



Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Facultad de Ingeniería
Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

**Discriminación de áreas fuente y procedencia de las
cerámicas prehispánicas del Bajío, región de Querétaro y
oriente de Guanajuato, México**

T E S I S

Que para obtener el grado de:

Maestro en Ciencia en Geología Aplicada

Presenta:

Eduardo Torres de la Torre

Asesor:

Yam Zul Ernesto Ocampo Díaz

Co Asesora:

María Delgadillo Sanchez



San Luis Potosí, S. L. P.

Agosto de 2022



16 de junio de 2022

**LIC. EDUARDO TORRES DE LA TORRE
P R E S E N T E.**

En atención a su solicitud de Temario, presentada por el **Dr. Yam Zul Ernesto Ocampo Díaz y la M. C. María Delgadillo Sánchez** Asesor y Coasesora de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestro en Ciencias en Geología Aplicada**. Me es grato comunicarle que en la sesión del H. Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 16 de junio del presente, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

"Discriminación de áreas fuente y procedencia de las cerámicas prehispánicas del Bajío, región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México"

1. Introducción.
 2. Antecedentes Geo-Arqueológicos de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México
 3. Metodología para determinar los tipos y grupos cerámicos y las características composicionales del material cerámico
 4. Tipos y grupos cerámicos de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México
 5. Petrografía y modas detríticas de las cerámicas de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México
 6. Geoquímica de las cerámicas de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México
 7. Origen de los cuarzos detríticos presentes en las cerámicas de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México
 8. Discusión
 9. Conclusiones
- Referencias

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"

A T E N T A M E N T E

**DR. EMILIO JORGE GONZÁLEZ GALVÁN
DIRECTOR.**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCION



ANIVERSARIO DE LA
AUTONOMÍA
UASLP 2023

www.uaslp.mx

Copia. Archivo
*etn.

Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria • CP 78200
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 2330 a339
fax (444) 826 2336

"Rumbo al centenario de la autonomía universitaria"

Agradecimientos

A Dios por todo lo que me ha dado.

A mi familia por su apoyo incondicional.

Al Dr. Yam Zul Ernesto Ocampo Díaz por su asesoría, apoyo y paciencia durante el desarrollo de este trabajo y por mostrarme que existe mucho conocimiento, métodos y técnicas del estudio de las rocas sedimentarias que pueden aplicarse a la investigación arqueológica.

A la M.C. María Delgadillo Sánchez por su asesoría sobre la arqueología del Bajío y por sus aportes y tiempo prestado para que este trabajo concluyera satisfactoriamente.

Al Dr. José Rafael Barboza Gudiño por sus observaciones y consejos durante las distintas etapas de desarrollo. También gracias al Dr. Ricardo Saucedo Girón por sus comentarios y observaciones y por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

Al M.C. Marco Rojas Beltrán por su ayuda y consejos durante estos últimos dos años. También por las salidas a campo en las que aprendí mucho sobre la geología de San Luis Potosí.

A todos mis profesores de la maestría.

A Jesús Cristóbal Valdés Hernández y al Proyecto en El Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, por prestar el material cerámico para este estudio y por el apoyo prestado durante el trabajo de campo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca que me otorgo para realizar mis estudios de maestría.

A Jazmin Alaide López-Díaz y al Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis de la Universidad Autónoma de Guerrero por su ayuda con equipo para la realización de los análisis cerámicos.

Al Dr. Roberto Briones Gallardo del Instituto de Metalurgia de la UASLP por las facilidades y equipo prestado para los análisis cerámicos.

A mis compañeros de maestría por su ayuda y consejos.

A mis amigos Gustavo Avalos, Christopher Morales, Oscar Zarate por su interés y apoyo en este trabajo.

Resumen

Durante los salvamentos realizados en 2017 y 2021 en el gasoducto Tula-Villa de Reyes, se reportaron los sitios arqueológicos Cuicillos Cuates en Guanajuato y El Zorrillo, Lagunillas II y El Rosario en Querétaro. En estos sitios se encontraron materiales cerámicos que presentaban características estilísticas y decorativas de la cerámica de otras regiones por lo que surgió la incógnita sobre la procedencia local o foránea de estos materiales.

Para determinar la procedencia de estas cerámicas se utilizaron análisis petrográficos apoyados en análisis geoquímicos y de catodoluminiscencia en cuarzos detríticos, lo que permitió definir cuatro petrofacies presentes en las cerámicas y la composición de los sedimentos y rocas fuentes: La petrofacies A rica en líticos felsíticos y tobaceos y la petrofacies C constituida casi enteramente por líticos microlíticos y *lathwork* constituyen a las cerámicas de Cuicillos Cuates. La petrofacies B que es rica en vitrofíricos vesiculares y la petrofacies D, con líticos vitrofíricos, tobaceos y microlíticos conforman las cerámicas de los sitios El Zorrillo, Lagunillas II y El Rosario. Los resultados del análisis multiproxy muestran que las petrofacies A y D reflejan la composición de los sedimentos recolectados cerca de los sitios arqueológicos y de las rocas volcánicas del área de estudio, mientras que la composición de la petrofacies B se ve reflejada solo parcialmente en los sedimentos recolectados, lo que indica la explotación de yacimientos distintos. Estas características permiten determinar que son en los tres casos de origen local.

Las características observadas en las petrofacies B muestran que existió cierto control en la distribución de la cerámica teotihuacanoide, constituida por la petrofacies B, por parte del sitio El Rosario hacia los sitios El Zorrillo y Lagunillas II, lo que evidencia un intercambio a nivel local

Las características composicionales y texturales de la petrofacies C, exclusiva de la cerámica Negativo Tres Palos son distintas a la de las demás petrofacies y no se reflejan en los sedimentos de la región, lo que puede indicar un intercambio a gran escala con otras regiones, al ser esta cerámica originaria de la cuenca de Zacapu en Michoacán.

Abstract

During the salvages carried out in 2017 and 2021 on the Tula-Villa de Reyes gas pipeline, the archaeological sites Cuicillos Cuates in Guanajuato and El Zorrillo, Lagunillas II and El Rosario in Querétaro were reported. In these sites, ceramic materials that presented stylistic and decorative characteristics of ceramics from other regions were found, so the question about the local or foreign origin of these materials arose.

To determine the provenance of these ceramics, petrographic analyzes were used, supported by geochemical and cathodoluminescence analyzes in detrital quartz, which made it possible to define four petrofacies present in the ceramics and the composition of the sediments and source rocks: Petrofacies A, rich in felsitic and tuffaceous lithics and petrofacies C made up almost entirely of microlithic lithics and lathwork, constitute the Cuicillos Cuates ceramics. Petrofacies B, which is rich in vesicular vitrophyrics lithics, and petrofacies D, with vitrophyric, tobaceous, and microlithic lithics, make up the ceramics of the El Zorrillo, Lagunillas II, and El Rosario sites. The results of the multiproxy analysis show that petrofacies A and D reflect the composition of the sediments collected near the archaeological sites and of the volcanic rocks in the study area, while the composition of petrofacies B is only partially reflected in the collected sediments, which indicates the exploitation of different deposits. These characteristics make it possible to determine that they are of local origin.

The characteristics observed in petrofacies B show that there was some control in the distribution of teotihuacanoid ceramics, made up of petrofacies B, from the El Rosario site to the El Zorrillo and Lagunillas II sites, which shows an exchange at the local level.

The compositional and textural characteristics of petrofacies C, exclusive to the Tres Palos Negative ceramic, are different from those of the other petrofacies and are not reflected in the sediments of the region, which may indicate a large-scale exchange with other regions, as this ceramic originating from the Zacapu basin in Michoacán.

Contenido

1. Introducción	16
1.1 Estudios de procedencia	16
1.2 Estudios de procedencia en arqueología	16
1.3 Zona de estudio.....	18
2. Antecedentes Geo-arqueológicos de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México 20	
2.1 Objetivo General	21
2.2 Objetivos específicos	21
2.3 Metas científicas y de formación de recursos humanos	22
2.4 Hipótesis.....	22
2.5 Marco Geológico	22
2.6 Geología local	23
2.7 Estratigrafía del área de Huimilpan.....	25
2.7.1 Latita la Cuesta (Oligoceno-Mioceno medio).....	25
2.7.2 Andesita Vaquerías (Oligoceno-Mioceno medio).....	25
2.7.3 Andesita Guadalupe (Mioceno tardío)	26
2.7.4 Riolita El Rincón (Zancliense)	26
2.7.5 Toba Amealco (Zancliense-Piacenziense).....	26
2.7.6 Ignimbrita Huimilpan (Plioceno)	27
2.7.7 Clásticos continentales (Cuaternario)	27
2.8 Estratigrafía del área de San Miguel de Allende-Querétaro	29
2.8.1 Caliza y arenisca (Aptiano-Albiano)	29
2.8.2 Andesita El Cedro (Oligoceno Medio).....	29
2.8.3 Arenisca y Conglomerado Cenozoico.....	29
2.8.4 Dacita Obrajuelo (Oligoceno-Mioceno medio)	30
2.8.5 Andesita y Basalto La Joya (Mioceno medio).....	30
2.8.6 Volcaniclástico Querétaro (Mioceno medio y tardío)	30
2.8.7 Basalto Querétaro (Mioceno tardío).....	31
2.8.8 Andesita y Basalto pliocénicos (Plioceno)	31
2.9 Estructuras de la zona de estudio.....	33
2.10 Corrientes de agua.....	34
2.10.1 Río Huimilpan.....	34
2.10.2 Río El Pueblito.....	34
2.10.3 Río Querétaro.....	35
2.11 Sitios arqueológicos	36
2.11.1 Sitio El Rosario.....	36

2.11.2 Sitio El Zorrillo	38
2.11.3 Sitio Lagunillas II	38
2.11.4 Sitio Cuicillos Cuates.....	40
3. Metodología para determinar los tipos y grupos cerámicos y las características composicionales del material cerámico	41
3.1 Análisis cerámico	41
3.2 Análisis petrográfico	43
3.3 Geoquímica por SEM-EDS	44
3.3.1 Mapas composicionales por SEM-EDS	44
3.3.2 Cálculo de CaO*.....	45
3.3.3 Chemical Index of Alteration (CIA).....	45
3.3.4 PIA.....	45
3.3.5 Índice Mafic-Felsic-Weathering (MFW).....	46
3.3.6 Fluorescencia de Rayos X	46
3.3.7 Catodoluminiscencia (CL) por SEM-CL	47
4. Tipos y grupos cerámicos de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México	49
4.1 Cerámica Ana María rojo sobre café	49
4.2 Cerámica Xajay rojo esgrafiado	49
4.3 Cerámica Moy rojo sobre bayo	49
4.4 Cerámica Zonal rojo sobre Bayo.....	50
4.5 Cerámica Bandas Anchas rojo sobre bayo.....	52
4.6 Cerámica Blanco Levantado	52
4.7 Cerámica bayo Inciso Local	53
4.8 Cerámica Cantinas red-orange	55
4.9 Cerámica teotihuacanoide.....	55
4.10 Cerámica negativo La Cruz.....	56
4.11 Negativo Tres Palos negativo policromo.....	56
5. Petrografía y modas detríticas de las cerámicas de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México	58
5.1 Petrofacies A felsítica.....	65
5.2 Petrofacies B vitrofírica	68
5.3 Petrofacies C microlítica.....	71
5.4 Petrofacies D feldespática.....	74
5.5 Petrografía de sedimentos	78
5.5.1 Sedimentos sitio Cuicillos Cuates	79
5.5.2 Sedimentos sitio El Zorrillo.....	81
5.5.3 Sedimentos sitio Lagunillas II.....	83
5.5.4 Sedimentos sitio El Rosario	85

6.	Geoquímica de las cerámicas de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México....	87
6.1	Geoquímica por SEM-EDS	87
6.1.2	Elementos mayores sitio Cuicillos Cuates	89
6.1.3	Elementos mayores sitio El Zorrillo	90
6.1.4	Elementos mayores sitio Lagunillas II	92
6.1.5	Elementos mayores sitio Rosario	92
6.6	Índice de Alteración Química (CIA)	92
6.7	Índice Máfico “M” Félsico “F” Intemperismo “W”	93
6.8	Elementos traza	97
6.9	Elementos LILE (large ion lithophile)	97
6.10	Elementos HFSE (<i>High Field Strength Elements</i>)	100
6.10.1	Elementos HSFE sitio Cuicillos Cuates	103
6.10.2	Elementos HSFE sitio El Zorrillo	105
6.10.3	Elementos traza sitio Lagunillas II	105
6.10.4	Elementos HSFE sitio El Rosario	106
7.	Origen de los cuarzos detríticos presentes en la cerámica de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México	110
7.1	Muestras del sitio Cuicillos Cuates	110
7.2	Muestras sitio El Zorrillo	112
7.3	Muestras sitio Lagunillas II	114
7.4	Muestras sitio El Rosario	115
8.	Discusión	119
8.1	Cronología de los tipos cerámicos	119
8.1.2	Ana María rojo sobre café	119
8.1.3	Xajay rojo esgrafiado	119
8.1.4	Moy rojo sobre bayo	119
8.1.5	Zonal rojo sobre bayo	120
8.1.6	Bandas Anchas rojo sobre bayo	120
8.1.7	Blanco Levantado	120
8.1.8	Bayo inciso local	120
8.1.9	Cantinas red-orange	121
8.1.10	Teotihuacanoide	121
8.1.11	Negativo La Cruz	121
8.1.12	Tres Palos negativo policromo	122
8.2	Intemperismo de la roca fuente	122
8.3	Diagrama MFW	123
8.4	Procedencia de cuarzos detríticos	125

8.5 Composición de la roca fuente.....	125
8.5.1 Composición de la roca fuente del Sitio Cuicillos Cuates.....	125
8.5.2 Sitio El Zorrillo.....	128
8.5.3 Sitio Lagunillas II.....	128
8.5.4 Sitio El Rosario.....	129
8.6 Posibles áreas fuentes.....	130
8.7 Ubicación de los yacimientos o bancos de materiales.....	135
8.8 Origen Local o foráneo de las cerámicas.....	138
8.8.1 Implicaciones geo-arqueológicas.....	138
9. Conclusiones.....	141
Referencias.....	143
Anexos.....	153

Índice de Figuras

Figura 1. a) Localización de la zona de estudio. b) Detalle de la zona de estudio y la ubicación de los sitios arqueológicos (información de INEGI).....	19
Figura 2: Geología del área de estudio (modificado de SGM, 1999).....	24
Figura 3. Mapa geológico de la región de Huimilpan (tomado de Davalos-Álvarez <i>et al.</i> , 2005).....	28
Figura 4. Mapa geológico de la región San Miguel de Allende (Modificado de Alaníz-Álvarez <i>et al.</i> , 2001)	32
Figura 5. Sistemas de fallas de la zona de estudio (modificado de Davalos-Álvarez, 2005).	34
Figura 6. Principales ríos de la región (Tomado de Meas <i>et al.</i> , 2003).....	36
Figura 7. Fotografía de planta del sitio El Rosario. Cortesía del Proyecto en El Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, 2022.	37
Figura 8. Fotografía del sitio El Zorrillo. Cortesía del Proyecto en Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, 2022.	38
Figura 9. Dibujo del sitio Lagunillas II. Cortesía del Proyecto en Salvamento Arqueológico Tula-Villa de Reyes, 2022.	39
Figura 10. a) Fragmento de borde orientado correctamente b) Fragmento de borde orientado incorrectamente incorrecta del fragmento.	41
Figura 11. Dibujos reconstructivos realizados a partir de bordes de fragmentos cerámicos de un cajete y un plato. a) Cajete recto divergente con borde redondeado del tipo Ana María Rojo sobre Café del sitio El Zorrillo. b) Plato Moy rojo sobre Bayo del sitio El Rosario. Presenta paredes rectas y borde redondeado.	50
Figura 12. Tiestos de cerámica: a) Fragmento de cajete de cerámica Ana María Rojo sobre bayo del sitio El Zorrillo. Se observa un alisado en la pared interna y decoración pintada en rojo. b) Fragmento de soporte de cerámica Xajay Rojo Esgrafiado del sitio El Rosario. La superficie presenta decoración pintada en rojo y motivos incisos lineales. c) Fragmento de plato de cerámica Moy rojo sobre bayo del sitio El Rosario. Se observa la decoración pintada en rojo sobre una superficie alisada. d) Fragmento de cajete de cerámica Zonal Rojo sobre bayo del sitio Cuicillos Cuates.	51
Figura 13. Dibujos reconstructivos realizados a partir de bordes de fragmentos cerámicos de cajetes del sitio Cuicillos Cuates. a) Cajete de cerámica Zonal rojo sobre bayo con paredes curvo convergentes y borde biselado. b) Cajete de cerámica Bandas Anchas rojo sobre bayo con paredes rectas y borde redondeado.	52
Figura 14. Tiestos de cerámica a) Cerámica Bandas Anchas rojo sobre bayo del sitio Cuicillos Cuates. Se observa la pared interna de un cajete, que presenta un fino alisado y decoración pintada en rojo. b) Fragmento de olla de cerámica Blanco levantado del sitio Cuicillos Cuates. Presenta una fina capa de color blanco y decoración pintada en café. c- d) Bordes de cajetes de cerámica Bayo inciso local de los sitios Lagunillas II y El Rosario. Exhiben un alisado de gran calidad y decoración incisa con motivos lineales.....	54
Figura 15. Dibujos reconstructivos realizados a partir de bordes de fragmentos cerámicos de una olla y un cajete. a) Olla de cerámica Blanco Levantado del sitio Cuicillos Cuates. Muestra cuello curvo divergente y bordes redondeados. b) Cajete de cerámica teotihuacanoide del sitio Lagunillas II, exhibe paredes curvo divergentes y bordes redondeados.	55

Figura 16. Tiestos de cerámica a) Cerámica Cantinas red-orange del sitio El Rosario. Se observa decoración pintada en rojo sobre la superficie interna. b) Cerámica teotihuacanoide del sitio El Zorrillo. Su superficie externa presenta un fino alisado y decoración incisa con motivos lineales y geométricos. c) Negativo La Cruz del sitio Lagunillas II. Se observa la decoración lineal en color negro, lograda mediante la técnica al negativo. d) Cerámica Tres Palos negativo policromo del sitio Cuicillos Cuates. Presenta una superficie finamente pulida con decoración al negativo con pintura roja.	57
Figura 17. Diagrama ternarios cuarzo (Q), feldespato (F) y fragmentos líticos (L), que muestra la composición de las 65 muestras cerámicas.....	62
Figura 18. Petrofacies A, B, C y D con centro de confianza al 99%, considerando las composiciones promedio de líticos felsíticos (Lf), microlíticos más lathworks (Lml) y líticos vitrofíricos (Lvt).	63
Figura 19. Concentraciones de líticos felsíticos (Lf), microlíticos más lathwork (Lml) y líticos tobáceos (Lt).	64
Figura 20. a) Microfotografías de la petrofacies A. Cuarzo monocristalino (Qm), feldespato (Fto), minerales opacos (Op), lítico plutónico (Lp), lítico felsítico, lítico volcánico microlítico. b) Lítico plutónico hipabisal. c) Cuarzo monocristalino, lítico volcánico felsítico. d) Lítico tobáceo con mesostasis alterada. e) Cristal de feldespato con alteración a minerales de arcilla. f) Lítico metamórfico. g) Fragmento de toba no soldada. h) Lítico microlítico con mesostasis oxidada.....	68
Figura 21. Microfotografías de la petrofacies B. a) Lítico vitrofírico vesicular (Vt), plagioclasa (Pg) y cuarzo monocristalino (Qm). b) Líticos vitrofíricos vesiculares (Vt) y minerales opacos (Op). c) Lítico tobáceo. d) Lítico microlítico con mesostasis afanítica. e) Lítico metamórfico. f) Cristal de cuarzo con bahías de reabsorción. g) Cristal de sanidino. h) Cristales de piroxeno (Px) y plagioclasa (pg).....	71
Figura 22. Microfotografías de la petrofacies C. a) Cuarzo monocristalino, feldespato (Fto) y lítico volcánico microlítico (Lvm). b) Lítico volcánico microlítico con cristales de plagioclasa y piroxeno.	73
Figura 23. Microfotografías de la petrofacies B. a) Cuarzo monocristalino (Qm), feldespato (Fto), minerales opacos (Op), plagioclasa (Pg), lítico volcánico microlítico con textura intergranular, fragmento de vidrio tipo rod (Vt). b) Cuarzo monocristalino, lítico vitrofírico vesicular (Lvt), lítico volcánico microlítico (Lvm), lítico tobáceo (Lt). c) Cristales de feldespato (Fto), plagioclasa (Pg), líticos tobáceos (Lt) y lítico microlítico (Lvm). d) Cuarzo monocristalino, cristales de anfíbol (Af) y líticos vitrofíricos vesiculares (Lvt).	76
Figura 24. Microfotografías de la petrofacies D. a) Piroxeno en lítico microlítico, b) cuarzo con bahías de corrosión, c) feldespato con alteración a minerales de arcilla, d) lítico metamórfico.....	77
Figura 25. Marco composicional de los sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos.....	78
Figura 26. Variaciones composicionales en líticos felsíticos, microlíticos, lathwork y vitrofíricos en sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos.	79
Figura 27. Microfotografías de sedimentos del sitio Cuicillos Cuates. a) Lítico vitrofírico (Lv) y feldespato (Fto). b) Lítico tobáceo (Lt), Lítico volcánico felsítico (Lvf) y cristal de feldespato (Fto). c) Lítico volcánico felsítico (Lvf) y Lítico volcánico microlítico (Lvm). d) Lítico volcánico felsítico (Lvf) y lítico plutónico (Lp). e) Cuarzo monocristalino (Qm) y lítico volcánico felsítico (Lvf). f) Cristales de plagioclasa (Pg), piroxeno (Px) y lítico tobáceo. ...	81

Figura 28. Microfotografías de sedimentos del sitio El Zorrillo. a) Lítico volcánico microlítico (Lvm). b) Cristales de feldespato (Fto), cuarzo monocristalino (Qm) y lítico tobáceo (Lt). c) Lítico vitrofírico (Lv). d) Cristal de feldespato con alteración (Fto) y cuarzo monocristalino (Qm). e) Cristal de feldespato (Fto), cuarzo monocristalino (Qm) y lítico volcánico felsítico (Lv).	82
Figura 29. Microfotografías de sedimentos del sitio Lagunillas II. a) Lítico vitrofírico (Lv). b) Lítico de vidrio de toba (Lvt) y lítico tobáceo (Lt). c) Cuarzo monocristalino (Qm), lítico tobáceo (Lt) y lítico volcánico felsítico (Lv).	84
Figura 30. Microfotografías de sedimentos del sitio El Rosario. a) Lítico microlítico (Lvm). b) Lítico tobáceo (Lt). c) Cristales de plagioclasa (Pg) y piroxeno (Px). d) Cuarzo monocristalino con fracturas. e) Lítico tobáceo (Lt) y lítico tobáceo fluidal (Ltb). f) Cristal de feldespato con alteración a minerales de arcilla.	86
Figura 31. Concentraciones promedio y desviaciones estándar de elementos mayores en los cuatro sitios: Cuicillos Cuates (CC), El Zorrillo (EZ), Lagunillas II (LII), El Rosario (ER).	87
Figura 32. Concentraciones promedio y desviaciones estándar en elementos mayores de los cuatro sitios: Cuicillos Cuates (CC), El Zorrillo (EZ), Lagunillas II (LII) y El Rosario (ER).	89
Figura 33. Diagrama A-CN-K que muestra el grado de intemperización de las muestras. En el polo A se muestran las concentraciones molares de Al_2O_3 , en el polo CN las de CaO^*+NaO y en el polo K las de K_2O .	93
Figura 34. Índices Máfico, Félsico y W de Ohta y Arai (2007). Composición química de granito, riolita, basalto y gabro de acuerdo a Condie (1993). 1, riolita calco-alcalina; 2, granito; 3, dacita calco-alcalina; 4, andesita calco-alcalina; 5, basalto de arco volcánico; 6, basalto alcalino; 7, komatita.	95
Figura 35. Concentraciones de elementos LILE en las cerámicas de los cuatro sitios: Cuicillos Cuates (CC), El Zorrillo (EZ), Lagunillas II (LII), El Rosario (ER).	98
Figura 36. Concentraciones de elementos HSFE en las cerámicas de los cuatro sitios: Cuicillos Cuates (CC), El Zorrillo (EZ), Lagunillas II (LII), El Rosario (ER).	102
Figura 37. Diagramas de dispersión que muestran las concentraciones de los elementos mayores (porcentaje en peso) y traza (ppm) y sus correlaciones.	108
Figura 38. Diagrama de dispersión que muestra las concentraciones de elementos mayores (porcentaje en peso) y trazas (ppm) y sus correlaciones.	109
Figura 39. Cuarzos con luminiscencia violeta y azul en cerámica al Negativo. a) Cuarzo con CL roja-violeta con zonación concéntrica (Zc) y bahías de reabsorción. b) Cuarzo con CL azul tipo moteada y zonación concéntrica (Zc). c) Se observa un cristal de cuarzo en la parte superior con luminiscencia moteada (Clm) y a la izquierda un cuarzo con CL homogénea y zonación concéntrica (Clh-Zc). En el extremo izquierdo se observa un cristal con CL roja-violeta tipo parchada (Clp). d)-e) Cristales en cerámica Blanco Levantado. Los cristales presentan una luminiscencia azul homogénea y fracturas sanadas (Fs) y no sanadas (Fns), respectivamente. No se observa zonación. f) Cristal de cuarzo en cerámica Blanco Levantado con CL azul homogénea, zonación concéntrica y fracturas.	111
Figura 40. Cuarzos detríticos en cerámica Moy. a)-b) Cuarzos con luminiscencia roja-violeta homogénea (CLh). El cristal en b) exhibe zonación ondulatoria (Zo). c) Cristales de cuarzo con luminiscencia roja-violeta tipo parchada (CLp). d) Cuarzos con CL irregular tipo moteada (Clm). e) Cuarzo que exhibe CL azul homogénea y zonación concéntrica. f)	

Cuarzos con luminiscencia azul homogénea, zonación ondulatoria (Zo) y bahías de reabsorción.....	114
Figura 41. Cuarzos detríticos en cerámica decorada al negativo. a)-b) Cuarzo anguloso con luminiscencia azul oscuro tipo parchada y cuarzo subredondeado con CL tipo moteada y zonación concéntrica. c) Cristales de cuarzo con distintos tipos de CL. En la parte izquierda se observan cuarzos con CL parchada de colores azul y violeta. Al centro se muestran pequeños cristales de CL azul y roja-violeta tipo moteada, parchada y en menor cantidad, homogénea.....	115
Figura 42. Cristales de cuarzo en cerámica al negativo. a) Cuarzo con CL roja homogénea y bahías de reabsorción (Br). b) Cristales de cuarzo con luminiscencia roja-violeta homogénea (Clr). Algunos cristales presentan zonación ondulatoria (Zo) y concéntrica (Zc).....	116
Figura 43. Cuarzos detríticos en cerámica Moy. a)-d) Cristales de cuarzo con CL mayoritariamente de tonalidad roja-violeta. Cristal de cuarzo con CL violeta y textura tipo parchada (CLp). Algunos cristales presentan zonación concéntrica (Zc) y ondulatoria (Zo).	117
Figura 44. Cuarzos en cerámica Teotihuacanoide. a) Cuarzo con CL Azul tipo moteada (Clm). b)-c) Cristales de cuarzo con CL homogénea de tonalidad azul con zonación ondulatoria (Zo).	118
Figura 45. Figura 42. Diagrama A-CN-K de Nesbitt y Young (1982) que muestra el grado de intemperización de las muestras analizadas. En el polo A se muestran las concentraciones molares de Al_2O_3 , en el polo CN las de CaO^*+NaO y en el polo K las de K_2O	123
Figura 46. Índices Máfico, Félsico y Weathering de Ohta y Arai (2007). Composición química de granito, riolita, basalto y gabro de acuerdo a Condie (1993). 1, riolita calco-alcalina; 2, granito; 3, dacita calco-alcalina; 4, andesita calco-alcalina; 5, basalto de arco volcánico; 6, basalto alcalino; 7, komatita. Se muestran las composiciones de las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos, de la Toba Amealco (Verma et al., 1991), Riolita El Rincón (Aguirre-Díaz, 1996), Toba Huichapan (Verma et al., 1992) y de la Caldera de La Primavera (Ocampo-Díaz et al., 2021).	124
Figura 47. Concentraciones de Ti y Nb en cerámicas de las petrofacies A, B y D, y sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos. Se muestran también las concentraciones de estos dos elementos en la Toba Amealco (Verma et al., 1991).....	126
Figura 48. Concentraciones de Nb y V en las cerámicas de las petrofacies A, B y D, y sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos. Se muestran las concentraciones de estos elementos en la Toba Amealco (Verma et al., 1991).	127
Figura 49. Concentraciones de Ta y V en las cerámicas de las petrofacies A, B y D, y sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos.	127
Figura 50. Concentraciones de Ti y Nb de la Toba Amealco (Verma et al., 1991) y en cerámicas y sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos.....	131
Figura 51. Mapa geológico del sur de Querétaro. Las flechas indican las posibles rocas fuente. Modificado de Davalos-Álvarez et al., 2005).	132
Figura 52. Mapa geológico del oriente de Guanajuato. Las flechas indican las posibles rocas fuente. Modificado de Alaniz-Álvarez et al. (2001).....	135
Figura 53. Composición de las petrofacies definidas para las cerámicas de los sitios arqueológicos. a) Cuarzo total (Q), Feldespato total (F) y fragmentos líticos (L). b) líticos	

volcánicos felsíticos (LvF), líticos volcánicos microlíticos más líticos volcánicos lathwork.
Líticos volcánicos vitrofíricos (LVit). 136

Índice de tablas

Tabla 1. Concentraciones promedio de las petrofacies A, B, C y D. El valor n representa el número de muestras.	61
Tabla 2. Parámetros utilizados para calcular los vértices del diagrama QFL.	65
Tabla 3. Elementos mayores en cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.	88
Tabla 4. Concentraciones de elementos mayores en las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.	91
Tabla 5. Valores de MFW en cerámica de todos los sitios.	96
Tabla 6. Concentraciones promedio y desviaciones estándar de elementos LILE en las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.	97
Tabla 7. Concentraciones promedio en ppm y desviaciones estándar de elementos HFSE en las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.	101
Tabla 8. Matriz de correlaciones entre elementos mayores y trazas en las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.	104
Tabla 9. Abreviaturas de los grupos cerámicos y sitios empleados en las gráficas de dispersión.	107
Tabla 10. Características texturales y de CL de cuarzoes detríticos de los cuatro sitios arqueológicos. Cada valor representa el número de cuarzoes que presentan determinada característica.	112

1. Introducción

1.1 Estudios de procedencia

En petrología sedimentaria el término procedencia se usa para englobar todos los factores relacionados con la generación de sedimento con un énfasis especial en la composición de la roca fuente, además de la fisiografía y el clima del área de donde se derivan estas partículas (Weltje y Von Eynatten, 2004).

El objetivo general del análisis de procedencia, es reconstruir e interpretar la historia de los sedimentos, iniciando desde el intemperismo y erosión de la roca madre hasta el soterramiento de los detritos. Además, se busca deducir las características de las áreas de fuente a partir de mediciones de las propiedades composicionales y texturales de los sedimentos (Weltje y Von Eynatten, 2004). Son los contrastes entre las diferentes composiciones de arenas derivadas de diversos dominios tectónicos (orogénicos y anorogénicos), documentadas en los principales sistemas fluviales, desiertos y abanicos submarinos recientes, los que proporcionan una base objetiva sólida para establecer un vínculo entre la firma petrográfica y la geología de los terrenos fuente (Garzanti, 2019).

Los estudios petrográficos son la base para inferir la composición de la roca fuente, pero existen factores que pueden alterar la composición y textura de los detritos, con la consecuente pérdida de información. Entre estos factores están el clima y la topografía, que controlan procesos como la erosión y meteorización (Weltje y Von Eynatten, 2004; Johnson, 1993). Por esta razón es recomendable complementar los resultados de los estudios petrográficos con otros análisis como geoquímica de roca total, catodoluminiscencia (CL) en cuarzos detríticos, entre otros.

1.2 Estudios de procedencia en arqueología

Los estudios de procedencia aplicados a la arqueología han contribuido a la localización de los yacimientos de la materia prima que se utiliza para la elaboración de diferentes clases de artefactos arqueológicos. Este tipo de análisis se basa en un conjunto comprobable de características físicas, mineralógicas o químicas presentes en los depósitos de materia prima, que se mantienen parcialmente en el artefacto final (Rapp y Hill, 2006). Del mismo modo, aporta información relativa a la ubicación del origen de un objeto, en contraposición al lugar donde se encontró

(Rapp y Hill, 2006). Esta información proporciona evidencia para la reconstrucción de los patrones de los sistemas de intercambio y rutas comerciales, como también aportan información del territorio, ubicación y tamaño de los recursos, que pueden estar relacionados con la estratificación social y la organización de la producción artesanal o las industrias.

La cerámica, al ser uno de los materiales más abundantes en los sitios arqueológicos, ha sido objeto de numerosos análisis en estudios de procedencia. Dada la dificultad para caracterizar depósitos de arcilla, este tipo de estudios se basan principalmente en el análisis de los desgrasantes por métodos de petrología sedimentaria (Dickinson, 2006). En estos estudios es de suma importancia documentar la textura y mineralogía de los fragmentos líticos, ya que, a diferencia de minerales individuales, estos hacen referencia a una litología específica (Garzanti, 2019).

En el periodo Clásico (250 d.C-900d.C) surgen y consolidan grandes urbes mesoamericanas como El Tajín (Krotser y Krotser, 1973), Monte Alban (Bernd y Föhmel-Beyer, 1995) o Teotihuacan en el Valle de México, considerada por algunos como la metrópoli mesoamericana por excelencia (Saint Charles, 2010). Esta última tuvo una influencia visible en gran parte de Mesoamérica, cuya presencia puede confirmarse con los grupos del bajío queretano y guanajuatense, por la presencia de estilos cerámicos, materiales líticos, entre otras cosas (Saint Charles, 2010).

En el mismo periodo, en la zona de la cuenca media del Río Lerma (El Bajío) se desarrollan tres grandes tradiciones cerámicas que caracterizan la región: 1) Rojo sobre bayo, 2) Blanco levantado y 3) cerámica incisa (Saint Charles, 1990, Pomedio, 2016). En estas tradiciones, la influencia de la cultura Teotihuacana es notoria, tanto en las formas cerámicas como en las decoraciones, que son muy similares a las que presenta la cerámica del Valle de México, sin llegar a sustituir las locales (Saint Charles, 2010). La influencia teotihuacana en las tradiciones cerámicas del Bajío plantea la posibilidad de que algunas de las piezas fueran traídas de otras partes de Mesoamérica en vez de ser producidas localmente.

1.3 Zona de estudio

La zona de estudio se localiza al sur de Querétaro y engloba cuatro sitios arqueológicos: El Rosario, Cuicillos Cuates, Lagunillas II y El Zorrillo (figura 1). En estos sitios se han documentado cerámicas de las tradiciones Rojo sobre bayo (cerámica con decoración pintada en rojo sobre un engobe color bayo), Blanco levantado (ollas cubiertas con pintura blanca más o menos translúcida) e Inciso (motivos incisos en las paredes de los recipientes) (Nalda, 1987, Nalda *et al.*, 1991, Saint Charles *et al.*, 2010; Pinto, 2021). Algunos grupos cerámicos presentan características no típicas de la región y se han asociado a cerámicas del Valle de Teotihuacan (Saint Charles, 2006). Por tal motivo, el análisis de procedencia de las pastas en esta región permitiría caracterizar los materiales con que fueron confeccionados y la posible ubicación de la fuente de dichos materiales.



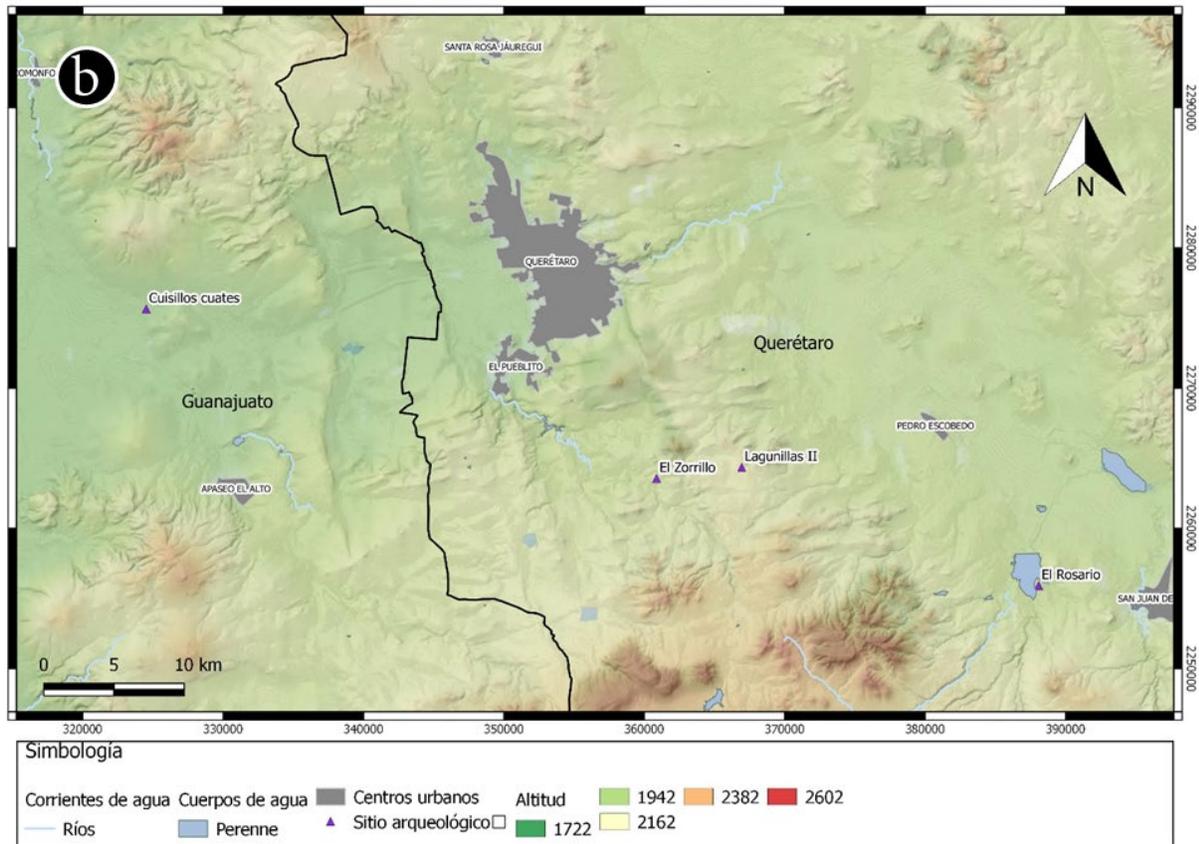


Figura 1. a) Localización de la zona de estudio. b) Detalle de la zona de estudio y la ubicación de los sitios arqueológicos (información de INEGI).

2. Antecedentes Geo-arqueológicos de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México

Los trabajos de Porter en Chupícuaro (1956) y Braniff (1971) en el Río de la Laja, son la base para el estudio y la clasificación de la cerámica en los estados de Guanajuato y Querétaro. Posteriormente, Snarskis (1974) elabora una secuencia cerámica para la región de Acámbaro, Guanajuato, que más tarde es ajustada con fechamientos por radiocarbono (Snarskis, 1985). Estos trabajos han sido de gran importancia para la arqueología del Bajío, pues las secuencias y tipologías cerámicas propuestas por estos autores han servido como base para la clasificación de la cerámica de la zona de estudio. Por su parte, Nalda (1975, 1991) propone una secuencia cerámica para el sur de Querétaro a partir del material recuperado de las excavaciones en San Juan del Río. Esta secuencia se basa en la presencia de grupos cerámicos locales, permitiendo una mejor definición del periodo comprendido entre el Clásico tardío y el Posclásico temprano en la región. Posteriormente, Brambila y Castañeda (1991) presentan un trabajo en el que se presentan los resultados de tres proyectos arqueológicos en Querétaro. El primero de ellos a cargo de Castañeda (1982) quien llevo a cabo una investigación de un importante asentamiento prehispánico, inicialmente considerado como un centro rector, en la comunidad de San Bartolo, Aguascalientes. Brambila (1985) realizó su investigación en el sitio del Cerrito en el Valle de Querétaro, en la que plantea la cuestión de la función del sitio en la región y su cronología. Por último, Crespo (1988) realizó el proyecto Frontera Mexica Tarasca que se enfoca en el estudio de las provincias tributarias de Acámbaro y Jilotepec, esta última al sur de Querétaro. Retomando el trabajo de Brambila y Castañeda (op.cit.), destaca la descripción de dos unidades de ocupación en la región Amealco-Huimilpan denominadas unidad Huimilpan y unidad El Tepozán; esta última interpretada como un posible centro rector con ciertas particularidades como es el patrón de asentamiento, descrito como un núcleo disgregado y la presencia de todos los materiales arqueológicos característicos del sur de Querétaro, mientras que en otros sitios aparecen ciertos materiales y otros no. Posteriormente, Saint Charles (1989) publica los resultados de su tesis de licenciatura, realizada con el objetivo de establecer una secuencia cronológica para el Bajío guanajuatense a partir de la cerámica de la región. Más

recientemente, Farías (2004) presenta su tesis en la que expone los resultados de los análisis realizados a materiales recuperados en el sitio el Rosario durante el rescate llevado a cabo por Saint Charles en 1995 (Saint-Charles *et al.*, 2010). En los resultados se manifiesta un vínculo entre gran parte de los grupos cerámicos del sitio y la cerámica de Teotihuacan. En 2007 se lleva a cabo una inspección que culmina con la creación del Proyecto Arqueológico El Rosario, cuyos resultados fueron publicados por Saint Charles *et al.* (2010). Más recientemente se producen los informes de los trabajos que se realizaron en el marco de los proyectos Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, Trazo Principal a cargo de Valdés-Hernández (2017) y Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, Ramal a Salamanca (Valdés-Hernández, 2017, 2021) y (Delgadillo *et al.*, 2021). De este último deriva la tesis de licenciatura de Pinto (2021) cuyo objetivo es identificar la función social del emplazamiento registrado en la unidad de excavación 3 del sitio El Zorrillo a partir de los vestigios arquitectónicos y los materiales arqueológicos. En los resultados se muestra que la unidad corresponde a un núcleo administrativo de un sitio más grande (Los Corrales) localizado a aproximadamente 200 metros. También se documentaron algunas prácticas de los habitantes del sitio, como la forma de los entierros y las ofrendas asociadas, de las que pudieron deducirse algunas actividades rituales.

2.1 Objetivo General

Determinar si las cerámicas de las tradiciones rojo sobre bayo, incisa y teotihuacana en los sitios El Rosario, Cuicillos Cuates, Lagunillas II y El Zorrillo son de origen local o externo al área de estudio, mediante la comparación de la composición de las cerámicas de los distintos sitios.

2.2 Objetivos específicos

1. Identificación de posibles áreas fuente de materia prima.
2. Realizar un análisis petrográfico y modas detríticas de muestras cerámicas, así como de bancos de material cercanos a los sitios, para discriminar o comprobar áreas fuentes locales
3. Caracterizar mineralógica y químicamente las pastas de los tipos cerámicos de los sitios, mediante el análisis de SEM-EDS, CL y FRX.

4. Análisis de Catodoluminiscencia en cuarzos detríticos.

2.3 Metas científicas y de formación de recursos humanos

1. Caracterización mineralógica de 65 muestras cerámicas distribuidas en 14 tipos, recuperadas de los sitios El Rosario, El Zorrillo, Lagunillas II y Cuicillos Cuates.
2. Caracterización geoquímica de las muestras por SEM-EDS y FRX.
3. Conclusión de una tesis a nivel maestría.

2.4 Hipótesis

La presencia de cerámica de estilo Teotihuacano en los sitios El Rosario, Cuicillos Cuates, Lagunillas II y El Zorrillo, sugiere un posible origen foráneo para estas piezas. Por tal motivo, surgen las siguientes preguntas: ¿La manufactura de la cerámica teotihuacanoide se realizó de manera local o bien, fue traída de otras regiones? ¿Si eran producidas de manera local, en donde estaban los posibles bancos de material prima?

2.5 Marco Geológico

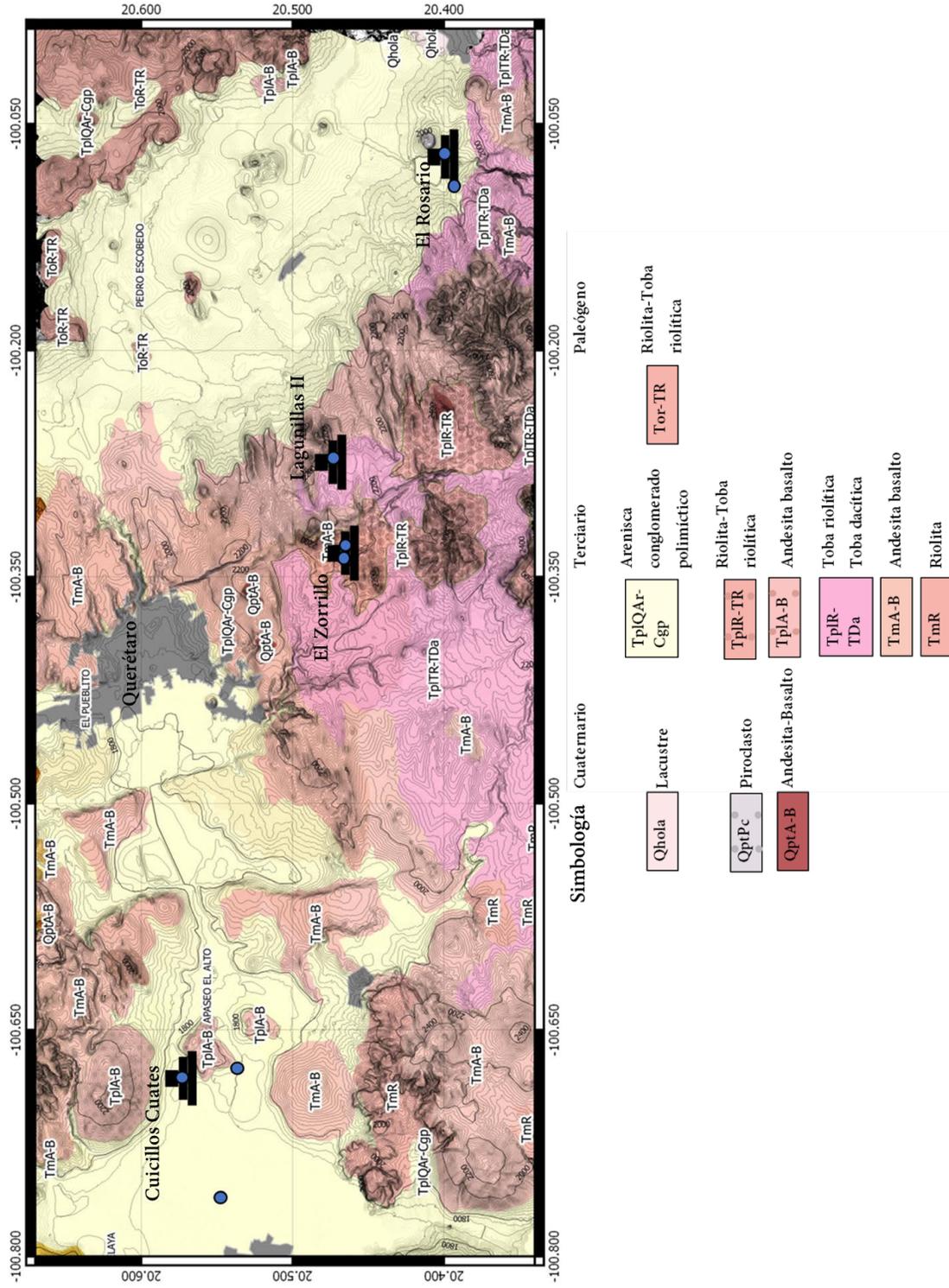
El área de estudio se ubica dentro del sector central y oriental de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), cerca del límite con el Cinturón Mexicano de Pliegues y Cabalgaduras, y al sur de la Provincia Mesa Central (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005) (figura 1). La Faja Volcánica Trans-Mexicana es un arco volcánico desarrollado sobre el margen suroccidental de la placa Norteamericana como resultado de la subducción de las Placas Rivera y Cocos a lo largo de la placa Norteamericana (Ferrari, 2000). La FVTM está compuesta por cerca de 8000 estructuras ígneas que incluyen estratovolcanes, calderas, conos de escoria, campos de lava, volcanes en escudo y maares, emplazados entre el Mioceno y el Cuaternario (Davalos *et al.*, 2005). Las rocas de la FTV son de composición alcalina y calco-alcalina, aunque también se encuentran volúmenes menores de rocas alcalinas y toleíticas a lo largo del arco (Ortega *et al.*, 2008). La FVTM está dividida en tres sectores y cada uno muestra diferentes características estructurales, composicionales y volcánicas que se han relacionado genéticamente con la naturaleza de la corteza continental subyacente (Ortega *et al.*, 2008).

2.6 Geología local

En la zona de estudio afloran rocas volcánicas del Cenozoico, cubiertas por depósitos clásticos continentales del Cuaternario (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005) (figura 3). Sobre la zona se desarrolla el sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende

De los cuatro sitios arqueológicos, tres se encuentran al sureste de la ciudad de Querétaro, en la región de Huimilpan. mientras que el sitio Cuicillos Cuates se localiza al oeste de la zona de estudio en el municipio de Apaseo el Grande, Guanajuato, en la región San Miguel de Allende-Querétaro cerca de la intersección de las provincias fisiográficas Mesa Central y Sierra Madre Oriental con la Faja Volcánica Transmexicana.

Figura 2: Geología del área de estudio (modificado de SGM, 1999).



2.7 Estratigrafía del área de Huimilpan

La estratigrafía en la zona de Huimilpan está constituida por seis unidades (figura 4), emplazadas principalmente entre el Mioceno y Plioceno, cubiertas por depósitos clásticos continentales del Cuaternario (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005), que son:

2.7.1 Latita la Cuesta (Oligoceno-Mioceno medio)

En la zona de estudio esta unidad aflora en forma de complejos dómicos. Uno de estos complejos forma la Sierra de Vaquerías y el otro se ubica en la parte central de la zona de estudio entre los poblados de El Granjeno, La Cuesta y La Joya (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005).

Se caracteriza por ser una roca ígnea extrusiva que varía de intermedia a félsica, leucocrática, de color rosa a crema, con fenocristales de sanidino, labradorita, poco cuarzo y pocos minerales máficos (hornblenda), inmersos dentro de una matriz mesocristalina. Presenta textura porfirítica, perlítica y amigdaloides (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005). La Latita La Cuesta es la unidad geológica más antigua de la zona de estudio, emplazada entre el Oligoceno y el Mioceno.

Estratigráficamente esta unidad es cubierta e intrusionada por la Andesita Vaquerías (Dávalos-Álvarez, 2003). La edad de esta unidad (Oligoceno a Mioceno medio) se infiere por su posición estratigráfica y por sus semejanzas composicionales con la unidad Dacita Obrajuelo, reportada por Alaniz-Álvarez *et al.* (2001), sugiriendo una posible correlación entre ambas unidades (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005).

2.7.2 Andesita Vaquerías (Oligoceno-Mioceno medio)

Esta unidad aflora al centro de la zona de estudio cerca del poblado de Vaquerías y sobreyace a la Latita La Cuesta. La unidad está formada principalmente por coladas lávicas que varían de intermedias a máficas, de color gris oscuro a negro con fenocristales de plagioclasa, feldespatos alcalinos y microcristales máficos. Muestra textura afanítica, seriada y porfiríticas (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005).

La Andesita Vaquerías sobreyace a la Latita la Cuesta y subyace a la Andesita Guadalupe, aunque comúnmente es cubierta por la Toba Amealco. La edad obtenida mediante K-Ar por Aguirre-Díaz (1996) es de 5.69 ± 0.35 Ma, aunque

Dávalos-Álvarez *et al.* (2005) señalan que dicha edad no es concordante con la posición estratigráfica que observaron para esta unidad.

2.7.3 Andesita Guadalupe (Mioceno tardío)

La Andesita Guadalupe aflora al sur de la zona de estudio, cerca de la localidad del mismo nombre. Es una roca intermedia a máfica de color pardo rojizo con fenocristales de hornblenda, plagioclasa, feldespato alcalino y cuarzo, contenidos en una matriz vítrea. Presenta textura porfirítica, seriada y fluidal (Dávalos-Álvarez, 2003). Esta unidad suprayace a la Andesita Vaquerías y subyace a la Toba Amealco. La edad obtenida mediante Ar-Ar para esta unidad es de 8.81 ± 0.13 Ma (Dávalos-Álvarez *et al.*, 2003).

2.7.4 Riolita El Rincón (Zancliense)

Los afloramientos de esta unidad se encuentran al este de la zona de estudio y consisten en varios complejos de domos de lava riolítica con textura porfídica que contiene fenocristales de cuarzo y sanidino inmersos en una matriz vítrea (Dávalos-Álvarez, 2003). Presenta textura vitrofírica, porfirítica y fluidal (Dávalos-Álvarez, 2003). Estratigráficamente se ubica a esta unidad sobre la Andesita Vaquerías y siendo cubierta por la Toba Amealco (Dávalos-Álvarez *et al.*, 2005). Las fechas obtenidas por K-Ar muestran una edad de 4.7 ± 0.19 Ma para esta unidad (Aguirre-Díaz, 1996).

2.7.5 Toba Amealco (Zancliense-Piacenziense)

Esta unidad aflora al sur de la zona de estudio y consiste en una secuencia piroclástica emitida por la caldera de Amealco. La secuencia incluye tres unidades de ignimbritas mayores soldadas, intercaladas con material piroclástico y epiclásico. Las tres unidades son de color gris a gris oscuro, con gran cantidad de fiamme y pómez negra. Presenta plagioclasa, hiperstena, augita, ilmenita, titanomagnetita, apatito y raramente olivino (Aguirre-Díaz, 1996). En la zona de estudio la Toba Amealco cubre a la Latita La Cuesta, Andesita Vaquerías, Andesita Guadalupe y la Riolita El Rincón y es cubierta por la Ignimbrita Huimilpan y los clásticos

continentales. Los fechamientos isotópicos por K-Ar arrojan una edad de 4.68 ± 0.10 Ma a esta unidad (Aguirre-Díaz, 1996).

2.7.6 Ignimbrita Huimilpan (Plioceno)

La Ignimbrita Huimilpan aflora al sur de la zona de estudio, cerca del poblado del Huimilpan, Querétaro. Es la unidad volcánica más joven que aflora en la zona (Plioceno) y es una roca félsica, leucocrática de color gris claro con variaciones a tonos amarillos y café claro, mesocristalina, dura y densa. Cubre a la Toba Amealco, Andesita Guadalupe, Andesita Vaquerías y a la Latita La Cuesta (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005). Tiene textura porfídica con fenocristales de sanidino y plagioclasa (Aguirre-Díaz, 1996; Davalos-Álvarez *et al.*, 2005). La edad obtenida por K-Ar para la Ignimbrita Huimilpan es de 3.43 ± 0.16 Ma.

2.7.7 Clásticos continentales (Cuaternario)

Grandes depósitos de clásticos continentales se ubican al este de la zona de estudio, caracterizados por aluvión en el que abundan sedimentos arcillosos y depósitos epiclásticos. Estos depósitos ocupan un valle que se desarrolla dentro de una cuenca de relleno aluvial interpretada como semifosa tectónica (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005).

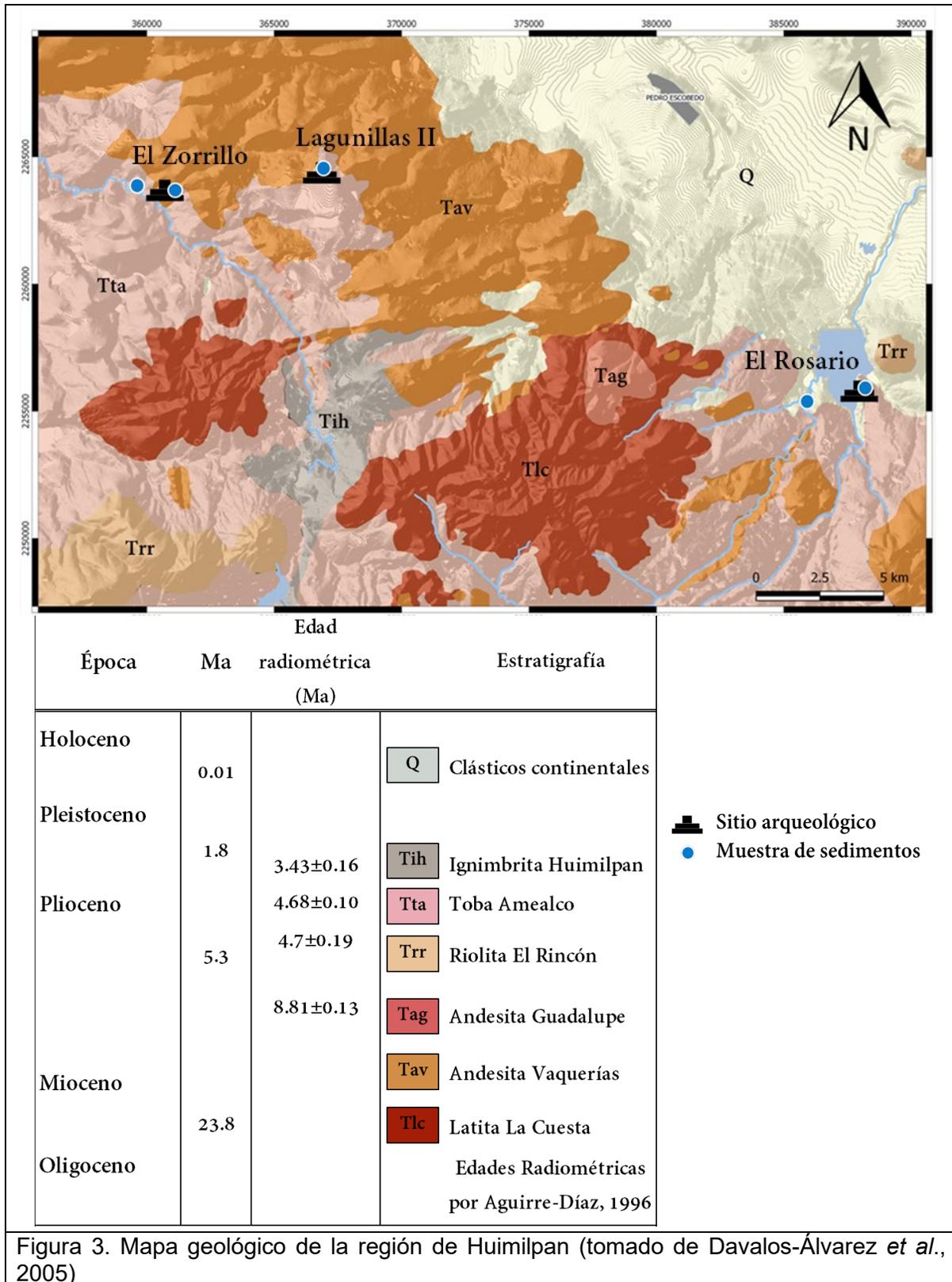


Figura 3. Mapa geológico de la región de Huimilpan (tomado de Davalos-Álvarez *et al.*, 2005)

2.8 Estratigrafía del área de San Miguel de Allende-Querétaro

La estratigrafía en la región San Miguel de Allende-Querétaro está conformada por 14 unidades emplazadas entre el Mesozoico y el Plioceno (figura 5).

2.8.1 Caliza y arenisca (Aptiano-Albiano)

Constituye la parte superior del paquete Mesozoico que aflora al norte de Celaya, San Miguel de Allende y Juriquilla, Querétaro. Está unidad, que descansa en discordancia angular sobre la unidad volcanosedimentaria se conforma por caliza con intercalaciones de arenisca calcárea, marga y lutita (Álaníz-Álvarez *et al.*, 2001). La presencia de fósiles permite asignarle a esta unidad una edad entre el Aptiano y el Albiano.

2.8.2 Andesita El Cedro (Oligoceno Medio)

Esta unidad aflora al norte de la zona de estudio y está constituida por derrames andesíticos y tobas. La andesita es de color café oscuro a negro con fenocristales de plagioclasa, sanidina y piroxeno recristalizados total o parcialmente a anfíboles. Las tobas se componen de ceniza fina con fenocristales de plagioclasa (Nieto-Samaniego, 1990). La Andesita El Cedro sobreyace discordante a las rocas mesozoicas y al Conglomerado Guanajuato. (Álaníz-Álvarez *et al.*, 2001). La edad documentada por Nieto-Samaniego (1990) varía del Oligoceno tardío al Plioceno, mientras que los fechamientos isotópicos por K-Ar realizados por Nieto-Samaniego *et al.* (1996) arrojan edades de 30.6 ± 0.4 Ma y 30.7 ± 0.6 Ma.

2.8.3 Arenisca y Conglomerado Cenozoico

Esta unidad está conformada por arenisca y conglomerado, intercalados ocasionalmente con tobas de caída y material piroclástico retrabajado (Álaníz-Álvarez *et al.*, 2001). Estos sedimentos aluviales y lacustres rellenan las depresiones en toda el área de estudio. La unidad se intercala cerca de San Miguel de Allende con la Ignimbrita Oligo-miocénica (Álaníz-Álvarez *et al.*, 2001). La

presencia de fósiles en la cima de los sedimentos permitió ubicar fechar la unidad a finales del Oligoceno y principios del Pleistoceno Carranza-Castañeda *et al.* (1994).

2.8.4 Dacita Obrajuelo (Oligoceno-Mioceno medio)

La Dacita Obrajuelo aflora al norte de la zona de estudio cerca del poblado del mismo nombre. La unidad se compone de rocas volcánicas efusivas de color rosa, con fenocristales de andesina, feldespato potásico, biotita y relictos de anfíbol. Subyace discordante a los derrames del Basalto Querétaro y del volcán San Pedro. Su edad entre el Oligoceno-Mioceno medio es inferida de su posición estratigráfica (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005).

2.8.5 Andesita y Basalto La Joya (Mioceno medio)

La Andesita y Basalto La Joya aflora en la parte noroeste de la zona de estudio. Davalos-Álvarez *et al.* (2005) define con este nombre a los productos volcánicos de composición básica e intermedia expulsados de los estratovolcanes Palo Huérfano, La Joya, San Pedro, y otros derrames que afloran en las mesetas de la parte sur de la Sierra de Guanajuato. Esta unidad cubre discordantemente a la ignimbrita San Nicolás, la Riolita Romero, la Dacita Obrajuelo y las a las rocas mesozoicas (Alaníz-Álvarez *et al.*, 2001). Las fechas isotópicas por K-Ar varían de 12.4 Ma para el volcán Palo Huérfano (Pérez-Venzor *et al.*, 1996) y 9.9 ± 0.4 Ma del volcán La Joya (Valdéz-Moreno *et al.*, 1998).

2.8.6 Volcaniclástico Querétaro (Mioceno medio y tardío)

Esta unidad aflora en la parte norte de la zona de estudio y conforma depósitos fluviales, aluviales, lacustres y piroclásticos no consolidados compuestos de fragmentos de pómez cartografiados en la Hoja Querétaro (Alaníz-Álvarez *et al.*, 2001). Sobreyace discordantemente a la Dacita Obrajuelo, la Andesita El Cedro y a la Andesita y Basalto La Joya. La unidad fue fechada en menos de 7.5 ± 0.5 Ma (edad del Basalto Querétaro (Alaníz-Álvarez *et al.*, 2001).

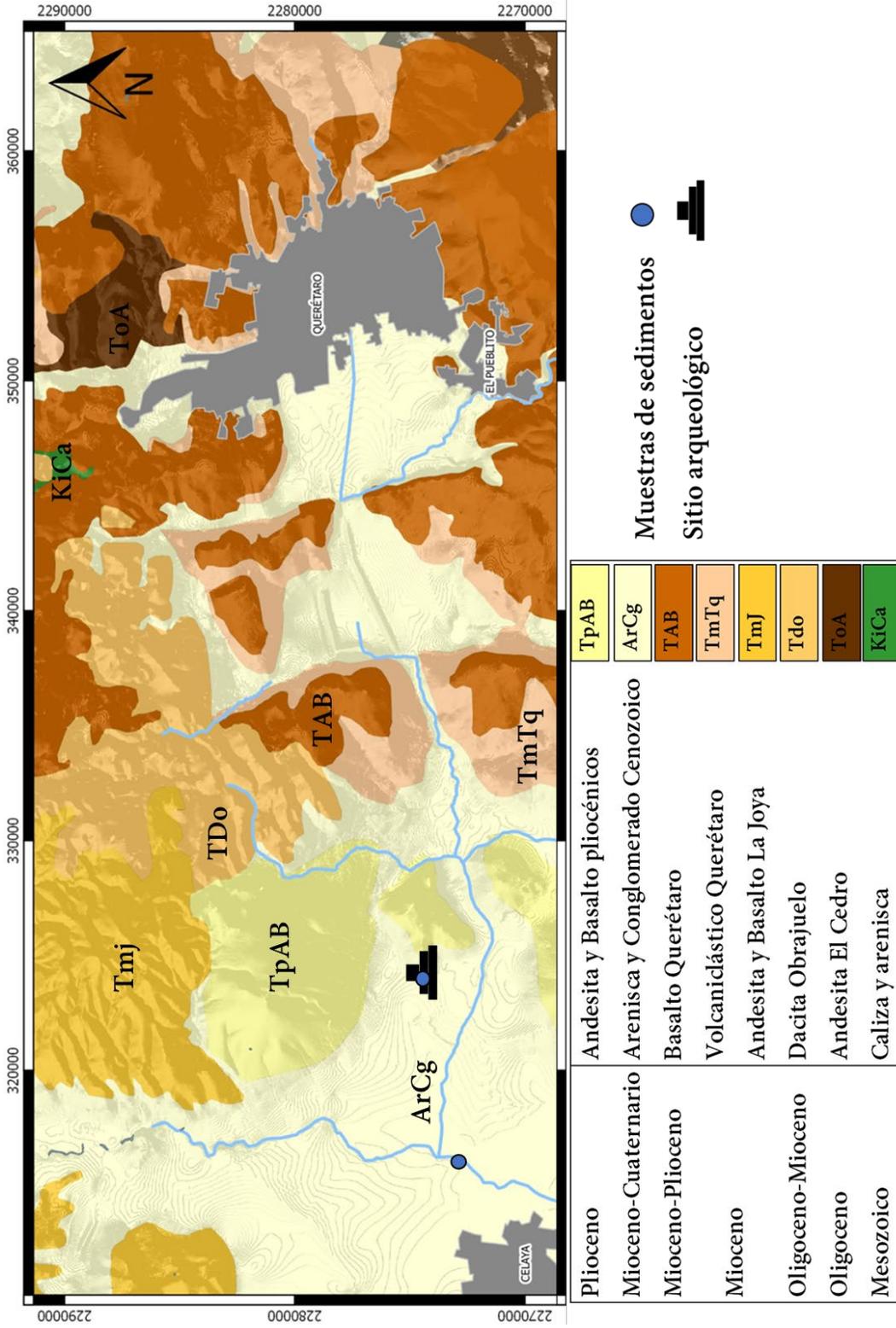
2.8.7 Basalto Querétaro (Mioceno tardío)

Alaníz-Álvarez *et al.* (2001) agrupa en esta unidad a los derrames fisurales, aparatos centrales y conos cineríticos de composición basáltica del Mioceno tardío, diferenciándolo del vulcanismo del Mioceno medio. Sobreyace discordante al Volcanoclástico Querétaro, a la Andesita El Cedro y a la Dacita Obrejuelo. Los fechamientos isotópicos por Ar-Ar y K-Ar determinan edades entre 5.6 ± 0.4 Ma (Aguirre-Díaz y López-Martínez, 2001) y 8.10 ± 0.8 Ma (Pasquarè *et al.*, 1991), respectivamente.

2.8.8 Andesita y Basalto pliocénicos (Plioceno)

Esta unidad aflora en la zona noroeste de la ciudad de Celaya y agrupa los derrames de basalto y aparatos más jóvenes del área de estudio (Alaníz-Álvarez *et al.*, 2001). Su composición es andesítica y está fechada por correlación con los volcanes Culiacán con edades K-Ar de 2.10 ± 0.24 Ma y Cerro Grande, 2.27 ± 0.27 Ma (Ban *et al.*, 1992).

Figura 4. Mapa geológico de la región San Miguel de Allende (Modificado de Alaniz-Álvarez et al., 2001)



2.9 Estructuras de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra afectada por el sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende, caracterizado por una serie de fallas con rumbo NNW-SSE (Figura 2). Se han reportado numerosas fallas pertenecientes a este sistema desde Taxco, Guerrero, hasta la Sierra de Catorce, San Luis Potosí (Alaniz-Álvarez *et al.*, 2001). Localmente hay tres sistemas de fallas:

Sistema de Fallas Querétaro: compuesto por cuatro fallas paralelas con orientación aproximada N-S. Las fallas principales son las fallas Querétaro, Cinco de Febrero, Tlacote, y San Bartolomé (Alaniz-Álvarez *et al.*, 2001) (figura 2).

Sistema de Fallas NE-SW: Denominado así por Alaniz-Álvarez *et al.* (2001), quienes lo describen como una serie de fallas normales y alineamientos de fuentes de emisión volcánica con orientación NE-SW, siendo sus principales fallas las de: Huimilpan, Sur, Central, Ixtla, dique El Patol, La Joya y Palo Huérfano (figura 2).

Sistema de fallas y fosas tectónicas: Denominado así por Davalos-Álvarez *et al.* (2005) se compone por una serie de fallas y fosas tectónicas con orientación preferencial NW. El elemento más notable es el semigraben La Estancia con una orientación N40–50°W, que se observa como una depresión topográfica alargada (Davalos-Álvarez *et al.*, 2005)

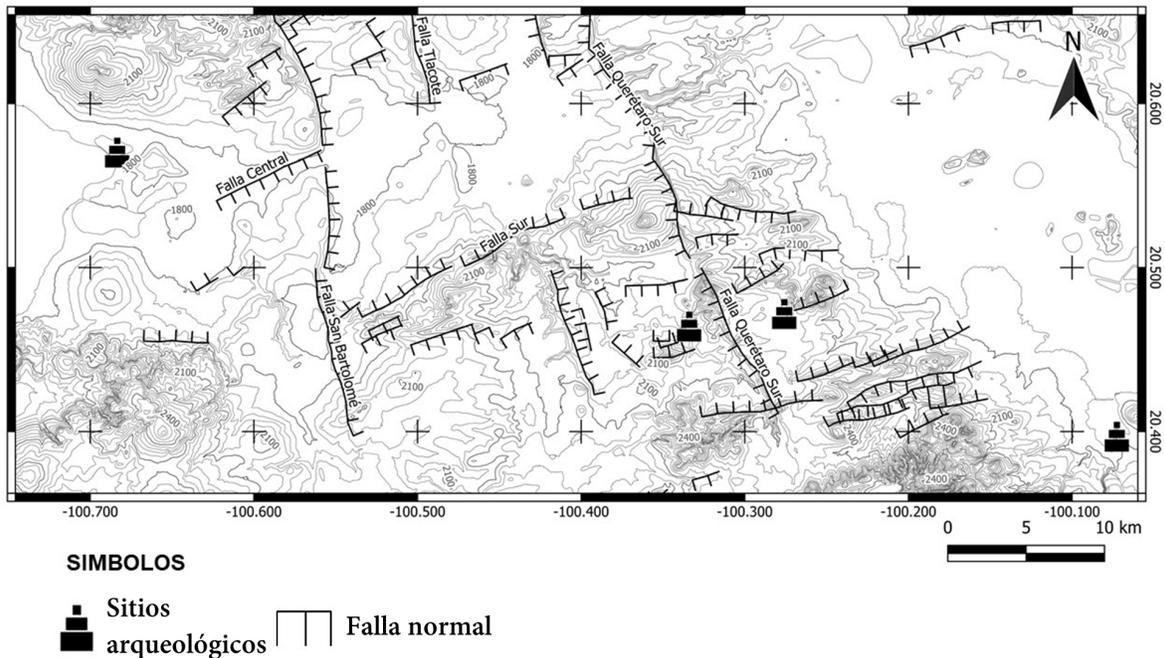


Figura 5. Sistemas de fallas de la zona de estudio (modificado de Davalos-Álvarez, 2005).

2.10 Corrientes de agua

2.10.1 Río Huimilpan

El río Huimilpan se origina en la localidad de San Pedrito, Huimilpan a 2480 msnm con el nombre Arroyo San Pedro. Cambia su nombre a Río Huimilpan al llegar a la Presa San Pedro Huimilpan (figura 6). En este punto confluyen los Arroyos El Gato y Neverías, desembocando en la presa San José Huimilpan, a la altura de la cabecera municipal de Huimilpan. Cambia su rumbo al noreste, llegando a la Presa El Zorrillo. Mas adelante se une con el Río Hondo, luego con el Arroyo Hondo y finalmente con el Río Bravo, que cambia su nombre a Río El Pueblito (Meas *et al.*, 2003).

2.10.2 Río El Pueblito

Se origina en la unión de los Ríos Huimilpan, Río Bravo y Arroyo Hondo a 1950 msnm, desemboca en La Presa El Batán, Corregidora (figura 6). De este punto corre hasta llegar al Río Querétaro en la localidad Las Adjuntas, cerca del límite con Guanajuato (Meas *et al.*, 2003).

2.10.3 Río Querétaro

Tiene su origen en las faldas del Cerro El Zamorano a 3200 msnm en el municipio de Colón, llevando el nombre de Arroyo Gachupines, recorre 10 km confluyendo en su parte derecha el Arroyo Garambalito, cambiando su nombre a Arroyo El Grande. Pasando por la comunidad La Laborcilla se anexan los arroyos El Zapote y San Lorenzo, luego desemboca en la Presa El Carmen, donde cambia su nombre a Río Pinal. Al salir de la presa llega al poblado Chichimequillas, tomando este nombre. Adelante confluye con el Arroyo Pinal de Zamorano en Amazcala, cambiando su nombre a Río Querétaro hasta llegar a la Presa Jesús María. Cruza los poblados de La Cañada, Hércules y la zona urbana de Querétaro. Aguas abajo de Santa María Magdalena cambia su rumbo al oeste, donde se le unen el Arroyo El Arenal y el Río Pueblito, en la localidad de Las Adjuntas, donde pasa a internarse en el Bajío Guanajuatense hasta alcanzar el Río de La Laja (Meas *et al.*, 2003).

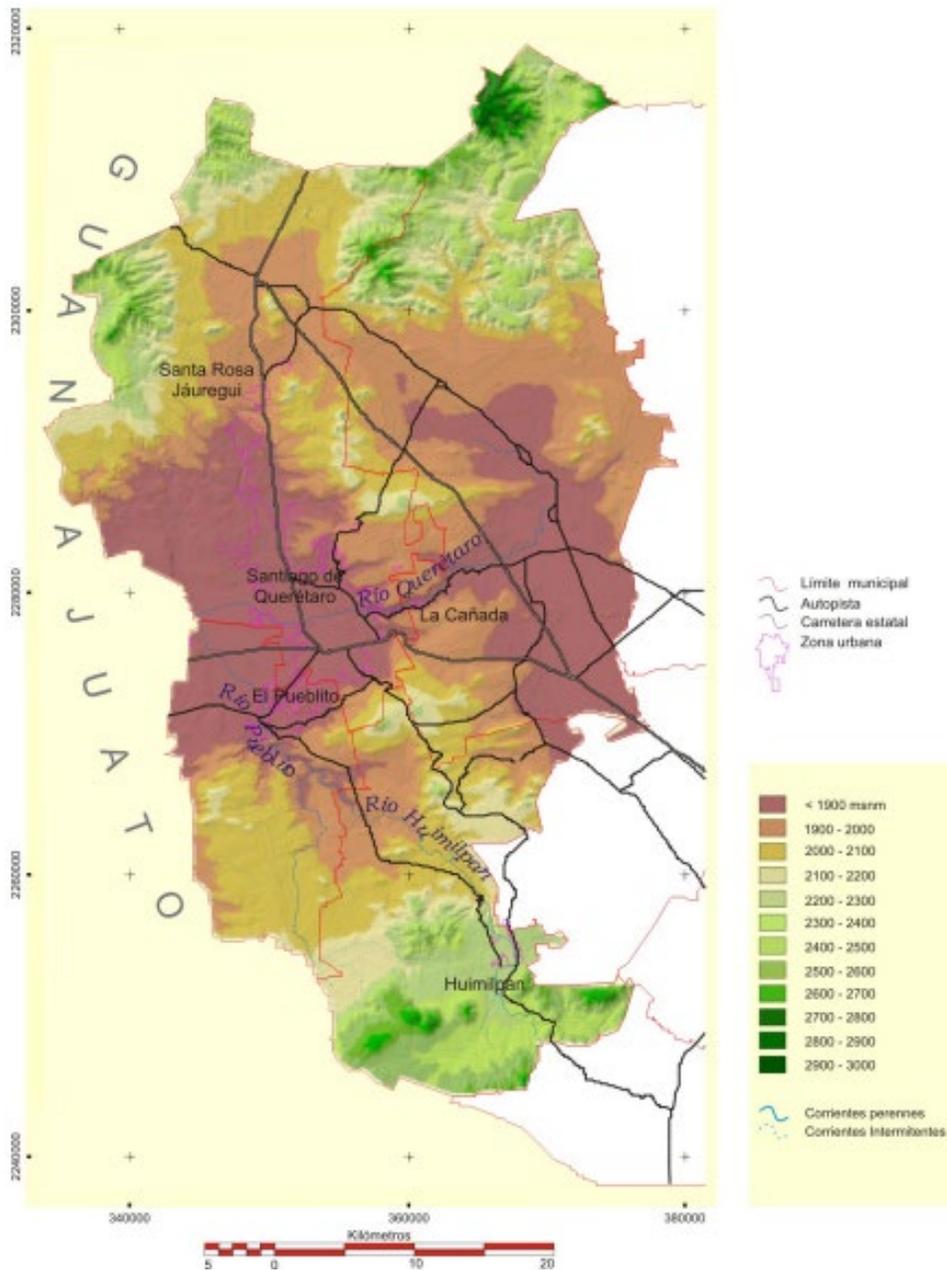


Figura 6. Principales ríos de la región (Tomado de Meas *et al.*, 2003)

2.11 Sitios arqueológicos

2.11.1 Sitio El Rosario

Se denomina El Rosario a un sitio consistente en un emplazamiento de planta cuadrangular enmarcado por un perímetro exterior constituido por muros de toba y

basalto (Pinto, 2019) (figura 7). Se ubica a 2.7 km del sitio El Rosario estudiado por Saint Charles *et al.* (2010). En su interior se registraron espacios delimitados por muros que dividen habitaciones desplazadas al este y sur del arreglo. El emplazamiento sufrió modificaciones arquitectónicas como adosados y banquetas, que no implicaron la sobreposición pisos de estuco o la modificación en la extensión de los espacios interiores (Pinto, 2019). La toba y el basalto vesicular constituyen el material de construcción predominante, tanto en los elementos arquitectónicos en las inmediaciones del área de estudio; como en el conjunto al sur de la unidad 5 (Pinto, 2019).

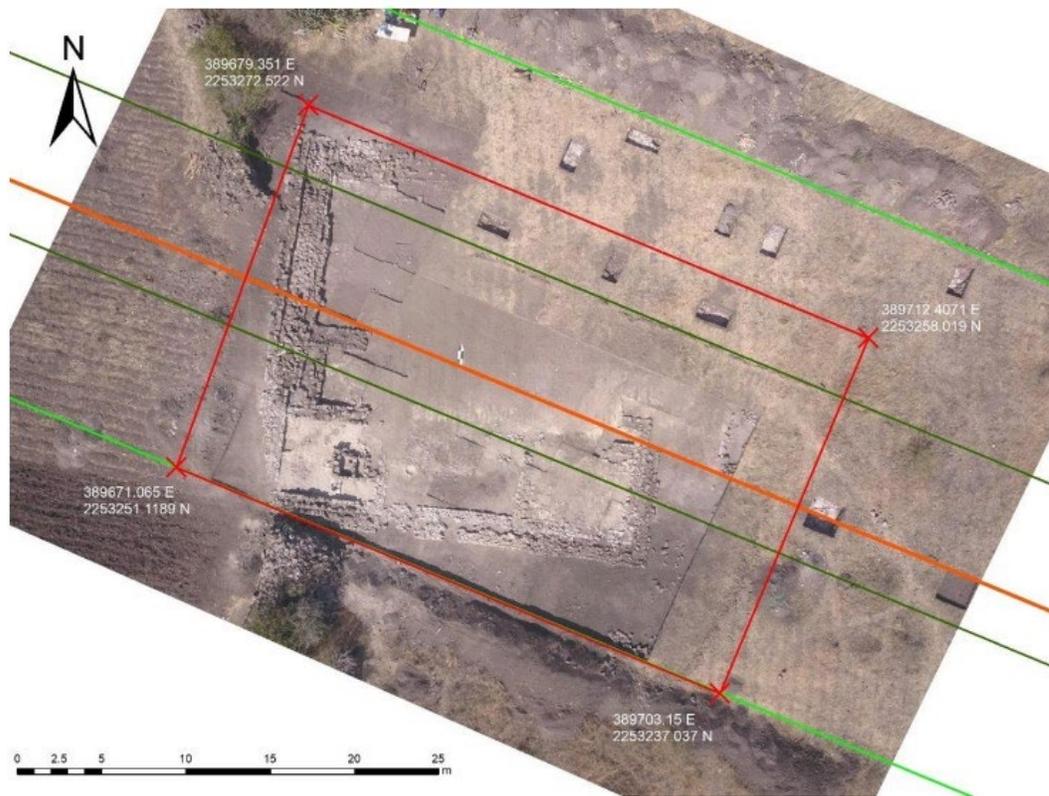


Figura 7. Fotografía de planta del sitio El Rosario. Cortesía del Proyecto en El Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, 2022.

De los materiales cerámicos recuperados se reconocen los tipos Rojo sobre Bayo del Bajío, Rojo sobre Bayo Cañones, Rojo Alisado y Ollas Café Domestico. Destaca la presencia de soportes de placa del tipo Xajay Rojo Esgrafiado, que es un indicador tardío para asentamientos en el Valle de San Juan del Río. Dada su

relación con el sitio El Rosario, se le puede asignar una temporalidad que va del 250 d.C. al 900 d.C. (Pinto, 2019).

2.11.2 Sitio El Zorrillo

Este sitio se encuentra aproximadamente a 10 km al sureste de la ciudad de Querétaro, en el sector norte de la unidad el Tepozán (Brambila y Castañeda, 1991). Se trata de un emplazamiento habitacional conformado por una planta mixta, constituida por una plataforma circular adosada a un patio cerrado rectangular (figura 8). Consta de una sección oeste con cuatro cuartos interiores, una plataforma sur, un patio interior con altar central y una estructura más al oeste (Pinto, 2021). El material cerámico recuperado está conformado principalmente por ollas y cajetes y en mucho menor medida, vasos, platos y tecomates. La temporalidad de estas piezas abarca del 400 d.C.-900 d.C. (Delgadillo *et al.*, 2021; Pinto, 2021).



Figura 8. Fotografía del sitio El Zorrillo. Cortesía del Proyecto en Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, 2022.

2.11.3 Sitio Lagunillas II

Se localiza sobre aproximadamente a dos km al noreste del poblado de Lagunillas. El sitio es descrito por Delgadillo *et al.* (2021) como una unidad habitacional temporalmente ubicada en el Epiclásico (650-900 d.C.). Consta de un patio central, en cuyo alrededor se localizan cuatro cuartos en las porciones norte, oeste y sur construidos con toba volcánica y los muros con adobe (figura 9). En la parte oriental

una estructura circular de nueve metros de diámetro construida con riolitas ácidas cierra el patio central. La estructura circular está comunicada al patio por una escalinata de dos peldaños. En el centro del patio se encontraron piedras careadas sin acomodo, que conforman los restos de un altar removido por la actividad agrícola y hecho con lajas de basalto de grano fino.

58

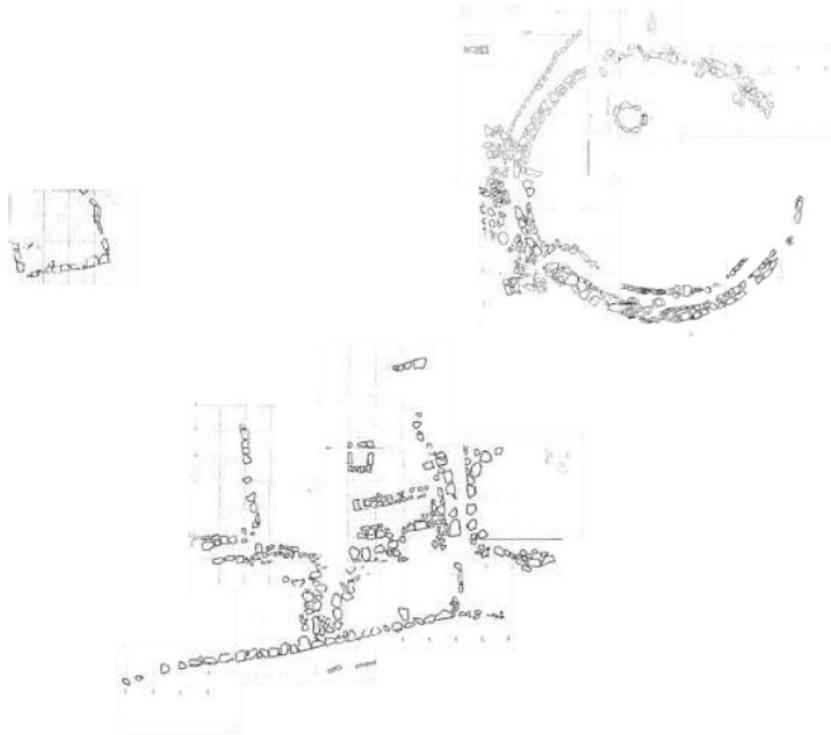


Figura 9. Dibujo del sitio Lagunillas II. Cortesía del Proyecto en Salvamento Arqueológico Tula-Villa de Reyes, 2022.

En la esquina suroeste del patio se encontró una gran acumulación de piedras contenidas por los cimientos de los cuartos en la parte sur. Estos elementos corresponden al altar.

Al costado sur hay cuatro cuartos, dos adosados al muro perimetral (hecho con toba) y dos más al norte separados por un pasillo de 65 cm de ancho. En el tercer cuarto se localizó un *tecuil* hecho con bloques rectangulares de toba, mientras en cuarto un metate. Estos últimos dos cuartos colindan con el costado sur del patio central. En el sitio se encontró cerámica predominantemente doméstica y asociada

a entierros (Pinto, 2021). Se recuperaron 56 elementos cerámicos asociados a entierros (Delgadillo *et al.*, 2021), entre los que destacan vasijas completas, semi completas y fragmentos. Hay una gran presencia de cerámica diagnóstica de la tradición Rojo sobre Bayo del Bajío, cerámica incisa y vasijas con decoración al negativo. La cerámica Rojo sobre Bayo es la más común y representa el 39% y está asociada a 14 de los 30 entierros. Las vasijas Bayo Alisado representan el 18% y están presentes en 10 entierros. La cerámica al Negativo conforma el 12% y está asociada a cinco entierros. La cerámica Rojo Alisado está en una proporción del 11% y está presente en seis entierros. Finalmente, la cerámica incisa representa el 7% y forma parte de la ofrenda de cuatro entierros.

2.11.4 Sitio Cuicillos Cuates

Este sitio se reportó por primera vez durante los trabajos de salvamento en el Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes. Ramal a Salamanca (Delgadillo *et al.*, 2021). Se localiza a aproximadamente 2.5 km al norte de la localidad de Apaseo el Grande, Guanajuato. En el sitio se reportó la presencia de material cerámico y lítico, y un área de entierros donde se exhumaron 37 osamentas. La mayoría de individuos presentaba una ofrenda consistente ya sea de artefactos cerámicos y líticos, tanto de uso doméstico y ornamental. Uno de los individuos resaltaba por presentar una ofrenda consistente en un collar de serpentina, colocado sobre el cuello, cerca de la cabeza un dije de concha nácar, en la mano una concha con perforaciones y tres puntas de proyectil en los pies (Mejía, 2019).

3. Metodología para determinar los tipos y grupos cerámicos y las características composicionales del material cerámico

3.1 Análisis cerámico

La descripción megascópica de las muestras se hizo tomando en cuenta los atributos físicos de los fragmentos cerámicos como pasta, acabado de superficie, decoración y forma. De la pasta se tomó en cuenta el color, textura y tamaño de grano. La forma se determinó siguiendo la metodología de Rice (1987), con la finalidad de determinar el ángulo de la pared o cuello de la pieza respecto a una línea horizontal y el diámetro de la boca. Estas estimaciones se hicieron empleando bordes (que son las partes de la pieza que más información proporcionan sobre su forma y tamaño) buscando la posición del labio lo más cercana a la horizontal, de manera que se pueda determinar de manera aproximada su orientación original (figura 10). Dependiendo del tamaño del fragmento, se podrá estimar la altura y el diámetro máximo de la vasija. La nomenclatura para las formas se basa en la propuesta de por Saint-Charles (1990).

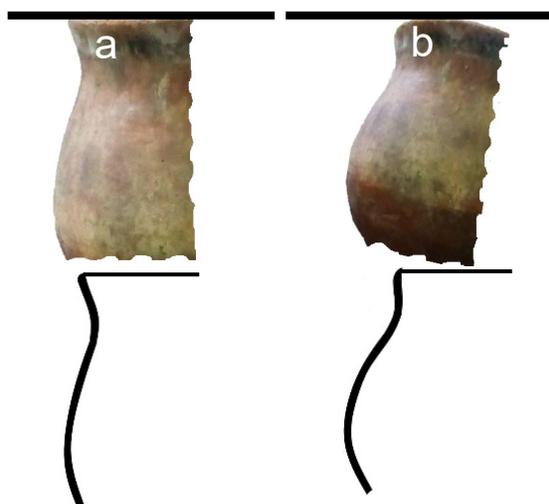


Figura 10. a) Fragmento de borde orientado correctamente b) Fragmento de borde orientado incorrectamente incorrecta del

Posteriormente, se clasificaron las piezas utilizando el sistema *tipo-variedad*, que es un sistema jerárquico de clasificación propuesto por Gifford (1960). Este sistema es además el más utilizado por los investigadores que han realizado trabajos en la zona de estudio (Snarskis, 1975; 1985, Nalda, 1987, Nalda *et al.*, 1991, Saint Charles, 1990, Saint Charles *et al.*, 2006; 2013, Pomedio, 2016), lo que permitirá la asignación de las muestras a tipologías ya existentes y ampliamente utilizadas en la región. Consiste en las siguientes categorías.

Tipo: Relaciona los atributos decorativos y morfológicos de la vasija. Una definición actualizada de esta categoría es que un *tipo* representa un conjunto de atributos cerámicos distintos visualmente que se objetivaron en una o diferentes variedades, que cuando se toman como un todo indican una clase particular de cerámica producida durante un intervalo y región específicos (Merino y García, 2005). Entre los principales atributos de identificación de un tipo están el color de la superficie, forma de la vasija, decoración, acabado de superficie y la composición de la pasta.

Variedad: Se refiere a los cambios menores relacionados con los atributos diagnósticos del tipo de técnica decorativa y forma de la vasija o con cambios de estilo de diseño o uso de un desgrasante distinto (Merino y García, 2005).

Grupo: Es una colección de tipos estrechamente relacionados y que muestran consistencia en la amplitud de variación en forma y color. Los tipos de un grupo son contemporáneos y son componentes de la misma loza (Merino y García, 2005). Es útil cuando se tiene material perteneciente a una misma loza, pero imposibles de separar en tipos ya sea por el tamaño o erosión de los fragmentos.

Loza: Es un conjunto cerámico en el que los atributos de la composición (exceptuando el desgrasante) de la pasta y acabado de superficie permanecen constantes. La composición de la pasta puede determinarse mediante su textura, clase de desgrasante, dureza, porosidad y color, mientras que el acabado de superficie se determina por el engobe ya sea alisado o burdo, el lustre logrado por el bruñido, acabado brillante o mate y el color. Esta categoría no está limitada en el tiempo (Merino y García, 2005).

3.2 Análisis petrográfico

La metodología empleada para la determinación de la composición y procedencia de las 65 muestras cerámicas se basa principalmente en el análisis petrográfico.

Una docena de muestras de sedimentos se muestrearon en zonas aledañas a los sitios (tres por sitio), priorizando los ríos y arroyos. Estas muestras fueron analizadas petrográficamente y la información resultante fue procesada de manera análoga a la de las muestras cerámicas, de manera que sirva como punto de comparación para determinar si los desgrasantes de las muestras cerámicas presentan o no una composición similar.

La elaboración de las láminas delgadas se hizo cortando fragmentos de cerámica en un tamaño de 3.5 * 2.5 cm, que fueron posteriormente pulidos en un rango de 5-10 minutos con abrasivos de tamaño 180 hasta 2000 progresivamente. Una vez pulidos se adhirieron a un portaobjetos utilizando resina epóxica y se alisó el lado no pulido hasta alcanzar un espesor de 0.03mm. Finalizado este proceso se procedió al estudio de las láminas en el microscopio de luz polarizada.

El análisis petrográfico se realizó en 65 muestras cerámicas que fueron montadas en portaobjetos petrográficos estándar y pegados con resina epóxica. El conteo de 300 puntos libres de matriz y poros se realizó bajo el método de Gazzi-Zuffa (Zuffa, 1985), compatible con el método Gazzi-Dickinson (Weltje, 2002). La clasificación de cuarzo, plagioclasa y fragmentos líticos se basa en las propuestas de Basu (1975), Pittman (1963), Dickinson (1970), y Garzanti y Vezzolli (2003), respectivamente. Los fragmentos volcánicos se clasificaron con base en las propuestas de Dickinson (1970) y Marsaglia *et al.* (1990). Los fragmentos volcánicos vitrofíricos y el vidrio volcánico se clasificaron de acuerdo con Pearson (1915) y Ocampo-Díaz *et al.* (2021). Los poros se clasificaron considerando la propuesta de Rice (1987). Se considero como matriz todos aquellos granos con un diámetro menor a 0.03 mm según la propuesta de Dott (1964). Los resultados del conteo de puntos se muestran en la Anexo 1.

3.3 Geoquímica por SEM-EDS

3.3.1 Mapas composicionales por SEM-EDS

La medición de elementos mayores se realizó en 12 muestras cerámicas representativas de los cuatro sitios arqueológicos (tres por sitio) empleando un microscopio electrónico de barrido (SEM) con detector EDS en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis de la Universidad Autónoma de Guerrero. El resultado del análisis por SEM-EDS servirá para determinar la concentración de elementos mayores en las muestras cerámicas.

Para que el SEM pueda distinguir diferentes elementos es necesaria una señal que sea altamente característica del número atómico. Esta señal es la radiación emitida cuando uno de los electrones primarios emitido por el cañón de electrones del SEM, impacta y desplaza un electrón de la cubierta electrónica de un átomo, provocando que uno de los átomos de una capa más externa ocupe el lugar vacante. La energía desprendida, en forma de rayos X, depende del número atómico y de los números cuánticos principales de los niveles de energía involucrados en la transición del electrón. El resultado de esta transición será la emisión de al menos un pico de radiación característica del elemento, que puede ser medido con un detector EDS.

La concentración de elementos mayores y algunos elementos traza se determinó mediante la generación de mapas composicionales durante 1 hora en 12 Muestras cerámicas, empleando un microscopio electrónico de barrido de la marca JOEL-IT 300-LV, acoplado a un espectrómetro de dispersión de energía de Rayos X (EDS) de la marca Bruker, QUANTAX: XFlash 6/30, en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis de la Universidad Autónoma de Guerrero. Los resultados de análisis composicional se muestran en la tabla 4 del capítulo de Resultados de Geoquímica.

El resultado del análisis por SEM-EDS permitió determinar la concentración de elementos mayores en las muestras cerámicas. Adicionalmente, se calcularon los índices de alteración química CIA (Nesbitt y Young, 1982), PIA (Fedo *et al.*, 1995), el índice empírico de alteración de Ohta y Arai (2007). También se hizo el cálculo del CaO*, necesario para el cálculo de los índices.

3.3.2 Cálculo de CaO*

CaO* representa la fracción de CaO incorporada en la fracción silicatada de la roca, calculado considerando la propuesta de Ocampo-Diaz (2011):

(1) Se calcula CO₂ procedente de CaO

$$\text{CO}_2\text{----- CaO} = \text{CaO}/0.7848$$

(2) Del CO₂ obtenido se calcula CaCO₃

$$\text{CaCO}_3 \text{-----CO}_2(\text{CaO}) = \text{CO}_2 (\text{CaO}) * 0.4397$$

(3) Posteriormente se calcula CaO*

$$\text{CaO}^*\text{----- CaCO}_3(\text{CO}_2) = \text{CaCO}_3(\text{CO}_2) * 0.5603$$

(4) Los resultados de este cálculo están en % en peso. Para poder utilizarlos en los índices propuestos es necesario que se conviertan a peso molar

$$\text{CaO}^*\% = \text{CaO}^*\text{molar} * 56.08$$

3.3.3 Chemical Index of Alteration (CIA)

El CIA permite cuantificar el nivel de meteorización de rocas y sedimentos, considerando la descomposición de los feldspatos en arcillas como el proceso dominante de intemperismo químico en la corteza superior (Nesbitt y Young, 1982). Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CIA} = (\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})) \times 100$$

3.3.4 PIA

El PIA sirve para monitorear el grado de intemperismo de las plagioclasas, calculado con la fórmula:

$$\text{PIA} = 100 \times (\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O})$$

Este índice soluciona el problema de la adición de K⁺ en los sedimentos en el proceso de metasomatismo, que provocaba valores de K en sedimentos y

paleosuelos más altos de lo esperado, lo que resulta en la reducción de la aplicabilidad del CIA para estos casos.

3.3.5 Índice Mafic-Felsic-Weathering (MFW)

El índice empírico de alteración (Ohta y Arai, 2007) permite cuantificar el grado de meteorización de los sedimentos y estimar la composición de la roca fuente. Una de sus ventajas respecto a otros índices es que es independiente de la variabilidad composicional de la roca fuente, por lo que es aplicable a un amplio rango de rocas de composición félsica, intermedia y máfica. Se calcula de la siguiente manera:

$$M = -0.395 \times \ln(\text{SiO}_2) + 0.206 \times \ln(\text{TiO}_2) - 0.316 \times \ln(\text{Al}_2\text{O}_3) + 0.160 \times \ln(\text{Fe}_2\text{O}_3) + 0.246 \times \ln(\text{MgO}) + 0.368 \times \ln(\text{CaO}^*) + 0.073 \times \ln(\text{Na}_2\text{O}) - 0.342 \times \ln(\text{K}_2\text{O}) + 2.266$$

$$F = 0.191 \times \ln(\text{SiO}_2) - 0.397 \times \ln(\text{TiO}_2) + 0.020 \times \ln(\text{Al}_2\text{O}_3) - 0.375 \times \ln(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 0.243 \times \ln(\text{MgO}) + 0.079 \times \ln(\text{CaO}^*) + 0.392 \times \ln(\text{Na}_2\text{O}) + 0.333 \times \ln(\text{K}_2\text{O}) - 0.892$$

$$W = 0.203 \times \ln(\text{SiO}_2) + 0.191 \times \ln(\text{TiO}_2) + 0.296 \times \ln(\text{Al}_2\text{O}_3) + 0.215 \times \ln(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 0.002 \times \ln(\text{MgO}) - 0.448 \times \ln(\text{CaO}^*) - 0.464 \times \ln(\text{Na}_2\text{O}) + 0.008 \times \ln(\text{K}_2\text{O}) - 1.374$$

M representa la fuente máfica, F la fuente félsica y W el grado de meteorización.

3.3.6 Fluorescencia de Rayos X

La determinación de los elementos traza se hizo en el Laboratorio de Remediación Ambiental del Instituto de Metalurgia de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, mediante un analizador XRF portátil Olympus Delta. Se analizaron 22 muestras cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos (n corresponde al número de muestras analizadas): Cuicillos Cuates (n=6), El Zorrillo (n=5), Lagunillas II (n=5), El Rosario (n=6) y 8 muestras de sedimentos.

Para hacer la detección de los elementos de una muestra, el analizador capta el exceso de energía en forma de fotón que es emitido cuando un electrón del núcleo atómico es desplazado y reemplazado por un electrón de una capa más interna, como consecuencia de la interacción con un haz de rayos X emitido por el

analizador. Esta energía (característica de los niveles cuánticos de un elemento) es detectada y procesada por el analizador, que posteriormente calcula la composición elemental de la muestra.

3.3.7 Catodoluminiscencia (CL) por SEM-CL

Este fenómeno se produce cuando un cristal es bombardeado por un haz de electrones de alta energía en un SEM, como resultado de esta interacción los electrones de la banda de valencia son movidos a la banda de conductividad. Después de un corto período de tiempo, estos electrones se desexcitan y regresan a un estado de menor energía, moviéndose aleatoriamente a través de la estructura cristalina hasta que encuentran una trampa (imperfección en la red cristalina) en la banda prohibida, permaneciendo poco tiempo en ella y regresando eventualmente a la capa de valencia. La presencia de trampas en los cristales es fundamental, ya que durante su vaciado se producen fotones con energías en la parte visible y cercanas al UV del espectro electromagnético (catodoluminiscencia) (Boggs y Krinsley, 2006).

Se analizaron 48 imágenes de cuarzos detríticos por catodoluminiscencia (CL) a color de cerámicas prehispánicas del presente estudio, con un Croma Hot CL-II de Gatán montado a un SEM-JEOL, en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis de la Universidad Autónoma de Guerrero. Las imágenes fueron generadas durante 30 minutos con un voltaje de 5mA. La evaluación del análisis cualitativo de procedencia se efectuó considerando el análisis textural de los cuarzos detríticos como lo proponen Bernet y Bassett (2005), Boggs y Krinsley (2006) y Ocampo-Díaz *et al.* (2019; 2021).

El análisis de cuarzos por CL se hizo la finalidad de registrar todas las características de catodoluminiscencia que ayudan a determinar la procedencia del cuarzo. Algunas de estas características son:

Luminiscencia: Aunque no es posible una correlación genética de las partículas de cuarzo basada en sus propiedades de catodoluminiscencia (Boggs y Krinsley, 2006), los diferentes tipos de cuarzo (volcánico, plutónico, metamórfico etc.)

muestran frecuentemente emisiones en cierto rango de longitud de onda. El cuarzo volcánico muestra emisiones en el rango de longitud de onda azul (Boggs y Krinsley, 2006). El cuarzo plutónico exhibe un rango de emisiones fuertes en el rango de longitud de onda azul a moderadamente fuerte en el rango de longitud de onda rojo. Por su parte el cuarzo metamórfico presenta un amplio rango de intensidad en sus emisiones dependiendo del grado metamórfico. El cuarzo de alto grado metamórfico exhibe emisiones fuertes en el rango del azul, mientras que el cuarzo de medio grado metamórfico exhibe un gran componente de emisiones en el rojo y el cuarzo de bajo grado metamórfico muestra un componente aún más grande de emisiones en el rango del rojo (Boggs y Krinsley, 2006).

Ocampo-Díaz *et al.* (2019) describe la luminiscencia en cuarzos volcánicos de la arenisca Alamitos, que exhiben mayormente una luminiscencia violeta. Algunas veces la luminiscencia muestra una apariencia punteada de color café-azul. La luminiscencia en algunos cuarzos se muestra irregular, con colores café oscuro y azul.

Textura: La presencia de ciertas características en la textura de los diferentes tipos de cuarzo es una herramienta útil para la determinación de su procedencia. Boggs y Krinsley (2006) describen la zonación como un atributo muy particular de los cuarzos volcánicos y poco frecuente en otros tipos de cuarzo. Otra característica frecuente en los cuarzos volcánicos es la presencia de fracturas abiertas (no sanadas), producidas durante un rápido enfriamiento.

El cuarzo plutónico se caracteriza por presentar fracturas sanadas, consecuencia de un enfriamiento lento, que permite la inclusión de fluidos ricos en SiO₂ dentro de estas fracturas. A causa de esto se forman algunas estructuras características como las “arañas”, que son parches de forma irregular sin luminiscencia. La formación de las arañas puede deberse a la solubilidad de los fluidos que rellenan las fracturas y que causan corrosión a lo largo de las microfisuras (Boggs y Krinsley, 2006).

4. Tipos y grupos cerámicos de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México

Clasificación cerámica

A continuación, se muestran los tipos y grupos cerámicos reportados por investigadores en la zona sur de Querétaro y oriente de Guanajuato a los que se pueden asociar las muestras cerámicas de este trabajo. Se describen las características de la pasta: color, textura, tamaño de desgrasante (utilizando la granulometría del USDA), acabado de superficie, forma y decoración.

4.1 Cerámica Ana María rojo sobre café

Esta cerámica está representada por cuatro bordes redondeados de cajetes de paredes curvas (figura 12a). La pasta es de color café claro 2.5 YR 6/8 a crema 2.5 YR 8/4, de textura y compactación media. El desgrasante se compone de cuarzo, feldespatos y fragmentos líticos volcánicos del tamaño de arenas finas a gruesas. La superficie presenta engobe del color de la pasta y presenta en ambas paredes un fino alisado y decoración basada en gruesas bandas rojas sobre el borde y las paredes interiores (figura 11a). Este tipo cerámico está presente en los sitios El Rosario y El Zorrillo.

4.2 Cerámica Xajay rojo esgrafiado

Dos fragmentos de soportes colectados en el sitio El Rosario se asociaron con la cerámica Xajay Rojo Inciso. La pasta de esta cerámica es de tonalidad naranja y textura media con una alta compactación. El desgrasante es abundante y está conformado por cuarzo, fragmentos líticos volcánicos y vidrio volcánico de tamaño de arenas fino a grueso. Ambas piezas están cubiertas por una capa de pigmento rojo someramente pulida sobre la cara frontal, misma que está decorada por motivos incisos lineales post-cocción (figura 11b).

4.3 Cerámica Moy rojo sobre bayo

Este tipo cerámico está representado por ocho fragmentos de bordes redondeados y cinco fragmentos de pedestales recuperados de los sitios El Rosario, Lagunillas II y El Zorrillo. Los bordes son redondeados (figura 11b) con la excepción de un fragmento del sitio Lagunillas II de tipo biselado. La pasta es de tonalidad crema 5Y

8/3 a bayo 7.5Y 8/6, de textura burda y compactación media. Sobre las superficies interna y externa de los bordes y sobre el borde externo de los pedestales se aplicó un engobe del mismo color que la pasta. El desgrasante es abundante y de grano fino a grueso, compuesto por fragmentos líticos volcánicos, cuarzo y feldespatos. La superficie interna presenta un alisado. La decoración consiste en gruesas líneas o figuras geométricas pintadas en rojo y aplicadas sobre una capa de engobe bayo en la superficie o directamente sobre esta (figura 12c). La forma de estas piezas es de platos con base pedestal.

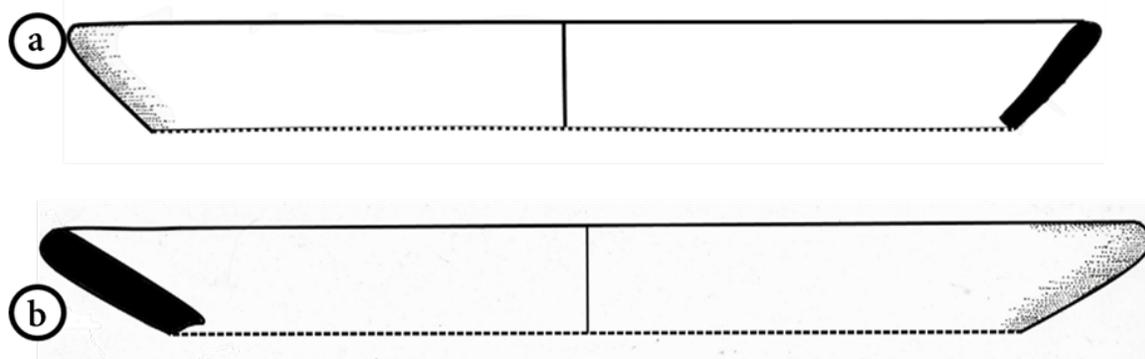


Figura 11. Dibujos reconstructivos realizados a partir de bordes de fragmentos cerámicos de un cajete y un plato. a) Cajete recto divergente con borde redondeado del tipo Ana María Rojo sobre Café del sitio El Zorrillo. b) Plato Moy rojo sobre Bayo del sitio El Rosario. Presenta paredes rectas y borde redondeado.

4.4 Cerámica Zonal rojo sobre Bayo

Esta cerámica está representada por tres bordes (dos de tipo redondeado y uno plano con aristas redondeadas) pertenecientes a cajetes de paredes curvo-convergentes. La pasta es de tonalidad crema 5Y 8/4, de textura media-fina con una alta compactación. La superficie presenta un baño de engobe amarillo claro 2.5Y 8/6 y está alisada en su parte interna y externa. La decoración, consistente en gruesas bandas de color rojo, concentrada en la parte interna y en los bordes (figura 12d). Esta cerámica se presenta únicamente en el tipo Cuicillos Cuates.

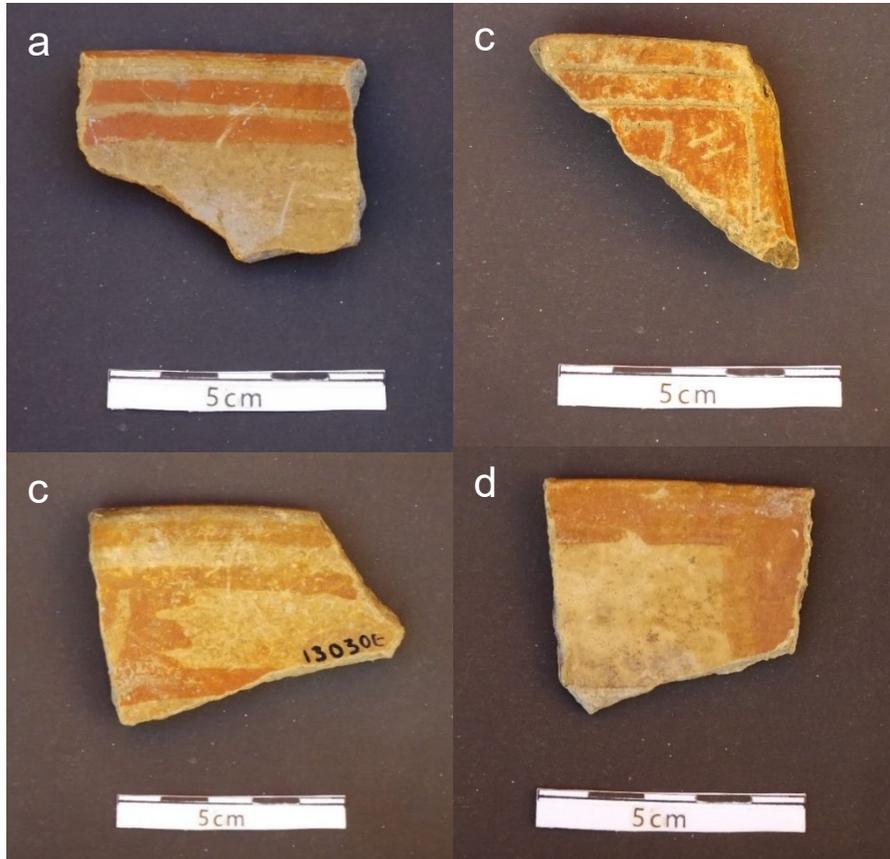


Figura 12. Tiestos de cerámica: a) Fragmento de cajete de cerámica Ana María Rojo sobre bayo del sitio El Zorrillo. Se observa un alisado en la pared interna y decoración pintada en rojo. b) Fragmento de soporte de cerámica Xajay Rojo Esgrafiado del sitio El Rosario. La superficie presenta decoración pintada en rojo y motivos incisos lineales. c) Fragmento de plato de cerámica Moy rojo sobre bayo del sitio El Rosario. Se observa la decoración pintada en rojo sobre una superficie alisada. d) Fragmento de cajete de cerámica Zonal Rojo sobre bayo del sitio Cuicillos Cuates.

4.5 Cerámica Bandas Anchas rojo sobre bayo

Las muestras de este grupo (figura 13a) son dos bordes de cajetes de tipo redondeado y biselado, más un fondo cóncavo recuperado. La pasta de esta cerámica es de tonalidad crema 10Y 8/6, de textura y compactación media. El desgrasante se compone granos de tamaño fino a grueso, compuestos por fragmentos líticos volcánicos, feldespatos y cuarzo. La superficie presenta una capa de engobe naranja 10Y 8/8 y un fino alisado de superficie aplicado sobre las caras interna y externa. La decoración consiste en motivos geométricos (figura 11a) de color naranja o rojo, pintados sobre el borde y la parte interna. Esta cerámica se presenta únicamente en el sitio Cuicillos Cuates.

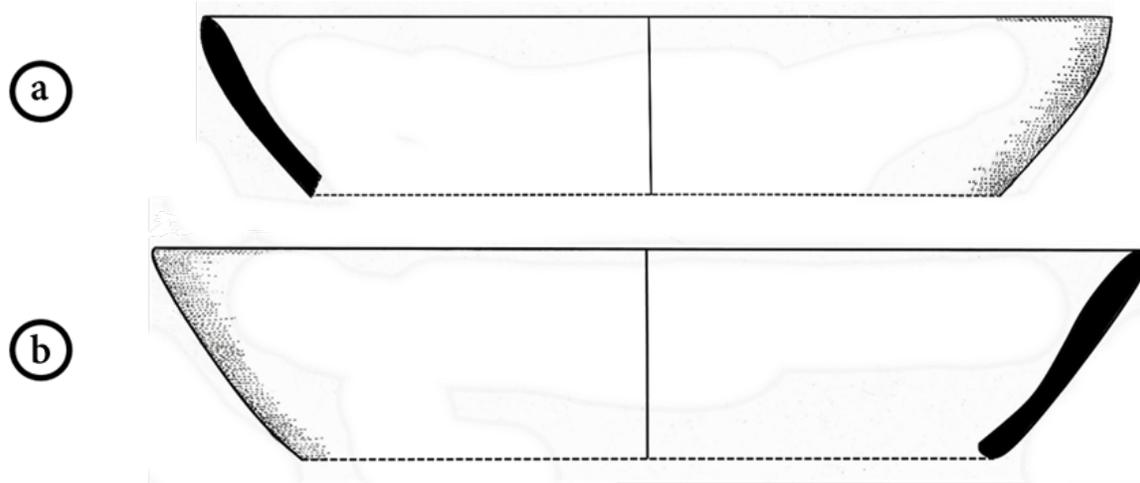


Figura 13. Dibujos reconstructivos realizados a partir de bordes de fragmentos cerámicos de cajetes del sitio Cuicillos Cuates. a) Cajete de cerámica Zonal rojo sobre bayo con paredes curvo convergentes y borde biselado. b) Cajete de cerámica Bandas Anchas rojo sobre bayo con paredes rectas y borde redondeado.

4.6 Cerámica Blanco Levantado

Las muestras de este tipo cerámico están representadas por cuatro fragmentos de cuerpo y un borde redondeado (figura 15a) colectados en el sitio Cuicillos Cuates. La pasta es de una tonalidad naranja 5YR 7/8, de textura media a burda y una

compactación entre media y baja. El desgrasante está compuesto por fragmentos líticos volcánicos y cuarzo de tamaño fino a muy grueso. La superficie externa de los cuerpos esta alisada. El acabado de superficie de este tipo cerámico consiste en un baño de pintura blanca (aplicada generalmente en la parte exterior de la pieza) que es posteriormente retirada para dar un efecto traslucido. Como también exhiben una decoración lineal pintada en café oscuro (figura 14b). Este grupo está conformado exclusivamente por ollas.

4.7 Cerámica bayo Inciso Local

Este tipo está representado por un fragmento de cuerpo y cinco bordes redondeados de cajetes que fueron recuperados de los sitios sitio Lagunillas II y El Rosario. La pasta es de color crema a café claro, textura media y con una compactación media-baja. El desgrasante consiste en fragmentos líticos volcánicos y cristales de cuarzo y feldespato de tamaño fino a grueso. El acabado de superficie consiste en un alisado muy fino tanto en la zona externa como interna. La decoración consta de incisiones lineales y curvas post-cocción (figura 14d).



Figura 14. Tiestos de cerámica a) Cerámica Bandas Anchas rojo sobre bayo del sitio Cuicillos Cuates. Se observa la pared interna de un cajete, que presenta un fino alisado y decoración pintada en rojo. b) Fragmento de olla de cerámica Blanco levantado del sitio Cuicillos Cuates. Presenta una fina capa de color blanco y decoración pintada en café. c-d) Bordes de cajetes de cerámica Bayo inciso local de los sitios Lagunillas II y El Rosario. Exhiben un alisado de gran calidad y decoración incisa con motivos lineales.

4.8 Cerámica Cantinas red-orange

Esta cerámica agrupa siete fragmentos de bordes redondeados y de fondos cóncavos o planos con bases planas o convexas de cajetes, procedentes de los sitios El Zorrillo, Lagunillas II y El Rosario. La pasta es de tonalidad crema 2.5Y 8/4, 8/6 y textura burda en general, con una compactación entre media y baja. El desgrasante consta de abundantes fragmentos líticos volcánicos, feldespato y cuarzo de tamaño fino a muy grueso. La superficie esta finamente alisada y es cubierta por un engobe de tonalidad bayo. La decoración consiste en combinaciones de arreglos lineales horizontales, verticales y oblicuos de color rojo aplicados sobre las paredes internas de los cajetes (figura 16a).

4.9 Cerámica teotihuacanoide

Esta cerámica está representada por cinco bordes redondeados y un fragmento de soporte pertenecientes a cajetes de paredes curvo divergentes (figura 15b). La pasta es de tonalidad gris claro a crema 2.5Y 7/6. La superficie, finamente alisada, está cubierta por una capa de engobe del color de la pasta, cocida generalmente en una atmosfera reductora. El desgrasante se compone de fragmentos líticos volcánicos y cristales de cuarzo y feldespato de tamaño fino a grueso La textura varia de media a burda con una compactación entre media y baja. La decoración consta de elaborados arreglos lineales hechos a partir de incisiones post-cocción aplicados sobre las paredes exteriores (figura 16b).

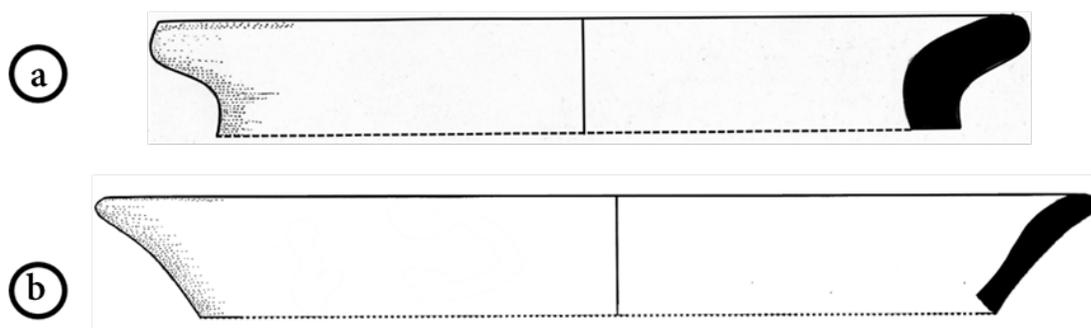


Figura 15. Dibujos reconstructivos realizados a partir de bordes de fragmentos cerámicos de una olla y un cajete. a) Olla de cerámica Blanco Levantado del sitio Cuicillos Cuates. Muestra cuello curvo divergente y bordes redondeados. b) Cajete de cerámica teotihuacanoide del sitio Lagunillas II, exhibe paredes curvo divergentes y bordes redondeados.

4.10 Cerámica negativo La Cruz

Esta cerámica está representada por cuatro bordes redondeados de cajetes de paredes curvo convergentes recuperados de los sitios El Rosario y Lagunillas II. La pasta es de tonalidad crema 5Y 8/4y de textura y compactación media. El desgrasante es de grano muy fino a grueso y se compone de fragmentos líticos volcánicos, cuarzo, feldespato y vidrio volcánico. Las superficies de las paredes internas y externas están finamente pulidas. La decoración consiste en motivos lineales aplicados en el borde y las paredes internas, producidos con la técnica al negativo (figura 16c).

4.11 Negativo Tres Palos negativo policromo

Dos fragmentos de cuerpos de cajete procedentes del sitio El Zorrillo pertenecen a este tipo. La tonalidad de la pasta es crema 5Y 8/4, su textura es media con una alta compactación. Los desgrasantes están presentes en cantidades abundantes y consisten en granos de cuarzo, feldespato y fragmentos líticos volcánicos de tamaño fino a grueso. La superficie presenta un fino alisado en la pared interna. La decoración consiste en complejas figuras de color negro y rojo logradas con la técnica al negativo (figura 16d).



Figura 16. Tiestos de cerámica a) Cerámica Cantinas red-orange del sitio El Rosario. Se observa decoración pintada en rojo sobre la superficie interna. b) Cerámica teotihuacanoide del sitio El Zorrillo. Su superficie externa presenta un fino alisado y decoración incisa con motivos lineales y geométricos. c) Negativo La Cruz del sitio Lagunillas II. Se observa la decoración lineal en color negro, lograda mediante la técnica al negativo. d) Cerámica Tres Palos negativo policromo del sitio Cuicillos Cuates. Presenta una superficie finamente pulida con decoración al negativo con pintura roja.

5. Petrografía y modas detríticas de las cerámicas de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México

Las muestras presentan diferencias composicionales importantes entre el contenido de cuarzo, el tipo de feldespato presente y principalmente en los tipos de fragmentos líticos. Los parámetros definidos para el conteo de puntos se muestran en la tabla 1. Las variaciones en la composición son más claras en las cerámicas de diferentes sitios, pero también se presentan dentro de un mismo sitio. Las diferencias composicionales de las cerámicas permitieron la definición de cuatro petrofacies, basándose en la propuesta de Ingersoll (1983), que consiste en una descripción detallada de la composición de areniscas con el objetivo de identificar los principales parámetros que diferencian una petrofacies. Aclarado lo anterior se propone como definición de petrofacies a las características composicionales y texturales distintivas que presenta una cerámica o roca sedimentaria vista en el microscopio petrográfico y que las diferencian de otras. Para la denominación de los nombres de las petrofacies se utilizará el tipo de lítico más predominante.

Los resultados del análisis petrográfico cuantitativo (anexo 1) de los tipos cerámicos de los sitios arqueológicos analizados, muestran que las cerámicas están constituidas por matriz (54.7%), granos (35.36%) y poros (10%). Los granos son principalmente fragmentos líticos (41.6%) y feldespatos (40.8%), con un menor porcentaje de cuarzo (17.5%). Estas variaciones permiten determinar cuatro petrofacies (figuras 17 y 18, tabla 2 y 3). Las descripciones del tamaño de grano se hicieron utilizando la granulometría propuesta por el USDA (United States Department of Agriculture).

Las petrofacies se definieron considerando la composición modal que permitió una mejor discriminación de grupos de muestras. Las diferencias radican en el contenido de líticos volcánicos con textura felsítica, microlítica-*lathwork*, vitrofírica (figuras 17 y 18) y feldespatos. Los líticos tobáceos permitieron un grado de discriminación moderada (figura 19) y los líticos plutónicos y metamórficos, se presentaron en cantidades muy bajas por lo que no fueron considerados en la definición de las petrofacies.

La petrofacies A felsítica está presente únicamente en el sitio Cuicillos Cuates en 13 muestras de cerámica (n corresponde al número de muestras) Bandas Anchas rojo sobre bayo (n=3), negativo (n=2), Zonal rojo sobre bayo (n=3) y Blanco Levantado (n=5). La petrofacies B vitrofírica, se encuentra en 19 muestras de cerámica Ana María rojo sobre bayo (n=2), Moy rojo sobre bayo (n=2), teotihuacanoide (n=8), negativo La Cruz (n=1), negativo policromo (n=1), Cantinas *red-orange* (n=3) y Xajay rojo esgrafiado (n=2). Esta petrofacies se encuentra presente mayoritariamente en la cerámica del Rosario y en menor medida en la cerámica de los sitios El Zorrillo y Lagunillas II. La petrofacies C, microlítica, está presente exclusivamente en dos muestras de cerámica Tres Palos negativo policromo del sitio Cuicillos Cuates. La petrofacies D, feldespática, compone 31 muestras de las cuales 10 son de cerámica Moy rojo sobre bayo, dos de cerámica Ana María rojo sobre café, cuatro de Cantinas *red-orange*, dos negativo policromo, dos negativo bicromo, tres negativo La Cruz y seis incisos. Está presente principalmente en los sitios El Zorrillo, Lagunillas II y en menor medida en la cerámica del El Rosario.

Tabla 1. Parámetros definidos para el conteo de puntos.

Q	Cuarzo total
Qmr	Cuarzo monocristalino con extinción recta
Qmo	Cuarzo monocristalino con extinción ondulante
Qp2-3	Cuarzo policristalino en agregados de dos a tres cristales
Qp>3	Cuarzo policristalino en agregados mayores a tres cristales
QLp	Cuarzo en lítico plutónico
QLvf	Cuarzo en lítico volcánico felsítico
QLvit	Cuarzo en lítico volcánico vitrofírico
QLvT	Cuarzo en lítico volcánico tobáceo
F	Feldespatos total
Falk	Feldespatos alcalinos
FalkLp	Feldespatos alcalinos en lítico plutónico
FalkLvf	Feldespatos alcalinos en lítico felsítico
FalkLvit	Feldespatos alcalinos en lítico vitrofírico
FalkLvT	Feldespatos alcalinos en lítico tobáceo
Pg	Plagioclasas
PgZ	Plagioclasa zonada
PgLp	Feldespatos alcalinos en lítico plutónico
PgLvf	Feldespatos alcalinos en lítico felsítico
PgLvit	Feldespatos alcalinos en lítico vitrofírico
PgLvT	Feldespatos alcalinos en lítico tobáceo
PgLvMic	Plagioclasa en lítico volcánico microlítico
PgLvit	Plagioclasa en lítico volcánico <i>lathwork</i>
Vid	Vidrio volcánico
Bt	Biotita
Af	Anfibol
Px	Piroxeno
Ox	Óxido
LitP	Lítico plutónico
Op	Minerales opacos
Lvf	Lítico volcánico felsítico
Lvitnv	Lítico volcánico vitrofírico no vesicular
Lvity	Lítico volcánico vitrofírico vesicular
LvT	Lítico volcánico tobáceo
LvMic	Lítico volcánico microlítico
Lvlt	Lítico volcánico <i>lathwork</i>
Lmt	Lítico metamórfico
Mtz	Matriz
Poros	Poros

Tabla 2. Concentraciones promedio de las petrofacies A, B, C y D. En la primera fila correspondiente a cada petrofacies se muestran los porcentajes de los principales componentes de las cerámicas (n=número de muestras): cuarzo (Q), feldespato (F) y líticos (L). En la fila inferior se muestran los componentes utilizados para la definición de las petrofacies: Lvf (lítico volcánico felsítico), Lmic+Lvlit (lítico microlítico-*lathwork*) y Lv (lítico vitrofórico).

Petrofacies A		n=13		
	Min	Max	Media	Desviación estándar
Q%	17.2	38.6	26.0	5.4
F%	27.9	43.1	34.7	5.0
L%	21.1	49.7	39.3	7.7
Lvf%	8.3	69.4	51.2	15.2
Lvmic+Lvlit %	3.4	27.8	10.1	6.9
Lvitv+Lvitnv%	14.8	66.7	38.7	14.5
Petrofacies B		n=19		
	Min	Max	Media	Desviación estándar
Q%	4.7	21.7	12.0	4.1
F%	18.1	42.1	31.6	6.8
L%	37.0	75.8	56.4	10.0
Lvf%	0.0	11.3	4.9	3.3
Lvmic+Lvlit %	0.0	19.2	3.7	4.6
Lvitv+Lvitnv%	76.7	99.2	91.4	6.0
Petrofacies C		n=2		
	Min	Max	Media	Desviación estándar
Q%	3.0	4.4	3.7	0.9
F%	5.6	8.2	6.9	1.9
L%	87.4	91.4	89.4	2.8
Lvf%	0.0	1.2	0.6	0.8
Lvmic+Lvlit%	79.2	89.6	84.4	7.3
Lvitv+Lvitnv%	9.2	20.8	15.0	8.2
Petrofacies D		n=31		
	Min	Max	Media	Desviación estándar
Q%	7.1	24.7	14.5	5.5
F%	44.1	61.0	52.5	5.0
L%	21.4	42.8	33.0	6.3
Lvf%	1.3	33.3	9.6	8.5
Lvmic+Lvlit %	34.5	71.4	55.4	12.9
Lvitv+Lvitnv%	19.0	51.7	35.0	11.3

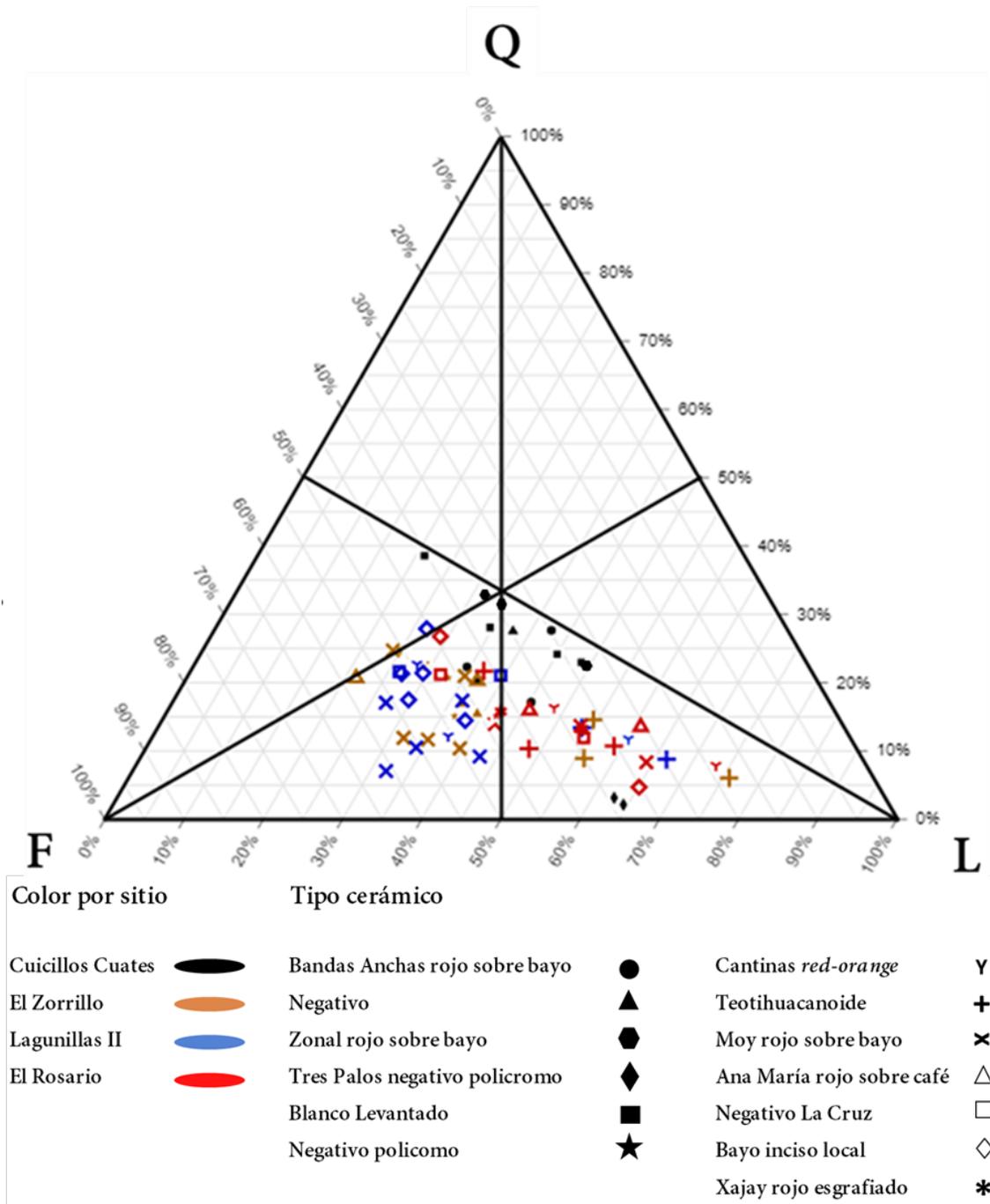


Figura 17. Diagrama ternarios cuarzo (Q), feldespato (F) y fragmentos líticos (L), que muestra la composición de las 65 muestras cerámicas.

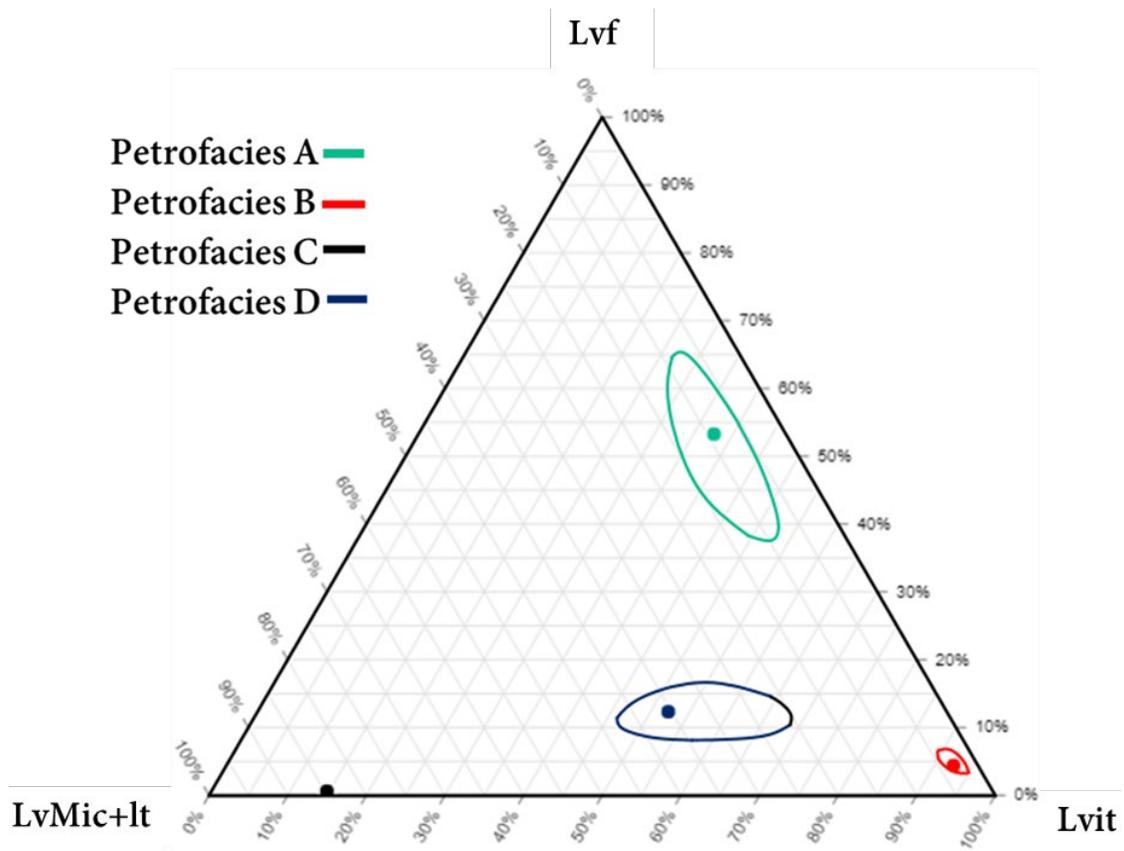


Figura 18. Petrofacies A, B, C y D con centro de confianza al 99%, considerando las composiciones promedio de líticos felsíticos (Lvf), microlíticos más *lathworks* (LvMic+lt) y líticos vitrofíricos vesiculares y no vesiculares (Lvit).

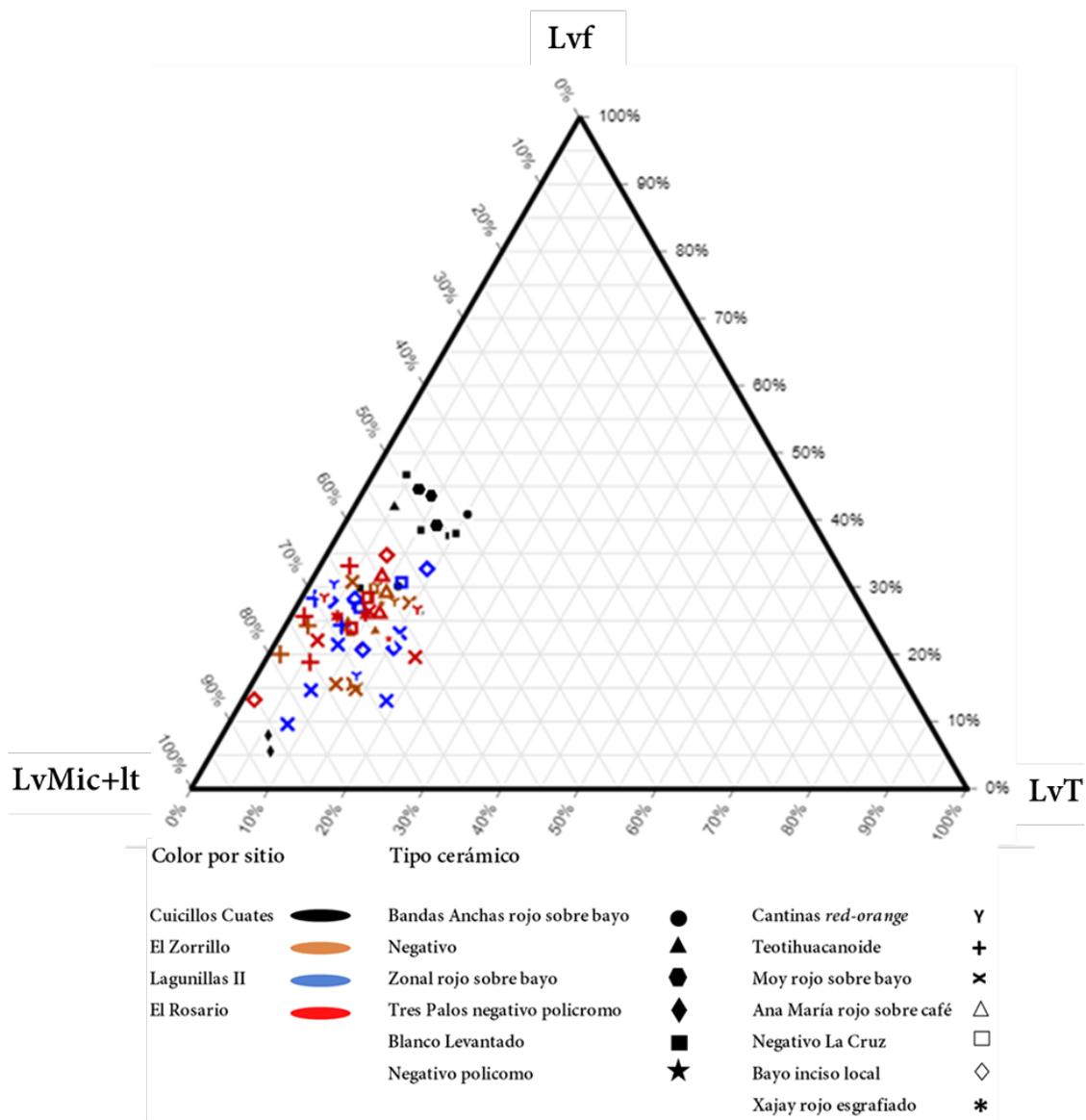


Figura 19. Concentraciones de líticos felsíticos (LvF), microlíticos más *lathwork* (LvMic+It) y líticos tobáceos (LvT).

Tabla 3. Parámetros utilizados para calcular los vértices del diagrama QFL.

Parámetros utilizados para el diagrama QFL	
Q	$Q_{mr}+Q_{mo}+Q_{p2-3}+Q_{p2-3}+Q_{p>3}+Q_{Lvf}+Q_{Lp}+Q_{Lvit}+Q_{LvT}$
F	$F_{alk}+F_{alkLvf}+F_{alkLp}+F_{alkLvit}+F_{alkLvT}/t+Pg_{Nz}+Pg_{Zn}+Pg_{Zo}+Pg_{LvMic}+Pg_{Lvit}+Pg_{Lvf}+Pg_{Lp}+Pg_{Lvit}+Pg_{LvT}$
L	$Lvf+Lp+LvMic+Lvlt+LvT+Lmt+Lvity+Lvityv$

5.1 Petrofacies A felsítica

Esta subpetrofacies (figura 20) se caracteriza por presentar granos de tamaño de arena fina a gruesa y una predominancia de líticos volcánicos felsíticos, que en promedio conforman un 12.5% de los granos totales. Los líticos son subangulosos a subredondeados y presentan textura equigranular y con menos frecuencia seriada, con cristales de cuarzo y feldespato subhedrales. Algunos granos pueden contener fenocristales. Ocasionalmente la mesostasis presenta alteración y oxidación, mientras que los cristales de feldespato pueden presentar alteración a minerales de arcilla. Los líticos vitrofíricos (8.8%) consisten en fragmentos de vidrio comúnmente alterado con pequeños cristales de cuarzo y feldespato, sílice amorfa y calcedonia. También muestran texturas vesiculares, producto de las burbujas de gas que permanecieron en el fluido hasta su vitrificación. El vidrio volcánico constituye un 22.1% del total de granos. Esta presente principalmente en formas tipo, luna, *cusp* y en menor medida *rod*.

Los líticos tobáceos (5.4%) en esta petrofacies muestran texturas felsíticas y vítreas. En algunos líticos la textura es criptocristalina. Comúnmente los líticos tobáceos presentan una mesostasis devitrificada con cristales creciendo en forma de abanico. Los líticos tobáceos con textura fluidal son escasos. Los líticos microlíticos y *lathwork* representan en promedio un 2.1% del total de fragmentos líticos. Los microlíticos presentan cristales alargados de plagioclasa, embebidos en una mesostasis afanítica o vitrofírica, comúnmente alterada. Algunos microlíticos

presentan textura intergranular, con cristales de piroxeno y plagioclasa. Los líticos *lathwork* exhiben fenocristales de plagioclasa con forma cuadrada ocasionalmente zonados, embebidos en una matriz comúnmente afanítica. Los líticos plutónicos son menores al 0.7% del total de líticos. Exhiben cristales de feldespato y cuarzo con texturas seriadas y equigranulares. Los contactos son irregulares y rectos. Los líticos más escasos son los metamórficos (0.01% del total) y se encontraron metafelsitas y anfibolitas. Las metafelsitas presentan cristales de cuarzo y se distinguen por presentar un incipiente clivaje y una migración de los contactos entre cristales. Las anfibolitas se distinguen por presentar grandes cristales de anfíbol y en menor medida biotita.

El feldespato es el mineral más abundante, representando en promedio un 26% de los granos totales. Los cristales tienen un tamaño de arena fino y en menor medida grueso y exhiben textura subangulosa a subredondeada. El feldespato alcalino predomina por sobre la plagioclasa ($Fto/Pg \sim 1.44$). El feldespato potásico está presente principalmente en forma de cristales subhedrales. En algunos casos se le distingue por su maclado simple y por presentar una superficie borrosa, producto de la alteración a minerales de arcilla. En algunos casos esta alteración se presenta preferentemente en los planos de clivaje. Algunos cristales presentan fracturas y escasamente crecimientos perfiticos. La plagioclasa exhibe maclado polisintético y en menor medida zonación normal ($PgZn/PgNz \sim 0.014$) y ondulatoria ($PgZo/PgNz \sim 0.03$). Algunos cristales presentan alteración a sericita.

El cuarzo en la petrofacies A está presente en forma angulosa a subredondeada con tamaños de arena fina a gruesa. Constituye en promedio un 19.6% de los granos totales. El cuarzo monocristalino presenta en su mayoría extinción recta y en menor cantidad ondulante ($Qmr/Qmo \sim 15.6$). Algunos cristales presentan fracturas y bahías de reabsorción. Las vesículas y estrías se presentan con mayor número en cuarzo con extinción ondulante. El cuarzo policristalino es menos común que el monocristalino ($Qp/Qm \sim 0.01$) y se presenta en agregados de dos a tres cristales o mayor a tres en cantidades similares ($Qp2-3/Qp > 3 \sim 1.1$). Los contactos

en estos agregados de cristales suelen ser irregulares y con menos frecuencia en forma de "Y".

Los minerales accesorios más abundantes son los minerales opacos (1.44%). Se contabilizaron cristales subhedrales de piroxeno (0.04%), biotita (0.08%) y anfíbol (0.04%) en cantidades muy escasas.

La matriz está compuesta principalmente por minerales arcillosos no diferenciados y presenta una tonalidad café a naranja. Constituye el 52.6% de los puntos contados.

Los poros conforman el 13% del total de puntos. Presenta una amplia diversidad de formas, principalmente cerradas amorfas, alargadas, curvadas y abiertas. Algunos granos de tamaño grueso presentan poros a lo largo de sus bordes.

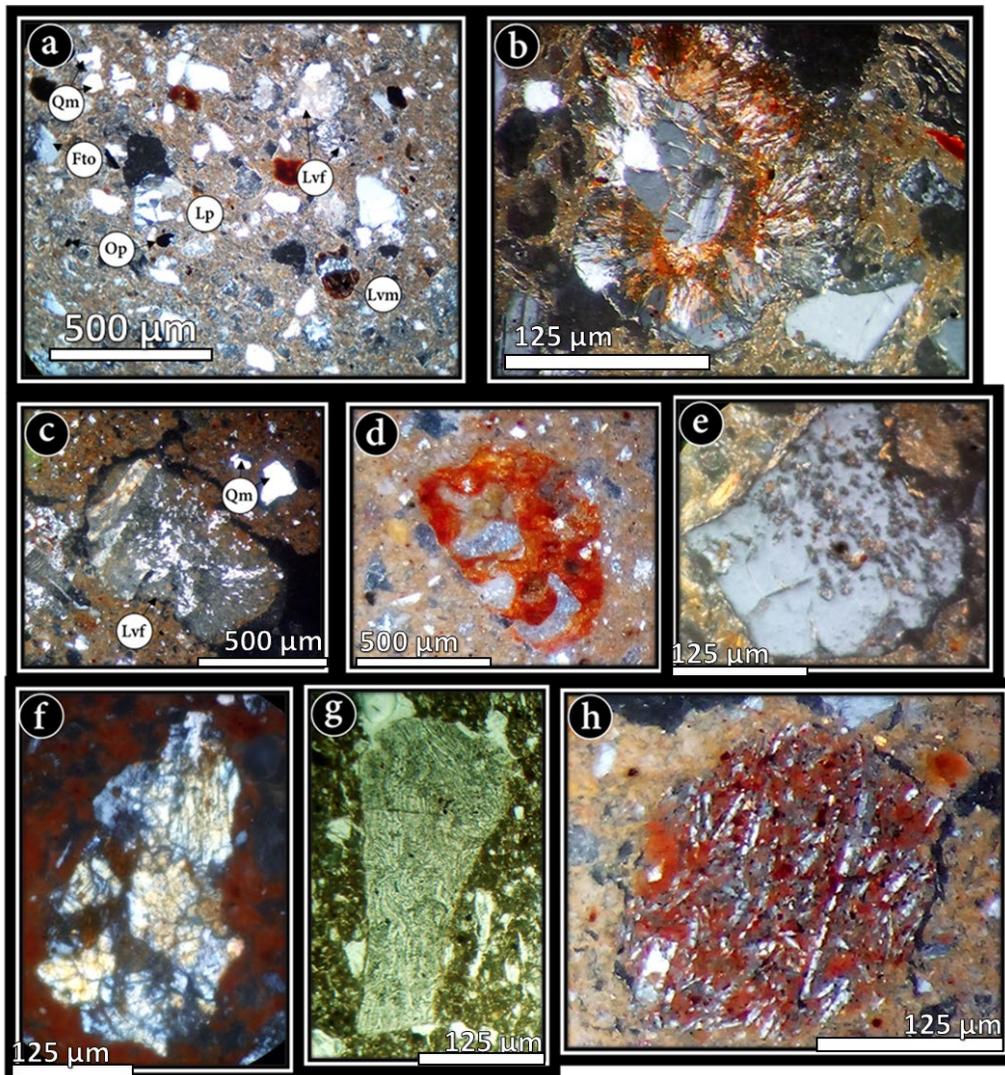


Figura 20. a) Microfotografías de la petrofacies A. Cuarzo monocristalino (Qm), feldespato (Fto), minerales opacos (Op), lítico plutónico (Lp), lítico felsítico, lítico volcánico microlítico. b) Lítico plutónico hipabasal. c) Cuarzo monocristalino, lítico volcánico felsítico. d) Lítico tobáceo con mesostasis alterada. e) Cristal de feldespato con alteración a minerales de arcilla. f) Lítico metamórfico. g) Fragmento de toba no soldada. h) Lítico microlítico con mesostasis oxidada.

5.2 Petrofacies B vitrofírica

Esta petrofacies (figura 121) exhibe una predominancia de líticos vitrofíricos vesiculares, constituyendo un 26.6% de los granos totales. Estos líticos presentan vesículas redondeadas de forma circular y ovalada y ocasionalmente muestran oxidación y crecimientos de sílice amorfo dentro de las vesículas. El vidrio volcánico conforma un 32.1% de los granos y presenta formas tipo *cusps*, *lune* y en menor medida *rod*.

Los líticos tobáceos están presentes en un 1.98% en esta petrofacies y son subangulosos a subredondeados, muestran texturas felsíticas, vítreas y afaníticas. Frecuentemente la mesostasis de estos líticos presenta desvitrificación, con cristales creciendo en forma de abanico. Los líticos tobáceos de textura fluidal son mucho menos frecuentes y se distinguen por presentar cristales o fragmentos de vidrio con orientación embebidos en matriz vitrofírica. Los líticos vitrofíricos no vesiculares están presentes como fragmentos de vidrio con textura subredondeada y angulosa, se observan frecuentemente alterados y tienen pequeños cristales de cuarzo y feldespatos. Los vitrofíricos incluyen fragmentos de sílice amorfa. En la mayoría de los casos muestran texturas equigranulares o afaníticas. Las formas de alteración más frecuentes son la desvitrificación de la matriz, la oxidación y la alteración de los feldespatos constituyentes. Los líticos microlíticos y *lathwork* representan en promedio un 1.04% del total de líticos y tienen texturas subredondeadas a subangulosas. Los líticos microlíticos presentan cristales de plagioclasa normalmente alargados, embebidos en una mesostasis mayormente afanítica y menos frecuentemente vitrofírica. Raramente presentan textura intergranular, en cuyo caso exhiben piroxeno y minerales opacos, en los espacios existentes entre los cristales de plagioclasa. Los líticos *lathwork* presentan cristales y fenocristales de plagioclasa embebidos en una matriz afanítica y vitrofírica. Los fenocristales de plagioclasa pueden presentar formas cúbicas y zonación. Presentan de manera infrecuente textura intergranular, en la que se presentan cristales de olivino entre las plagioclasas. Los líticos felsíticos en esta subpetrofacies representan un 1.4% del total de granos. Los líticos más escasos son los metamórficos (.07% del total de granos) y se encontraron metafelsitas de grado tres, que exhibían un fuerte clivaje e intercrecimiento de micas entre los cristales de cuarzo.

El feldespato es el mineral más frecuente en la petrofacies B, constituye en promedio un 19.1 % de los granos totales. Los cristales tienen un tamaño de arena fino y con menor frecuencia grueso, con textura angulosa a subredondeada y forma subhedral y anhedral. La plagioclasa es más abundante que el feldespato alcalino (Pg/Fto~1.43). Los cristales de plagioclasa suelen ser subhedrales y se les distingue

por su maclado polisintético y la presencia de zonación ($PgNz/PgZ \sim 5.5$), siendo más frecuente la zonación ondulatoria ($PgZo/PgZn \sim 1.36$). Algunos cristales presentan fracturas y escasamente crecimientos antipertícticos. Se observa ocasionalmente alteración a sericita. El feldespato potásico se distingue por su maclado simple y por presentar ocasionalmente la superficie alterada a minerales de arcilla.

El cuarzo en esta subpetrofacies está presente en forma subhedral y anhedral, textura subangulosa a subredondeada, con tamaños de arena fina a gruesa y compone un 7.46% de los granos totales. El cuarzo monocristalino con extinción recta predomina sobre el cuarzo monocristalino con extinción ondulante ($Qmr/Qmo \sim 5.7$). Los cristales presentan ocasionalmente bahías de reabsorción y fracturas, además de vesículas y estrías en mucha menor frecuencia. El cuarzo policristalino es muy raro en esta petrofacies ($Qm/Qp \sim 11.2$) y se presenta principalmente en agregados de 2 a 3 cristales con contactos suturados o rectos.

Los minerales accesorios identificados son minerales opacos (1.27%), piroxeno (1.6%) y anfíbol (1.6%), que presentaban formas subhedrales, distinguibles por su clivaje en 90° y 120° respectivamente y biotita (0.087%), que exhibía un fuerte pleocroísmo de naranja claro a rojo intenso.

En general se observa que los granos muestran un tamaño de arena grueso y en menor medida fino, con textura angulosa y en menor medida subangulosa a subredondeada.

La matriz está compuesta por minerales arcillosos no identificados, muestra una tonalidad café clara a oscura. Constituye el 56.8% del total de puntos.

Los poros son el 7.8% del total de puntos. Se presentan en formas cerradas amorfas, alargadas, curvas y abiertas. Ocasionalmente se ubican a lo largo de los lados de granos de tamaño grueso.

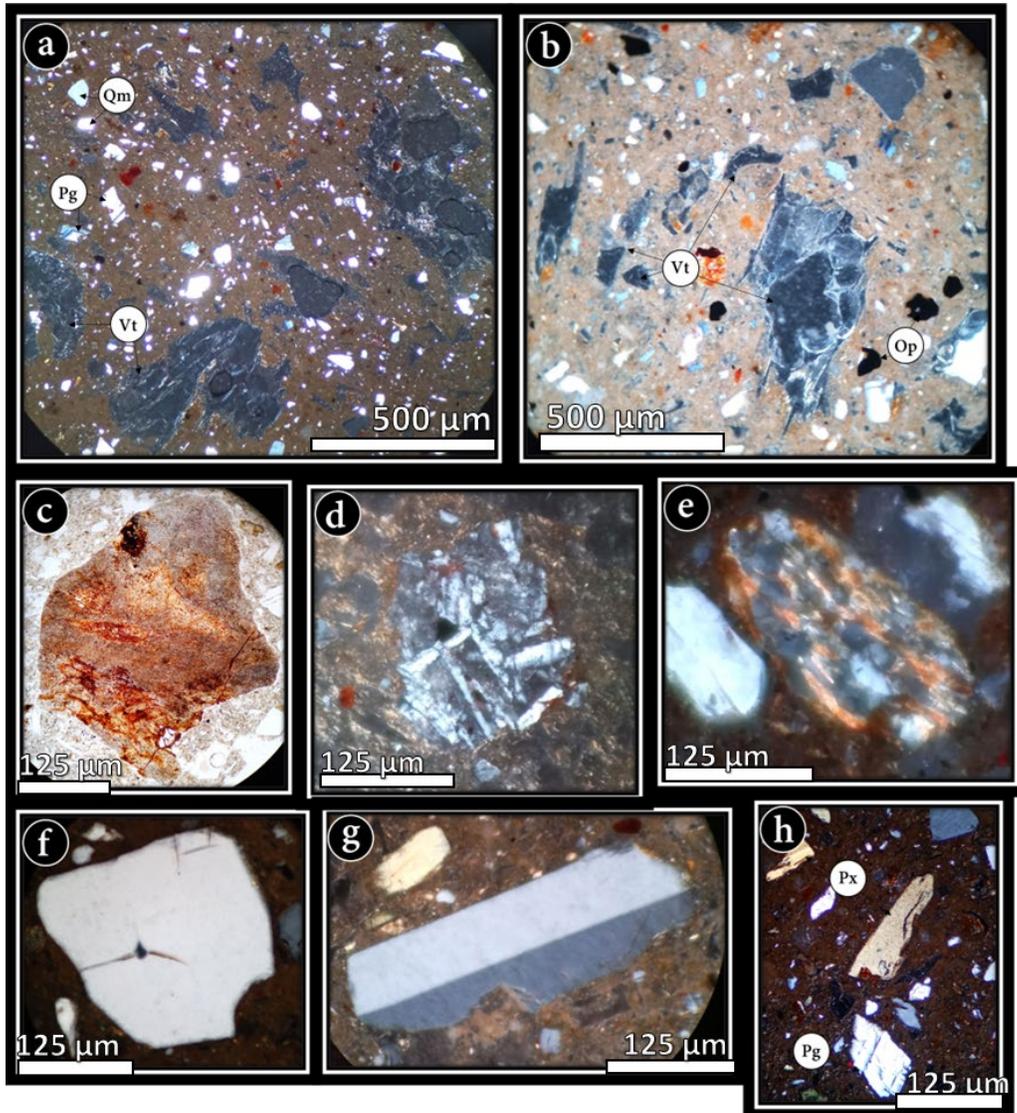


Figura 21. Microfotografías de la petrofacies B. a) Lítico vitrofórico vesicular (Vt), plagioclasa (Pg) y cuarzo monocristalino (Qm). b) Líticos vitrofóricos vesiculares (Vt) y minerales opacos (Op). c) Lítico tobáceo. d) Lítico microlítico con mesostasis afanítica. e) Lítico metamórfico. f) Cristal de cuarzo con bahías de reabsorción. g) Cristal de sanidino. h) Cristales de piroxeno (Px) y plagioclasa (Pg).

5.3 Petrofacies C microlítica

Esta petrofacies (figura 22) está conformada principalmente por líticos (44.6%), feldespato (23.4%) y una pequeña cantidad de cuarzo (1.8%). Los granos presentan textura subredondeada a angulosa con un tamaño de grano muy fino a fino.

Los líticos microlíticos y *lathwork* en conjunto componen la población de granos más elevada con 28.4% y 7.9% del total de granos, respectivamente. Exhiben cristales y fenocristales de plagioclasa embebidos en una matriz vitrofírica en general con nulas muestras de alteración. Frecuentemente presentan cristales de piroxeno y olivino en una textura intergranular.

Los líticos tobáceos (1.8%) en esta petrofacies se muestran en general como fragmentos de vidrio con cristales de feldespato y cuarzo embebidos en una mesostasis oxidada. Los líticos felsíticos (0.261%) se presentan con textura equigranular afanítica. Los líticos vitrofíricos vesiculares son muy escasos (0.13%) y son de tipo *rod*. El vidrio volcánico conforma un 23.4% de los granos y se presenta principalmente en formas tipo *rod*.

El feldespato representa un 23.4% del total de granos y se presenta en forma de cristales subhedrales, siendo la plagioclasa considerablemente más abundante que el feldespato alcalino ($Pg/Fto \sim 5.96$). La plagioclasa exhibe maclado polisintético y en algunos casos presenta alteración a minerales de arcilla. Muestra zonación ondulatoria y normal ($PgZo/PgZn \sim 3$). El feldespato potásico se distingue por presentar maclado simple y frecuentemente presenta alteración.

El cuarzo se contabilizó en bajas cantidades (1.8% del total de granos), en su mayoría de tipo monocristalino con extinción recta y en menor medida ondulante ($Qmr/Qmo \sim 6$). Los minerales accesorios que se contabilizaron fueron: piroxeno (4.2%), opacos (0.9%) y anfíbol (0.4%).

La matriz está constituida por minerales arcillosos no identificados y constituye el 67.2% de los puntos contados.

Los poros forman el 7.6% del total de puntos. Se presentan en formas cerradas amorfas, alargadas, abiertas y ocasionalmente están presentes a lo largo de los bordes de granos de tamaño grueso.

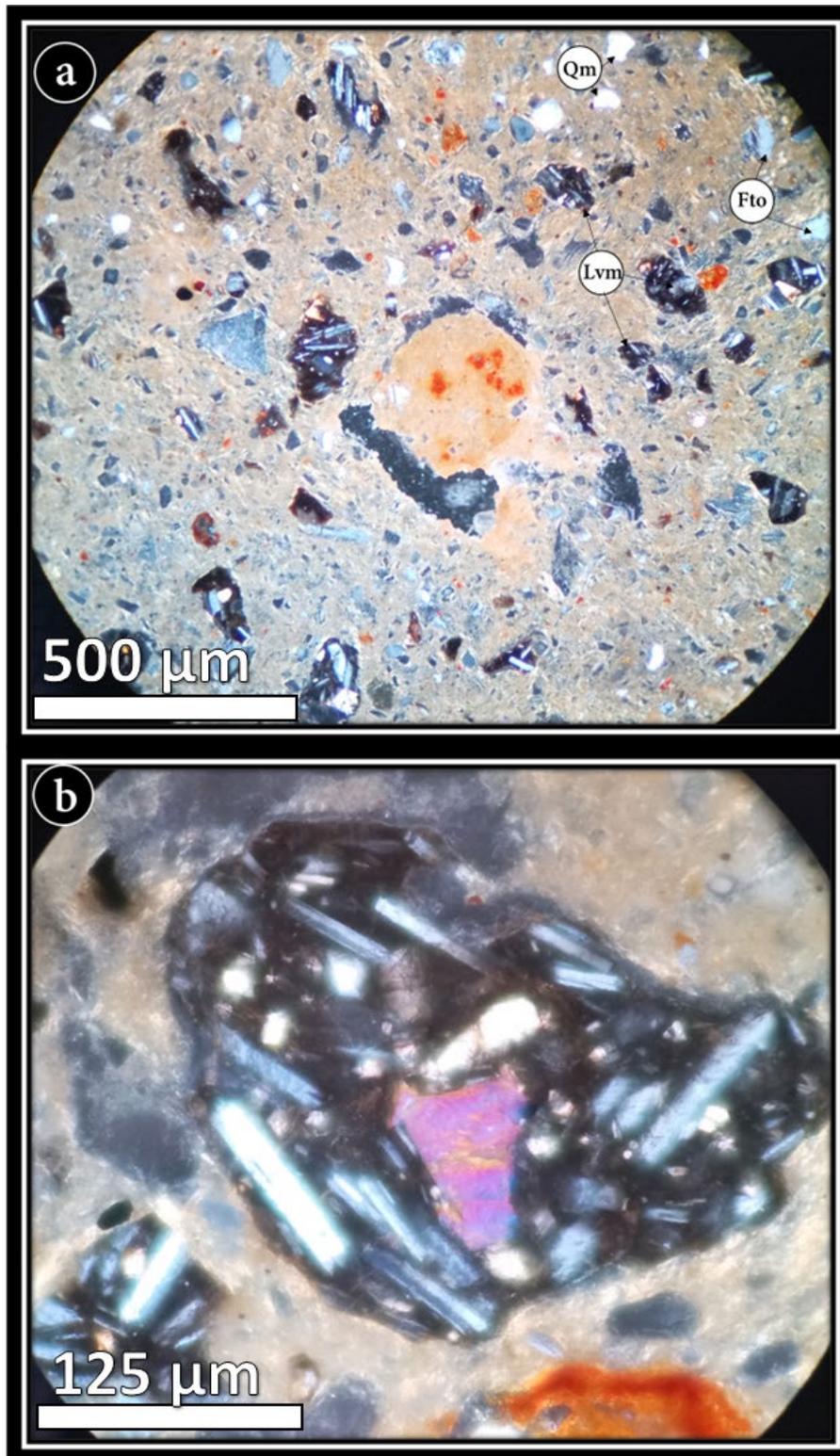


Figura 22. Microfotografías de la petrofacies C. a) Cuarzo monocristalino, feldespato (Fto) y lítico volcánico microlítico (Lvm). b) Lítico volcánico microlítico con cristales de plagioclasa y piroxeno.

5.4 Petrofacies D feldespática

La petrofacies D (figuras 23 y 24) se caracteriza por ser rica en feldespatos que representan el 36.13% de los granos totales, fragmentos líticos (24.2%) y cuarzo (13%). Los feldespatos tienen textura angulosa a subredondeada. La plagioclasa es el feldespato más abundante ($Pg/Fto \sim 1.97$). Exhibe mayormente formas subhedrales y con menor frecuencia euhedrales. Presenta maclado polisintético además de zonación ($PgNZ/PgZ \sim 6.9$). La alteración a minerales de arcilla se presenta de forma regular, además de fracturamiento. El feldespato alcalino muestra maclado simple. La alteración a minerales de arcilla es frecuente y puede presentarse a lo largo de los planos de clivaje. Algunos cristales exhiben texturas perfiticas. El cuarzo se presenta principalmente como granos subhedrales monocristalinos con extinción recta y en menor cantidad con extinción ondulante ($Qmr/Qmo \sim 8.5$), con textura angulosa a subredondeada. Algunos cristales muestran fracturamiento, bahías de reabsorción y con mayor frecuencia vesículas. El cuarzo policristalino se presenta con menor frecuencia ($Qm/Qp \sim 12.89$), exhibiendo frecuentemente de 2 a 3 cristales por grano ($Qp2-3/Qp > 3 \sim 2.1$). Los contactos entre los granos de cuarzo policristalino suelen ser suturados y con menor frecuencia rectos. Los minerales accesorios son opacos (2.8%), piroxenos (0.85%), biotita (0.73%) y anfíbol (0.5%) con formas subhedrales.

Los líticos vitrofíricos son los más comunes (7%), presentando comúnmente texturas vesiculares o de alteración, exhibiendo ocasionalmente crecimientos de sílice amorfo. Algunos contienen pequeños cristales de feldespato o cuarzo de manera infrecuente. El vidrio volcánico está presente en un 19.75% del total de granos. Las formas más comunes son de tipo luna, *cusp* y *rod*.

Los líticos microlíticos (5.1%) se caracterizan por presentar cristales alargados de plagioclasa con textura intersetal y menos frecuentemente intergranular con cristales de piroxeno. La mesostasis presenta normalmente desvitrificación. Los líticos *lathwork* (1.2%) presentan cristales y fenocristales de plagioclasa embebidos en una mesostasis afanítica. Raramente presentan textura intergranular, en cuyo caso exhiben cristales subhedrales de piroxeno o anfíbol. Son raros los microlíticos

y *lathwork* que presentan orientación en los cristales. Los líticos tobáceos (5.9%) se caracterizan por presentar frecuentemente desvitrificación o una mesostasis afanítica. Los líticos tobáceos raramente presentan textura fluidal. Los líticos felsíticos (2.3%) presentan cristales de feldespato y cuarzo con textura equigranular, embebidos en una mesostasis frecuentemente desvitrificada. Estos líticos presentan comúnmente oxidación. Los líticos plutónicos (0.14%) presentan cristales de feldespato y cuarzo con contactos suturados y rectos. Los líticos menos comunes son los líticos metamórficos (0.03%). Se encontraron metafelsitas de grado tres, que exhibían cristales de cuarzo con contactos en proceso de migración. También presentan un fuerte clivaje e intercrecimiento de micas entre los cristales de cuarzo (figura 20).

En general los granos presentan textura subredondeada a subangulosa y un tamaño de arena fino a grueso, con predominancia de granos de tamaño medio.

La matriz se compone de minerales arcillosos no diferenciados y presenta una tonalidad café claro a café oscuro. Representa el 52.7% del total de puntos.

Los poros forman el 10.5% del total de puntos. Se presentan en formas cerradas amorfas, alargadas, curvas y abiertas. También se les observa circunstancialmente a lo largo de granos de tamaño grueso.

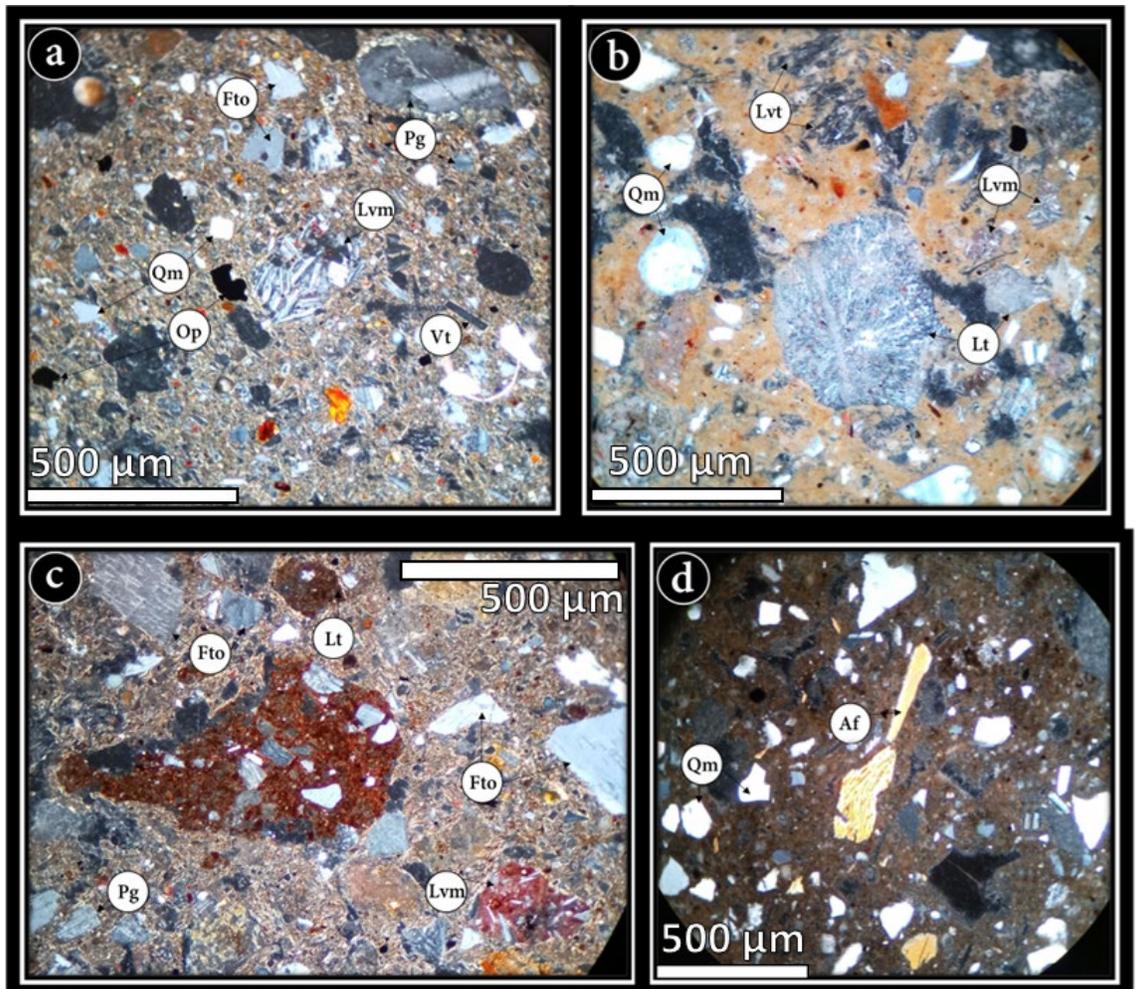


Figura 23. Microfotografías de la petrofacies B. a) Cuarzo monocristalino (Qm), feldespato (Fto), minerales opacos (Op), plagioclasa (Pg), lítico volcánico microlítico con textura intergranular, fragmento de vidrio tipo *rod* (Vt). b) Cuarzo monocristalino, lítico vitrofirico vesicular (Lvt), lítico volcánico microlítico (Lvm), lítico tobáceo (Lt). c) Cristales de feldespato (Fto), plagioclasa (Pg), líticos tobáceos (Lt) y lítico microlítico (Lvm). d) Cuarzo monocristalino, cristales de anfíbol (Af) y líticos vitrofiricos vesiculares (Lvt).

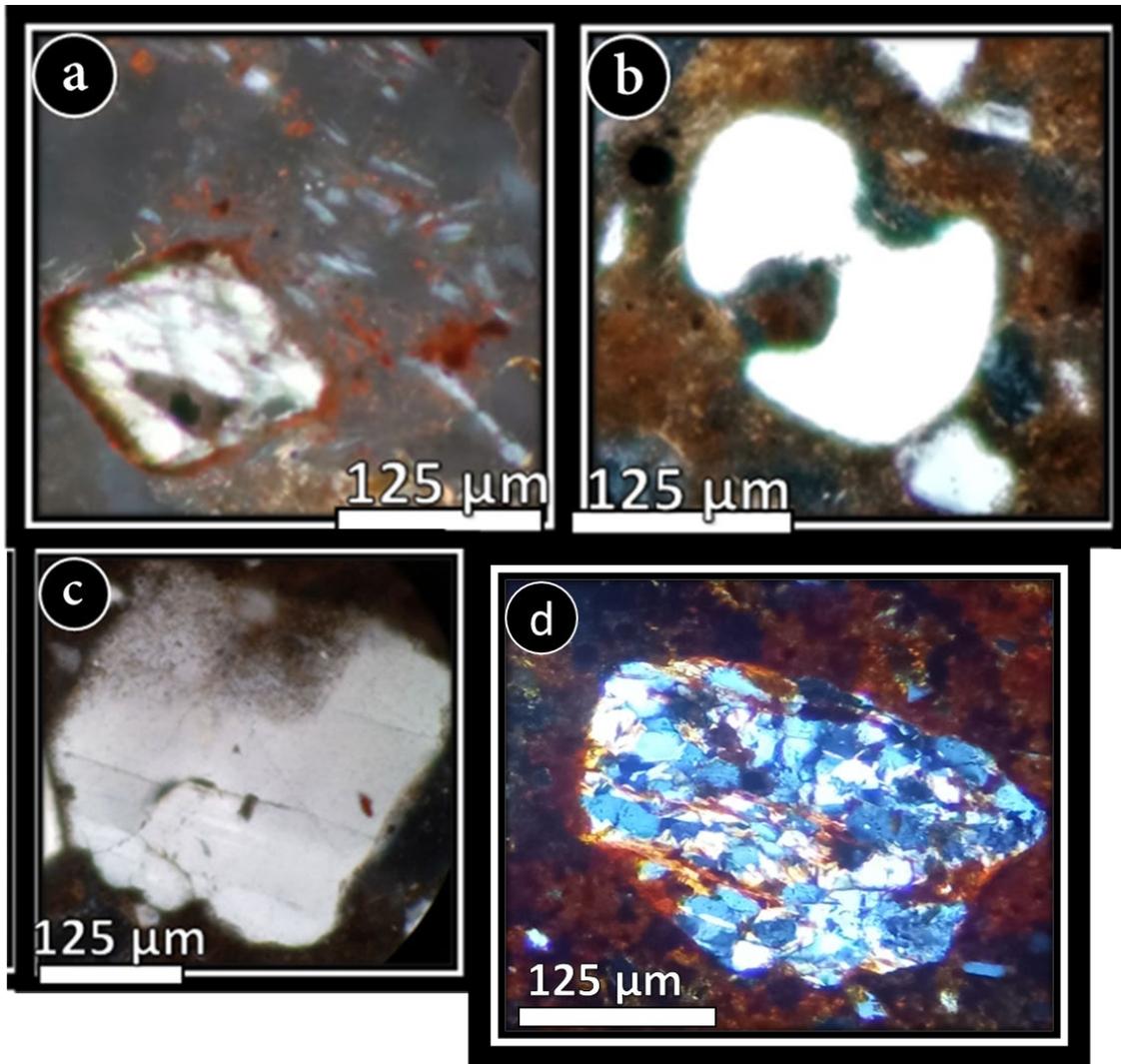


Figura 24. Microfotografías de la petrofacies D. a) Piroxeno en lítico microlítico, b) cuarzo con bahías de corrosión, c) feldespato con alteración a minerales de arcilla, d) lítico metamórfico.

5.5 Petrografía de sedimentos

Las muestras de sedimentos presentan diferencias composicionales importantes entre el contenido de cuarzo, el tipo de feldespato presente y principalmente en los tipos de fragmentos líticos. Estas diferencias se deben en parte al tamaño de grano en algunas muestras, especialmente en las muestras de sedimentos que presentaban tamaños de arena muy grueso a grava fina. A continuación, se describen los resultados del análisis petrográfico en ocho muestras de sedimentos (figuras 25 y 26).

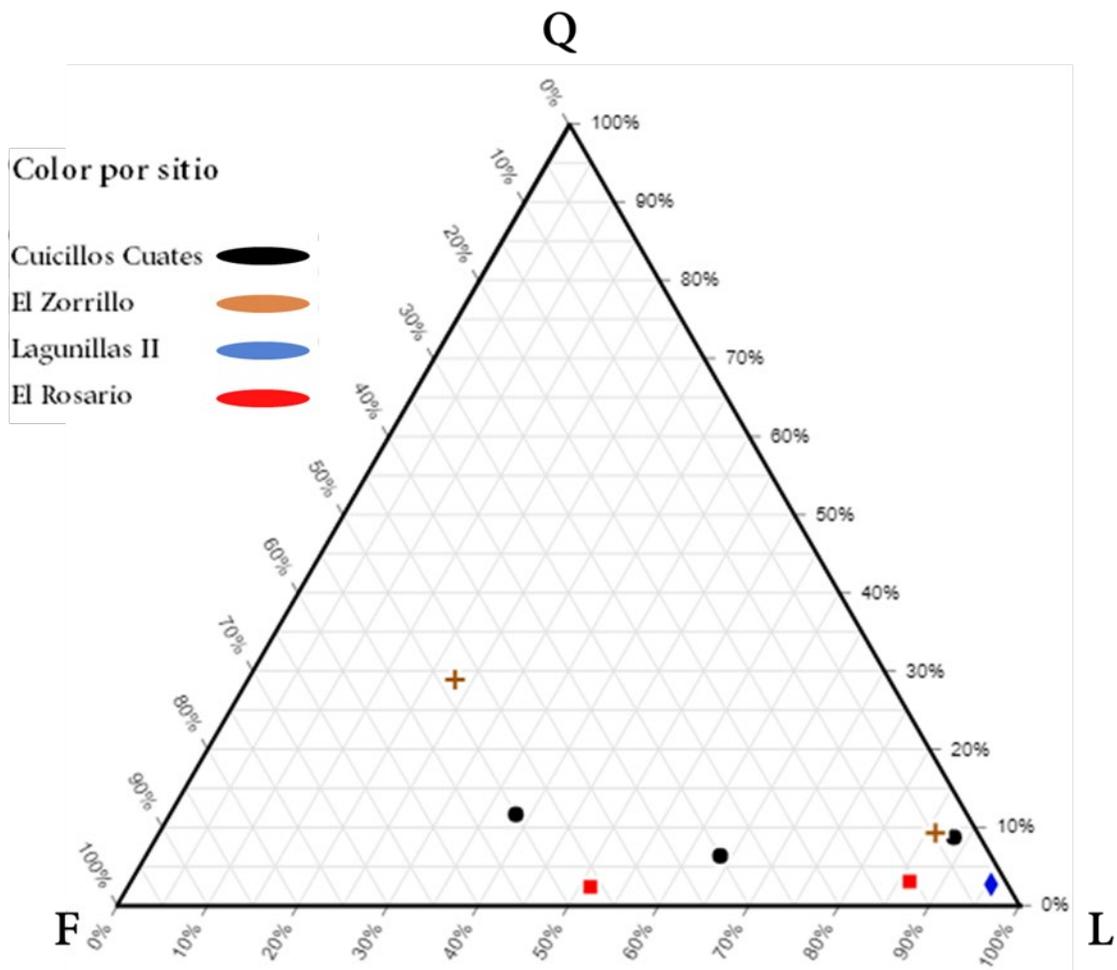


Figura 25. Marco composicional de los sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos.

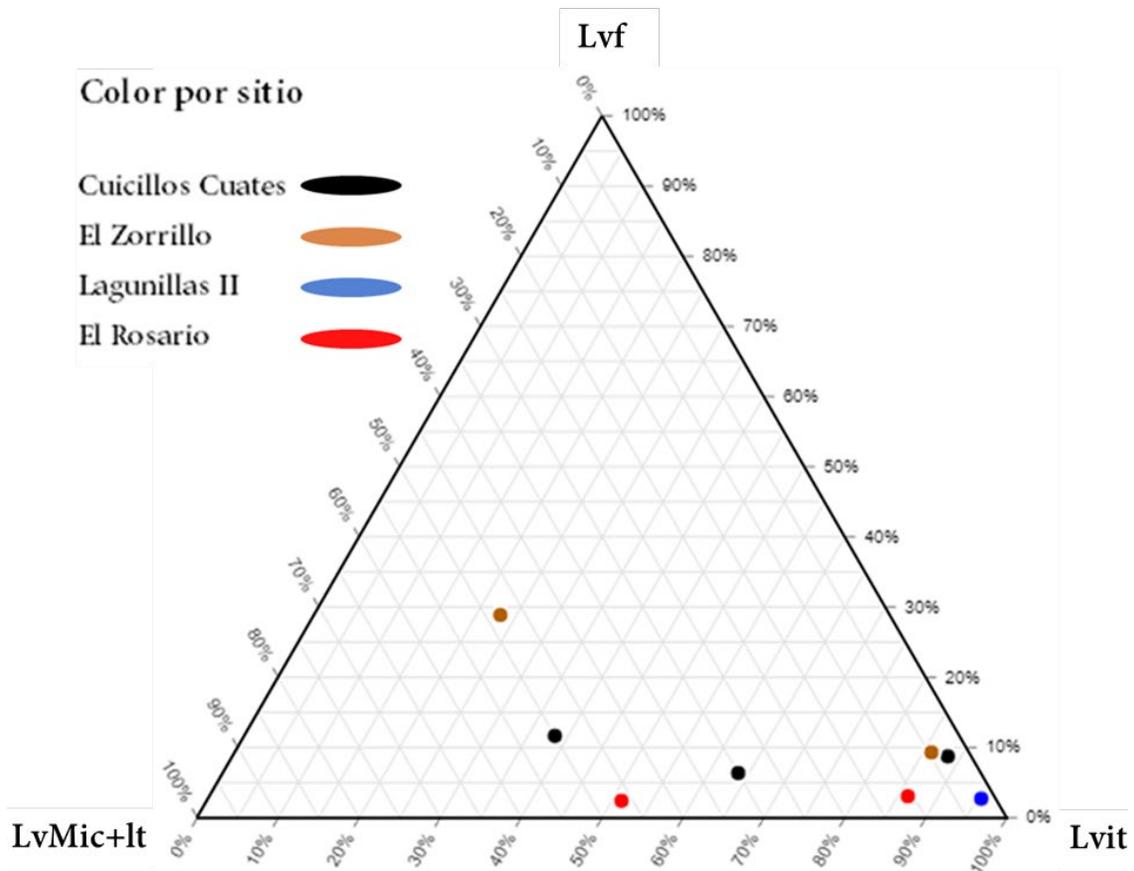


Figura 26. Variaciones composicionales en líticos felsíticos, microlíticos, *lathwork* y vitrofíricos vesiculares y no vesiculares en sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos.

5.5.1 Sedimentos sitio Cuicillos Cuates

Los sedimentos de Cuicillos Cuates (figura 27) contienen 62% de fragmentos líticos, 9% de cuarzo y 8.8% de feldspatos. Texturalmente los granos son subredondeados a subangulosos y tienen tamaños de arena fina a muy gruesa. Los líticos predominantes son los líticos vitrofíricos (12.75%), que consisten principalmente en sílice amorfa y fragmentos de vidrio oxidado o desvitrificado. Los líticos tobáceos constituyen el 10.52% del total de granos y exhiben texturas vítreas, felsíticas y fluidales. Frecuentemente presentan una mesostasis desvitrificada o

alterada, con cristales de feldespato y cuarzo, con texturas equigranulares e inequigranulares. Los líticos felsíticos (11%) consisten en granos con cristales de feldespato y cuarzo embebidos en una matriz desvitrificada que pueden presentar alteración. Los líticos plutónicos (4.7%) presentan principalmente feldespato y cuarzo con texturas seriadas y contactos irregulares. Los microlíticos y *lathwork* presentan cristales y fenocristales de plagioclasa en una mesostasis afanítica, frecuentemente alterada.

El cuarzo monocristalino muestra textura subredondeada, con extinción recta y raramente ondulada ($Q_{mr}/Q_{mo} \sim 14$). Los cristales presentan vesículas y escasamente fracturas y bahías de reabsorción. El feldespato tiene textura subangulosa a subredondeada y forma subhedral. El feldespato alcalino es más frecuente que la plagioclasa ($F_{to}/P_{g} \sim 1.5$) y exhibe maclado simple, mientras que la plagioclasa muestra maclado polisintético y zonación ($P_{gNZ}/P_{gZ} \sim 16.5$). Ambos tipos de feldespato presentan regularmente alteración a minerales de arcilla y raramente crecimientos perfiticos. Los minerales accesorios presentes son minerales opacos (3.8%) y piroxeno (1.1%)

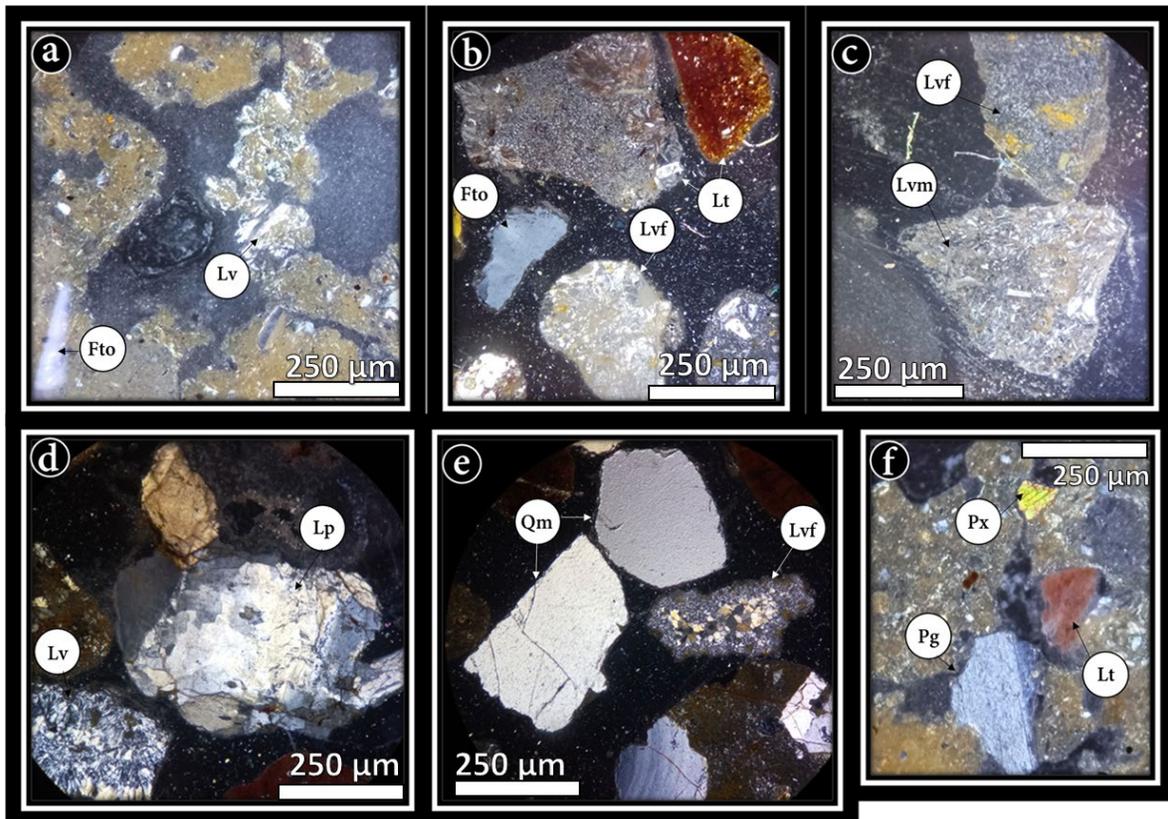


Figura 27. Microfotografías de sedimentos del sitio Cuicillos Cuates. a) Lítico vitrofirico (Lv) y feldespato (Fto). b) Lítico tobáceo (Lt), Lítico volcánico felsítico (Lvf) y cristal de feldespato (Fto). c) Lítico volcánico felsítico (Lvf) y Lítico volcánico microlítico (Lvm). d) Lítico volcánico felsítico (Lvf) y lítico plutónico (Lp). e) Cuarzo monocristalino (Qm) y lítico volcánico felsítico (Lvf). f) Cristales de plagioclasa (Pg), piroxeno (Px) y lítico tobáceo.

5.5.2 Sedimentos sitio El Zorrillo

Las muestras de sedimentos del Zorrillo (figura 28) estas compuestas por fragmentos líticos (52%), cuarzo (27.5%) y feldespato (20.4%). Los granos presentan texturas redondeadas a angulosas y un tamaño de arena muy fina a muy gruesa. Los líticos más abundantes son los líticos volcánicos microlíticos (10.3%) y *lathwork* (6%). Presentan cristales y fenocristales de plagioclasa inmersos en una mesostasis afanítica, frecuentemente alterada. Algunos microlíticos y *lathwork* presentan pequeños cristales de piroxeno. Los líticos tobáceos (8.8%) presentan texturas vítreas, felsíticos y fluidales. Estos líticos frecuentemente presentan una mesostasis desvitrificada y/o con oxidación con cristales de cuarzo y feldespato con

textura regularmente equigranular. Los líticos vitrofíricos (6%) se presentan como fragmentos de vidrio alterado o sílice amorfo.

El tipo cuarzo más abundante es de tipo monocristalino con extinción recta y ondulada ($Q_{mr}/Q_{mo} \sim 29.5$). Los cristales presentan vesículas y en algunos casos muestran fracturamiento y bahías de reabsorción. El cuarzo policristalino en agregados de dos a tres cristales está presente en cantidades muy pequeñas ($Q_m/Q_p \sim 61$). El feldespato se presenta con textura angulosa a subredondeada y forma subhedral y anhedral. La plagioclasa es más abundante que el feldespato alcalino ($F_{to}/P_g \sim 1.24$). Los cristales de plagioclasa exhiben maclado polisintético y zonación ($P_{gNZ}/P_{gZ} \sim 5.1$). El feldespato alcalino y la plagioclasa presenta alteración a minerales de arcilla. Los minerales accesorios presentes son minerales opacos (3.1%), biotita (1.25%), piroxeno (0.63%) y anfíbol (0.63%).

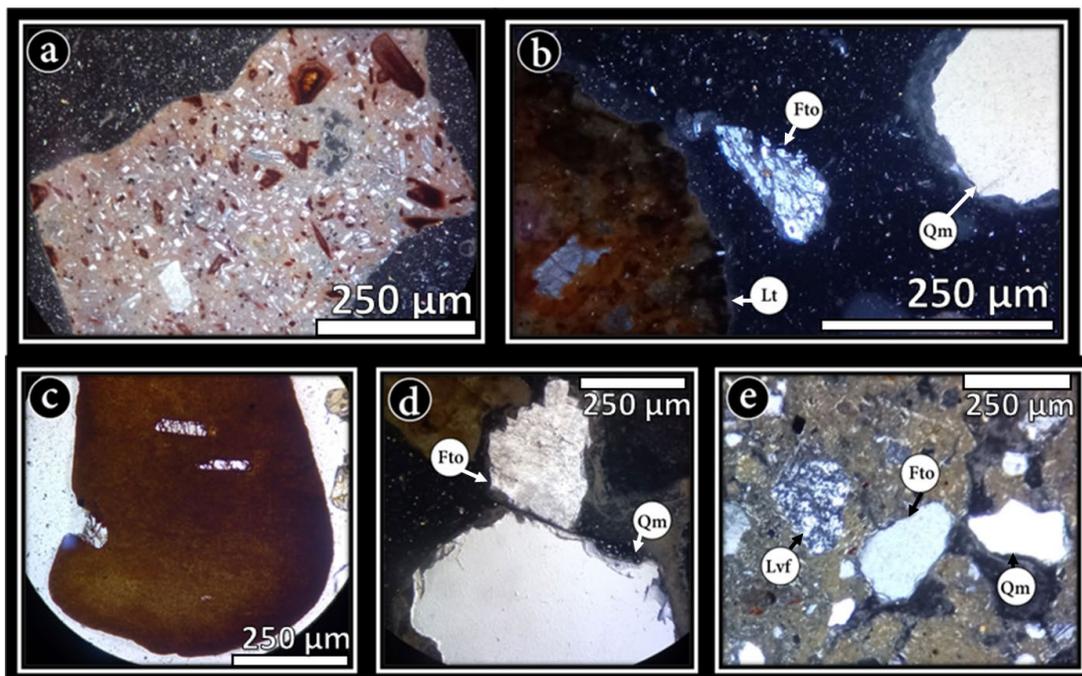


Figura 28. Microfotografías de sedimentos del sitio El Zorrillo. a) Lítico volcánico microlítico (Lvm). b) Cristales de feldespato (Fto), cuarzo monocristalino (Qm) y lítico tobáceo (Lt). c) Lítico vitrofírico (Lv). d) Cristal de feldespato con alteración (Fto) y cuarzo monocristalino (Qm). e) Cristal de feldespato (Fto), cuarzo monocristalino (Qm) y lítico volcánico felsítico (Lvf).

5.5.3 Sedimentos sitio Lagunillas II

Los sedimentos de Lagunillas II (figura 29) están formados por líticos (95.5%), cuarzo (2.7%) y feldespato (1.8%). Los granos tienen un tamaño de arena grueso y textura redondeada y subredondeada. Los líticos tobáceos constituyen un 72% del total de granos. Exhiben principalmente texturas vitrofiricas y fluidales. Exhiben cristales de feldespato, cuarzo y/o vidrio, con textura inequigranular, embebidos en una mesostasis alterada. Los líticos vitrofiricos (17.1%) consisten en fragmentos de vidrio desvitrificado o sílice amorfa. Los líticos *lathwork* (2.7%) y microlíticos (0.9%). Presentan microlitos y fenocristales de plagioclasa embebidos en una matriz afanítica, comúnmente alterada. Los líticos felsíticos (1.8%) presentan cristales de feldespato y cuarzo embebidos en una mesostasis afanítica. Los líticos plutónicos (0.9%) presentan fenocristales de feldespato y cuarzo con texturas seriadas y contactos irregulares.

El cuarzo es de tipo monocristalino con extinción recta y exhibe vesículas y fracturas. El feldespato presente es plagioclasa y muestra forma subhedral y maclado polisintético. Frecuentemente presenta alteración a minerales de arcilla.

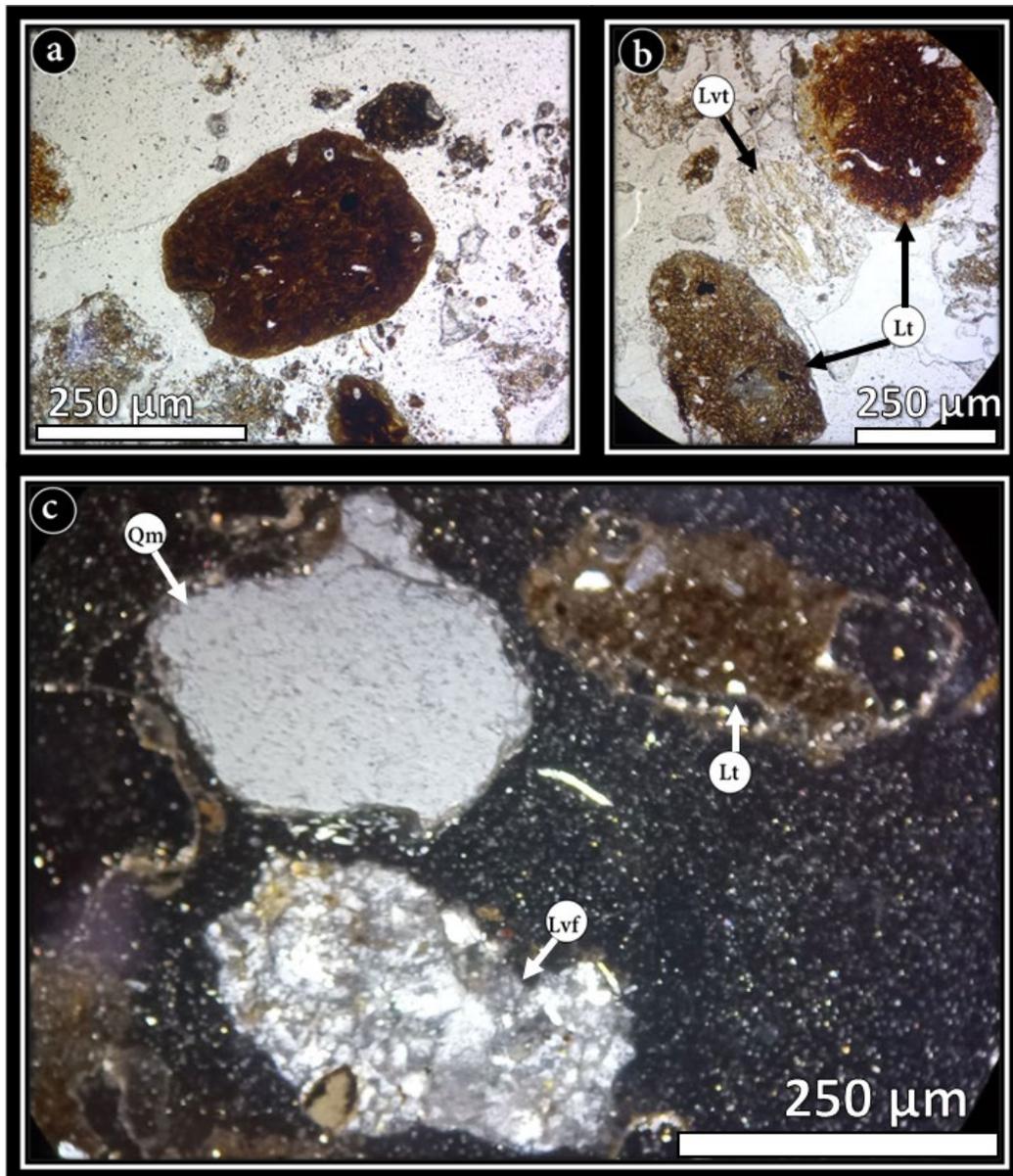


Figura 29. Microfotografías de sedimentos del sitio Lagunillas II. a) Lítico vitrofírico (Lv). b) Lítico de vidrio de toba (Lvt) y lítico tobáceo (Lt). c) Cuarzo monocristalino (Qm), lítico tobáceo (Lt) y lítico volcánico felsítico (Lvf).

5.5.4 Sedimentos sitio El Rosario

Los sedimentos del Rosario (figura 30) están constituidos por fragmentos líticos (63.2%), feldespato (34.1%) y cuarzo (2.6%). Los granos tienen un tamaño de arena fino a grueso y textura subangulosa a subredondeada.

Los líticos microlíticos (20.4%) y *lathwork* (6%) contienen cristales y fenocristales de plagioclasa embebidos en una matriz afanítica o vitrofírica. Los líticos tobáceos (15.1%) presentan texturas vitrofíricas, fluidales y felsíticas. Estos líticos presentan cristales de feldespato y cuarzo embebidos una mesostasis comúnmente alterada. Los líticos vitrofíricos (10.6%) consisten principalmente en fragmentos de vidrio alterado. Los líticos felsíticos están conformados por mosaicos equigranulares de feldespato y cuarzo en una matriz afanítica, que presenta ocasionalmente alteración.

El feldespato más habitual es la plagioclasa ($Pg/Fto \sim 10.8$), que exhibe forma subhedral y raramente euhedral, con maclado polisintético, fracturas y en algunos casos mostrando alteración a minerales de arcilla. Los cristales muestran zonación ($PgNZ/PgZ \sim 3.05$) ondulatoria y normal ($PgZo/PgZn \sim 2.16$). El feldespato alcalino presenta forma subhedral y exhibe fracturas y alteración a arcillas. El cuarzo es de tipo monocristalino con extinción recta. Exhibe vesículas y fracturas.

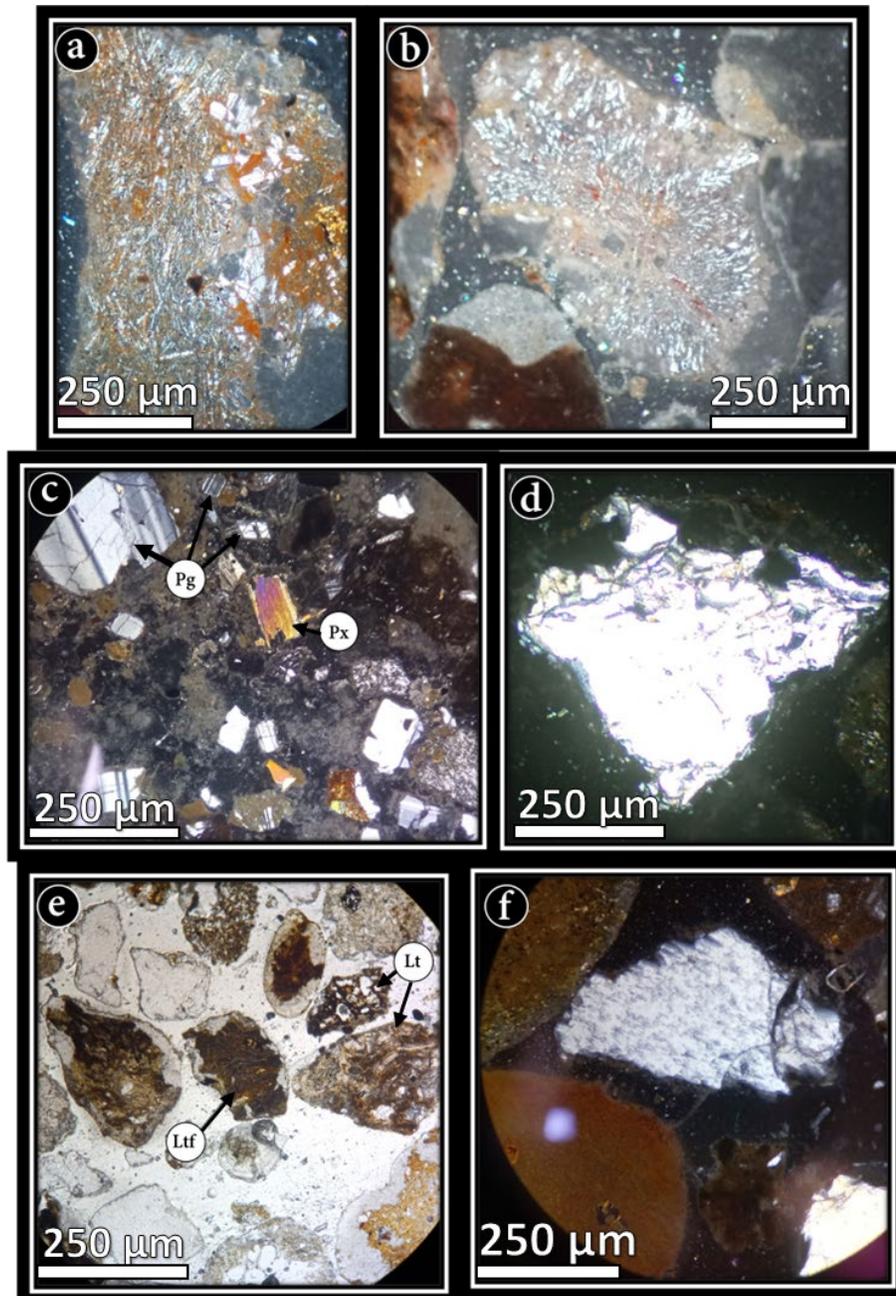


Figura 30. Microfotografías de sedimentos del sitio El Rosario. a) Lítico microlítico (Lvm). b) Lítico tobáceo (Lt). c) Cristales de plagioclasa (Pg) y piroxeno (Px). d) Cuarzo monocristalino con fracturas. e) Lítico tobáceo (Lt) y lítico tobáceo fluidal (Ltf). f) Cristal de feldespato con alteración a minerales de arcilla.

6. Geoquímica de las cerámicas de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México.

6.1 Geoquímica por SEM-EDS

La concentración de elementos mayores determinada por SEM-EDS muestra variaciones moderadas (figuras 31 y 32, tabla 4). En todas las cerámicas el óxido predominante es el SiO_2 , seguido del Al_2O_3 , mientras que el más escaso es el MnO , presente únicamente en una muestra. A continuación, se describen las concentraciones de elementos mayores en las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.

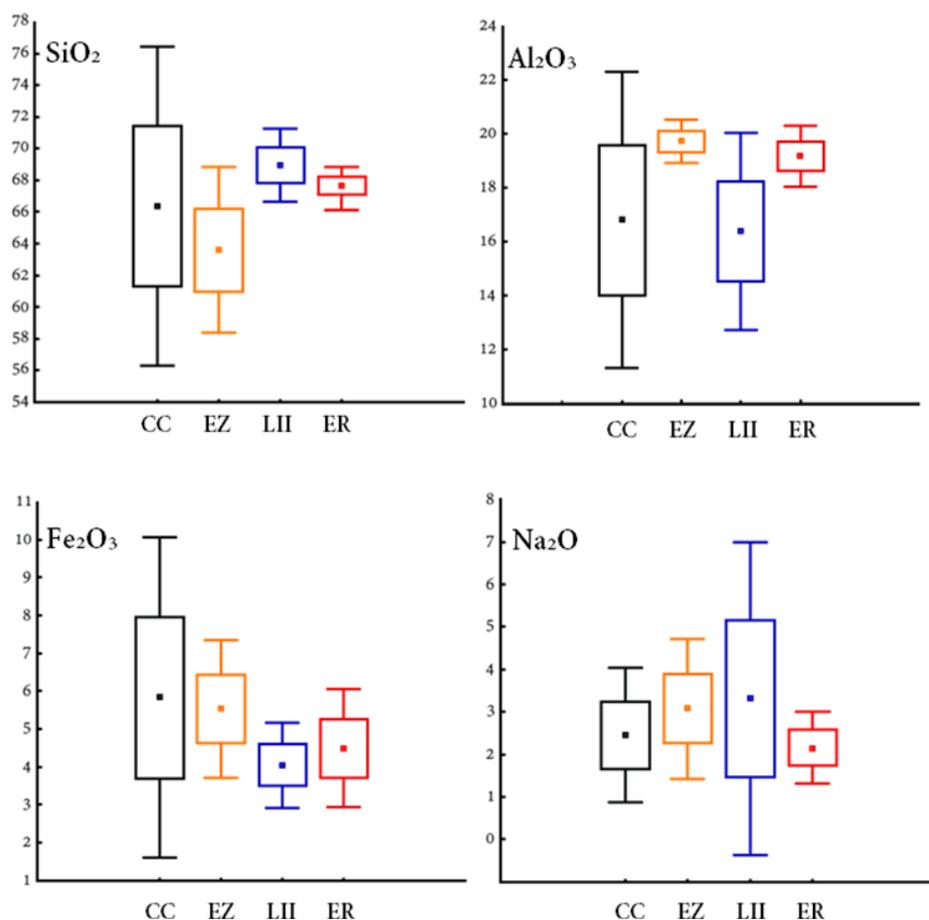


Figura 31. Concentraciones promedio y desviaciones estándar de elementos mayores en los cuatro sitios: Cuicillos Cuates (CC), El Zorrillo (EZ), Lagunillas II (LII), El Rosario (ER).

Tabla 4. Elementos mayores en cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.

Sitio	Codigo de Tipo cerámico Muestra	SiO2 wt%	Al2O3 wt%	Fe2O3 wt%	Na2O wt%	CaO wt%	K2O wt%	MgO wt%	TiO2 wt%	MnO wt%
Cuicillos Cuates	c5 Negativo	69.65	14.23	4.38	3.35	3.17	3.06	1.6	0.6	0
Cuicillos Cuates	c10 Negativo Tres Palos	60.45	19.8	8.31	1.79	4.06	1.66	1.55	1.36	1.03
Cuicillos Cuates	c14 Blanco Levantado	69.01	16.38	4.81	2.21	2.41	3.78	0.78	0.62	0
El Zorrillo	c20 Teotihuacanoide	66.55	20.07	5.24	2.14	2.41	2.75	0	0.85	0
El Zorrillo	c22 Moy	61.38	19.27	6.57	3.34	4.19	1.8	0.98	2.47	0
El Zorrillo	c25 Moy	62.89	19.85	4.78	3.75	4.15	2.43	0.92	1.24	0
Lagunillas II	c35 Negativo La Cruz	70.32	16.68	4.05	2.47	3.57	1.67	0	1.25	0
Lagunillas II	c45 Moy	68.26	14.39	3.47	5.46	4.53	2.13	1.77	0	0
Lagunillas II	4 Teotihuacanoide	68.27	18.08	4.62	2	2.57	2.81	0.64	1	0
El Rosario	c48 Moy	67.65	18.78	4.31	2.38	2.57	2.49	0.7	1.11	0
El Rosario	c52 Teotihuacanoide	67.04	19.83	5.37	1.66	3.57	1.78	0.75	0	0
El Rosario	c54 Negativo La Cruz	68.24	18.9	3.81	2.43	3.19	1.89	0.54	1	0

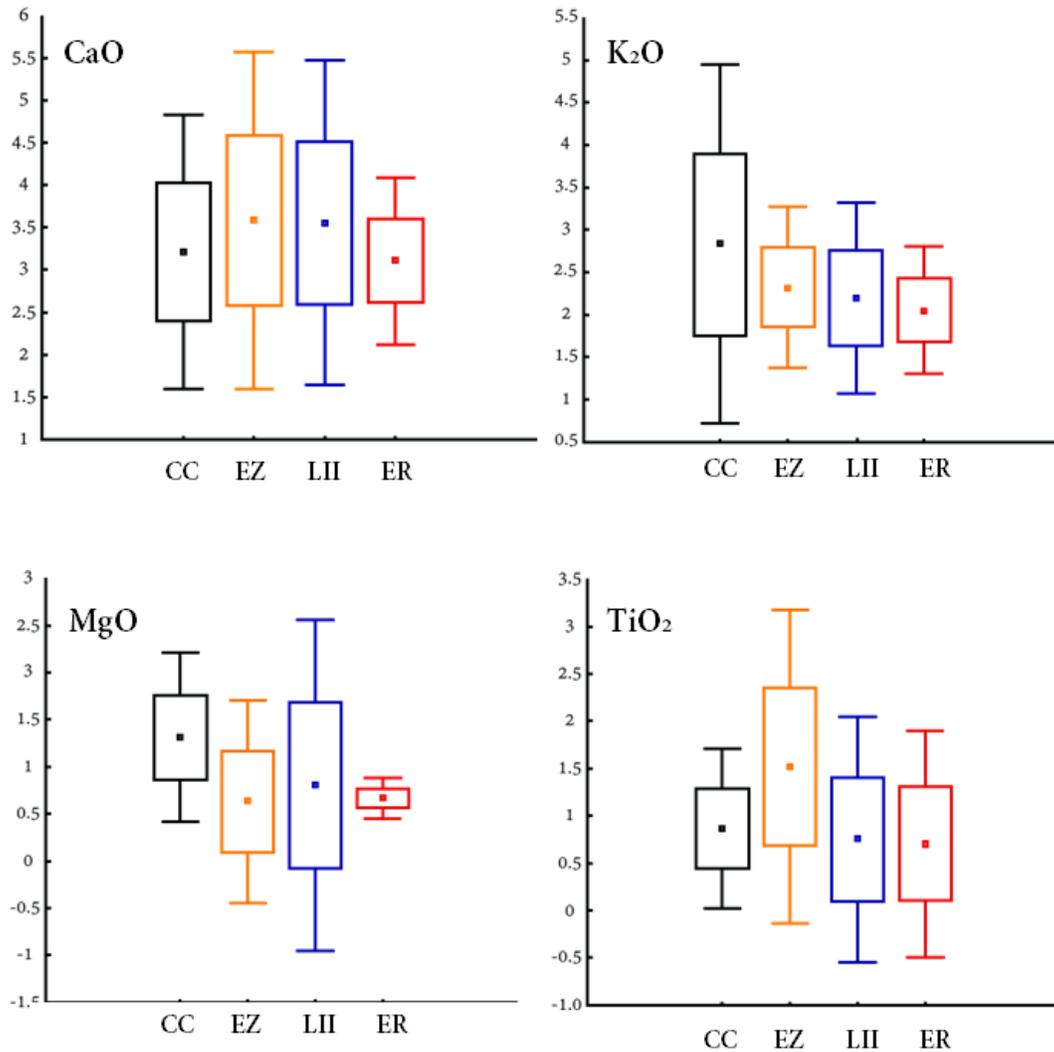


Figura 32. Concentraciones promedio y desviaciones estándar en elementos mayores de los cuatro sitios: Cuicillos Cuates (CC), El Zorrillo (EZ), Lagunillas II (LII) y El Rosario (ER).

6.1.2 Elementos mayores sitio Cuicillos Cuates

La cerámica del sitio Cuicillos Cuates tiene una composición media de elementos mayores de SiO₂ 66.37± 5.14 wt%, Al₂O₃ 16.81± 2.81 wt%, Fe₂O₃ 8.31± 2.16, Na₂O 2.0± 0.30 wt%, CaO 3.21± 0.83 wt%, K₂O 2.83± 1.08 wt%, MgO 1.31± 0.46 wt%, TiO₂ 0.86± 0.43 wt%, MnO 0.34± 0.59 wt% (tabla 4). En general las muestras presentan valores de SiO₂, K₂O y Fe₂O₃ más elevados que en el resto de sitios,

mientras que la concentración de CaO es ligeramente más baja en comparación con estos (figuras 31 y 32; tabla 4 y 5).

6.1.3 Elementos mayores sitio El Zorrillo

La cerámica del sitio El Zorrillo muestra concentraciones medias de elementos mayores de SiO₂ 63.61± 2.66 wt%, Al₂O₃ 19.73± 0.41 wt%, Fe₂O₃ 5.53± 0.93, Na₂O 2.94± 1.14 wt%, CaO 3.58± 1.02 wt%, K₂O 2.32± 0.48 wt%, MgO 0.63± 0.55 wt% y TiO₂ 1.52± 0.85 wt%. La cerámica del Zorrillo presenta valores de SiO₂ más bajos que los otros sitios, mientras que las concentraciones de TiO₂ son más altas (tabla 5).

Tipo Cerámico	Negativo	Negativo Tres Palos	Blanco levantado	Cuicillos Cuates			
Muestra	C5	C10	C14	Mínimo	Máximo	Desv. Est	Media
SiO ₂ wt%	69.65	60.45	69.01	60.45	69.65	5.14	66.37
Al ₂ O ₃ wt%	14.23	19.8	16.38	14.23	19.8	2.81	16.81
Fe ₂ O ₃ wt%	4.38	8.31	4.81	4.38	8.31	2.16	5.83
Na ₂ O wt%	3.35	1.79	2.21	1.79	2.21	0.3	2
CaO wt%	3.17	4.06	2.41	2.41	4.06	0.83	3.21
K ₂ O wt%	3.06	1.66	3.78	1.66	3.78	1.08	2.83
MgO wt%	1.6	1.55	0.78	0.78	1.6	0.46	1.31
TiO ₂ wt%	0.6	1.36	0.62	0.6	1.36	0.43	0.86
MnO wt%	0	1.03	0	0	1.03	0.59	0.34

Tipo Cerámico	Teotihuacanoide	Moy Rojo sobre Bayo	Moy Rojo sobre Bayo	El Zorrillo			
Muestra	C20	C22	C25	Mínimo	Máximo	Desv. Est	Media
SiO ₂ wt%	66.55	61.38	62.89	61.38	66.55	2.66	63.61
Al ₂ O ₃ wt%	20.07	19.27	19.85	19.27	20.07	0.41	19.73
Fe ₂ O ₃ wt%	5.24	6.57	4.78	4.78	6.57	0.93	5.53
Na ₂ O wt%	2.14	3.34	3.75	2.14	3.75	1.14	2.94
CaO wt%	2.41	4.19	4.15	2.41	4.19	1.02	3.58
K ₂ O wt%	2.75	1.8	2.43	1.8	2.75	0.48	2.32
MgO wt%	0	0.98	0.92	0	0.98	0.55	0.63
TiO ₂ wt%	0.85	2.47	1.24	0.85	2.47	0.85	1.52

Tipo Cerámico	Negativo La Cruz	Moy Rojo sobre Bayo	Teotihuacanoide	Lagunillas II			
Muestra	C35	C45	4	Mínimo	Máximo	Desv. Est	Media
SiO ₂ wt%	70.32	68.26	68.27	68.26	70.32	1.18	68.95
Al ₂ O ₃ wt%	16.68	14.39	18.08	14.39	18.08	1.86	16.39
Fe ₂ O ₃ wt%	4.05	3.47	4.62	3.47	4.62	0.58	4.05
Na ₂ O wt%	2.47	5.46	2	2	5.46	2.44	3.73
CaO wt%	3.57	4.53	2.57	2.57	4.53	0.98	3.55
K ₂ O wt%	1.67	2.13	2.81	1.67	2.81	0.57	2.2
MgO wt%	0	1.77	0.64	0	1.77	0.89	0.8
TiO ₂ wt%	1.25	0	1	0	1.25	0.66	0.75

Tipo Cerámico	Moy Rojo sobre Bayo	Teotihuacanoide	Negativo La Cruz	El Rosario			
No. muestra	C48	C52	C54	Mínimo	Máximo	Desv. Est	Media
SiO ₂ wt%	67.65	67.04	68.24	67.04	68.24	0.6	67.64
Al ₂ O ₃ wt%	18.78	19.83	18.9	18.78	19.83	0.58	19.17
Fe ₂ O ₃ wt%	4.31	5.37	3.81	3.81	5.37	0.8	4.49
Na ₂ O wt%	2.38	1.66	2.43	1.66	2.43	0.43	2.16
CaO wt%	2.57	3.57	3.19	2.57	3.57	0.5	3.11
K ₂ O wt%	2.49	1.78	1.89	1.78	2.49	0.38	2.06
MgO wt%	0.7	0.75	0.54	0.54	0.75	0.11	0.67
TiO ₂ wt%	1.11	0	1	0	1.11	0.61	0.7

Tabla 5. Concentraciones de elementos mayores en las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.

6.1.4 Elementos mayores sitio Lagunillas II

Las muestras cerámicas del sitio Lagunillas II (n=3) exhiben concentraciones medias de SiO₂ 68.95± 1.18 wt%, Al₂O₃ 16.39± 1.86 wt%, Fe₂O₃ 4.05± 0.58, Na₂O 3.73± 2.44 wt%, CaO 3.55± 0.98 wt%, K₂O 2.20± 0.57 wt%, MgO 0.80± 0.89 wt% y TiO₂ 0.75± 0.66 wt% (figuras 31 y 32, tabla 5). Las muestras de este sitio presentan los valores más altos de Na₂O, mientras que los valores de Fe₂O₃, son más bajos que en los otros sitios.

6.1.5 Elementos mayores sitio Rosario

Las muestras del sitio El Rosario (n=3) arrojaron concentraciones medias de SiO₂ 67.64± 0.60 wt%, Al₂O₃ 19.17± 0.58 wt%, Fe₂O₃ 4.49± 0.80, Na₂O 2.16± 0.43 wt%, CaO 3.11± 0.50 wt%, K₂O 2.06± 0.38 wt%, MgO 0.67± 0.11 wt% y TiO₂ 0.70± 0.61 wt% (figura 31 y 32, tabla 5). Los elementos en estas cerámicas tienen una desviación estándar menor que en el resto de sitios. En relación a los demás sitios estas cerámicas muestran valores más altos de SiO₂ y Al₂O₃ y niveles bajos de K₂O, Na₂O y TiO₂.

6.6 Índice de Alteración Química (CIA)

Los valores más elevados de CIA se presentan en la cerámica del sitio El Rosario (figura 33), con un promedio de 72.36±2.9 y valores máximos y mínimos de 74.75 y 69 respectivamente. La cerámica del sitio Cuicillos Cuates presenta un valor de CIA promedio de 66.85±8.2, un valor máximo de 73.73 y un valor mínimo de 57.38, mientras que la cerámica del sitio El Zorrillo muestra un CIA promedio de 67.4±4 y valores máximos y mínimos de 71.85 y 64 correspondientemente. El valor promedio de CIA en la cerámica del sitio Lagunillas II es de 62.9±10.4, con un valor máximo de 67.87 y mínimo de 50.92.

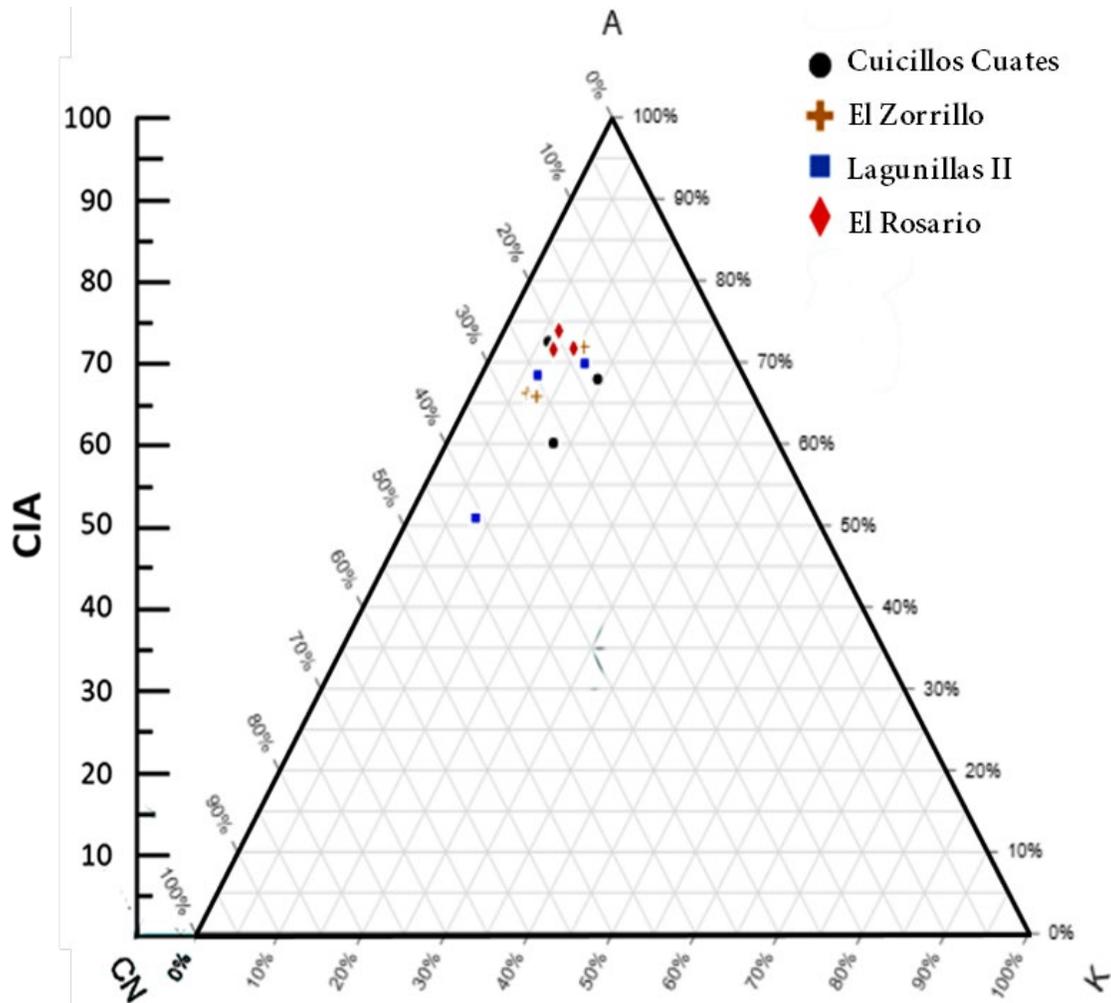


Figura 33. Diagrama A-CN-K que muestra el grado de intemperización de las muestras. En el polo A se muestran las concentraciones molares de Al_2O_3 , en el polo CN las de CaO^*+NaO y en el polo K las de K_2O .

6.7 Índice Máfico “M” Félsico “F” Intemperismo “W”

Las cerámicas de los sitios El Zorrillo y Cuicillos Cuates muestran los valores más altos en M, con 33.5 ± 6.7 y 25.1 ± 10.5 , respectivamente, mientras que el valor promedio de M en las cerámicas del sitio El Rosario es de 20.2 (figura 34, tabla 6).

El valor más alto en F lo presenta la cerámica del sitio El Rosario con 37.3 ± 1.5 . Las muestras de Cuicillos Cuates y El Zorrillo presentan valores muy similares: 34.9 ± 10.5 y 34.15 (figura 34, tabla 6).

La cerámica del sitio Lagunillas II presenta un valor de W de 48.3, siendo el más elevado. Las cerámicas de los sitios El Rosario y Cuicillos Cuates presentaron valores de 42.5 y 40 respectivamente. El valor más bajo de W lo tiene la cerámica del Zorrillo con 36.75. Las cerámicas de los sitios El Zorrillo y Lagunillas II presentan valores de W de 36.75 y 48.34 respectivamente. Por último, el sitio El Rosario exhibe un valor promedio de 42.54 en W (tabla 6).

El diagrama MFW muestra que en general, las muestras tienen una posición intermedia entre los polos M y F, con excepción de dos muestras, que presentan una posición más cercana al polo M, y una tendencia moderada al polo W.

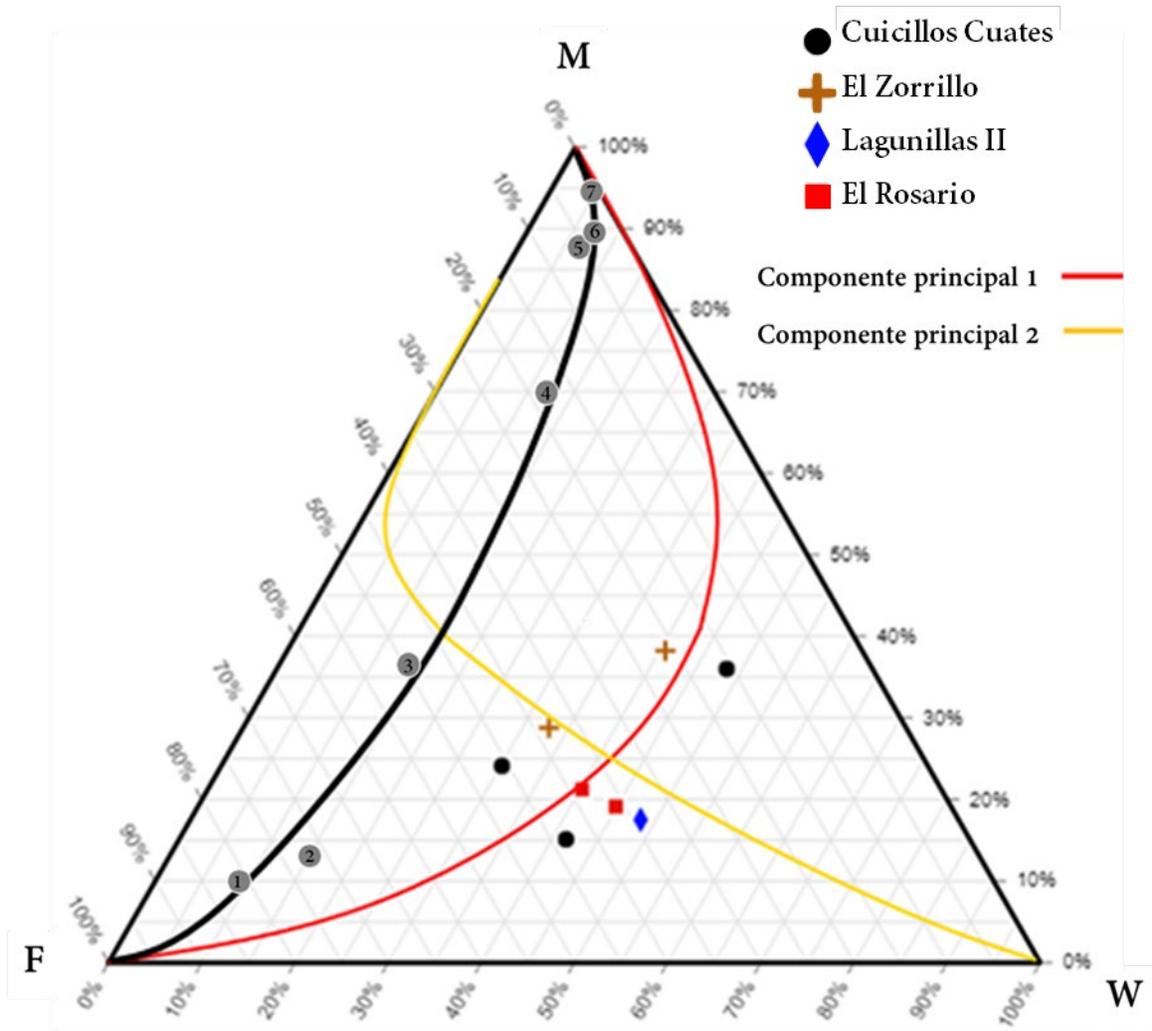


Figura 34. Índices Máfico, Félsico y W de Ohta y Arai (2007). Composición química de granito, riolita, basalto y gabro de acuerdo a Condie (1993). 1, riolita calco-alkalina; 2, granito; 3, dacita calco-alkalina; 4, andesita calco-alkalina; 5, basalto de arco volcánico; 6, basalto alcalino; 7, komatita.

Tabla 6. Valores de MFW en cerámica de todos los sitios.

Sitio	Tipo cerámico	No. Muestra	M	F	W	Desv.		Desv.	
						Estandar M	Estandar F	Estandar M	Estandar F
	Negativo	c5	24.1	45.7	30.2				
	Negativo Tres								
Cuicillos	Palos	c10	36	15.7	48.3				
Cuates	Blanco					10.5	25.1	16.7	34.9
	Levantado	c14	15.1	43.4	41.5				9.2
	Moy Rojo sobre								
	Bayo	c22	38.2	21.1	40.6				
El Zorrillo	Moy Rojo sobre					6.7	33.5	12.2	29.7
	Bayo	c25	28.8	38.4	32.9				5.5
Lagunillas II	Teotihuacanoide	4	17.5	34.2	48.3				
	Moy Rojo sobre								
	Bayo	c48	19.1	36	44.9				
El Rosario	Negativo La Cruz	c54	21.2	38.6	40.2	1.5	20.2	1.8	37.3
									3.3
									42.5

6.8 Elementos traza

Los resultados del análisis por XRF en 22 muestras cerámicas detectaron la presencia de 19 elementos traza en diferentes concentraciones en los cuatro sitios arqueológicos.

6.9 Elementos LILE (large ion lithophile)

Este grupo de elementos se caracterizan por tener un radio iónico grande, carga pequeña y una afinidad por fases silicatadas. Los elementos incluidos son Sr, Rb y Pb (figura 35, tabla 7).

Tabla 7. Concentraciones promedio y desviaciones estándar de elementos LILE en las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.

Sitio	Elemento	Media	Des. Estandar
Cuicillos	Rb	13	26
	Sr	88	122
Cuates	Pb	7	2
	Rb	81	13
El Zorrillo	Sr	368	88
	Pb	25	7
Lagunillas II	Rb	83	13
	Sr	443	84
	Pb	24	2
El Rosario	Rb	76	13
	Sr	307	98
	Pb	24	5

Para el sitio Cuicillos Cuates las cerámicas mostraron contenido de Rb con un valor promedio de 122.8 ± 25.9 ppm. El Sr y Pb tienen concentraciones de 346.1 ± 121.6 ppm y 22.7 ± 2.5 ppm en la cerámica de Cuicillos Cuates, respectivamente (figura 35, tabla 7).

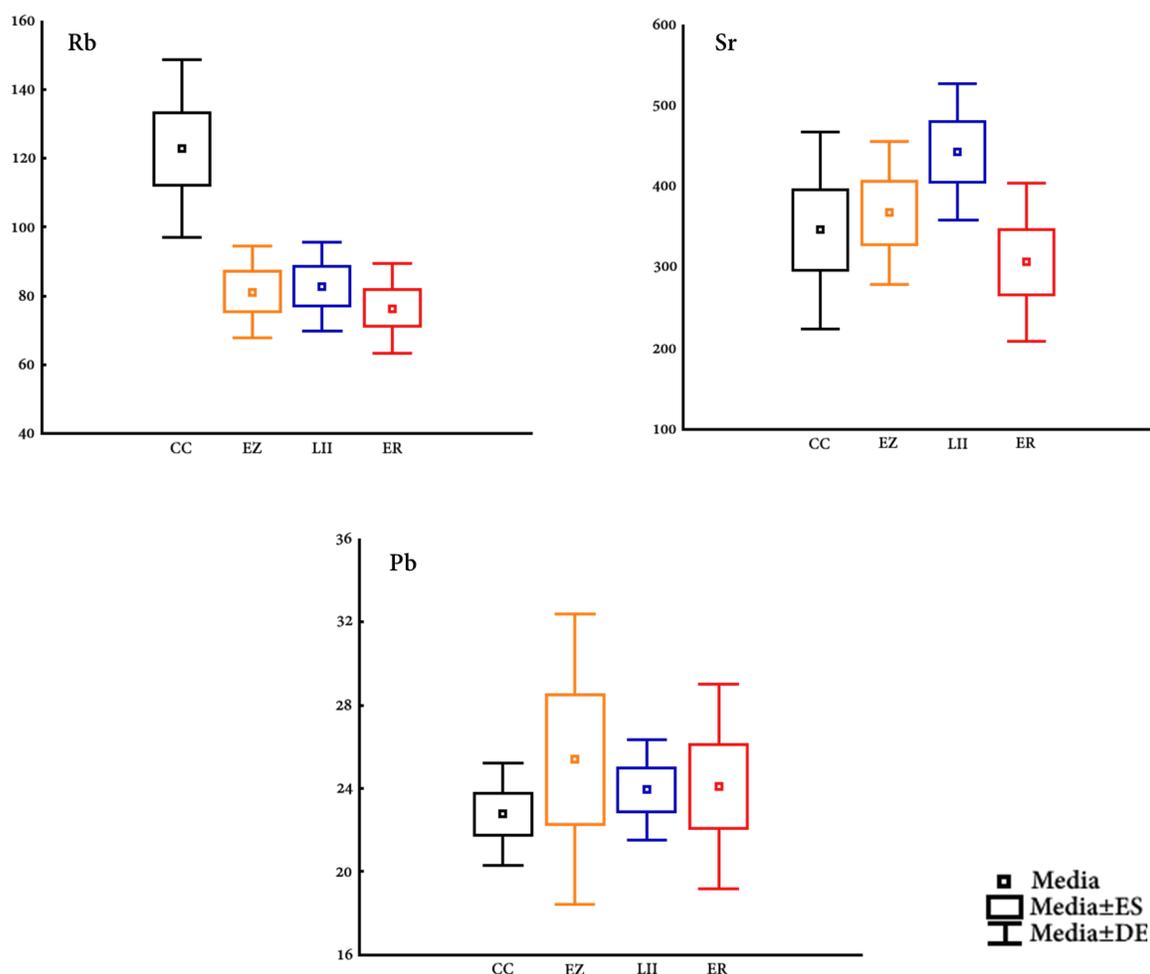


Figura 35. Concentraciones de elementos LILE en las cerámicas de los cuatro sitios: Cuicillos Cuates (CC), El Zorrillo (EZ), Lagunillas II (LII), El Rosario (ER).

El Sr presenta altas correlaciones positivas altas y moderadas con Fe_2O_3 ($r=0.96$) y con CaO (0.77) y TiO_2 ($r=0.56$) (tabla 9) (figuras 37 y 38). En el caso del Pb las correlaciones positivas son moderadas y bajas: SiO_2 ($r=0.63$) y K_2O ($r=0.33$) y Al_2O_3 (0.08). El Rb presenta la correlación más alta con SiO_2 ($r=0.77$) (Tabla 9).

Las correlaciones con elementos HSFE fueron moderadas en general. El Sr presento correlaciones positivas moderadas con V ($r=0.73$), Th ($r=0.63$) Zr ($r=0.40$), Y ($r=0.30$), Nb ($r=0.15$) y U ($r=0.15$). El Rb tiene correlaciones positivas altas y

La cerámica del sitio El Zorrillo (figura 35) contiene Rb, Sr y Pb en valores medios de 81.2 ± 13.3 ppm, 367.6 ± 88.37 ppm y 25.4 ± 7 ppm, respectivamente. Las correlaciones de Rb presentan correlaciones positivas altas y moderadas con Al_2O_3 ($r=0.94$), SiO_2 ($r=0.91$), MnO ($r=0.85$), Fe_2O_3 ($r=0.78$), TiO_2 ($r=0.75$) y CaO ($r=0.73$), Y K_2O ($r=0.45$). En las cerámicas de este sitio el Pb muestra correlaciones positivas altas y moderadas con Al_2O_3 ($r=0.99$), SiO_2 ($r=0.98$), MnO ($r=0.95$), Fe_2O_3 ($r=0.91$), TiO_2 ($r=0.89$) y CaO ($r=0.87$), K_2O ($r=0.42$). El Sr presenta correlaciones positivas altas y moderadas con CaO ($r=0.99$), Al_2O_3 ($r=0.90$), SiO_2 ($r=0.97$), Fe_2O_3 ($r=0.97$), TiO_2 ($r=0.96$) y MnO ($r=0.91$). K_2O ($r=0.51$) (tabla 9).

El Rb muestra altas correlaciones con Y ($r=0.94$), Ta ($r=0.88$), Nb ($r=0.85$), Th ($r=0.84$) y Zr ($r=0.70$) (Tabla 9).

Las muestras cerámicas del sitio Lagunillas II (figura 35) tienen Rb en cantidades de 82.7 ± 13 ppm, Sr en 443 ± 84 ppm y Pb en 24 ± 2.4 ppm. Las correlaciones positivas de Rb son altas con K_2O ($r=0.96$), y SiO_2 ($r=0.78$). El Pb tiene una correlación alta con CaO ($r=0.80$). El Sr presenta correlaciones positivas elevadas y moderadas con Fe_2O_3 ($r=0.98$), Al_2O_3 ($r=0.97$), MnO ($r=0.83$), CaO ($r=0.46$) y SiO_2 ($r=0.32$) (tabla 9).

Las correlaciones del Rb son moderadas con Y ($r=0.67$), U ($r=0.62$), Th ($r=0.60$), Ta ($r=0.57$) y Nb ($r=0.40$) (Tabla 9).

La cerámica del sitio el Rosario (figura 35) presenta un promedio en ppm de Rb de 86.7 ± 13.1 , Sr 306.7 ± 98.3 y Pb 24.1 ± 5 . Las correlaciones positivas de Rb con elementos mayores son moderadas a bajas (Tabla 9) (figuras 37 y 38): K_2O ($r=0.72$), CaO ($r=0.56$), MnO ($r=0.34$), Fe_2O_3 ($r=0.33$) y TiO_2 ($r=0.32$). El Pb tiene correlaciones positivas moderadas a bajas: Fe_2O_3 ($r=0.51$), MnO ($r=0.49$), K_2O ($r=0.47$), CaO ($r=0.34$) y SiO_2 ($r=0.20$). El Sr presenta correlaciones positivas generalmente altas: TiO_2 ($r=0.96$), SiO_2 ($r=0.74$), MnO ($r=0.71$), Al_2O_3 ($r=0.60$), CaO ($r=0.59$) y K_2O ($r=0.19$).

Las correlaciones con elementos HSFE son altas en general (tabla 9) (figuras 37 y 38). El Sr muestra correlaciones altas con V ($r=0.90$), Zr ($r=0.85$), U ($r=0.70$), Ta ($r=0.69$), Nb ($r=0.64$), Th ($r=0.59$) e Y ($r=0.42$).

6.10 Elementos HFSE (*High Field Strength Elements*)

Los elementos HSFE se caracterizan por poseer un radio iónico pequeño y una alta carga. Suelen ser inmóviles durante los procesos sedimentarios, por lo que se asume que son transportados e incorporados cuantitativamente a las rocas sedimentarias durante los procesos de intemperismo y transporte y reflejan la composición del área fuente en las rocas clásticas (Wilson, 2007; Ocampo-Díaz, 2011). Los elementos de este tipo detectados en las cerámicas son Zr, Nb, Y, Ta, Th, U (figura 36, tabla 8).

Tabla 8. Concentraciones promedio en ppm y desviaciones estándar de elementos HFSE en las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.

Sitio	Elemento	Media	Desv. Estándar
Cuicillos Cuates	Zr	283	41
	Nb	28	5
	Y	35	5
	Ta	76	9
	Th	9	7
	U	0	1
El Zorrillo	Zr	362	167
	Nb	34	28
	Y	34	18
	Ta	94	37
	Th	23	44
	U	4	8
Lagunillas II	Zr	339	104
	Nb	38	13
	Y	39	9
	Ta	94	17
	Th	36	19
	U	2	2
El Rosario	Zr	287	48
	Nb	34	15
	Y	36	14
	Ta	85	20
	Th	32	26
	U	2	3

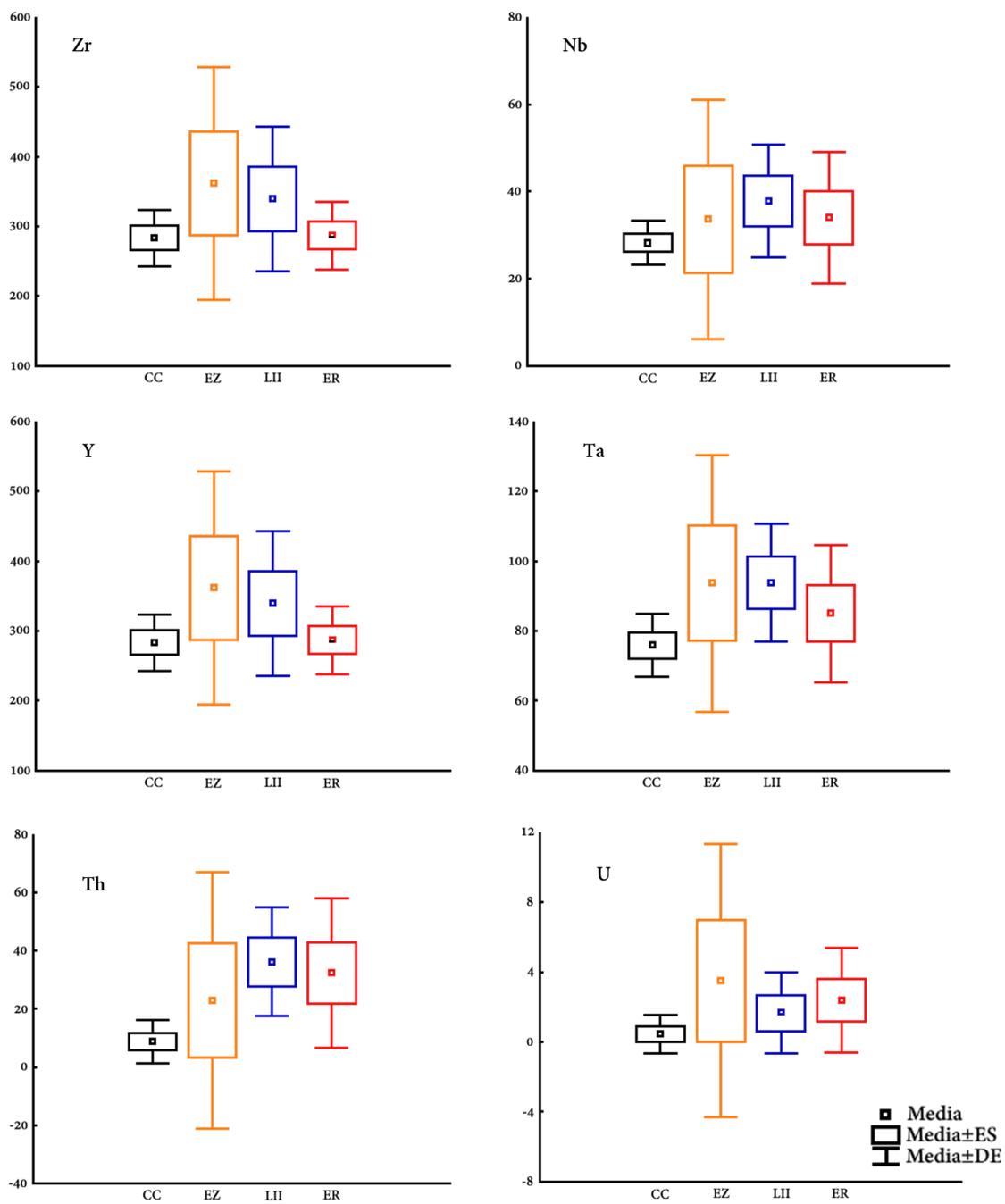


Figura 36. Concentraciones de elementos HSFE en las cerámicas de los cuatro sitios: Cuicillos Cuates (CC), El Zorrillo (EZ), Lagunillas II (LII), El Rosario (ER).

6.10.1 Elementos HSFE sitio Cuicillos Cuates

La cerámica de Cuicillos Cuates (figura 36, tabla 8) presentó valores promedio en ppm de Zr 283.2 ± 40.7 , Nb 28.2 ± 5.1 , Y 35.4 ± 5.2 , Ta 75.8 ± 9 , Pb 22.8 ± 2.5 , Th 8.7 ± 7.32 , P 428.66 ± 1050 y U $.44 \pm 1.1$.

Las muestras de sedimentos arrojaron valores promedio en ppm de Zr 254.8 ± 27.5 , Nb 26.7 ± 5.2 , Y 34.5 ± 1.2 , Ta 64 ± 13.8 , Pb 21.5 ± 2.6 , Th 8.7 ± 7.32 y U $.44 \pm 1.1$.

Las correlaciones de los elementos HSFE con elementos mayores, en las cerámicas, son moderadas y bajas (tabla 9). El Zr presentó correlaciones positivas con TiO_2 ($r=0.68$) y FeO ($r=0.42$). El Nb tiene correlaciones positivas bajas en general: SiO_2 ($r=0.25$), FeO ($r=0.21$) y TiO_2 ($r=0.16$). El Y muestra una alta correlación con SiO_2 ($r=0.84$). El Ta, presenta correlaciones positivas altas con SiO_2 ($r=0.64$). El Pb exhibe correlaciones moderadas con SiO_2 ($r=0.63$). Las correlaciones de Th con otros elementos fueron bajas en general con excepción de FeO ($r=0.63$). El U presenta una correlación alta con TiO_2 ($r=0.7$).

Tabla 9. Matriz de correlaciones entre elementos mayores y trazas en las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos.

	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ta	Pb	V	U	Th
Al ₂ O ₃	1	0.43	0.79	-0.2	0.4	0.74	0.75	-0.22	0.65	0.47	0.7	0.6	0.68	0.4	0.6	0.54	0.56
SiO ₂	0.43	1	0.46	0.04	0.17	0.55	0.34	0.33	0.33	0.64	0.56	0.7	0.69	0.52	0.4	0.61	0.64
FeO	0.79	0.46	1	-0.05	0.55	0.88	0.84	-0.06	0.74	0.71	0.89	0.85	0.82	0.59	0.58	0.79	0.8
K ₂ O	-0.2	0.04	-0.05	1	-0.42	-0.34	-0.25	0.77	-0.02	0.22	-0.16	0	-0.07	0	-0.66	-0.08	-0.1
CaO	0.4	0.17	0.55	-0.42	1	0.64	0.58	-0.61	0.57	0.25	0.4	0.51	0.51	0.22	0.67	0.52	0.66
TiO ₂	0.74	0.55	0.88	-0.34	0.64	1	0.82	-0.26	0.71	0.53	0.89	0.79	0.76	0.43	0.7	0.76	0.75
MnO	0.75	0.34	0.84	-0.25	0.58	0.82	1	-0.24	0.57	0.5	0.8	0.67	0.64	0.56	0.46	0.65	0.62
Rb	-0.22	0.33	-0.06	0.77	-0.61	-0.26	-0.24	1	-0.21	0.35	0	0.15	0.09	0.21	-0.53	0.06	-0.03
Sr	0.65	0.33	0.74	-0.02	0.57	0.71	0.57	-0.21	1	0.37	0.62	0.55	0.55	0.21	0.56	0.45	0.54
Y	0.47	0.64	0.71	0.22	0.25	0.53	0.5	0.35	0.37	1	0.69	0.9	0.86	0.83	0.33	0.78	0.85
Zr	0.7	0.56	0.89	-0.16	0.4	0.89	0.8	0	0.62	0.69	1	0.84	0.81	0.67	0.55	0.83	0.73
Nb	0.6	0.7	0.85	0	0.51	0.79	0.67	0.15	0.55	0.9	0.84	1	0.95	0.79	0.55	0.93	0.96
Ta	0.68	0.69	0.82	-0.07	0.51	0.76	0.64	0.09	0.55	0.86	0.81	0.95	1	0.75	0.63	0.91	0.93
Pb	0.4	0.52	0.59	0	0.22	0.43	0.56	0.21	0.21	0.83	0.67	0.79	0.75	1	0.35	0.76	0.74
V	0.6	0.4	0.58	-0.66	0.67	0.7	0.46	-0.53	0.56	0.33	0.55	0.55	0.63	0.35	1	0.52	0.64
U	0.54	0.61	0.79	-0.08	0.52	0.76	0.65	0.06	0.45	0.78	0.83	0.93	0.91	0.76	0.52	1	0.9
Th	0.56	0.64	0.8	-0.1	0.66	0.75	0.62	-0.03	0.54	0.85	0.73	0.96	0.93	0.74	0.64	0.9	1

6.10.2 Elementos HSFE sitio El Zorrillo

Las muestras del sitio El Zorrillo (figura 36) (tabla 8) presenta valores medios en ppm de Zr 361.7 ± 167.3 , Nb 33.6 ± 27.5 , Y 34.08 ± 18 , Ta 93.7 ± 36.8 , Pb 25.4 ± 7 , Th 23 ± 44 , P 784.3 ± 1128.5 y U 3.5 ± 7.8 .

Los sedimentos presentaron concentraciones promedio de Zr 304.1 ± 84.2 , Nb 22.3 ± 7.7 , Y 25 ± 3.5 , Ta 74.4 ± 15 , Pb 24.8 ± 11.5 , Th 13.5 ± 6.4 y U $.9 \pm 1.5$.

En la cerámica las correlaciones positivas de elementos HSFE con elementos mayores son generalmente elevadas (tabla 9) (figura 37 y 38). El Zr presentó las correlaciones más altas con Fe_2O_3 ($r=1$), TiO_2 ($r=0.99$), MnO ($r=0.99$), CaO ($r=0.96$), SiO_2 ($r=0.95$), Al_2O_3 ($r=0.89$). Las correlaciones positivas de Nb son muy elevadas con SiO_2 ($r=1$), MnO ($r=0.96$), Al_2O_3 ($r=0.96$), Fe_2O_3 ($r=0.94$), TiO_2 ($r=0.92$) y CaO ($r=0.89$). El Y presenta correlaciones positivas altas con SiO_2 ($r=0.98$), Al_2O_3 ($r=0.97$), MnO ($r=0.90$), Fe_2O_3 ($r=0.85$), TiO_2 ($r=0.82$), CaO ($r=0.78$) y K_2O ($r=0.45$). El Ta muestra correlaciones altas con SiO_2 ($r=0.99$), Al_2O_3 ($r=0.94$), MnO ($r=0.92$), Fe_2O_3 ($r=0.90$), TiO_2 ($r=0.88$), CaO ($r=0.86$). El Pb tiene correlaciones altas con Al_2O_3 ($r=0.98$), SiO_2 ($r=0.97$), MnO ($r=0.93$), Fe_2O_3 ($r=0.87$), TiO_2 ($r=0.84$) y CaO ($r=0.79$). Las correlaciones de Th son altas con SiO_2 ($r=1$), Al_2O_3 ($r=0.94$), Fe_2O_3 ($r=0.94$), MnO ($r=0.94$), TiO_2 ($r=0.92$), CaO ($r=0.90$). La correlación más baja de Th se dio con K_2O ($r=0.40$). El U presentó correlaciones muy altas con elementos con SiO_2 ($r=1$), Al_2O_3 ($r=0.97$), Fe_2O_3 ($r=0.96$), MnO ($r=0.96$), TiO_2 ($r=0.95$) y CaO ($r=0.95$).

6.10.3 Elementos traza sitio Lagunillas II

La cerámica del sitio Lagunillas II (figura 36) (tabla 8) presenta concentraciones de HSFE en ppm de Zr 339.5 ± 103.8 , Nb 37.8 ± 12.3 , Y 39.5 ± 9.3 , Ta 93.8 ± 16.9 , Pb 23.9 ± 2.4 , Th y U 1.7 ± 2.3 . En los sedimentos estos elementos se encontraron en las siguientes concentraciones en ppm: Zr 459.3, Nb 28.7, Y 33, Ta 69.7, Pb 37.7 y Th.

Esta cerámica presenta correlaciones de elementos HSFE con elementos mayores muy variables (tabla 9) (figuras 37 y 38). El Zr presenta correlaciones positivas

moderadas, siendo las más altas con: Fe₂O₃ ($r=0.79$), MnO ($r=0.62$), Al₂O₃ ($r=0.58$), TiO₂ ($r=-0.48$) y SiO₂ ($r=0.41$). El Nb muestra correlaciones altas y moderadas con SiO₂ ($r=0.94$), Fe₂O₃ ($r=0.76$), Al₂O₃ ($r=0.63$) y K₂O ($r=0.46$). Las correlaciones positivas de Y son altas y moderadas con SiO₂ ($r=0.78$) y K₂O ($r=0.49$). El Ta muestra correlaciones altas con SiO₂ ($r=0.99$) y K₂O ($r=0.80$). El Pb presenta una correlación moderada con TiO₂ ($r=0.36$). El Th presenta correlaciones positivas altas con SiO₂ ($r=0.97$), K₂O ($r=0.74$), Fe₂O₃ ($r=0.53$) y Al₂O₃, ($r=0.47$). El U muestra correlaciones altas con: SiO₂ ($r=0.98$), K₂O ($r=0.68$), Fe₂O₃ ($r=0.59$) y Al₂O₃ ($r=0.50$).

6.10.4 Elementos HSFE sitio El Rosario

En el sitio El Rosario la cerámica mostró concentraciones en ppm de Zr 286.8 ± 48.5 , Nb 34 ± 15 , Y 36 ± 13.6 , Ta 85 ± 19.7 , Pb 24.1 ± 4.9 , Th 32.3 ± 25.8 , P 305.4 ± 649.7 y U 2.4 ± 2 (figura 36, tabla 8). Los sedimentos mostraron concentraciones promedio en ppm de Zr 279.8 ± 8.25 , Nb 19.2 ± 5 , Y 27.5 ± 0.23 , Ta 81.5 ± 8.2 , Pb 16.5 ± 2.12 y Th 8.3 ± 8.24 .

Las muestras presentan correlaciones variables entre elementos HSFE y elementos mayores (tabla 9) (figuras 37 y 38). El Zr tiene correlaciones positivas altas con MnO ($r=0.97$), Fe₂O₃ ($r=0.93$), TiO₂ ($r=0.82$), Al₂O₃ ($r=0.66$), CaO ($r=0.64$) y SiO₂ ($r=0.45$). El Nb presenta correlaciones positivas altas con MnO ($r=0.89$), Fe₂O₃ ($r=0.86$), CaO ($r=0.70$) y TiO₂ ($r=0.64$). El Y tiene correlaciones altas y moderadas con Fe₂O₃ ($r=0.91$), MnO ($r=0.89$), K₂O ($r=0.55$), CaO ($r=0.51$), y Al₂O₃ ($r=0.41$). El Ta presenta correlaciones altas con MnO ($r=0.98$), Fe₂O₃ ($r=0.93$), CaO ($r=0.77$) y TiO₂ ($r=0.64$). El Pb muestra correlaciones moderadas con Fe₂O₃ ($r=0.51$), MnO ($r=0.49$) y K₂O ($r=0.47$). Las correlaciones de Ti son altas y moderadas con MnO ($r=0.90$), Fe₂O₃ ($r=0.89$), CaO ($r=0.70$), K₂O ($r=0.48$), TiO₂ ($r=0.42$), Al₂O₃ ($r=0.35$) y SiO₂ ($r=0.31$). Por su parte las correlaciones de U altas y moderadas con MnO ($r=0.92$), Fe₂O₃ ($r=0.87$), CaO ($r=0.78$), TiO₂ ($r=0.60$), SiO₂ ($r=0.43$), Al₂O₃ ($r=0.35$) y K₂O ($r=0.34$).

Tabla 10. Abreviaturas de los grupos cerámicos y sitios empleados en las gráficas de dispersión.

Abreviación	Cerámica	Abreviación	Sitio
R/B BA	Rojo sobre Bayo Bandas Anchas	CC	Cuicillos Cuates
R/B Z	Rojo sobre Bayo Zonal	EZ	El Zorrillo
N	Negativo	LII	Lagunillas II
BL	Blanco Levantado	ER	El Rosario
AM R/C	Ana María Rojo sobre Café		
T	Teotihuacanoide		
NP	Negativo Policromo		
Moy	Moy Rojo sobre Bayo		
N LC	Negativo La Cruz		
C	Cantinas Red-Orange		
CIL	Café Inciso Local		
XRI	Xajay		

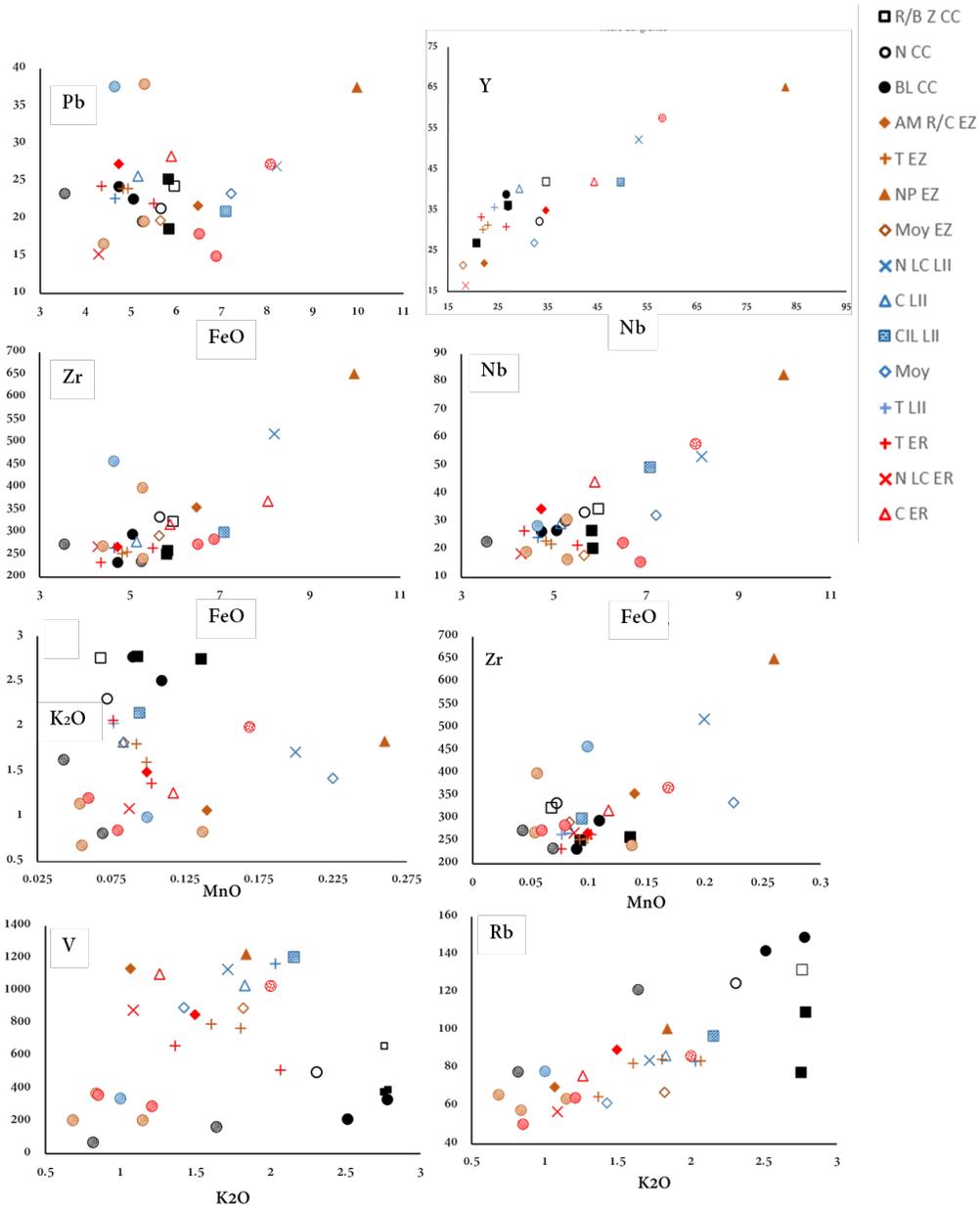


Figura 37. Diagramas de dispersión que muestran las concentraciones de los elementos mayores (porcentaje en peso) y traza (ppm) y sus correlaciones.

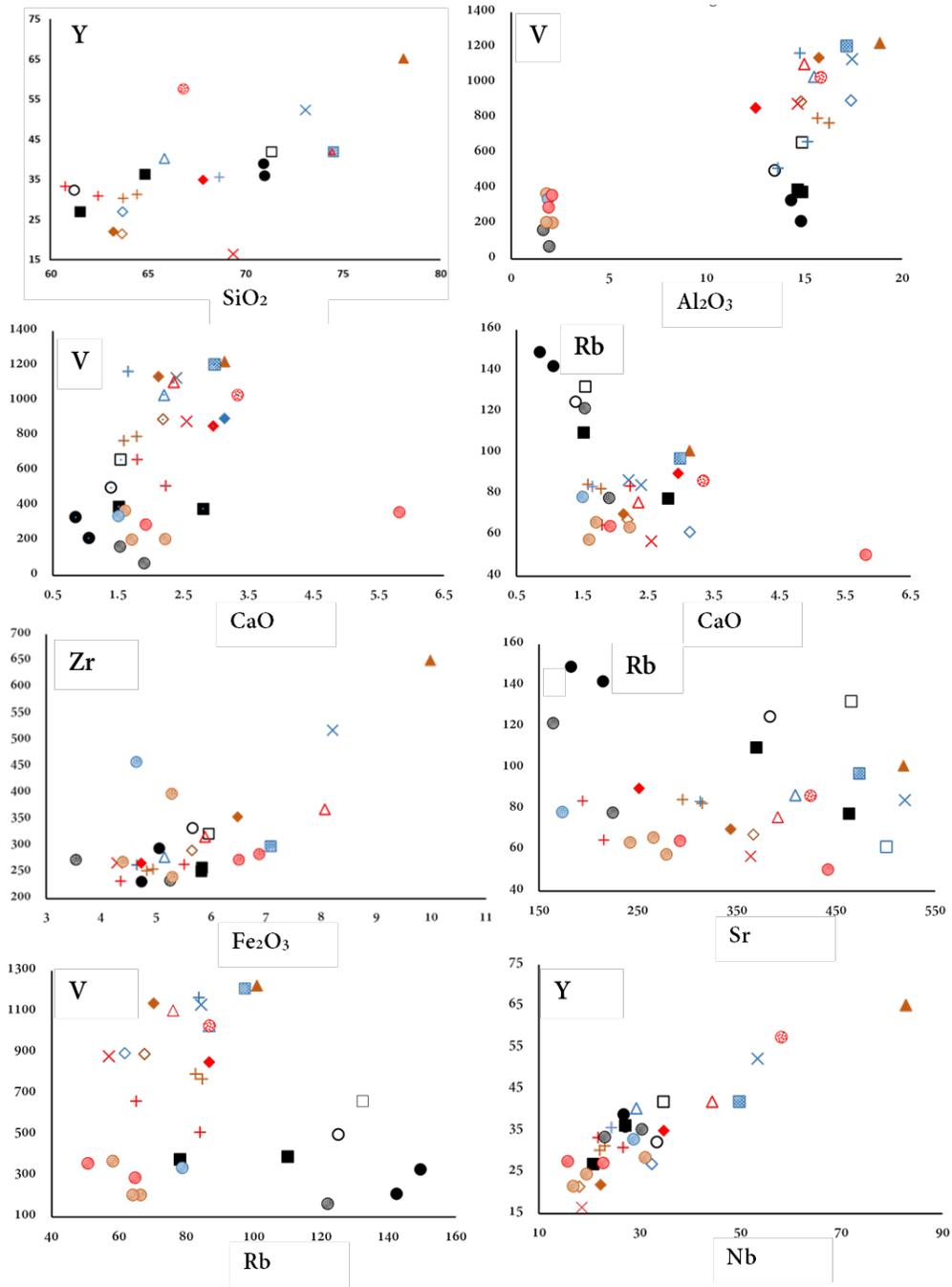


Figura 38. Diagrama de dispersión que muestra las concentraciones de elementos mayores (porcentaje en peso) y trazas (ppm) y sus correlaciones.

7. Origen de los cuarzos detríticos presentes en la cerámica de la región de Querétaro y oriente de Guanajuato, México

Se analizaron un total de 302 cuarzos detríticos en ocho muestras cerámicas, con el objetivo de identificar y describir las características texturales que permitan inferir la procedencia de estos cristales (e.g., color de CL, presencia de zonación, fracturas y bahías de reabsorción), como lo hacen Bernet y Bassett (2005), Boggs y Krinsley (2006) y Ocampo-Díaz *et al.* (2019; 2021).

7.1 Muestras del sitio Cuicillos Cuates

216 cuarzos detríticos analizados en las muestras del sitio Cuicillos Cuates (tabla 11) determinan que los cuarzos que forman parte de los desgrasantes están representados por seis características de CL. 1, cuarzo subredondeado con luminiscencia azul tipo moteada (figuras 39b-c). Estos cristales presentan pequeñas zonas de CL de tonalidad más oscura con una distribución muy concentrada que da una apariencia moteada al cristal y exhiben fracturas abiertas y ocasionalmente bahías de reabsorción. 2, cuarzo subanguloso con CL homogénea roja-violeta (figura 39a). Estos cristales muestran ocasionalmente zonación concéntrica y una ausencia casi total de fracturas. 3, cuarzo subredondeado con CL roja-violeta de tipo parchada (figura 39c). Los cristales exhiben grandes manchas o parches amorfos con una CL de tonalidad más clara que en el resto del cristal. Ocasionalmente estos parches tienen forma alargada muy bien definida. Los cristales no presentan fracturas. Escasos cristales presentan bahías de reabsorción y zonación concéntrica. 4, cuarzo anguloso con CL homogénea de color azul o roja-violeta con fracturas sanadas no orientadas (figura 39d). 5, cuarzo anguloso con CL azul homogénea, que ocasionalmente exhibe zonación concéntrica y fracturas no sanadas (figuras 39e-f). 6, cuarzo subredondeado con textura tipo parchada de color azul. La CL se presenta en forma de grandes extensiones irregulares en el cristal con una tonalidad homogénea de un azul más claro. Los cuarzos suelen presentar fracturas abiertas.

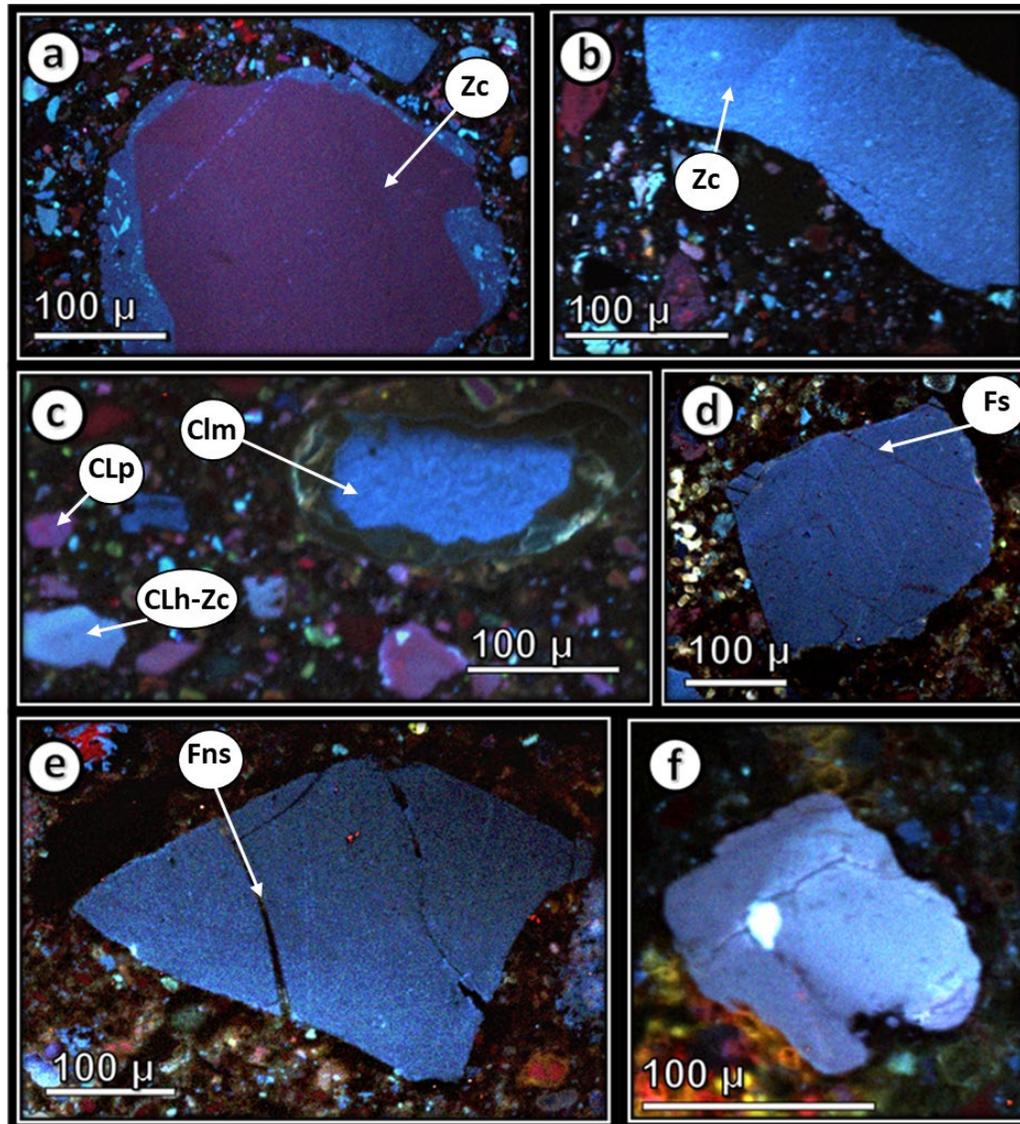


Figura 39. Cuarzos con luminiscencia violeta y azul en cerámica al Negativo. a) Cuarzo con CL roja-violeta con zonación concéntrica (Zc) y bahías de reabsorción. b) Cuarzo con CL azul tipo moteada y zonación concéntrica (Zc). c) Se observa un cristal de cuarzo en la parte superior con luminiscencia moteada (Clm) y a la izquierda un cuarzo con CL homogénea y zonación concéntrica (Clh-Zc). En el extremo izquierdo se observa un cristal con CL roja-violeta tipo parchada (Clp). d)-e) Cristales en cerámica Blanco Levantado. Los cristales presentan una luminiscencia azul homogénea y fracturas sanadas (Fs) y no sanadas (Fns), respectivamente. No se observa zonación. f) Cristal de cuarzo en cerámica Blanco Levantado con CL azul homogénea, zonación concéntrica y fracturas.

Tabla 11. Características texturales y de CL de cuarzos detríticos de los cuatro sitios arqueológicos. Cada valor representa el número de cuarzos que presentan determinada característica.

Cuicillos Cuates							
Tipo de CL	CL Azul	Zonación	Fracturas Sanadas	Tipo de CL	CL Violeta	Zonación	Fracturas Sanadas
Moteada	52	0	0	Homogénea	40	5	0
Homogénea	25	4	2	Parchada	36	1	0
Parchada	15	0	1	Moteada	17	0	1

El Zorrillo							
Tipo de CL	CL Azul	Zonación	Fracturas Sanadas	Tipo de CL	CL Violeta	Zonación	Fracturas Sanadas
Homogénea	8	1	0	Homogénea	24	6	0
Moteada	7	1	0	Parchada	9	0	0
Parchada	1	0	0	Moteada	4	0	0

Lagunillas II							
Tipo de CL	CL Azul	Zonación	Fracturas Sanadas	Tipo de CL	CL Violeta	Zonación	Fracturas Sanadas
Moteada	10	1	0	Parchada	22	0	0
Parchada	6	0	0	Homogénea	11	0	0
Homogénea	2	0	0	Moteada	8	0	0

El Rosario							
Tipo de CL	CL Azul	Zonación	Fracturas Sanadas	Tipo de CL	CL Violeta	Zonación	Fracturas Sanadas
Moteada	20	0	0	Homogénea	56	4	0
Parchada	15	4	0	Parchada	28	4	0
Homogénea	8	0	0	Moteada	6	0	0

7.2 Muestras sitio El Zorrillo

El análisis de CL de 54 cuarzos del sitio El Zorrillo determina la predominancia de un tipo de cuarzo con un tipo particular de CL y tres tipos menos frecuentes en la cerámica (figura 40, tabla 11). 1, cuarzo subanguloso con CL homogénea de tonalidad roja-violeta. Escasos cristales muestran zonación ondulatoria y no presentan fracturas. 2, cuarzo subredondeado a subanguloso con CL azul tipo moteada. Esta textura se presenta en forma de pequeños puntos o manchas de

luminiscencia de más baja intensidad que en el resto del cristal. Pueden presentarse pequeñas o grandes concentraciones. En el último caso da la apariencia de nubosidades oscuras sobre la superficie del cristal. Algunos cristales muestran zonación concéntrica. 3, cuarzo subredondeado con CL roja-violeta de tipo parchada. Estos cuarzos presentan parches alargados con CL de tonalidad más clara u oscura que la del resto del cristal. En algunos casos exhiben bahías de reabsorción. 4, cuarzo subredondeado de CL azul homogénea con zonación concéntrica y ondulatoria, y bahías de reabsorción.

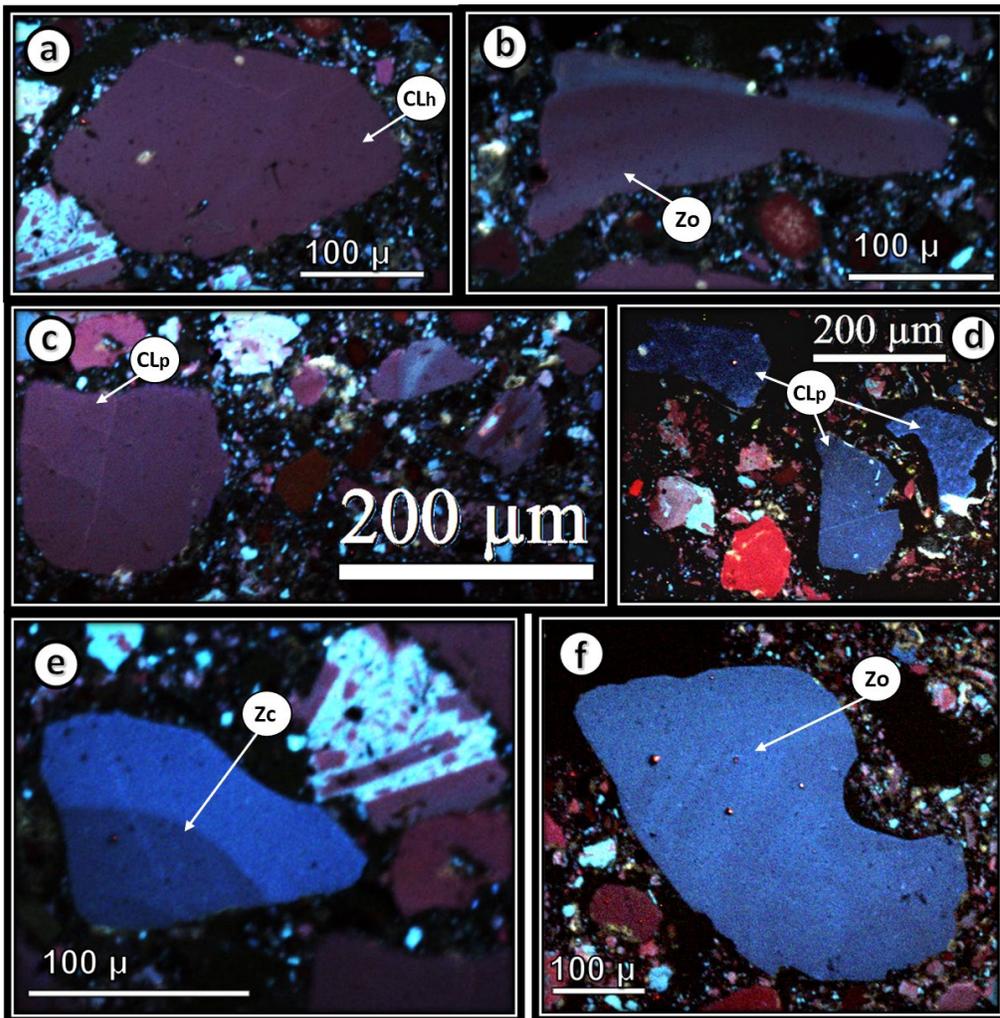


Figura 40. Cuarzos detríticos en cerámica Moy. a)-b) Cuarzos con luminiscencia roja-violeta homogénea (CLh). El cristal en b) exhibe zonación ondulatoria (Zo). c) Cristales de cuarzo con luminiscencia roja-violeta tipo parchada (CLp). d) Cuarzos con CL irregular tipo moteada (CLm). e) Cuarzo que exhibe CL azul homogénea y zonación concéntrica. f) Cuarzos con luminiscencia azul homogénea, zonación ondulatoria (Zo) y bahías de reabsorción.

7.3 Muestras sitio Lagunillas II

61 cuarzoes detríticos analizados por CL (tabla 11) de permiten discriminar seis características de CL. 1, cuarzoes subangulosos con CL de color rojo-violeta tipo parchada (figura 41c). Los parches exhiben formas irregulares de un rojo-violeta claro o bandas alargadas de CL de un color violeta oscuro. Escasos cuarzoes exhiben bahías de reabsorción. 2, cuarzo subanguloso con CL roja homogénea (figura 41c). 3, cuarzo anguloso con CL azul de tipo moteada (figura 41b), caracterizado por pequeñas concentraciones de pequeñas motas con CL de baja intensidad. Zonación concéntrica y bahías de reabsorción pueden estar presentes en algunos cristales. 4, cuarzo anguloso con CL azul irregular de tipo parchada (figura 41c). Este tipo de CL se caracteriza por grandes áreas con una CL más oscura. 5 Cuarzo anguloso de tamaño pequeño con CL roja tipo moteada (figura 41c), que se distingue por CL irregular con diminutas manchas de CL rojas-violeta claro y en menor frecuencia manchas más oscura. Este cuarzo es poco presente.

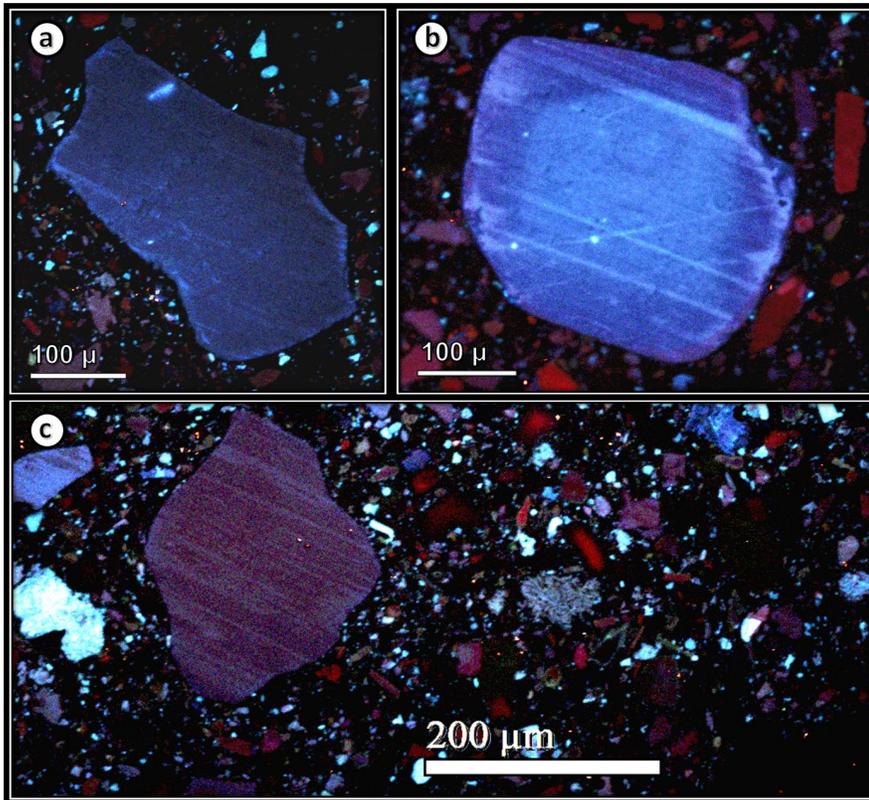


Figura 41. Cuarzos detríticos en cerámica decorada al negativo. a)-b) Cuarzo anguloso con luminiscencia azul oscuro tipo parchada y cuarzo subredondeado con CL tipo moteada y zonación concéntrica. c) Cristales de cuarzo con distintos tipos de CL. En la parte izquierda se observan cuarzos con CL parchada de colores azul y violeta. Al centro se muestran pequeños cristales de CL azul y roja-violeta tipo moteada, parchada y en menor cantidad, homogénea.

7.4 Muestras sitio El Rosario

El análisis de 148 cuarzos (tabla 11) permitió definir cuatro tipos principales de CL y dos tipos secundarios: 1, cuarzo con luminiscencia homogénea de tonalidad rojo-violeta. Los cristales presentan raramente zonación concéntrica y ondulatoria (figuras 42a-b y 43a y d). cuarzos con bahías de reabsorción son poco comunes. 2, cuarzo con CL de color rojo-violeta tipo parchada (figura 43b), consistente en grandes zonas del cristal que presentan una CL de tonalidad más clara. Algunos cristales muestran zonación ondulatoria y/o bahías de reabsorción. 3, cuarzo subredondeado con CL azul del tipo moteada (figura 44a). Estos cuarzos presentan

pequeñas manchas de una CL de baja intensidad distribuidas aleatoriamente en el cristal. Presentan ocasionalmente fracturas y exhiben de forma regular bahías de reabsorción. 4, cuarzo subredondeado con CL de tonalidad azul homogénea con zonación ondulatoria que exhibe frecuentemente bahías de reabsorción (figuras 44b-c). 5, cuarzo subredondeado con CL azul homogénea y zonación concéntrica (figura 44c). 6, cuarzo subanguloso con CL roja-violeta tipo moteada sin fracturas.

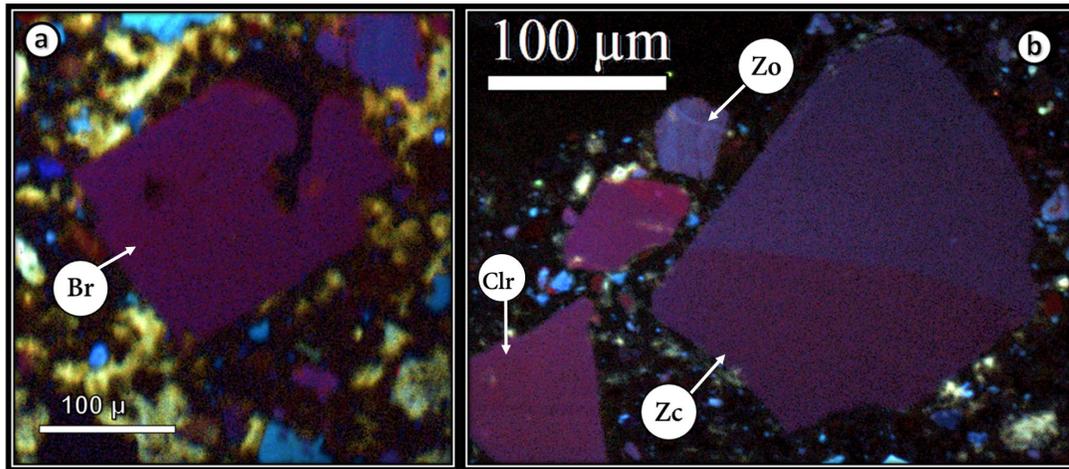


Figura 42. Cristales de cuarzo en cerámica al negativo. a) Cuarzo con CL roja homogénea y bahías de reabsorción (Br). b) Cristales de cuarzo con luminiscencia roja-violeta homogénea (Clr). Algunos cristales presentan zonación ondulatoria (Zo) y concéntrica (Zc).

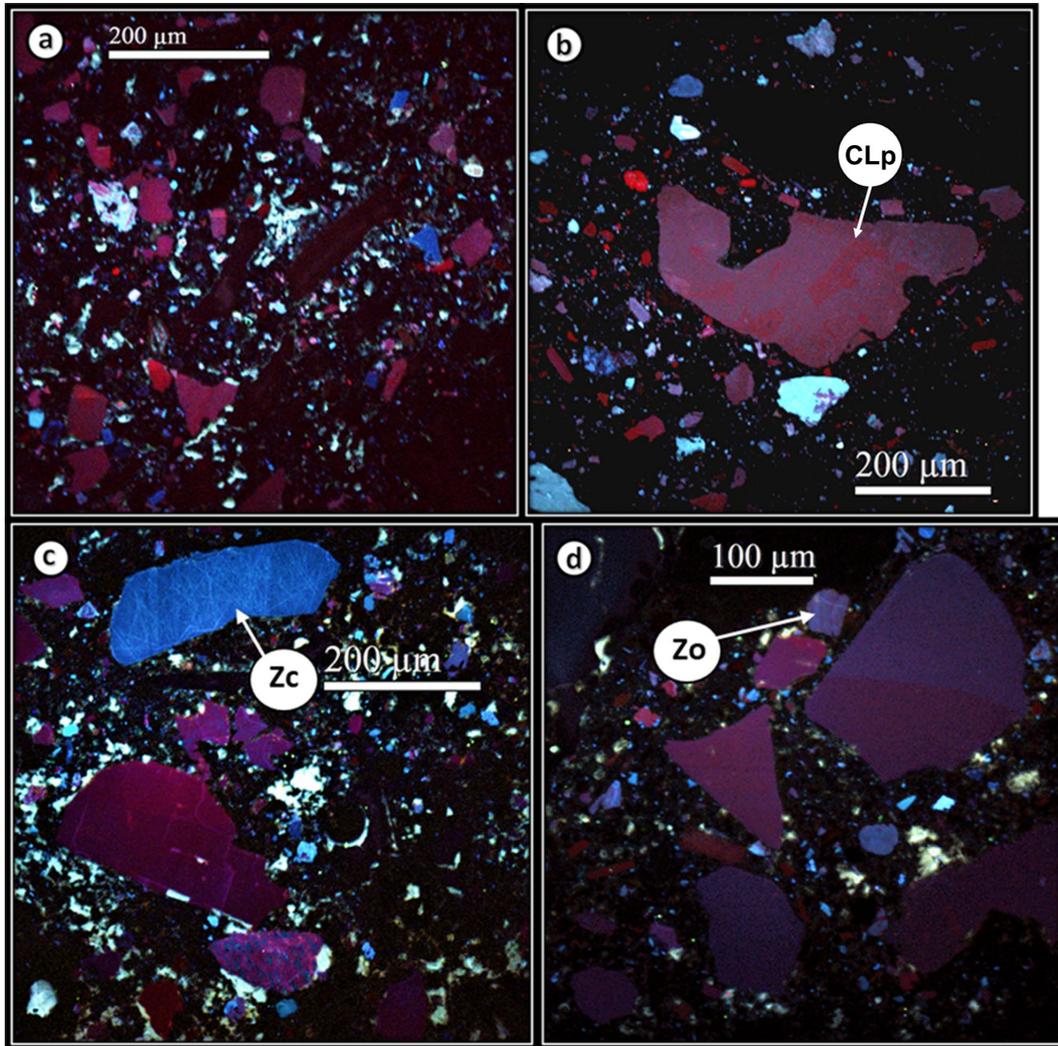


Figura 43. Cuarzos detríticos en cerámica Moy. a)-d) Cristales de cuarzo con CL mayoritariamente de tonalidad roja-violeta. Cristal de cuarzo con CL violeta y textura tipo parchada (CLp). Algunos cristales presentan zonación concéntrica (Zc) y ondulatoria (Zo).

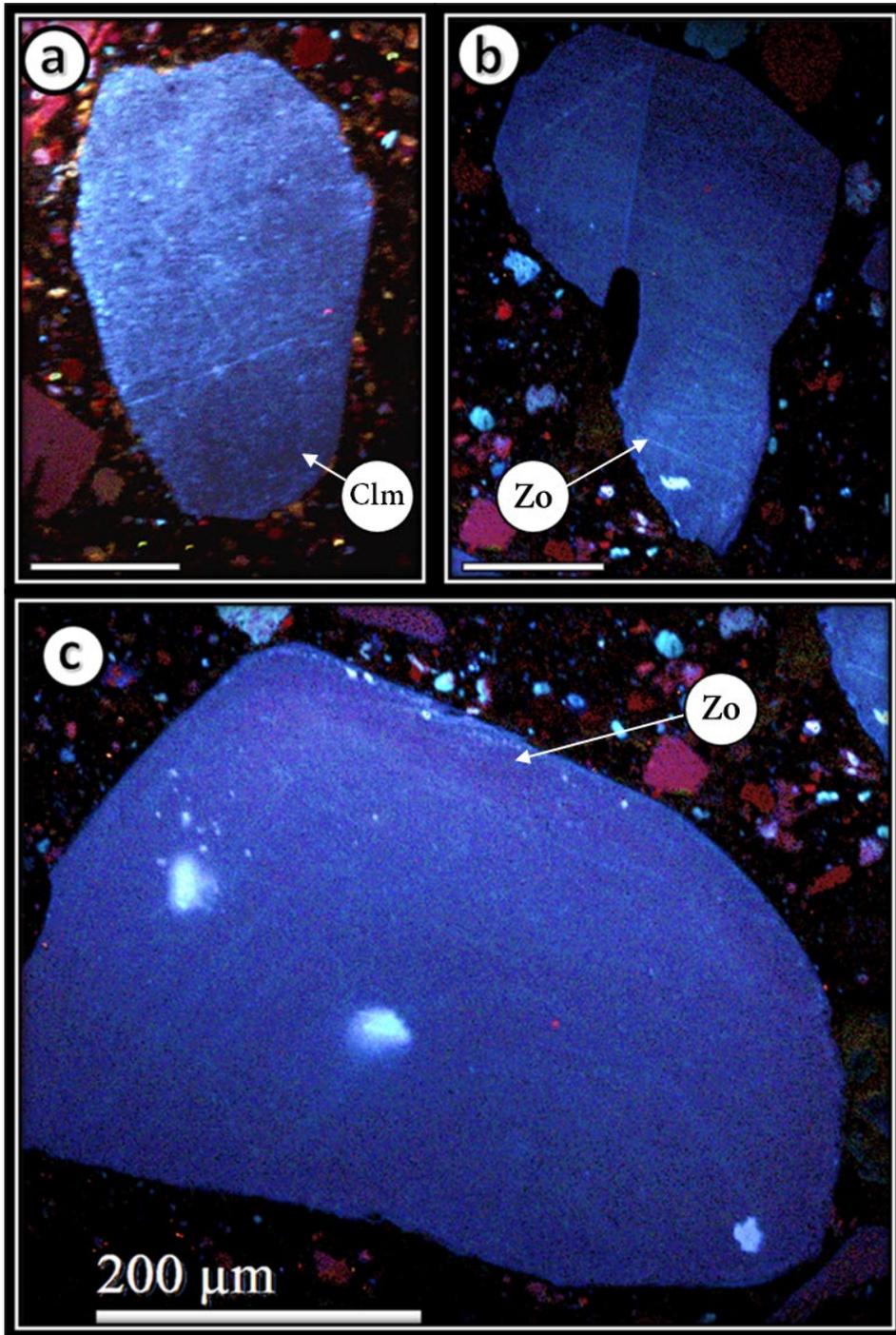


Figura 44. Cuarzos en cerámica Teotihuacanoide. a) Cuarzo con CL Azul tipo moteada (CIm). b)-c) Cristales de cuarzo con CL homogénea de tonalidad azul con zonación ondulatoria (Zo).

8. Discusión

8.1 Cronología de los tipos cerámicos

8.1.2 Ana María rojo sobre café

Esta cerámica consiste en fragmentos de cajetes con textura y compactación medias, con una superficie bien alisada y decoración pintada en rojo consistente en líneas concéntricas en las paredes interiores. Estas características permiten asociar estas cerámicas con los tipos Ana María Rojo sobre Café/ Rojo sobre Bayo El Mogote, documentados por Nalda (1991) y Saint Charles y Enríquez (2006) para el sur de Querétaro y que tienen atributos similares. Estas similitudes permiten determinar una cronología para el tipo cerámico Ana María Rojo sobre Café de 700/800 d.C. (Saint Charles *et al.*, 2006). El Ana María rojo sobre café está presente en Tula donde se le asigna una temporalidad del 750-950 d.C. (Cobean, 1990).

8.1.3 Xajay rojo esgrafiado

Esta cerámica consiste en dos soportes de cajetes con forma de placa que tienen decoración pintada en engobe rojo pulido y decoración esgrafiada. Estas características se presentan en la cerámica Xajay Rojo Inciso postcocción documentada por Nalda (1975) en el área de San Juan del Río, Querétaro, y por Saint Charles y Enríquez (2006) en el Cerro de la Cruz, Querétaro, lo que permite identificar esta cerámica como Xajay Rojo esgrafiado con una temporalidad de 900-1000/1100 d.C. (Saint Charles *et al.*, 2006). Aunque inicialmente Nalda (1991) propone esta cerámica como originaria del sur de Querétaro, Saint-Charles y Arguelles (1991) dan indicios de que puede tratarse de una cerámica de origen foráneo.

8.1.4 Moy rojo sobre bayo

Esta cerámica consiste en fragmentos de platos y una base pedestal echas en una pasta con poca compactación y un gran porcentaje de desgrasantes. La decoración consiste en líneas rojas y círculos rojos pintados sobre un fondo crema en la parte interna de los fragmentos. Estas características son las mismas que presenta el tipo Moy Rojo sobre Bayo documentado Saint Charles *et al.*, (2006) en la región de San Juan del Río. Por tal motivo, se le asigna una temporalidad de 700-900 d.C.

8.1.5 Zonal rojo sobre bayo

Esta cerámica consiste en fragmentos de cajetes que presentan grandes zonas decoradas con pigmento rojo. Esta decoración es característica del tipo Rojo sobre Bayo Zonal definido por Saint Charles (1990) para Guanajuato. Estas similitudes permiten asignarle a esta cerámica una temporalidad de 1-400 d.C Saint Charles (1990).

8.1.6 Bandas Anchas rojo sobre bayo

Esta cerámica consiste en fragmentos de cajetes con decoración lineal y geométrica pintada en rojo sobre la pared interna. Estos atributos son muy parecidos a las documentadas en el tipo cerámico Rojo sobre Bayo el Bajío, descrito por Saint Charles (1990). Por tal motivo, a este tipo cerámico se le asigna una cronología de 350-700 d.C.

8.1.7 Blanco Levantado

Este tipo consiste en fragmentos de cuerpos y bordes de ollas hechas en pasta burda poco compacta, con una decoración consistente en un baño blanco traslucido sobre la superficie externa. Estas cualidades son típicas de la cerámica Blanco Levantado documentada en Guanajuato por Braniff (1972) y Saint Charles (1990) y en el sitio El Cerrito en Querétaro por Crespo (1986). Esta tradición cerámica es característica del centro norte y del Occidente de México y tiene una temporalidad muy amplia. La temporalidad propuesta por Saint Charles (1990) para Guanajuato es de 300-1200 d.C.

8.1.8 Bayo inciso local

Estas cerámicas son fragmentos de cajetes de pasta muy fina y con buen acabado de superficie y una decoración consistente en incisiones lineales cerca del borde de las piezas. Estas características han sido documentadas en Guanajuato por Sánchez y Zepeda (1981) y Nalda (1981) en el tipo Café Inciso Pulido y Bayo Inciso.

Saint Charles (1990) documenta esta cerámica en Guanajuato y en Querétaro (Saint Charles *et al.*, 2006). Estas comparaciones permiten asignarle a esta cerámica una temporalidad de 650-900 d.C (Saint Charles, 1990).

8.1.9 Cantinas red-orange

Esta cerámica se compone de bordes y fondos de cajetes finamente alisados y decorados con arreglos lineales y geométricos pintados en rojo sobre un fondo bayo. Estas características permiten asociarla con la cerámica Cantinas Red-Orange documentada por Nalda (1991) y Sánchez y Zepeda (1982) en Guanajuato. Por lo que se le puede asignar una temporalidad de 475 a 1450 d.C.

8.1.10 Teotihuacanoide

Esta cerámica consiste de fragmentos de cajetes con paredes curvo divergentes con un fino acabado de superficie y decoración incisa. Estas características permiten comparar esta cerámica con la cerámica denominada Teotihuacanoide por Nalda (1991), que la describe como un grupo relativamente disperejo elaborada con técnicas y motivos de supuesta filiación teotihuacana. Al tratarse presumiblemente de cerámica local, Nalda (*op.cit*) denomina esta cerámica como “Teotihuacanoide”. Las similitudes entre las cerámicas de este trabajo y las documentadas por Nalda (1991), permiten asignarle una temporalidad de 400 d.C a 900 d.C. El tipo teotihuacanoide de Nalda parece ser equivalente (al menos los cajetes con decoración incisa y esgrafiada) a los cajetes esgrafiados descritos Saint-Charles *et al.* (2010) para el sitio El Rosario, aunque la temporalidad se esta cerámica es mas temprana, presente en el sitio desde el 150 d.C. hasta el 550 d.C.

8.1.11 Negativo La Cruz

Esta cerámica consiste en bordes de cajetes con decoración al negativo. La calidad de la pasta, el fino acabado de superficie y los motivos decorativos, permiten identificar esta cerámica como negativo La Cruz definida por Saint Charles (2006) para ciertas cerámicas con decoración al negativo encontradas en el sitio Cerro de La Cruz, Querétaro. Estas similitudes permiten asignarle una cronología de 600-900 d.C. (Saint Charles *et al.*, 2006).

8.1.12 Tres Palos negativo policromo

Esta cerámica está representada por fragmentos de cajetes de pasta muy fina, con un buen acabado de superficie y una decoración al negativo consistente en motivos geométricos muy elaborados. Estas características son similares a las descritas por Michelet (1993) del tipo Tres Palos Tricromo, que consiste en cerámica con decoración pintada en rojo y rojo y negro (ya sea negativo o positivo) sobre un fondo crema. De acuerdo con Michelet (1993) tiene una temporalidad de 0-550 d.C., aunque Saint Charles *et al.*, (2006) le asigna una temporalidad de 500-550 d.C.

8.2 Intemperismo de la roca fuente

Los valores moderados del CIA (*Chemical Index of Alteration*) (66.8 ± 6.9) y W (40.8 ± 6.6) (figuras 45 y 46) sugieren que la materia prima con la fueron elaboradas las cerámicas deriva de fuentes moderadamente intemperizadas. Las cerámicas del sitio El Rosario muestran el mayor grado de intemperismo químico (72.36 ± 2.9). En el sitio El Zorrillo las cerámicas mostraron valores de CIA moderados (67.4 ± 4). Las cerámicas del sitio Lagunillas II tienen grados bajos y moderados de CIA (62.9 ± 10.4). Finalmente, las cerámicas del sitio Cuicillos Cuates tienen niveles bajos y moderados de CIA (66.85 ± 8.2) Estos valores permiten determinar climas templados subhúmedos y secos templados semifríos para épocas los periodos de ocupación de los sitios, principalmente finales del Clásico y Epiclásico mesoamericano, los cuales son muy similares con los climas que se presentan actualmente en las regiones de Querétaro y Guanajuato documentados por el INEGI (2022).

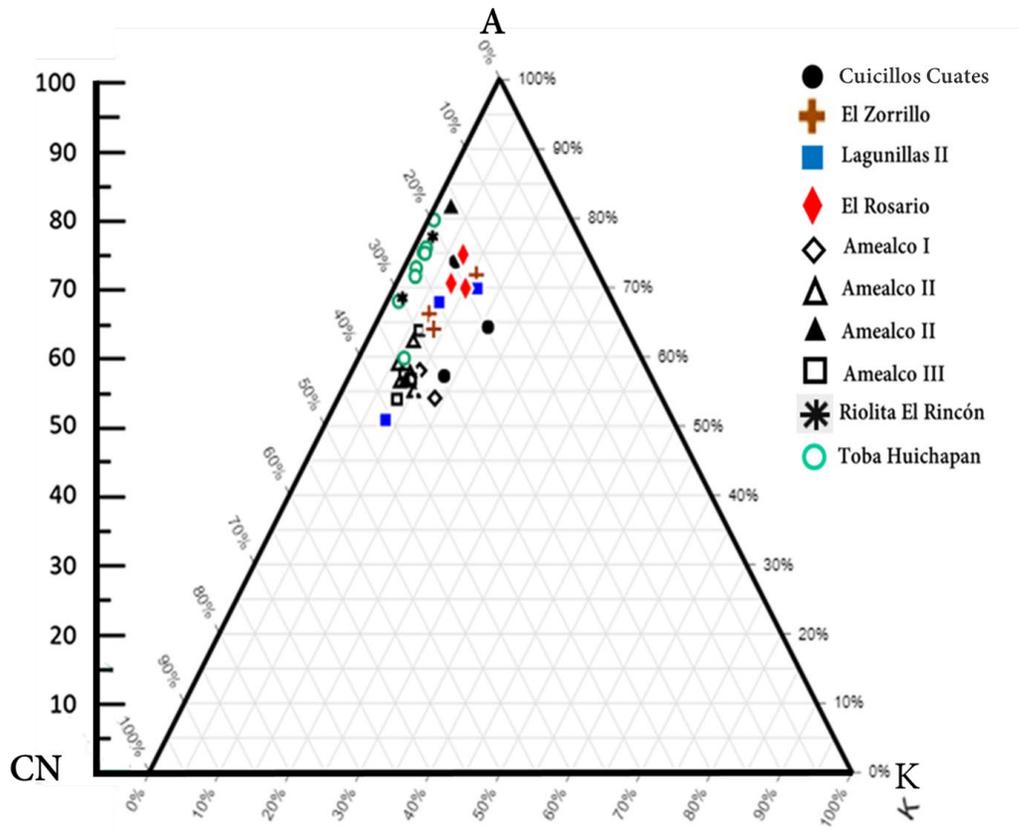


Figura 45. Figura 42. Diagrama A-CN-K de Nesbitt y Young (1982) que muestra el grado de intemperización de las muestras analizadas. En el polo A se muestran las concentraciones molares de Al_2O_3 , en el polo CN las de CaO^*+NaO y en el polo K las de K_2O .

8.3 Diagrama MFW

El diagrama MFW permite documentar la composición y el grado de intemperismo de diferentes rocas volcánicas. Este índice es más sensible que otros índices a las variaciones químicas de los diferentes tipos de rocas por el número de elementos mayores que utiliza (Ohta y Arai, 2007), permitiendo además determinar la composición de la roca fuente que se alteró. Las cerámicas analizadas muestran valores bajos a moderados de intemperismo químico de rocas de composición riódacítica y andesítica; como lo denotan los valores determinados del CIA. Esta interpretación es robustecida con los resultados petrográficos discutidos en subcapítulos posteriores. Los resultados geoquímicos de la Toba Amealco documentados por Verma *et al.* (1991), analizados por el índice empírico MFW,

determinan que esta unidad litoestratigráfica presenta la mayoría de las variaciones composicionales descritas por Aguirre-Díaz (2001), aunado a un bajo grado de intemperismo químico. Estos resultados sugieren que la Toba Amealco puede ser la principal roca fuente de los sedimentos con que se confeccionaron las cerámicas de los sitios El Zorrillo, Lagunillas II y el Rosario (figura 43).

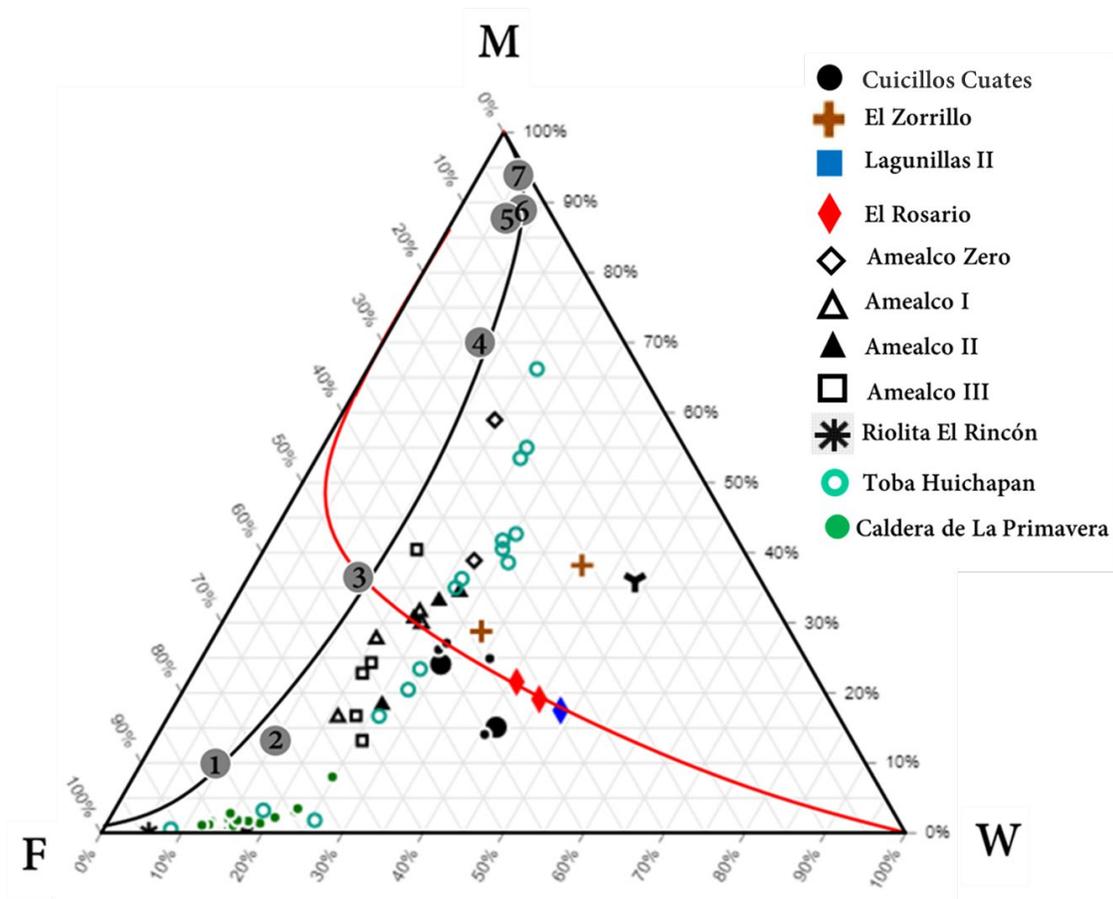


Figura 46. Índices Máfico, Félsico y *Weathering* de Ohta y Arai (2007). Composición química de granito, riolita, basalto y gabro de acuerdo a Condie (1993). 1, riolita calco-alcalina; 2, granito; 3, dacita calco-alcalina; 4, andesita calco-alcalina; 5, basalto de arco volcánico; 6, basalto alcalino; 7, komatita. Se muestran las composiciones de las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos, de la Toba Amealco (Verma *et al.*, 1991), Riolita El Rincón (Aguirre-Díaz, 1996), Toba Huichapan (Verma *et al.*, 1992) y de la Caldera de La Primavera (Ocampo-Díaz *et al.*, 2021).

8.4 Procedencia de cuarzos detríticos

Las características texturales de los cuarzos detríticos analizados petrográficamente en las cerámicas y sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos sugieren rocas fuentes volcánicas. En las cuatro petrofacies, el cuarzo es mayoritariamente monocristalino con extinción recta, con bahías de reabsorción comúnmente fracturados, con pocas vesículas e inclusiones. Estas características son similares con los cuarzos de origen volcánico documentados por Folk (1980). El origen volcánico de los cuarzos detríticos es robustecido por las características de CL que estos presentan: CL azul o violeta con textura moteada o parchada, zonación, fracturas abiertas. Estas características son comunes en los cuarzos de origen volcánico (eg., Bernet y Bassett, 2005; Boggs y Krinsley, 2006 y Ocampo-Díaz *et al.*, 2019, 2021). Escasos cuarzos monocristalinos exhiben extinción ondulada y numerosas vesículas e inclusiones fluidas. Estas características son típicas en los cuarzos de origen plutónico (Folk, 1980). El análisis por CL revela que estos cuarzos presentan fracturas rellenas con sílice secundario, lo cual es típico en cuarzo plutónico (e.g., Bernet y Bassett, 2005; Boggs y Krinsley, 2006).

El cuarzo policristalino está presente en menor cantidad que el cuarzo monocristalino, presentándose como agregados de 2 a 3 cristales. Esta característica es similar con los cuarzos de origen plutónico documentados por Basu *et al.* (1975).

8.5 Composición de la roca fuente

Los resultados de los análisis petrográficos, geoquímicos y de CL indican que las rocas fuentes de cerámicas analizadas son fuentes volcánicas de composición rio-dacítica y andesítica-basáltica.

8.5.1 Composición de la roca fuente del Sitio Cuicillos Cuates

El análisis multiproxy de procedencia realizado en las cerámicas del sitio Cuicillos Cuates determina una roca fuente de composición rio-dacítica, con aportes menores de fuentes andesíticas. Esta interpretación es soportada por la abundancia de líticos

volcánicos con texturas felsíticas y tobáceos con textura felsítica, y escasos fragmentos volcánicos microlíticos y *lathwork*, documentados en la petrofacies A. Del mismo modo la tendencia que presentan los componentes principales de los índices M (25.1 ± 10.5) y W (40 ± 9), determinan que las rocas fuentes que se están alterando son de composición riolítica y dacítica (figura 43). Las relaciones de Ti/Nb (media 174 ± 42.5) son similares con las que presentan las riolitas y dacitas (Jenchen, 2001; Ocampo-Díaz, 2011; Ocampo-Díaz *et al.*, 2021; 2022) (figura 44). La relación V/Nb muestra el mismo comportamiento que la relación Ti/Nb, decreciendo en las cerámicas con rocas fuentes más ácidas. La relación V/Nb (14.6 ± 4) muestra que las cerámicas de Cuicillos Cuates provienen de rocas de composición rio-dacítica.

Las bajas concentraciones de V y Ti en la petrofacies A (exclusiva del sitio Cuicillos Cuates) respecto a las otras petrofacies, sugieren una fuente más félsica (figuras 45 y 46).

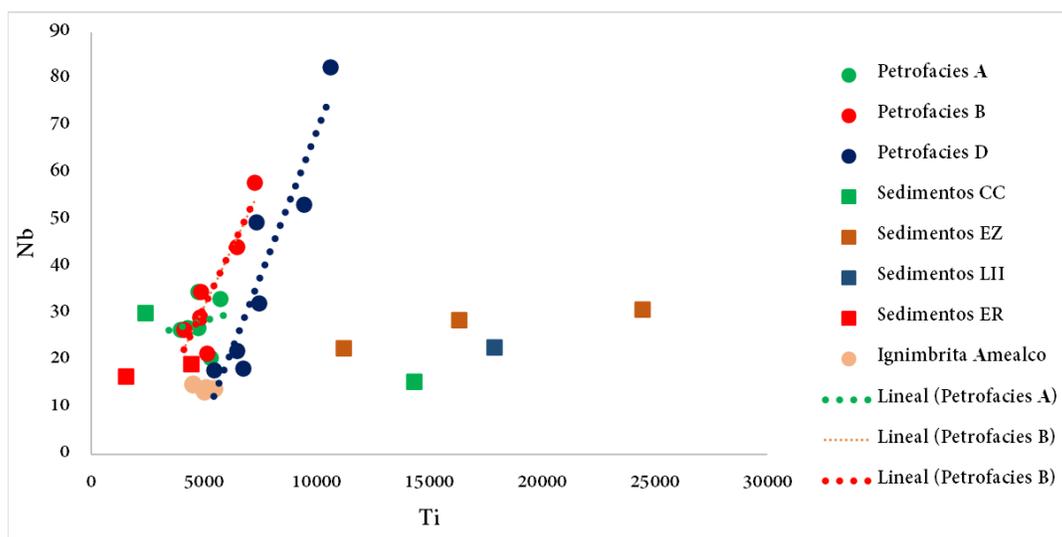


Figura 47. Concentraciones de Ti y Nb en cerámicas de las petrofacies A, B y D, y sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos. Se muestran también las concentraciones de estos dos elementos en la Toba Amealco (Verma *et al.*, 1991).

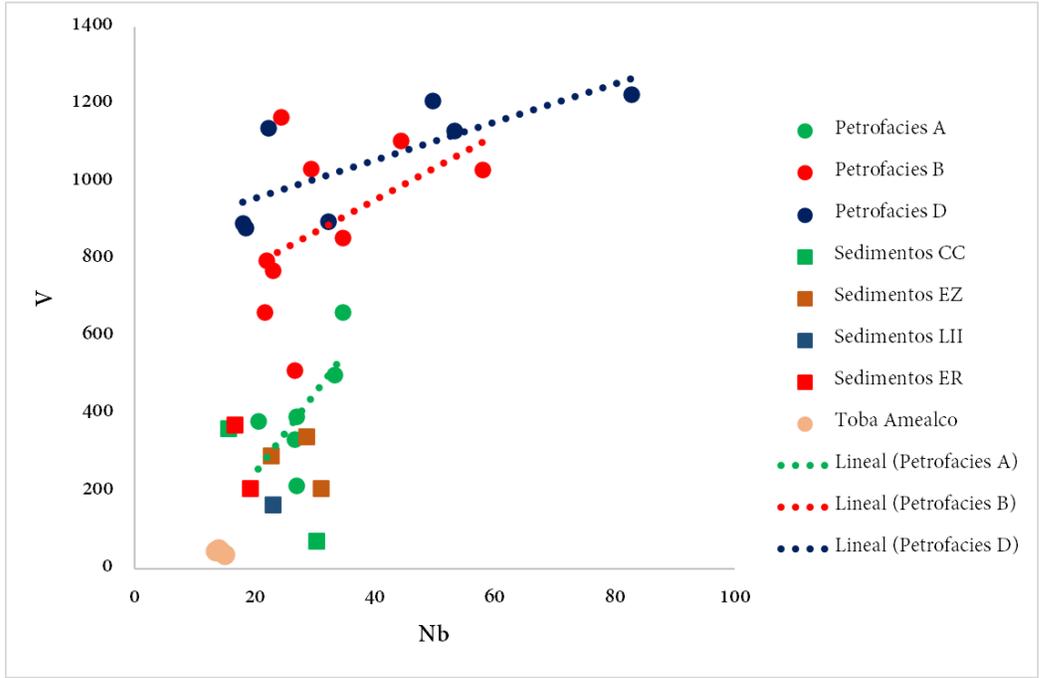


Figura 48. Concentraciones de Nb y V en las cerámicas de las petrofacies A, B y D, y sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos. Se muestran las concentraciones de estos elementos en la Toba Amealco (Verma *et al.*, 1991).

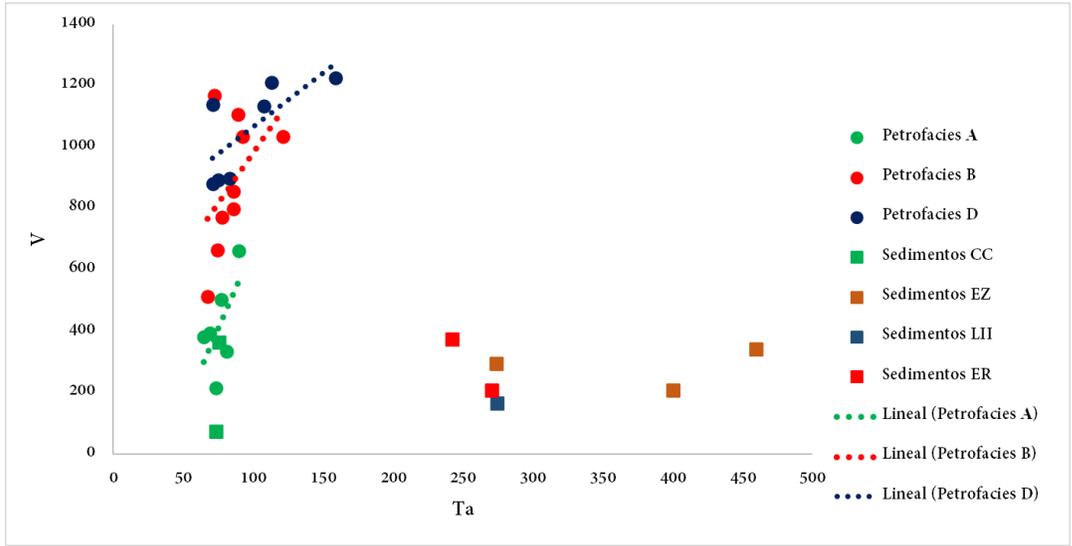


Figura 49. Concentraciones de Ta y V en las cerámicas de las petrofacies A, B y D, y sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos.

8.5.2 Sitio El Zorrillo

Los resultados del análisis de procedencia multiproxy en las cerámicas del sitio El Zorrillo revelan rocas fuentes composición andesítica y rio-dacítica. Esto se sustenta por la abundancia de líticos volcánicos de textura microlítica, *lathwork* y líticos tobáceos con textura felsítica presentes en la petrofacies B y D. La abundancia de cuarzos con luminiscencia azul o roja-violeta homogénea, texturas parchadas o moteada, zonación ondulatoria y fracturas no sanadas, reflejan rocas fuente volcánicas (Bernet y Bassett, 2005; Boggs y Krinsley, 2006; Ocampo-Díaz *et al.*, 2019; 2021). La tendencia que presentan los componentes principales de los índices M (33.5 ± 6.6) y W (36.75 ± 5.5) muestran la descomposición de rocas fuentes de composición rio-dacíticas y andesítica (figura 45). La relación Ti/Nb en las cerámicas (219.5 ± 75), es ligeramente más alta que la del sitio Cuicillos Cuates, y las altas concentraciones de V (966 ± 205) y Ti (6196 ± 2648) sugieren rocas fuente de composición más básica. Estos resultados son soportados por la relación V/Nb (37 ± 14.7), que indican una roca fuente de composición dacítica y andesítica.

Los valores más altos de V (1086 ± 172) y T (7516.8 ± 2734) los presentan las cerámicas de la petrofacies D (figura 48 y 49), sugiriendo rocas fuentes más básicas que las cerámicas de la petrofacies B.

8.5.3 Sitio Lagunillas II

El análisis multiproxy de procedencia realizado en las cerámicas del sitio Lagunillas II sugiere que los desgrasantes derivan de rocas fuentes andesíticas y rio-dacíticas. Esta interpretación es robustecida por la predominancia de líticos volcánicos con texturas microlítica, *lathwork*, felsíticos y tobáceos con textura felsítica documentados en cerámicas y sedimentos. La presencia de cuarzos con características de CL de luminiscencia azul y roja-violeta, zonación, texturas parchadas o moteadas y la presencia de fracturas no sanadas apuntan a una fuente volcánica félsica (Bernet y Bassett, 2005; Boggs y Krinsley, 2006 y Ocampo-Díaz *et al.*, 2019; 2021). La tendencia de los componentes principales de los índices M y W

denota que las cerámicas proceden de los productos de alteración química de rocas fuentes de composición andesítica y dacítica. La relación Ti/Nb (185.7 ± 34) es similar a las de riolitas y dacitas (Jenchen, 2001; Ocampo-Díaz, 2011; Ocampo-Díaz *et al.*, 2021; 2022) (figura 47). Las altas concentraciones de V (1089 ± 124.8) en las cerámicas muestran aportes de fuentes básicas. La relación V/Nb (31.5 ± 10.6) indica rocas fuente de composición río-dacítica y andesítica

Las cerámicas de Lagunillas II presentan altas concentraciones de Ti y V, siendo más elevadas en las cerámicas de la petrofacies D (Ti: 8073 ± 1199 ; V: 1081 ± 162.5) (figuras 48 y 49), lo que sugiere aportes de rocas fuentes andesíticas.

8.5.4 Sitio El Rosario

El análisis multiproxy en las cerámicas del sitio El Rosario determina rocas fuentes de composición río-dacítica con aportes menores de fuentes andesíticas. Esta observación se sustenta por la predominancia de líticos volcánicos con textura felsítica, líticos tobáceos con textura felsítica, y menor abundancia líticos volcánicos con textura microlítica y *lathwork*. Los cuarzos tienen características de CL de luminiscencia azul y roja-violeta homogénea, texturas parchadas y moteadas, zonación y fracturas abiertas, indicadores de rocas fuentes volcánicas félsicas (Bernet y Bassett, 2005; Boggs y Krinsley, 2006; Ocampo-Díaz *et al.*, 2019; 2021). La tendencia de los componentes principales en M y W muestra que las rocas que están siendo alteradas por intemperismo químico son de composición dacítica (figura 46). La relación Ti/Nb en las cerámicas tiene un promedio de 194 ± 92 , sugiriendo rocas fuentes río-dacíticas (Jenchen, 2001; Ocampo-Díaz, 2011; Ocampo-Díaz *et al.*, 2021; 2022). La relación V/Nb (27.5 ± 10.8), indican una roca fuente de composición dacítica para las cerámicas del Rosario.

Las cerámicas del Rosario presentan los valores más bajos de Ti (5763 ± 194.6) y V (842.8 ± 222.5) de todos los sitios del sur de Querétaro. A nivel de sitio las cerámicas de la petrofacies B presenta los valores más bajos de Ti (5565 ± 1263) y V (835 ± 248), lo que indica que esta petrofacies deriva de rocas fuentes de composición río-dacítica (Jenchen, 2001; Ocampo-Díaz, 2011; Ocampo-Díaz *et al.*, 2021; 2022).

8.6 Posibles áreas fuentes

Las características composicionales de las cerámicas de los sitios arqueológicos situados al sur de Querétaro, sugieren rocas fuentes de composición riolítica, dacítica y andesítica. Estas características composicionales son similares con las que se han documentado en la Toba Amealco (figura 51) por Aguirre-Díaz (2001). De acuerdo con este autor, la Toba Amealco presenta composición riolítica, traquidacítica, traquiandesítica, dacítica y andesítica. La abundancia de líticos volcánicos con texturas tobáceas, felsíticos, microlíticos, vitrofíricos vesiculares no consolidados y piroxeno en las cerámicas de las petrofacies B y D robustece la hipótesis de que la Toba Amealco es la principal roca madre de estos desgrasantes. Del mismo modo, el componente principal W en el diagrama MFW muestra una estrecha relación entre la Toba Amealco con la petrofacies B (Verma *et al.*, 1991; figuras 46 y 47), y de manera particular con las ignimbritas Amealco III y I de composición dacítica (Aguirre-Díaz, 2001). Las relaciones de elementos inmóviles versus móviles, como Ti/Nb y V/Nb (figura 50), documentados en las cerámicas de las petrofacies B (Ti/Nb 172 ± 36.3) y D (Ti/Nb 234 ± 88.6), rocas de la Toba Amealco (Ti/Nb 355 ± 39 ; Verma *et al.*, 1991) y en sedimentos colectados en las cercanías de los sitios El Zorrillo (Ti/Nb 617 ± 153), Lagunillas II (Ti/Nb 776.9) y El Rosario (Ti/Nb 160 ± 96), soportan la hipótesis de que las rocas de la Toba Amealco es una de las rocas fuentes principales de la materia prima con que fueron confeccionadas las cerámicas.

Las características observadas en los sedimentos recolectados cerca del sitio El Rosario indican que estos son aportados por una fuente de composición dacítica-andesítica. Lo anterior se refleja en la presencia de líticos tobáceos con textura felsítica y líticos volcánicos microlíticos y *lathwork*, documentados en las cerámicas. Aunque todos los componentes documentados en los sedimentos están presentes en las cerámicas, estas últimas poseen un gran porcentaje de líticos vitrofíricos vesiculares, lo que denota la utilización de una fuente distinta, como pueden ser depósitos ricos en líticos con textura eutaxítica o depósitos de ceniza.

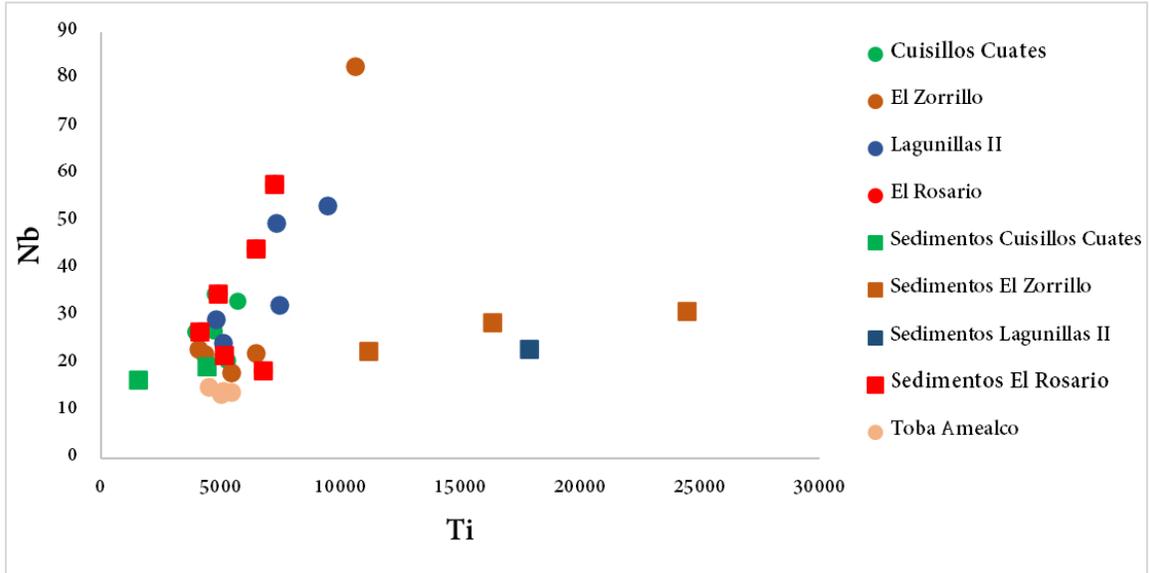
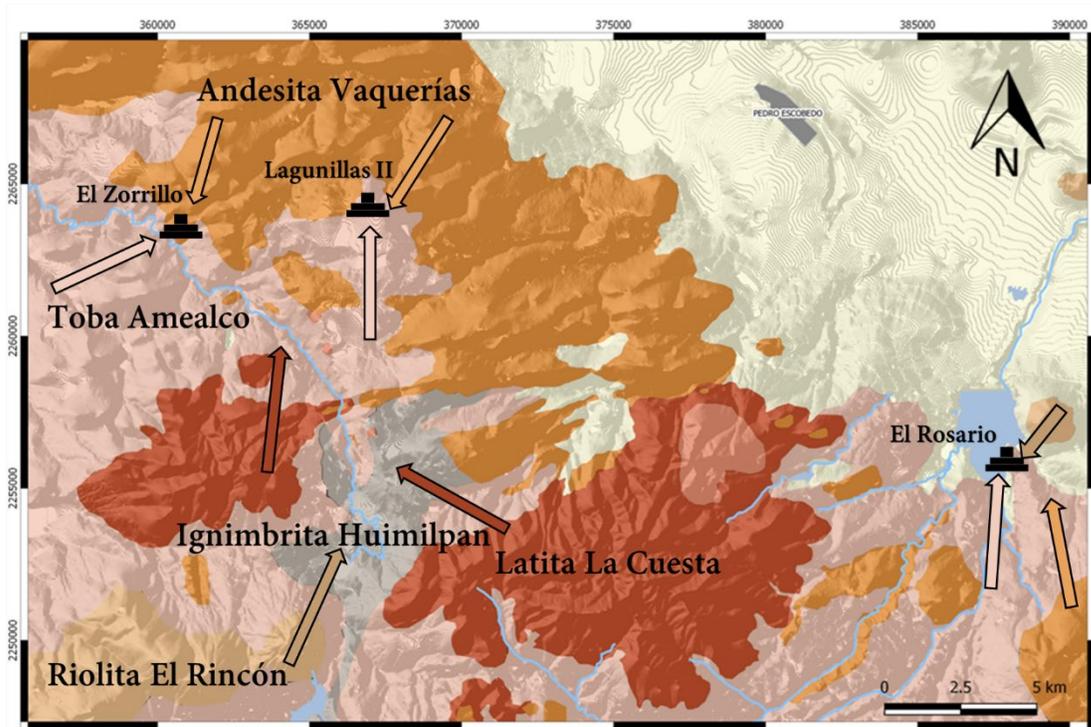


Figura 50. Concentraciones de Ti y Nb de la Toba Amealco (Verma *et al.*, 1991) y en cerámicas y sedimentos de los cuatro sitios arqueológicos.

La predominancia de líticos volcánico microlíticos con plagioclasa y anfíbol en la petrofacies D evidencia aportes de rocas fuente de composición andesítica. Estas características composicionales se asemejan a las descritas por Dávalos-Álvarez. (2003) en la Andesita Vaquerías (figura 51). Esta unidad se encuentra a menos de un km al norte de los sitios Lagunillas II y El Zorrillo, y en afloramientos ubicados entre los sitios, en donde se han documentado rocas de composición intermedia a máfica (Dávalos-Álvarez *et al.*, 2005). La composición mineralógica de estas rocas y su cercanía a los sitios arqueológicos sustentan la hipótesis de que se trata de una importante fuente de materia prima. Del mismo modo, una pequeña fracción de los líticos volcánicos microlíticos pueden derivar de la Latita La Cuesta (Dávalos-Álvarez *et al.*, 2005), que aflora al norte del poblado de Huimilpan.



Época	Edad		Estratigrafía
	Ma	radiométrica (.Ma)	
Holoceno	0.01		Q Clásticos continentales
Pleistoceno			
Plioceno	1.8	3.43±0.16	Tih Ignimbrita Huimilpan
		4.68±0.10	Tta Toba Amealco
Mioceno	5.3	4.7±0.19	Trr Riolita El Rincón
		8.81±0.13	Tag Andesita Guadalupe
Oligoceno	23.8		Tav Andesita Vaquerías
			Tlc Latita La Cuesta

Edades Radiométricas por Aguirre-Díaz, 1996

Corrientes de agua 
 Sitio arqueológico 

Figura 51. Mapa geológico del sur de Querétaro. Las flechas indican las posibles rocas fuente. Modificado de Davalos-Álvarez *et al.*, 2005).

Los líticos volcánicos felsíticos, feldespato potásico y cuarzo volcánico, son característicos de rocas fuentes de composición riolítica y dacítica. En este caso, y de acuerdo con las descripciones de Aguirre-Díaz (1996), Aguirre-Díaz y McDowell (1999), y Aguirre-Díaz (2001), la Toba Amealco no presenta cuarzo ni feldespato potásico en su composición, por lo tanto, se interpreta que esta unidad no sería la roca fuente de estos componentes. Sin embargo, estos componentes se han documentado en la Riolita El Rincón y la Ignimbrita Huimilpan, que de acuerdo a Verma *et al.* (1991) está constituida por cuarzo, feldespato potásico y hornblenda. Su cercanía con el Río Huimilpan (figura 51) puede facilitar que parte del material erosionado de esta unidad sea incorporado al río y transportado hasta las cercanías de los sitios El Zorrillo y Lagunillas II. La Ignimbrita Huimilpan (Dávalos-Álvarez *et al.*, 2005) es de composición félsica, con escasos fenocristales de sanidino y plagioclasa (Aguirre-Díaz, 2009). Esta unidad es cortada por el Río Huimilpan en las inmediaciones del poblado del mismo nombre, por lo es posible que material erosionado de esta unidad sea transportado hasta las inmediaciones de los sitios El Zorrillo y Lagunillas II. Por tal motivo, se considera que la Riolita El Rincón y la Ignimbrita Huimilpan son las posibles rocas fuentes de los líticos con textura felsítica, cuarzo volcánico y feldespato potásico.

Las características composicionales de las cerámicas del sitio Cuicillos Cuates indican rocas fuentes de composición rio-dacítica y andesítica-basáltica. Estas características composicionales son similares a las que se han documentado en la Dacita Obrajuelo (figura 52) que aflora a seis km al noreste del sitio y a las unidades Andesita y Basalto y Basalto Querétaro. De acuerdo con Alaniz-Álvarez *et al.* (2001), la Dacita Obrajuelo está constituida por plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo y biotita. La presencia de líticos felsíticos, cuarzo, feldespato alcalino y plagioclasa documentados en las cerámicas de la petrofacies A, robustecen la interpretación de que la Dacita Obrajuelo es una de las rocas fuentes principales. Esta interpretación es soportada por los valores de F (67.4 ± 1.7) y W (51 ± 8), de las cerámicas de la

petrofacies A, las cuales denotan rocas alteradas de composición rio-dacítica. La presencia de líticos tobáceos en las cerámicas sugiere fuentes piroclásticas, documentadas en la zona de estudio como Volcanoclástico Querétaro (Alaniz-Álvarez *et al.*, 2001) (figura 52), ubicado a seis km al noreste del sitio. El Volcaniclástico Querétaro se compone de depósitos fluviales, lacustres y piroclásticos no consolidados, los cuales pueden ser erosionados y depositados en abanicos aluviales. La roca fuente de composición andesítica-basáltica esta soportada por la presencia de líticos volcánicos con textura microlítica y *lathwork*. Posibles rocas fuentes de estas composiciones ha sido documentados en distintos afloramientos de andesita y basalto pliocénicos, situados en las inmediaciones de la Dacita Obrajuelo y el Volcanoclástico Querétaro (Alaniz-Álvarez *et al.*, 2001). La similitud composicional entre las cerámicas y los sedimentos permiten establecer que todas las cerámicas del sitio Cuicillos Cuates son locales, exceptuando dos fragmentos de Negativo Tres Palos de la petrofacies C.

Las características composiciones de las cerámicas tipo Tres Palos Negativo Policromo (petrofacies C) sugieren rocas fuentes de composición andesítica-basáltica, como lo indica la abundancia de líticos volcánicos con texturas microlíticas y *lathwork*. De manera particular, la composición de este tipo cerámico es diferente de la composición documentada en la petrofacies A y de la de los sedimentos analizados de este sitio. Estas diferencias composicionales sugieren que este material cerámico puede ser de origen foráneo.

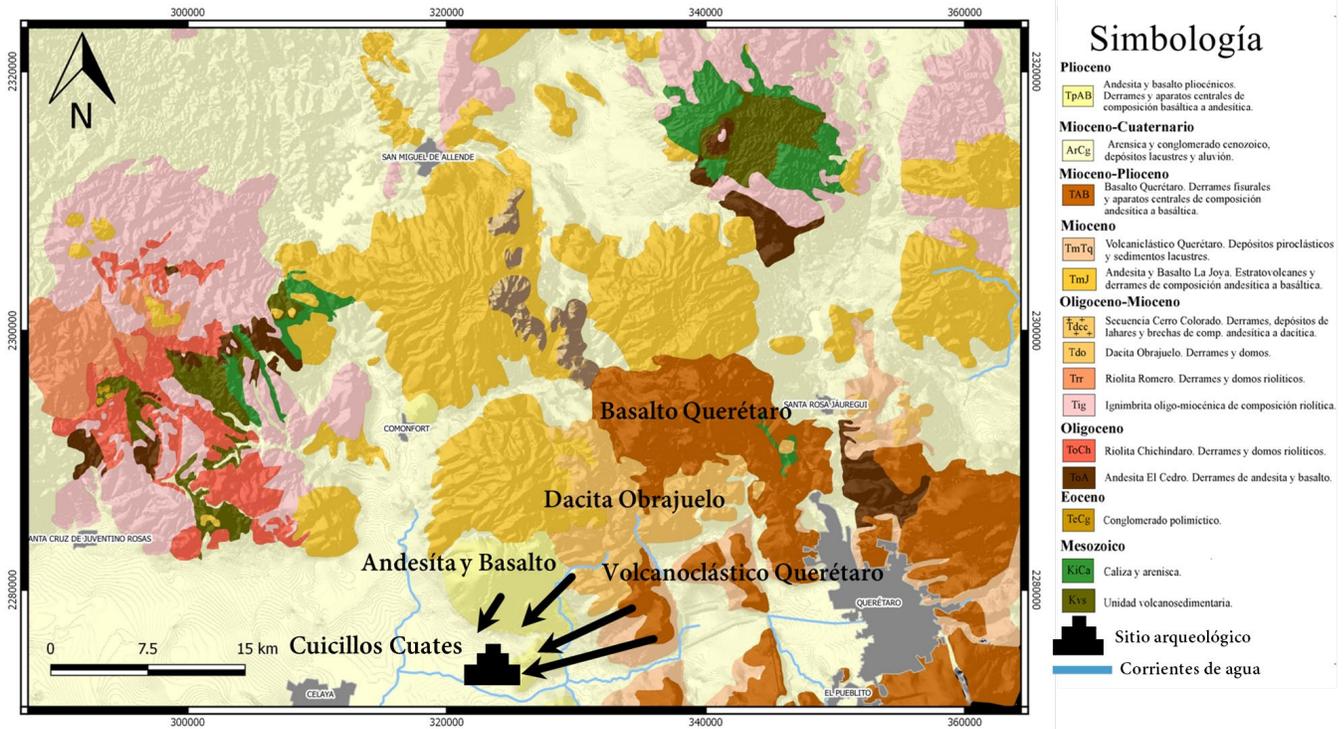


Figura 52. Mapa geológico del oriente de Guanajuato. Las flechas indican las posibles rocas fuente. Modificado de Alaniz-Álvarez *et al.* (2001).

8.7 Ubicación de los yacimientos o bancos de materiales

Los sedimentos recolectados en las cercanías de cada sitio arqueológico, presentan composiciones muy similares a las documentadas en los desgrasantes de las cerámicas (figura 53).

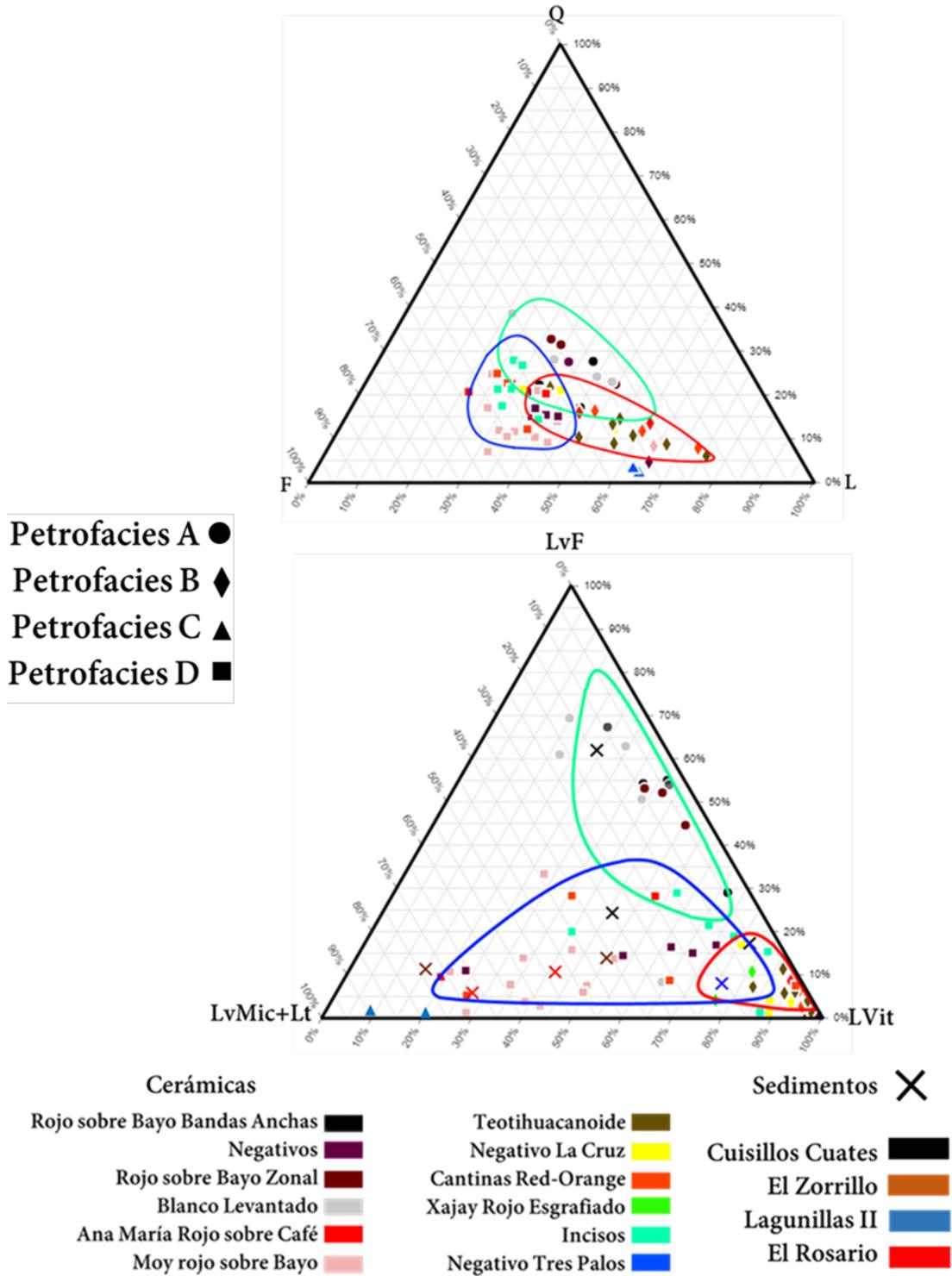


Figura 53. Composición de las petrofacies definidas para las cerámicas de los sitios arqueológicos. a) Cuarzo total (Q), Feldespato total (F) y fragmentos líticos (L). b) líticos volcánicos felsíticos (LvF), líticos volcánicos microlíticos más líticos volcánicos lathwork. Líticos volcánicos vitríforos vesiculares y no vesiculares (LVit).

Las características composicionales de los sedimentos indican áreas fuentes de composición rio-dacítica con aportes menores de fuentes andesíticas. Esta interpretación se soporta por la abundancia de líticos volcánicos con textura felsítica, líticos tobáceos con textura felsítica y líticos volcánicos con textura microlítica y *lathwork*, documentados también en las cerámicas. Estas similitudes denotan que los desgrasantes utilizados para la elaboración de la cerámica de la petrofacies A (Cuicillos Cuates) pudieron ser colectados por los antiguos alfareros en lugares cercanos al sitio, sobre todo en zonas asociadas con depósitos fluviales o aluviales. Las muestras de suelos, presentan la misma composición que los sedimentos fluviales y de hormigueros, pero mostrando un mayor contenido de arcillas. La mezcla húmeda presentaba poca plasticidad, por lo que se descarta su uso como pasta, implicando que su utilización de la fracción de partículas del tamaño de las arenas como desgrasantes, fuera necesario la separación de la fracción más fina, o bien, mezclar con una arcilla que resultara en una pasta más manejable. Lo burdo de la manufactura de algunos tipos cerámicos, como el Blanco Levantado hace plausible la utilización de cualquier fuente con sedimentos arenosos como fuente inmediata de materia prima.

Los sedimentos fluviales del río Huimilpan colectados en las cercanías de los sitios El Zorrillo y Lagunillas II, presentan características similares con sedimentos que derivan de una fuente de composición andesítica-dacítica. Esta interpretación es soportada por la presencia de líticos volcánicos microlíticos y *lathwork*, y líticos tobáceos con textura felsítica. Los sedimentos tienen una composición muy similar a la de los desgrasantes documentados en las cerámicas de la petrofacies D, por lo que su explotación como fuente de materia prima fue muy probable. Las muestras de hormigueros y de suelos presentan una composición similar a la de las cerámicas, lo cual es muy similar a la del sitio Cuicillos Cuates en la que es posible la utilización de yacimientos de sedimentos fluviales o abanicos aluviales cercanos a los sitios arqueológicos. Dadas las similitudes composicionales y texturales entre las cerámicas y los sedimentos, se puede afirmar que todas las cerámicas de los sitios El Zorrillo, Lagunillas II y El Rosario son de origen local.

8.8 Origen Local o foráneo de las cerámicas

8.8.1 Implicaciones geo-arqueológicas

Las características petrográficas, de catodoluminiscencia y geoquímicas de las rocas observadas en las cerámicas y sedimentos, y su comparación con la composición y características texturales de las rocas que afloran en la zona de estudio indican que las cerámicas son, con excepción de dos muestras, una producción local.

La cerámica Xajay rojo esgrafiado es típica de los asentamientos del Valle del Mezquital (Hidalgo) (Rosado y Fournier, 1994). En el área de estudio se encontraron fragmentos de recipientes que morfológicamente y estilísticamente corresponden a la cerámica de dicha área. Sin embargo, sus características composicionales revelan que se trata de una producción local, correspondiente a la petrofacies B. El análisis petrográfico realizado por Castañeda *et al.* (2019) en cerámica Xajay del sitio Pahñu en el Valle del Mezquital, Hidalgo, concluye que el tipo Xajay rojo esgrafiado es de origen local. Sin embargo, los criterios utilizados para definir las petrofacies de la cerámica de este estudio se basan principalmente en una descripción detallada de la composición y texturas de las cerámicas (principalmente de fragmentos líticos) y no son comparables con los parámetros utilizados para definir las familias de pastas en el estudio de la cerámica de Pahñu.

La cerámica de estilo teotihuacano del área de estudio (petrofacies B), se asemeja en cuanto a forma, acabado de superficie y decoración a la cerámica teotihuacana pulido inciso descrita por Rattray (2001). Sin embargo, sus características composicionales sugieren una producción local. Esto corrobora la hipótesis de Nalda (1991) de que estas cerámicas no son traídas de otras regiones, sino que son producto de influencias sobre la industria regional o de la presencia de individuos desplazados de la cuenca de México. Esto es concordante con lo documentado por Saint-Charles *et al.* (2010) para la cerámica del Rosario y en particular para los cajetes esgrafiados (similares a la cerámica teotihuacanoide de Nalda), que considera como producciones locales, pero que presentan similitudes de la cerámica teotihuacana del grupo pulido inciso (Rattray, 2001).

La petrofacies B compone principalmente a las cerámicas del sitio El Rosario, fuera de este sitio, la petrofacies B se presenta exclusivamente en la cerámica Teotihuacanoide y en un fragmento de cerámica Moy de los sitios El Zorrillo y Lagunillas II. Esto indica dos posibilidades: que la cerámica teotihuacanoide se producía y distribuía por los habitantes de El Rosario, o bien, que los yacimientos de materia prima con los que se elaboraba esta cerámica eran explotados principalmente por los habitantes de El Rosario y posteriormente exportaban la materia prima a otros sitios. Algunas consideraciones hacen más plausible la primera posibilidad. Los resultados del análisis cerámico de Nalda (1991) le permitieron plantear la posibilidad de que la cerámica teotihuacanoide operaba como puente entre una tradición que se aísla por la decoración incisa postcocción y la tradición roja sobre bayo. Sumado a esto, la temporalidad presumiblemente tardía del fenómeno teotihuacanoide (posterior al colapso de Teotihuacan), le hace postular la poco probable existencia de un foco alfarero de tradición teotihuacana en algún lugar cerca del valle de San Juan del Río. Las evidencias de que la cerámica Teotihuacanoide se producía en el Rosario sugieren que el foco alfarero propuesto por Nalda (op.cit) este situado en este sitio o cerca de él.

Si el sitio El Rosario del que provienen las cerámicas de este trabajo, forma parte del sitio del mismo nombre e investigado por Saint-Charles *et al.* (2010), entonces es probable que este último (reconocido como un sitio de filiación teotihuacana y con una tradición cerámica distinta a la de otros sitios de la zona) se encargara de la producción y distribución de la cerámica teotihuacanoide en la región, dado que mantuvo lazos estrechos con Teotihuacan, hasta la fecha de abandono de ambos sitios, alrededor del 650 d.C (Saint-Charles *et al.*, 2010). Esto además indica que la cerámica teotihuacanoide tiene una temporalidad más temprana que la propuesta por Nalda (1991), puesto que posterior al abandono del Rosario, este mismo sitio fue reocupado por personas de una tradición cultural diferente (Saint-Charles, 2010). Este patrón de distribución sugiere que tal vez la cerámica teotihuacanoide era considerada como un bien de prestigio de manera similar (aunque a menor escala) a la cerámica anaranjado delgado (Rattray,2001).

La composición de las cerámicas del sitio Cuicillos Cuates evidencian una producción mayoritariamente local. Los componentes arenosos de la petrofacies A se pueden encontrar en los sedimentos fluviales y suelos de las inmediaciones del sitio, lo que implica una alta disponibilidad de materia prima. Únicamente los desgrasantes de las dos muestras cerámicas correspondientes a Negativos compuestos por la petrofacies C (Tres Palos negativo policromo) no presentaron similitud con los sedimentos recolectados. Estas diferencias composicionales sugieren que la obtención de esta materia prima era más restringida dentro del área de estudio, o que estas son materiales foráneos. Este tipo cerámico se asocia al tipo negativo Tres Palos documentado en la cuenca de Zacapu, Michoacán (Arnauld *et al.*, 1993).

9. Conclusiones

La comparación de las cerámicas de este estudio con cerámicas de la región permite asignarles a los sitios arqueológicos una cronología relativa. El sitio Cuicillos Cuates tiene tipos cerámicos que se presentan desde el Preclásico tardío hasta el Posclásico temprano. Los sitios El Zorrillo, Lagunillas II y El Rosario, presentan tipos cerámicos que permiten inferir una temporalidad del 400 a.C. al 1200 d.C. Aunque es posible que la temporalidad para estos últimos tres sitios sea principalmente del clásico tardío a epiclásico por las características de la cerámica.

El análisis petrográfico determina que las cerámicas derivan de rocas fuentes de composición rio-dacítica y andesítica, y que los sedimentos cercanos a los sitios derivan de rocas de composiciones similares.

Las características comunes entre los sedimentos y las petrofacies A y D de los respectivos sitios arqueológicos, sugieren que la materia prima pudo ser recolectada de depósitos aluviales, ríos y arroyos en la cercanía de los sitios.

El análisis geoquímico muestra que las cerámicas derivan de fuentes de composición rio-dacítica a andesítica con un grado moderado de intemperismo químico.

El análisis de catodoluminiscencia de cuarzos detríticos muestra que proceden de fuentes volcánicas, con aportes menores de cuarzo de origen plutónico, que puede ser heredado durante el ascenso del magma o, en menor medida, de afloramientos circundantes.

Las características composicionales de las cerámicas de los cuatro sitios arqueológicos y su comparación con los sedimentos recolectados y las rocas de la zona de estudio indican que se trata de producciones locales, exceptuando dos fragmentos del sitio Cuicillos Cuates del tipo Tres Palos Negativo Policromo, correspondientes a la Petrofacies C, que son producciones foráneas.

Fuera del sitio El Rosario, la petrofacies B que define a las cerámicas de ese sitio se restringe casi exclusivamente a la cerámica teotihuacanoide. Esto puede interpretarse como un cierto grado de control en la manufactura y distribución de esta cerámica por parte de los habitantes del Rosario, lo que sugiere cierto centralismo en el patrón del sistema de intercambio.

Referencias

Aguirre-Díaz, G. (2001). "Recurrent magma mingling in successive ignimbrites from Amealco caldera, central Mexico." Bulletin of Volcanology **63**(4): 238-251.

Aguirre-Díaz, G. d. J. (1995). "La toba Amealco y su correlación con la formación Las Américas a través del graben de Acambay, estados de México, Michoacán y Querétaro, Mexico." Revista mexicana de ciencias geológicas **12**(1): 3.

Aguirre-Díaz, G. J. (1996). "Volcanic stratigraphy of the Amealco caldera and vicinity, Central Mexican Volcanic Belt." Revista mexicana de ciencias geológicas **13**(1): 10-51.

Aguirre-Díaz, G. J. and M. López-Martínez (2009). "Geologic evolution of the Donguinyó-Huichapan caldera complex, central Mexican volcanic belt, Mexico." Journal of Volcanology **179**(1-2): 133-148.

Aguirre-Díaz, G. J. and F. McDowell (2000). "Volcanic evolution of the Amealco caldera, central Mexico." Special Paper of the Geological Society of America: 179-194.

Alaníz-Álvarez, S., et al. (1996). "Nuevas edades isotópicas de la cubierta volcánica cenozoica de la parte meridional de la Mesa Central, México." Revista mexicana de ciencias geológicas **13**(1): 117-122.

Alaníz-Álvarez, S. A., et al. (2001). "Estratigrafía y deformación extensional en la región San Miguel de Allende-Querétaro, México." Revista mexicana de ciencias geológicas **18**(2): 129-148.

Alaníz-Álvarez, S. A., et al. (1996). "Nuevas edades isotópicas de la cubierta volcánica cenozoica de la parte meridional de la Mesa Central, México." Revista mexicana de ciencias geológicas **13**(1): 9.

Amini, A. (2011). "Use of feldspar grains in provenance determination and the study of transportation and depositional history, examples from central and NW Iran."

Arnauld, C., et al. (2014). Arqueología de las Lomas en la cuenca lacustre de Zacapu, Michoacán, México, Centro de estudios mexicanos y centroamericanos.

Ban, M., et al. (1992). "K–Ar ages of lavas from shield volcanoes in the Michoacan-Guanajuato volcanic field, Mexico." Geofísica Internacional **31**(4).

Banning, E. B. (2000). The Archaeologist's Laboratory The Analysis of Archaeological Data.

Basu, A. (1985). Reading provenance from detrital quartz. Provenance of arenites, Springer: 231-247.

Basu, A., et al. (1975). "Re-evaluation of the use of undulatory extinction and polycrystallinity in detrital quartz for provenance interpretation." Journal of Sedimentary Research **45**(4): 873-882.

Bernet, M. and K. Bassett (2005). "Provenance analysis by single-quartz-grain SEM-CL/optical microscopy." Journal of Sedimentary Research **75**(3): 492-500.

Boggs, S. and D. Krinsley (2006). Application of cathodoluminescence imaging to the study of sedimentary rocks, Cambridge University Press.

Brambila, R. and C. Castañeda (1991). Arqueología del río Huimilpan, Querétaro. Querétaro Prehispánico

A. M. Crespo and R. Brambila. Ciudad de México, INAH: 137-163.

Braniff, B. (1965). "Estudios arqueológicos en el Río de la Laja, Guanajuato." Boletín del INAH **19**: 12-13.

Carranza-Castañeda, Ó., et al. (1994). "Preliminary investigation of the Geology of northern San Miguel de Allende area, northeastern Guanajuato." Mexico: Brigham Young University Geological Studies **40**: 1-9.

Carrión, B. L. M., et al. (2019). La producción alfarera en el México antiguo: Volumen I, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Castañeda Gómez del Campo, A., et al. (2019). "Cadena operatoria de la producción cerámica Xajay: análisis estadístico de evidencias petrográficas." Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana **71**(2): 359-381.

Cerca-Martínez, L., et al. (2000). "The geological evolution of the southern Sierra de Guanajuato; a documented example of the transition from the Sierra Madre Occidental to the Mexican." Volcanic Belt. Int. Geol. Rev. **42**.

Crespo, A. M. (1985). "El Cerrito, asentamiento prehispánico en Querétaro." Boletín INAH(6): 21-25.

Dávalos-Álvarez, O. G. (2003). Evolución de las Fallas Mayores del Neógeno–Cuaternario, en la Región de Huimilpan, Querétaro: México, San Luis Potosí, SLP, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Área Ciencias de la Tierra, UASLP. **Tesis de licenciatura.**

Dávalos-Álvarez, O. G., et al. (2005). "Las fases de deformación cenozoica en la región de Huimilpan, Querétaro, y su relación con la sismicidad local." Revista mexicana de ciencias geológicas **22**(2): 129-147.

Delgadillo-Sánchez, M., et al. (2021). Informe técnico interno del Proyecto en el Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula Villa de Reyes, Dirección de Salvamento Arqueológico INAH.

Díaz, G. d. J. A. (1995). "La toba Amealco y su correlación con la formación Las Américas a través del graben de Acambay, estados de México, Michoacán y Querétaro, Mexico." Revista mexicana de ciencias geológicas **12**(1): 3.

Dickinson, W. R. (1970). "Interpreting detrital modes of graywacke and arkose." Journal of Sedimentary Research **40**(2): 695-707.

Dickinson, W. R. (2006). Temper sands in prehistoric Oceanian pottery: geotectonics, sedimentology, petrography, provenance, Geological Society of America.

Dominique, M. (1997). Rio Verde, San Luis Potosí, CEMCA.

Dominique, M. (2014). La cerámica de las Lomas en la secuencia cerámica regional. Arqueología de las Lomas en la cuenca lacustre de Zacapu, Michoacán, México. C. Arnauld, P. Carot and M.-F. Fauvet-Berthelot, OpenEdition Books: 176-182.

Dott, R. H. J. J. o. S. R. (1964). "Wacke, graywacke and matrix; what approach to immature sandstone classification?" Journal of Sedimentary Research **34**(3): 625-632.

Egerton, R. F. (2005). Physical principles of electron microscopy, Springer.

Enríquez-Farías, R. (2005). El Rosario, un sitio en el valle de San Juan del Río, Querétaro, relacionado con Teotihuacan: elementos para su estudio e interpretación., ENAH.

Fahmel Beyer, B. (1995). En el cruce de caminos bases de la relación entre Monte Albán y Teotihuacán.

Fedo, C. M., et al. (1995). "Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance." **23**(10): 921-924.

Ferrari, L. (2000). "Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década." Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana **53**(1): 84-92.

Folk, R. (1959). "Petrology of Sedimentary rocks (Course manual)." Austin, Texas, Hemphill's Book Store.

Folk, R. L. (1980). Petrology of sedimentary rocks, Hemphill publishing company.

Fralick, P. and Lentz (2003). "Geochemistry of clastic sedimentary rocks: ratio techniques." Geochemistry of Sediments and sedimentary rocks **4**: 85-103.

Garzanti, E. (2019). "Petrographic classification of sand and sandstone." Earth-science reviews **192**: 545-563.

Garzanti, E. and G. Vezzoli (2003). "A classification of metamorphic grains in sands based on their composition and grade." Journal of Sedimentary Research **73**(5): 830-837.

Gazzi, P. (1966). "Le arenarie del flysch sopracretaceo dell'Appennino modenese; Correlazioni con flysch di Monghidoro." Miner Petrogr Acta **12**: 69-97.

Götze, J. and R. Möckel (2012). Quartz: Deposits, mineralogy and analytics, Springer.

Hernández, O., et al. (1990). "El arco intraoceánico alóctono (Cretácico Inferior) de Guanajuato-características petrográficas, geoquímicas, estructurales e isotópicas del complejo filoniano y de las lavas basálticas asociadas--implicaciones geodinámicas." Revista mexicana de ciencias geológicas **9**(2): 126-145.

Hernández-Ortiz, et al. (1990). "El arco intraoceánico alóctono (Cretácico Inferior) de Guanajuato-características petrográficas, geoquímicas, estructurales e isotópicas del complejo filoniano y de las lavas basálticas asociadas--implicaciones geodinámicas." Revista mexicana de ciencias geológicas **9**(2): 126-145.

Ingersoll, R. V. (1983). "Petrofacies and provenance of late Mesozoic forearc basin, northern and central California." AAPG bulletin **67**(7): 1125-1142.

Jenchen, U. (2001). Fazies und geochemie in kontinentalen Trias-Becken im westlichen Argentinien und in Patagonien (30-50 S), Verein der Geologie-Studenten.

Johnsson, M. J. and A. Basu (1993). "The system controlling the composition of clastic sediments." Special Papers-Geological society of america: 1-1.

Johnsson, M. J. and A. Basu (1993). "The system controlling the composition of clastic sediments." Special Papers-Geological society of america 1-1.

Krotser, P. H. and G. Krotser (1973). "The Life Style of El Tajin." ameRican antiquity **38**(2): 199-205.

Krynine, P. D. (1937). "Petrography and genesis of the Siwalik Series." American Journal of Science **5**(204): 422-446.

Krynine, P. D. (1950). Sedimentary Rocks, JSTOR.

Labarthe-Hernández, G., et al. (1982). "Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del estado de San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí." Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico **85**(208): 1.

Marsaglia, K. M. and R. V. Ingersoll (1992). "Compositional trends in arc-related, deep-marine sand and sandstone: a reassessment of magmatic-arc provenance." Geological Society of America Bulletin **104**(12): 1637-1649.

Meas, Y. G., Roberto; Gúzman, Alejandro; (2003). El Sistema de Agua en la Región Querétaro de la Cuenca Lerma-Chapala. C. Q. d. R. Naturales. Querétaro, México, cideteq, CONCYTEQ.

Mejía-Domínguez, J. A. (2020). Informe interno del Proyecto de Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, Dirección de Salvamento Arqueológico INAH.

Merino Carrión, B. L., et al. (2019). La producción alfarera en el México antiguo: Volumen I, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Merino Carrión, B. L. G. a. C., Angel (2005). La producción alfarera en el México antiguo, INAH.

Miksa, E. J. and J. M. Heidke (2001). "It all comes out in the wash: Actualistic petrofacies modeling of temper provenance, Tonto Basin, Arizona, USA." Geoarchaeology: An International Journal **16**(2): 177-222.

Nalda, E. (1975). UA San Juan del Rio, Tesis de Maestría. ENAH México.

Nalda, E. (1981). "Proyecto Lerma medio." reporte INAH **4**.

Nalda, E. (1987). "A proposito de la cerámica Coyotlatelco." Rev. Mex. Estud. Antropol **33**: 175-187.

Nalda, E., et al. (1991). "Secuencia cerámica del sur de Querétaro." Querétaro Prehispánico, Colección Científica, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia **238**: 31-56.

Navarro, J. M. F. (1962). "Plasticidad de las arcillas." Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio **1**(7): 449-472.

Nesbitt, H. and G. Young (1982). "Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites." Nature **299**(5885): 715-717.

Nieto-Samaniego, Á. F., et al. (1996). "NUEVAS EDADES ISOTÓPICAS DE LA CUBIERTA VOLCÁNICA CENOZOICA DE LA PARTE MERIDIONAL DE LA MESA CENTRAL, MÉXICO." Revista mexicana de ciencias geológicas **13**(1): 117-122.

Nieto Samaniego, Á. F. (1990). "Fallamiento y estratigrafía cenozoicos en la parte sudoriental de la Sierra de Guanajuato." Revista mexicana de ciencias geológicas **9**(2): 146-155.

Ocampo-Díaz, Y., et al. (2021). Provenance of the el Salto Formation (early oligocene to early miocene) southern part of La reforma caldera, Baja California sur, Mexico. Southern and Central Mexico: Basement Framework, Tectonic Evolution, and Provenance of Mesozoic–Cenozoic Basins, Geological Society of America. **546**: 1-32.

Ocampo-Díaz, Y. Z. E., et al. (2022). "A wave to tidal influenced deltaic coastline in a carbonate environment: The Late Jurassic to Early Cretaceous La Casita Formation, northeastern Mexico." **115**: 103759.

Ocampo-Díaz, Y. Z. E., et al. (2021). "Provenance and compositional variations of intracaldera lake sediments at La Primavera, Jalisco, Western Mexico." Journal of South American Earth Sciences **110**: 103335.

Ocampo-Díaz, Y. Z. E., et al. (2019). "Provenance and tectonic setting of the jurassic huayacocotla formation and alamos sandstone, Central Mexico." Geochemistry **79**(2): 369-383.

Ocampo Díaz, Y. Z. E. (2011). Implicaciones tectono-sedimentarias de las intercalaciones clásticas en el límite Jurásico–Cretácico del noreste de México (fosa de Monterrey y cuenca de Sabinas), Universidad Autónoma de Nuevo León.

Ohta, T. and H. Arai (2007). "Statistical empirical index of chemical weathering in igneous rocks: A new tool for evaluating the degree of weathering." Chemical Geology **240**(3-4): 280-297.

Ortega-Gutiérrez, F., et al. (2008). "On the nature and role of the lower crust in the volcanic front of the Trans-Mexican Volcanic Belt and its fore-arc region, southern and central Mexico." Revista mexicana de ciencias geológicas **25**(2): 346-364.

Orton, C., et al. (1997). "La cerámica en Arqueología (R. Barceló y JA Barceló, Trads.)." Barcelona: Crítica, Grijalbo Mondadori SA.

Panameño, R. and E. Nalda (1979). "Arqueología¿ para quién?" Nueva Antropología **3**(12): 111-124.

Pasquarè, G., et al. (1991). "Geology of the central sector of Mexican volcanic belt, states of Guanajuato and Michoacán: Geological Society of America." Geological Society of America, Map and Chart Series **72**: 22.

Pérez-Venzor, J. A., et al. (1996). "Geología del volcán Palo Huérfano, Guanajuato, México." Revista mexicana de ciencias geológicas **13**(2): 4.

Pettijhon, F., J. (1957). Sedimentary Rocks. New York, Harper.

Pettijohn, F., et al. (1972). Mineral and Chemical Composition. Sand and Sandstone, Springer: 25-67.

Pettijohn, F. J. (1975). Sedimentary rocks, Harper & Row New York.

Pinto-Morales, M. P. (2020). Informe técnico interno del Proyecto en el Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, Dirección de Salvamento Arqueológico INAH.

Pinto Morales, M. P. (2021). El Zorrillo 3: De la estructura habitacional a la conformación de la “casa” en El Tepozán, Querétaro. Ciudad de México, Escuela Nacional de Antropología e Historia. **Licenciatura:** 262.

Pittman, E. D. (1963). "Use of zoned plagioclase as an indicator of provenance." Journal of Sedimentary Research **33**(2): 380-386.

Pomedio, C. (2015). Las tradiciones alfareras en el bajío epiclásico: necesidad y aportes del estudio tecnológico de la tradición decorativa incisa. Anales de Antropología, Elsevier.

Pomedio, C. (2016). La cerámica incisa de El Bajío en el Epiclásico: alfarería prehispánica del Cerro Barajas, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades.

Pomédio, C., et al. (2013). Tradiciones cerámicas del epiclásico en el Bajío y regiones aledañas: cronología e interacción, Archaeopress.

Porter, M. N. (1956). "Excavations at Chupícuaro, Guanajuato, Mexico." Transactions of the American Philosophical Society: 515-637.

Rapp, G. and C. L. Hill (1973). Geoarchaeology, Yale University Press.

Rattray, E. C. (1989). El origen y la producción de la cerámica Anaranjado Delgado. Boletín del Consejo de Arqueología. INAH.

Rattray, E. C. (2001). Teotihuacan: Ceramics, chronology and cultural trends, Center for Comparative Arch.

Rice, P. M. (2015). Pottery analysis: a sourcebook, University of Chicago press.

Robles, E. (2019). Informe interno del Proyecto en el Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes, Dirección de Salvamento Arqueológico INAH.

Saint-Charles-Zetina, F., Juan Carlos; L.M.; Durán, T. (2013). Tradiciones cerámicas rojo sobre bayo del Epiclásico en el oriente del Bajío y sur de Querétaro. Tradiciones cerámicas del epiclásico en el Bajío y regiones aledañas: cronología e interacción. C. P. Pomédio, Gregory; Fernández-Villanueva, E., British Archaeological Reports Oxford Ltd 9-18.

Saint-Charles, J. C. and M. Argüelles-Gamboa (1991). Cerro de la Cruz. Persistencia de un centro ceremonial. Querétaro Prehispánico. A. M. Crespo. México, Colección Científica del INAH: 57-97.

Saint-Charles, J. C., et al. (2010). "El Rosario, Querétaro: un enclave teotihuacano en el Centro Norte."

Saint-Charles Zetina, J. C. (1990). Cerámicas arqueológicas del Bajío: un estudio metodológico, Tesis de Licenciatura, Universidad Veracruzana.

Saint-Charles Zetina, J. C., et al. (2006). Cerámica del Epiclásico en el Cerro de la Cruz. La producción alfarera en el México antiguo III. B. L. Merino, García Cook, Ángel. México, INAH: 257-280.

Saint-Charles Zetina, J. C., et al. (2006). "Cerámica del Epiclásico en el sur de Querétaro." El fenómeno Coyotlatelco en el centro de México: tiempo, espacio y significado, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Mexico City: 309-326.

Saint-Charles Zetina, J. C., et al. (2013). Tradiciones cerámicas rojo sobre bayo del Epiclásico en el oriente del Bajío y sur de Querétaro. Tradiciones cerámicas del epiclásico en el Bajío y regiones aledañas : cronología e interacción. C. Pomédio, G. Pereira and E. Fernández-Villanueva, Oxford: Archaeopress: 9-18.

Saint-Charles Zetina, J. C., et al. (2010). "El Rosario, Querétaro: un enclave teotihuacano en el Centro Norte." Tiempo y Región. Estudios Históricos y Sociales, Querétaro.

Sánchez, S. and G. Zepeda (1982). "Informe de la temporada de laboratorio del proyecto Gasoducto Guanajuato." Departamento de Salvamento Arqueológico del INAH.

Shepard, A. O. (1980). Ceramics for the Archaeologist, Carnehie Institution of Washington.

Snarskis, M. (1975). Ceramic Analysis. The Tarascan-Aztec frontier: The Acámbaro focus. S. Gorenstein. México, INAH.

Snarskis, M. J. and S. Gorenstein (1985). Ceramic Analysis. Acámbaro: Frontier settlement on the Tarascan-Aztec border. S. Gorenstein. Nashville, Tennessee, Vanderbilt University 207-296.

Valdés-Hernández, C. (2017). Informe preliminar de prospección del Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes. Ramal a Salamanca km 0+000-116 +880. Parte 1. D. d. S. Arqueológico. México, INAH.

Valdés-Hernández, C. (2017). Programa de Trabajo para el Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes. Trazo Principal. KM 0+000-310+350. EXCAVACIÓN. A. T. d. C. d. Arqueología, INAH.

Valdés-Hernández, C. (2021). Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes. Ramal a Salamanca Km 0+000 Al 119+723 Informe Parcial de Excavación. Parte 1. D. d. S. Arqueológico. México, CNA-INAH.

Valdés-Hernández, C. (2021). Salvamento Arqueológico en el Gasoducto Tula-Villa de Reyes. Ramal A Salamanca Km 0+000 Al 119+723. Informe Parcial de Excavación. Parte 2. D. d. S. Arqueológico. México, CNA-INAH.

Valdéz-Moreno, G., et al. (1998). "EL VOLCÁN LA JOYA, ESTADOS DE QUERÉTARO Y GUANAJUATO—UN ESTRATOVOLCÁN MIOCÉNICO DEL CINTURÓN VOLCÁNICO MEXICANO." Revista mexicana de ciencias geológicas **15**(2): 181-197.

Venzor, J. A. P., et al. (1996). "Geología del volcán Palo Huérfano, Guanajuato, México." Revista mexicana de ciencias geológicas **13**(2): 4.

Weltje, G. J. (2002). "Quantitative analysis of detrital modes: statistically rigorous confidence regions in ternary diagrams and their use in sedimentary petrology." Earth-science reviews **57**(3-4): 211-253.

Weltje, G. J. and H. von Eynatten (2004). "Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook." Sedimentary Geology **171**(1-4): 1-11.

Winchell, A. N. (1951). "Elements of optical mineralogy. Part II. Descriptions of Minerals." Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar **73**(2): 319-320.

Zuffa, G. G. (1980). "Hybrid arenites; their composition and classification." Journal of Sedimentary Research **50**(1): 21-29.

Zuffa, G. G. (1985). Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results. Provenance of arenites, Springer: 165-189.

Anexos

Anexo 1. Resultado del conteo de puntos

Código muestra	Qmr	Qmo	Op2-3	Op2-3	Qlvf	Qlvf	Qlvf	Qlvf	Qlvf	Falk	FalkvF	FalkvF	FalkvF	FalkvF	FalkvT	PgZ	PgvZ	PgvMic	PgvvMic	PgvvMic	PgvvMic	LitP	LvMic	Lvlt	Lvlt	LvT	Lmt	Vid	Litvtr	Litvtr	Bt	Af	Px	Op	Ox	Mz	Poro
c1-CC	35	3	1	0	3	5	0	0	57	3	2	0	0	0	0	41	0	0	0	27	1	3	1	29	1	125	32	30	2	0	0	0	10	423	130		
c2-CC	53	7	2	1	10	5	0	0	40	10	2	0	0	0	0	3	24	5	0	0	0	0	0	29	1	50	9	28	0	0	0	8	5	904	175		
c3-CC	40	3	3	0	9	5	0	0	52	12	0	0	0	0	0	4	44	4	0	0	0	0	23	0	82	7	19	0	0	0	12	0	550	98			
c4-CC	56	1	4	6	4	10	0	0	35	6	6	0	0	0	4	42	5	2	0	0	0	0	10	1	30	9	14	0	0	0	4	2	366	91			
c5-CC	50	4	0	1	4	8	0	0	37	5	9	1	0	1	24	2	1	2	1	0	0	0	22	0	35	23	25	0	0	0	9	10	679	107			
c6-CC	60	3	10	2	5	13	0	0	47	4	4	0	0	2	38	4	0	0	0	0	0	0	15	1	216	12	17	0	0	1	4	2	672	203			
c7-CC	56	8	7	0	14	5	0	0	47	12	1	0	0	1	33	3	0	0	0	0	0	0	0	20	1	82	8	22	0	0	0	10	8	659	158		
c8-CC	47	5	0	0	6	6	1	0	48	6	1	0	0	0	24	1	0	0	0	0	0	0	20	1	88	14	47	1	0	0	10	5	675	134			
c9-CC	6	2	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	2	21	37	23	0	0	0	0	17	6	107	0	16	0	0	14	4	2	944	113			
c10-CC	6	2	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	2	17	42	11	0	0	0	0	105	17	72	1	31	0	3	18	3	5	1101	119			
c11-CC	55	4	1	3	7	3	0	0	49	11	3	0	0	0	0	20	9	1	0	0	0	0	28	0	70	8	8	0	0	0	1	6	489	131			
c12-CC	35	2	6	2	7	5	0	0	49	6	6	0	0	1	32	4	3	2	0	0	0	0	3	22	0	93	9	20	0	0	0	2	16	698	123		
c13-CC	57	6	3	7	4	5	0	0	38	7	2	0	0	0	1	39	12	3	1	0	1	0	5	3	113	4	10	0	0	0	1	6	597	242			
c14-CC	41	7	1	4	13	2	0	0	35	14	1	0	0	0	2	26	1	1	2	2	0	0	27	0	40	13	21	0	0	0	5	3	585	111			
c15-CC	57	3	1	6	13	6	0	0	50	8	0	0	0	0	0	27	3	0	2	0	0	0	8	0	62	11	12	1	0	1	5	4	612	149			
c16-EZ	46	5	3	1	4	0	0	0	55	1	0	0	0	0	4	62	6	0	4	0	0	0	23	0	38	7	43	1	4	2	11	9	553	91			
c17-EZ	33	2	1	1	2	1	0	0	36	0	0	0	0	1	4	70	13	4	0	0	0	0	8	21	50	8	9	7	1	1	3	13	352	122			
c18-EZ	58	4	1	1	1	0	0	0	47	0	0	1	0	0	6	61	9	2	0	0	0	0	12	0	156	3	27	5	0	3	5	7	741	156			
c19-EZ	57	5	1	0	1	0	0	0	54	0	1	1	1	1	6	67	6	1	0	0	0	0	15	1	34	3	16	2	0	2	9	5	613	92			
c20-EZ	15	1	0	0	1	0	0	0	22	0	0	0	0	0	3	25	0	1	0	0	0	0	2	0	117	194	11	0	3	1	4	12	766	72			
c21-EZ	30	8	0	0	0	0	0	0	32	1	1	0	0	0	8	39	0	0	0	0	0	0	11	0	178	112	8	0	11	8	6	10	784	120			
c22-EZ	23	4	0	1	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	5	63	10	0	1	0	0	0	38	8	26	1	25	10	21	3	2	5	11	6	433	60	
c23-EZ	50	7	0	0	2	1	0	0	50	2	0	0	0	1	2	60	9	2	0	0	0	0	4	31	0	34	1	32	2	0	1	3	3	498	138		
c24-EZ	30	1	1	0	1	0	0	0	32	1	0	0	0	0	22	85	9	7	0	0	0	0	25	13	23	0	33	7	15	1	3	1	8	11	535	50	
c25-EZ	26	0	2	0	1	2	0	0	13	0	0	0	0	0	18	83	12	13	0	2	1	0	8	26	0	34	6	27	2	3	4	10	7	401	100		
c26-EZ	53	6	2	0	4	4	0	0	32	1	0	0	0	0	3	75	24	7	1	0	0	0	12	0	43	3	12	2	2	2	9	5	306	176			
c27-EZ	42	1	4	3	2	8	0	0	49	3	7	0	0	0	11	77	7	5	0	0	0	0	25	5	20	0	59	3	5	0	0	3	9	9	351	172	
c28-EZ	45	2	1	1	2	2	0	0	45	1	1	0	0	0	4	59	2	2	1	1	0	0	6	20	0	80	6	35	2	1	4	8	10	459	136		
c29-EZ	38	3	1	0	1	1	0	0	53	0	0	0	0	0	0	69	4	1	1	1	0	0	17	0	294	8	54	2	2	1	3	4	702	137			
c30-EZ	34	6	1	1	2	1	0	0	53	3	0	0	0	1	2	57	6	0	0	0	0	0	23	0	157	6	39	4	1	1	19	6	820	112			
c31-III	29	8	0	1	0	1	0	0	34	1	0	0	0	0	10	44	0	2	0	0	0	0	10	1	170	169	10	0	5	12	7	4	727	179			
c32-III	47	10	1	0	1	0	0	0	55	0	1	0	0	0	10	62	0	0	0	0	0	0	6	0	55	52	9	1	7	6	18	4	578	66			
c33-III	30	2	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	17	66	14	13	0	0	1	0	13	25	0	21	11	9	4	0	5	12	9	429	102		
c34-III	49	6	2	0	2	0	0	0	63	0	0	0	0	0	73	1	2	2	0	1	0	0	18	0	87	7	33	2	0	2	12	14	575	131			
c35-III	47	6	1	1	0	0	0	0	44	0	0	0	0	1	4	51	0	1	1	1	0	1	6	2	21	0	67	4	4	5	10	8	935	99			

Anexo 2. Glosario

Términos arqueológicos

Pasta: Se denomina así a los elementos que conforman la cerámica, principalmente arcillas, limos y desgrasantes.

Desgrasantes: Son las partículas no plásticas contenidas en la matriz arcillosa. Son agregadas por el alfarero cuando la pasta está húmeda y es maleable, con el objetivo de modificar las cualidades de la pasta antes y durante la cocción. Algunos arqueólogos utilizan este término para referirse únicamente a las partículas agregadas intencionalmente, designando a las partículas presentes en la pasta de manera natural como *inclusiones* (Shepard 1980, Rice 2015).

Textura: En arqueología se usa este término para describir el aspecto superficial o interno de la cerámica, describiendo propiedades como rugosidad, aspereza o lisura (Merino y García, 2005).

Acabado de superficie: Este término se refiere al tratamiento aplicado a la superficie de la cerámica antes o después de la cocción. Algunos tratamientos de superficie son el alisado, raspado, estampado, engobado o ahumado (Merino y García, 2005).

Alisado: Tratamiento aplicado a la superficie de una pieza cerámica para darle una apariencia lisa.

Ahumado: Tratamiento aplicado exponiendo la pieza al humo durante o inmediatamente después de la cocción para lograr que la superficie tenga un color oscuro.

Decoración al negativo: técnica decorativa que consiste en la aplicación de motivos con una sustancia que actuara como aislante durante el proceso de oscurecimiento de la pieza. Posteriormente esta sustancia se remueve y la superficie descubierta tendrá un color más claro que el resto de la superficie de la pieza.

Anexo 3.

Elementos descriptores de la anatomía de ollas y cajetes (modificado de Saint-Charles, 1990).

