos, que es el que marca la silueta compuesta, 7) se separa el molde de la vasija y se coloca en tablas para sacarlo al sol, donde se deja de quince minutos a una hora de cada lado, dependiendo de la intensidad del sol, 8) si durante el secado al sol se agrieta un poco se le puede colocar pequeños resanes de barro, 9) ya seco, pero aun “verde” (vasija de color oscuro), se alisa el interior con una piedra redondeada, un trapo y al final un cuero para el borde, estos están remojados en agua con arcilla, 10) una vez alisado, se le pone las asas, las cuales se hacen de forma manual con el mismo barro usado para el resto de la vasija.

Durante este proceso se esparce barro blanco (tepetate molido) sobre las superficies de trabajo para que el barro no se pegue, la superficie de la “torta o tortilla” con mayor barro es la que se coloca sobre el molde. Se elabora una vasija en aproximadamente cinco minutos.

- Secado. Se tienen dos momentos de secado uno es cuando se separa del molde, este lleva un tiempo de quince minutos a una hora de cada lado, dependiendo de la intensidad del sol. El segundo secado se da una vez se le dio el acabado final a la

vasija, se aliso y se le colocaron las asas, este dura una noche a la sombra dentro del cuarto de trabajo, y al día siguiente se sacan al sol directo.

Cuando la vasija esta aun oscura se dice que está verde, este punto se refiere en la literatura como “duro de cuero” (leather hard).

- Cocción. Se realizan dos quemas, la primera para cocer el barro y formar el “bizcocho”⁹, y la segunda para fijar el acabado final (pintura y greta). La primer quema se hace los lunes, martes, viernes y sábados, y la segunda los miércoles y domingos, los jueves es el único día que no hay quema.

Durante la segunda quema se pueden integrar vasijas de tercera quema, estas son las que sufrieron alguna fisura que no afecta su estabilidad estructural y se resanan con la pintura y la greta. Los alfareros mencionan que la segunda quema es de mayor temperatura, sin embargo no mencionan como lo saben ni otras condiciones de la quema que puedan afectar la temperatura.



Figura 6.3. Horno de quema con sus diferentes partes señaladas.

⁹ Se conoce como bizcocho a la forma base de una vasija, la cual será decorada y sometida a una segunda cocción para fijar estos elementos. Este bizcocho es el primer producto que puede denominarse como cerámica (arcilla cocida).

La quema se realiza en un horno semi-abierto, con la cámara de combustión en la parte baja y una cámara de cilindros de cerámica y fragmentos de teja y cazuela separando la cámara de cocción. Las paredes son de ladrillo acomodado en forma de celosía. Sus dimensiones aproximadas son de 1.5 x 2.5 m (Figura 6.3). Se realiza por dos horas, máximo dos horas treinta. Se comienza en la tarde/noche, acabando alrededor de las 7 pm, y se saca hasta el día siguiente a primera hora, alrededor de las 7 am.

El arreglo de las vasijas es igual en las dos quemas. Las cazuelas se acomodan de forma diagonal boca abajo, y cada tamaño tiene su lugar específico. Las medianas van primero y se cubre con una grande hasta terminar la hilera, el siguiente nivel es igual, pero en sentido inverso. Las cazuelas pequeñas se utilizan para fijar las hileras y que no se muevan, si no ajustan bien se les pone una cazuela atrás (de las rotas o no bonitas de quemas pasadas), para que ajuste bien. Este acomodo se da por tres niveles al interior del horno, al terminal los niveles dentro de la altura de las paredes del horno se coloca una pila de tres cazuelas, del tamaño que se tenga, como refuerzo contra las que se apilan las siguientes hileras, este cambio en el acomodo responde a que ya no se cuenta con una pared que sirva de limite y sobre la cual recargar el peso de las vasijas. Al final se ponen cazuelas ya cocidas cubriendo toda la “pira”, y después laminas y cartones para guardar el calor (Figura 6.4).



Figura 6.4. Acomodo de cazuelas para la quema.

- Decoración y Acabado final. La decoración consta de conjuntos de franjas negras de manera vertical desde el borde de la cazuela y hasta la parte baja de la pared, dependiendo del tamaño se tendrán conjuntos de tres o cuatro franjas. El Acabado final consta de un barnizado translucido que deja ver la decoración negra sobre el café rojizo de la pasta.

Se utilizan tres ingredientes: pintura, para el decorado negro, y creta para el barniz. La creta se compone de tizate (óxido de silicio, comúnmente obtenido de yacimientos de diatomeas o ceniza volcánica) y esmalte revueltos para formar un líquido un poco viscoso. Se gastan aproximadamente 1200 pesos en la decoración de una tanda de quema, alrededor de 200 vasijas.

Este proceso se realiza en el patio interno, el alfarero se coloca en una orilla con las tinajas de pintura y creta y un ayudante, su esposa o hijos, van acercándole y retirándole las vasijas según vaya necesitando. Primero se pone la decoración en negro, esto puede ser con la mano o con un tipo de cepillo de cuatro cerdas y se deja secar hasta que se acaba la decoración de todas las vasijas a quemar. Posterior se le pone la greta que es de color amarillo, que seca rápidamente convirtiéndose en un recubrimiento polvoso que se cae relativamente fácil si se talla con otra superficie, a veces durante el acomodo de la cerámica para su quema se ven las marcas de donde se agarró con la mano.

Principales herramientas empleadas en la producción:

- Maseton. De tezontle rojo o negro. Utilizado para la elaboración de la “tortilla” para el moldeado de la cazuela. Lo consiguen en San Mateo, material asociado al volcán de ahí, uno de los que están en uso tiene 25 años en el taller.
- Alisador de cerámica. Utilizado durante el moldeado de la cazuela, en la parte externa de la vasija.
- Alisadores. Son de piedra, trapo y cuero. Utilizados para el alisado interno y externo de la cazuela en diferentes momentos de la elaboración de la forma.
- Hilo para cortar. Utilizado durante el moldeado de la vasija, se coloca en la boca, deteniéndolo con los dientes y la mano que queda libre, la que no está deteniendo el molde.

6.2 Perfil las Cruces

6.2.1 Descripción en campo

El Perfil Las Cruces se localiza en las coordenadas UTM 16Q E 422754 N 2138768. Su desarrollo se dio en cuatro momentos diferentes (Figura 6.5); a continuación se presenta la descripción realizada en campo.

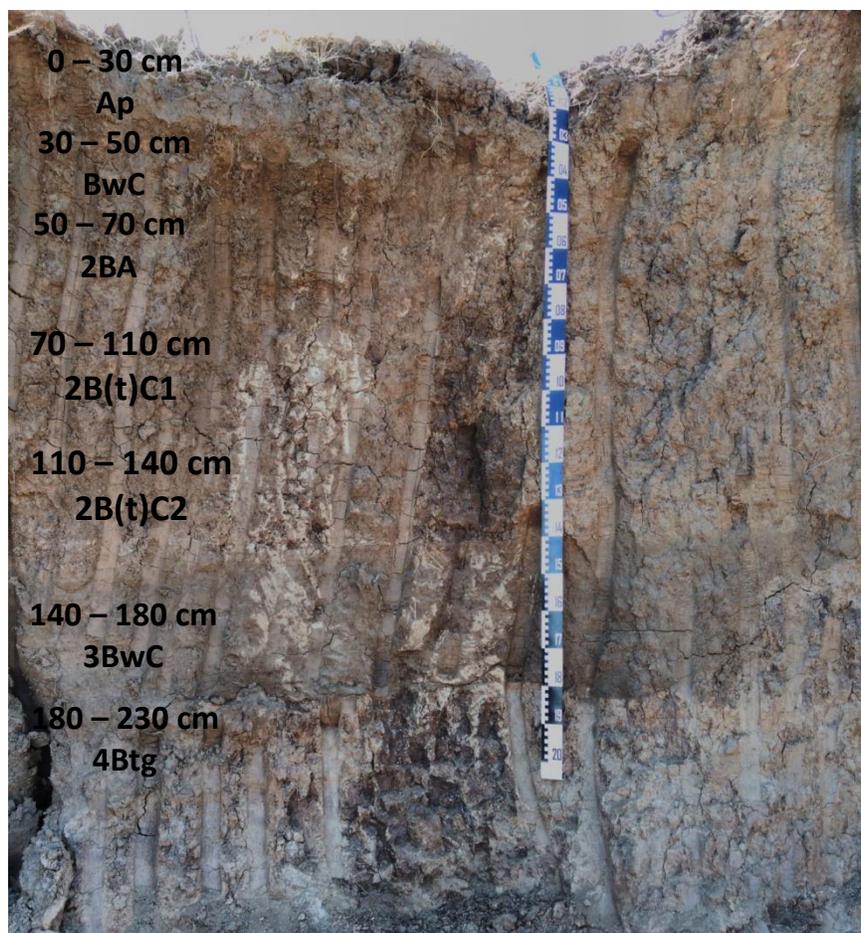


Figura 6.5. Perfil Las Cruces. Con horizontes identificados y características relevantes.

Ap 0 – 30 cm	Material superficial muy removido. De color amarillo pardo. No se tomó muestra.
BwC 30 – 50 cm	Bloques subangulares pequeños. Mayor presencia de limos de todo el perfil. Presenta raíces gruesas y finas en mayor proporción. Poros vesiculares con muy poca iluviación de arcilla. Coloración clara, café-amarillo.
2BA 50 – 70 cm	Bloques subangulares medios. Menos compacto que el resto del perfil. De color café homogéneo, mayor presencia de M.O. Presencia de raíces gruesas (1 mm), con películas de M.O. Poros lenticulares. Textura arenosa.
2B(t)C1 70 – 110 cm	Bloques subangulares de tamaño medio. Textura arcillo-arenoso. Iluviación incipiente. Presencia

	de roca intemperizada, así como nódulos de manganeso. Muy similar al siguiente horizonte pero con mayor presencia de raíces. Color café-rojizo.
2B(t)C2 110 – 140 cm	Bloques subangulares de tamaño medio a grande (5 cm y mas), predominan los grandes. Textura arcillo-arenoso. Presenta una iluviación incipiente. Partículas de roca intemperizada (posiblemente pómez amarilla). Poros. Límite horizontal y claro. Presenta nódulos de manganeso en menor proporción y menor tamaño que la base del perfil.
3BwC 140 – 180 cm	Bloques subangulares grandes (más de 5 cm), a partir de un posible sedimento laminado con pedogénesis, tal vez oleada piroclástica o sedimento transportado. En el perfil este horizonte desaparece hacia un lado y en el otro se hace más grueso, por lo que se piensa podría tratarse de un cuerpo de agua. Alto contenido de limo y arena. Límite horizontal y claro.
4Btg 180 – 230 cm	Bloques subangulares de tamaño medio (5 cm), que rompen a angulosos. Poros vesiculares y alargados (de raíz). Carácter gleyco con presencia de nódulos de manganeso e iluviación de arcilla. Mayor contenido de nódulos que en el resto del perfil. Textura arcillosa.

6.2.2. Propiedades físico-químicas

Resultado de los análisis físico-químicos realizados se observa que el pH se mantiene en valores neutros a ligeramente ácidos y no varía mucho a lo largo del perfil, todos los valores se encuentran alrededor de 6; el valor más neutro se presenta en la parte superior, y baja a valores más ácidos, y vuelve a subir en el penúltimo horizonte.

Por su parte la conductividad eléctrica presenta valores extremadamente bajos (microsiemens por cm), lo que habla de una baja cantidad de sales, apoyado por los valores cercanos a la neutralidad en el pH.

Horizonte /Profundidad	Color		Textura %			Clase textural	pH	Conductividad		% C Total	% N Total
	Seco	Húmedo	Arenas	Limos	Arcillas			μS/cm	°C		
0 - 30 cm											
BwC 30 - 50 cm	7.5 YR 6/3 (light brown)	7.5 YR 4/4 (Brown)	22.95	27.55	49.48	arcillosa	6.92	168.9	22.4	0.58	0.07
2BA 50 - 70 cm	7.5 YR 6/3 (light brown)	7.5 YR 4/4 (Brown)	26.15	25.15	48.68	arcillosa	6.1	298.5	22.5	0.56	0.07
2B(t)C1 70 - 110 cm	7.5 YR 5/4 (Brown)	7.5 YR 4/3 (Brown)	30.37	21.55	48.07	arcillosa	6.48	218.3	22.7	0.36/ 0.37	0.06
2B(t)C2 110 - 140 cm	7.5 YR 6/3 (light brown)	7.5 YR 4/3 (Brown)	27.49	23.06	49.43	arcillosa	6.5	134.5	22.3	0.32	0.05
3BwC 140 - 180 cm	7.5 YR 6/3 (light brown)	7.5 YR 4/3 (Brown)	47.84	16.68	35.46	arcillo-arenosa	6.84	88.61	22.5	0.39/ 0.38	0.06/ 0.07
4Btg 180 - 230 cm	7.5 YR 6/4 (light brown)	7.5 YR 4/4 (Brown)	31.16	22.56	46.26	arcillosa	6.91	103.4	21.9	0.15/ 0.16	0.05
Barro			24.42	22.54	53.02	arcillosa				0.35	0.07

Tabla 6.1. Propiedades físico-químicas.

En la textura predomina la fracción arcillosa, salvo en el penúltimo horizonte (3BwC) donde cambia sus valores con la proporción de arenas, sin embargo, continua una clase textural de predominancia de arcilla (clase arcillo-arenosa).

Los valores de C y N total son más altos hacia la superficie y descienden, en el penúltimo horizonte presentan un pico y siguen sus niveles más bajos en el último horizonte.

6.2.3. Micromorfología (Procesos pedogenéticos)

Mediante el estudio de la micromorfología del perfil Las Cruces, se pudo confirmar que el perfil se compone de una secuencia de diversos suelos y sedimentos. La parte más superficial (Horizonte BwC y 2BA) presenta rasgos de pedosedimentos con fragmentos de cutánes o pápulas y sedimentos laminados dentro de la matriz del suelo. Los siguientes horizontes (2B(t)C1 y 2) presentan un mayor grado de desarrollo visible en una mejor estructura y con evidencias de iluviación *in situ* bien desarrolladas. Posteriormente se tiene un paquete de sedimentos laminados (Horizonte 3BwC) con muy poco desarrollo de suelo. El último horizonte (4Btg) es el que presenta mayor desarrollo *in situ* con mayor iluviación de arcilla y presencia de ferranes y manganes, es similar a los horizontes medios (2B(t)C 1 y 2) pero al parecer con un mayor grado de desarrollo.

A continuación, se presentan los rasgos más sobresalientes de cada horizonte estudiado.

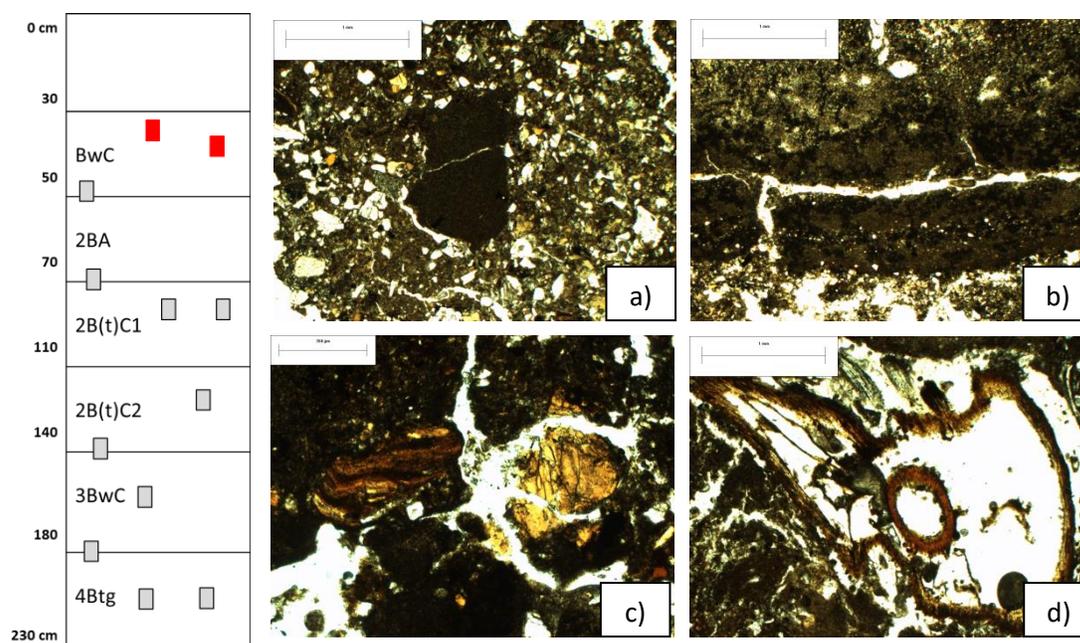


Figura 6.6. Horizonte BwC. a) Fragmento de sedimento arenoso rodeado de suelo. Lámina 11 2x LP; b) Material particulado y laminado. Lámina 12 2x LP; c) Fragmentos de cutánes o pápulas. Lámina 11 4x LP; y d) Fragmento fresco de MO. Lámina 11 2x LP.

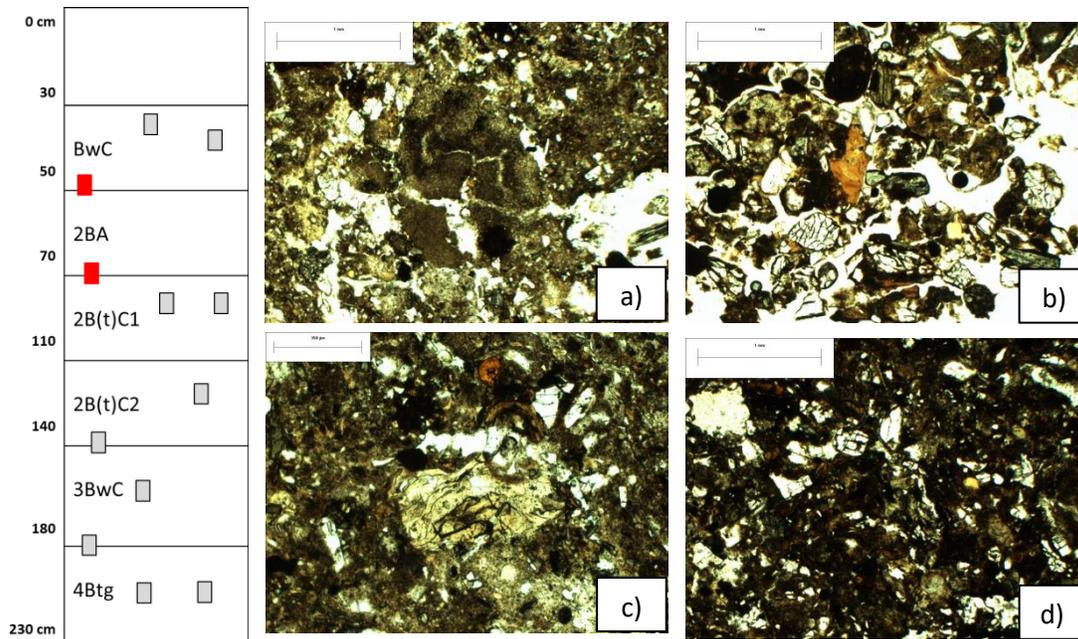


Figura 6.7. Horizonte 2BA. a) Fragmento material particulado dentro matriz de suelo. Lámina 10 2x LP; b) Matriz. Lámina 10 2x LP; c) Material arcilloso en matriz. Lámina 10 4x LP; y d) Matriz. Lámina 9 2x LP.

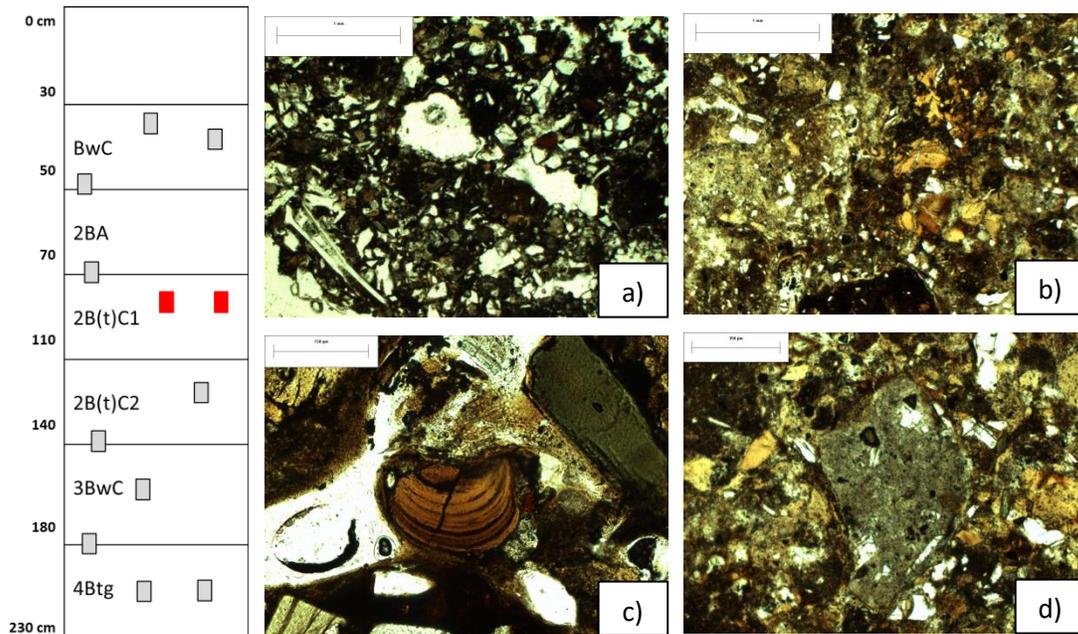


Figura 6.8. Horizonte 2B(t)C1. a) Matriz con vidrio. Lámina 8 2x LP; b) Matriz arcillosa. Lámina 7 2x LP; c) Fragmento de cután o pápula. Lámina 8 4x LP; y d) Fragmento rocoso en matriz arcillosa. Lámina 7 4x LP.

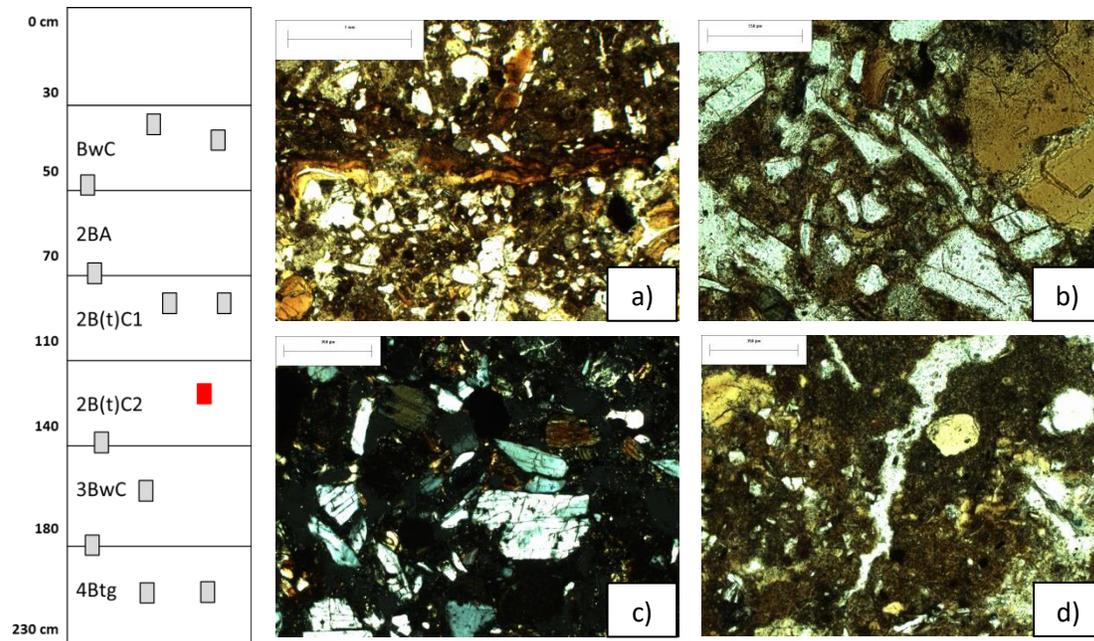


Figura 6.9. Horizonte 2B(t)C2. a) Cután de arcilla in situ. Lámina 6 2x LP; b) Matriz con fragmentos de vidrio. Lámina 6 10x LP; c) Mineralogía. Lámina 6 4x NX; y d) Agregado de arcilla dentro de material particulado. Lámina 6 4x LP.

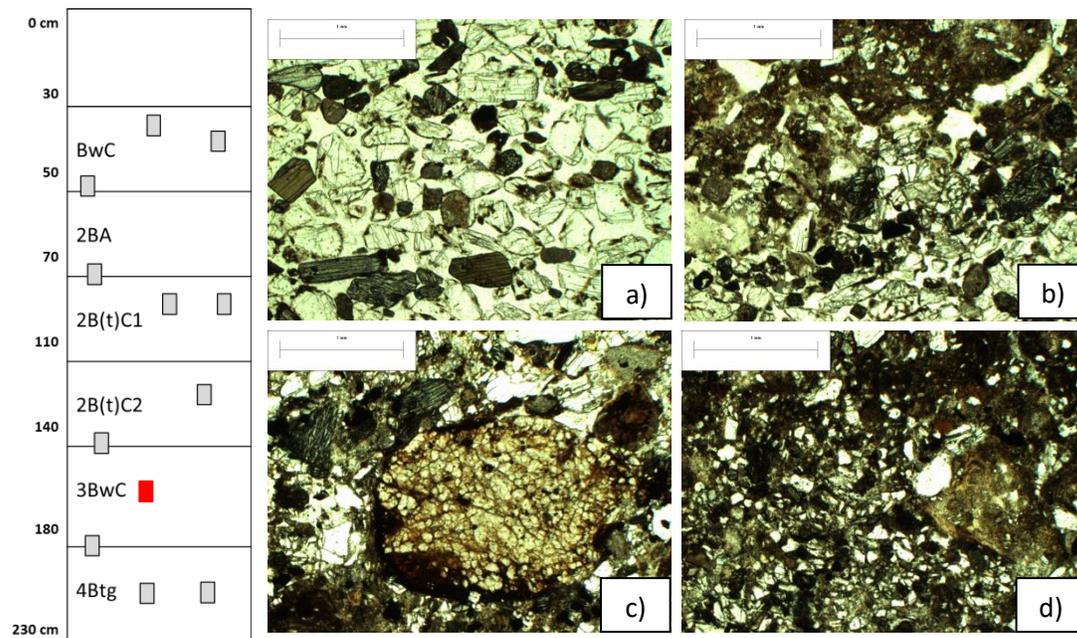


Figura 6.10. Horizonte 3BwC. a) Material arenoso. Lámina 1 2x LP; b) Contacto material arenoso y suelo. Lámina 1 2x LP; c) Fragmento rocoso. Lámina 4 2x LP; y d) Matriz suelo con arcilla y material arenoso. Lámina 4 2x LP.

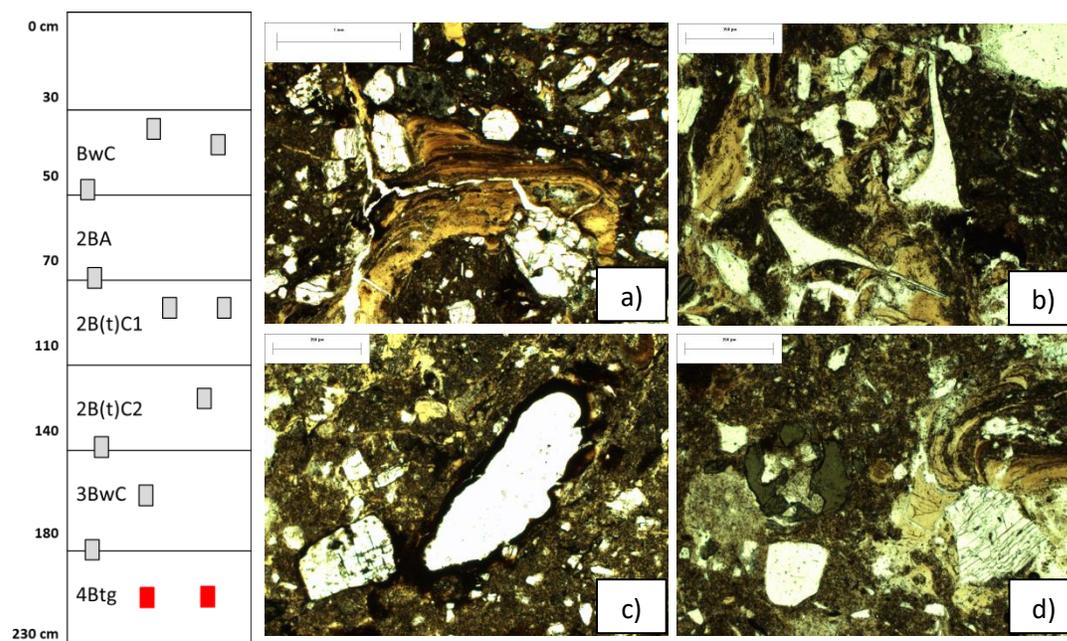


Figura 6.11. Horizonte 4Btg. a) Cután en matriz. Lámina 2 2x LP; b) Fragmentos vidrio. Lámina 3 2x LP; c) Poro con precipitación de Hierro. Lámina 2 4x LP; y d) Minerales. Lámina 3 4x LP.

6.2.4 Micromorfología de terrones¹⁰ suelo alfarero

Dentro de las muestras recolectadas con el alfarero se tomaron algunos terrones del material empleado para la elaboración del barro con la finalidad de comparar con el perfil de suelo estudiado y corroborar que se tratase del mismo material.

Se encontró una heterogeneidad similar a la presente a lo largo del perfil estudiado, algunos de los terrones se asemejan más a los horizontes 2B(t)C1 y 2 y 4Btg, con rasgos de un suelo bien desarrollado con agregación y presencia de arcilla en fragmentos de cután o pápulas y agregados de arcilla, mientras que otros terrones se asemejan más a los horizontes a BwC y 3BwC con material más particulado, mayor presencia de minerales y fragmentos de sedimentos dentro de la matriz del suelo (Figura 6.12).

¹⁰ Estos terrones corresponden a los agregados naturales del suelo y que son descritos en la literatura bajo el nombre de "Estructuras".

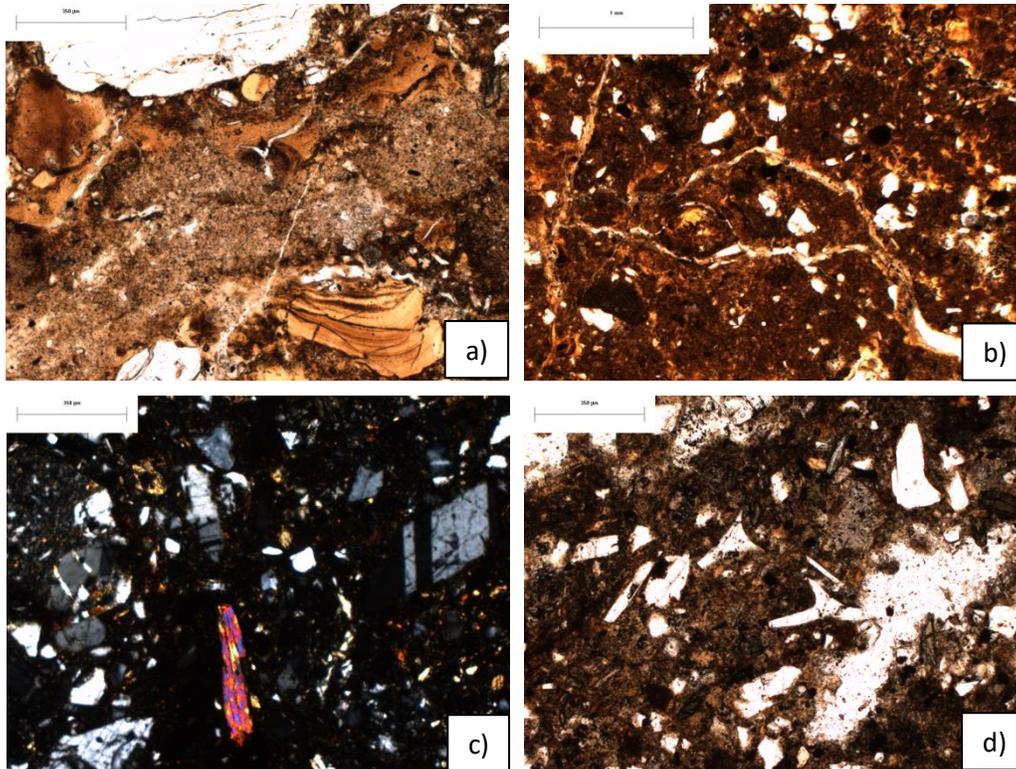


Figura 6.12. Micromorfología terrones alfarero: a) Matriz con agregados de arcilla y cutánes o pápulas así como material particulado (sedimento). Lámina Alfarero 4 4x LP; b) Matriz con arcilla en agregados y en fragmentos de cután o pápulas. Lámina Alfarero 1 2x LP; c) Minerales. Lámina Alfarero 2 4x NX; y d) Fragmentos de vidrio volcánico en la matriz. Lámina Alfarero 2 4x LP.

6.3 Mineralogía

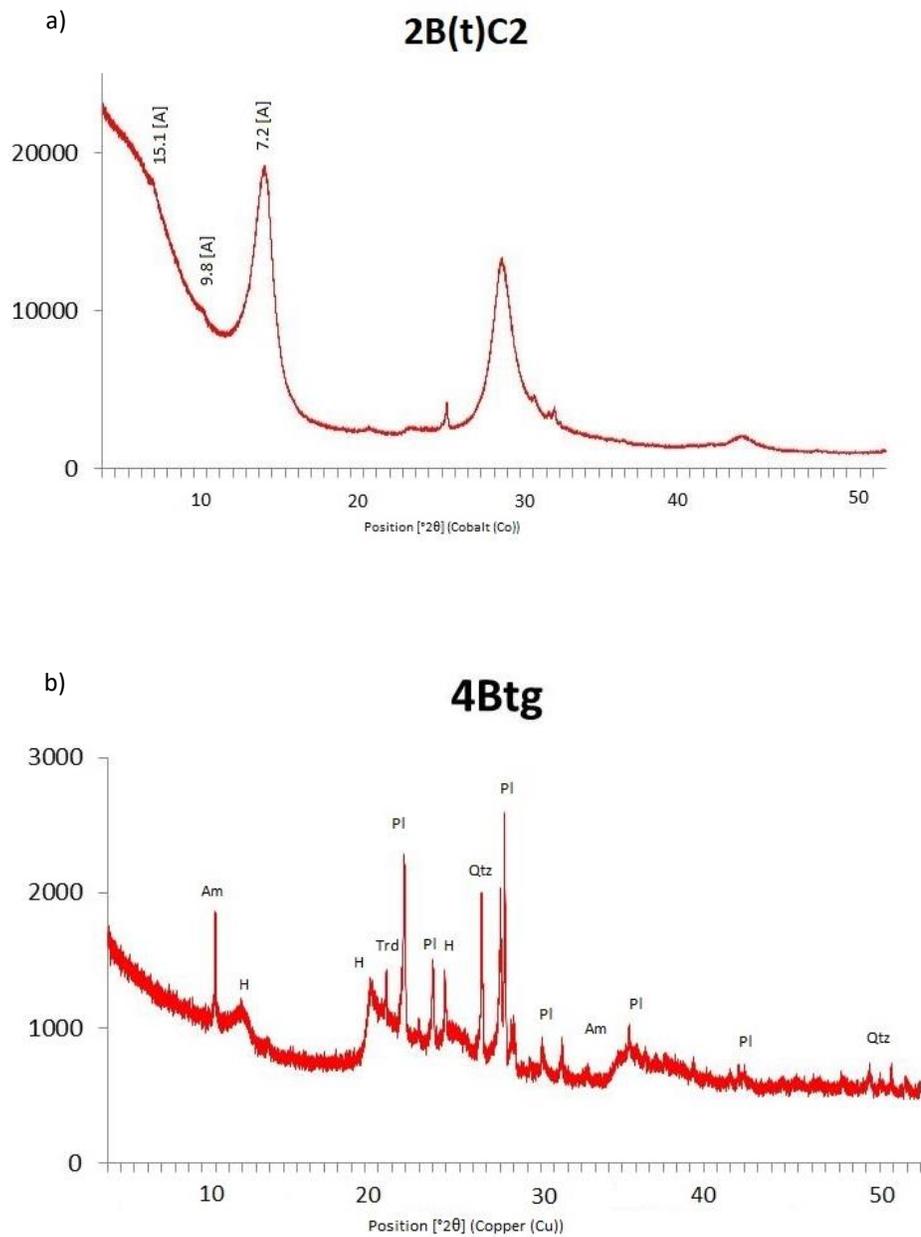
6.3.1 Difracción de rayos X (DXR)

Para la Difracción de Rayos X se analizaron muestras del perfil de suelo, el barro del alfarero y las dos cocciones en Roca Total y en Fracción Orientada, para conocer los componentes minerales principales y el cambio en la fracción arcilla con la cocción.

En las muestras analizadas por Roca Total se identificaron las mismas fases minerales tanto en los horizontes de suelo (2B(t)C2 y 4Btg) como en el barro del alfarero, los difractogramas muestran un comportamiento afín, con diferencias en la cristalinidad de algunos componentes (picos más y definidos principalmente en las plagioclasas, los anfíboles y las arcillas). Esta similitud respalda que el material empleado para el barro fue el suelo muestreado. Las fases incluyen: Plagioclasa de composición intermedia ((Na,Ca)(Si,Al)₃O₈), Anfíbol tipo Actinolita o similar

($\text{Ca}_2(\text{Mg}_{4.5-2.5}\text{Fe}^{2+0.5-2.5})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) y Oxido de Silicio (SiO_2) en forma de Cuarzo (Qtz) y Tridimita (Trd), así como un mineral del grupo de Caolín probablemente Halloysita 7\AA (Figura 6.13. a, b y c).

En estas primeras muestras, el inicio de los difractogramas muestran un comportamiento que remite a la presencia de material amorfo posiblemente vidrio volcánico (identificado en las láminas delgadas del suelo y de la cerámica); este comportamiento cambia en las muestras de primera y segunda cocción, donde es menos claro.



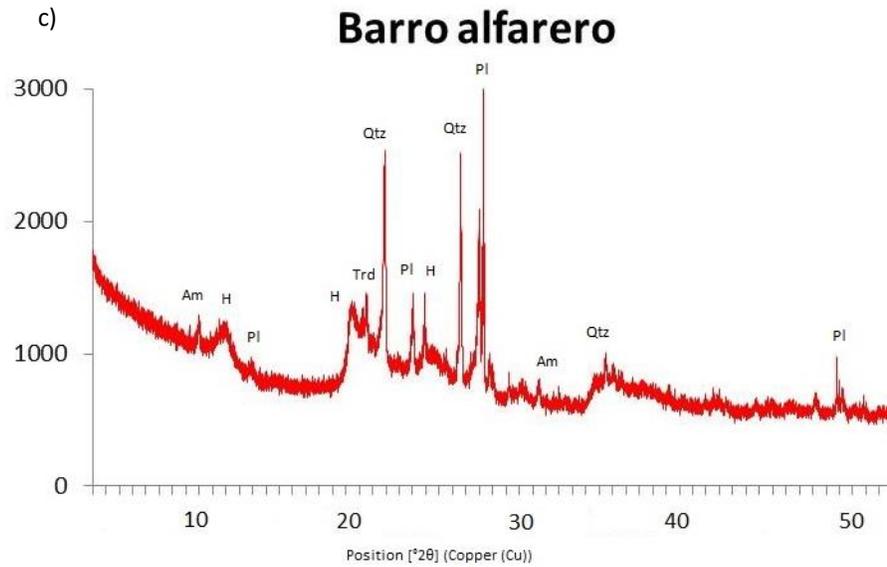
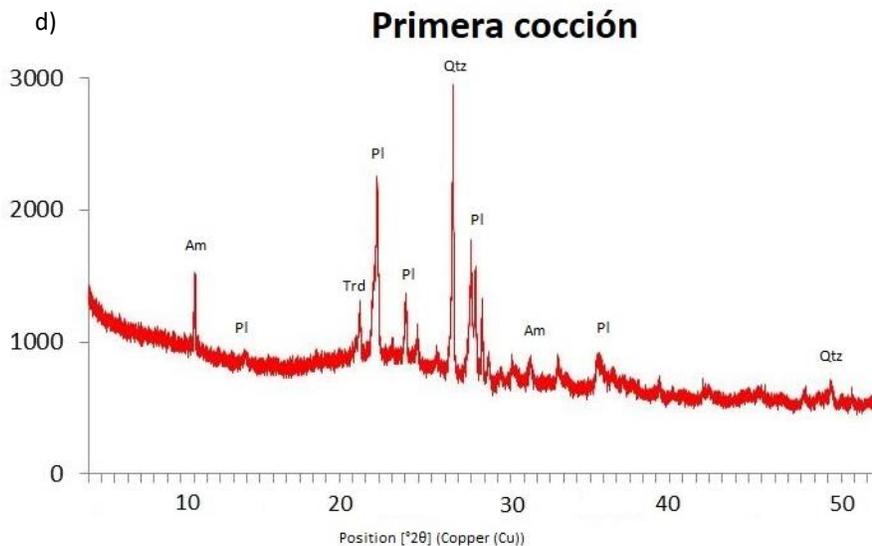


Figura 6.13. Difractogramas de muestras en Roca Total: a) Horizonte 2B(t)C2; b) Horizonte 4Btg; y c) Muestra Barro Alfarero. Plagioclasa (Pl), Anfíbol (Am), Cuarzo (Qtz), Tridimita (Trd), y Halloysita (H).

Las muestras cocidas (Primera y Segunda cocción) presentan mineralogía similar a los horizontes de suelo y el barro del alfarero, salvo la presencia de la Halloysita 7\AA (Figura 6.13. d y e), resultado del colapso de las arcillas durante la cocción de la cerámica.



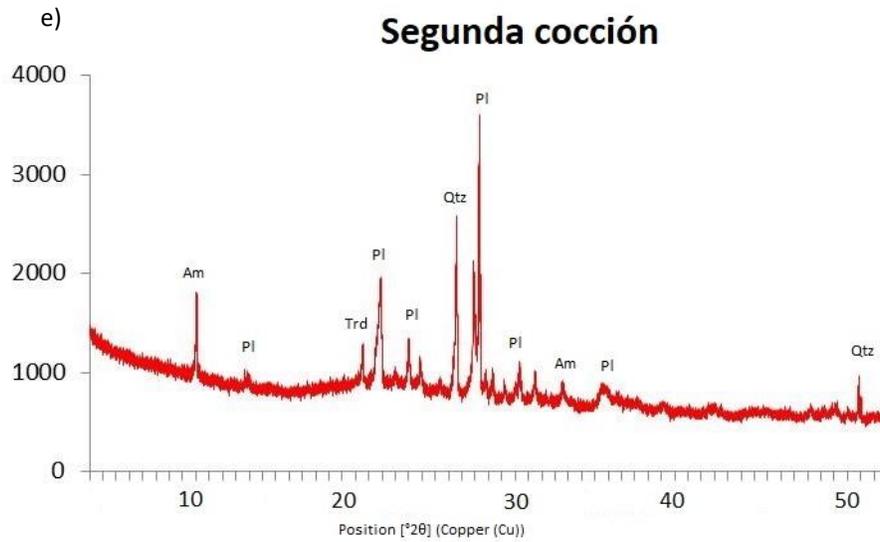
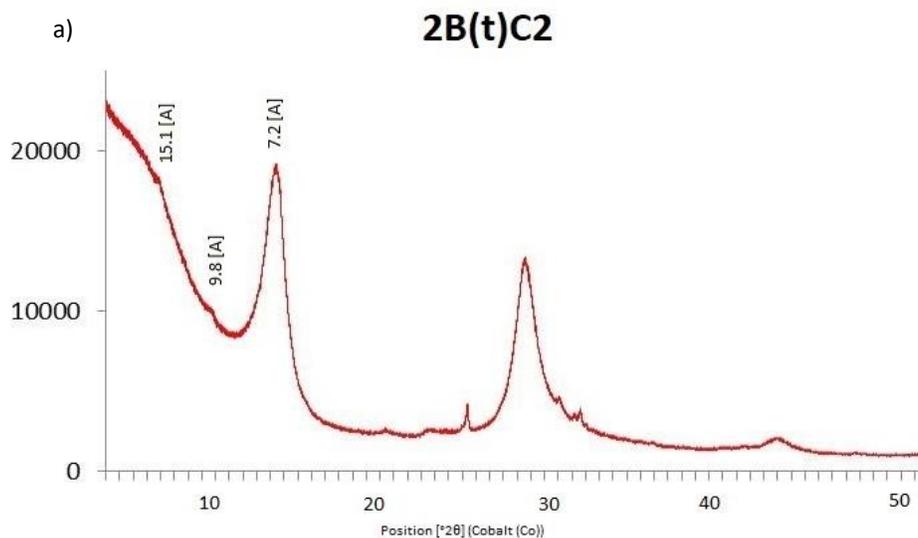


Figura 6.13. Difractogramas de muestras en Roca Total (continuación): d) Primera cocción y e) Segunda cocción. Plagioclasa (Pl), Anfibol (Am), Cuarzo (Qtz), Tridimita (Trd), y Halloysita (H).

Por otro lado, en la fracción arcilla, las muestras orientadas de los horizontes de suelo (2B(t)C2 y 4Btg) y el barro del alfarero presentan un comportamiento similar con trazas mínimas de Esmectita [12-15 Å] e Iilita [10 Å], mientras que el mineral más abundante pertenece al grupo del Caolín [7 Å]; en el horizonte 4Btg el caolín es marcadamente menor y la iilita no está presente. Estas muestras también evidencian la presencia de material amorfo que enmascara a los minerales arcillosos (Figura 6.14. a, b y c).



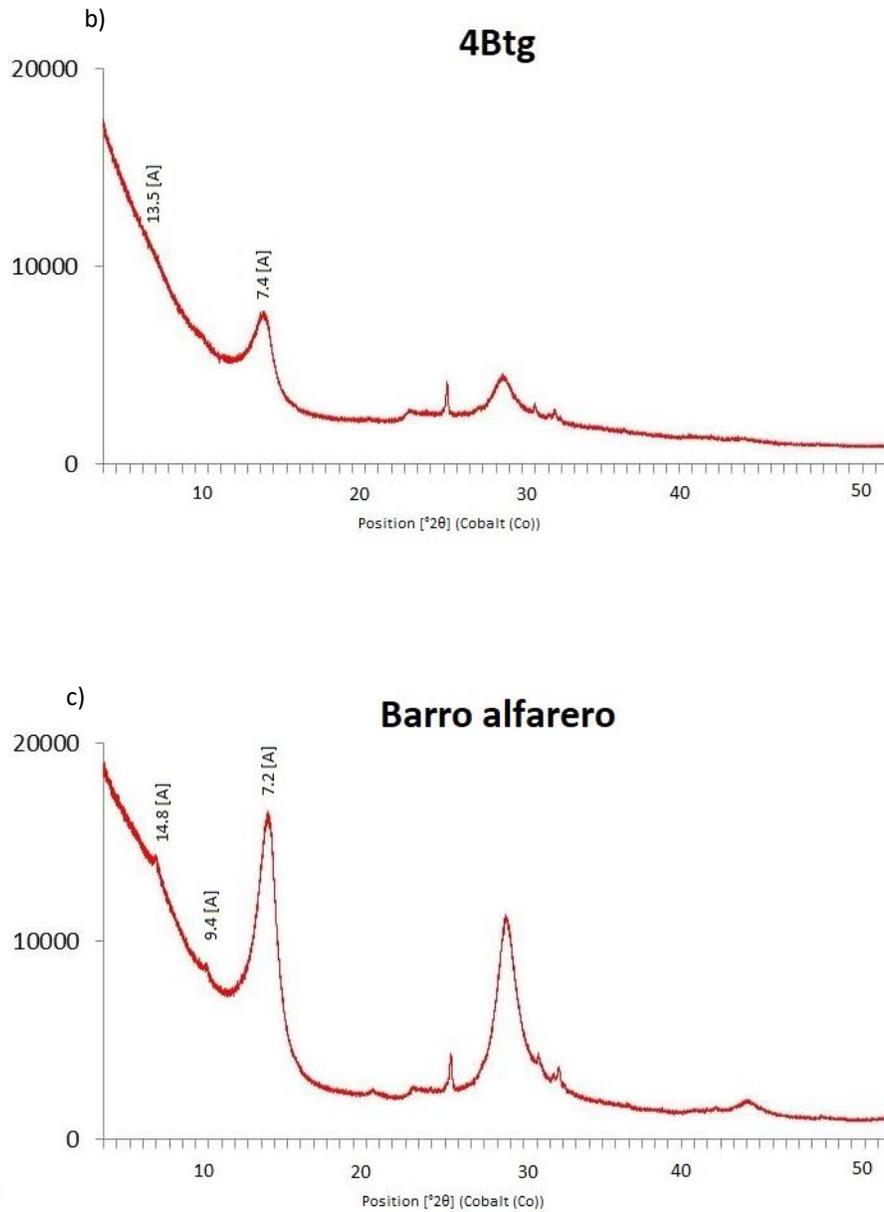


Figura 6.14. Difractogramas de muestras Orientadas: a) Horizonte 2B(t)C2; b) Horizonte 4Btg; y c) Muestra Barro Alfarero. Esmeclita [12-15 Å], Illita [10 Å] y Caolin [7 Å].

Las muestras de Fracción Orientada correspondientes a la Primera y a la Segunda cocción no muestran evidencia de minerales arcillosos, y las fracciones dominantes corresponden a Plagioclasas de composición intermedia $((Na,Ca)(Si,Al)_3O_8)$ y Cristobalita (SiO_2) (Figura 6.14. d y e). Este comportamiento se explica por el colapso de la estructura cristalina de las arcillas, pero también puede deberse a una separación insuficiente de la fracción arcilla de la cerámica.

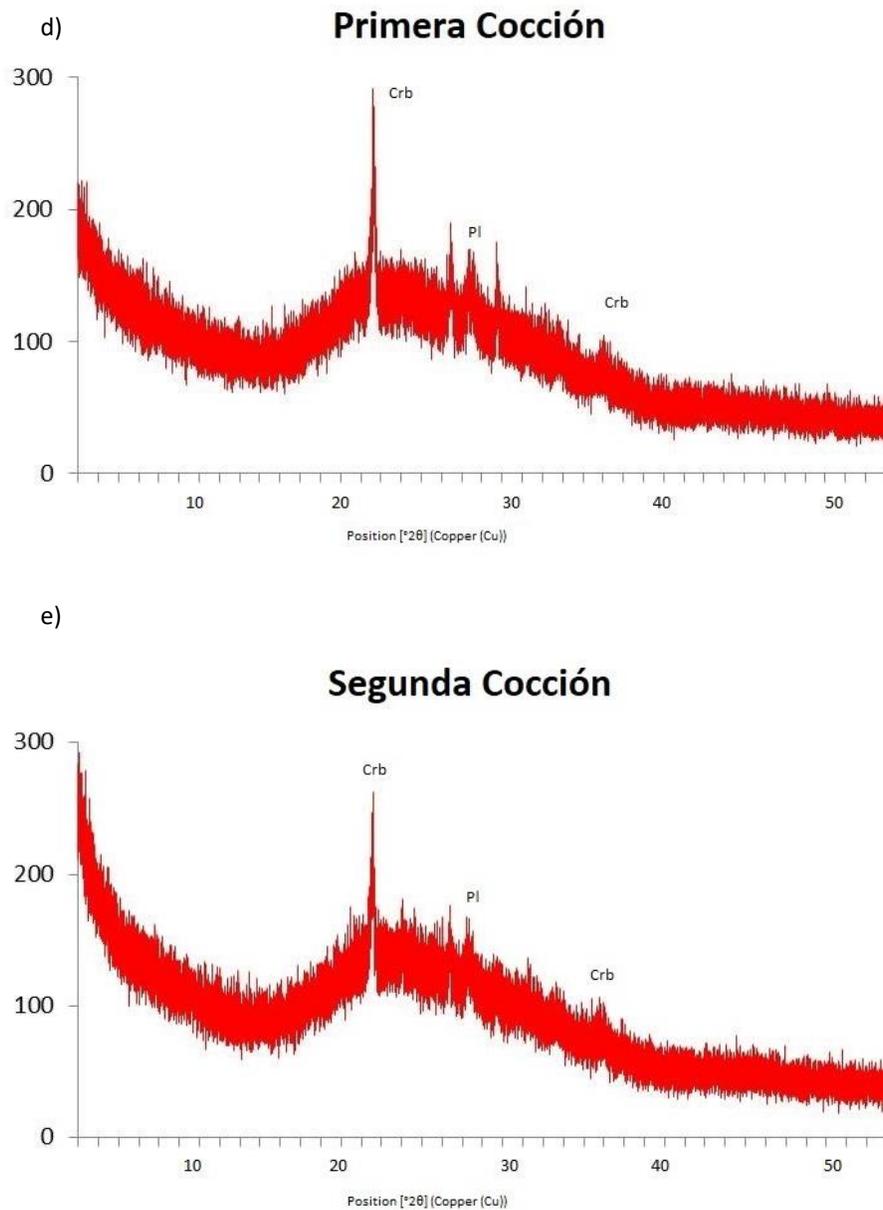
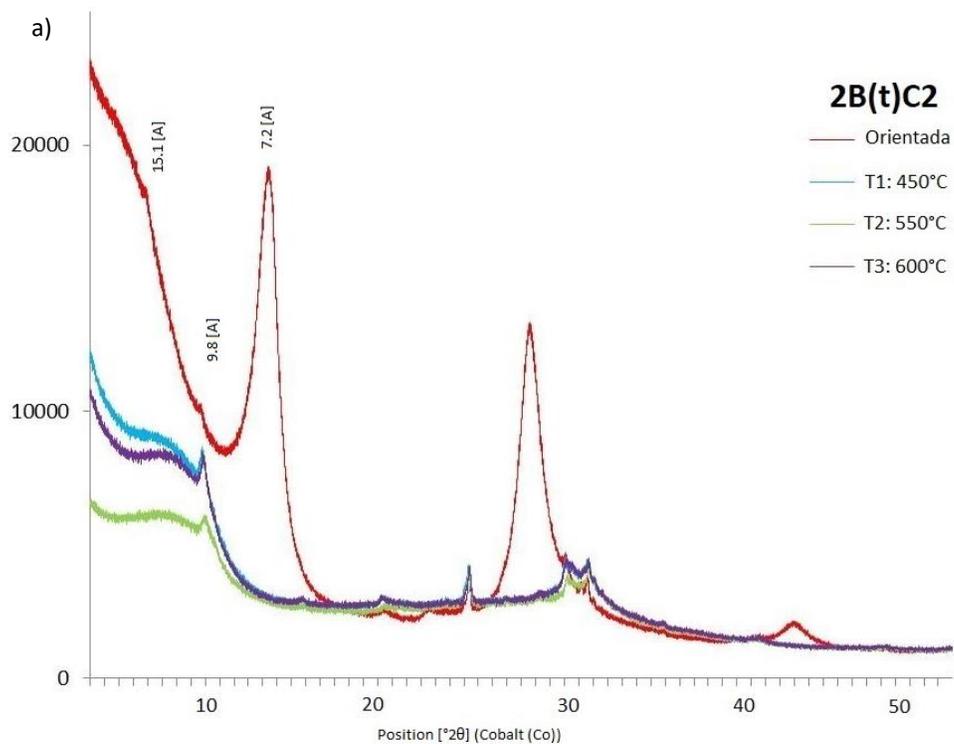


Figura 6.14. Difractogramas de muestras Orientadas (continuación): c) Primera cocción y d) Segunda cocción. Plagioclasa (Pl) y Cristobalita (Crb).

Con la idea de entender el comportamiento del barro bajo calor e intentar reproducir los resultados de la primera y segunda quema, se realizaron tres calentamientos que pretendían semejar posibles temperaturas de cocción de la cerámica. Se propusieron tres temperaturas: 450°C, 550°C y 600°C para las muestras

de los horizontes de suelo y el barro del alfarero, pero no todas las muestras se prestaron para llevar a cabo los tres calentamientos.

En los difractogramas (Figura 6.15. a, b y c), es posible ver como con el primer calentamiento (450°C) el pico de 7 Å, relacionado con las arcillas caoliníticas, disminuye drásticamente resultado del colapso en la estructura cristalina de esta familia de arcillas, lo cual hace que el pico de 10 Å, relacionado con la ilita, sea más claro (también resultado de la transformación de estructura de caolinitas a ilitas). Con el segundo calentamiento (550°C) se nota la disminución de las ilitas y las esmectitas. El tercer calentamiento solo se logró para el horizonte 2B(t)C2 y los resultados son confusos pues el comportamiento de la muestra se asemeja al comportamiento de la muestra calentada a 450°C.



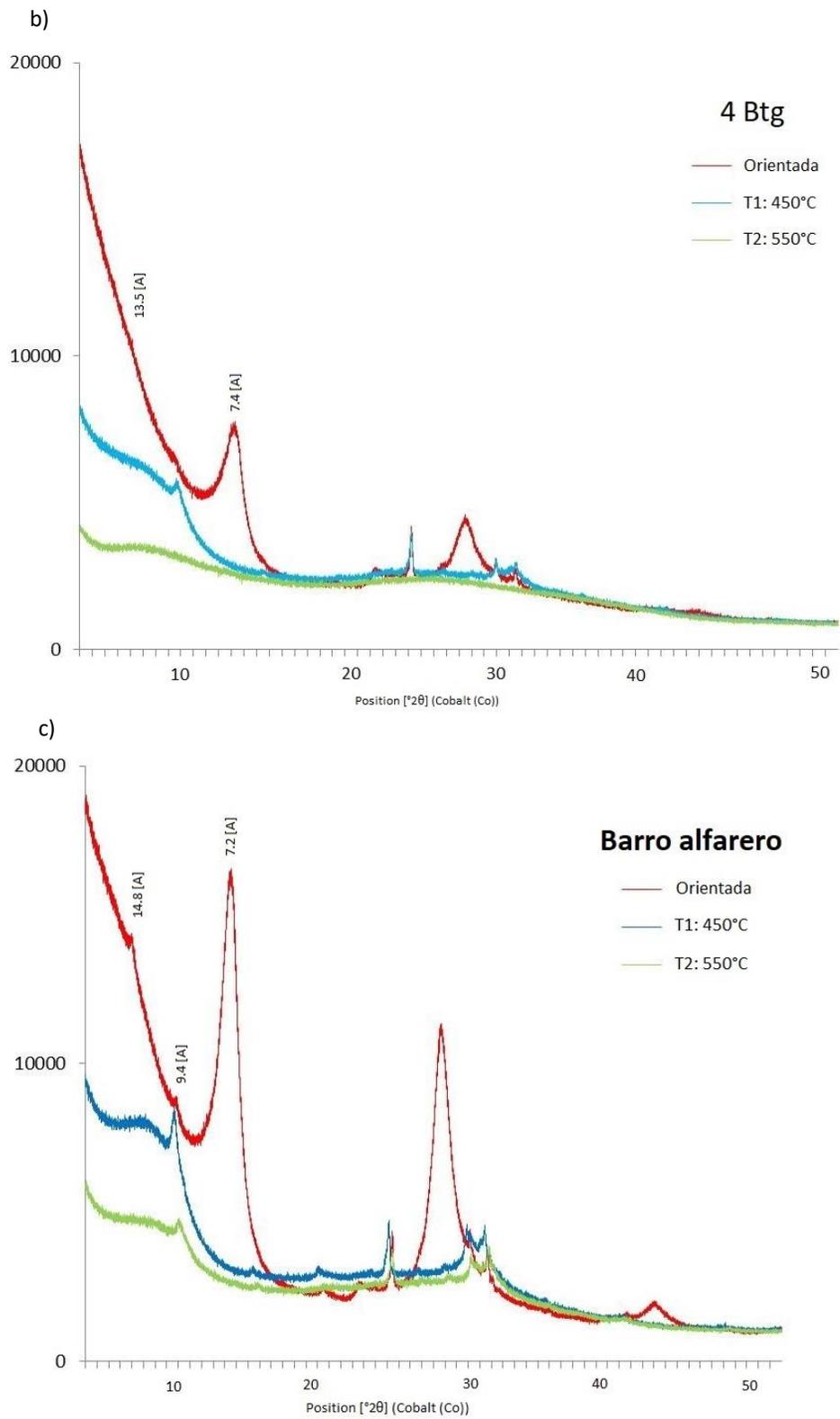


Figura 6.15. Comportamiento muestras orientadas y calentadas a tres temperaturas: a) Horizonte 2B(t)C2; b) Horizonte 4Btg, y c) Barro alfarero.

Como se puede ver en los resultados presentados, las muestras de los horizontes de suelo y del barro del alfarero presentan la misma composición general, lo que confirma el uso del suelo para la elaboración del barro y las vasijas. La mayor diferencia se presenta en las muestras orientadas, donde el horizonte 4Btg presenta una composición ligeramente diferente en el tipo y cantidad de las arcillas.

Por otro lado, el comportamiento de las muestras calentadas lleva a pensar que el material con mayor “presencia” en el barro es el horizonte 2B(t)C2; al comparar la muestra de barro con la muestra orientada de la primera y segunda cocción, se infiere que la cerámica fue calentada por arriba de los 550°-600°C ya que los difractogramas presentan un comportamiento similar.

6.3.2 Magnetismo de rocas

Para las muestras de magnetismo de rocas se analizaron dos horizontes de suelo (Muestras D y E), la cerámica sin cocer (Muestra A), primera cocción (Muestra B) y segunda Cocción (Muestra B).

Estos análisis indican una similitud entre la cerámica sin cocer o barro (Muestra A) y los horizontes del suelo (muestra D y E), tanto en el tipo de partícula como en los valores de susceptibilidad en alta y baja frecuencia.

Los resultados indican la presencia de granos PSD (Muestra A, C y D) que se reaccionan con una formación mediante procesos pedogenéticos y al origen del material (rocas ígneas básicas), mientras que la presencia de PS (Muestras B y C) se adjudica a la quema del material.

Por otro lado se muestra un aumento en las partículas finas al momento de la 1er cocción junto con un aumento de óxidos (valores de la susceptibilidad en baja frecuencia), para la segunda cocción decrecen las partículas finas y hay una disminución importante en los valores de susceptibilidad.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en la Susceptibilidad, Altas y Bajas Frecuencias e Histéresis.

Muestra	Susceptibilidad por volumen K	Alta Frecuencia χ_{hf}	Baja Frecuencia χ_{lf}	Dependencia Frecuencia χ_{fd}	Partícula (Histéresis)
A (Sin cocer)	1646x10 ⁻⁶	38	40.3	5.7071	PSD
B (primera cocción)	933x10 ⁻⁶	59.5	66.6	10.6606	SD (65%) a SP (35%)

C (segunda cocción)	1108x10-6	17.4	18.1	3.8674	SP (40%) a SD (60%)
D (2B(t)C2)	555x10-6	53.0	53.8	1.4869	PSD
E (4Btg)	2380x10-6	42.2	43	1.8604	PSD

Tabla 6.2. Resultados magnetismo rocas.

Por medio del estudio de susceptibilidad a altas y bajas temperaturas se determinaron las Temperaturas de Curie y Néel con los siguientes resultados:

ST_A (sin cocer): se identificaron las fases de Magnetita (Verwey transition - 150°C y 580°C), Goethita (120°C. 60-170°C), cambio de Maghemita a Hematita (312°C). La muestra presenta un comportamiento paramagnético tanto en altas como en bajas temperaturas (Figura 6.16).

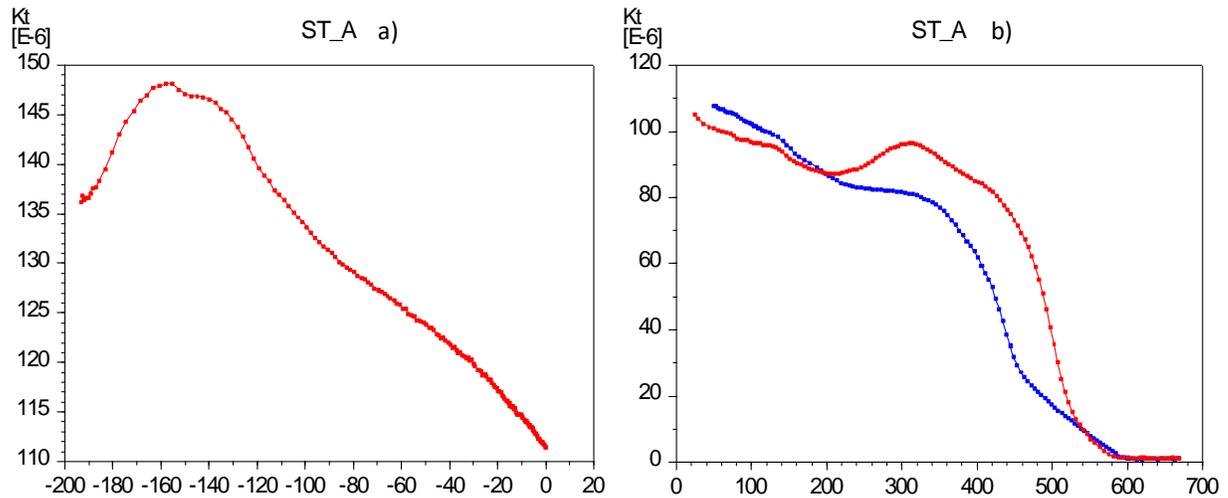


Figura 6.16. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestra ST_A (sin cocer): a) calentamiento desde bajas temperaturas (rojo); y b) calentamiento a altas temperaturas (rojo) y enfriamiento (azul).

ST_B (primera cocción): En esta muestra las fases identificadas anteriormente disminuyen considerablemente y la fase predominante es la Titanomagnetita con distintos contenidos de Titanio, por eso presenta una caída constante. La muestra tiene un comportamiento paramagnético en la última parte de su calentamiento y coercitiva, es decir que el calentamiento no modifica la muestra y durante el enfriamiento “regresa” por el mismo lugar (Figura 6.17).

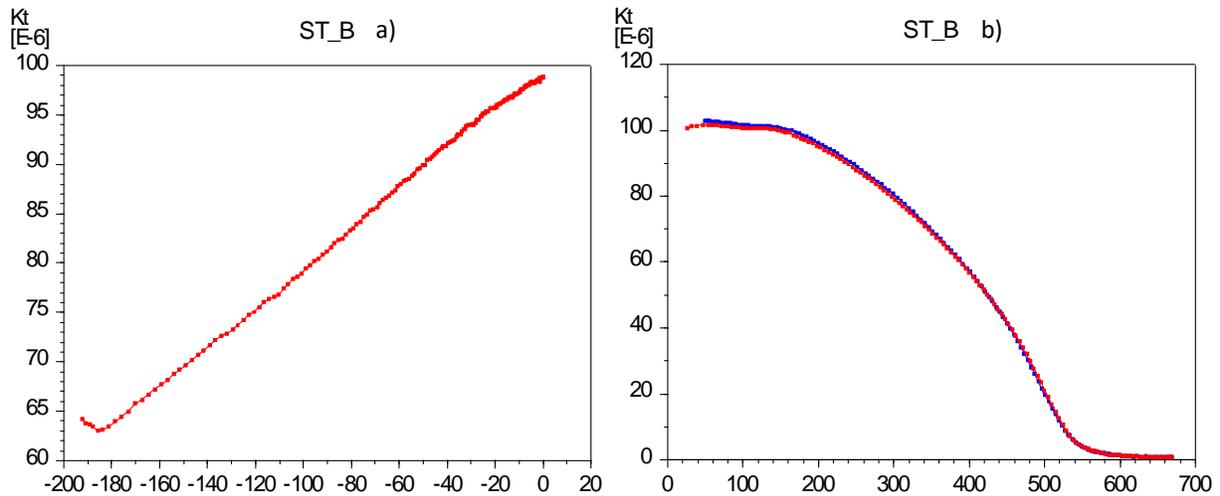


Figura 6.17. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestra ST_B (primera cocción): a) calentamiento desde bajas temperaturas (rojo); y b) calentamiento a altas temperaturas (rojo) y enfriamiento (azul).

ST_C (segunda cocción): Presenta un comportamiento similar a la muestra anterior con fases de Titanomagnetitas con decaimiento continuo, sin embargo, los valores de susceptibilidad bajan hasta 30K (Figura 6.18).

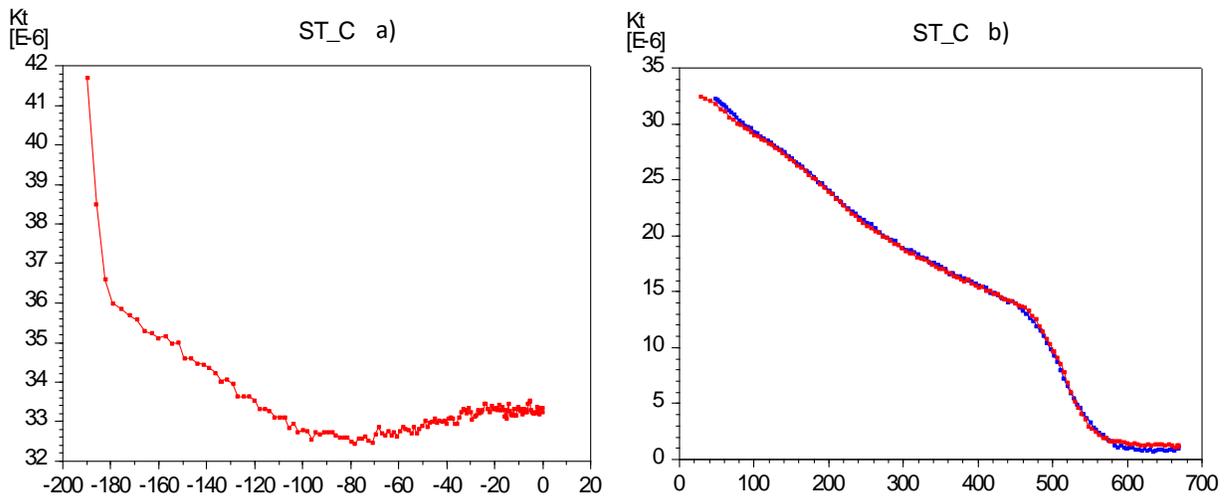


Figura 6.18. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestra ST_C (segunda cocción): a) calentamiento desde bajas temperaturas (rojo); y b) calentamiento a altas temperaturas (rojo) y enfriamiento (azul).

ST_D (2B(t)C2): De comportamiento similar a la muestra A (Sin cocer), presenta fases de Goethita, Magnetita y Maghemita a Hematita. Con un comportamiento paramagnético (Figura 6.19).

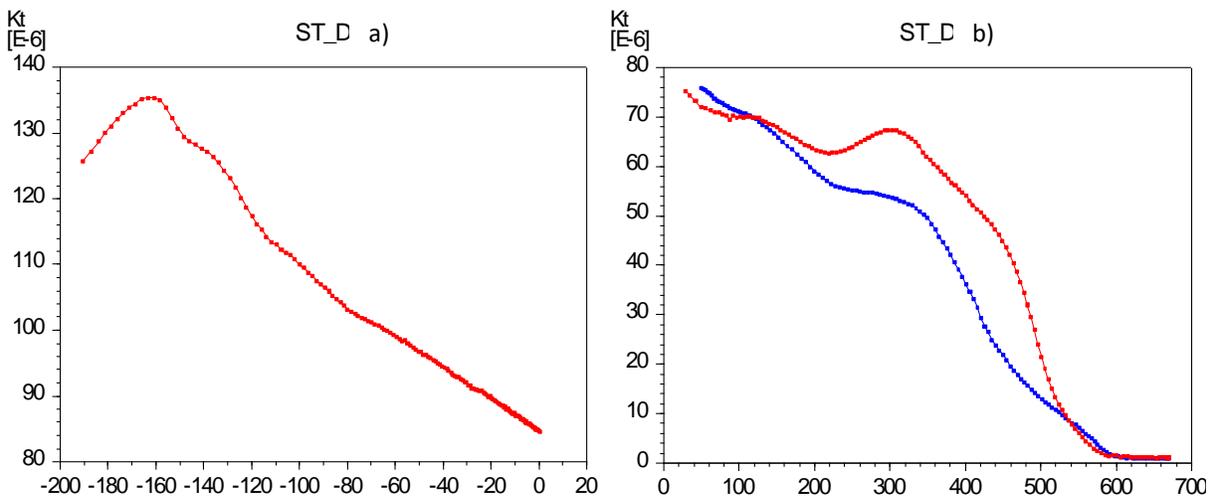


Figura 6.19. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestra ST_D (2B(t)C2): a) calentamiento desde bajas temperaturas (rojo); y b) calentamiento a altas temperaturas (rojo) y enfriamiento (azul).

ST_E (4Btg): De comportamiento similar a la muestra A (Sin cocer) y D (2B(t)C2), presenta fases de Goethita, Magnetita y Maghemita a Hematita. Con un comportamiento paramagnético (Figura 6.20).

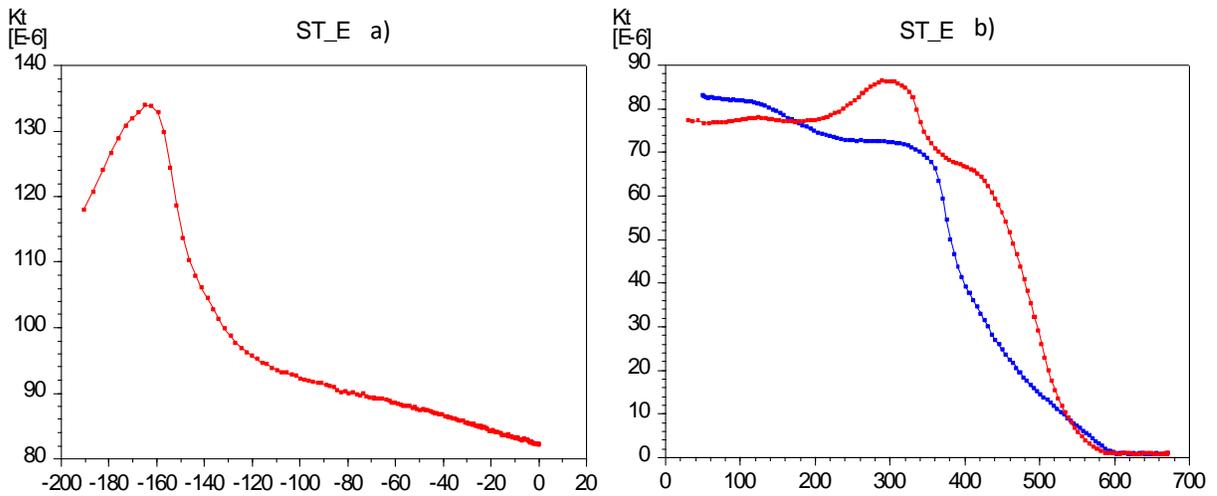


Figura 6.20. Curvas Temperatura- Susceptibilidad muestra ST_E (4Btg): a) calentamiento desde bajas temperaturas (rojo); y b) calentamiento a altas temperaturas (rojo) y enfriamiento (azul).

Las curvas presentan un comportamiento paramagnético por arriba de los 600°C resultado de que se sobrepasa la Temperatura de Curie de los minerales presentes en las muestras.

Las muestras A, D y E, muestran un comportamiento y composición similar con lo que refuerza la idea de que se trata del mismo material que solo sufre una mezcla para formar el barro. Mientras que las muestras B y C presentan el comportamiento/características esperadas para materiales calentados.

6.3.3 Petrografía y rasgos suelo y cerámica

Mediante el análisis petrográfico se identificaron las siguientes fases minerales y otros componentes, que son compatibles con los resultados de la DXR.

En el suelo y en la cerámica actual, minerales: Plagioclasa (predominante la andesina), Anfíbol (Hornablenda), Piroxenos (clinopiroxeno), y Cuarzo (Figura 6.21).

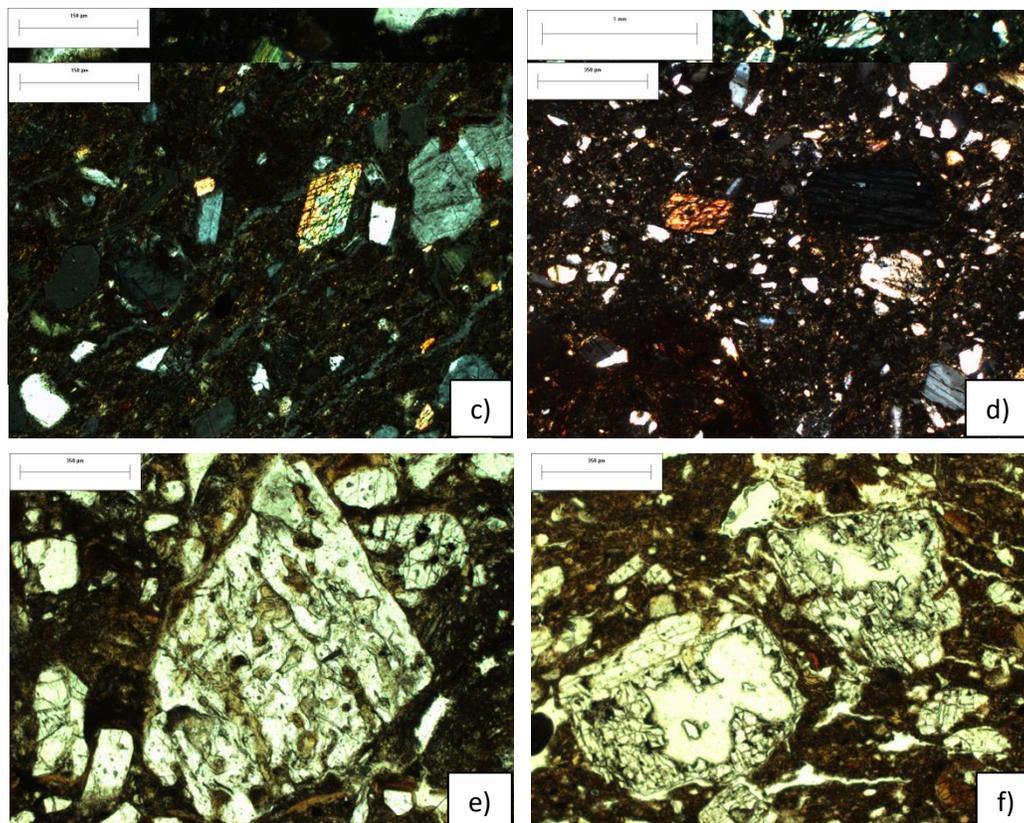
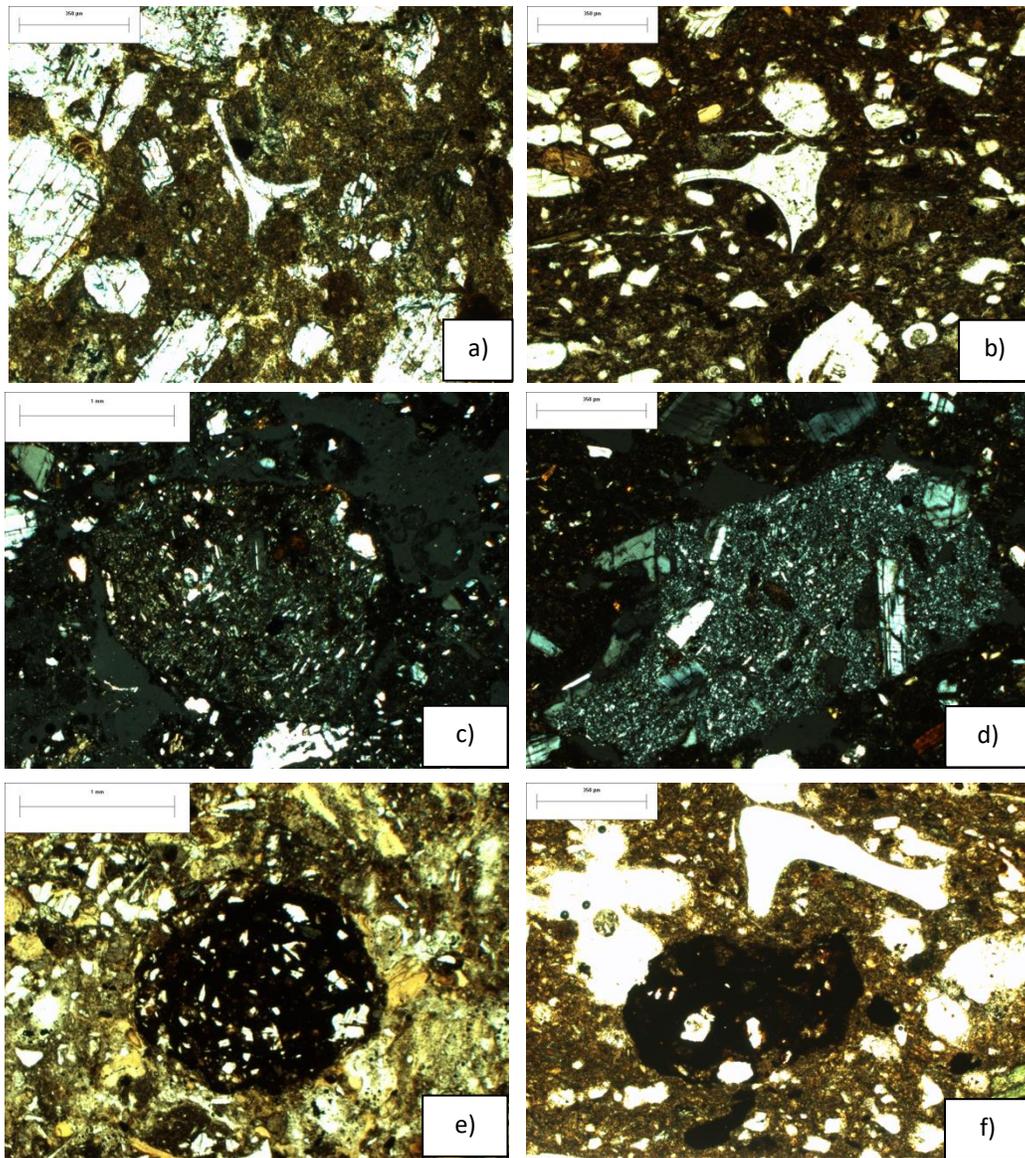


Figura 6.21. Composición mineral en cerámica y suelo. a) Anfíbol y plagioclasa en suelo. Lámina 8 10x NX; b) minerales en suelo. Lámina 10 2x NX; c) anfíbol y plagioclasa en cerámica. P+F segunda cocción 10x NX; d) Minerales en cerámica. Borde sin cocer 4x NX; e)

mineral con vidrio en suelo. Lámina 1 4x LP (o lámina 3 ver); y f) Minerales con vidrio en cerámica. P+F segunda cocción 4x LP (o Pared 1 primera cocción).

Así como algunos casos especiales: vidrio volcánico, fragmentos de rocas, agregados de arcilla y cutánes o pápulas (Figura 6.22).



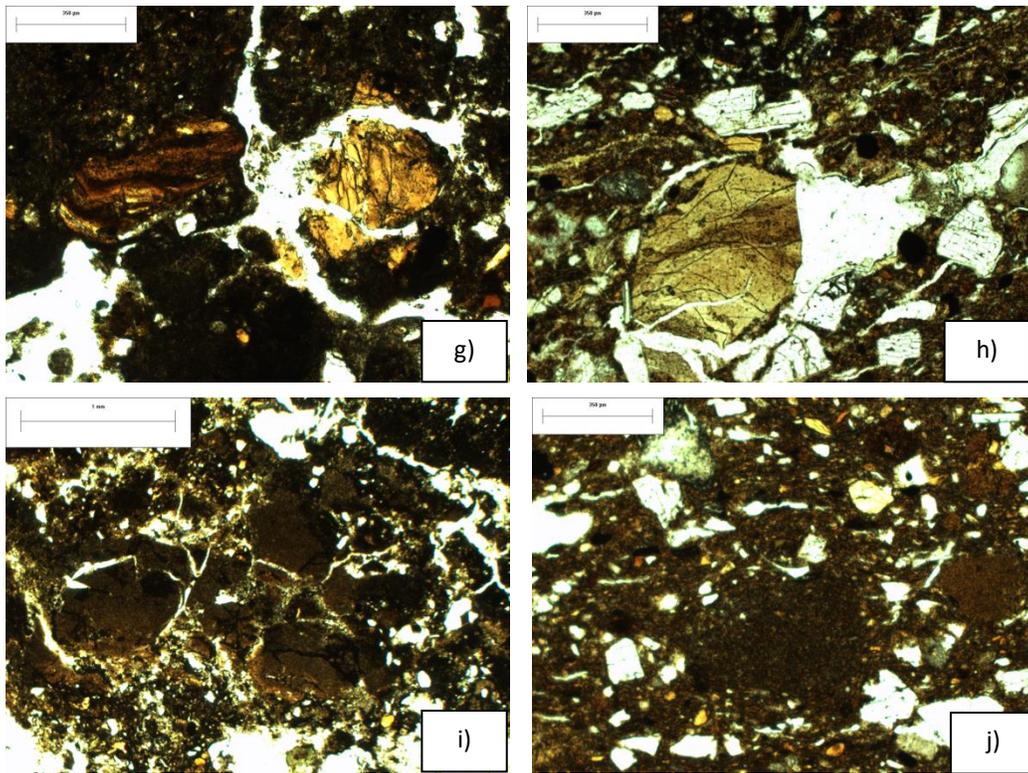


Figura 6.22. Rasgos composición del suelo (columna izquierda) y de la cerámica (columna derecha). a) Esquirla vidrio. Lámina 2 4x LP; b) esquirla vidrio. Fondo primera cocción 4x LP; c) Fragmento roca. Lámina 12 2x NX; d) Fragmento roca. Fondo primera cocción 4x NX; e) nódulo hierro. Lámina 7 2x LP; f) Impregnación hierro. Pared sin cocer 4x LP; g) Fragmentos cutáneos o pápulas. Lámina 11 4x LP; y h) Fragmento cután o pápula. Borde segunda cocción 4x LP; i) Pedosedimento en suelo. Lámina 12 2x LP; y j) Pedosedimento en cerámica. Fondo primera cocción 4x LP

6.4 Micromorfología de la cerámica moderna

6.4.1 Proceso de elaboración de vasija cerámica

Se tomaron 10 muestras de diferentes momentos en el proceso de elaboración de la vasija, de las cuales se realizaron láminas delgadas para estudiar la micromorfología y las modificaciones que pueda presentar. A continuación se presentan los resultados.

Muestra 0: Barro preparado (Figura 6.23). La fábrica se compone de minerales sin clasificar (de diferentes tamaños) que no presentan una orientación preferencial (más visible en las partículas largas), aunque en algunas secciones parece presentar cierta orientación pequeña. Presencia de fragmentos arcillosos de diferente arreglo, ya sea en agregados, en fragmentos de cutáneos o pápulas (de coloración límpida), y en

“geles”. Otros elementos grandes son fragmentos de suelo. La fábrica-b es estriada (sin dirección preferente) y granoestriada. Presencia de MO birrefringente. La porosidad esta representada principalmente por cavidades y fisuras. En algunas partes parece presentar cierta agregación tipo suelo.

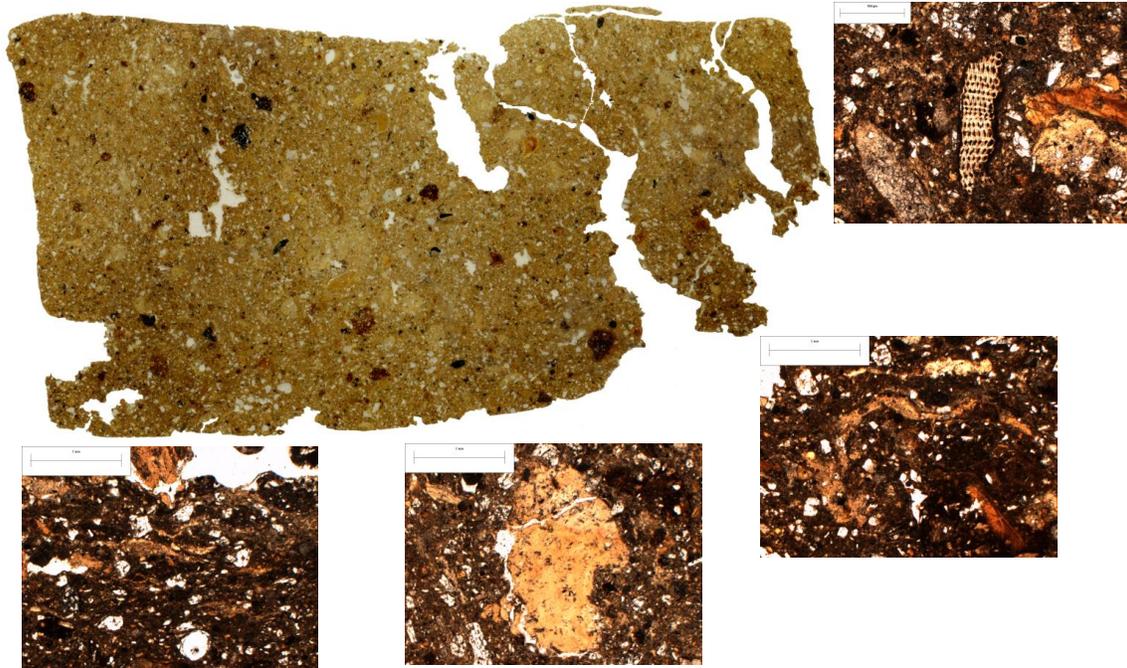


Figura 6.23. Micromorfología muestra 0 barro preparado.

Muestra 1: Sobrante vasija y nuevo barro (Figura 6.24). En general presenta una fábrica similar a la muestra anterior. Presencia de geles gruesos y otros más delgados, pero ahora con cierta orientación, sobre todo vertical. En la parte inferior, de contacto con la superficie de trabajo, muestra una orientación “doblada” en forma de “J”. La orientación general de la fábrica es más evidente. Sigue presentando cierta “estructuración”.

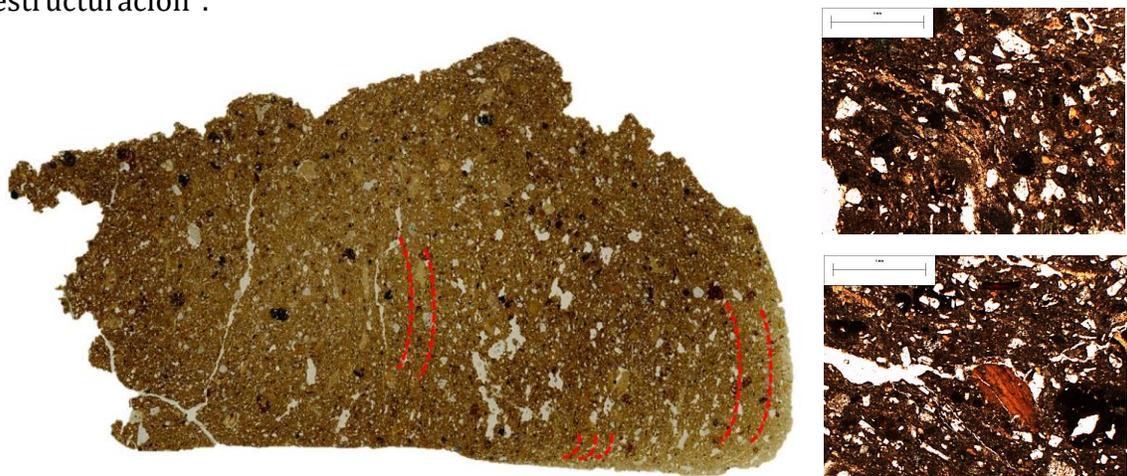


Figura 6.24. Micromorfología muestra 1 sobrante vasija y nuevo barro.

Muestra 2: Amasado homogeneización (Figura 6.25). Aparecen algunos poros más vesiculares, aunque no tan redondeados ni con límites abruptos, probablemente resultado del manejo del barro. La orientación es mucho más evidente (tanto en partículas como con los geles) y es en forma envolvente a la muestra, y perpendiculares a la parte baja (contacto con la piedra). Los geles son de tamaño grueso y algunos finos. Fábrica-b estriada con mayor orientación que la muestra anterior.

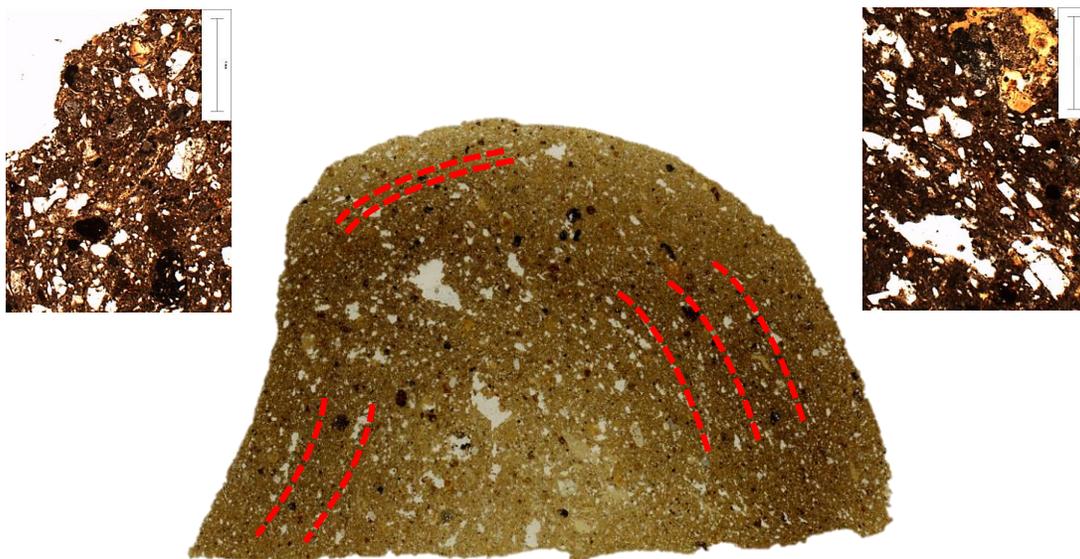


Figura 6.25. Micromorfología muestra 2 amasado homogeneización.

Muestra 3: Tortilla gruesa (Figura 6.26). La orientación general es horizontal, visible con poros, geles y partículas, y en la parte más distal se presenta vertical, un poco redondeada en los extremos. En general los geles son más delgados que en los pasos previos. Presencia de poros fisura perpendiculares a la orientación general (en el ángulo de golpeo del barro); predominan los poros cavidades, algunos alargados y otros más redondeados. Presenta un poro fisural al límite superior, no está en toda la superficie y el grosor es variable, que también está presente en una parte de la parte distal de la muestra.

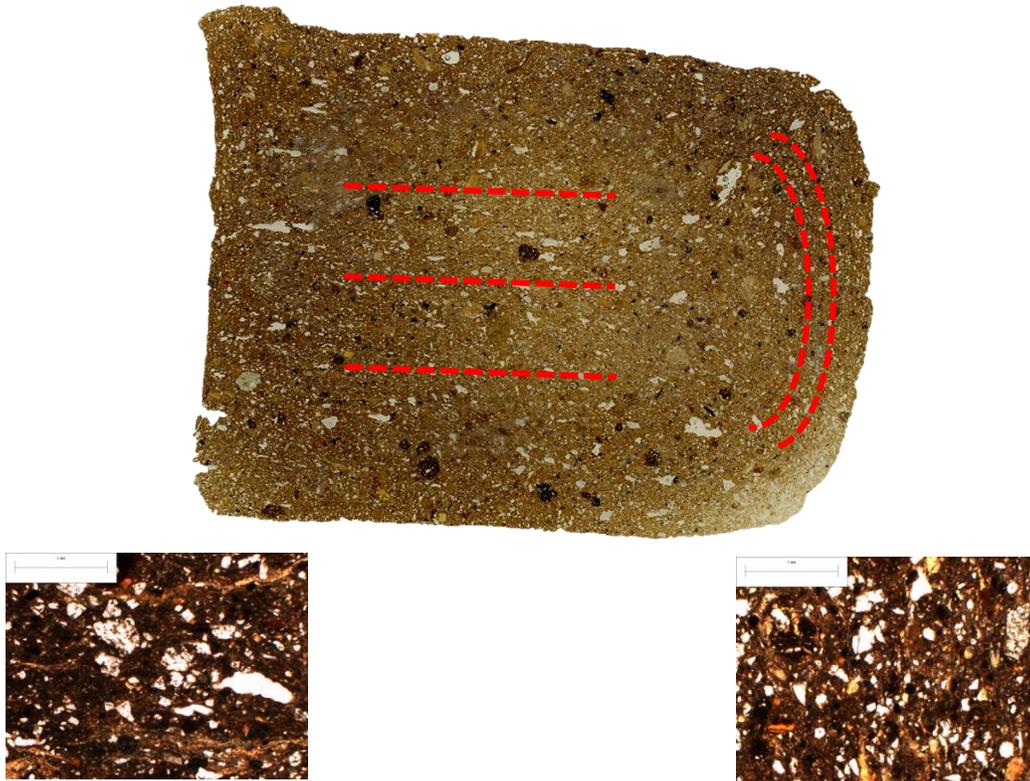


Figura 6.26. Micromorfología muestra 3 tortilla gruesa.

Muestra 4: Tortilla media (Figura 6.27). La orientación vertical-redondeada es más cerrada ("C" invertida), la orientación horizontal se mantiene en poros, partículas y geles. Aumenta la porosidad, principalmente cavidades un poco redondeadas y otras de estrella, pero también ya aparecen canales y algunas fisuras; presenta algunas fisuras verticales a los extremos de la muestra. Presenta tres niveles de impacto con el golpeador, y es visible la modificación del material en los contactos de estos.

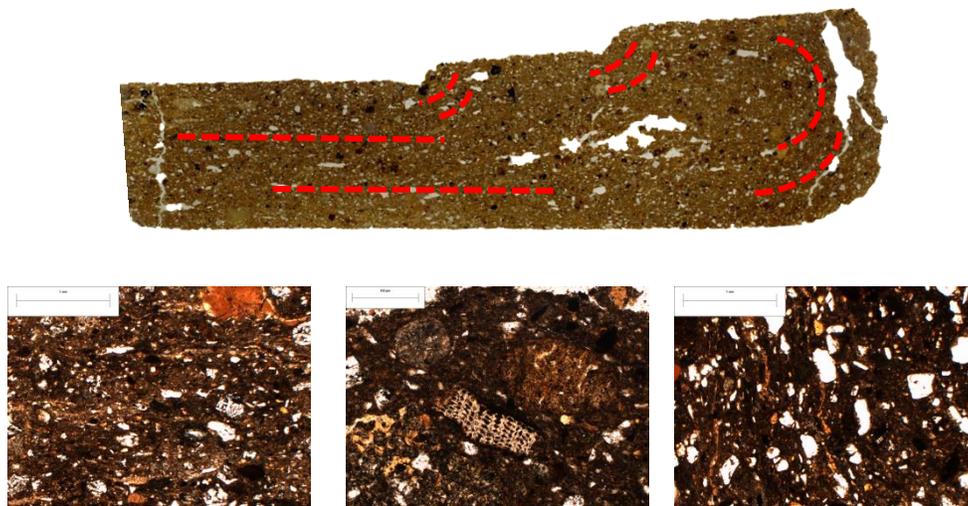


Figura 6.27. Micromorfología muestra 4 tortilla media.

Muestra 5: Tortilla delgada (Figura 6.28). En general los geles son mucho más delgados, aunque aún presenta algunos de grosor medio. La porosidad disminuye en tamaño, se conservan cavidades vesiculares y alargadas con orientación horizontal, y fisuras sin orientación preferencial sobre todo hacia la parte distal. Continúa la orientación horizontal y vertical de las fases anteriores.

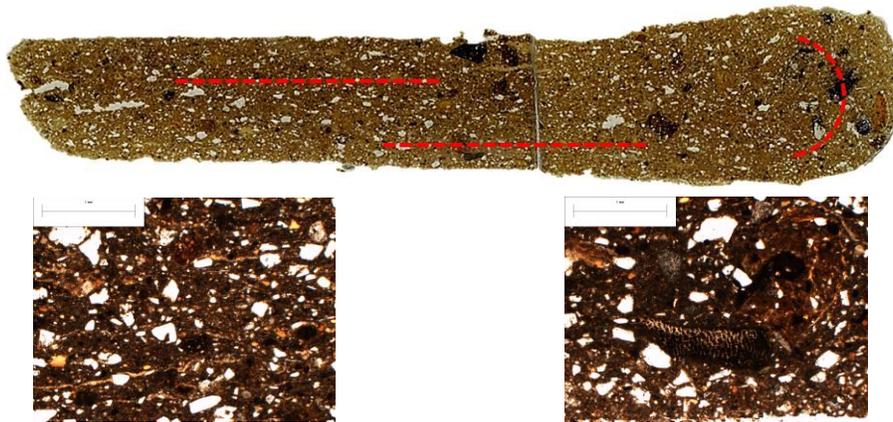


Figura 6.28. Micromorfología muestra 5 tortilla delgada.

Muestra 6: Parche pared (Figura 6.29). Diferencia de orientaciones entre cuerpo de vasija y parche, esta última presenta una orientación circular diferente al resto de la vasija. No hay una evidencia clara del límite del parche con el cuerpo de la vasija, en un segmento aparece un poro tipo fisura que podría ser interpretado como otra cosa. Presencia de geles alargados y otros en formación (en parche). Los límites están mucho más definidos, sobre todo al interior de la vasija, que corresponde con el contacto del molde. Predominan los poros alargados, tipo canal, hay algunos de tipo cavidad/vesícula y más hacia el cuerpo de la cerámica se encuentran segmentos definidos por poros tipo fisura perpendiculares al cuerpo (al menos cinco), sin embargo se ve la continuidad de los rasgos.

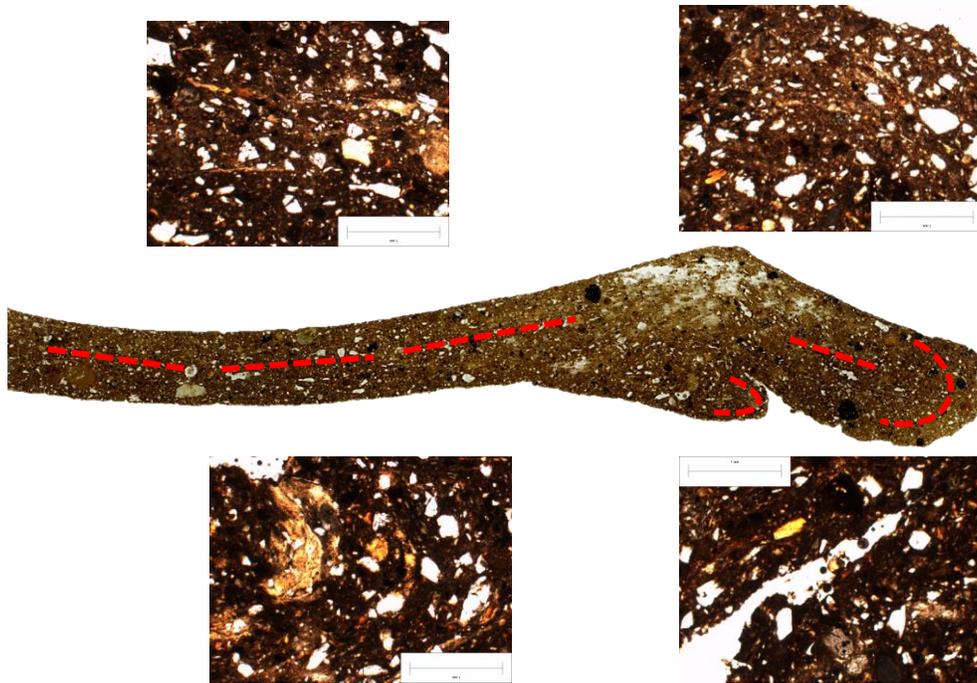


Figura 6.29. Micromorfología muestra 6 parche pared.

Muestra 7: Parche borde (Figura 6.30). No hay diferencia clara entre el arreglo de la vasija y el del parche. Se mantiene la orientación horizontal en el cuerpo y redondeada en el borde. Presencia de poros tipo fisura, tanto paralelos como perpendiculares. Los límites están más definidos. En algunas partes no parece haber presencia de geles, son muy delgados.



Figura 6.30. Micromorfología muestra 7 parche borde.

Muestra 8: Pared alisado (Figura 6.31). Aparece una capa fina de arcilla al exterior, resultado del alisado, con fábrica-b estriada y alta birrefringencia. El cuerpo es más delgado que la pared/borde. Continúan los poros tipo cavidad, algunos alargados y otros redondeados; los poros tipo fisura se encuentran paralelos y perpendiculares a la forma. Evidencia de formación de geles en estructura tipo galaxia. En el borde ya no se presenta esta orientación en forma de “C”, resultado del corte de material generando las “rebabas” de la muestra 10, ahora toda la orientación es horizontal.

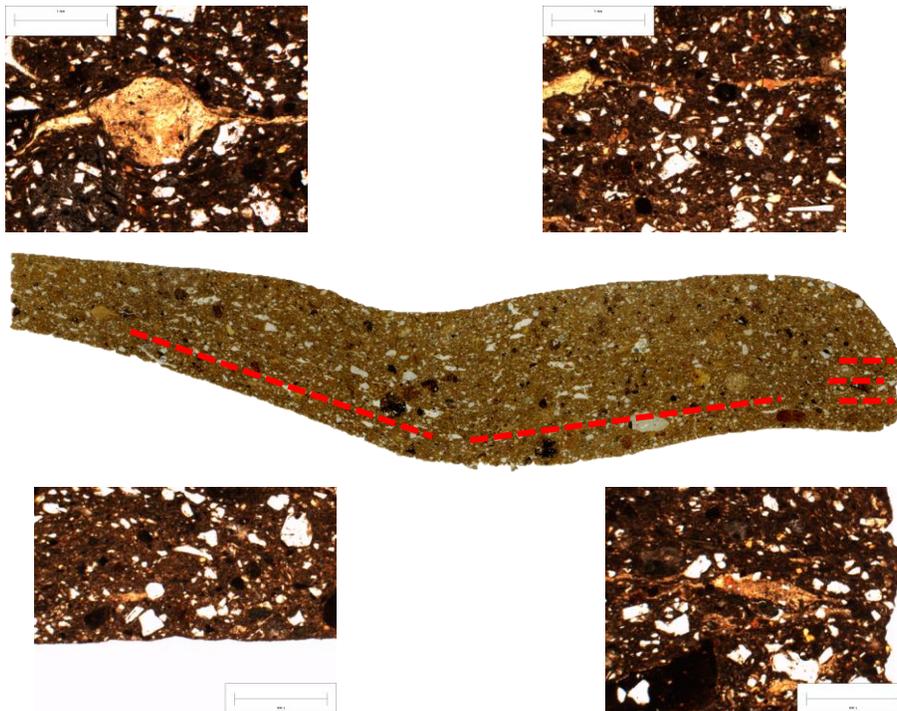


Figura 6.31. Micromorfología muestra 8 pared alisado.

Muestra 9: Base alisado (Figura 6.32). Similar a la muestra anterior. La matriz parece más compacta, disminuye el tamaño de los poros. Es igual de delgado que el cuerpo inferior de la muestra anterior.

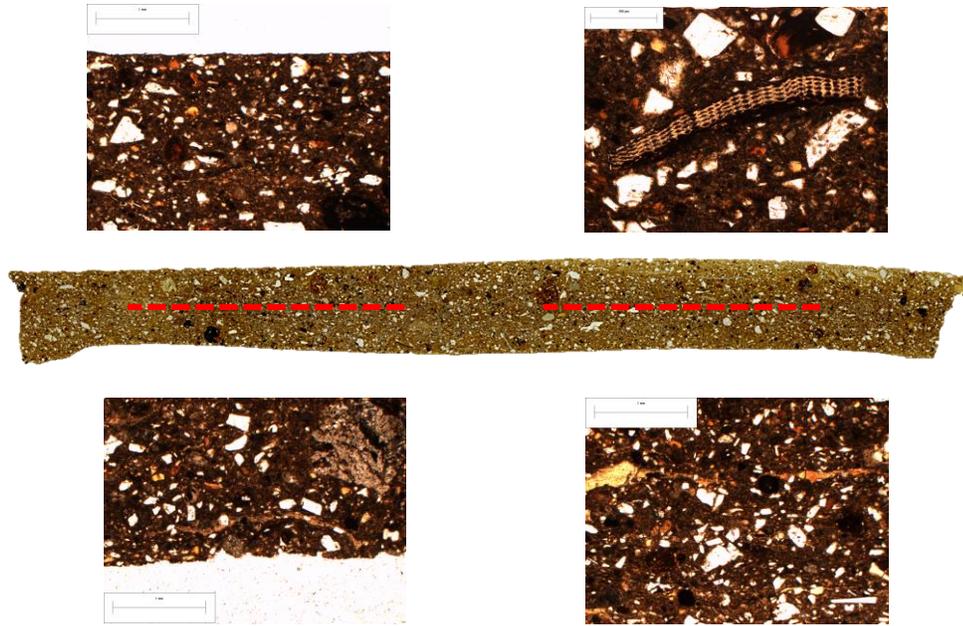


Figura 6.32. Micromorfología muestra 9 base alisado.

Muestra 10: Rebabas (Figura 6.33). Presenta una gran cantidad de geles horizontales, paralelos al límite de la muestra, sin embargo, esta muestra es “perpendicular” a las muestras anteriores. Los poros se encuentran alineados con los geles y el tipo predominante son cavidades y canales.

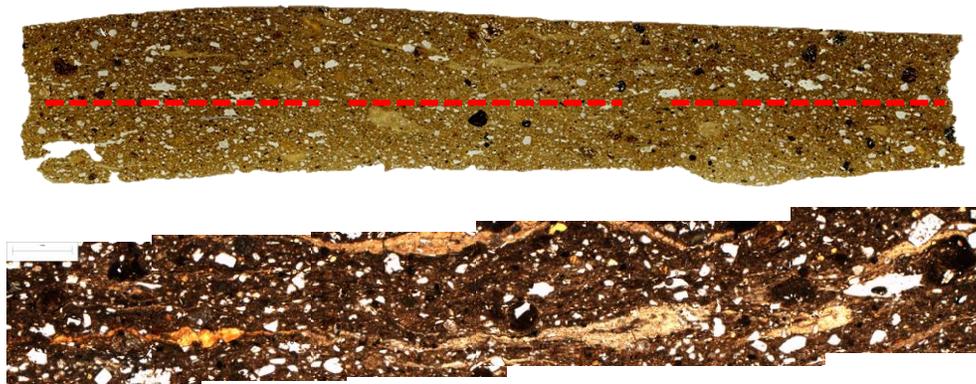


Figura 6.33. Micromorfología muestra 10 rebabas.

6.4.2 Partes vasija pre y post cocción

Se analizaron las zonas del borde, pared, pared+borde y el fondo de una vasija sin cocer, una con una cocción (bizcocho) y una con dos cocciones (vidriado). Las

principales preguntas a contestar eran si existía una diferencia de fábrica en cada sección de la vasija, así como las diferencias resultado de la cocción de la cerámica en dos momentos diferentes: primera y segunda cocción.

Micromorfológicamente no existe una diferencia marcada entre las diferentes partes de cada vasija (Figura 6.34), salvo el grosor del cuerpo que es menor hacia la parte baja del cuerpo y fondo y mayor en la parte alta del cuerpo y borde. La fábrica general se compone de arcilla (“geles”, agregados de arcilla y fragmentos cutáneos o pápulas), poros (cavidades, canales, fisuras y algunas vesículas) y diferentes partículas gruesas (fragmentos de roca, minerales, vidrio volcánico y restos de suelo); su arreglo es similar a la presente en últimas las muestras del proceso productivo, es decir, presenta una alineación paralela a los bordes del fragmento estudiado.

La relación g/m/f esta entre 1/2/7 y 1/3/6, indicando la predominancia de partículas finas por debajo de .09 mm; mientras que las partículas más grandes son de alrededor de 1 mm pero su aparición es escasa. La distribución es tipo Porfirica doble-simple.

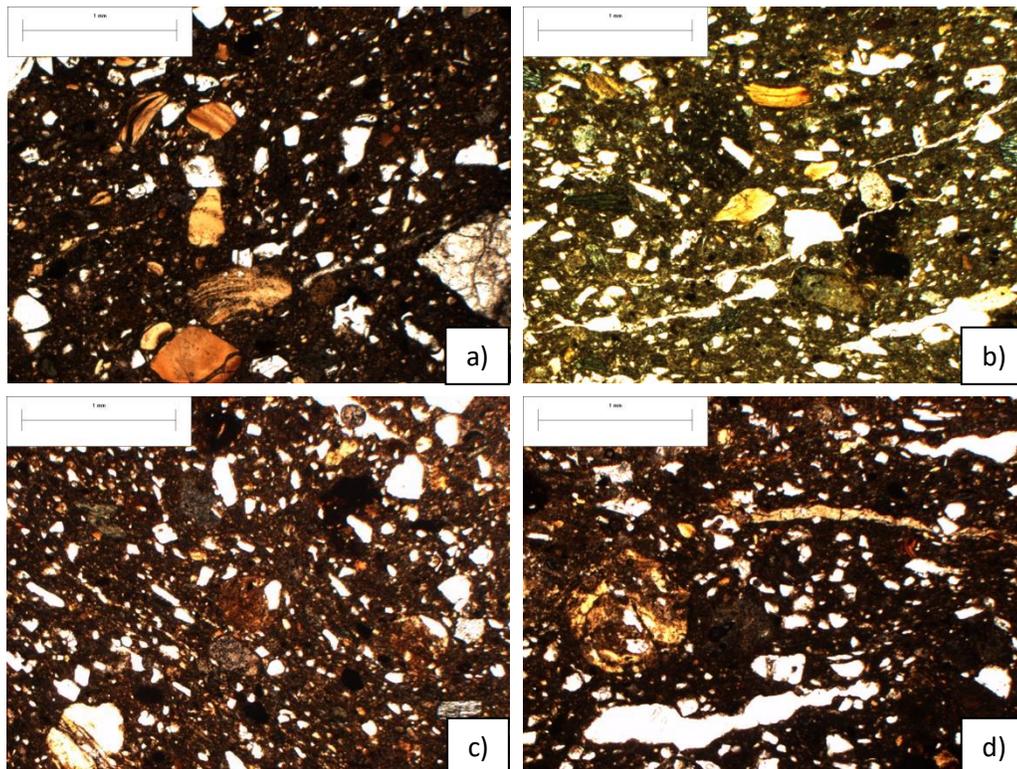


Figura 6.34. Matriz similar entre cada vasija SIN COCER: a) Borde; b) Pared; c) P+F y d) Fondo.

El tipo de poros también es consistente en las diferentes partes de cada vasija, la única diferencia es la presencia de poros vesiculares incipientes en los fondos de la primera y segunda cocción, estos son tamaño pequeño y aunque ya hay evidencia de los mismos en el proceso productivo no son tan redondeados y pequeños como éstos, lo cual lleva a pensar que si son resultado de la cocción y no del trabajo del barro (Figura 6.35).

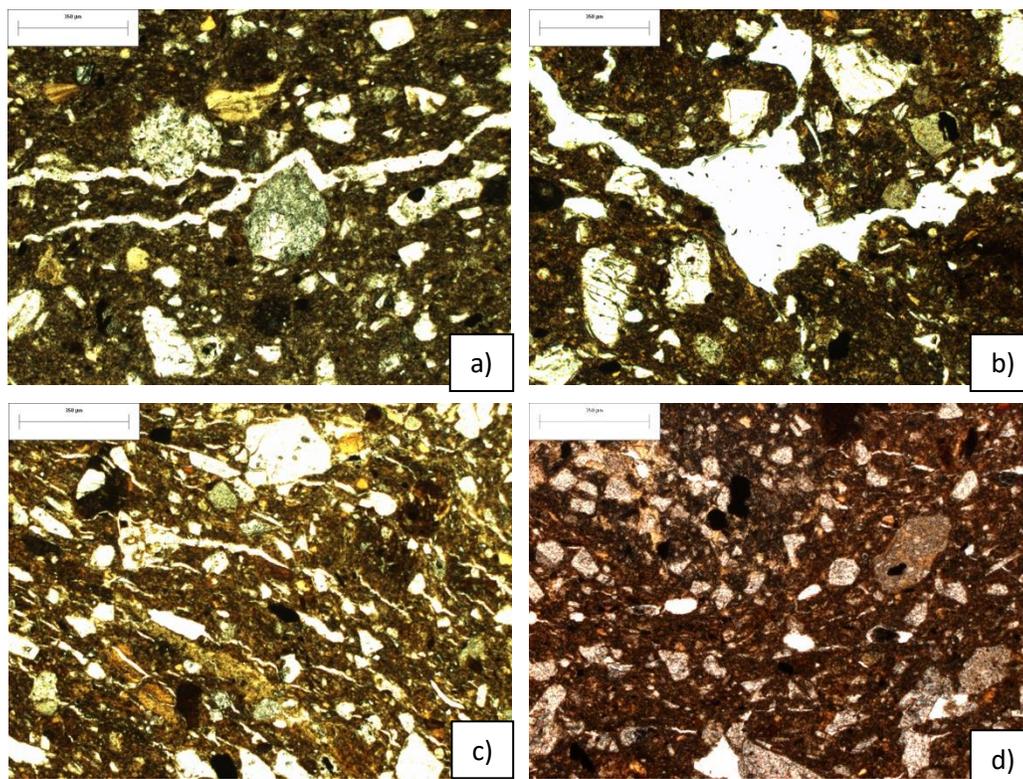


Figura 6.35. Tipos de poros presentes: a) Canales 4x LP; b) Cavidades 4x LP; c) Fisura 4x LP; y d) Vesículas 4x LP.

La Fábrica-b predominante es la estriada, en algunos casos granoestriada incipiente, seguida de la moteada por la presencia de pequeños agregados de arcilla, cabe mencionar que hay una disminución de la birrefringencia al momento de la cocción, por lo que la mayor birrefringencia se encuentra en la vasija sin cocer, la 1er cocción presenta una disminución de la parte externa hacia el centro (estructura de sándwich), y la segunda cocción ya tiene la disminución pareja en toda el cuerpo de la vasija (Figura 6.36).

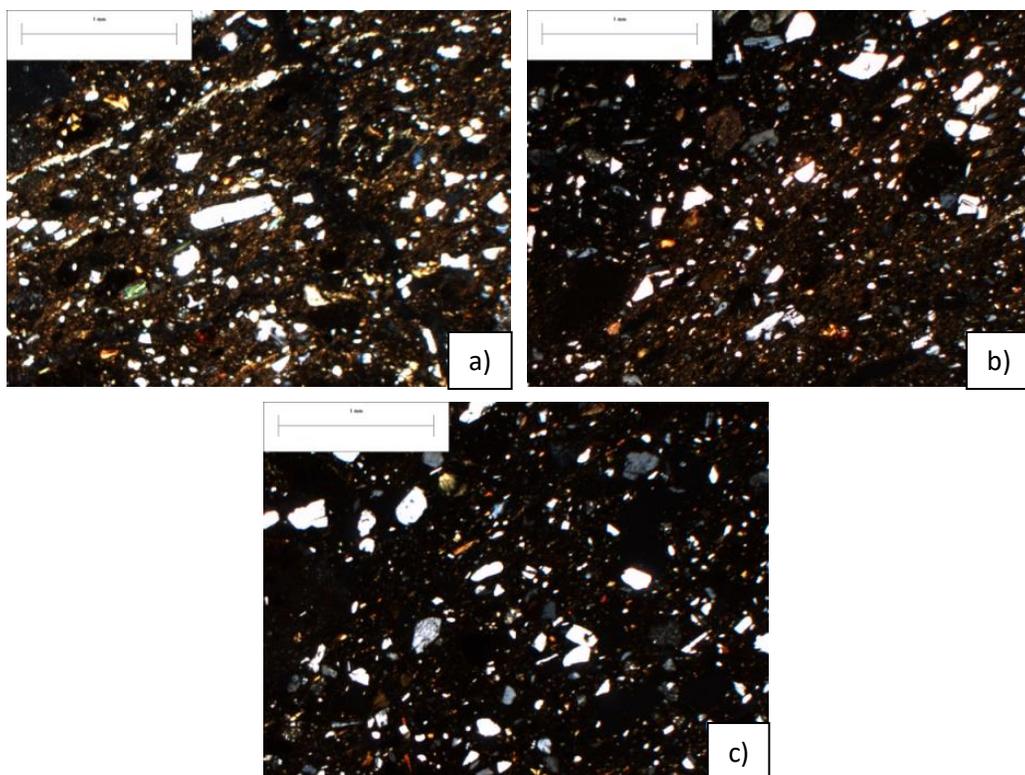


Figura 6.36. Birrefringencia pre y post cocción: a) Sin cocer. Fábrica estriada; b) primera cocción. Fábrica estriada la parte central de la cerámica; y c) segunda cocción. Fábrica estriada desaparece.

En cuanto a la variabilidad en la composición de cada vasija en sus diferentes partes se encontró que las proporciones de fracción fina, gruesa y porosidad son constantes con un rango de diferencia máxima de 5%. Para la muestra sin cocer la porosidad va de 8 a 12%, la fracción gruesa de 27 a 30%, y la fracción fina de 60 a 64%. Para la muestra de la primera cocción la porosidad va de 12 a 15%, la fracción gruesa de 25 a 29%, y la fracción fina de 57 a 62%. Por último para la muestra de la segunda cocción la porosidad esta entre un 18 y 19%, la fracción gruesa de 26 a 31%, y la fracción fina de 51 a 56% (Tabla 6.3).

%	SB	SP	SP+F	SF	1 B	1 P	1 P+F	1 F	2 B	2 P	2 P+F	2 F
Porosidad	9	12	8	9	15	13	12	13	19	18	18	19
F. G.	27	28	30	27	28	26	29	25	26	31	26	28
F. F.	64	60	62	64	57	61	59	62	55	51	56	53

Tabla 6.3. Composición porcentual de la Porosidad, Fracción Gruesa y Fracción Fina. B: Borde; P: Pared; P+F: Pared y Fondo; F: Fondo. S: Sin cocer; 1: primera cocción; 2: segunda cocción.

Si se compara ya no dentro de cada vasija, sino en diferentes momentos pre y post cocción es posible ver un aumento general en la porosidad, mientras que la fracción fina disminuye y la fracción gruesa se mantiene. Esto se explica por la contracción del material y el colapso de la estructura arcillosa predominante en la fracción fina, que conlleva a un incremento en los poros de tipo fisura (Figura 6.37).

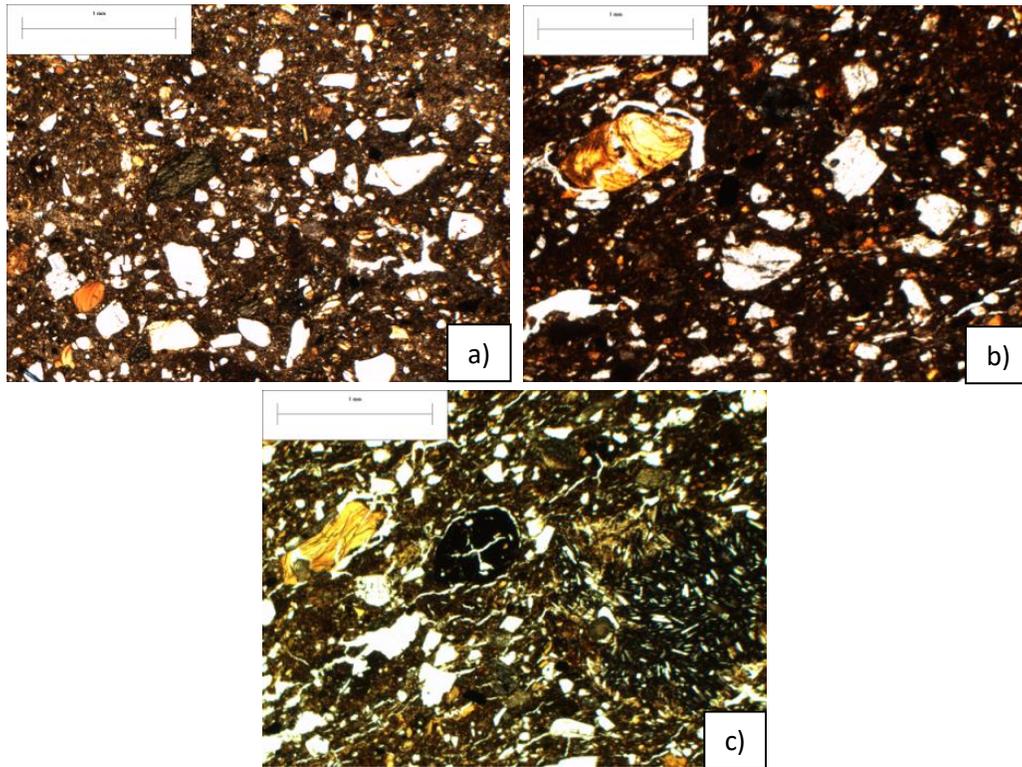
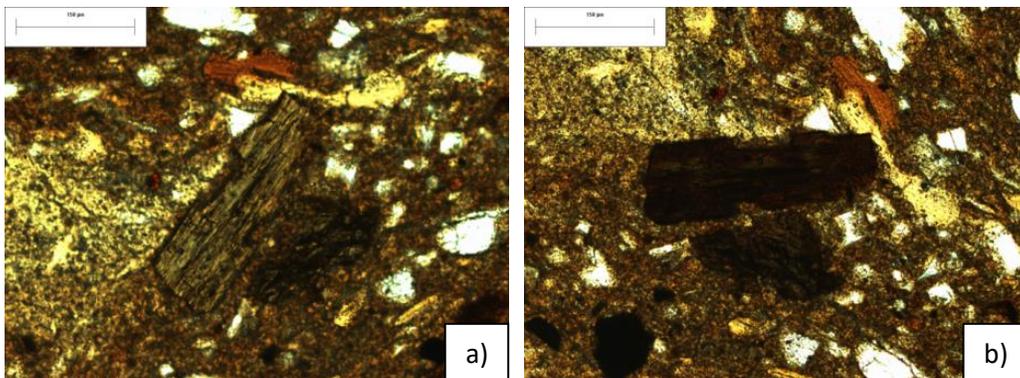


Figura 6.37. Aumento en porosidad tipo fisura: a) sin cocer 2x LP; b) primera cocción 2x LP; y c) segunda cocción 2x LP.

En cuanto a la variabilidad de la proporción en los componentes minerales y otros elementos gruesos presentes, se tiene un comportamiento muy similar, con diferencias en un rango no mayor al 3% (Tabla 6.4). La diferencia más notable es la aparición de oxihornblendas post cocción (primera y segunda cocción), primero con la aparición de anillos de oxidación en las orillas de las partículas minerales y posteriormente afectando la totalidad del grano mineral (Figura 6.38).

%	SB	SP	SP+F	SF	1B	1P	1P+F	1F	2B	2P	2P+F	2F
F. Rocas	3	4	4	2	5	4	5	4	3	7	5	4
Vidrio Volcánico	1	2	3	2	1	2	1	2	2	2	1	2
Opacos	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Plagioclasas	5	5	4	5	5	4	5	4	5	3	4	4
Feldespatos	2	2	2	2	1	2	2	2	2	4	2	2
Anfíboles	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3
Piroxenos	2	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2	1
SiO2 limos	5	5	7	4	5	3	4	4	3	4	4	5
Verdes limos	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	3
Cuarzo	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2
Frag. suelo	5	4	3	2	5	5	3	5	5	4	5	3
Pápulas	3	3	2	3	4	6	4	4	3	3	4	4
Agregados arcilla	3	3	4	4	2	3	4	3	2	2	3	3

Tabla 6.4. Porcentajes de los principales componentes minerales y elementos heredados del suelo.



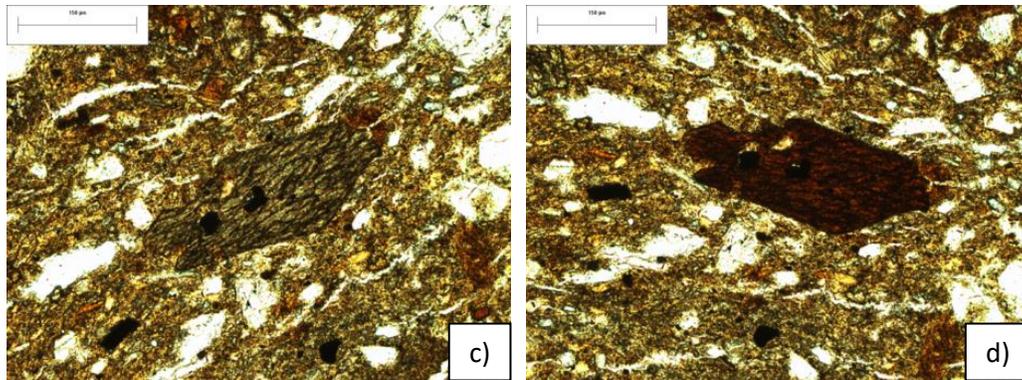


Figura 6.38. Oxidación de la Hornablenda a Oxihornablenda: a y b) primera quema oxidación en anillos 10x LP; y d y e) segunda quema oxidación total 10x LP.

6.5 Análisis Petrográfico de la Cerámica Arqueológica

El primer paso dentro del estudio de la cerámica arqueológica fue la elaboración de un catálogo del material recuperado, en el que se analizaron y clasificaron los fragmentos (el catálogo de las piezas se encuentra en el ANEXO 1). El material es predominantemente Matlatzinca y se compone de cajetes (bordes, cuerpos y fondos), Molcajetes (cuerpo y fondo) y un asa.

En la Tabla 6.5 se presentan las características de la cerámica analizada, seguida de una breve descripción:

# Lamina	Grupo	% Poros	% F. Gruesa	% F. Fina	POROS				MICROMASA			
					Cavidades	Canales	Fisura	Vesiculares	Distribución relacionada	Relación g/m ³	Ópticamente activa	Fabrica-b
1	Fina	15	29	56	SI	SI	SI	SI	DOBLE	1/1/8	DEBIL	MOTEADA.
2	Arcilla	15	29	56	SI		SI	SI	DOBLE/ABIERTA	1/3/6	SI	MOTEADA. GRANOESTRIADA. A. ESTRIADA.
3	Estriada roja	13	34	53	SI	SI	SI		ABIERTA	2/2/6	SI	MOTEADA. ESTRIADA.
4	Estriada roja	15	27	58	SI	SI	SI		DOBLE/SIMPLE	1/3/6	SI	MOTEADA. ESTRIADA.
5	Opaca	15	27	58	SI	SI	SI	SI	DOBLE/SIMPLE	1/3/6	NO	
6	Opaca	13	28.5	58.5	SI	A CAVIDADES	SI		DOBLE/SIMPLE	2/3/5	DEBIL	MOTEADA. ESTRIADA.
7	Arcilla	17	26.5	56.5	SI	SI	SI		DOBLE	3/2/5	SI	MOTEADA. ESTRIADA.
8	Opaca	13	29	58	SI	A CAVIDADES	SI		SIMPLE	1/4/5	NO	
9	Estriada roja	18	29	53	SI	A CAVIDADES	SI		SIMPLE/DOBLE	1/5/4	SI	MOTEADA. ESTRIADA.
10	Arcilla	13	29	68	SI	SI	SI		SIMPLE/DOBLE	2/3/5	SI	ESTRIADA.
11	Estriada roja	12	36	52	SI	SI	SI		SIMPLE	3/3/4	SI	MOTEADA. ESTRIADA.
12	Opaca	12	26	62	SI	SI	SI	SI	SIMPLE	2/3/5	DEBIL	ESTRIADA.
13	Opaca	14	29	57	SI	SI	SI	SI	SIMPLE	2/3/5	NO	

Tabla 6.5. Caracterización cerámica arqueológica.

% INCLUSIONES		% MINERALES								% RESTOS SUELO			
F. ROCAS	VIDRIO VOLCANICO	OPACOS	CUARZOS	PLAGIOCLASAS	FELDESPATOS	ANFIBOLES	PIROXENOS	SiO2 limo	Verde limos	FRAG. SUELO	CUTANES o PAPULAS	AGREGADOS DE ARCILLA	OxFe
5	3	3	2	5	2	3	1	5		3	-	.5	1
3	5	1	3	5	2	4	2	2	2	1	3	5	2
7	3	1	2	6	2	4	2	5	2	-	1	1	1
5	1	1	2	5	2	2	2	5	2	1	4	3	1
2	1	1	2	5	2	4	2	5	3	-	.5	2	2
4	.5	1	3	5	2	3	2	5	3	-	1	2	2
8	-	2	2	4	1	2	1	5	1.5	-	4	4	3
5	1	2	2	5	2	3	1	6	2	-	1	1	1
5	1	1	3	5	2	4	2	4	2	-	2	3	1
5	2	2	2	4	2	3	1	5	3	-	2	2	3
3	2	2	3	7	3	5	3	5	3	-	2	2	1
4	1	2	1	4	1	3	1	5	4	-	2	1.5	5
4	1	1	3	5	2	3	2	5	3	-	1	1.5	3

Tabla 6.5. Caracterización cerámica arqueológica (continuación).

Se realizó una agrupación de las cerámicas estudiadas, en cuatro grupos, en función de la característica más destacada al interior de la composición general de la pasta (la fábrica):

- Fina. Se compone de solo una muestra: Lámina 1. Su principal característica es su granulometría fina, contrastante con el resto de las cerámicas analizadas (Figura 6.36 a).
- Arcilla. Se compone de tres muestras: Lámina 2, 7 y 10. Este grupo se define por su alto contenido arcilloso en la matriz, con una fábrica-b moteada, estriada y granoestriada, y como elementos independientes en forma de agregados de arcilla y fragmentos de cutáneos o pápulas (Figura 6.39 b).
- Estriada Roja. Se compone de cuatro muestras: Lámina 3, 4, 9 y 11. Es similar al anterior al contar con una fábrica-b moteada y estriada, pero no cuenta con la misma proporción de agregados de arcilla y fragmentos de cutáneos o pápulas, y presenta una coloración rojiza en la matriz (Figura 6.39 c).
- Opaca. Se compone de cinco muestras: Lámina 5, 6, 8, 12 y 13. Su principal característica es su matriz opaca con una fábrica-b indiferenciada a débil (Figura 6.39 d).

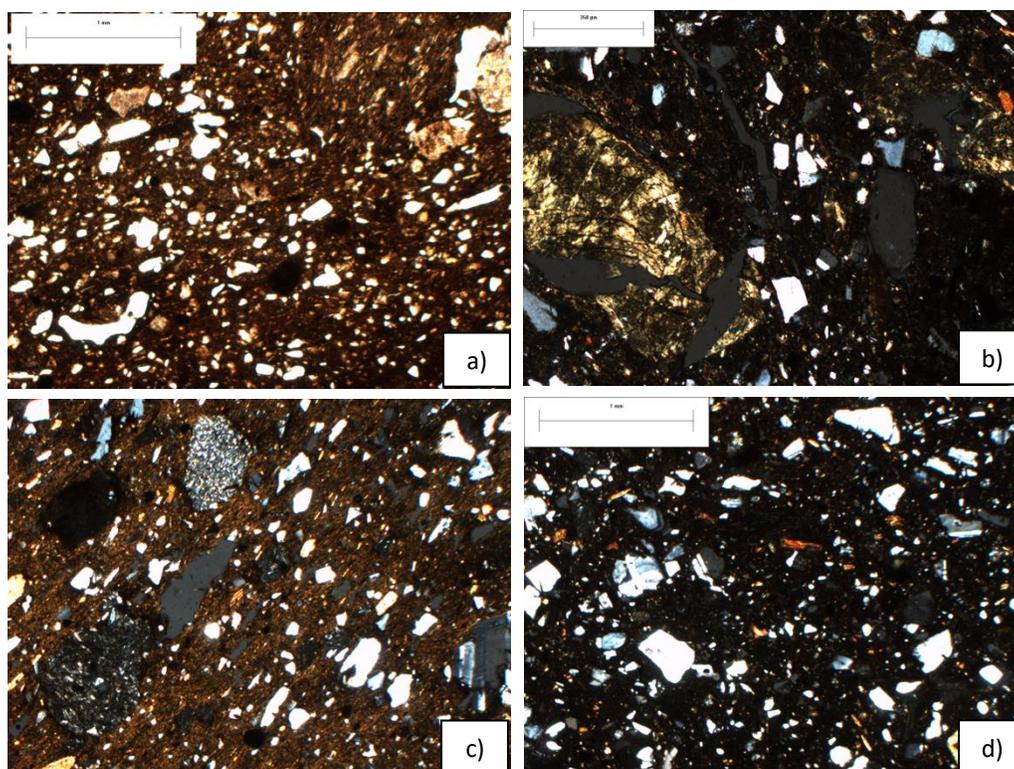


Figura 6.39. Grupos cerámica arqueológica: a) Fina. Lámina 1 2x LP; b) Arcilla. Lámina 7 4x NX; c) Estriada Roja. Lámina 3 2x NX; d) Opaca. Lámina 5 2x NX.

Estos grupos no presentan una diferenciación entre ellos más allá de la mencionada como la característica principal para su agrupación. Las tres principales fracciones se distribuyen de la siguiente manera: la porosidad va de 12 a 18%, la fracción gruesa va de 26 a 36% y la fracción fina de 52 a 68%.

La distribución relacionada es Porfirica y se encontraron los siguientes casos: 1) Abierta. Lámina 3; 2) Simple. Lámina 8, 11, 12 y 13; 3) Doble. Lámina 7 y 1; y 4) Doble/simple o Simple/doble. Lámina 2, 4, 6, 9 y 10. En cuanto a la *relación g/m/f* predominan las partículas finas, seguidas de las medias, y las gruesas son escasas y de naturaleza cambiante, en algunos casos corresponden a fragmentos rocosos y en otros son elementos arcillosos (agregados arcilla y fragmentos de cutánes o pápulas). En promedio las partículas gruesas se encuentran cercanas a .5 mm y hasta 1 mm, mientras que las medianas se encuentran por debajo de .5 y hasta .1 mm, y las finas se encuentran por debajo de .1 mm y hasta .04 mm.

Los poros son de tipo: Fisuras, Cavidades, Canales y Vesículas, siendo los más frecuentes las fisuras, seguidos de las cavidades y canales, mientras que los menos fueron las vesículas; en cuanto a sus tamaños varían según el tipo, tomando su eje principal se tiene los siguientes tamaños: 1) Vesículas. Alrededor de .2 mm con casos aislados de hasta .9 mm; 2) Cavidades. Alrededor de .5 mm, desde .1 mm hasta 3 mm; 3) Canales. Alrededor de .6 mm, desde .4 mm hasta 2 mm; y 4) Fisuras. Alrededor de .2 mm, desde .1 mm hasta .8 mm.

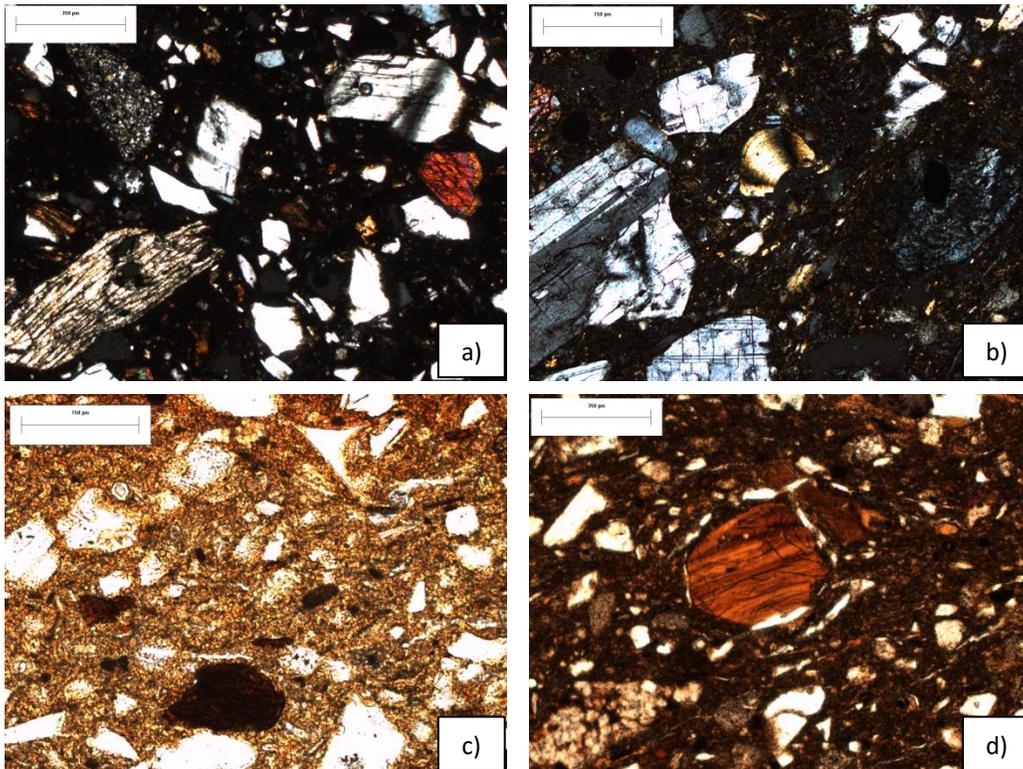
En la fábrica-b se encontraron principalmente los tipos Moteados y Estriados, con algunas grano-estriados y poro-estriados incipientes, así como fábricas indiferenciadas.

Dentro de los *componentes gruesos*, el principal elemento son los minerales, los cuales presentan cierta homogeneidad y cuya composición remite a un ambiente volcánico máfico a intermedio semejante al encontrado cercano al Nevado de Toluca y la zona de estudio. Su orden de aparición son las plagioclasas de composición intermedia seguidas de anfíboles, feldspatos K, piroxenos, cuarzos y minerales opacos (Figura 6.40 a), también se cuantificaron minerales cuyo tamaño no permitió identificarlos certeramente, estos se reportan en la tabla de resultados como SiO₂ en limos y verdes en limos (alrededor de .06 mm). Algunos de los minerales presentan intemperismo incipiente, sin embargo son más comunes los minerales con vidrio sobre los mismos y esta capa puede presentar óxidos de hierro y arcillas (Figura 6.40 g).

Uno de los principales componentes fueron los fragmentos rocosos, llegando a ser el componente principal en algunas de las muestras (Figura 6.40 a y e); también es uno de los de mayor tamaño. Los fragmentos de vidrio vesicular en forma de esquirlas son comunes (Figura 6.40 c), aunque en bajas proporciones, sus tamaños van desde muy finos hasta algunos casi del mismo tamaño de las partículas más gruesas. En algunos casos se encontraron fitolitos.

En el caso de los remanentes de suelo la arcilla se presentó de manera importante, en forma de fragmentos de cutánes o pápulas y como agregados de arcilla (Figura 6.40 b y c); cabe mencionar que la arcilla se presentó con una gran variabilidad, con alta y baja birrefringencia así como límpida y “sucia” con presencia de limos, y en algunos casos impregnada con óxidos de hierro.

Las impregnaciones de hierro también fueron sobresalientes, algunas de estas sobre fragmentos de suelo (Figura 6.40 f), posiblemente lo que les da cohesión y permite persistan durante el procesamiento de la materia prima para la elaboración del barro; y algunas otras in situ y con diferentes niveles de impregnación (de débil a fuerte).



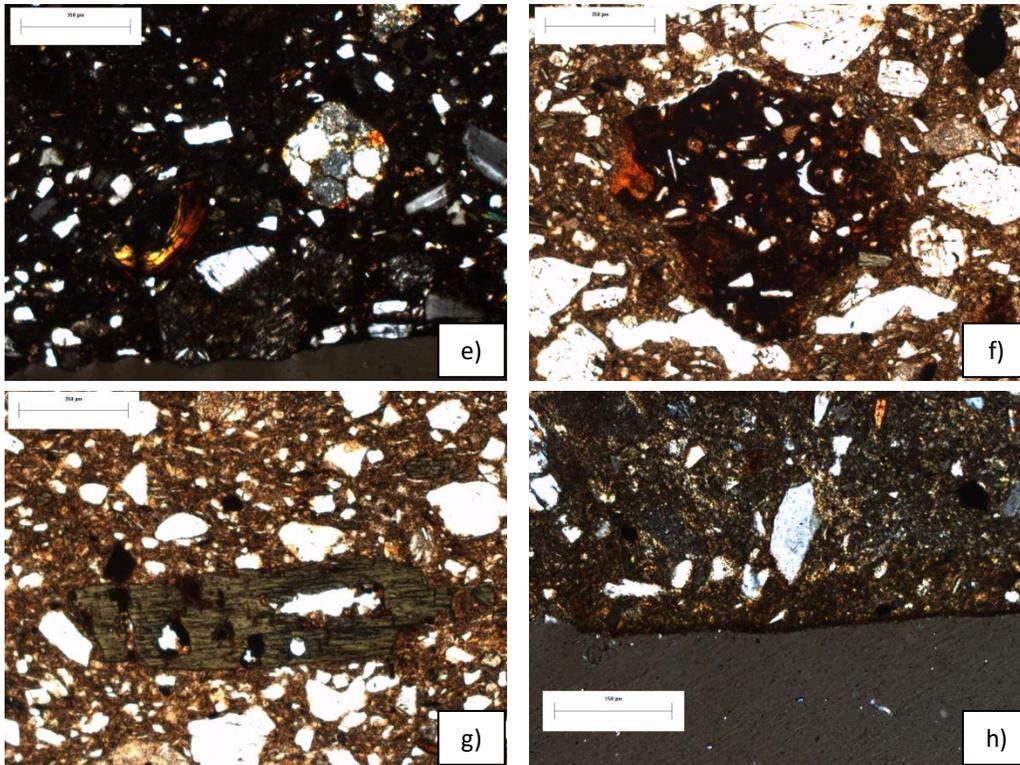


Figura 6.40. Composición general: a) Fragmento rocoso, piroxeno, anfíbol, plagioclasa y cuarzo. Lámina 13 4x NX; b) Fragmento cután o pápula, Plagioclasa y anfíbol. Lámina 11 10x NX; c) Vidrio volcánico y fitolitos. Lámina 1 10x LP; d) Fragmento cután o pápula con óxidos hierro. Lámina 7 4x LP; e) Fragmento rocoso y arcilla. Lámina 8 4x NX; f) Impregnaciones óxidos hierro. Lámina 10 4x LP. g) Anfíbol intemperizado. Lámina 10 4x LP; h) Limite con engobe. Lámina 7 10x NX.

Capítulo 7. Discusión

Un comentario importante alrededor del estudio de las muestras trabajadas es que existe cierta variabilidad entre las mismas, pues todas son de “distintos barros”, en el sentido de que provienen de “tandas” de barro de elaboradas en diferentes momentos (días) y no se trata de una sola y única muestra que paso por todo el proceso productivo y por las dos cocciones; esto no impide realizar inferencias, pero es importante tenerlo en cuenta pues las muestras no son comparables al 100%.

7.1 Suelo como Materia Prima de la Cerámica (Herencia y modificación de Pedorascos)

La comparación de las láminas delgadas, así como la mineralogía mediante DXR en Roca total (Figura 7.1) y Magnetismo de Rocas confirmó que el material procedente del Perfil Las Cruces, el material presente fuera de la casa del alfarero y el barro utilizado para la elaboración de las vasijas, son el mismo. Posterior a esta confirmación la tarea se centró en entender cuáles fueron las modificaciones a esta materia prima (el perfil de suelo) para la elaboración del barro y con esto, cuáles son los pedorascos y elementos que se heredan del suelo a la cerámica y cuales son formados durante la elaboración de la cerámica.

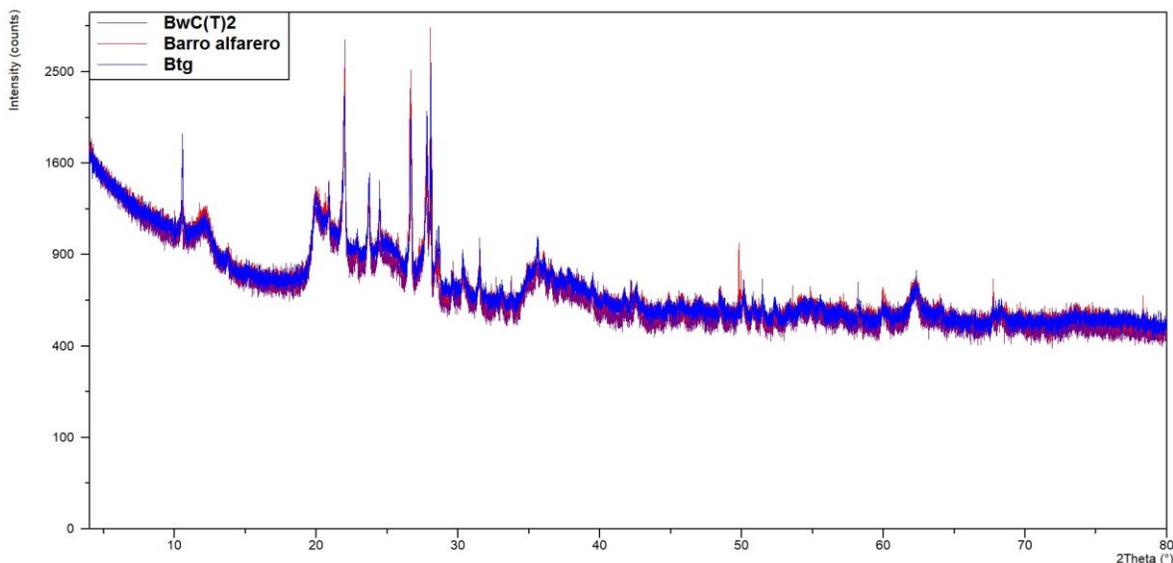


Figura 7.1. DXR en Roca Total. Comparación de muestras horizontes de suelo y barro alfarero, donde es visible la composición homogénea de las muestras.

Las mayores modificaciones se presentan en la mezcla del material, pues dentro de la cerámica se pueden apreciar rasgos de diferentes horizontes del suelo. Los horizontes 2B(t)C2 y 4Btg son los más similares micromorfológicamente a los terrones del alfarero estudiados y se encuentran dentro de los horizontes con mayor concentración de arcilla, tanto formada *in situ*, así como fragmentos redepositados (fragmentos de cutánes o pápulas y agregados de arcilla fragmentados y a menudo redondeadas). Los horizontes 3BwC y 4Btg son los más arenosos; el 3BwC es el que presenta mayor representatividad de granos minerales de todo el perfil. Comparando con la proporción entre arenas, limos y arcillas, los horizontes más similares son: BwC, 2BA y 2B(t)C2, la principal diferencia es una mayor cantidad de arcilla en el barro y diferente proporción de arenas y limos, a veces mayores o menores dependiendo el horizonte.

La heterogeneidad de los horizontes y capas que componen el perfil de suelo propician un barro con las correctas proporciones entre fracción fina y gruesa, evitando la necesidad de agregados de cualquier tipo (antiplásticos y/o plásticos). Se podría pensar que la mezcla de estos componentes es de manera natural pues no se trata del uso de un solo horizonte, como en otros casos, sino en la mezcla de horizontes y capas no relacionadas en su formación (pedogénesis diferente).

Cabe mencionar que los tamaños de partículas minerales y fragmentos líticos, presentes tanto en el suelo como en la cerámica son similares, salvo en el caso de las gravas, lo cual conlleva a pensar en un trabajo mínimo de “limpieza”, y apoya la idea de un suelo con buenas propiedades para la elaboración de barro. La Tabla 7.1 muestra un rango de los tamaños de estas partículas minerales y fragmentos líticos.

Horizonte suelo (2B(t)C2)	Horizonte suelo (3BwC)	Barro alfarero	Fragmento Cerámica actual
1.83	2.11	.831	1.29
1.21	1.64 /1.28	.530	.972
.811	.734	.366	.489
.624	.279	.233	.271
.263	.114	.171	.150
.080	.071	.092	.071
.051	.057	.061	.067

Tabla 7.1. Ejemplo de tamaños de partículas (mm) presentes en el suelo y la cerámica.

Los principales pedorasgos y elementos heredados se tienen en los distintos fragmentos arcillosos (fragmentos de cutánes o pápulas y agregados de arcilla), la presencia de vidrio volcánico, así como la presencia de fitolitos. Estos elementos se

encuentran en diferentes horizontes, los fragmentos arcillosos se distribuyen a lo largo del perfil con mayor presencia en los horizontes BwC, 2BA, 2B(t)C2 y 4Btg, el vidrio volcánico se concentra en los horizontes superficiales hasta el 2B(t)C2, con menor presencia en el horizonte 2BA, los fitolitos también se concentran hacia los horizontes superficiales y hasta el horizonte 3BwC.

Otra modificación importante del material se presenta en la formación de los denominados “Geles de arcilla”, estos probablemente son resultado de una combinación entre disolución y deformación mecánica de fragmentos arcillosos presentes en el suelo (Fig. 7.2). Su formación posiblemente se relaciona con la presencia de agua (durante la preparación del barro), que pone en solución a la arcilla, y el manejo del barro, algunos de estos fragmentos arcillosos (fragmentos de cutánes o pápulas y agregados de arcilla) se van alargando y orientando junto con el resto de los componentes del barro, creando los geles de arcilla que se identificaron claramente en las muestras del proceso productivo de las vasijas.

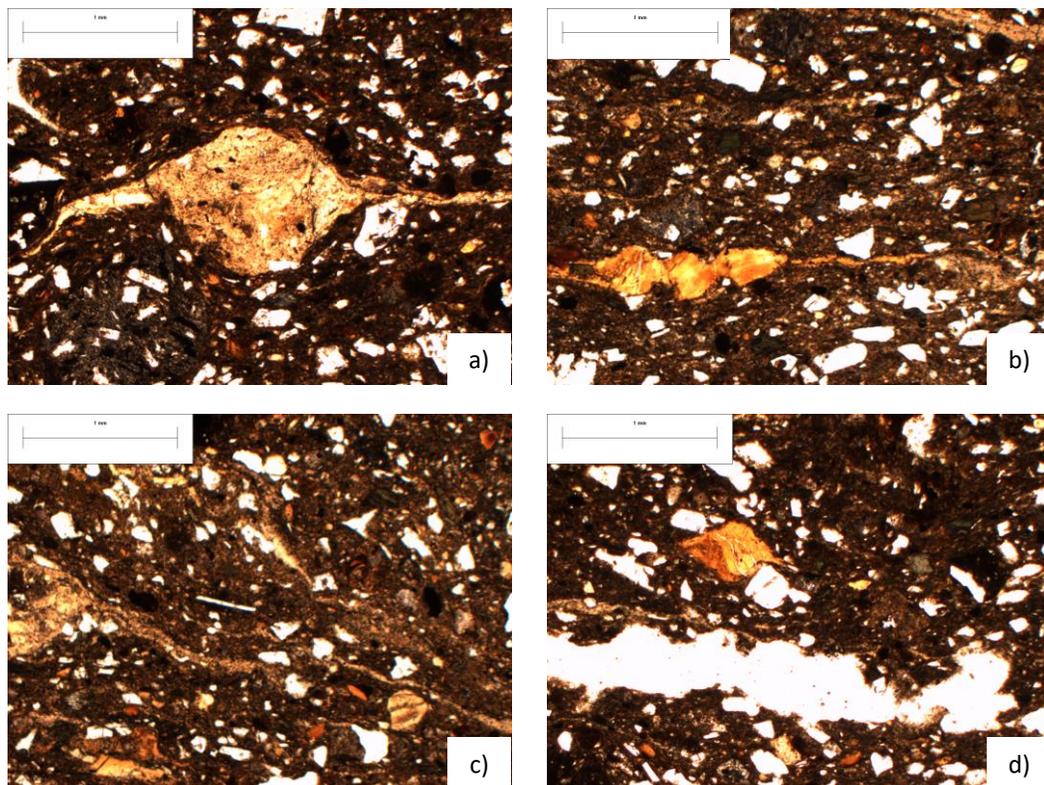


Figura 7.2. Evidencias de formación de “geles de arcilla”: a) El material se expande hacia ambos lados del fragmento arcilloso, con una deformación en forma de galaxia. Lámina 8 proceso productivo 2x LP; b) Deformación del fragmento arcilloso tomando orientación horizontal no natural. Lámina 11 proceso productivo 2x LP; c) Los geles comienzan a tomar la orientación general de la fábrica y es notable su adelgazamiento. Lámina 1 proceso productivo 2x LP; d) Fragmento arcilloso con deformación incipiente. Lámina 5 proceso productivo 2x LP.

La presencia de estos geles continúa constante conforme avanza la producción de la forma, pero estos se hacen cada vez más delgados resultado del adelgazamiento del barro mediante el golpeteo con el macetón; en los fragmentos finales aparecen de forma alargada y su naturaleza o formación no es clara, pudiendo llegar a confundirse con geles resultado de la vitrificación (derretimiento) de algunos minerales presentes, sin embargo presentan birrefringencia característica de la arcilla. La birrefringencia de los geles y de los fragmentos de arcilla disminuye con las cocciones, en la primera no es tan notable como en la segunda, sin embargo no llega a ser total ni tan clara en todos los fragmentos, desde un principio los diferentes fragmentos presentan diferentes grados de intensidad en su birrefringencia.

7.2 Mineralogía y su Transformación

La mineralogía identificada mediante petrografía y DXR de roca total corresponde a una composición que va de máfica a intermedia, similar a la litología presente en la zona (volcanoclastos, basaltos, andesitas y brechas volcánicas máficas a intermedias). Los fragmentos líticos presentes en las láminas delgadas son de tamaño muy pequeño para su clara identificación, pero presentan una mineralogía máfica a intermedia, predominada por la presencia de plagioclasas, anfíboles y piroxenos (probablemente andesitas y basaltos, así como posibles gabros).

Son abundantes las plagioclasas y los anfíboles, y en menor proporción piroxenos y cuarzos. También se encuentran presentes minerales arcillosos, principalmente de la familia del caolín y en menor proporción la familia de las esmectitas e ilitas. En la mineralogía magnética las fases principales son la goethita, la magnetita, la maghemita y la titanomagnetita.

Las transformaciones mineralógicas presentes son resultado de la cocción de la cerámica, y se identificaron tres principales: 1) Oxidación de la Hornblenda, 2) Colapso de arcillas Halloysíticas, y 3) Cambió en la firma magnética.

1) Oxidación de la hornblenda. Alrededor de los 750°C se da la oxidación de la hornblenda, cambiando su pleocroísmo de un color verde a uno café rojizo y asemejándose a las hornblendas basálticas (Phillips *et al.*, 1989; Quinn, 2013; Wilkinson, 1961); esta oxidación está precedida de una des-hidrogenación en la que se pierden hidrógenos y se oxida el Fe causando un cambio en su pleocroísmo de verde a rojo (Barnes, 1930; Miyagi, *et al.*, 1998; Phillips, *et al.*, 1989; Wagner, *et al.*, 2008). Esta transformación cuenta con dos momentos dentro de nuestro estudio,

durante la primera cocción se identificaron solo anillos de oxidación mientras que en la segunda cocción la oxidación afectó la totalidad de los granos minerales (Figura 6.35). Esta transformación es relevante pues en otros estudios se ha mencionado la presencia de oxihornblendas u hornblendas basálticas como componentes procedentes de la materia prima y no como resultado de la producción cerámica; los anfíboles son un grupo mineral muy extendido en la zona volcánica del centro de México por lo que la correcta identificación de esta transformación es relevante para los estudios de petrografía cerámica de la zona.

2) Colapso de arcillas (grupo del caolín – Halloysita). Alrededor de los 550°C se da el colapso de las arcillas del grupo del caolín (Rye, 1976; Maguetti y Rossmannith, 1981). Esta tiene una afectación secundaria a la micromorfología con la contracción de la matriz, generando una mayor porosidad y a su vez es visible con una disminución en la birrefringencia de la matriz; este cambio en la birrefringencia esta reportado para temperaturas alrededor de 800-850°C (Quinn, 2013; Viani *et al.*, 2018). Al igual que el caso anterior esta transformación es acumulativa, durante la primera cocción se mantiene un poco de la birrefringencia, sobre todo en la parte central del cuerpo de la cerámica, y para la segunda cocción la afectación es más homogénea (Figura 6.33).

3) Cambio en la firma magnética. Comparando la caracterización del barro con la primera y la segunda cocción es visible un cambio en la presencia de minerales magnéticos, la goethita, magnetita, maghemita tienden a desaparecer, mientras que la titanomagnetita se convierte en la fase más abundante. Este cambio se da por arriba de los 700°C, ésta es una temperatura mayor a la alcanzada durante la caracterización de los minerales magnéticos, que en nuestro estudio no modifica la mineralogía de la muestra (visible en la reversibilidad de las curvas temperatura-susceptibilidad). La bibliografía menciona que las titanomagnetitas se forman alrededor de 600°C y hasta 1300°C (Buttler, 2004). En este caso la transformación se da desde la primera cocción y la segunda cocción no afecta tanto la fase mineral presente pero si baja la susceptibilidad de la misma, de valores alrededor de 100k a valores por debajo de 35k.

De acuerdo a las transformaciones mineralógicas registradas, las temperaturas alcanzadas durante la cocción de la cerámica se encuentran alrededor de los 700°C, por lo que no son suficientes para llegar a procesos de fusión y vitrificación, ni para la creación de fases minerales de alta temperatura como los discutidos en el capítulo 3; las afectaciones mineralógicas logradas son de bajas temperaturas y compatibles con la cocción de cerámica en hornos y/o piras durante tiempos prehispánicos y coloniales, por lo que estos resultados son factibles a extrapolar a estudios arqueológicos (prehispánicos y coloniales), con sus respectivas notas al margen, para

algunos casos será correcto comparar con lo registrado en la primera cocción y en otros con la segunda cocción, de acuerdo a la cadena operativa particular a cada caso estudiado, en específico si se emplea o no el bizcocho en la producción.

7.3 Micromorfología y su Transformación

El estudio de la micromorfología cerámica se centra en tres principales componentes: Fracción Fina, Fracción Gruesa y Porosidad; estos conforman la llamada Fabrica cerámica (Quinn, 2013), la cual no es si no más que el arreglo particular de estos componentes (Whitbread, 2017). Su descripción puede ayudar a la identificación y clasificación de tipos de fábricas resultado de diferentes recetas y esto a su vez estaría hablando de distintos tipos cerámicos en la clasificación arqueológica de tipovariada propuesta por Gifford (1960), y una de las más empleadas en la arqueología de mesoamérica.

Una pregunta importante para determinar la validez de esta clasificación es: ¿cuál es la variabilidad de estos componentes dentro de una misma forma cerámica en diferentes partes y dentro de un mismo tipo? A continuación se presenta una respuesta de acuerdo con los resultados del presente estudio.

Los componentes de la cerámica del presente estudio presentan los valores de 51% a 64% en la Fracción Fina, 26% a 31% en la Fracción Gruesa y 8% a 19% en Porosidad; estos se encuentran dentro de lo esperado para las cerámicas en general, de acuerdo a Quinn (2013), la arcilla compone más del 50% del volumen, las inclusiones menos del 40% y la porosidad menos del 30%. En cuanto a la variabilidad entre las distintas partes de la vasija, no existe una diferencia clara, como se vio en el capítulo anterior los valores son homogéneos y la variabilidad no va más allá de un 5%, rango compatible con el error del análisis y por lo tanto no son significativos.

Las modificaciones en la micromorfología se dan en dos momentos principales: 1) durante el proceso de elaboración de la vasija con la orientación de los componentes fino, grueso y poros; y 2) durante la cocción con la transformación de algunos minerales que afectan la micromorfología.

Durante el momento de elaboración fue posible identificar la orientación de partículas y poros con el manejo del barro, dependiendo de las fuerzas aplicadas es posible ver como se pasa de una fábrica sin orientación a una con diferentes orientaciones: horizontales, verticales y redondeadas o semi-circulares (forma de "C"). Fue importante la presencia de los geles de arcilla pues estos ayudaron a identificar

más claramente la orientación de la fracción fina. En general la fábrica (F.F., F.G. y Poros) se encuentra orientada de manera paralela al cuerpo de la vasija.

Para el segundo momento de modificación, es decir, la quema, principalmente se vio un aumento en la porosidad fina, de tipo fisuras de .03mm de ancho aproximado, resultado del colapso de la estructura de los minerales arcillosos. En cuanto a los tipos de poros que se suele comentar en la literatura, no se pudo observar de forma concluyente la aparición de un tipo específico relacionado a la elaboración por la técnica de moldeado (Balfet, 1992; Rye, 1977), sin embargo si fue posible identificar como fueron cambiando de tamaño y orientación con la acumulación de golpes y compactación del barro; tampoco fue posible identificar los poros vesiculares relacionados con altas temperaturas (Rye, 1976), esto probablemente debido a que no se alcanzaron las temperaturas necesarias. Cabe mencionar que al realizar un estudio 2D de un cuerpo 3D los tipos de poros pueden ser engañosos y hay un margen de error para los tipos identificados.

7.4 Termómetros de Cocción

A partir de los cambios mineralógicos y micromorfológicos presentes en la cerámica de este estudio, se proponen los siguientes termómetros para la determinación de la temperatura de cocción en cerámicas:

- 750°C. Transformación de la hornblenda $(Ca_2Mg_4Al_{0.75}Fe^{3+}_{0.25}(Si_7AlO_{22})(OH)_2)$ a oxihornblenda $(Ca_2Fe^{2+}_4Al_{0.75}Fe^{3+}_{0.25}(Si_7AlO_{22})(OH)_2)$, siguiendo la formula $Fe^{2+} + OH^- = Fe^{3+} + O^{2-} + \frac{1}{2}H_2$. Si se identifican anillos de oxidación solo se tuvo una cocción pero si la afectación es en la totalidad del mineral se tuvieron dos cocciones (o tal vez una de mayor temperatura y duración).
- 550°C. Colapso de la arcilla de la familia del Caolín. Se da desde la primera cocción.
- 700°C. Modificación de la firma magnética. Se da desde la primera cocción y se recomienda la comparación con las fases magnéticas presentes en la posible materia prima para ver su comportamiento.
- 800°C. Baja en la birrefringencia de la micromasa. Visible en las láminas delgadas, es mayor con la segunda cocción, pero es posible que se alcance en una sola exposición de mayor temperatura.

En todos estos casos es importante tener en cuenta el posible uso de las vasijas, pues su repetida exposición a calor pudiera tener los mismos resultados que los

obtenidos durante la cocción, que muy probablemente haya sido de mayor temperatura y esto podría conllevar a interpretaciones incorrectas.

7.5 Estudio de Cerámica Arqueológica con los Nuevos Resultados

Con la finalidad de poner a prueba los resultados del presente trabajo, y conocer qué tan útiles son para futuras investigaciones, se realizó una revisión de la cerámica arqueológica tomando en cuenta los diferentes rasgos identificados y discutidos anteriormente (rasgos micromorfológicos y mineralógicos).

La revisión se centró en buscar los rasgos que hablaran sobre el tipo de materia prima (pedorrasgos heredados del suelo), la elaboración del barro y la vasija (rasgos neoformados), las condiciones de cocción (termómetros de cocción), y por último, proponer si existe una continuidad en la producción cerámica desde tiempos prehispánicos hasta hoy en día en la zona de estudio.

En cuanto a los componentes principales de la cerámica, estos se distribuyen así: la Fracción Fina va de 52% a 68%, la Fracción Gruesa va de 26% a 36%, y la porosidad va de 12% a 18%; esta proporción es similar a la presente en la cerámica actual (51% a 64% en la Fracción Fina, 26% a 31% en la Fracción Gruesa y 8% a 19% en Porosidad) y está dentro de los patrones esperados para la cerámica en general (Quinn, 2013). Con esta característica no se puede afirmar ni negar una continuidad en la producción cerámica en la zona.

Los tamaños de partículas son semejantes, predominan tamaños menores al mm, y los más abundantes se encuentran entre .1 a .5 mm, correspondiente a las arenas medias. Si se toma como referencia el perfil de suelo estudiado (Perfil Las Cruces) como composición promedio de los suelos de la zona, la deducción sería la misma que el caso de la cerámica actual, en el sentido de que el trabajo de elaboración del barro a partir de la materia prima del perfil no conlleva mayor labor que la limpieza de fragmentos gruesos; con esto se tiene una similitud en la producción entre la cerámica arqueológica y la actual.

La composición mineralógica también es similar, con composición máfica a intermedia, con plagioclasas seguidas de anfíboles, feldspatos K, piroxenos, cuarzos y minerales opacos; las diferencias en las proporciones son mínimas (alrededor del 1%). Esto apoya la idea de un material similar en la región, del cual el perfil Las Cruces sería representativo, y a su vez apoya la idea de una producción local en la muestra de la cerámica arqueológica.

En cuanto a los denominados “rasgos de suelo” o pedorasgos, la muestra arqueológica cuenta con la presencia de fragmentos arcillosos (fragmentos de cutánes o pápulas y agregados de arcilla) y algunos fragmentos de suelo (láminas 1, 2, 4); en ambos casos, estos rasgos no están presentes en todas las muestras y las proporciones son marcadamente menores. Esto habla de una pedogénesis distinta en los yacimientos empleados (posiblemente no un horizonte Bt ni un pedosedimento con alto contenido de estos fragmentos, caso de los primeros horizontes en el perfil Las Cruces).

Como rasgos de producción se identificó la presencia de los llamados “geles de arcilla”, estos se remiten solo a algunas muestras (lámina 3, 7, 10, 4), y en estas no son tan abundantes ni tan definidos, en general son más gruesos que los presentes en la cerámica actual, se encuentran en el grupo arcilloso y estriado rojo, y se cuenta con un posible ejemplo de su formación (Figura 7.3). En el caso de la porosidad se pudo identificar algunos casos similares a la abundancia de poros tipo fisura presentes en la segunda cocción (láminas 3 y 9), sin embargo no es una característica predominante, en otras muestras se mezclan los tipos de porosidades (fisurales delgados con vesiculares grandes o baja porosidad de las muestras sin cocción).

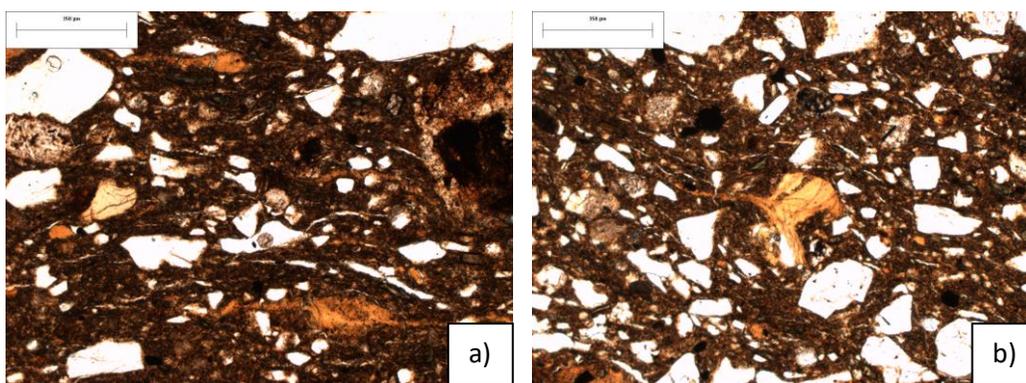


Figura 7.3. Evidencia de geles de arcilla y su posible formación en cerámica arqueológica: a) Lamina 7 4x LP; b) Lámina 10 4x LP.

Los límites de la cerámica y la aplicación de engobe (arqueológico) y vidriado (actual) no son comparables por tratarse de materiales diferentes, sin embargo y pese al hecho de que la muestra arqueológica presenta mayor desgaste en la superficie, tanto por uso como por procesos tafonómicos posteriores a su descarte, se pudo identificar en algunas muestras una “capa” externa y de material fino, que presenta una orientación visible en una fábrica-b estriada, el grosor y birrefringencia de la misma es variable.

De los termómetros de cocción visibles en láminas delgadas, se pudo identificar la presencia de algunas oxihornblendas incipientes, con oxidación en anillos (lámina 1, 3, 5, 7, 11), y solo algunas con oxidación en toda la partícula (lámina 6 y 8), la cantidad de las mismas dentro de cada muestra es baja en comparación con las muestras actuales; también se identificó una disminución en la birrefringencia de algunas muestras (grupo opaco y fino), y solo dos muestras presentan el patrón la birrefringencia cambiante dentro de la misma muestra (Lámina 1 y 11).

Pese a la identificación de estos diversos rasgos (materia prima, producción y termómetros de cocción), algunas de las muestras muestran estos indicadores contrastantes o “contrarios”, en algunos casos se presentan evidencias de rasgos de primera cocción acompañados con rasgos de segunda cocción o algunos más parecidos a los de la cerámica sin cocer. Por ejemplo la lámina 3 presenta oxihornblendas de primera cocción, con alta birrefringencia, y la porosidad está entre primera y segunda cocción; la lámina 9 presenta porosidad similar a la segunda cocción, con birrefringencia de primera cocción pero sin presencia de óxihornblendas. Otros casos no muestran ningún rasgo claro similar que se pueda relacionar a la producción actual.

Las principales diferencias entre la producción actual y la muestra arqueológica radican en: 1) la presencia de vidrio volcánico de mayor tamaño y ligeramente de mayor abundancia en la muestra arqueológica; 2) la proporción y tamaño de fragmentos rocosos es ligeramente mayor en la muestra arqueológica; y 3) la presencia de fragmentos de suelo es menor en la muestra arqueológica.

Dentro de la clasificación de la muestra arqueológica se cuenta con un grupo que no se pudo clasificar certeramente pero que se identificó como de la misma temporalidad (láminas 1, 2, 3, 4 y 5) y otro grupo perteneciente al tipo 2-A Rojo sobre Café (láminas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13); micromorfológicamente y petrográficamente los grupos identificados (fino, arcilla, estriada roja y opaca) no corresponden a los dos grupos macros identificados (sin clasificar y 2-A Rojo sobre Café). En el caso de la muestra actual, toda la muestra correspondería a un mismo tipo si se siguieran los principios de la clasificación arqueológica (tipología).

Si se toma en cuenta la agrupación de la muestra arqueológica, en lugar de las muestras individuales, se tiene que el grupo arcilloso es el que más se asemeja a la cerámica actual, con un alto contenido de arcilla (pápulas y agregados de arcilla), y presenta evidencias de un proceso similar con los “geles de arcilla”. En cuanto a la cocción se tiene la presencia de oxihornblendas incipientes y otras totalmente afectadas, así como una porosidad similar a la primera cocción en algunas muestras.

Por otra parte el grupo estriado rojo presenta una importante similitud en cuanto a la coloración general de la muestra.

Teniendo en cuenta las diferencias y similitudes en la muestra cerámica arqueológica y actual no es posible afirmar ni negar una continuidad en la producción, sin embargo se pueden remarcar algunos puntos relevantes: 1) uso de materia prima similar (abundancia de fragmentos arcillosos), 2) producción similar (creación de geles de arcilla), y 3) cocción similar (oxidación hornablendas, porosidad y birrefringencia).

Es necesario una ampliación a este enfoque para definir si estas características identificadas son particulares de la región o se pueden extrapolar a otras zonas aledañas dentro del mismo Valle de Toluca y a lo largo de la faja transneovolcánica.

Capítulo 8. Comentarios finales

La presente investigación sirve como referencia a posteriores estudios petrográficos de cerámicas arqueológicas, la idea es dejar de lado las caracterizaciones que terminan como anexos en informes, y comenzar a obtener mayor información sobre la cadena operativa de la cerámica particular a cada grupo social, y lo que esto conlleva en cuanto al comportamiento de estos grupos, a partir de la identificación de rasgos micromorfológicos y petrográficos resultado directo de ese mismo comportamiento.

- A partir del trabajo etnográfico en campo para esta investigación, se lograron identificar los diferentes pasos que comprenden la cadena operativa de la producción cerámica en el poblado de Santiguito Tlalcilcalli, desde la obtención de la materia prima hasta el momento en que la cerámica deja el taller para su venta. Algunos de estos diferentes momentos fueron presenciados de manera directa y de otros solo fue posible obtener descripciones de los alfareros.

La cadena operativa general es similar a lo visto en otros poblados (Druc, 2000; de la Vega, 2006), y a su vez similar a lo esperado para producciones en tiempos prehispánicos, es decir, no se tiene el uso de tecnologías posteriores a la llegada de los españoles como el torno u hornos de alta temperatura, aunque se cuenta con el uso de vidriados como acabado final de las piezas; esto último lo hace viable para comparar resultados con cerámicas de contacto.

Un comentario pertinente resultado de la elaboración de la presente investigación es la importancia de los estudios etnográficos para el registro de tradiciones que cada día se encuentran en mayor peligro. En este caso particular se notó una importante disminución en la producción alfarera, al menos en la familia con la que se trabajó. Si bien no se sabe con certeza la fecha de inicio de esta tradición (al menos tres generaciones atrás), lo más probable es que este conocimiento se pierda en un futuro no muy lejano, y este panorama aplica para la mayoría de pueblos artesanos de México.

- Mediante la descripción en campo y los análisis en laboratorio, tanto físico-químicos como micromorfológicos, fue posible caracterizar la materia prima utilizada para la elaboración del barro. Esta etapa es de vital importancia para poder comprender las transformaciones del material durante la elaboración del barro y posteriormente durante la cocción de la cerámica. El perfil de suelo incluye al menos cuatro etapas de desarrollo pedogenético, las cuales presentan cualidades contrastantes (ej. diferentes tamaños de partículas dominantes: arena vs arcilla), lo que hace que su mezcla forme un “barro natural” que cumple con las características deseadas para su uso en la fabricación de cerámica sin necesidad de agregar algún componente para cambiar sus propiedades (ej. plasticidad).

Como resultado de la caracterización de la materia prima fue posible identificar algunos rasgos micromorfológicos importantes del suelo que fueron “heredados” a la cerámica, estos son fragmentos de cutánes o pápulas y pequeños fragmentos de agregados de suelo que no fueron disgregados durante el molido de los agregados del suelo.

En cuanto a la caracterización mineralógica de la materia prima los análisis de DXR y de Magnetismo de rocas, presentaron un perfil mineralógico similar en los horizontes estudiados y en la muestra del barro del alfarero, lo que confirma que se trata del mismo material mezclado; por otro lado la comparación de las “firmas” mineralógicas pre y post cocción confirmo que la presencia de oxihornblenda es resultado de la cocción y no un mineral heredado detrítico de la materia prima.

- Con el muestreo de los diferentes momentos de elaboración de la vasija cerámica (10 pasos en la elaboración de la forma), así como en los distintos momentos de quema (sin cocer, primera cocción y segunda cocción) fue posible identificar rasgos micromorfológicos resultado de la elaboración de la forma (“geles de arcilla”), rasgos micromorfológicos resultado de la cocción (aumento de porosidad y disminución en la birrefringencia), y transformaciones mineralógicas resultado de la cocción (Colapso de arcillas, formación de oxihornblenda y Titanomagnetita como fase principal dentro de la firma magnética).

Al estudiar distintas partes de la vasija fue visible una baja variabilidad en los componentes de la misma, esta puede ser resultado inmediato del tipo de manufactura, el uso de una misma masa de barro (torta) para cubrir todo el molde hace que haya una cierta homogeneización en los rasgos y componentes del barro, pero sobre todo en su arreglo. Esto se esperaba fuese diferente si se tuvieran rollos de barro pegados o una unión entre dos moldes diferentes; es necesario estudios de este tipo en otros contextos de producción y la aplicación de los resultados a estudios de otras muestras arqueológicas.

El uso integral de análisis petrográficos, micromorfológicos, de Difracción de Rayos X y Magnetismo de Rocas fue esencial para lograr los resultados obtenidos.

- Una vez finalizado los análisis relacionados a la producción cerámica en Santiaguito Tlalcilcali, se estudió una muestra de cerámica arqueológica buscando identificar los rasgos y evidencias de producción de la cerámica moderna, tanto micromorfológicas como mineralógicas, para comprobar su utilidad en estudios arqueológicos y para tratar de comprobar la continuidad de la producción desde tiempos prehispánicos hasta el tiempo actual.

Se lograron identificar algunos de estos rasgos de manera general en la muestra estudiada y con esto se propone que: 1) el tipo de materia prima es similar (mineralogía y pedorrasgos), 2) la producción es similar en el grupo arcilloso, y 3) las temperaturas de cocción se encuentran entre los 750°C (por la presencia de oxihornblenda) y 800°C (baja de birrefringencia).

- En la presente investigación se logró identificar rasgos resultado de la producción cerámica en el poblado de Santiaguito Tlalcillalcalli (“geles arcilla”, óxihornblendas, porosidad, birrefringencia), así como algunos asociados a la materia prima utilizada en la producción (fragmentos arcillosos y mineralogía).

Para su aplicación a estudios arqueológicos es importante notar que aunque existe una variabilidad interna en la proporción de los componentes de la cerámica, es visible una cierta tendencia, lo cual indica que no obstante se traten de distintas vasijas, y distintas preparaciones de barro (momentos diferentes), es posible identificar una misma producción. El problema en cuanto a su aplicación en estudios arqueológicos es ¿dónde se marcan estos rangos (límites mínimos y máximos) para su uso dentro de la clasificación?

Estudios similares en talleres cerámicos con tradiciones alfareras distintas a la del presente estudio y en contextos geológicos diferentes, pueden dar cuenta de otros rasgos útiles para el estudio de la cadena operativa en la cerámica arqueológica en otras regiones y con otras técnicas de manufactura.

REFERENCIAS

- Abascal (1996). "Los hornos prehispánicos en la región de Tlaxcala". En Ángel García Cook, Beatriz Leonor Merino Carrion y Lorena Mirambell (Eds). *Antología de Tlaxcala* (Vol. 1) México: INAH.
- Angelini, M. L. (1998) *The Potters Craft: A study of formative maya ceramic technology at K'axob, Belize*. PhD Dissertation. Boston University.
- Arce, J.L., J. L. Macías y L. Vázquez Selem (2003) "The 10.5 ka Plinian eruption of Nevado de Toluca volcano, Mexico: Stratigraphy and hazard implications". *Geological Society of America Bulletin*, 115(2): 230-248.
- Arnold, Dean (1985). *Ceramic Theory and Cultural Process*. Grand Britain.
- Balfet, Hélèn, Marie France Favet-Berthelot y Susan Monzón (1992). *Normas para la descripción de vasijas cerámicas*. México, D.F.: Centre d'études Mexicaines et centraméricaines (CEMCA).
- Balkansky, Andrew K., Gary M. Feinman y Linda M. Nicholas (1997). "Pottery kilns of ancient Ejutla, Oaxaca, México". *Journal of Field Archaeology*, 24(2):139-160.
- Barnes, V.E (1930) "Changes in hornblende at about 800°C". *American Mineralogist*, 15:393-417.
- Berg, Ina (2008) "Looking through pots: recent advances in ceramics X-radiography". *Journal of Archaeological Science* 35:1117-1188.
- Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jongerius, G. Stoops, T. Tursina y U. Babel (1985) *Handbook for Soil Thin Section Description*. Wolverhampton, UK: Waine Research Publications.
- Butler, Robert (1992) *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*. Blackwell scientific publications.
- Carpenter, Andrea J. y Gary M. Feinman (1999) "The effects of Behaviour on Ceramic Composition: Implications for the Definition of Production Locations". *Journal of Archaeological Science*, 26:783-796.
- Castanzo, Ronald A. (2004). Proyecto de los Hornos de Tepeaca. FAMSI. Extraído de <http://www.famsi.org/reports/02021/02021Castanzo01.pdf>
- Chacón Guerrero, Josefina del Carmen, Hanz Martz de la Vega y Miguel Pérez Negrete (2007) "La cerámica en el suroeste del Estado de México durante el Posclásico (900-1521 D.C)". En Beatriz Leonor Merino Carrión y Ángel García Cook Coordinadores. *La producción alfarera en el México antiguo V* (pp. 175-259). Colección Científica, INAH.
- Chung, Hea Too (1993) *Análisis tipológicos y petrográficos de la cerámica arqueológica de Chichen Itzá, Yucatán*. Tesis Licenciatura en Arqueología, ENAH.
- Courty, M.A., and Roux, V. (1995). "Identification of wheel throwing on the basis of ceramic surface features and microfabric". *Journal of Archaeological Science*, 22:17-50.

- Cultrone, Guiseppe, Carlos Rodriguez-Navarro, Eduardo Sebastian, Olga Cazalla y Maria de la Torre (2001). "Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing". *Eur. J. Mineral*, 13:621-634.
- Dearing, John (1994) *Environmental Magnetic Susceptibility*. OM0409 ISSUE 7.
- De la Fuente León, José Carlos (2012) Barro local, barro foráneo. El movimiento de cerámica a través del corredor Teotihuacano hacia la costa del Golfo durante el periodo Clásico. Tesis Licenciatura en Arqueología, ENAH.
- De la Vega Doria, Socorro (coordinadora) (2006). *La alfarería en los Reyes Metzontla: pasado, presente y futuro*. Departamento de Prehistoria, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Delgadillo Sánchez, María (2018) *Análisis de procedencia y caracterización textural de las cerámicas de la región El Gran Tunal, S.L.P., México*. Tesis de Maestría en Geología Aplicada, UASLP.
- Dunnell, Robert C. (1970). "Seriation method and its evaluation". *American Antiquity*, 35(3):305-319.
- Druc, Isabelle C. (2000) "Ceramic production in San Marcos Acteopan, Puebla, Mexico". *Ancient Mesoamerica*, 11:77-89.
- Fargher, Lane F. (2007) "A Microscopic View of Ceramic Production: An Analysis of Thin-Sections from Monte Albán". *Latin American Antiquity*, 18(3):313-332.
- Flores Delgadillo, Lourdes y Jorge René Alcalá Martínez (s/f) *Manual de Procedimientos Analíticos. Laboratorio de Física de Suelos*. México: UNAM.
- Ford, Ibraim N. (1984) *Dinámica mineral en el suelo. Algunos apuntes de referencia para su estudio*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- García Ramírez, Pamela (2015) *La producción de la cerámica prehispánica recuperada en el sitio de Pol Box, Quintana Roo*. Tesis Licenciatura en Arqueología, ENAH.
- García Payón, José (1941) "La cerámica del Valle de Toluca". *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos* pp. 209-238.
- García Zeferino, Thania (2017) *Procedencia e identificación de rasgos tecnológicos de la cerámica Azteca II proveniente del sitio arqueológico Tenayuca, Estado de México*. Tesis Licenciatura en Arqueología, ENAH.
- Ghezzi, Iván (2011). "El análisis composicional en el estudio de la producción y distribución de la cerámica prehispánica". *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines*, 40(1):1-29.
- Gifford, James C. (1960). "The Type-Variety Method of Ceramic Clasification as an Indicator of Cultural Phenomena". *American Antiquity*, 25(3):341-347.
- Gobierno del Estado de México (2007) Plano D-03 GEOLOGÍA, del Plan Estatal de Desarrollo Urbano Mayo 2008. Consultado 15 de Junio de 2019. Disponible en: http://seduv.edomexico.gob.mx/dgau/pdf/plan_estatal/D-03.pdf

- Goldberg, Paul (1983) "Applications of micromorphology in archaeology". En Bullock, P y Murphy, C. P. (eds), *Soil Micromorphology. Vol. 1: Techniques and applications*. Berkhamstead, A.B. Academic Publishers. pp. 139-150
- Gómez del Campo, Alejandra Castañeda (2015) *La cerámica Xajay: Una aproximación tecnológica y cognitiva a través de cadenas operatorias*. Tesis Maestría en Arqueología, ENAH.
- Gosselain, Olivier P. (1992) "Bonfire of the Enquiries. Pottery Firing Temperatures in Archaeology: What For?". *Journal of Archaeological Science* 19:243-259.

- Grapes, Rodney (2011). *Pyrometamorphism*. Springer-Verlag. 365 p.
- Gutiérrez Toribio, Gabriela (2014) *Análisis de figurillas antropomorfas y objetos de barro de la Huasteca*. Tesis Licenciatura en Arqueología, ENAH.
- Hardy, Thomas (2006) *The Emergence of Ceramic Craft Specialization During the Maya Formative Period: A Petrographic Investigation in Northern Belize*. Senior Thesis. Yale University.
- Huang, Walter T. (1968) *Petrología*. México: Editorial U.T.E.H.A.
- Iceland, Harry B., Paul Goldberg (1999) "Late-Terminal Classic Maya Pottery in Northern Belize: A Petrographic Analysis of Sherd Samples from Colha and Kichpanha". *Journal of Archaeological Science*, 26:951-966.
- INEGI (2002) Almoloya de Juárez México: cuaderno estadístico municipal 2001, 2002. Consultado 15 de Junio de 2019. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825933616/702825933616_2.pdf
- (2005) Cuaderno Estadístico Almoloya de Juárez, México edición 2005.
- (2009) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Almoloya de Juárez, México. Clave geoestadística 15005. Consultado 14 de Junio de 2019. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15005.pdf
- Jasso Castañeda, C., Sedov Sergey, Jorge Gama Castro y Elizabeth Solleiro Rebolledo (2006) "Paleosuelos: índices del paleoambiente y de la estabilidad del paisaje del Nevado de Toluca". *Tierra Latinoamericana*, 24(2):151-161.
- Johnson, Matthew (2000) *Teoría arqueológica: una introducción*. Barcelona: Ariel Historia.
- Joukowsky, Martha (1980). *A Complete Manual of Field Archaeology: Tools and Techniques of Field Work for Archaeologist*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Lambert, W. (1972) *Petrographic Study of the Section L-3346 Atoyac Gris Fino Ceramic Type, Tlapacoya and L-3345 Delphina Gris Fino, Ceramic Type, Oaxaca*. México: Departamento de Prehistoria, INAH (Mecanografiado).

- Leroi Gourhan, A. (1943). *Évolution et techniques. L'Homme et la matière*. Paris: Albin Michel.
- (1945). *Évolution et techniques. Milieu et techniques*. Paris: Albin Michel.
- (1964). *Le geste et la parole I: Technique et langage*. Paris: Albin Michel.
- (1965). *Le geste et la parole II: La mémoire et les rythmes*. Paris: Albin Michel.
- Linné, S. (1934) "*Archaeological researches at Teotihuacan, México*". Ethnography Museum Sweden, NW Pub 1.
- López Varela, Sandra L., Patricia A. McAnany y Kimberly A. Berry (2001). "Ceramics Technology at Late Classic K'axob, Belize". *Journal of Field Archeology*, 28(1): 177-191.
- Lugo Miranda, Esperanza (2017) *La cerámica de sur de Quintana Roo: Procesos de manufactura de la cerámica pulida*. Tesis Licenciatura en Arqueología, ENAH.
- Maggetti, M., Ch. Neururer, D. Ramseyer (2011) "Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) fire". *Applied Clay Science* 53(3):500-508.
- Maggetti y Rossmann (1981) "Archaeothermometry of kaolinitic clays", en: *Revue d'Archéométrie*, n°1. Actes du XXe symposium international d'archéométrie Paris 26-29 mars Volume III. Pp. 185-194.
- Manoharan, C., P. Sutharsan, S. Dhanapandian, R. Venkatachalapathy, y R. Mohamed Asanulla (2011) "Analysis of temperature effect on ceramic brick production from alluvial deposits, Tamilnadu, India". *Applied Clay Science* 54:20-25.
- Mannoni, Tiziano y Enrico Gianchedda (2004). *Arqueología de la producción*. Barcelona, España: Ariel Prehistoria.
- Mauss, M. (1941). "Les techniques et la technologie", pp. 250-256. En *Ouvres III*, edición recopilatoria de 1989.
- Miksa, E.J., and Heidke, J.M. (2001). "It all comes out in the wash: Actualistic Petrofacies Modeling of Temper Provenance, Tonto Basin, Arizona, USA". *Geoarchaeology*, 16:177-222.
- Munsell Soil Color Chart (1975). *Munsell Soil Color Charts*. Macbeth Division of Koll Morgan Corporation. Baltimore, Maryland.
- Miyagi, Isoji, Osamu Matsubaya, Satoru Nakashima (1998) "Change in D/H ratio, water content and color during dehydration of hornblende". *Geochemical Journal*, 32:33-48.
- Nicosia, Cristiano y Georges Stoops (Eds) (2017) *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. Wiley Blackwell.
- Obando, Luis G., Socorro Jiménez y Siegfried Kussmaul (2011) "Estudio petrográfico de cerámicas Mayas, Clásico Tardío (600-900 d.C.), Chinikihá, Chiapas, México". *Revista Geológica de América Central*, 44:101-118.
- Oliver, B. M. (1978). *Alfarería. Vocabulario de materias primas, instrumentos de trabajo y procesos de manufactura en la alfarería contemporánea*. México: Museo Nacional de Antropología e Historia, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

- Ortega Ramírez, José O. (1990) *Estudio ceramografico y petrográfico del área de San Cristóbal de las Casas, Chiapas*. Colección Científica No. 208. México: INAH.
- Orton, Clive, Paul Tyers y Alan Vince
1997 *La cerámica en arqueología*. Barcelona, España: Critica.
- Ouhabi, M. El, L. Daoudi, F. Hatert y N. Fagel (2015). "Modified mineral phases during clay ceramic firing". *Clays and Clay minerals*, 63(5):404-413.
- Ownby, M.F., Huntley, D.L., Peeples, M.A. (2014). "A combined approach: using NAA and petrography to examine ceramic production and exchange in the American southwest". *Journal of Archaeological Science*, 52:152-162.
- Peacock, David P. S. (1977). "Ceramics in Roman and Medieval Archaeology" pp.21-33, en Peacock, D. (ed), *Pottery and Early Commerce: Characterization and Trade in Roman and Later Ceramics*. London: Academic Press.
- Pereyra-Domingorena, Lucas (2012). "Cerámica experimental con materias primas del sur de los Valles Calchaquíes (Noreste argentino)". *Intersecciones en Antropología*, 14:239-250.
- Peterson, S.E. (2009). *Thin section petrography of ceramic materials*. INSTAP Archaeological Excavation Manuals (Book 2).
- Peuramaki-Brown, Maeghan (2012) "Rural Ceramic Manufacture in Precolumbian Honduras: The Application of Petrographic Analysis to the Study of the *Châines Opératoires*". *Canadian Journal of Archaeology*, 36:166-187.
- Philips, Michael W., James E. Draheim, Robert K. Popp, Celia A. Clowe, A. Alan Pinkerton (1989) "Effects of oxidation-dehydrogenation in tschermakitic hornblende", *American Mineralogist* 74:764-773.
- Piña Chan, Roman y Brambila Rosa Margarita (1969-1975) Primera carta arqueológica del estado de México en Chacon Guerrero, en Josefina del Carmen *et al.* (2007) *La cerámica en el suroeste del estado de México durante el posclásico (900-1521 d.C.)*.
- Quinn, Patrick Sean (2013). *Ceramic Petrography: The interpretation of archaeological pottery & related artefacts in thin section*. Archaeopress.
- Rasmussen, are Lund, Guillermo A. de la Fuente, Andrew D. Bond, Karsten Korsholm Mathiesen (2012). "Pottery firing temperatures: a new method for determining the firing temperature of ceramics and burnt clay". *Journal of Archaeological Science*, 39: 1705-1716.
- Rathossi, C., Pontikes, Y., Tsolis-Katagas, P., (2010). "Mineralogical differences between ancient sherds and experimental ceramics: indices for firing conditions and post-burial alteration". *Bulletin of Geological Society of Greece*. Proceedings of the 12th International Congress.
- Reedy, Chandra L. (1994) "Thin-Section petrography in Studies of Cultural Materials". *Journal of the American Institute of Conservation* 33(2):115-129.

- Renfrew, Colin y Paul Bahn (2011). *Arqueología. Teorías, Métodos y Prácticas*. Madrid, España: Editorial Akal, S. A.
- Reyes Cortez, Manuel (1970) "La cerámica: Clasificación, cronología y análisis petrográfico" pp. 37-53. En Constanza Vega (Ed.) *El Recinto Sagrado de México Tenochtitlan*. Excavaciones 1968-1969 y 1975-1976. México: INAH.
 - (1977) *Estudio petrográfico y mineralógico de alguna cerámica del preclásico procedente de Tlapacoya, Estado de México (Informe 3)*. México: Departamento de Prehistoria, INAH.
 - (1983) "Estudio petrográfico y mineralógico de la cerámica de Santa Marta, Municipio de Ocozocautla, Chiapas" pp. 44-46. En: García-Bárcena, J. y D. Santamaria (eds.), *La Cueva de Santa Marta: Estratigrafía, Cronología y Cerámica*. México: Colección científica III, INAH.
- Rhodes, Daniel (1990). *Arcilla y vidriado para el ceramista*. Barcelona, España: CEAC.
- Rice, Prudence (2005). *Pottery Analysis: A Sourcebook*. University of Chicago Press.
- Roux, V., and Courty, M.A. (1998). "Identification of Wheel-fashioning Methods: Technological Analysis of 4th-3rd Millenium BC Oriental Ceramics". *Journal of Archaeological Science*, 25:747-763.
- Ruiz de la Cruz, María del Pilar y Juan Carlos Bautista Pérez (2012) *Procesos tecnológicos en la fabricación de los artefactos cerámicos del periodo posclásico tardío del sitio arqueológico de Tamtoc, S.L.P., México*. Tesis Licenciatura en Arqueología, ENAH.
- Rye, O. S. (1981) *Pottery Technology. Principles and Reconstruction*. Manuals on Archaeology. Washington:
 - (1977) Pottery manufacturing techniques: X-ray studies. *Archaeometry* 19:205-211.
 - (1976) "Temper under control: Materials and the Manufacture of Papuan Pottery". *Archaeology and Physical Anthropology in Oceania* 11(2):106-137.
- Sabloff, Jeremy y Robert E. Smith (1970). "Ceramics wares in the Maya area: A clarification of an aspect of the Type-Variety system and representation of a formal model for comparative use". *Estudios de Cultura Maya*, 8:97-115.
- Santley, Robert S., Philip J. Arnold III y Christopher A. Pool (1989). "The ceramics production system at Matacapán, Veracruz, México". *Journal of Field Archaeology*, 16(1):107-132.
- Sean Quinn, Patrick (2013). *Ceramic Petrography. The Interpretation of Archaeological Pottery and Related Artefacts in Thin Section*. Archaeopress.
- Sedov, Sergey, Elizabeth Solleiro Rebolledo, Jorge Gama Castro, E. Vallejo Gómez y A. González Velázquez (2001) "Buried paleosoils of the Nevado de Toluca: an alternative record of Late Quaternary environmental change in central Mexico". *Journal of Quaternary Science* 16(4):375-389.

- Shepard, Anna (1939) "Technological Notes on the Pottery of San Jose" pp. 251-277, En J. E. Thompson (ed.) *Excavations at San Jose, British Honduras*. Washington: Carnegie Institution.

(1956). *Ceramics for the Archaeologist*. Washington, D.C.: Carnegie Institution.

(1967) "Preliminary Notes on the Paste Composition of Monte Albán Pottery" pp. 476-454, En Alfonso Caso, Ignacio Bernal y Jorge Acosta, *La Cerámica de Monte Albán*. México: INAH.

- Sigiura Yamamoto, Yoko (2009) Caminando el valle de Toluca: arqueología regional, el legado de William T. Sanders. Cuicuilco n.47 (septiembre-diciembre):87-111.

- Sigiura Yamamoto, Yoko, César Villalobos Acosta, María Del Carmen Pérez y Elizabeth Zeped (2015) Una mirada hacia el proceso de identidad en el Valle de Toluca precortesiano, México. *Revista de indias*, Vol. LXXV, No. 62, pp. 289-322. UNAM-IIA.

- Sillar, B. y M. S. Tite (2000) "The Challenge of "Technological Choices" For Materials Science Approaches in Archaeology". *Archaeometry* 42(1):2-20.

- Simms, Stephanie R., et al. (2013). "A Prehispanic Maya Pit Oven? Microanalysis of Fired Clay Balls from the Puuc Region, Yucatán, México." *Journal of Archaeological Science* 40(2):1144-57.

- Smith, Robert E. (1971) *The pottery of Mayapan. 2 vols*. Cambridge: Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, vol. 66.

- Smith, Robert E., G. R. Willey y James C. Gifford (1960). "The Type-Variety concept as a basis for the analysis of Maya pottery". *American Antiquity*, 25(3):330-340.

- Smith, Robert E. y James C. Gifford (1966a). *Maya ceramic varieties, types, and wares at Uaxactun: Supplement to "Ceramic sequence at Uaxactun, Guatemala"*. Nueva Orleans: Tulane University, Middle American Research Institute.

(1966b). "Pottery of the Maya Lowlands", pp. 498-534. En Robert Wauchope y G. R. Willey (Eds.), *Handbook of Middle American Indians* (Vol. 2). Austin: University of Texas Press.

- Smith, Michael E. (2003a). "Comercio durante el Posclásico de la cerámica decorada: Malinalco, Toluca, Guerrero y Morelos". *Arqueología* 29:63-84.

(2003b) *Tipología de la cerámica posclásica del Valle de Toluca: Versión Breve*.

<http://www.public.asu.edu/~mesmith9/Calix/Documents/TypeDescrSpanBrf.pdf>

- Smith, Robert E. y Román Piña Chan (1962). *Vocabulario sobre cerámica*. México: INAH.

- Sokal, R. R. (1966). "Numerical Taxonomy". *Scientific American*, 215(6):106-116.

- Solleiro Rebolledo, Elizabeth, José Luis Macías, Jorge Gama Castro, Sergey Sedov, y Leopold D. Sulerzhitsky (2004) "Quaternary pedostratigraphy of the Nevado de Toluca volcano". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21(1):101-109.

- Sotomayor, A. y Noemi Castillo (1963) *Estudio Petrográfico de las cerámicas "Anaranjado Delgado"*. México: INAH, Prehistoria 12.
- Stoltman, James B (1989). "A Quantitative Approach to the Petrographic Analysis of Ceramic Thin Sections". *American Antiquity*, 54(1):14-160.
- (2001). "The role of petrography in the study of archaeological ceramics". In: Goldberg, P., Holliday, V.T., Ferring, C.R. (Eds.), *Earth Sciences and Archaeology*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York/Boston, pp. 297-326.
- Stoltman, James B., Jayce Marcus, Kent V. Flannery, James H. Burton, Robert G. Moyle (2005) "Petrographic Evidence Shows That Pottery Exchange between the Olmec and Their Neighbors Was Two-Way". *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 102(32):11213-11218.
- Tarbuck, Edward J. y Frederick K. Lutgens (2005) *Ciencias de la Tierra. Introducción a la geología física*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Varela Torrecilla, Carmen y Alain Leclair (1999) "Enigmas cerámicos: análisis petrográfico de la cerámica pizarra de Oxkintok, Yucatán, México". *Revista Española de Antropología Americana*, 29:101-129.
- Velde, Bruce, e Isabelle C. Druc, (1998). *Archaeological ceramic materials: origin and utilization*. Springer-Verlag. 299 p.
- Viani, Alberto, Giuseppe Cultrone, Konstantinos Sotiriadis, Radek Seveik y Petr Sasek (2018) "The use of mineralogical indicators for the assesment of firing temperatura in the fired-clay bodies". *Applied Clay Science* 163: 108-118.
- Wagner, C., E. Deloule, M. Fialin y P. L. King (2008) "Dehydrogenation of Kaersutitic amphibole under electron beam excitation recorded by changes in $Fe^{3+}/\Sigma Fe$: An EMP and SIMS study". *American Mineralogist* 93:1273-1281.
- Wilkinson, J. F. G. (1961) "Some aspects of the calciferous Amphiboles, Oxihornblendes, Kaersutite and Barkevikite". *The American Mineralogist* 46: 340-354.
- Withbread, I. K. (1986). "The characterization of argillaceous inclusions in ceramic thin sections". *Archaeometry*, 28(1):79-88.
- (1989). "A proposal for the systematic description of thin sections towards the Study of ancient ceramic technology". *Archaeometry: proceedings of the 25th international symposium*. Oxford: Elsevier.
- (1996). "Detection and interpretation of preferred orientation in ceramic thin sections" en: Higgins. T., Main, P., and Long, J. (eds.). *Imaging the Past*. The British Museum Occasional Paper 114 (London: The British Museum), pp.173-181.
- (2016). "Fabric description of Archaeological Ceramics" en Alice Hunt (ed.), *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis*. Oxford University Press.

- Woods, A. (1985). "An introductory note on the use of tangential thin sections for distinguishing between Wheel-thrown and Coil/Ring-built Vessels". *Bulletin of the Experimental Firing Group* 3:100-114.
- Yannitto, Victoria (2012) "Beneficios de la aplicación de la micromorfología de suelos en arqueología". *Estrat crític: Revista d'arqueologia* 1:76-85.

ANEXO 1. PROPIEDADES MAGNETICAS

Las propiedades magnéticas de los minerales se pueden dividir en tres, y están dadas por la presencia de momentos magnéticos en los átomos, resultado del movimiento de las orbitas y spin de los electrones:

- Diamagnetismo. Se refiere a la adquisición de una magnetización inducida (J_i) en dirección opuesta al campo aplicado (H); esta magnetización no se mantiene en ausencia del campo. Los átomos no presentan momentos magnéticos. La susceptibilidad magnética (χ) es negativa e independiente de la temperatura. Un ejemplo de mineral diamagnético es el Cuarzo.

- Paramagnetismo. Se refiere a la adquisición de una magnetización inducida (J_i) paralela al campo aplicado (H); al igual que el anterior la magnetización no se mantiene en ausencia del campo. Los átomos presentan momentos magnéticos, pero no interactúan entre ellos. Un ejemplo sería la Fayalita

- Ferromagnetismo. Se refiere a la adquisición de una magnetización inducida (J_i), que se mantiene en ausencia del campo, esto debido a que los momentos magnéticos de los átomos interactúan fuertemente entre ellos. La magnetización es mayor que en los minerales paramagnéticos bajo el mismo campo. Un ejemplo es la magnetita.

Los minerales Ferromagnéticos presentan una Saturación Magnética (J_s), la cual decrece con un aumento en la temperatura, hasta llegar a 0 en su Punto de Curie (T_c), por arriba de esta temperatura el mineral se vuelve paramagnético (Figura 1).

Los granos ferrimagnéticos se dividen según su tamaño en: Multidominio (MD) $\sim 110\mu\text{m}$, energéticamente presentan más de un dominio; Dominio Simple (SD) $< 0.2\mu\text{m}$ solo presentan un dominio; Pseudo dominio simple (PSD) entre 0.2 y $110\mu\text{m}$, por tamaño pueden tener más de un dominio pero se comportan como de dominio simple; Superparamagnéticos (SP) granos ultrafinos $< 0.03\mu\text{m}$, comportamiento similar al paramagnetismo pero con alta susceptibilidad.

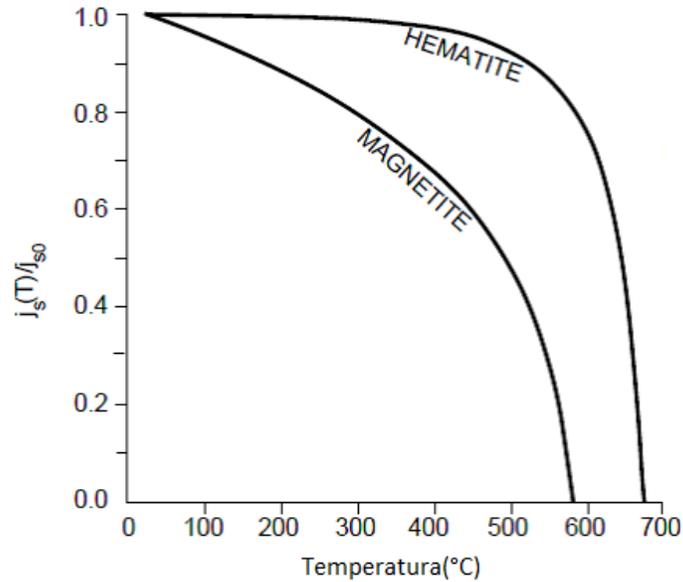


Figura 1. Curvas de Saturación magnética vs Temperatura para la magnetita y la hematita (Tomado de Buttler, 1992:19).

Las principales Temperaturas de Curie y de Néel de los minerales de hierro se presentan en la siguiente tabla, así como las transformaciones de minerales magnéticos a altas temperaturas:

Temperatura de Curie (Tc) (ferro-para)	
Hierro	770°C
Magnetita	580°C
Maghemita	600°C
Titanomagnetita	580°C (magnetita) a -153°C (ulvoespinela)
Pirrotita	320°C
Greigita	330°C
Temperaturas Néel (Tn) (antiferro-para)	
Goethita	120°C (60-170°C)
Hematita	675°C
Titanohematita	675°C (hematita) a -218°C (ilmenita)
Lepidocrocita	-196°C
Transformaciones minerales a altas temperaturas	
Maghemita	Cambia a hematita a ~300°C (perdida de susceptibilidad)
Lepidocrocita	Cambia a Maghemita a 250-350°C (gana susceptibilidad)
Goethita	Se deshidrata a Hematita a 300-400°C (poco cambio en susceptibilidad)

Para-antiferro	Reducción/oxidación a magnetita/maghemita cuando se enfría desde ~600°C (gana susceptibilidad)
----------------	--

Tabla 1. Principales Temperaturas de Curie y Néel, y transformaciones minerales a altas temperaturas (Tomado de Dearing 1994:51).

Curvas de temperatura-susceptibilidad

Las curvas de temperatura-susceptibilidad incluyen bajas (por debajo de 0°C) y altas temperaturas. Estas curvas ayudan a la identificación de ciertos minerales y dominios, a partir del comportamiento de las curvas y la identificación de puntos de transición (Figura 2). Algunas problemáticas a tener en cuenta es la posible modificación de la muestra a altas temperaturas, problema que no se tiene en bajas temperaturas; otro punto importante es que la identificación es cualitativa, y la presencia de ciertos minerales (ferrimagneticos) puede enmascarar otros por la dominancia de la señal, así como que las curvas son acumulativas por lo que la presencia y combinación de ciertos tipos de minerales pueden semejar el comportamiento de otros minerales.

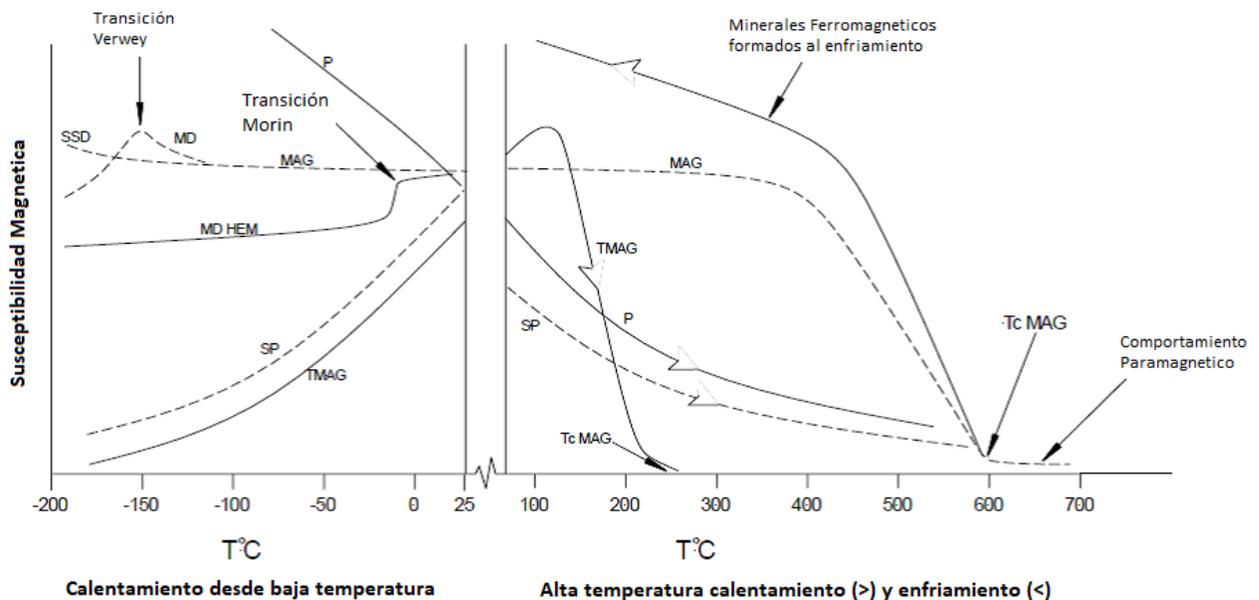


Figura 2. Comportamiento de los principales minerales y dominios a altas y bajas temperaturas. Seperparamagneticos (SP), Dominio simple estable (SSD), Multidominio (MD), Paramagnetico (P), Magnetita (MAG: T_c 580°C), Titanomagnetita (TMAG: T_c 250°C), y Hematita (HEM), (Tomado de Dearing, 1994:52).

Dependencia de frecuencia

El principio de este análisis es el comportamiento magnético cambiante en cristales superparamagneticos de tamaño menor a $0.03\mu\text{m}$, estos pierden la magnetización inducida posterior a la aplicación de un campo magnético de manera muy rápida.

La dependencia de frecuencia se obtiene al restar los valores medidos en dos frecuencias de magnetización diferentes: la baja frecuencia (.46 kHz) mide los cristales SP cercanos a los límites con granos SSD, y la alta frecuencia (4.6 kHz) cambia el límite de tamaño de dominio entre cristales SP y SSD hacia un tamaño más pequeño. Haciendo que los cristales SP cercanos al límite se comporten como granos SSD, con un valor de susceptibilidad menor.

La diferencia entre los valores medidos a diferentes frecuencias indica la presencia y cantidad de minerales superparamagneticos. La Dependencia de frecuencia se puede calcular por Porcentaje ($\chi_{fd} \%$) y por masa específica ($\chi_{fd} 10^{-9} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$). Los valores encontrados indicarán el tipo de grano (MD, SD, SP, PSD), si se grafica la dependencia de frecuencia por porcentaje contra la dependencia de frecuencia de frecuencia por masa es posible discriminar entre tamaño de grano y dominio de una manera más certera (Figura 3), si solo se cuenta con el porcentaje la interpretación es cualitativa de la siguiente forma:

Bajo χ_{fd}	<2 %	<10 % de granos SP
Medio χ_{fd}	2 - 10 %	Combinación entre granos SP y granos más gruesos no-SP, o granos SP <math><0.005\mu\text{m}</math>
Alto χ_{fd}	10 - 14 %	>75 % de granos SP
Muy alto χ_{fd}	>14 %	Valores extraños: error de medición, anisotropía, muestra débil o contaminación.

Tabla 2. Interpretación de valores de susceptibilidad de dependencia de frecuencia (Tomado de Dearing 1994:47).

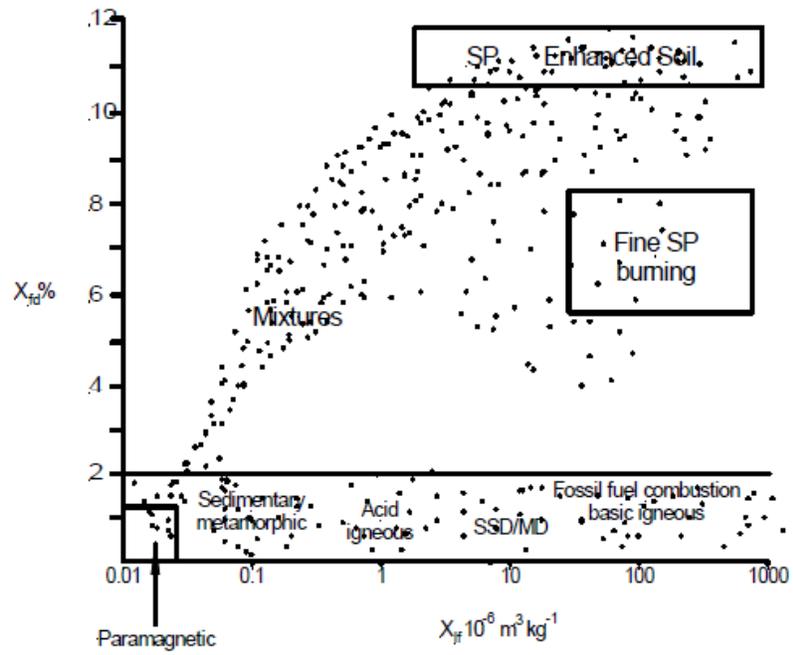


Figura 3. Grafica χ_{fd} % vs $\chi_{fd} 10^{-9} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ (Tomado de Dearing, 1994:48).

ANEXO 2. ANEXO CATALOGO CERAMICA ARQUEOLOGICA

Se realizó un recorrido corto a las faldas del cerro Molcajete, sobre terreno que actualmente se usa para la siembra. Se tomaron muestras de cerámica arqueológica de material de superficie bajo la supervisión del arqueólogo Héctor Pérez García del Centro INAH Estado de México. En total se cuenta con 13 fragmentos cerámicos (Tabla 1), los cuales fueron clasificados previo a su análisis petrográfico mediante láminas delgadas; cabe mencionar que el material se encontró muy erosionado y de ninguna forma se trata de material diagnóstico por lo que en algunos fragmentos no se pudo determinar su pertenencia a un tipo cerámico específico.

N°	FORMA	DECORACIÓN
4	Bordes de cajete	2 pintura roja, 1 engobe naranja, 1 --
4	Cuerpos (3 cajete, 1 posible molcajete)	2 pintura roja, 2 --
1	Asa	-
1	Fondo de cajete con inicio de soporte	Pintura roja
1	Soporte	Pintura roja
1	Soporte con fondo de molcajete	Pintura roja en soporte
1	Fragmento de soporte hueco	Pintura roja

Tabla 1. Material analizado.

Para su clasificación se tomó como base los trabajos de García Payon (1941) en el sitio de Tecaxic-Calixtlahuaca, por ser los más cercanos a nuestra zona de estudio. Es importante mencionar que la tipología cerámica del Valle de Toluca aún no está totalmente establecida, sobre todo lo correspondiente a la secuencia cronológica en correlación a dataciones radiométricas y no solo perfiles estratigráficos (ver Smith 2003a y b); y también en la homogeneización de su clasificación, con tipos similares encontrados en diferentes sitios dentro del Valle de Toluca y que se les da un nombre particular dentro de cada investigación (ver Chacón Guerrero et al., 2007 para un panorama de estas secuencias tipológicas en el área).

El material recuperado consta principalmente de cajetes y molcajetes correspondientes al Tipo 2-A (Rojo sobre café) de la cerámica Matlatzinca, reportada por García Payon (1941) para el Valle de Toluca; este tipo corresponde a la cerámica de la segunda época de los Matlatzincas, que dentro de sus principales características tiene: pasta de color bayo y granulosa, manufactura en moldes, “motivos de líneas rectas, curvas y grecas escalonadas en las zonas anulares y discos con ganchos, cruces y equis, etc., en las centrales” (García Payon, 1941:229), y la presencia de soportes cilíndricos decorados con “manchas” rojas. Este tipo es semejante al 3-A, siendo la principal diferencia la presencia de una capa impermeable en la superficie, la cual no se presenta en nuestra cerámica pero como ya se comentó esto puede deberse a la conservación general del material.

Se ha propuesto que la cerámica rojo sobre bayo corresponde a la época del posclásico temprano mientras que los tipos policromos se distribuyen en el posclásico medio y tardío sin embargo no se

tiene la certeza de esta división estilística en tiempo, por lo que la temporalidad exacta queda en duda (Smith, 2003a), y solo se refiere como del posclásico.

Como se mencionó anteriormente existe una diversidad de secuencias tipológicas para el Valle de Toluca, tratar de homogenizar y unificarlas queda fuera de los objetivos de este trabajo, sin embargo parece relevante mencionar la correlación del Tipo 2-A (Rojo sobre café) de García Payon (1941) con las otras secuencias:

AUTOR	ÁREA	TIPO
García Payon	2-A (Rojo sobre café)	Tecaxic-Calixtlahuaca
Ernesto Vargas	Teotenango	Grupo Matlatzinca temprano
Wanda Tomassi	Teotenango	Tipo A
Yoko Sigura	Valle de Toluca	Complejo Matlatzinca
Michael E. Smith	Valle de Toluca	Grupo E. Rojo sobre Bayo.

Tabla 2. Correlación del tipo estudiado en diferentes clasificaciones cerámicas.

Es interesante mencionar que en el texto de García Payon (1941), se menciona a Santiaguito, junto con Tecaxic, como un posible yacimiento para el Tipo 2-B, 3-B, 4-A -B y -E, sin embargo no se explica claramente la identificación de las pastas y su asociación a estos yacimientos. También se menciona que al momento de ese trabajo, en Santiaguito se produce una cerámica muy específica, solo una o dos formas/tipos, como una manera de no competir con otros productores (ej. Metepec y Tecaxic), comportamiento que se extrapola a la época prehispánica con la baja aparición del Tipo 3-C (Negro y rojo sobre café). De esto se desprenden dos puntos relevantes, el primero es la continuidad hasta hoy en día en esta producción particular de ciertas formas, y la otra es la continuidad de la producción desde al menos la década de los cuarentas.

A continuación se presenta el catalogo del material estudiado.

REFERENCIAS

- Chacón Guerrero, Josefina del Carmen, Hanz Martz de la Vega y Miguel Pérez Negrete
2007 La cerámica en el suroeste del Estado de México durante el Posclásico (900-1521 D.C). En Beatriz Leonor Merino Carrión y Ángel García Cook Coordinadores. *La producción alfarera en el México antiguo V* (pp. 175-259). Colección Científica, INAH.
- García Payon, José
1941 La cerámica del Valle de Toluca. *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos* pp. 209-238.
- Smith, Michael E.
2003a Comercio durante el Posclásico de la cerámica decorada: Malinalco, Toluca, Guerrero y Morelos. *Arqueología* 29:63-84.
- 2003b Tipología de la cerámica posclásica del Valle de Toluca: Versión Breve.
<http://www.public.asu.edu/~mesmith9/Calix/Documents/TypeDescrSpanBrf.pdf>



Muestra #1

Tipo:

Temporalidad: Posclásico

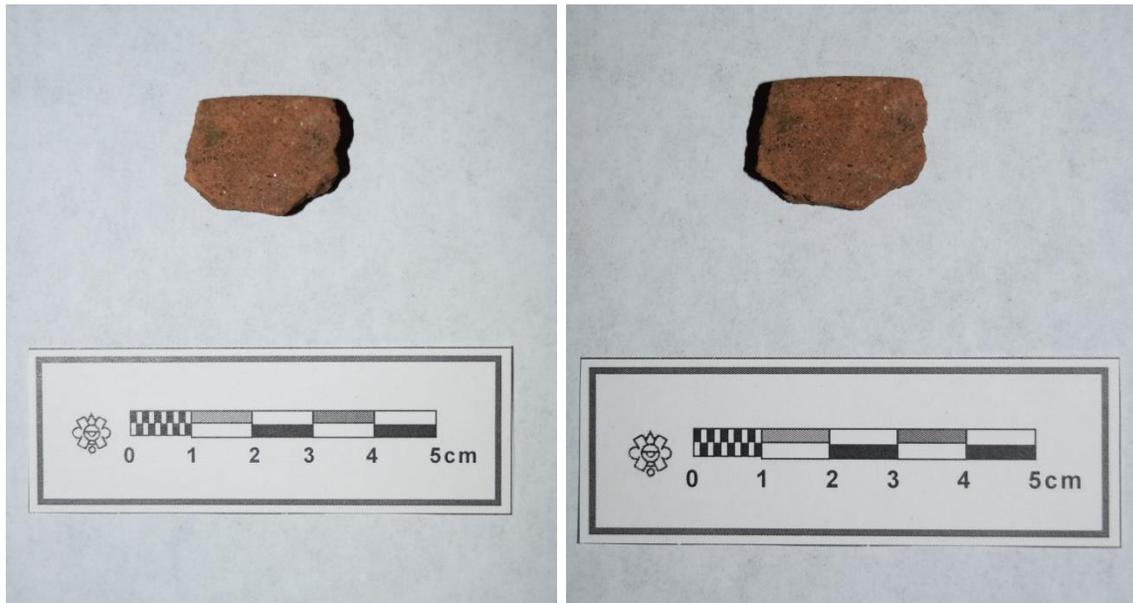
Forma: Borde de cajete de paredes rectas divergentes.

Descripción: Presenta restos de engobe naranja en la parte interna, muy erosionado. Pasta amarilla/rosada, compacta con poros alargados. Núcleo de reducción.

Medidas:

Largo 4.6 cm Ancho: 5.4 cm Grosor: 1.2 cm Diámetro: 19 cm





Muestra #2

Tipo:

Temporalidad: Posclásico.

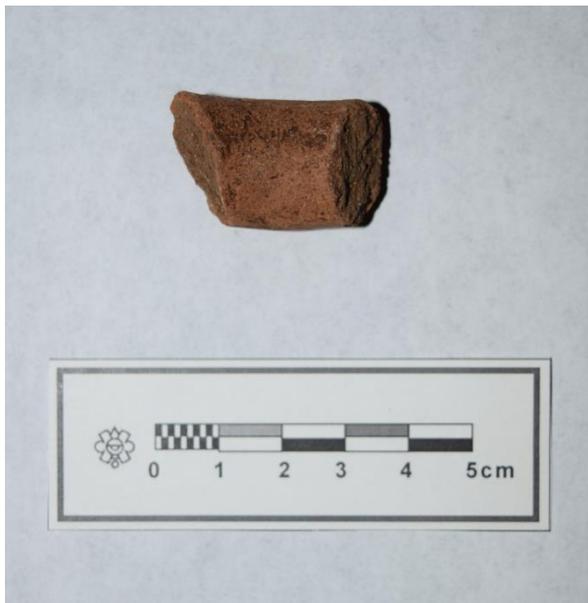
Forma: Borde, posiblemente de cajete.

Descripción: Sin decoración aparente. Pasta de color café rojizo. Núcleo de reducción. Pasta compacta con granos abundantes, menores a .5 mm.

Medidas:

Largo: 1.9 cm Ancho: 2.4 cm Grosor: .8 cm Diámetro: 16 cm





Muestra #3

Tipo:

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Asa.

Descripción: Sin decoración aparente. Pasta color café bayo. Núcleo de reducción. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 3.2 cm Ancho: 2 cm Grosor: 1.4 cm





Muestra #4

Tipo:

Temporalidad: Posclásico.

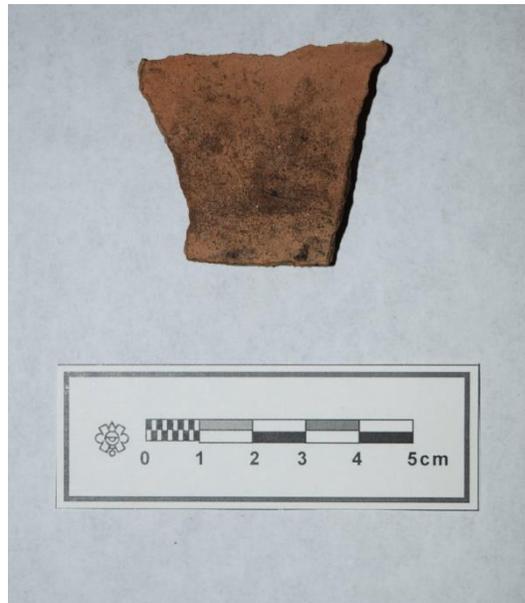
Forma: Cuerpo de molcajete

Descripción: Sin decoración aparente. Pasta café rojiza. Núcleo de reducción. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 4.3 cm Ancho: 3.6 cm Grosor: .6 cm





Muestra #5

Tipo:

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Cuerpo de cajete

Descripción: Sin decoración aparente. Conserva el alisado al interior. Pasta color café rojiza. Núcleo de reducción. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 3.8 cm Ancho: 4.6 cm Grosor: .6 cm





Muestra #6

Tipo: 2-A Rojo sobre café (Payon, 1941).

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Soporte hueco

Descripción: Pintura roja muy erosionada. Pasta color café amarillento. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 4.1 cm Ancho: 1.9 cm Grosor: .6 cm





Muestra #7

Tipo: 2-A Rojo sobre café (Payon, 1941).

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Borde de cajete.

Descripción: Decoración interior (banda roja en el borde y líneas paralelas por debajo). Pasta café bayo. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 3.8 cm Ancho: 2.1 cm Grosor: .6 cm Diámetro: 14.5 cm





Muestra #8

Tipo: 2-A Rojo sobre café (Payon, 1941).

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Cuerpo de cajete.

Descripción: Decoración interior muy erosionada (líneas rojas). Pasta color café amarillenta. Núcleo de reducción. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 3.2 cm Ancho: 3 cm Grosor: .7 cm





Muestra #9

Tipo: 2-A Rojo sobre café (Payon, 1941).

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Cuerpo de cuenco.

Descripción: Decoración interior (líneas rojas circulares al fondo y perpendiculares hacia la pared). Pasta color café bayo. Núcleo de reducción en casi la mitad de la vasija (del interior al exterior). Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 3 cm Ancho: 4.2 cm Grosor: 1 cm





Muestra #10

Tipo: 2-A Rojo sobre café (Payon, 1941).

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Borde de cajete

Descripción: Decoración interior (banda roja) y exterior (pintura roja muy erosionada). Pasta color café amarillento. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 2.8 cm Ancho: 1.8 cm Grosor: .8 cm Diámetro: 13 cm





Muestra #11

Tipo: 2-A Rojo sobre café (Payon, 1941).

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Fondo de cajete

Descripción: Decoración interna muy erosionada (pintura roja). Pasta de color café rojizo. Núcleo de reducción. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 4.5 cm Ancho: 4.3 cm Grosor: .9 cm (fondo)





Muestra #12

Tipo: 2-A Rojo sobre café (Payon, 1941).

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Soporte cónico.

Descripción: Decoración (pintura roja). Pasta de color café amarillento. Núcleo de reducción. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm.

Medidas:

Largo: 5.5 cm Ancho: 3.4 a 1.8 cm





Muestra #13

Tipo: 2-A Rojo sobre café (Payon, 1941).

Temporalidad: Posclásico.

Forma: Fondo y soporte cónico de molcajete

Descripción: Decoración en el soporte (pintura roja). Pasta de color amarillenta. Núcleo de reducción. Pasta compacta con granos abundantes, menores de .5 mm. El soporte tiene la cara interna desgastada.

Medidas:

Largo: 7.8 cm Ancho: 3.1 a 1.4 cm (soporte) Grosor: .6 cm (fondo)

