



Universidad Autónoma Del Estado De  
México

Facultad de Geografía

***PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA  
COMO HERRAMIENTAS PARA EL  
ESTUDIO DE POSIBLE PROCEDENCIA DE  
CERÁMICA PREHISPÁNICA EN LA  
AUTOPISTA TOLUCA-NAUCALPAN Y  
VALLE DE BRAVO.***

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
Licenciado en Geología Ambiental y Recursos**

**Hídricos**

**PRESENTA:**

**Tania Elizabeth Lugo González**

**Asesor de Tesis**

**Dr. Héctor Víctor Cabadas Báez**

**Revisores**

**Mtro. Raúl Miranda Gómez**

**Ing. Rodolfo Reyes Osorio**



**Toluca, Estado de México, 2025**



## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>4</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>4</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>5</b>
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>7</b>
<b>Caracterización de las regiones de estudio</b> .....	<b>7</b>
1.1 Área de Valle de Bravo -La Peña .....	7
1.1.2 Fisiografía .....	7
1.1.3 Ubicación .....	7
1.1.4 Geología Regional .....	8
1.1.5 Geología Local .....	9
1.2. Área de Cerro de la Verónica (Carreteta, Autopista Toluca-Naucalpan) .....	10
1.2.1. Fisiografía .....	10
1.2.2. Ubicación .....	11
1.2.3 “Sitio 2, La Parra III” .....	11
1.2.4 “Sitio 7 Buena Vista III” .....	12
1.2.5. “Sitio 8 Rancho Viejo” .....	13
1.3. Geología Regional .....	13
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>15</b>
<b>Marco Teórico</b> .....	<b>15</b>
2.1 La cerámica .....	15
2.1.1 Utilidad del estudio de la cerámica en la arqueología .....	16
2.2. Cronología del tiempo en Mesoamérica. ....	17
2.3. Tipología de la cerámica. ....	20
2.4. Geoarqueología .....	22
2.5. Arqueometría .....	24
2.6. Petrografía .....	26
2.6.1. El análisis petrográfico de la cerámica arqueológica .....	27
2.7 Aplicación de la difracción de rayos X en la identificación mineralógica .....	31

2.7.1 Técnicas de difracción de Rayos X para la identificación cualitativa y cuantitativa de minerales de la arcilla. ....	35
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>36</b>
Metodología .....	36
3.1 Materiales colectados en los salvamentos arqueológicos .....	36
3.2 Preparación de las muestras, lámina delgada de suelo y cerámica.....	39
3.3 Procedimiento de muestras para Difracción de Rayos X (DRX). ....	41
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>44</b>
Resultados .....	44
4.1 Resultados de análisis Petrográficos .....	44
4.2 Resultados de La Difracción de Rayos X.....	48
4.3 Resultados de la estimación visual de porcentaje total de los minerales.....	54
<b>Capítulo 6</b> .....	<b>56</b>
Discusión de Resultados .....	56
6.1 Primera etapa.....	56
6.2.1 Segunda Etapa .....	57
6.3.1 Tercera etapa .....	60
6.4.1 Cuarta Etapa.....	60
6.2 Conclusiones.....	64
<b>Bibliografía</b> .....	<b>65</b>

### *Índice de Figuras*

<i>Figura. 1 Localización Geográfica del predio Lote 4. ....</i>	<i>8</i>
<i>Figura. 2 Ubicación del Sitio 2 "La Parra III" .....</i>	<i>12</i>
<i>Figura. 3 Ubicación del "sitio 7 Buena Vista III" .....</i>	<i>12</i>
<i>Figura. 4 Ubicación del "Sitio 8 Rancho Viejo" .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura. 5 Componentes del Microscopio Petrográfico .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura. 6. Sistemas Cristalinos y las Redes de Bravais .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura. 7. Descripción gráfica de los planos de la ley de Bagg. ....</i>	<i>33</i>
<i>Figura. 8, Interacción de los rayos X con la materia amorfa. ....</i>	<i>34</i>
<i>Figura. 9. Piezas y clasificación de acuerdo con su decoración. ....</i>	<i>37</i>
<i>Figura. 10. Preparación de Lámina delgada. ....</i>	<i>40</i>

<i>Figura. 11. Difractómetro EMPYREAN y Molienda de muestra en mortero de ágata ..</i>	<i>42</i>
<i>Figura. 12. Gráficos auxiliares para la estimación visual de porcentajes.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura. 13. Resultados petrográficos de las muestras de Suelo.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura. 14 Petrografía de la cerámica.....</i>	<i>47</i>

### **Índice de Cuadros**

<i>Cuadro 1. Cronología del Tiempo en Mesoamérica.....</i>	<i>18</i>
<i>Cuadro 2. Cronología posclásica provisional de Calixtlahuaca y Valle de Toluca. ....</i>	<i>19</i>
<i>Cuadro 3. Tipología de Cerámica propuesta en el Valle de Toluca.....</i>	<i>22</i>
<i>Cuadro 4. Muestras del SAATN Clasificadas de acuerdo a su Periodo y Decoración ...</i>	<i>38</i>
<i>Cuadro 5. Muestras del Salvamento la Mora, Valle de Bravo clasificadas de acuerdo a su Periodo y decoración .....</i>	<i>38</i>
<i>Cuadro 6 Resultados de la Difracción de Rayos X.....</i>	<i>48</i>
<i>Cuadro 7. Porcentaje total de los componentes minerales del Salvamento de la Autopista Toluca- Naucalpan .....</i>	<i>54</i>
<i>Cuadro 8. Porcentaje total de los componentes minerales del Salvamento Arqueológico Valle de Bravo, predio La Peña. ....</i>	<i>55</i>

### **Índice de Mapas**

<i>Mapa 1. Geología Municipio Valle de Bravo .....</i>	<i>9</i>
<i>Mapa 2 Edafología de Valle de Bravo.....</i>	<i>61</i>
<i>Mapa 3 Edafología de la Autopista Toluca-Naucalpan.....</i>	<i>62</i>

### **Índice de Difractogramas**

<i>Difractograma. 1 Muestra de Suelo "MZ RALPLA" .....</i>	<i>49</i>
<i>Difractograma. 2. Muestra de suelo MZ RALPL4 .....</i>	<i>50</i>
<i>Difractograma. 3 Muestra SAATN Cerámica.....</i>	<i>51</i>
<i>Difractograma. 4 Muestra de cerámica CII SAATN (11) .....</i>	<i>52</i>
<i>Difractograma. 5 Muestra de cerámica VB RALPL4 .....</i>	<i>53</i>

## **INTRODUCCIÓN**

---

Se sabe que los hombres que habitaron en los remotos siglos del Paleolítico inferior conocieron la plasticidad del barro, por la inteligencia de los primeros “Homo Sapiens”, se cree que percibieron esa propiedad, tras contemplar, las huellas de sus pies o las pertenecientes a aquellos animales salvajes que fueron sus antecesores modelados sobre capas de arcillas húmedas. Sin embargo, tuvo que pasar mucho tiempo para poder modificar esta materia prima de manera utilitaria y aplicarlos para obtener diversas piezas relacionadas con su ideología o con su manera de vivir.

Hablando en términos arqueológicos, la cerámica es uno de los materiales más abundantes por lo que su investigación es muy importante para conocer el desarrollo y la vida de las sociedades pasadas; por este motivo es de suma importancia realizar investigaciones de dicho material con trabajos que vayan más allá de un análisis de mano, es decir que su estudio se base en la observación de las características identificadas a simple vista.

Debido a las razones mencionadas anteriormente la presente investigación plantea el estudio de la cerámica centrándose en la geoarqueológica, desde un enfoque geológico utilizando una de sus ciencias, la petrografía y siguiendo la metodología de la micromorfología de suelos, y Difracción de rayos x, con el propósito de conocer la composición mineralógica desde un enfoque microscópico, a fin de identificar el acomodo de sus partículas y otros elementos en el interior de la pasta de la cerámica identificada como de uso utilitario o doméstico que ha sido recolectada en diferentes sitios, todas las piezas cerámicas fueron donadas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), estas piezas forman parte de dos proyectos:

- “Proyecto de Salvamento Arqueológico Autopista Toluca – Naucalpan”
- “Rescate Arqueológico Lote 4, Calle La Mora, La Peña, Valle de Bravo, Estado de México”

El presente trabajo tiene como objeto identificar los minerales así como patrones tecnológicos similares en la manufactura de cerámica entre las sociedades antiguas y las actuales de ambos sitios, con el fin de comparar las piezas para encontrar las similitudes que existen en cuanto a la materia prima utilizada, identificación de la composición mineralógica de la cerámica, para determinar el origen de los materiales y técnicas de fabricación, de esta forma se puede inducir los posibles bancos de material, así como la posible procedencia u origen geográfico de las piezas y la relación a la etnia perteneciente ya que se espera conocer si en ambos sitios existió una industria de producción de cerámica de manera local. La selección de las piezas de ambos proyectos se basó en la misma temporalidad, de acuerdo con la cronología del tiempo en mesoamérica, la cerámica pertenece al periodo Posclásico, también comparten similitud en cuanto al uso doméstico, así como la misma policromía con tonos rojizos.

Se realizaron varias técnicas para lograr los objetivos antes mencionados, teniendo como primer estudio la observación petrográfica y micromorfológica a partir de láminas delgadas de cerámica prehispánica, suelo y rocas, estos materiales fueron producto de los proyectos de salvamentos. Cabe destacar que este trabajo de investigación es de los pocos estudios geoarqueológicos aplicados en la cerámica ya que a nivel regional se cuenta con muy pocos registros de mezclar ambas ciencias para obtener resultados más complementarios.

La arqueometría es un factor que ha influido en la aplicación de las técnicas y métodos analíticos para el estudio de los materiales arqueológicos, se considera una línea de investigación multidisciplinaria; gracias a esta característica aborda múltiples aspectos que aportan valiosa información sobre composiciones estructurales, propiedades físico químicas de los diferentes materiales utilizados en la vida cotidiana y ceremonial de las culturas prehispánicas, de acuerdo a este contexto, dicho análisis permite a los arqueólogos y a otros especialistas comprender la procedencia de las materias primas, manufactura, etc, considerar estos aspectos de las piezas utilitarias permite determinar rutas e intercambios comerciales entre las poblaciones, así como reconocer el grado de desarrollo tecnológico, también es más factible detallar el estado de conservación del patrimonio y evaluar las acciones convenientes para su

restauración, protección y conservación, La Arqueometría considera el estudio de la cronología o temporalidad de los elementos arqueológicos, por ejemplo, el análisis petro-geoquímico de objetos cerámicos. Existen diversas técnicas y metodologías científicas utilizadas (Garza, 2005)

## **ANTECEDENTES**

De acuerdo con García Payón (1999) lo que hoy conocemos como el Valle de Toluca (VT), en la antigüedad fue habitado por los Matlatzincas, quienes cohabitaron los otomíes en la zona central y montañosa, (García Payón, 1941) publicó uno de los primeros estudios sobre la cerámica posclásica en dicho Valle, principalmente para exploración en localidades como Malinalco, Valle de Bravo, Lerma, Calixtlahuaca, entre otros. Sin embargo, este se subdivide en cuatro periodos hablando cronológicamente por lo tanto es un tanto complicado ya que según (Smith, 2001) no existe suficiente información empírica suficiente para dar por definitiva la cronología antes mencionada.

Existen estudios de cerámica posteriores del Posclásico en el VT sin embargo, su aportación ha sido escasa ya que no han aportado las pruebas suficientes para tener una cronología aceptable. (Tommasi, 1978) presentó una decoración para Teotenango pero sin un sustento, es decir que no presentó un análisis o metodología y el mismo caso para Pacheco (1978) propuso una cronología para la cerámica de Teotenango sin dejar un respaldo de esa información.

Entre 1977 y 1981, la Dra. Yoko (2009) dirige el Proyecto Valle de Toluca, donde investigó el área que cubrió gran parte de dicho Valle, con trabajos de recorrido de superficie y excavación, el cual permitió conocer el patrón de asentamiento en distintas épocas. Así como determinar la secuencia cronológica para comparar las características estratigráficas y de materiales de ambas zonas.

Para el caso de la Peña en Valle de Bravo, hay un antecedente que data de los años 30's, el cual se caracterizó como "un importante sitio arqueológico" por García Payón y Florencia Müller, ambos reportaron los primeros hallazgos arqueológicos en la zona, sin embargo, la primera excavación arqueológica en esta zona tiene un registro en el año Reinhold (1972) a partir de esa excavación publicó el libro Exploraciones Arqueológicas en Valle de Bravo, donde explicó el motivo de dicha excavación. En su descripción del sitio La Peña redacta que al sur los vestigios se vieron afectados por construcciones en el área, por otro lado al noreste tuvo un hallazgo de un edificio circular donde se localizaron dos entierros hallando cerámica relacionada a estos.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Identificar cuál es el patrón de composición mineralógica de las muestras de cerámica prehispánica y suelo procedentes de los salvamentos arqueológicos, a través de una comparación entre las agrupaciones de fases minerales, temporalidad, así como la asociación del sitio potencial de obtención de sus materias primas, con la ayuda de técnicas petrográficas, y la metodología de micromorfología de suelos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar las agrupaciones de fases minerales en la cerámica prehispánica y del suelo en los sitios de Valle de Bravo y la Autopista Toluca-Naucaipan, a través de técnicas petrográficas y geoquímicas para inferir sus características de procedencia.
- Seleccionar las muestras de ambos sitios según su temporalidad y similitud en el decorado.
- Identificar los componentes gruesos de la pasta cerámica (desgrasante), a través de la petrografía.

- Caracterizar la mineralogía de la cerámica y suelo con el método de Difracción de Rayos X. Este último para la identificación de los minerales arcillosos.
- Integrar los resultados de las diversas técnicas, para proponer un modelo de procedencia de acuerdo con la cartografía edafológica disponible.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Si analizamos detenidamente las construcciones de las nuevas vías de comunicación en diferentes ciudades, poblaciones y carreteras del territorio mexicano, podremos percatarnos de los cambios que se han generado en el medio urbano y rural, así como la afectación al paisaje y a los restos materiales de las sociedades que nos antecedieron, es decir a los bienes arqueológicos e históricos que son parte fundamental de la nación.

Ante estas nuevas necesidades de protección al patrimonio cultural, en México existe el INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia), que cuenta con la capacidad y reglamentos para la investigación Arqueológica, donde prescribe que cuando alguna obra pública o privada dañe un bien cultural deberá cumplir con una investigación formal. A este tipo de investigaciones se les conoce como “salvamentos arqueológicos” y tienen el propósito de recuperar información que nos ayuden a interpretar y estudiar a las sociedades extintas (Gengis J. Ovilla Rayo, 2016).

Los proyectos que han intentado caracterizar mineralógicamente objetos arqueológicos son relativamente recientes y escasos, en gran medida por el hecho de que los métodos analíticos empleados requieren la destrucción total de la muestra. En general, los trabajos publicados únicamente ofrecen la caracterización mineralógica de la muestra, sin más consideraciones sobre su textura, microestructura, u otras propiedades que permiten relacionar las muestras arqueológicas con los yacimientos geológicos de procedencia mineral (Blasco, 1992).

Dicho esto, la cerámica y el suelo analizados están localizados dentro del Estado de México en el municipio de Valle de Bravo y en el municipio de Lerma, sin embargo, sólo

se han estudiado macroscópicamente, es decir que únicamente se han descrito sus características físicas a simple vista como el color, forma, las inclusiones de la pasta, componentes para su manufactura, tamaño, etc. A partir de esta necesidad se han elegido estos sitios para hacer una comparación entre ambos, ya que su importancia radica en que pertenecen a la misma región y macroscópicamente son

similares en color, inclusiones, temporalidad y son pertenecientes al grupo étnico Matlatzinca, por lo que se utilizarán herramientas geoquímicas para su análisis.

De acuerdo con esta información, se puede plantear las siguientes preguntas:

*¿Es posible que exista una relación entre las características químicas y mineralógicas de las cerámicas obtenidas de los Salvamentos Arqueológicos del predio “Lote 4, La Mora” en la Peñita, Valle de Bravo y el Salvamento de la Autopista Toluca – Naucalpan, así como la similitud con las muestras del suelo obtenidas cerca del “Lote 4, ¿La Mora”?*

*¿La micromorfología de suelo tiene similitud con los yacimientos cercanos, a los sitios de ambos salvamentos, y que nos pueda indicar la posible procedencia de la obtención de materia prima?*

# Capítulo 1

## Caracterización de las regiones de estudio

### 1.1 Área de Valle de Bravo -La Peña

#### 1.1.2 Fisiografía

La zona de Valle de Bravo se caracteriza por una topografía compleja, resultado de la convergencia de estructuras sedimentarias plegadas y erosionadas, junto con amplias plataformas generadas por la acumulación de materiales volcánicos emitidos por las múltiples formadas.

Desde el punto de vista Geomorfológico, el área de estudio se localiza dentro de la “Depresión del Balsas” Lugo Hubp (1990), la cual forma parte de la provincia fisiográfica “Sierra Madre del Sur” de acuerdo con la descripción de Raisz (1959), en la clasificación fisiográfica de la República Mexicana.

Valle de Bravo (VB), se divide en dos regiones, una pertenece a la provincia del Cinturón Volcánico Mexicano, mientras que la otra es parte de la provincia Sierra Madre Sur.

#### 1.1.3 Ubicación

El predio denominado Lote 4 donde se realizó el salvamento arqueológico se localiza entre las coordenadas geográficas  $19^{\circ} 12' 05.05''$  N,  $-100^{\circ} 08' 17.89''$  al este de la Peña, con una altura de 1805 msnm, sobre la calle La Mora (Figura 1).

Las rocas que componen el territorio son ígneas extrusivas, principalmente: andesitas, basalto, riolita, toba ácida, latita, en las ígneas intrusivas granito, las rocas sedimentarias conglomerados y las metamórficas encontrando esquistos principalmente y rocas metasedimentarias.

*Figura. 1 Localización Geográfica del predio Lote 4.*



*Figura 1. Localización Geográfica del predio Lote 4 Valle de Bravo. Tomada del Salvamento Arqueológico La Peña. 2018 por ARQ. Héctor Pérez. Obtenida con Google maps.*

#### **1.1.4 Geología Regional**

De acuerdo con Campa-Uranga (1983) el municipio e Valle de Bravo se encuentra dentro del terreno tectonoestratigráfico conocido como Guerrero.

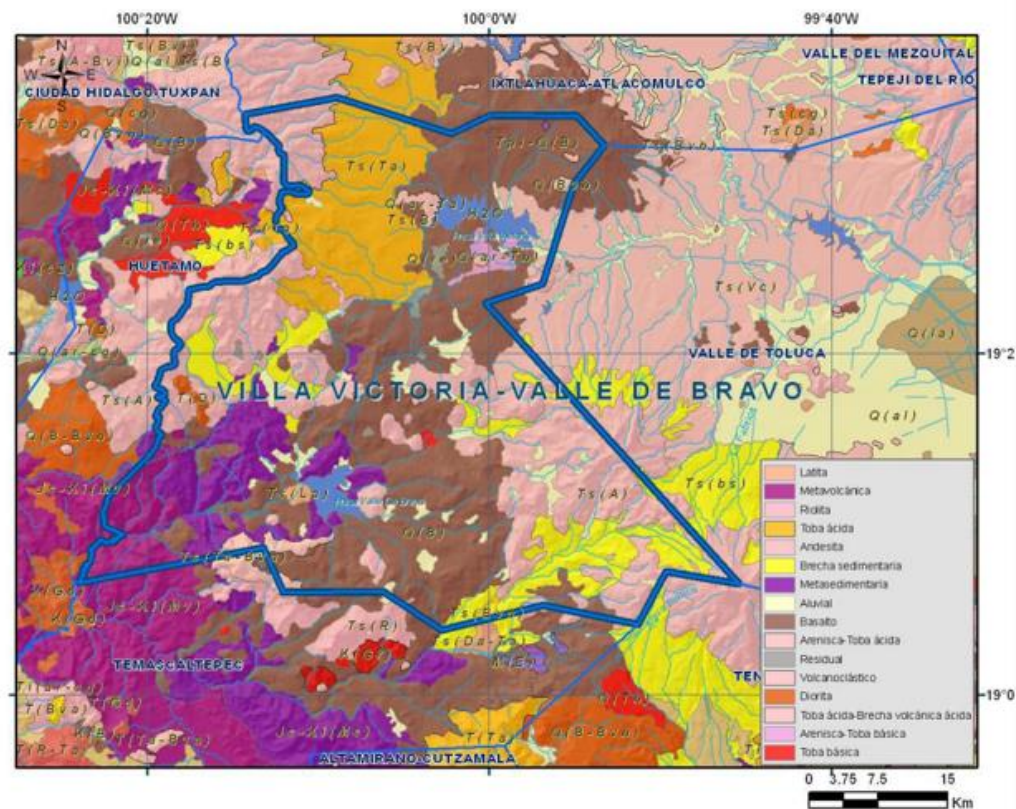
En el área de Valle de Bravo-Sta. Bárbara-Ixtapan del Oro las rocas más antiguas corresponden a dos conjuntos rocosos de edad Cretácica que fueron altamente deformados y metamorfisados en condiciones bajo y muy bajo grado: las rocas metasedimentarias (MS), de Valle de Bravo y un conjunto de rocas metavolcánicas (MV) que afloran en la parte occidental de área (Fitz, 2004).

En la parte centro sur de Valle de bravo se encuentran esquistos principalmente en los afloramientos aislados en las rancherías del Poblado “El Tule”, su distribución es irregular debido a que está cubierta por rocas volcánicas terciarias y cuaternarias.

Sobresalen las rocas pelíticas y volcánicas metamorfoseadas como son los esquistos y gneis cuarzo-feldespáticos, esquistos de granate, esquistos carbonosos (pizarras gráficas), metaconglomerados, meta-areniscas y metariolitas.

Las rocas metasedimentarias son principalmente lutitas, areniscas, metacalizas y tobas finas, estas se encuentran comúnmente intemperizadas en coloraciones gris verdoso, amarillo ocre, pardo rojizo o blanco.

*Mapa 1. Geología Municipio Valle de Bravo*



Fuente: Tomado del Plan de Desarrollo Municipal Valle de Bravo, 2022-2024, Basada del documento de Actualización de la Disponibilidad Media Anual en el Acuífero Villa Victoria-Valle de Bravo (1505). Estado de México 2020. CONAGUA.

### 1.1.5 Geología Local

Valle de bravo es uno de los municipios que componen el Estado de México, se ubica al poniente del estado, sus límites municipales al norte se encuentra el municipio de

Donato Guerra; a sur con el municipio de Temascaltepec; al este con Amanalco y al oeste con los municipios de Ixtapan del Oro, Santo Tomas de los Plátanos y Oztoloapan. Se localiza entre las coordenadas geográficas 19° 11'33"N 100° 07'50"O y se ubica a una altura promedio de 1825 msnm, el municipio cuenta con una extensión territorial 430.80 km<sup>2</sup>

El Subterreno Teloloapan está compuesto por un arco de islas, a su vez constituidas por lavas de afinidad Toleítica que corresponde a la unidad Arcelia, donde en ambos se han reconocido dos fases de deformación.

En el predio de La Peña pertenece a la Formación Teloloapan que de acuerdo con Guerrero (1993) la define como una unidad carbonatada que va de norte a sur con las siguientes litofacies: Calizas de intermarea con influencia volcánica y rocas volcanoclásticas. Las rocas pertenecen a dos afloramientos, teniendo al cerro de la Peña como el principal ya que por su extensión es el más grande, que cubre una porción sur con orientación oeste-este, y otros afloramientos en el noroeste, cubriendo un área aproximada de 150 km<sup>2</sup>.

Su estructura es masiva, una roca dura y compacta de color gris oscuro, foliada con textura cristalina fina, relictas, que contiene algunos fenocristales de calcita recristalizada, posible cuarzo, feldespatos y abundante hematita la cual tiene una coloración rojiza, se clasifica como mudstone o caliza recristalizada. Tiene un espesor de aproximadamente 80 metros.

Este afloramiento sobreyace en las areniscas, específicamente (grauwacas) y tobas.

## **1.2. Área de Cerro de la Verónica (Carreteta, Autopista Toluca-Naucahpan)**

### **1.2.1. Fisiografía**

El cerro de la Verónica pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano, su principal característica es que cuenta con una variedad de formas volcánicas, que incluyen grandes estratovolcanes y conformando las mayores altitudes de la República, Por otra parte, la fisiografía del cerro de la verónica se ubica al

poniente de la Sierra de las cruces, esta constituye un límite morfológico entre las cuencas de México y Toluca.

De acuerdo con datos del INEGI (2010), el sistema de topofomas que conforma la Sierra de las Cruces son estrato volcanes o estratovolcanes aislados, vasos lacustres de piso rocoso o cementado y Lomerío de tobas.

### **1.2.2. Ubicación**

El área de estudio se encuentra dentro del territorio del municipio de Lerma, en el Estado de México, pertenece al sistema montañoso denominado Sierra de las Cruces.

Para el caso de este estudio, hay tres localizaciones distintas de los materiales cerámicos obtenidos, donde el Arq. Héctor Pérez denomina en su informe de Salvamento como “Sitios”, las muestras de este estudio pertenecen al “sitio 2, La Parra III”, “Sitio 7 Buena Vista III” y el “Sitio 8 “Rancho Viejo”.

### **1.2.3 “Sitio 2, La Parra III”**

Esta se localiza en las coordenadas UTM 451069 E y 2140662 N (Datum WGS84), en el informe presentan los materiales que fueron encontrados en la excavación de este sitio, donde menciona que la primera capa observa una textura limosa, la segunda capa se caracteriza por presentar raíces, la tercera es compacta y frágil tiene una textura limo arcillosa.

**Figura. 2 Ubicación del Sitio 2 "La Parra III"**



**Fuente: Ubicación Geográfica del Sitio 2 "La Parra" Tomado del Informe Técnico Salvamento Arqueológico Toluca Naucalpan 2018.**

#### **1.2.4 "Sitio 7 Buena Vista III"**

Este predio se sitúa en las coordenadas UTM 452924 E y 2140251 N a 2827 msnm. (Datum WGS84), a la altura del Km 14+400 de la Autopista Toluca Naucalpan, El principal compuesto de este sitio, de acuerdo al informe del salvamento, así como información de la Carta Inventario Valle de Bravo, revelan materiales con textura limosa, de coloración oscura, con un índice alto de materia orgánica

**Figura. 3 Ubicación del "sitio 7 Buena Vista III"**



**Fuente: Localización del Sitio 7 "Buena Vista III", Informe Técnico Salvamento arqueológico Autopista Toluca Naucalpan 2018.**

### 1.2.5. "Sitio 8 Rancho Viejo"

Se localiza en las coordenadas UTM 455794 E y 2142504 N a 2912 msnm (Datum WGS84). Se encuentra en el Valle conocido como "Llano de los Negros", perteneciente a un sistema de terrazas en el Este-Oeste, Durante la exploración de este sitio se encontraron texturas limosas suaves, en la primera capa, posteriormente se encontró evidencia de abundante carbón, así como texturas limo arcillosas color café claro a ligeramente rojiza.

*Figura. 4 Ubicación del "Sitio 8 Rancho Viejo"*



**Fuente: Localización del Sitio 8 "rancho viejo" en ladera, Informe Técnico Salvamento arqueológico Autopista Toluca Naucalpan 2018 pp-103.**

### 1.3. Geología Regional

Como se menciona anteriormente, la Región del Cerro de la Verónica pertenece a la Sierra de las cruces, tiene una longitud de 110 km y un ancho de 47n km a 27 km Su principal actividad volcánica abarca desde el Plioceno tardía hasta el Pleistoceno, una de sus características principales según los estudios de Terán (2001) son los

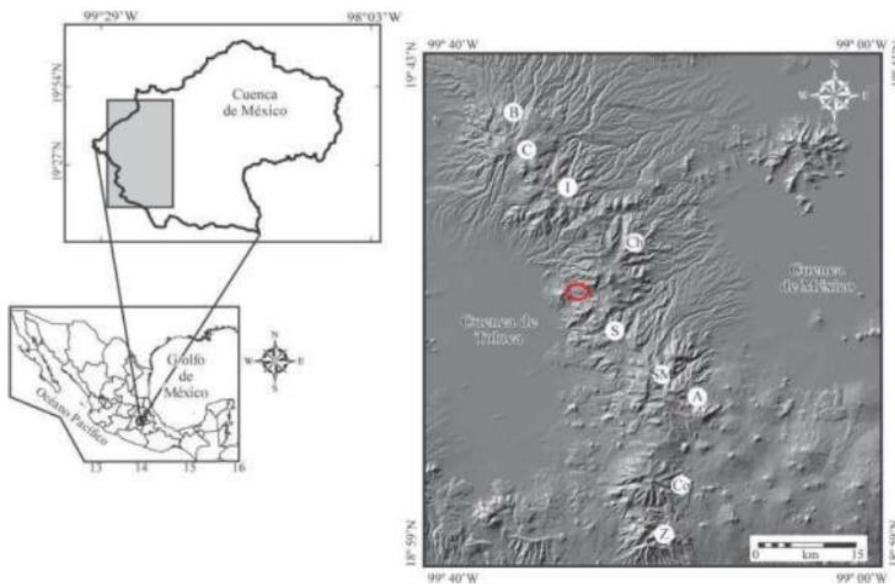
derrames de lava, extrusión de domos, emplazamiento de flujos piroclásticos, flujos de detritos y lodo, así como depósitos de avalanchas de escombros.

La geología de los sitios está formada por varias unidades geológicas que han tenido origen en estructuras volcánicas y otras son de origen sedimentario por retrabajo de materiales volcánicos.

### 1.3.1. Geología Local

La Geología del sitio se compone principalmente de rocas volcánicas que datan del terciario y del cuaternario, parte oeste se encuentra constituida por tobas y brechas volcánicas

*Mapa 2 Localización del Salvamento en La Autopista Toluca- Naucalpan*



**Figura. 13 fisiografía y Localización del área de estudio en La Autopista Toluca – Naucalpan, Informe Técnico Salvamento arqueológico Autopista Toluca Naucalpan,2018 p-6.**

## Capítulo 2

### Marco Teórico

#### 2.1 La cerámica

En la actualidad se sabe que la palabra cerámica proviene del griego *xépayoc* (kéramos) que significa arcilla, la primera vez que está fue introducida en el lenguaje moderno fue por el arqueólogo Passeri, en una obra impresa en Venecia en el año de 1768 (Morales Güeto, 2005).

Güeto también menciona que, existe una hipótesis sobre el origen de la cerámica, esta consiste en que después de que el fuego fue dominado por los primeros humanos, cuando observaron que al extinguirse una hoguera las huellas existentes quedaban endurecidas en el suelo arcilloso, sin saberlo descubrieron una de las propiedades de la arcilla, la plasticidad, es decir, que era maleable, una vez húmeda por intervenciones y curiosidad percibieron su cambio de forma por presiones leves, de esta forma empezaron a experimentar y a elaborar objetos, principalmente ornamentales o utilitarios tras endurecerlos por la acción del fuego, eliminando la plasticidad y obteniendo una consistencia dura-rocosa. Sin embargo, lo anterior, es una idea tradicional, Korach entiende la definición de cerámica de otra manera; como cualquier manufacturado, esencialmente compuesto de materia sólida, inorgánica, no metálica conformada en frío y consolidada por el calor, se refiere a que pueden existir diversas pastas que carezcan de plasticidad, inclusive de arcilla, ya que el modelo final se puede crear en un material semi-seco y en el tratamiento térmico no es necesario siempre el fuego.

Se sabe que la cerámica es de los materiales más abundante en las excavaciones arqueológicas y que mejor se conservan, aunque estén bajo tierra por décadas, (Melesio Calderón, 2019), menciona que la cerámica *“no sufre cambios ni deformaciones ni se altera demasiado, por lo que se conserva casi intacta gracias a su calidad y dureza, soporta enterramientos de años y siglos, sin perder ninguna de sus cualidades”*

### **2.1.1 Utilidad del estudio de la cerámica en la arqueología**

La producción de cerámica es una de las actividades más antiguas de la humanidad, se ha practicado en varias regiones del mundo. Gracias a esta actividad tangible se ha podido analizar a las culturas y civilizaciones más longevas, además de que es un material muy abundante, diverso y maleable, por esta razón su estudio es de gran utilidad, los arqueólogos se encargan de analizar su cronología, periodos de ocupación humana, relación de la cerámica con las culturas antiguas, comercio, producción, transporte etc.

La producción de cerámica se crea en un proceso en el que una pasta formada por arcillas y agua es endurecida intencionalmente mediante la aplicación de calor a altas temperaturas, esto provoca que las moléculas de agua sean arrojadas de la pasta y se solidifique, sin perder la forma que el alfarero le ha proporcionado. Los alfareros de los pueblos antiguos desconocían la composición química del barro en un inicio y a través de la experimentación con distintos tipos de arcillas fue que determinaron cuáles eran las más apropiadas para la alfarería. (Noguera, 1965)

Se sabe que el material cerámico como objeto, es un material frágil, en las excavaciones o en los recorridos de superficie se suelen encontrar los tiestos cerámicos fragmentados de ahí la importancia del estudio de la cerámica que consiste en el hecho que una pieza de este material, como objeto, , al momento de fragmentarse, cada ruptura sucesiva que sufre desde que se integra al contexto arqueológico, pierde información acerca de su forma y función, por tanto, el investigador se ve con la obligación a recolectar la mayor cantidad de información que pueda, mediante herramientas teóricas y metodológicas en campo y gabinete.

Uno de los objetivos de los arqueólogos es realizar y resolver preguntas sobre el pasado, ser más explicativos, saber el porqué de las cosas a través de los restos arqueológicos sin dejar de lado al autor que los produce, por esta razón se han concentrado en indagar los procesos fundamentales y específicos cómo el estudio de la cerámica. Para estudiar la cerámica, se suelen hacer estudios con métodos convencionales, como la tecnología, organización de la producción, la especialización artesanal, la inferencia de

la función, reconocer aspectos específicos de la vida diaria de los grupos humanos, redes de intercambio, etc.

Cuando hablamos de tecnología de la producción se refiere al proceso de elaboración de una vasija puede ser reconstruido con varias técnicas de manufactura usadas en la formación, acabado, decoración de vasijas y de la cocción.

La tecnología de la cerámica estudia las características y procesos de elaboración de los distintos objetos cerámicos

De acuerdo con (Lemonnier, *The study of material culture today: Toward an anthropology of the technical systems.* , 1986) describe al estilo tecnológico como el resultado de la integración de los comportamientos realizados durante la manufactura y uso de la cultura material y representa la sumatoria de las decisiones técnicas realizadas por los artesanos, es decir, la selección de las materias primas, fuentes de energía herramientas y la programación de las actividades.

## **2.2. Cronología del tiempo en Mesoamérica.**

Los arqueólogos seccionaron el desarrollo de las civilizaciones mesoamericanas en tres grandes periodos de tiempo. El período PreClásico o periodo formativo extendiéndose de 1500 a.C. – 200 d.C., el periodo Clásico extendiéndose de 300 hasta 950 d.C., y el periodo Posclásico que comprende desde 950 hasta 1521 d.C. (Phol, 2004). En el siguiente (cuadro 1), se muestra la relevancia de cada periodo, es decir un acontecimiento importante que sucedió y es importante en la historia de Mesoamérica.

**Cuadro 1. Cronología del Tiempo en Mesoamérica.**

CRONOLOGÍA DEL TIEMPO EN MESOAMÉRICA		
PERIODO	Duración	Relevancia
PRECLÁSICO	1500 a. C - 300 d.C	Los retratos Olmecas son las primeras expresiones de arte en la civilización mesoamericana.
CLÁSICO	300 - 950 d.C	Surgimiento de sociedades estatales urbanas en Mesoamérica, principalmente en Teotihuacán, degradación ambiental y escases de recursos debido al incremento de la población
POSCLÁSICO	950 - 1521 d.C	Formación de grandes alianzas, así como la proliferación de arte y producción de cerámica, Tenochtitlán llegó a ser lo que hoy conocemos como Ciudad de México.

*Fuente: El tiempo en Mesoamérica. Pohl (2014). Fundación para el avance de los estudios Mesoamericanos (FAMSI).*

Una de las hipótesis sobre la cronología posclásica del Valle de Toluca de Smith (2003), se basa en las investigaciones de García Payón, sin embargo, existe poca evidencia de ocupación durante el epiclásico o comienzos del Postclásico, debido a esto se piensa que los primeros artefactos encontrados datan del periodo Azteca (Mediados y fines del posclásico d.C 1100 -1520+). En la Cuenca de México hacia Morelos se registran algunas muestras de fines del posclásico medio, similar a los centros donde poblaban Aztecas, fueron ocupados a mediados y finales del posclásico. De acuerdo con lo anterior se propuso una cronología posclásica provisional en el Valle de Toluca (cuadro 2).

**Cuadro 2. Cronología posclásica provisional de Calixtlahuaca y Valle de Toluca.**

Año	Periodo	Calixtlahuaca	Cerámica	Valle de México
1500 1450 1400 1350 1300	Posclásico Tardío	Ocupación De Calixtlahuaca	Complejo Cerámico Matlatzinca	Azteca Tardío
1250 1200 1150	Posclásico Medio			Azteca Temprano
1100 1050 1000 950	Posclásico Temprano		Posclásico Temprano	Tolteca (Mazapán)
900 850 800 750	Epiclásico			Epiclásico

Fuente: Creación propia basada en: Información del artículo de (Smith M. E., 2003) "Posclasic Urbanism at Calixtlahuaca: Reconstructing the Unpublished Excavations of José Payón."

Señalado lo anterior, los materiales que se presentan en este proyecto proceden del Estado de México, de acuerdo con los antecedentes históricos del investigador (Soustelle, 1993) en las primeras décadas del siglo XX indica que para el Posclásico esta región fue el centro del imperio tepaneca, es decir que la población era principalmente otomiana, abarcando todo el occidente de México, el Valle de Toluca (Matlatzinca y Mazahuacan).

### **2.3. Tipología de la cerámica.**

De acuerdo con Heras y Martínez (1991) en su glosario de terminológico para el estudio de las cerámicas arqueológicas define la tipología como una clasificación de artefactos por familias y grupos basándose en sus características similares en cuanto a su morfología y su estratigrafía.

La tipología de la cerámica utilizada en este estudio es retomada de la propuesta del arqueólogo Smith (2006) quien categorizó el sitio de Calixtlahuaca perteneciente al Valle de Toluca, esta localidad establece una cronología posclásica además de acuerdo con su distribución regional está catalogada como cerámica matlatzinca para su clasificación se basa principalmente en la decoración para categorizar la cerámica y agruparla, posteriormente identifica la forma de las vasijas, así como la pasta.

En el 2002 Smith ante la necesidad de tener más estudios empíricos en cuanto a la decoración de cerámicas para determinar su cronología, elabora un informe importante donde define “grupos decorativos” basados en colores y técnicas, dichos grupos están compuestos a su vez por “tipos”, que describen ciertos atributos de diseño que y presentan una similitud, estos atributos se repiten en una cantidad numerosa de piezas, también menciona que no todas las vasijas encajan en grupos definidos, sin embargo, los definidos hasta el momento son los siguientes:

**A: simples (2 tipos)**

**B: Cerámica Roja Pulida (8 tipos)**

**C: Exterior policromo a base blanco con interior policromo rojo y/o blanco pulido (2 tipos)**

**D: Pintados sobre una base blanca (4 tipos)**

**E: Pintados sobre una base (7 tipos)**

**F: Decoración en negativo**

**G: en negativo con rojo sobre ante (4 tipos)**

**H: En negativo con rojo sobre blanco con rojo sobre blanco (1 tipo)**

**J: Pintado sobre una base naranja (4 tipos)**

**K: Rojo y naranja sobre crema (3 tipos)**

La mayoría de las vasijas de la colección de Calixtlahuaca en la cual se basó ese informe pertenecen al periodo Posclásico y para el caso de la colección del Estado de Morelos, se tiene un hallazgo de pastas aztecas que también oscilan en el periodo Posclásico como del Clásico hechas de pastas tanto locales como de la Cuenca de México.

De acuerdo con la categorización antes mencionada, para el caso del Valle de Toluca se basa sólo en la decoración, los grupos que se proponen, es decir en las técnicas generales observadas de pintura, en el siguiente cuadro (3) se describen los grupos antes propuestos por el Arq. Smith.

**Cuadro 3. Tipología de Cerámica propuesta en el Valle de Toluca**

Grupo	Características principales de decoración en cada tipo.
A	Sin decoración/ Pintada o con un simple borde Rojo
B	Base Rojo Pulido
C	Rojo y Policromo Blanco
D	Policromo Sobre Blanco, rojo sobre blanco, Decoración de la base blanca
E	Rojo Sobre Bayo
F	Decoración en Negativo
G	Rojo sobre Bayo con Negativo
H	Rojo sobre Blanco con Negativo
J	Decoración Sobre Naranja
K	Rojo y Naranja Sobre Crema
Y	Tipos Posclásicos de Importación

*Fuente: Información tomada del artículo de (Smith M. E., Calixtlahuaca: Organización de un centro Urbano Posclásico, 2006) Calixtlahuaca: Organización de un centro Urbano Posclásico. Informe Técnico Parcial, INAH.*

## 2.4. Geoarqueología

La importancia de las ciencias Geológicas en la arqueología radica en que todos los seres antiguos, específicamente los grupos de humanos siempre han estado relacionados con el medio físico que les rodeos, así mismo es de este mismo medio donde se suministran de recursos para sustentar su existencia.

La primera vez que se utilizó el término de “geoarqueología” fue en el año 1976 por Colin Renfrew Goldberg (2008), se define como una disciplina que emplea e integra métodos, técnicas, conceptos y herramientas de las Ciencias de la Tierra para apoyar a los arqueólogos, así como para el análisis de los materiales Colin resalaba que: “todo problema en arqueología empieza con un problema geoaqueológico”.

En el 2014 Acevedo, en su unvestigación de interpretaciones interdisciplinarias para la investigación arqueológica (pág. 123), plantea lo siguiente sobre las investigaciones geoarqueológicas: “Implican la realización de trabajos interdisciplinarios donde los objetivos, modelo teórico, estrategia metodológica y análisis se construyen

conjuntamente desde la arqueología y disciplinas comprendidas por las ciencias de la tierra para obtener como resultado final, llegar a la resolución de un problema concerniente a como fue la vida en el pasado.”

Siempre ha habido un interés sobre la relación que tiene el hombre con el medio que lo rodea, un ejemplo claro es que los arqueólogos a finales de los años 1800 ya aplicaban trabajos de campo usando técnicas como la estratigrafía, Hill (2017) menciona que es hasta los años 1950s a 1970s que surge una interacción entre las Ciencias de la Tierra y la arqueología, de esta forma se vuelven indispensables las geociencias para la arqueología, para entender de una mejor manera la conexión de los grupos humanos con su entorno.

Tal es el caso que los arqueólogos han utilizado diferentes técnicas basándose en la geoarqueología, estas van desde un trabajo de gabinete, es decir una investigación de escritorio, trabajo de campo así como estudios de laboratorio de sus muestras recolectadas, siendo estos últimos los más comunes, como principio se utilizaba la geología y pedología, este análisis se basaba en la granulometría de las muestras, sin embargo un avance que marcó la relación entre ambas ciencias fue la aplicación de la micromorfología del suelo para concretar las amplias investigaciones de los arqueólogos.

De acuerdo con Stoops (2017) define a la micromorfología como el estudio del suelo a través de muestras que no han sido intervenidas mediante análisis microscópicos, con el fin de determinar su composición y relación espacial, con el objetivo de comprender sus relaciones genéticas así como su cronología.

El nacimiento del uso de esta terminología “micromorfología de suelos” utilizado no solo como una definición sino aplicación de esta disciplina, tuvo lugar gracias a la publicación del libro “Micropedology” de W.L Kubiëna en el año de Kubiëna (1938) donde su principal pretención era describir sus observaciones de una manera más estandarizada, esta observación consistió en la descripción de láminas delgadas, Kubiëna desarrolló un sistema morfológico y clasificó los suelos gracias a que amplió sus conocimientos en la génesis del suelo (1952).

Los análisis para el caso específicamente de la cerámica, los estudios geoarqueológicos y micromorfológicos implican un análisis detallado del material este análisis permite a los investigadores, principalmente a los arqueólogos acercarse más a datos de las sociedades antiguas, como su forma de vivir, cuestiones de producción así como las redes o comercialización de estos materiales, estudiando su proceso tecnológico también se puede identificar el posible banco de materiales es decir, los o el lugar del que extraían las materias primas. Acevedo (2014) discamina a esta ciencia la posibilidad de conocer cómo se conformaban los grupos o sociedades a través de la observación de la manufactura de estos artefactos aunado a esto, se puede decir que también existe una transmisión de conocimientos para la elaboración de la cerámica

## 2.5. Arqueometría

En la arqueometría existen distintas técnicas y procedimientos que se han desarrollado a lo largo del tiempo ante la necesidad de la tan limitada información existente, a esta incorporación de técnicas procedentes de las ciencias principalmente las que dedican al estudio de los artefactos arqueológicos se le ha denominado: *Arqueometría*.

La arqueometría contempla el estudio Petro-geoquímicos en de diferentes objetos, entre ellos están: cerámica, restos óseos, información de flora y fauna, por mencionar algunos, a su vez contempla estudios de cronología y temporalidad. Gracias a la aplicación de esta disciplina es más preciso saber el estado de conservación del patrimonio para seguirlo conservando y evaluar qué métodos utilizar para su restauración, protección, etc.,

La importancia de la arqueometría en los elementos orgánicos e inorgánicos, es relevante ya que algunas técnicas son “no destructivas” esto quiere decir que los materiales pueden conservar su forma para su estudio, sin técnicas destructivas, es decir que la muestra pierda su forma original para su estudio.

En la arqueometría existen diferentes técnicas y métodos para el análisis de los materiales arqueológicos, decisión de qué técnica utilizar, se basa en el tipo de

información que se desee obtener, así como la cantidad de muestra necesaria y disponible para su estudio.

Este trabajo utiliza una de las técnicas de la arqueometría: Difracción de rayos X, esta técnica permite la identificación cualitativa de la composición mineralógica de una muestra cristalina.

La importancia del estudio de la cerámica con técnicas de la arqueometría, consiste en el hecho de que una vasija, como objeto, al momento de fragmentarse, cada ruptura sucesiva que sufre desde que se integra al contexto arqueológico, pierde información acerca de su forma y función, por tanto, el arqueólogo se ve con la obligación a recolectar la mayor cantidad de información que pueda, mediante herramientas teóricas y metodológicas en campo y gabinete.

Uno de los objetivos de los arqueólogos es realizar y resolver preguntas sobre el pasado, ser más explicativos, saber el porqué de las cosas a través de los restos arqueológicos sin dejar de lado al autor que los produce, por esta razón se han concentrado en indagar los procesos fundamentales y específicos cómo el estudio de la cerámica. Para estudiar la cerámica los arqueólogos suelen hacer estudios con métodos convencionales, como la **tecnología**, organización de la producción, la especialización artesanal, la inferencia de la función, reconocer aspectos específicos de la vida diaria de los grupos humanos, redes de intercambio, etc.

La tecnología de la producción se define como el proceso de elaboración de una vasija puede ser reconstruido con varias técnicas de manufactura usadas en la formación, acabado, decoración de vasijas y de la cocción.

Lemonnier en 1986 describe al estilo tecnológico como el resultado de la integración de los comportamientos realizados durante la manufactura y uso de la cultura material y representa la sumatoria de las decisiones técnicas realizadas por los artesanos, es decir, la selección de las materias primas, fuentes de energía herramientas y la programación de las actividades.

## 2.6. Petrografía

Es un campo de la petrología que se ocupa de la descripción y clasificación de las rocas mediante la observación microscópica de secciones o **láminas delgadas** derivadas del material en estudio, en un **microscopio petrográfico**, clasificándolas según su textura y composición mineralógica. Este tipo de análisis revela una serie de características y/o propiedades evaluables en los cristales y la relación que existen entre ellos, lo que va a ayudar a determinar la composición de la roca centrándose en la naturaleza y origen de esta (SGM., 2017).

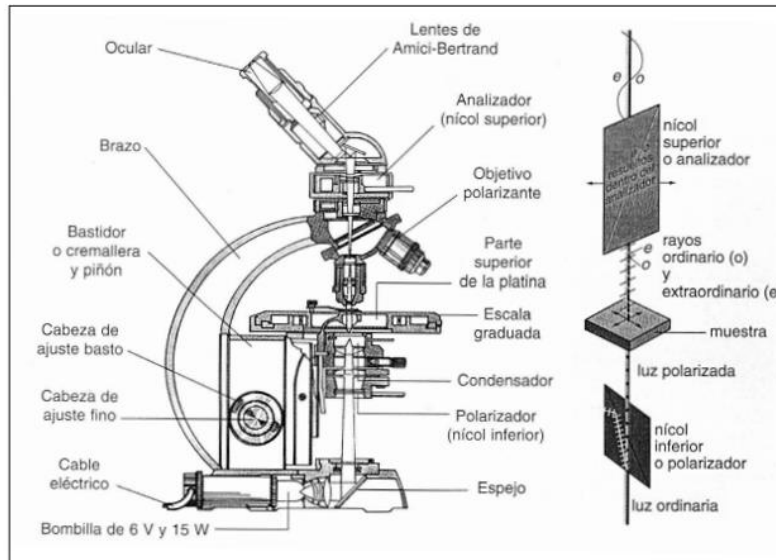
La petrografía es una técnica destructiva ya que para poder aplicarla se necesita una sección delgada de la muestra, esta debe obtener un espesor cercano a 30 micras (0.03mm) esta medida es necesaria ya que los minerales más comunes se vuelven translúcidos y su identificación es más factible, mediante la identificación de sus características ópticas, vistas en el microscopio petrográfico.

Un microscopio petrográfico, como se muestra en la figura , tiene dispositivos ópticos como cualquier otro microscopio, que sirven para aumentar el tamaño de las imágenes, lo que lo diferencia de los demás es que tiene una luz polarizada, que es la que vibra en un solo plano, a diferencia de la luz ordinaria blanca que va hacia todas las direcciones alrededor de una línea de propagación, para obtener esta luz se utilizan dos prismas a los que se les denomina como nicols están hechos de calcita y es colocado uno por debajo del polarizador y otro por encima al cual se le nombra analizador de la muestra. Los planos del polarizador y analizador son perpendiculares entre sí.

Con base en (Pozo y González, 2003), una sección delgada es una sección fina de un mineral o roca montada sobre un portaobjetos de vidrio que generalmente es cubierta por un cubreobjetos que la protege. El primero en crear una lámina delgada fue el científico William Nicol a principios del siglo XVIII, produjo muestras de madera fósil que fueran tan delgadas como para ser transparentes al microscopio polarizado en 1828.

En 1890 el geólogo alemán Karl Georg Richard Lepsius, fue uno de los primeros en utilizar una lámina delgada el análisis de materiales arqueológicos realizó 409 muestras de mármol que procedían de las esculturas de cantera, realizó su investigación mediante el uso de un microscopio, donde analizó detalles como color y tamaño del grano de las inclusiones.

**Figura. 5 Componentes del Microscopio Petrográfico**



Fuente: Componentes del microscopio petrográfico y esquema de la trayectoria de Luz. "Taller de Petrología: Enseñanza de la Petrología con el Microscopio Petrográfico. Franco, Gonzalo", Enseñanzas de Ciencias de la Tierra (Franco, 2000).

### 2.6.1. El análisis petrográfico de la cerámica arqueológica

Uno de los pioneros en demostrar el valor de la petrografía fue Wayne M. Felts, quien efectuó un análisis en la cerámica mediante este método, fabricó láminas delgadas para determinar la tecnología del material arqueológico, a través de una comparación mineralógica de los desgrasantes de la cerámica con muestras de suelo para ubicar proveniencias locales o foráneas. Además de realizar un análisis de las características de producción de los fabricantes, revelando que la cerámica importada a menudo tenía diferencias de cocción y técnicas de producción diferentes a las de origen local Felts (1942)

El análisis petrográfico es una de las técnicas que tiene grandes potencialidades en el estudio de cerámica arqueológica, especialmente para su caracterización. Por medio de la identificación del desgrasante contenido en el barro, hay veces que se pueden sugerir posibles fuentes de arcilla que nos indican la procedencia de tipos de cerámica tanto foráneo como local (Cyphers, 1982).

Existen 3 propósitos del análisis petrográfico:

- a) Descripción petrográfica de los constituyentes de la arcilla para precisar la definición de cada grupo clasificatorio de cerámica.
- b) Determinar o delimitar el origen de las arcillas y/granos contenidos en la pasta
- c) Identificación de cerámicas no locales.

Esta técnica identifica y cuantifica las inclusiones minerales y de fragmentos de roca presentes en la pasta, gracias a su tamaño y morfología permite distinguir entre las inclusiones intrínsecas a la arcilla y las agregadas por el alfarero. Las inclusiones reflejan la geología de la región de la que proceden la arcilla y el temperante, por lo que tiene una incidencia fundamental en la determinación de la procedencia. (Cyphers, 1982).

Teniendo en cuenta las características antes mencionadas, es importante mencionar que una de las limitantes de esta ciencia es que no se pueden identificar los minerales que componen a las arcillas, debido a que la matriz de estas se observa homogéneas, sin embargo, permite ver sus características morfológicas, es decir su forma y tamaños que la componen.

Es importante mencionar que para hacer estas observaciones se deben conocer las terminologías empleadas de algunas características para el análisis de los materiales cerámicos.

Dicho lo anterior, un término que debemos conocer es la contextura o fábrica de suelo que se refiere a la organización existente total del suelo, que describe la disposición de los componentes del suelo (sólidos, líquidos y gaseosos), su forma tamaño y frecuencia, desde los puntos de vista funcional, genético y de configuración (Bullok,1985).

Otro término común es la masa basal, esta se refiere al material grueso, fino y poros, que forman parte del material base del suelo en una sección delgada. Para analizar la

masa basal se tiene que considerar por separado el “material grueso”, el “material fino” o “micromasa” y su relación mutua, expresada como el patrón de distribución relacionada g/f (Loaiza, 2015).

Las arcillas son de suma importancia, pues es la base de las pastas cerámicas, por esta razón es que se estudia la masa basal de estas, ya que se clasifican de acuerdo con su granulometría, para eso es importante entender de dónde proviene este material.

La interpretación del término arcilla radica en que su concepto es distinto depende el contexto de donde provenga, es decir que cambia en cuanto al ceramista, geólogo, edafólogo o antropólogo, sin embargo, algunas de las técnicas utilizadas, ya sea para su estudio o su producción pueden llegar a ser similares.

En este caso el término arcilla será usado desde el punto de vista edafológico para indicar un “producto natural, originado a partir de meteorización de las rocas, cuyas partículas son generalmente de tamaño inferior a 2  $\mu$ , es un material heterogéneo constituido principalmente por aluminosilicatos de origen secundario (minerales propios de arcilla) y componentes accesorios, primarios, secundarios u orgánicos, en el cual radica gran parte de la actividad fisicoquímica del suelo.

Petrográficamente se llama arcilla a una gran cantidad de materiales sedimentarios, de granulometría fina y mineralógicamente poco definidos. Desde un punto de vista tecnológico, los ceramistas llaman arcilla a materiales de textura fina que exhiben, sus propiedades plásticas cuando el material está húmedo, esto es, que pueden ser deformados permanentemente por acción de una presión, y que son refractarios, Químicamente por arcilla se designa una serie de sustancias que con frecuencia se identifican con el caolín y son de composición muy variable, incluyendo Si, Al, Fe, elementos alcalinos y alcalinotérreos.

Desde el punto de vista de su origen, a la arcilla no se le asigna un significado genético unitario ya que puede ser un depósito sedimentario, un producto de meteorización, un producto hidrotermal o ser un resultado de una síntesis.

Por mineral de arcilla se comprende esencialmente “a los aluminosilicatos hidratados cristalinos, algunos con substitución parcial o total de aluminio por magnesio o hierro y que incluyen como constituyentes, en ciertos casos, elementos alcalinos o alcalinotérreos”. Estas partículas son de tamaño muy fino y se clasifican en grupos definidos según su estructura.

Mineralogía de arcillas estudia la formación, transformación y propiedades de los minerales arcillosos, además de su identificación según criterios químicos, físicos, estructurales y genéticos.

Es decir que, la arcilla desde el punto de vista químico se clasifica en diferentes tipos dependiendo sus arreglos moleculares. De acuerdo con las propiedades eléctricas de cada elemento es como se indica el tipo de arcilla, cuando existe una combinación del silicio con el oxígeno se forman los arreglos tetraédricos en los que por cada átomo de silicio que hay en el centro se encuentran cuatro átomos de oxígeno que están en cada arista.

Desde el punto de vista arqueológico, la arcilla es un elemento muy importante porque, a partir del estudio de esta puede recolectar mucha información, se sabe que la cerámica es de los artefactos más abundantes en sus excavaciones, estudiar las arcillas puede revelar información sobre su proceso de manufactura, sin embargo este material se mezcla con otros materiales para que su pasta sea más homogénea y maleable, estos materiales son agregados por los alfareros y se denominan como “Desgrasante cerámico que, consiste en una sustancia no plástica agregada intencionalmente a la pasta, o que ya está contenida en la arcilla, cuya función es facilitar la desecación y dar una mayor cohesión, evitando el agrietamiento de la pieza, durante la cocción, por tensiones del cuerpo al producirse la pérdida de agua y, por tanto, de volumen. Cualquier material puede servir como desgrasante para que no se pierda volumen durante la cocción, por ejemplo, algunos de los desgrasantes más comunes son: la mica, calcita, cuarzo, concha triturada, ceniza volcánica, tiestos machacados, fibras vegetales, etc.

Otros términos para designar al desgrasante son antiplástico, aditivo o atemperante (Heras y Martínez, 1992).

Algunas veces, la observación macro bastará para identificar las inclusiones de la arcilla conocidas como desgrasante, el relleno que se incorpora para dar a ésta una mayor consistencia y manejabilidad para neutralizar cualquier rotura o comprensión durante el momento de cocción.

Los materiales más comunes que se utilizan como desgrasante son conchas trituradas, cerámica rota que incorporan nuevamente a la pasta y que en petrografía a esa observación se le llama “grog” se identifica porque en la matriz de la pasta cerámica se puede observar otra matriz “sobrepuesa” de la original; arena, hierbas, paja o fragmentos de esponja, estos materiales dependen del ambiente en que se formen la arcilla in situ o de los recursos que el alfarero tenga a la mano o a su alrededor. Los experimentos realizados por los investigadores Gordon Bronitsky y Robert Hamer han determinado algunas propiedades de los distintos desgrasantes, en 1993 descubrieron que las conchas trituradas y quemadas hacen que la arcilla sea más resistente al choque y al impacto calorífico que la arena gruesa o las conchas sin quemar (Bahn & Renfrew, 1993).

El desgrasante añadido por el alfarero es importante, porque señala los materiales que tenían a su disposición o indica su conocimiento a las propiedades de las arcillas, aunque gran parte de la tradición alfarera influye en su decisión. El desgrasante crea una debilidad en la arcilla porque rompe la alineación de las partículas de la arcilla, sin embargo, es necesaria para contrarrestar el encogimiento ya que ayuda en que seque uniformemente la arcilla.

Los “edaforrasgos” son unidades de contextura discretas presentes en suelos y reconocibles del material adyacente por una diferencia en concentración en uno o más de sus componentes. En la mayoría de los casos son reorganizaciones de los materiales del suelo que no pueden ser atribuidas a una herencia del material original. Para analizarlos es necesario hacer una lámina delgada de suelos e identificar los rasgos que fueron atribuidos al material original.

## **2.7 Aplicación de la difracción de rayos X en la identificación mineralógica**















Como se menciona en el apartado 2.5 del capítulo presente, se utilizará la técnica de Difracción de Rayos X como herramienta complementaria de este estudio.

Para comprender la aplicación de la difracción de rayos X en diversas muestras, primero se debe entender cuáles son las características fundamentales de un cristal ya que conocer su estructura facilitará entender su interacción con otras sustancias.

Un cristal es un material sólido donde las moléculas (átomos) se organizan siguiendo un patrón de forma ordenada de corto alcance o a largo alcance de acuerdo con esto, se nombran celdas unitarias. Es decir, que un material cristalino se compone de la repetición de una celda unitaria donde a través de movimientos de traslación y rotación se dice que se rehace un cristal completo.

Gracias al físico francés Bravais, se clasificaron siete sistemas cristalinos, clasificándolos de acuerdo con su simetría y 14 redes de Bravais que a continuación se muestran en la siguiente figura 6.

*Figura. 6. Sistemas Cristalinos y las Redes de Bravais*

Sistema cristalino	Parámetros de red	Redes de Bravais			
		Primitiva	Centrada en la base	Centrada en el cuerpo	Centrada en las caras
Triclínico	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$ $a \neq b \neq c$				
Monoclínico	$\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma \neq 90^\circ$ $a \neq b \neq c$				
Ortorrómbico	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ $a \neq b \neq c$				
Tetragonal	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ $a = b \neq c$				
Trigonal	$\alpha = \beta = \gamma$ pero $\neq 90^\circ$ $a = b = c$				
Hexagonal	$\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$ $a = b \neq c$				
Cúbico	$\alpha = \beta = \gamma$ $a = b = c$				

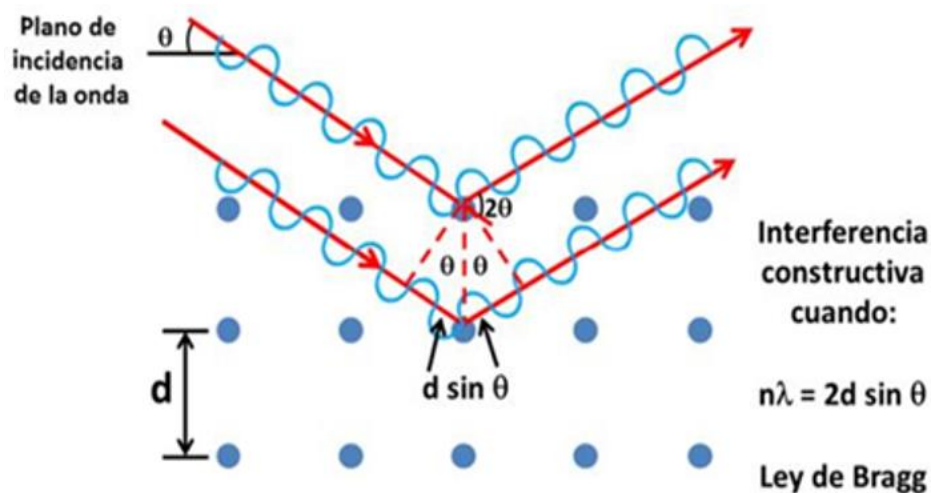
Fuente: Los siete sistemas cristalinos y las catorce Redes de Bravais. (Introduction to solid state physics, 7th., Wiley 1996).

La relación entre la radiación y la estructura del cristal está dada por la ley de Bragg, que se expresa en la siguiente ecuación:

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$$

Donde  $n$  es un número entero (orden de reflexión, generalmente se utiliza con valor 1).  $\lambda$  es la longitud de onda de los rayos X,  $d$  es el espacio en ángstroms (Å) entre planos reticulares paralelos y  $\theta$  es el ángulo de incidencia.

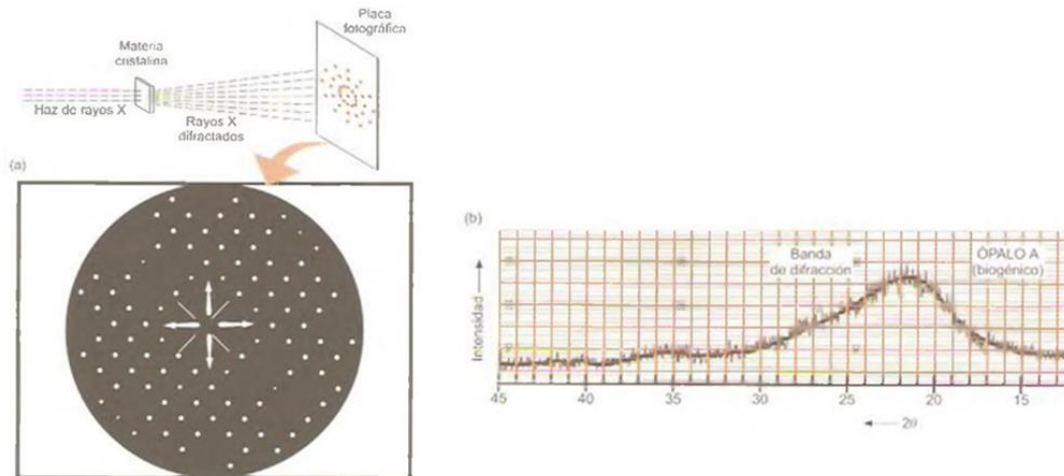
Figura. 7. Descripción gráfica de los planos de la ley de Bragg.



Fuente: Descripción gráfica de los planos de la Ley de Bragg. Imagen tomada de la red en: "Estructura de los materiales y Difracción de Rayos X. [estructuradifraccion.pdf \(unam.mx\)](#)

En síntesis, un haz de Rayos X cuando pasa a través de una partícula mineral es dispersado por los átomos que ordenadamente constituyen la materia cristalina en la siguiente figura se observa la imagen obtenida sobre una placa fotográfica al hacer incidir un haz de rayos X sobre un cristal, podemos observar el ordenamiento interno de la materia cristalina.

**Figura. 8, Interacción de los rayos X con la materia amorfa.**



**Fuente: Interacción de los rayos X con la materia cristalina y amorfa. Tomada del libro Geología Práctica "introducción al Reconocimiento de Materiales y análisis de Mapas" Pozo, González & Giner (2003).**

Los incisos mostrados en la imagen se describen de la siguiente manera:

- (a) Esquema y fotografía real de la difracción producida por un cristal, la disposición simétrica de los puntos, relacionados con la estructura atómica, evidencia el ordenamiento interno característico de la materia cristalina.
- (b) Difractograma (ángulo  $2\theta$  - intensidad) de diatomita (roca formada por caparazones de diatomeas), sin picos de difracción, pero con una banda ancha que indica la presencia de componentes amorfos, con estructura interna probablemente ordenada.

La difracción de rayos X es una de las técnicas más recurrentes para la identificación de minerales, es sin duda una gran herramienta que ayuda en la identificación de los constituyentes de una roca, especialmente de los sedimentos y rocas sedimentarias de carácter arcilloso.

El análisis de la difracción de Rayos X es utilizado para determinar la estructura cristalina de los minerales, con base en el ángulo de reflexión de los rayos X, ya que detalla la estructura tridimensional de muestras cristalinas de compuestos organometálicos, inorgánicos, orgánicos en estado sólido, así como revelar

información de interacciones intermoleculares, gracias a las especificaciones geométricas donde se puede medir distancias y ángulos de torsión. Un ejemplo aplicado en la arqueología es que ha resultado de gran ayuda para definir la composición de las hachas neolíticas de jade y jadeíta que han sido halladas en varios yacimientos británicos: parece ser que la piedra pudo haber procedido de un lugar tan lejano como los Alpes. También se ha aplicado con frecuencia a la caracterización de la cerámica. (BAHN, 1993, pág 371).

### **2.7.1 Técnicas de difracción de Rayos X para la identificación cualitativa y cuantitativa de minerales de la arcilla.**

El método de difracción de rayos X por la técnica de polvo, vía fotográfica (cámara DebyeScherrer) o difractométrica, puede aplicarse a las diversas fases granulométricas del suelo arena, limo y arcilla). Aunque todos los componentes minerales pueden ser estudiados por difracción, se tratará especialmente lo concerniente a los minerales de la arcilla. Debido a la multitud de factores que pueden influir en la identificación de los minerales de arcilla, los tratamientos previos a que debe someterse una muestra de suelo o de un yacimiento de arcilla, son fundamentales para el éxito de un análisis difractométrico.

## Capítulo 3

### Metodología

#### 3.1 Materiales colectados en los salvamentos arqueológicos

Los materiales arqueológicos fueron proporcionados por el centro INAH Estado de México, Por el Arqueólogo Héctor Pérez, encargado de los proyectos de salvamento de donde fueron colectados los materiales de cada sitio.

El salvamento Arqueológico de la Autopista Toluca Naucalpan, comprendió entre el Km 10+339.35 al Km 21+230, dentro de este tramo se identificaron 9 sitios para la excavación, de los cuales 3 pertenecen a 5 muestras.

El salvamento de la Peña se encuentra en la calle La Mora, se utilizaron 4 muestras de los hallazgos arqueológicos para su análisis de acuerdo con la similitud de policromía con las de la ATN.










En la figura (9), se muestran los materiales colectados y seleccionados para este estudio, del lado izquierdo se encuentran los del salvamento arqueológico de la Autopista Toluca – Naucalpan y del lado contrario los del Lote 4 perteneciente al municipio de Valle de Bravo, se puede observar que los distintos materiales son parecidos entre sí por un color rojizo, característico de ambas regiones, de acuerdo con documentación perteneciente al INAH.

Los criterios que se utilizaron para seleccionar las muestras fueron los siguientes:

- a) Similitud en la decoración: principalmente decoraciones con colores rojizos.
- b) Misma temporalidad: Todas las muestras pertenecen al periodo Posclásico.

**Figura 9. Piezas y clasificación de acuerdo con su decoración.**

**Muestras obtenidas de los Salvamentos.**

Piezas Cerámicas Recolectadas en el salvamento			
Salvamento Arqueológico Autopista Toluca-Naucaipan	Tipo	Salvamento Arqueológico Lote 4, La Peña, Valle de Bravo	Tipo
	Rojo Texcoco		Rojo Pulido
	Doméstico I		Rojo Pulido
	Doméstico I		Engobe Rojo
	Rojo otomí		Engobe Rojo
	Rojo Otomí		

Elaboración propia. Materiales colectados en los salvamentos arqueológicos (Fotografías tomadas por: Tania Elizabeth Lugo Giz., 2020)

**Cuadro 4. Muestras del SAATN Clasificadas de acuerdo a su Periodo y Decoración**

Clave INAH	Sitio	Temporalidad	Tipo
<b>Salvamento Autopista Toluca-Naucalpan (ATN)</b>			
SAATN S8 3up	2	Periodo Posclásico	Doméstico I
S2 P2 C 11	8	Periodo Posclásico	Doméstico I
S2 PS-n C I	8	Periodo Posclásico	Rojo Texcoco
S7 C II	7	Periodo Posclásico	Rojo Otomí
S7 PI-O C 11	7	Periodo Posclásico	Rojo Otomí

Elaboración propia: Muestras obtenidas de los Salvamentos Arqueológicos por el INAH.

**Cuadro 5. Muestras del Salvamento la Mora, Valle de Bravo clasificadas de acuerdo a su Periodo y decoración**

Clave INAH	Sitio	Temporalidad	Tipo
<b>Salvamento La Peña, Lote 4, Valle de Bravo.</b>			
RA4PVB P5 C III	-	Periodo Posclásico	Rojo pulido
RA4PVB P5 C III	-	Periodo Posclásico	Rojo pulido
RA4PVB F1 D1 P4 CIII	-	Periodo Posclásico	Engobe rojo
RA4PVB P4 C III	-	Periodo Posclásico	Engobe rojo

Elaboración propia: Muestras obtenidas de los Salvamentos Arqueológicos por el INAH.

### **3.2 Preparación de las muestras, lámina delgada de suelo y cerámica.**

Las muestras de suelo y cerámica se prepararon en el Taller de Laminación de Suelos y Sedimentos del Departamento de Ciencias Ambientales y del Suelo en el Instituto de Geología de la UNAM, con apoyo del Mtro. Jaime Díaz Ortega se impregnaron con resina poliéster (figura a) que se preparó con 60% resina poliéster, 40% monómero de estireno, 100 gotas de promotor NVC, y 60 gotas de Catalizador K-2000 de peróxido de metiletilcetona (figura b), se introdujeron a una cámara de vacío por 20 minutos, después de que endurecieron y secaron los bloques, se procedió a cortarlas en la cortadora con punta de diamante, obteniendo bloques pequeños( figura c), una vez cortado se pulieron en seco con diferentes lijas, (desde No. 120 - No. 600).

Posteriormente la muestra fue colocada en el ultrasonido para que, a través de la vibración, se esparciera el polvo que puede quedar atrapado dentro de los poros de las muestras. (figura d), luego se puso en la plancha de secado (figura e), una vez secas las muestras son montadas en un portaobjetos con una resina de curado UV, Xinoa UV300 (figura f), una vez pegadas se dispone a una cortadora para láminas delgadas petrothin Beuhler para aproximar las 30 micras de grosor (figura g), para lograr el pulido final, se hizo manualmente con un abrasivo de carburo de silicio, con calibre de 400 a 600 y diésel como lubricante. Finalmente la observamos al microscopio y verificamos que nuestra lámina este a 30 micrómetros (figura h).

Figura. 10. Preparación de Lámina delgada.



Elaboración propia. 6 materiales y métodos utilizados. a) Resina Poliéster para impregnación de muestras. b) Peroxido de metilacetona para la preparación de la resina. c) Bloques de Suelo d) Muestras en el ultrasonido para limpiar las muestras e) Muestras en la Plancha de secado f) Montaje de láminas en un portaobjetos g) Corte de láminas en la cortadora Petrothin Beuhler h) Pulido final de 30 Micrómetros.

### **3.3 Procedimiento de muestras para Difracción de Rayos X (DRX).**

El análisis de Difracción de Rayos X fue efectuado en el laboratorio de Difracción de Rayos X del departamento de procesos Litosféricos y el Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía (LANGEM) del Instituto de Geología de la UNAM, con la asesoría de la Dra. Teresa Pi Puig.

Los difractogramas se obtuvieron en un **Diffractómetro EMPYREAN** equipado con filtro de Fe, un tubo de cobalto de foco fino y detector PIXcel3D. La medición se realizó en el intervalo angular  $2\theta$  de  $5^\circ$  a  $80^\circ$  en escaneo por pasos con un “step scan” de  $0.003^\circ$  (2 Theta) y un tiempo de integración de 40s por paso.

Las muestras se molturaron en un mortero de ágata, este material es adecuado por la estructura que permite motular y mezclar materiales de media y alta dureza, sin correr el riesgo de contaminación a la muestra por la desintegración de este.

Una vez que la muestra esté molturada, debe tener una granulometría fina y homogénea, por lo que se tamizaron a un tamaño inferior a 75 micras (malla 200), posteriormente se montaron en un porta muestras de doble carga.

Las muestras se identificaron utilizando el software HighScore v4.5 y las bases de datos del ICDD (International Center for Diffraction Data) y ICSD (Inorganic Crystal Structure Database).

**Figura. 11. Difractómetro EMPYREAN y Molienda de muestra en mortero de ágata**

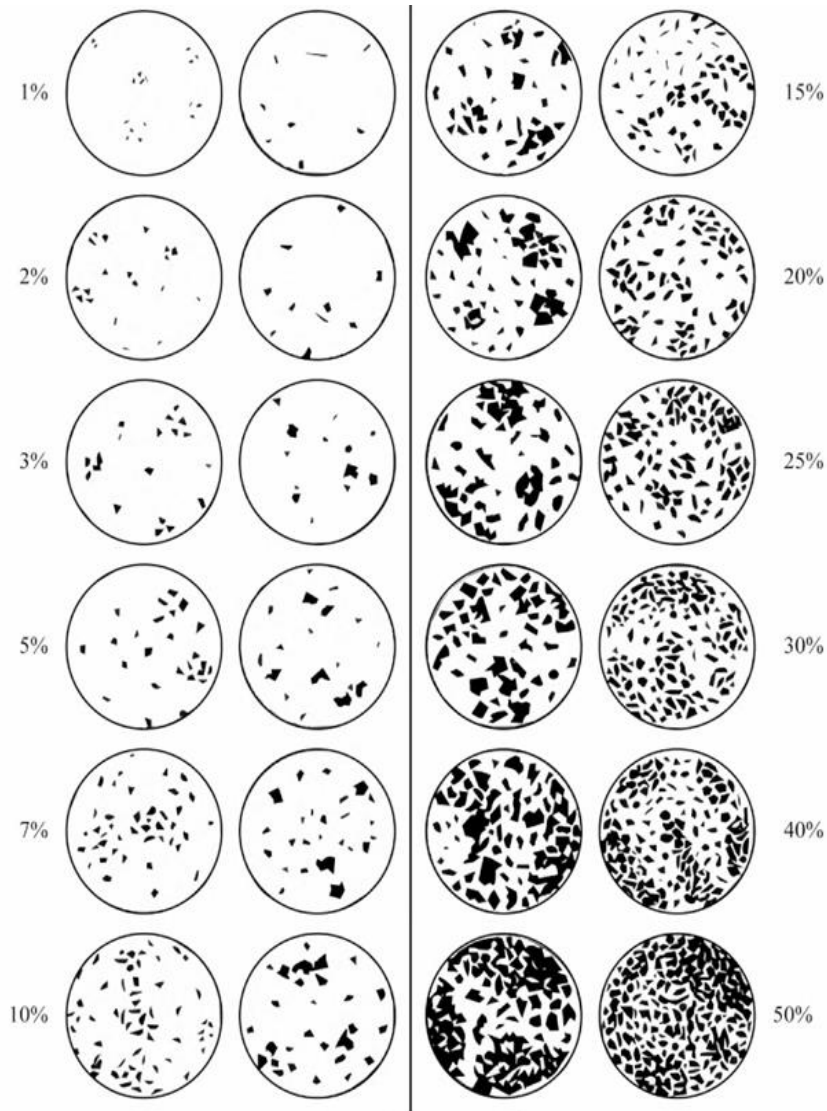


**EVIDENCIA FOTOGRÁFICA POR: Tania Elizabeth Lugo (2020). Laboratorio Nacional de Geoquímica y Mineralogía, Instituto de Geología UNAM, Ciudad de México.**

El procedimiento empleado para la estimación porcentual de la composición mineral y micromorfológica estimación en las muestras de las láminas delgadas de la de cerámica, suelo y rocas.

Con base en el diagrama visual comparativo de porcentajes de minerales en las rocas del autor Terry R.D. Chilingar G.V. (1955) (Figura)., se pudo estimar el porcentaje de minerales en las muestras de cerámica, suelo y rocas, este diagrama también sirve para identificar porcentajes de porosidad y los fragmentos en los distintos tipos de roca.

**Figura. 12. Gráficos auxiliares para la estimación visual de porcentajes**



**Gráficos Auxiliares para la estimación visual de porcentajes. (extraída de Atlas Digital de Petrografía Sedimentaria, Universidad de Alicante, <https://web.ua.es/es/e-pesedua/introduccion/tecnicas-de-estudio.html>). Baccelle L. & Bosellini, A. Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocche sedimentarie .- Annali dell' Unicersità di Ferrara (Nuova Serie), Sezione 9, Vol No. 3, 59-62, 15 Pls**

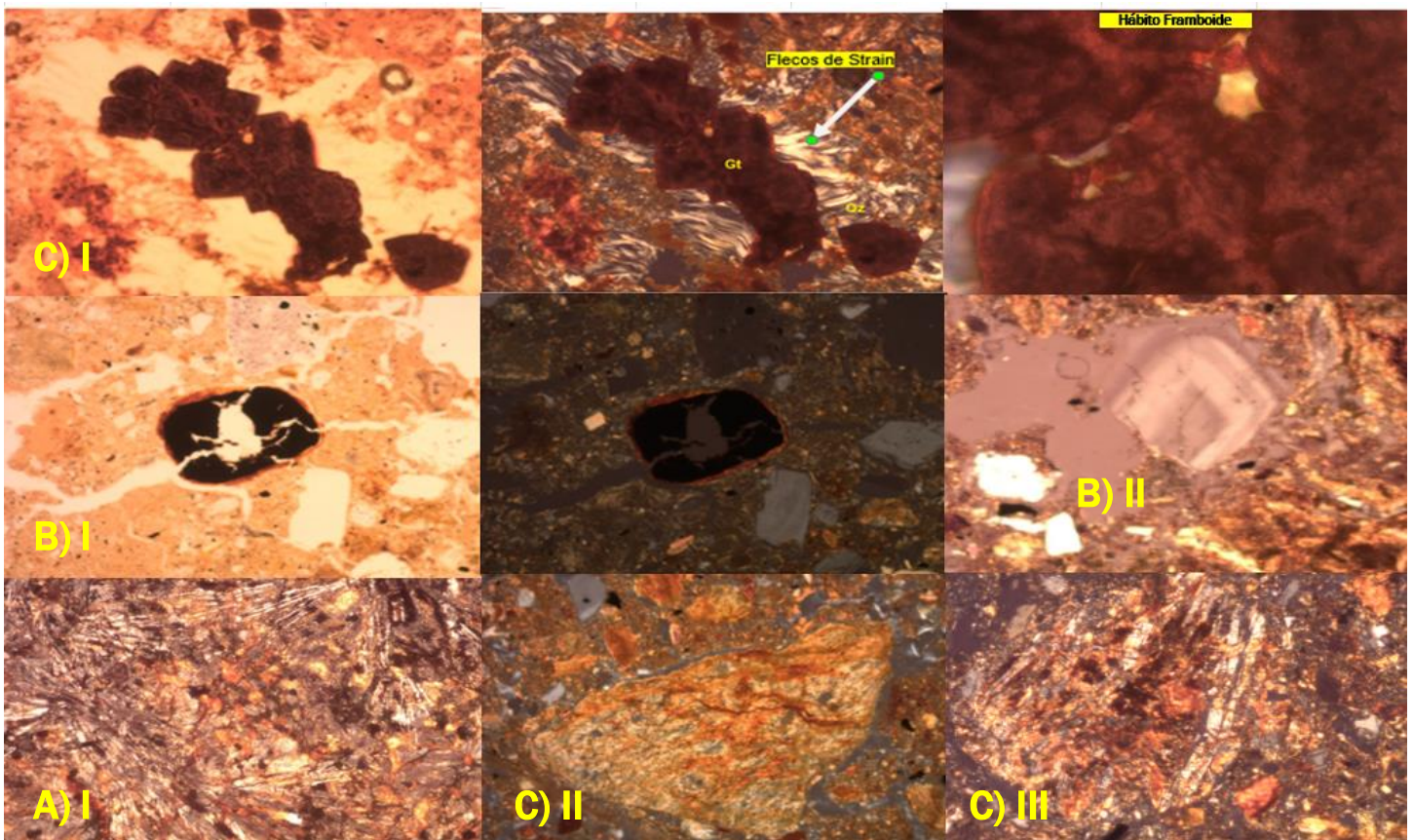
## Capítulo 4

### Resultados

#### 4.1 Resultados de análisis Petrográficos

a) Petrografía de Suelo: Área de Valle de bravo Lote 04. La Peña.

*Figura. 13. Resultados petrográficos de las muestras de Suelo.*



**A) I** Pirita alterándose a goethita, es anisotrópico, conserva su sistema cristalino cúbico y estrías en una dirección típicos de la pirita, con hábito granular framboide típico de la goethita, presenta un color rojizo, alrededor se presentan vetas hidrotermales de cuarzo microcristalino de textura antiaxial con deformación de tipo “strain” o de “alargamiento”, en estas vetas, se puede observar que existe un espacio abierto y los fluidos saturados que circulan en ellas permiten que se precipiten capas de minerales sobre estas. En la siguiente imagen se puede apreciar el hábito framboide que es típico de la pirita, se observa una aglomeración de pequeñas partículas esféricas.

**B) II** Nódulo tipo geódico, se distingue por que tiene el interior vacío y el hueco en el centro se encuentra cubierto por cristales euhedrales, formados in situ pero sujetos a translocaciones locales.

**C) I** Se observan fragmentos de plagioclasa con zoneamiento o anillos de acreción, presenta restos de materia orgánica carbonacea de color negro, que conserva su estructura celular, presencia de minerales opacos, cuarzo feldespatos, se aprecian filitas de sericita, en la matriz existen zonas birrefringentes, se observan granos y poros estriados, dispersos y diseminados, alrededor de fragmentos de roca hay estrías, a esto se le conoce como fábrica b estriada.

**C) II** Arcilla expansiva de color rojizo, se observan patrones distintos desarrollados in situ por arcilla acumulada, presenta cutanes de iluviación, hay granos y poros estriados, hay estrías alrededor de fragmentos de roca, fábrica b estriada y contextura cristalítica de birrefringencia, dentro de la arcilla se observan granos minerales birrefringentes al girar la platina.

**C) III** La matriz se observa de tonos rojizos a marrones, que posiblemente indiquen óxidos de hierro como goethitas, presenta fragmentos de plagioclasa alterados, cuarzo con extinción en los bordes, se aprecia en la matriz presencia de materia orgánica, presenta cutanes, se observan minerales probablemente biotita o moscovita

## b) Petrografía de cerámica

### Área Valle de Bravo.

a. **P5 C III.** Minerales opacos a lo largo de toda la muestra, plagioclasas con zonamiento, filitas, sericita, se observa policromía roja en el borde de la muestra (señalada con una flecha), arcilla alineada, muestra una matriz rojiza y marrón, enriquecida en Fe, con macroporos en una dirección.

b. **P5 C III.** Matriz color marrón, presenta plagioclasas y cuarzo, nódulos de hierro típicos y digitados, con poros alrededor, anfíboles con alta birrefringencia los bordes muestran alteración sin terminar presenta anillos de color rojizo en los bordes del cristal, fragmentos de roca y de suelo color rojizo, enriquecido en hierro, minerales opacos con polarizador y pleocroísmo en anfíboles.

c. **P4 C III.** Material metamórfico, filitas, sericita, micas, minerales con alteración hidrotermal, esquistos, matriz con presencia de materia orgánica, Qz microcristalino, alineación de arcillas, se observa policromía color rojo en el borde.

d. **P4 C III.** Núcleo de la muestra oscuro, macroporos en el borde de la muestra debido a las altas temperaturas y número de veces de la cocción, arcilla direccionada, presencia de materia orgánica carbonificada, filitas estriadas, se observan bordes café claro por posible exposición al calor.

### Área Autopista Toluca - Naucalpan

e. **S8 up.** Nódulos de hierro típicos y amiboidales, arcillas alineadas en una dirección, anfíboles intemperizados, cuarzo microcristalino, presencia de "grog" con bordes muy angulosos presenta minerales propios y una matriz diferente, enriquecida en M.O (señalado con una flecha), el núcleo del matriz color marrón, fragmentos de rocas volcánicas, se observan cutanes de iluviación, restos de materia orgánica.

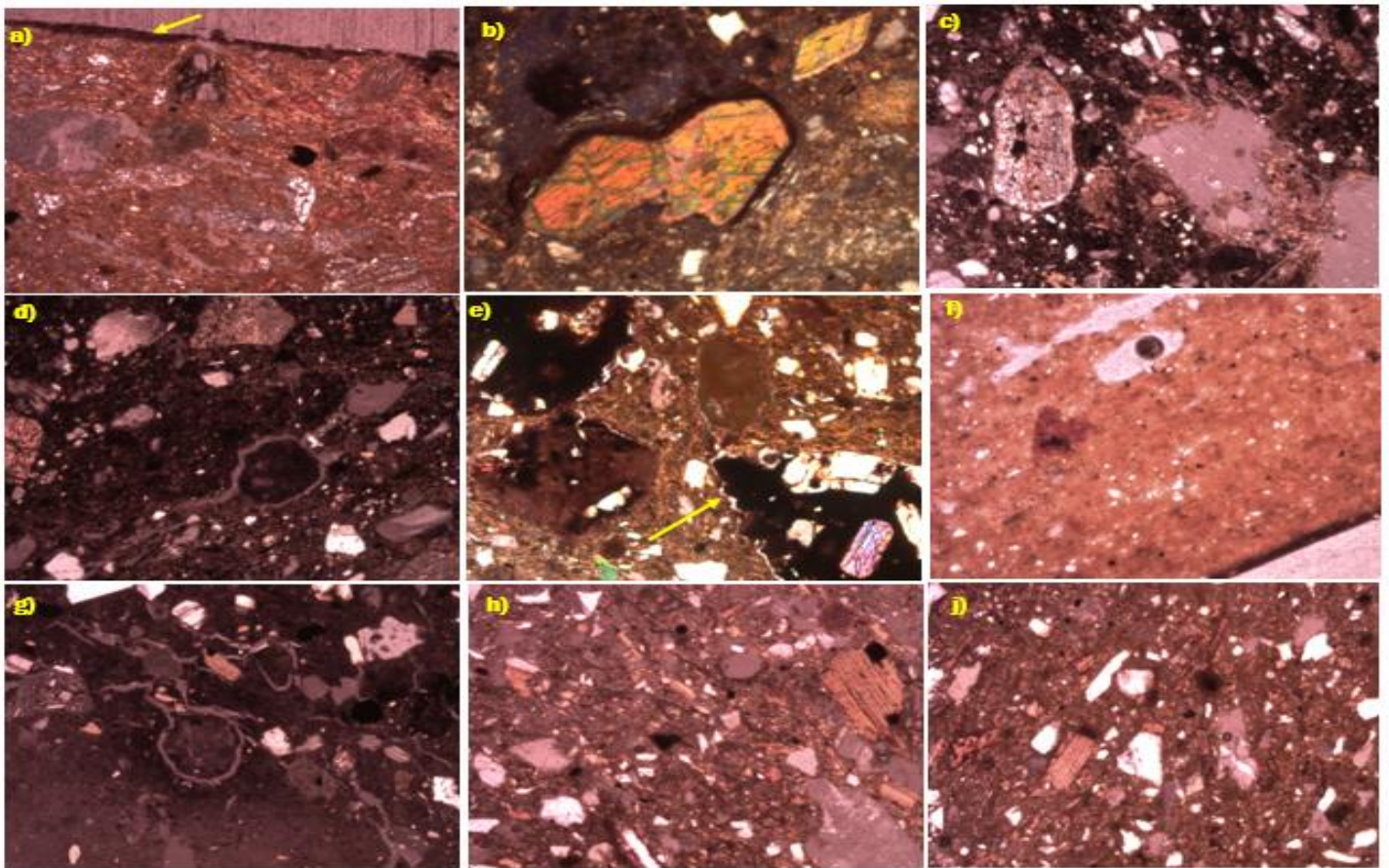
f. **P5-n CI.** Se observan fitolitos, por vegetación del sitio con una coloración rosa, matriz muy fina y compacta posiblemente sufrió altas temperaturas, bodes con policromía roja, poros muy redondeados, núcleo de la muestra oscuro debido a la presencia de materia orgánica.

g. **P2 CA-1.** Matriz con restos de materia orgánica y macroporos, el núcleo presenta un color negro, en un borde de la muestra se observa un color rojizo en la matriz, debido al enriquecimiento de Fe, fábrica b indiferenciada, no se observa la alineación de arcillas, debido al alto contenido de m.o, presenta poros planos o fisuras alineadas que se encuentran alrededor de los nódulos de hierro, se observa cuarzo microcristalino, anfíboles, fragmentos de rocas volcánicas y minerales opacos.

**h. S7 b CII.** Matriz compacta color marrón, micas observadas con LPP, biotita, microporos, núcleo oscuro, presencia de piroxenos, feldespatos y minerales opacos.

**j. S7 PI-O CII.** Macro poros, matriz oscura por presencia de materia orgánica, los bordes presentan un color más claro en las arcillas, se aprecian anfíboles de color rojizo posiblemente alterándose, presencia de micas. Cuarzo, piroxenos, minerales opacos, plagioclasas y feldespatos.

*Figura. 14 Petrografía de la cerámica*

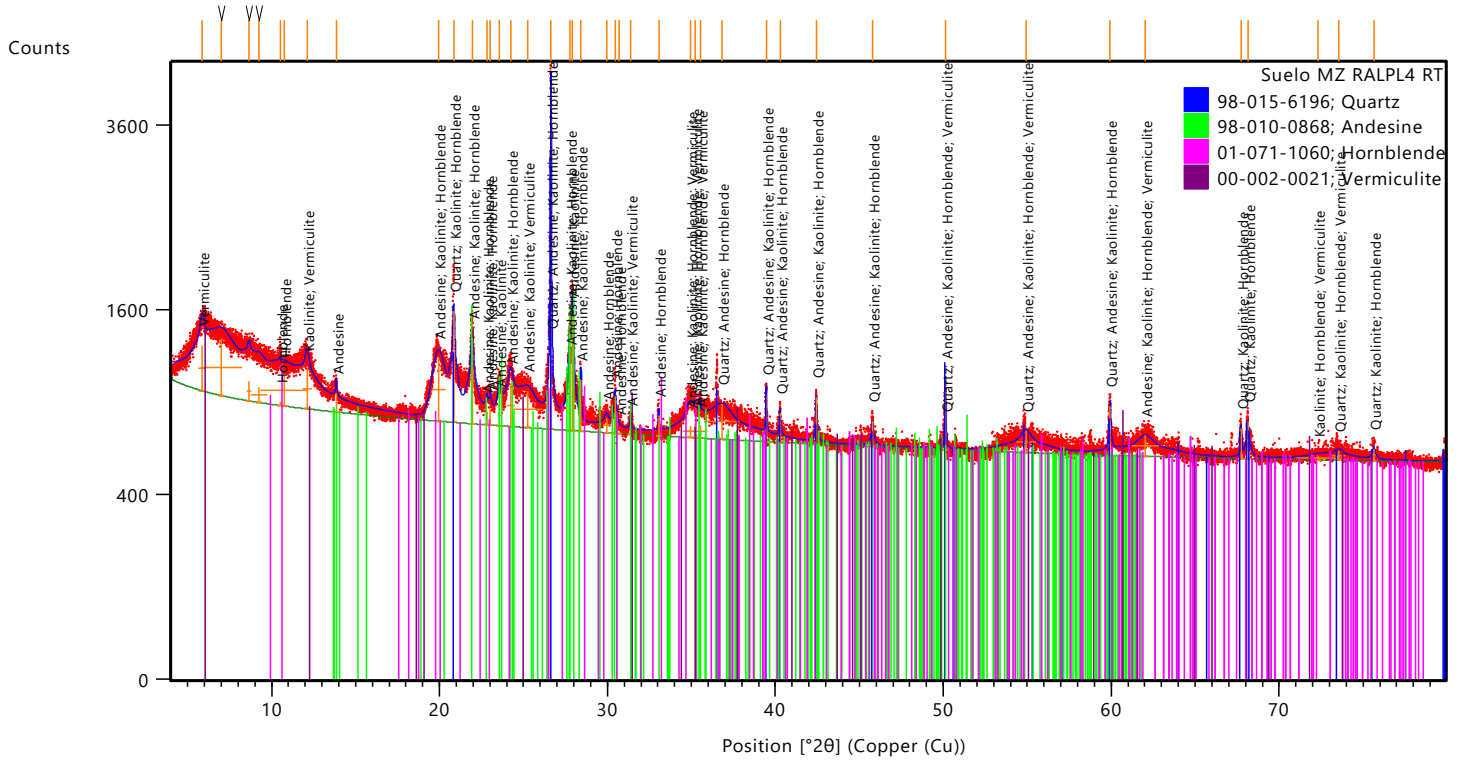


## 4.2 Resultados de La Difracción de Rayos X

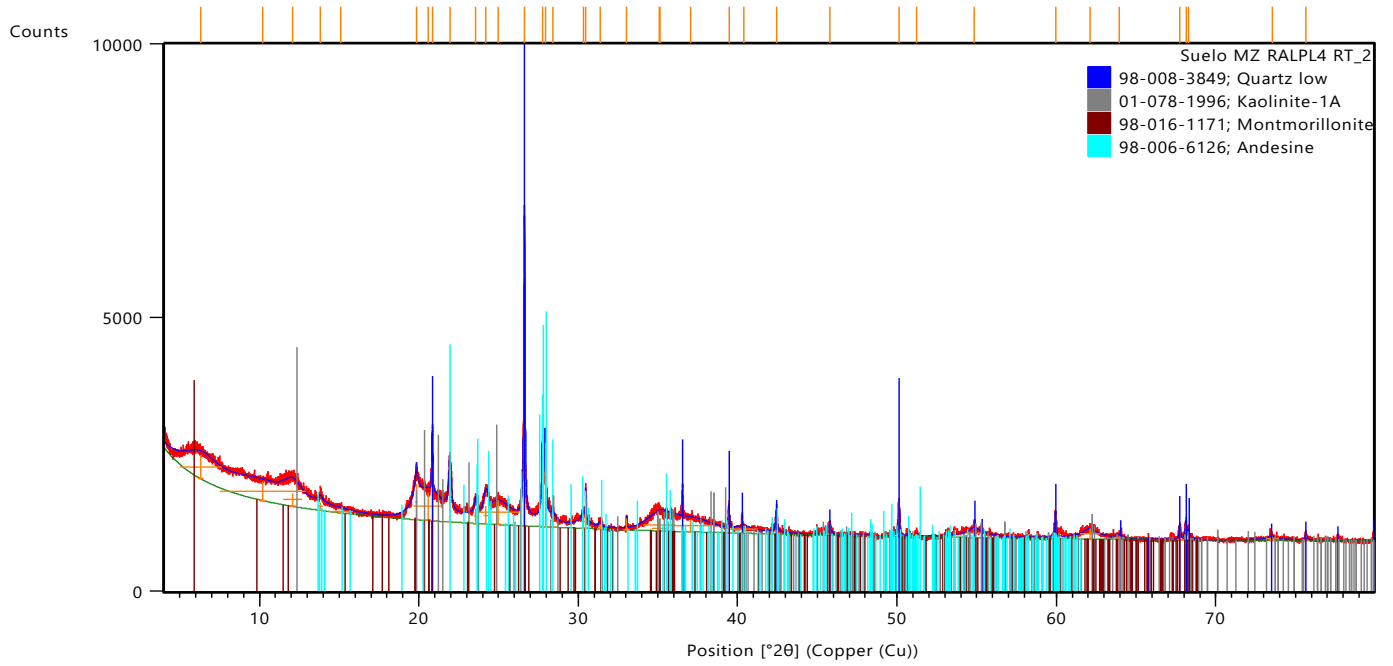
*Cuadro 6 Resultados de la Difracción de Rayos X.*

MUESTRA	CLAVE USUARIO	FASES IDENTIFICADAS	FICHAS PDF	SEMICUANT (RIR)	Observaciones
DRX4	VBRALPL4	Plagioclasa de composición intermedia: $(Na,Ca)(Si,Al)_3O_8$ Cuarzo: $SiO_2$ Feldespató Potásico: Anfibol de tipo actinolita o similar: $Ca_2(Mg,Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH)_2$ Filosilicatos a ~10Å pbb de tipo mica	ICSD 98 006 6126 ICSD 98 008 3849 ICSD 98 010 0557 ICDD 01 080 0521 ICDD 01 073 9317	38 41 9 12 5	
DRX5	15 SAATN	Cuarzo: $SiO_2$ Filosilicatos a ~14Å probablemente de tipo esmectita	ICDD 01 075 6052 ICSD 98 016 11 71	12 88	
DRX6	Suelo MZ RALPL4	Plagioclasa de composición intermedia: $(Na,Ca)(Si,Al)_3O_8$ Cuarzo: $SiO_2$ Filosilicatos a ~14Å pbb de tipo esmectita Filosilicatos a ~7Å pbb de tipo caolinita	ICSD 98 006 6126 ICSD 98 008 3849 ICSD 98 016 1171 ICDD 01 078 1996	40 37 5 15	Arcilla de baja cristalinidad Las arcillas deberían verificarse en la medición de la fracción inferior a 2micras.
DRX7	SZPZC11 SAATN	Plagioclasa de composición intermedia: $(Na,Ca)(Si,Al)_3O_8$ Anfibol de tipo actinolita o similar: $Ca_2(Mg,Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH)_2$ Tridimita: $SiO_2$ Material amorfo, probablemente vidrio volcánico	ICSD 98 002 0361 ICDD 01 080 0521 ICSD 98 000 1440	81 10 9	

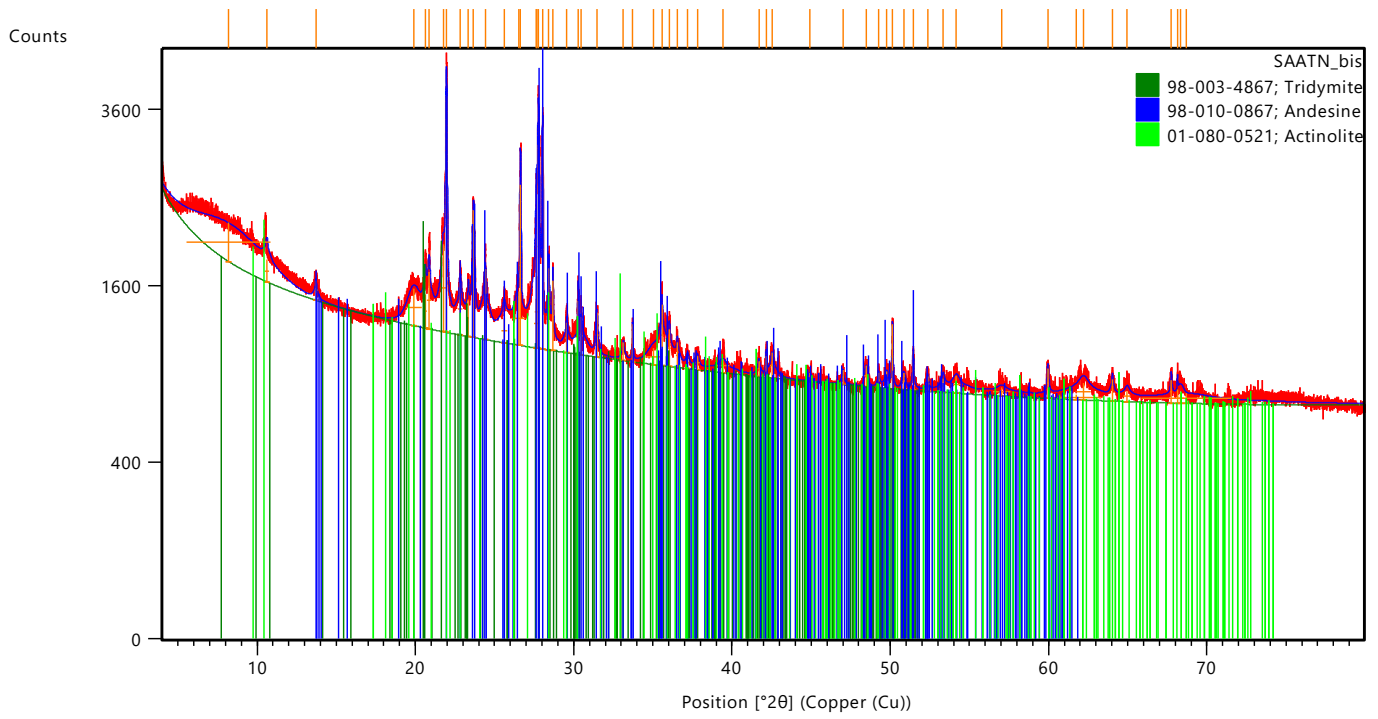
# Difractograma. 1 Muestra de Suelo "MZ RALPLA"



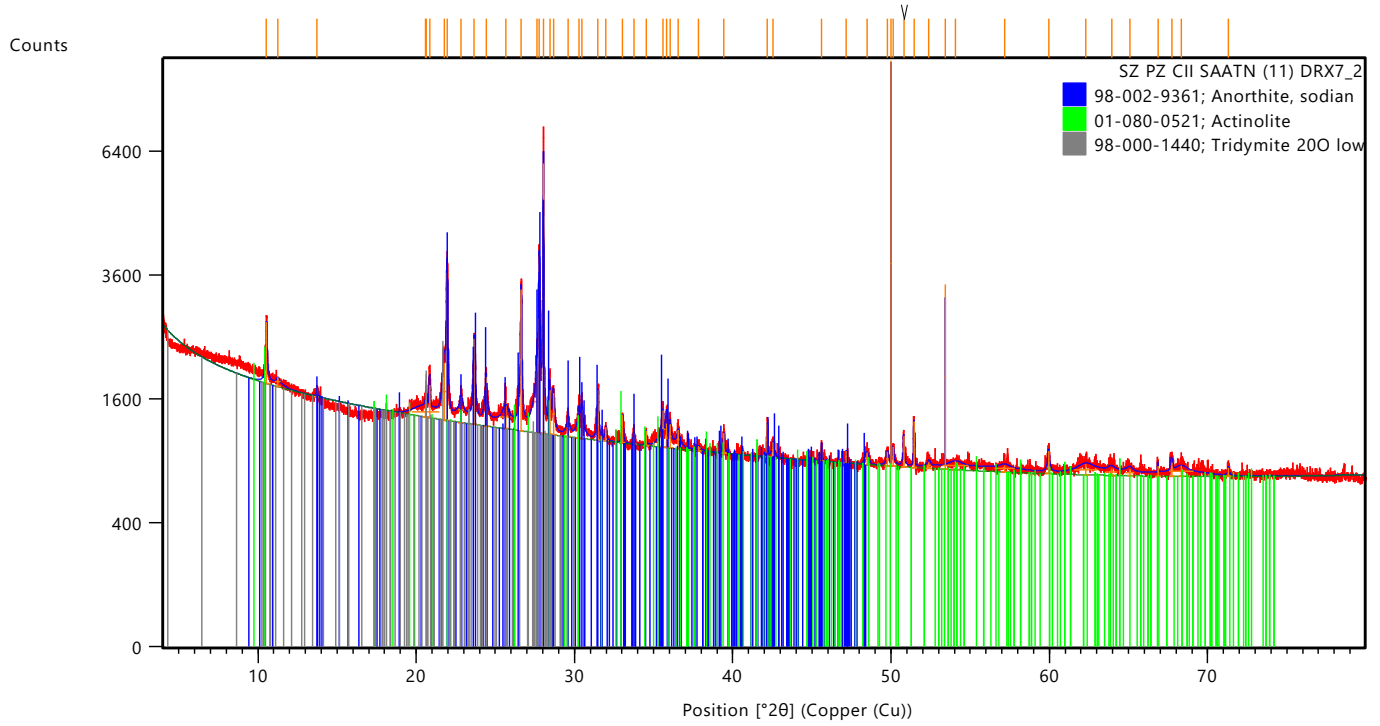
**Difractograma. 2. Muestra de suelo MZ RALPL4**



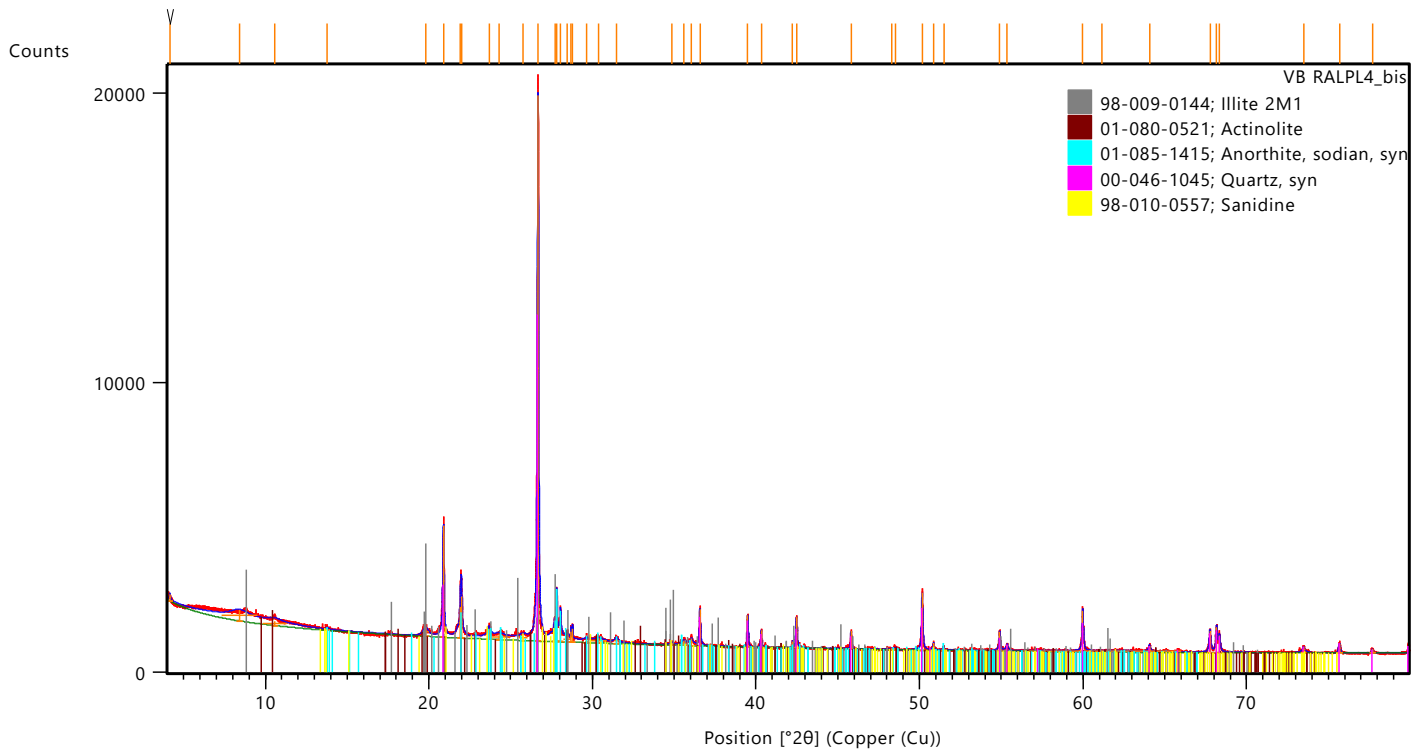
### Difractograma. 3 Muestra SAATN Cerámica



**Difractograma. 4 Muestra de cerámica CII SAATN (11)**



**Difractograma. 5 Muestra de cerámica VB RALPL4**



### 4.3 Resultados de la estimación visual de porcentaje total de los minerales

*Cuadro 7. Porcentaje total de los componentes minerales del Salvamento de la Autopista Toluca- Naucalpan*

AUTOPISTA TOLUCA-NAUCALPAN											
Lámina	% Inclusiones	% Minerales									
	F. de rocas	plagioclasas	Feldespatos	Cuarzos	Anfíboles	M.Opacos	Piroxenos	Lítico arcilloso	Esquistos	Matriz	% Total
SAATN S8 3 UP	5	15	3	5	5	7	-	-	-	30	100
S2 P2 C 11	3	15	7	3	5	7	3	-	-	57	100
S8 PS-n C I	-	7	-	25	3	15	-	-	-	50	100
S7 B C III	1	15	7	30	7	7	3	-	-	30	100
S7 PI-O C II	1	15	2	3	7	5	3	5	5	30	100

**Cuadro 8. Porcentaje total de los componentes minerales del Salvamento Arqueológico Valle de Bravo, predio La Peña.**

VALLE DE BRAVO-LOTE 4.											
Lámina	% Inclusiones	% Minerales									
	F. de rocas	plagioclasas	Feldespatos	Cuarzos	Anfíboles	M.Opacos	Piroxenos	Lítico arcilloso	Esquistos	Matriz	% Total
RA4PVB P5 C III	5	15	3	10	3	7	2	15	3	35	100
RA4PVB P4 C III13	2	5	3	7	2	5	2	7	3	37	100
RA4PVB14 P4 C III	5	7	3	25	3	7	3	7	5	35	100
RA4PVB 19 P5 C III	5	7	5	20	3	7	-	20	3	30	100

## **Capítulo 6**

### **Discusión de Resultados**

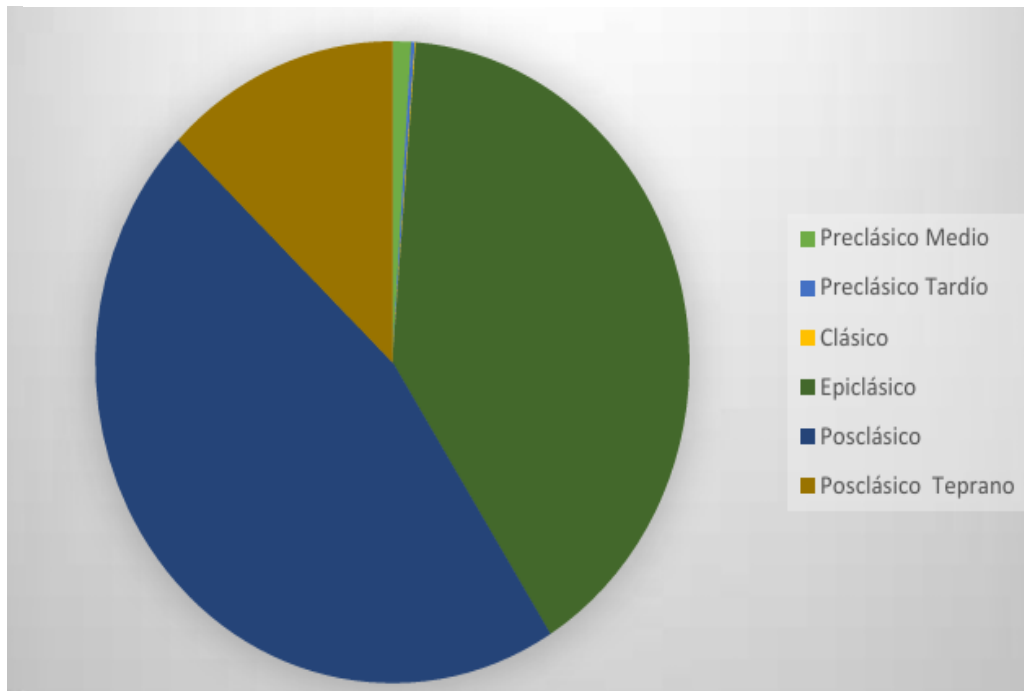
#### **6.1 Primera etapa**

El presente estudio de posible procedencia de cerámica en la Autopista Toluca – Naucalpan y Valle de Bravo procede de hacer una reflexión acerca de su contexto, por esta razón fue necesario identificar la distribución espacial de los materiales de las áreas de excavación de ambos salvamentos arqueológicos, con esto se identificó la relación entre ambos lugares, a través de la similitud cronológica (Posclásico tardío) y la policromía (rojizo), forma de acabado, así como el tipo de uso doméstico para ambos casos, ya que se sabe que los predios eran de uso habitacional porque consisten con el patrón de los asentamientos regionales.

Ambos sitios de estudio tienen similitud referente a la disposición de recursos y suelos fértiles, están cercanos a cuerpos de agua, así como a zonas boscosas, que aportan servicios importantes como la madera, son sitios donde habitan diferentes animales para su cacería, al igual que caminos importantes que comunican con otros sitios.

Referente a lo anterior, encontramos que en el sitio 8 “Rancho Viejo”, perteneciente a la ATN es de gran importancia ya que se encuentran en una zona de lomeríos con pendientes no excesivamente abruptas, esto permite la construcción de sistemas de terrazas destinadas a trabajos agrícolas, así como estructuras habitacionales.

**Gráfica 1 Porcentaje de tipo cerámico según su temporalidad.**



Fuente: Grafico tomado del Informe Técnico -. Tomada del Salvamento Arqueológico La Peña. 2018 por ARQ. Héctor Pérez.

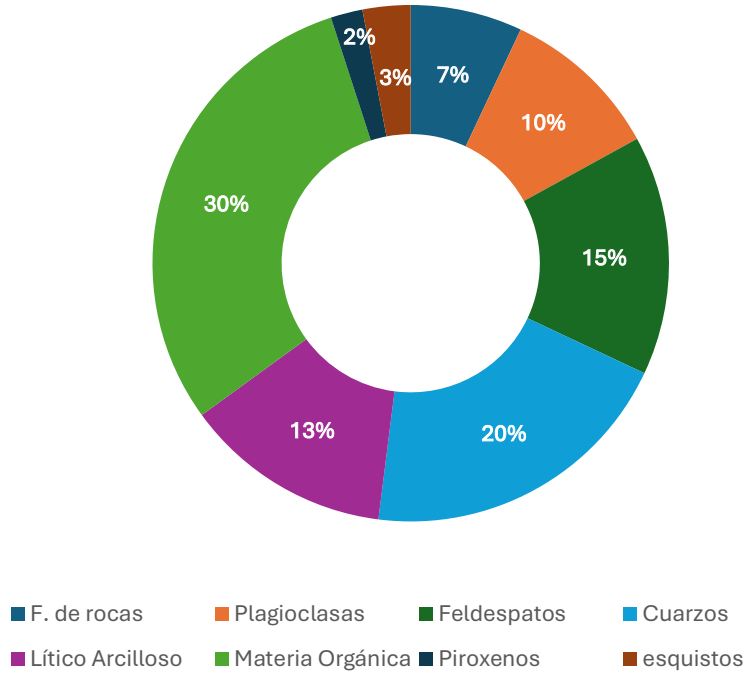
### **6.2.1 Segunda Etapa**

Las muestras seleccionadas de cerámica y suelo se sometieron a análisis petrográficos, de los cuales se obtuvo la siguiente información:

Para el caso de estudio del Lote 4 en la Peña, Valle de Bravo, se encuentran en su mayoría minerales de plagioclasas, con un porcentaje del 10% en dos muestras se puede observar los bordes de la policromía dando un color rojizo, las matrices van de colores marrones a rojizos enriquecidas con Fe, se tienen fragmentos de rocas en un (7%), la arcilla se encuentra direccionada(13%), así como se puede observar un alto porcentaje de materia orgánica carbonificada (30%), cuarzo microcristalino (20%), alineación de arcillas. En el siguiente gráfico, se muestran los componentes observados en la petrografía de acuerdo con el porcentaje visual antes mencionado.

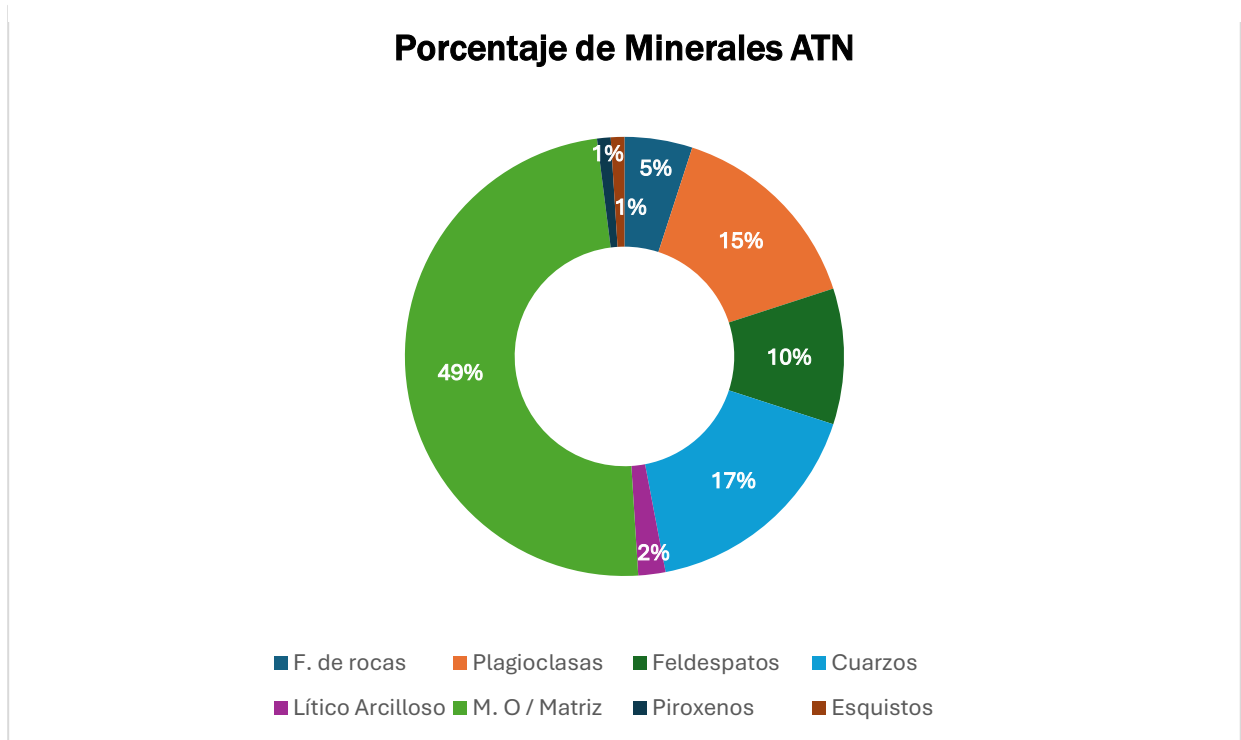
**Gráfica 2 Estimación Petrográfica de Porcentajes minerales**

**Porcentaje de Minerales VB**



En el área de la Autopista Toluca – Naucalpan, se analizó que existen nódulos de hierro típicos, plagioclasas de composición intermedia (15%), arcillas alineadas en una dirección en la muestra P2 CA-1, en las demás hay arcilla no direccionada, existe presencia de micas, anfíboles, los núcleos de las matrices en las muestras S8 y CII la matriz es color marrón, así como una matriz muy fina y compacta, se muestran cutanes de iluviación, en las 3 muestras restantes comparten que en el núcleo de la matriz tiene restos de materia orgánica (49%), y macroporos, se tiene un porcentaje de 17% de cuarzo microcristalino, fragmentos de rocas volcánicas en un 5%, el resto de minerales que se encuentra en menor porcentaje pertenecen a esquistos, piroxenos y anfíboles, estos porcentajes se reflejan en el siguiente gráfico.

**Gráfica 3 Estimación Petrográfica de Porcentajes minerales en ATN.**



De acuerdo a las dos gráficas anteriores podemos observar que ambos sitios presentan mayoritariamente materia orgánica dentro de su composición, así como plagioclasas de composiciones intermedias, cuarzo microcristalino y lítico arcilloso, debido a esta similitud podemos pensar que, aunque son dos sitios distintos la materia prima que los alfareros utilizaron es muy similar, por lo que a esto se le puede denominar que hay una “tradicón generacional” ya que ambos sitios y cerámicas pertenecen a una filiación otomí, dentro de la cerámica de tipo doméstico con engobes rojos, según (Sugiura 2015: 193) se encuentran estudios con un patrón de asentamientos de variantes locales, en relación a la Sierra de las Cruces y el Valle de Toluca, básicamente con las mismas formas, engobes rojos y en su mayoría de tipo doméstico.

### 6.3.1 Tercera etapa

De acuerdo con los Resultados de la DRX se identificó el tipo de fases cristalinas presentes en cada una de las muestras.

La cerámica de Valle de Bravo se identificó por presentar Plagioclasas intermedias  $(\text{Na,Ca})(\text{Si, AL})_3\text{O}_8$ , Cuarzo, Qz ( $\text{SiO}_2$ ), Feldespato potásico, Anfíboles de tipo actinolita o similar:  $(\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ , Filosilicatos a  $\sim 10 \text{ \AA}$  pbb de tipo mica. Y las muestras de suelo en la misma zona se tiene también una plagioclasa intermedia  $(\text{Na,Ca})(\text{Si, AL})_3\text{O}_8$ . Para el caso de las cerámicas de la Autopista Toluca Naucalpan, se caracteriza por presentar Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), Filosilicatos a  $\sim 14 \text{ \AA}$  probablemente de tipo esmectita, Plagioclasas intermedias  $(\text{Na,Ca})(\text{Si, AL})_3\text{O}_8$ , Filosilicatos a  $\sim 7 \text{ \AA}$  pbb de tipo caolinita.

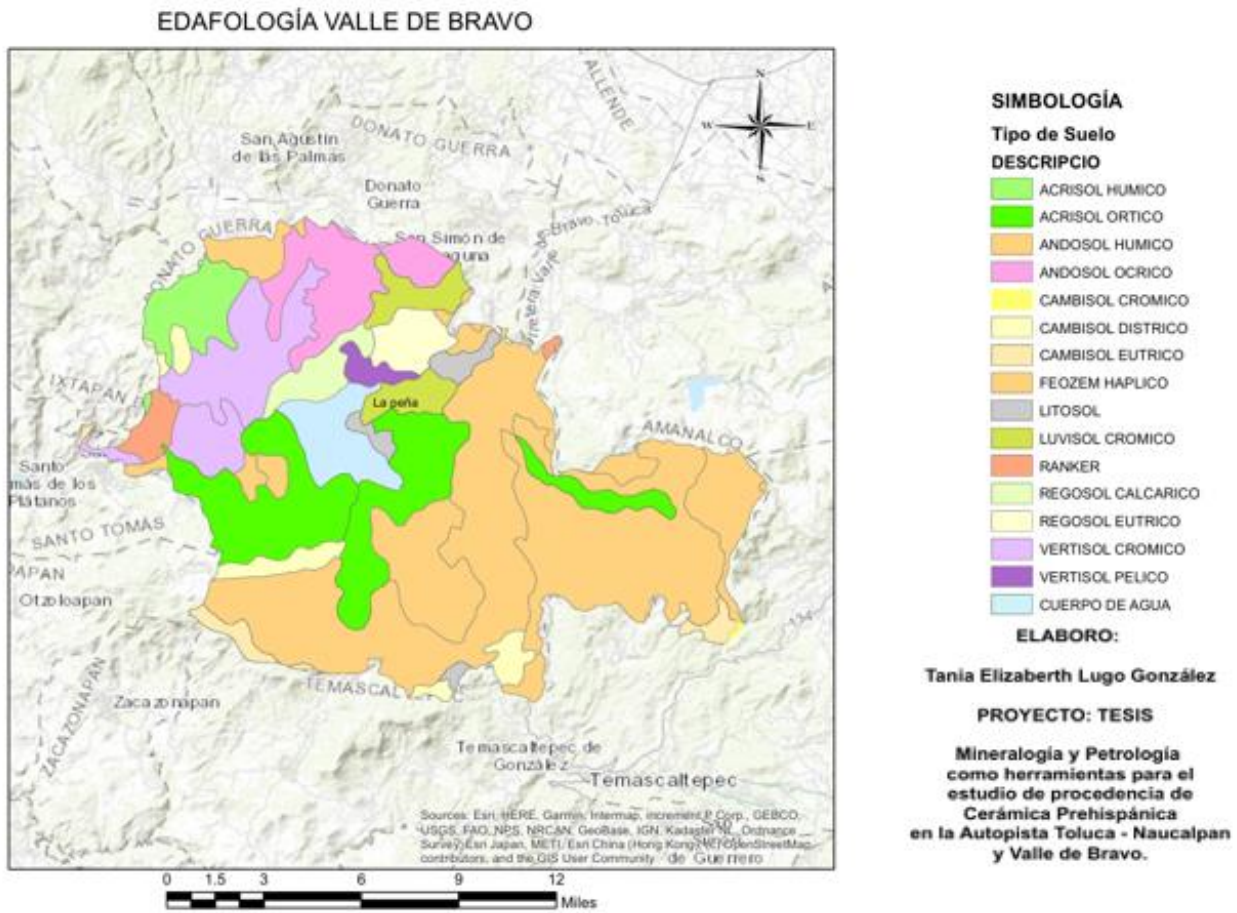
Teniendo los resultados anteriores de las muestras cerámicas y muestras de suelo son el punto de partida y comparativo de la composición química de ambos sitios así como de la cartográfica de la siguiente etapa, a fin de responder algunas preguntas de índole arqueológica como lo son el comportamiento precedente al proceso productivo de la alfarería y posibles bancos de materiales.

### 6.4.1 Cuarta Etapa

Con base en los resultados cuantitativos petrográficos y de la composición química de las muestras se procede a realizar un análisis de la distribución espacial cartográfica, con esto podemos saber si los bancos de materiales son locales y si hubo una posible cadena de intercambio entre ambas entidades, ya que existe una cercanía de 56.6 km entre una zona y otra, así como caminos entre los valles que conectan entre sí, aunque esa información no es precisa.

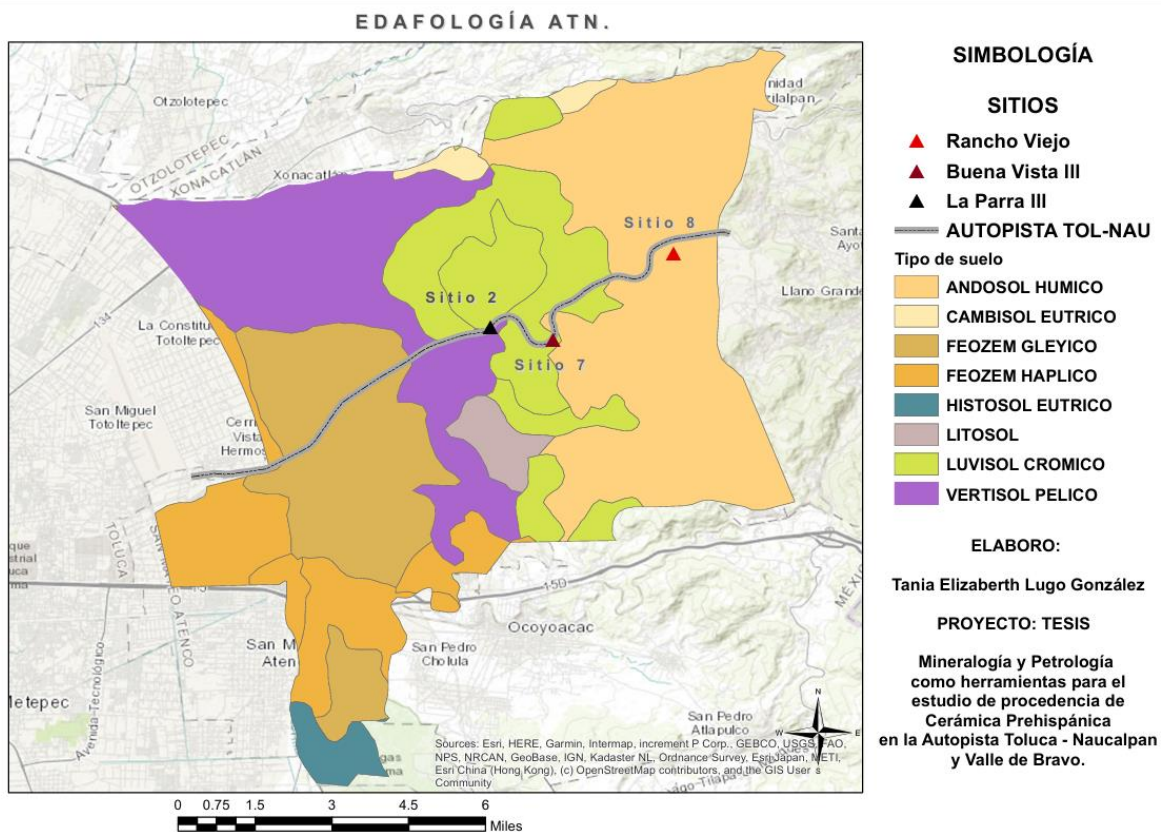
Para el caso de estudio del Lote 4, calle la Mora, La Peña, en el municipio de Valle de Bravo, presenta una edafología donde predomina el Andosol, de acuerdo con el Atlas de Riesgo del Municipio, este se encuentra cubriendo el 53% del territorio total, el regosol 13%, acrisol 12.7%, vertisol 7%, luvisol 3.5% y el 10.8% restante pertenece a otros tipos de suelo.

Mapa 3 Edafología de Valle de Bravo



Mapa 2. Edafología de Valle de Bravo en el software ArcMap, 2024 Con información de INEGI.

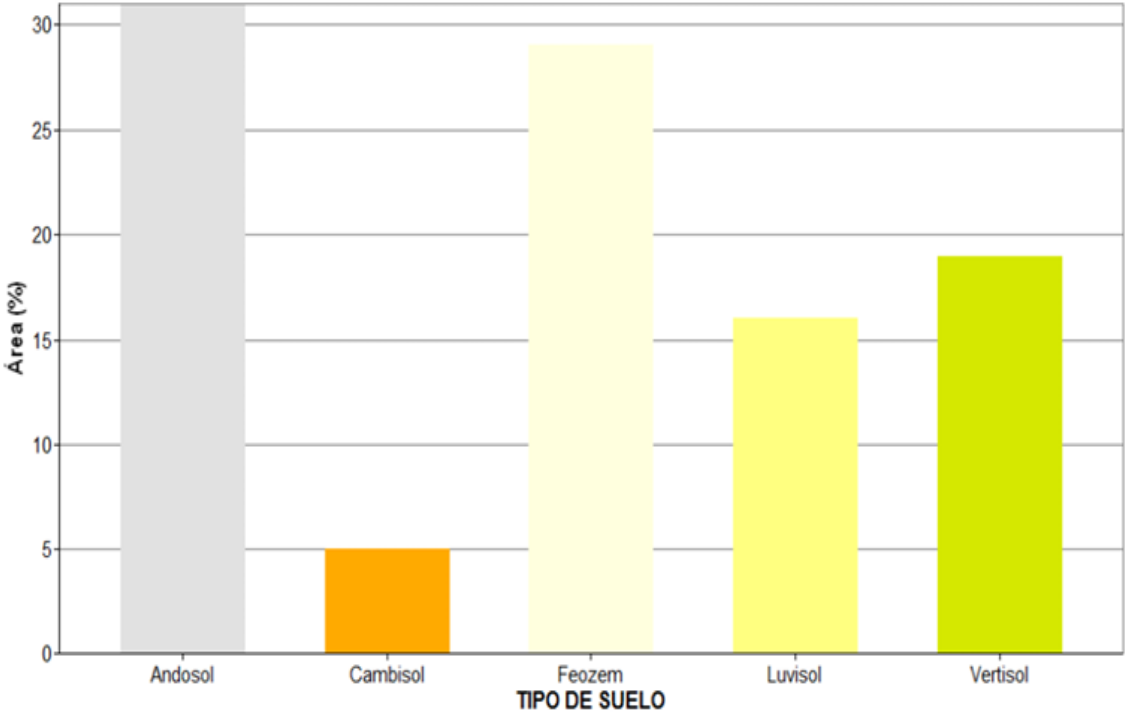
### Mapa 4 Edafología de la Autopista Toluca-Naucalpan



**Mapa 3. Edafología del sitio Autopista Toluca - Naucalpan, elaborado en el software ArcMap, 2024 Con información de INEGI.**

Para el caso de los sitios de la autopista Toluca Naucalpan también se puede apreciar la predominancia de los suelos andosoles, el 31.12% de territorio total del municipio de Lerma, le pertenece a este tipo de suelo, al Phaeozem un 24.89%, Durisol 12.64%, Luvisol 4.47% y al Histosole con una minoría del 1.49%, en la gráfica se pueden observar dichos porcentajes.

**Gráfica 4** área de Porcentajes del tipo de suelo presente en el municipio de Lerma.



Fuente: Tomada de Gaceta Municipal, Lerma Atlas de Riesgos, Administración 2019 - 2021

## **6.2 Conclusiones**

Con base en los resultados composicionales de las cerámicas, se hace una hipótesis de que en ambos lugares los alfareros tomaban como bancos de materiales a los suelos andosoles, por su enriquecimiento de arcillas, y su textura fina que permite tener una plasticidad adecuada para su manufactura, así como la cercanía del material, por lo que no tenían que desplazarse grandes kilómetros para obtener la materia prima.

Estos resultados concuerdan con los antecedentes que se conocen respecto a la distribución de los complejos cerámicos de Rojo Texcoco, La importancia de esto, radica en la intervención de piezas domésticas en la (Sayre, 2015) Sierra de las cruces asociadas a grupos otomíes, que hablando en términos arqueológicos ambos sitios pertenecen a dicho grupo,

Hasta ahora, para ambos sitios se cuenta con un acervo pobre en cuanto a exploraciones arqueológicas para ambos sitios, los documentos que existen, tienen relación entre sí de acuerdo a que siguen un patrón que consiste en casas construidas en lomeríos y sobre laderas de pendientes poco pronunciadas, aunado a esto, es necesario realizar más estudios en ambas zonas para complementar la información obtenida en ambos sitios.

## Bibliografía

- Acevedo, B. (2014). Geoarqueología: Interpretaciones interdisciplinarias para la investigación arqueológica. *Revista Geológica de America Central*, 123-131.
- Aguirre Díaz Gerardo, J. V. (2006 ). The Valle de Bravo Volcanic field: geology and geomorphometric parameters of quaternary monogenetic fiel at the front of the mexican volcanic belt . *Special paper of geological society of america* .
- Campa-Uranga. (1983). Tectonostratigraphic terranes and mineral resources distributions in México. *Can. J. Earth Sci*, 1040-1051.
- Cyphers, G. A. (1982). La Petrografía: resumen y guía para antropólogos . *Anales de Antropología* , 3 - pág. 149-150.
- FELTS, W. M. (1942). A Petrographic Examination of Potsherds from Ancient Troy. *AJA* 46, Pág. 237-244.
- Franco, M. G. (2000). PETROGRÁFICO, TALLER DE PETROLOGÍA: ENSEÑANZA DE LA PETROLOGÍA CON EL MICROSCOPIO. *Enseñanzas de Ciencias de la Tierra*, pág 41. Obtenido de file:///C:/Users/Elizabeth/Downloads/adminRACO,+Aepect08.1\_6.pdf
- García Payón, J. (1941). La cerámica del Valle de Toluca. *Revista Mexicana de Estudios*, 209-238.
- Garza. (2005). "De arqueometría". *Revista Suplemento Cultural El Tlacuache, Centro INAH Morelos*.
- Goldberg, P. &. (2008 ). *Practical and theoretical geoarchaeology*. Oxford : Blackwell publishing .
- Heras, C. M. (1991). La cerámica de Integración de la casta nordecuatoriana: el caso esmeraldeño. *Revista Española de Antropología Americana* , 113-138.
- Hill, C. L. (2017). *Geoarchaeology, History*. En A. S. Gilbert. *Encyclopedia of Geoarchaeology* : Springer .
- Kubiëna, W. (1938). Micropedology. *Collegiate Press, Ames, Iowa*, 242.
- Kubiëna, W. (1952). *Claves Sistemáticas de Suelos*. Madrid : CSIC, pág, 288 .
- Lemonnier, P. (1986). The study of material culture today: Toward an anthropology of technical systems. *Journal of Anthropological Archaeology* , 147-186.
- Lemonnier, P. (1986). The study of material culture today: Toward an anthropology of thechnical systems. . *Journal of Anthropological Archaeology*, 9-34.
- María Fernanda Campa, P. J. (1982). Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in mexico . *Can. J. Earth Sci.*, 20., 1040-1051.

- Melesio Calderón, R. (2019). *Cerámica Posclásica, Cerro Toloche, Asentamiento Prehispánico, Valle de Toluca*. Centro Universitario UAEM Tenancingo: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO.
- Morales Güeto, J. (2005). *Tecnología De Los Materiales Cerámicos*. Madrid: Díaz Santos
- Noguera, E. (1965). *La Cerámica Arqueológica de Mesoamérica*. Ciudad Universitaria, México 20, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México .
- Pamela, R. J. (2018). *Proyecto de Salvamento Arqueológico Autopista Toluca – Naucalpan*. Toluca de Lerdo : Informe Técnico .
- Phol, J. (2004). *FAMSI*. Obtenido de CRONOLOGÍA: LÍNEA DEL TIEMPO DE MESOAMÉRICA: <http://www.famsi.org/spanish/research/pohl/chronology.html>
- ( 2022-2024). *Plan de Desarrollo Municipal, Valle de Bravo*. Municipio de Valle de Bravo. .
- Reinhold, M. (1981). *Exploraciones Arqueológicas en Valle de Bravo*. México: Biblioteca Enciclopédica del Estado de México .
- Sayre, E. V. (2015). *Stu Mesoamérica*. Obtenido de FAMSI.: <http://www.famsi.org/spanish/research/pohl/chronology.html>
- SGM. (22 de marzo de 2017). *Servicio Geológico Mexicano*. Obtenido de Petrografía: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Petrografia.html>
- Smith, M. E. (2001). *Postclassic Ceramics from the Toluca Valley in U.S. Museums: The Bauer*. México.
- Smith, M. E. (2002). *El Urbanismo Posclásico en Calixtlahuaca: Reconstruyendo las Excavaciones Inéditas de José García Payón*. Toluca, México : FAMSI .
- Smith, M. E. (2003). *Posclasic Urbanism at Calixtlahuaca: Reconstructing the Unpublished Excavations of José Payón*. Obtenido de FAMSI: <http://www.famsi.org/reports/01024/>
- Smith, M. E. (2006). *Calixtlahuaca: Organización de un centro Urbano Posclásico*. Informe Técnico Parcial, INAH.
- Soustelle, J. (1993). *La familia otomí-pame del México centra*. México : F.C.E.
- Stoops, G. &. (2017). . *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. WILEY Blackwell.
- Stoops, G. &. (2017). *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. Wiley Blackwell.
- Tommasi de Magrelli, W. (1978). *La cerámica funeraria de Teotenango*. *Biblioteca Enciclopédica*, vol. 61 .
- Yoko, S. Y. (2009). *Caminando el valle de Toluca: arqueología regional, el legado de William T. Sanders*. *SciELO*, Vol. 16 No. 47.