

**Universidad de Granada**

**Facultad de Ciencias**

**Departamento de Química Analítica**

**Tesis Doctoral**

Programa de Doctorado:

“Investigación en la Creación Artística: Teoría, Técnica y Restauración”



**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación  
Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámicas**

**Luciene Jouan Dias Coelho**

Granada

2015

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autora: Luciene Jouan Dias Coelho  
ISBN: 978-84-9125-550-5  
URI: <http://hdl.handle.net/10481/42772>



**Prof<sup>a</sup>/Dr<sup>a</sup> Eloisa Manzano Moreno.** Doctora en Química. Profesora Titular del Departamento de Química Analítica. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Miembro del Grupo de Investigación Espectrometría en Fase Sólida de la Universidad de Granada.

**Prof<sup>a</sup>/Dr<sup>a</sup> Margarida Genera i Monells.** Doctora en Filosofía y Letras (Departamento de Arqueología, Epigrafía y Numismática de la Universidad de Barcelona), D.E.A. en Geología del Cuaternario y Prehistoria (Facultad de Ciencias de la Universidad de Bordeaux I), Diplomada en Arqueología Hispánica (Universidad de Barcelona) y Graduada en Artes Aplicadas, especialidad cerámica (Escuela Massana, Barcelona).

### **Certifican**

Que el trabajo titulado "Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámicas", ha sido realizado por Licenciada Luciene Jouan Dias Coelho bajo nuestra dirección para la obtención del Grado de Doctor, y considerando que se haya concluido y reúne todos los requisitos legales, académicos y científicos, autorizamos su presentación para que pueda ser juzgado por el Tribunal correspondiente.

Y para que así conste, expido y firmo el presente certificado.

Granada a    de noviembre de 2015.

Prof<sup>a</sup>/Dr<sup>a</sup> Eloisa Manzano Moreno

Prof<sup>a</sup>/Dr<sup>a</sup> Margarida Genera i Monells





La doctoranda Luciene Jouan Dias Coelho y las directoras Dr<sup>a</sup>. Eloisa Manzano Moreno y Dr<sup>a</sup>. Margarida Genera i Monells garantizamos, al firmar esta Tesis Doctoral, que el trabajo ha sido realizado por la doctoranda bajo la dirección de las directoras de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizados sus resultados o publicaciones.

Granada a    de noviembre de 2015.

Directores de la Tesis:



Fdo.: Eloisa Manzano Moreno

Doctoranda:



Luciene Jouan Dias Coelho



Fdo.: Margarida Genera i Monells



*“Fé inabalável só o é a que pode encarar frente a frente a  
razão, em todas as épocas da Humanidade”*

*Allan Kardec*



*A mis padres Ubiratan y Lucy y  
mi abuelo Zeferino.*



## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar un trabajo arduo como es una Tesis Doctoral nos damos cuenta que son tantas personas e instituciones a agradecer que habría que escribir otro tomo de la tesis para que constara los nombres de todos. Intentaré resumir en unas líneas la gratitud que siento a todas las personas que han estado presentes durante esa etapa importante en mi vida.

Primeramente agradezco a Dios por estar conmigo siempre y mantenerme protegida en su amor infinito.

A Gilson, mi compañero de todas las horas, especialmente mis hermanos Tania, Alexandre y Gisa por acreditaren en mi y daren su apoyo incondicional en los momento mas difíciles, Carla, mi "Lindinha", por compartir conmigo esa aventura y a toda mi familia con los cuales puedo contar para todo en mi vida.

Quiero agradecer a las directoras de esta tesis, Dr<sup>a</sup> Eloisa Manzano Moreno y Dr<sup>a</sup> Margarida Genera i Monells, por las orientaciones precisas y palabras de ánimo que valieron como energía para desarrollar todo ese trabajo.

Un especial agradecimiento al Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias, en la persona de Dr. Alberto Navalón Montón, por acoger mi tesis y apoyarme por todo el periodo de mis estudios.

A Dr<sup>a</sup> Maria del Rosario Blanc García, que estaba siempre dispuesta a ayudarme

Al amigo Dr. José Luis Vilchéz Quero, Grupo de Investigación FQM-338 Química Analítica y Ciencias de la Vida, por su apoyo incondicional. A Samuel Cantarero por su ayuda en el análisis de cromatografía de gases y espectrometría de masas.

Agradezco inmensamente a Dr<sup>a</sup> M<sup>a</sup> Carmen Valencia Mirón, por el estímulo cuando el cansancio llegaba

No puedo olvidar mis agradecimiento al Dr. Alberto López Galindo, director del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, por su cariño y apoyo en mi enseñar los caminos de la geología. El agradecimiento va también para los amigos y técnicos Juan Santamaría, difracción de rayos X, Luisa González, fluorescencia de rayos X, y Miguel Martín, que mucho me ayudaron.

Mi sincero agradecimiento al Dr. Andrés Maria Adroher y al Dr. Alejandro Caballero, por mi facilitar las muestras y por sus orientaciones.

A Dr<sup>a</sup> Esther Viseras Alarcón, gran amiga que me ha apoyado en los momentos difíciles.



Doy las gracias de manera especial también al Dr. José Rodríguez Montero, Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería, por su disponibilidad, generosidad y cariño en compartir su experiencia y amplio conocimiento. Quiero extender este agradecimiento a mi amiga Rosa, "mi San Lázaro" por toda su paciencia en aturar mis dudas constantes, a Marivi, Javi, Esther y Dionisio por siempre tener palabras de ánimo y estímulo.

Muchas gracias a Dr<sup>a</sup> Emilse Gómez Torres, Universidad Nacional de Colombia, por compartir sus conocimientos de estadística ayudándome a sobreponerme a las dificultades.

Agradezco a la colaboración del Dr. Fábio L. Melquiades, Grupo de Física Nuclear Aplicada do Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina - Brasil, por su apoyo con la parte estadística analizando los datos de fluorescencia de rayos X.

Mis agradecimiento a mi gran amigo Julio por su paciencia en revisar cada detalle de mis escritos. Además de su apoyo y cariño en los momentos más difíciles.

Los agradecimientos especiales a todos los amigos que tuvieron paciencia conmigo. A Beth y Eveny por la primera acogida cuando he llegado a Granada, a Carmen Rivero y a los amigos de la Azotea de Tulipán por las veladas culturales, la Coral Polifónica de Ciencias por tornar mi estancia en Granada más liviana y mágica a través de la buena música, a Antonio José Mota Ávila por su amistad y apoyo.

Un especial agradecimiento a Alberto, Marga y Juan, por ser mi familia en España y por calentar mi corazón cuando echaba de menos mi familia de Brasil.

A mi maestra y amiga Noelia por la ayuda arqueológica y gastronómica, y especialmente por su cariño.

A mis amigos,

Glauca por su apoyo espiritual y amistad.

Raul por ayudarme en todo.

Fernando Perin, por ser el responsable, con sus orientaciones, por mi decisión de empezar esta jornada académica.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud

# Índice



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XVI
RESUMEN.....	XX
RESUMO.....	XXI
SUMMARY .....	XXII
OBJETIVOS.....	XXIV
INTRODUCCIÓN.....	26
<b>1. ARQUEOMETRÍA.....</b>	<b>31</b>
1.1.Antecedente.....	31
1.2.Afirmación científica .....	36
1.3.Aplicaciones en cerámicas .....	38
<b>2. CERÁMICA .....</b>	<b>43</b>
2.1.Definición .....	43
2.2.Desarrollo histórico.....	44
2.2.1.La cerámica en la Península Ibérica.....	56
2.3.Pasta cerámica.....	65
2.3.1.Los minerales de la arcilla .....	66
2.3.2.Formación de las arcillas .....	71
2.3.3.Otros nombres comunes usados para determinados tipos de arcillas.....	72
2.3.4.Parámetros técnicos de las arcillas de interés en cerámica .....	74
2.4.Técnicas.....	77
2.4.1.Cadena operativa .....	77
2.4.1.1.Suministro de materias primas.....	79
2.4.1.2.Preparación de la pasta.....	79
2.4.1.3.Técnicas de fabricación .....	81
2.4.1.3.1.Modelado a mano.....	82
2.4.1.3.2.Modelado al torno .....	84
2.4.1.3.3.Modelado al torno lento .....	86
2.4.1.3.4.Tipos de tornos .....	87
2.4.1.4.Morfología del objeto .....	90
2.4.1.5.Técnicas de acabado.....	95
2.4.1.5.1.Acabados físicos .....	96

2.4.1.5.2. Químicos naturales .....	99
2.4.1.5.3. Químico exotérmicos .....	100
2.4.1.6. Técnicas de decoración .....	104
2.4.1.7. Técnicas de cocción .....	110
2.4.1.7.1. Tipos de horno .....	111
2.4.1.7.2. Tipos de combustibles.....	115
2.4.1.7.3. Tipos de cocción.....	116
2.4.1.8. Técnicas de reparación .....	118
<b>3. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....</b>	<b>120</b>
3.1. Introducción .....	120
3.2. Marco geográfico.....	120
3.3. Los yacimientos y sus contextos .....	123
3.3.1. Nordeste de la Península Ibérica - Cataluña .....	123
3.3.2. Sur de la Península Ibérica - Andalucía .....	129
3.4. Metodología experimental .....	135
3.4.1. Selección de muestras .....	136
3.4.2. Preparación de muestras. Láminas delgadas .....	136
3.4.3. Medidas del color .....	139
3.4.3.1. Tabla de Munsell y Colorimetría .....	140
3.4.4. Registro de las imágenes .....	141
3.4.5. Tratamiento de las imágenes.....	141
3.4.6. Lupa Electrónica.....	144
3.4.6.1. Estudio de los desgrasantes .....	145
3.4.7. Técnicas instrumentales de análisis.....	146
3.4.7.1. Difracción de Rayos X .....	146
3.4.7.1.1. Preparación y tratamiento de las muestras .....	147
3.4.7.1.2. Estimación de la temperatura .....	150
3.4.7.2. Fluorescencia de Rayos X.....	154
3.4.7.2.1. Preparación y tratamiento de las muestras .....	154
3.4.7.2.2. Quimiometría .....	157
3.4.7.3. Cromatografía de Gases con Espectrometría de Masas.....	159
3.4.7.3.1. Materiales e Instrumentación.....	168
3.4.7.3.2. Cromatogramas y espectros de masas .....	170
3.5. Base de datos .....	171
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>173</b>

4.1.Puig Roig del Roget .....	174
4.2.Turó Calvari de Vilalba dels Arcs .....	194
4.3.Tossal Redó .....	208
4.4.Castellons de Flix.....	216
4.5.Sant Miquel de Vinebre .....	225
4.6.Barrugat .....	243
4.7.Cueva de la Pastora.....	254
4.8.Puntal de la Granja.....	264
4.9.El Tesorero .....	271
4.10.Cerro San Marco.....	281
4.11.Terrera del Reloj.....	288
4.12.Cortijo del Guarda .....	298
4.13.Cerro de Alboroz 1 .....	304
4.14.Barranco del Moro .....	310
4.15.Cortijo Cabrera .....	323
4.16.Cerro Cepero.....	331
4.17.Medina Bazta – Casa Cervantes .....	343
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>352</b>
5.1.Estudio comparativo de las regiones .....	352
<b>6. ANÁLISIS DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN CERÁMICAS .....</b>	<b>377</b>
6.1.Objetivos.....	377
6.2.Aplicación de las Técnicas Analíticas actuales en el estudio de los residuos orgánicos en cerámica arqueológica .....	377
6.3.Caracterización de los componentes lipídicos en los residuos de cerámica arqueológica. Criterios para elucidar el origen de las sustancias lipídicas.....	380
6.4.Metodología de análisis de los residuos lipídicos .....	400
6.4.1. Parámetros cromatográficos y parámetros instrumentales del espectrómetro de masas.....	400
6.4.2.Toma de muestra.....	401
6.4.3.Extracción de los componentes orgánicos.....	402
6.4.4.Derivatización .....	403
6.5.Resultados.....	403
6.6.Discusión .....	452
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>458</b>
<b>8. GLOSARIO .....</b>	<b>463</b>

<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>474</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>508</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Cerámica de 20.000 años.....	47
Figura 2.2 - Cerámica Cardial/Campaniforme/Argárica.....	49
Figura 2.3 - Cerámica Jomon.....	50
Figura 2.4 - Cerámica egípcia.....	51
Figura 2.5 - Cerámica mesopotámica.....	52
Figura 2.6 - Mosaico de conos de arcilla.....	53
Figura 2.7 - Cerámica estilo geométrico.....	54
Figura 2.8 - Cerámica romana.....	56
Figura 1 - Cerámica con decoración epigráfica.....	58
Figura 20 - Porcelana china.....	59
Figura 2.11 - Cerámica mayólica.....	60
Figura 2.12 - Cerámica Hispano-morisca.....	61
Figura 2.13 - Cerámica talaverana.....	62
Figura 2.14 - Placa cerámica de La Real Fábrica de Loza de Alcora.....	63
Figura 2.15 - Alicatado portugués.....	65
Figura 2.16 - Estructura de una arcilla.....	66
Figura 2.17 - Cadena operativa.....	78
Figura 2.18 - Técnicas de fabricación.....	82
Figura 2.19 - Modelado a mano.....	82
Figura 2.20 - Modelados a mano.....	84
Figura 2.21 - Modelado al torno.....	85
Figura 2.22 - Modelado al torno lento.....	86
Figura 2.23 - Torno indio.....	87
Figura 2.24 - Torno de pie.....	88
Figura 2.25- Torno de pie inclinado.....	89
Figura 2.26 - Torno eléctrico.....	89
Figura 3 - Urna funeraria.....	91
Figura 2.284 - Objeto hueco.....	92
Figura 2.29 - Piezas abiertas.....	93
Figura 2.30 - Obras cerradas.....	93
Figura 2.31 - Plano de molde.....	94
Figura 2.32 - Técnicas de acabado.....	96
Figura 2.33 - Tipos de acabados físicos.....	97

Figura 2.34 - Acabados físicos .....	98
Figura 2.35 - Acabados químicos naturales.....	99
Figura 2.36 - Tipos de acabados químicos exotérmicos.....	100
Figura 2.37 - Acabados químicos exotérmicos.....	104
Figura 2.38 –Instrumentos.....	105
Figura 2.39 - Tipos de técnicas de decoración.....	106
Figura 2.40 - Técnicas de decoración .....	109
Figura 2.41 –Probetas .....	110
Figura 2.42 – Hornera .....	112
Figura 2.43 - Horno descubierto .....	113
Figura 2.44 – Hornalla .....	113
Figura 2.45 - Horno cubierto .....	114
Figura 2.46 - Horno nuevas energías .....	115
Figura 2.47 - Tipos de combustión.....	115
Figura 2.48 - Atmósfera de cocción.....	117
Figura 2.49 - Técnicas de reparación .....	118
Figura 3.1 - Mapa de España.....	121
Figura 3.2 - Yacimientos Nordeste .....	122
Figura 3.3 - Yacimientos Sur .....	122
Figura 3.4 - Mapa de localización de los yacimientos del Nordeste.....	123
Figura 3.5 - Mapa de localización de los yacimientos del Sur.....	129
Figura 3.6 - Preparación de lámina delgada .....	139
Figura 3.7 - Medidas del color .....	141
Figura 3.8 - Registro de imágenes .....	141
Figura 3.9 – Photoblend.....	142
Figura 3.10 - Image J.....	143
Figura 3.11 - Photoshop Cs5 .....	144
Figura 3.12 - Escala de granos de arena .....	145
Figura 3.13 - Secuencia de preparación de muestras para DRX .....	148
Figura 3.14 – Difractograma.....	149
Figura 3.15 – Ejemplo de análisis semicuantitativo.....	149
Figura 3.16 - Ejemplo de análisis por superposición de difractogramas .....	150
Figura 3.17 - Secuencia de preparo para pastilla.....	155
Figura 3.18 - Secuencia de preparación para perla.....	156
Figura 3.19 - Acondicionamiento en el espectrómetro.....	157



Figura 3.20 - Esquema del Cromatógrafo de Gases acoplado a un detector de Masas	161
Figura 3.21 - Etapas básicas de la espectrometría de masas .....	162
Figura 3.22 - Fuente de ionización .....	164
Figura 3.23 - Analizador de cuadrupolo .....	166
Figura 3.24 - Espectrómetro de tempo de vuelo.....	167
Figura 3.25 - Multiplicador de electrones tipo channeltron .....	168
Figura 3.26 - Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas.....	169
Figura 3.27 - Cromatograma y espectro de masas del compuesto a tR= 10.577 min y del compuesto asignado (Benzoic acid, 4-methoxy methyl ester).....	170
Figura 4.1 - Difractograma grupo 1 de Puig Roig.....	174
Figura 4.2 - Caracterización de muestras.....	174
Figura 4.3 - Difractograma grupo 2 de Puig Roig.....	176
Figura 4.4 - Caracterización de muestras.....	176
Figura 4.5 - Difractograma grupo 3 de Puig Roig.....	177
Figura 4.6 - Caracterización de muestras.....	177
Figura 4.7 - Difractograma grupo 4 de Puig Roig.....	179
Figura 4.8 - Caracterización de muestras.....	179
Figura 4.9 - Difractograma grupo 5 de Puig Roig.....	180
Figura 4.10 - Caracterización de muestras .....	180
Figura 4.11 - Difractograma grupo 1 de Turó Calvari .....	194
Figura 4.12 - Caracterización de muestras .....	194
Figura 4.13 - Difractograma grupo 2 de Turó Calvari .....	195
Figura 4.14 - Caracterización de muestras .....	196
Figura 4.15 - Difractograma grupo 3 de Turó Calvari .....	196
Figura 4.16 - Caracterización de muestras .....	197
Figura 4.17 - Difractograma grupo 1 de Tossal Redó .....	208
Figura 4.18 - Caracterización de muestras .....	208
Figura 4.19 - Difractograma grupo 2 de Tossal Redó .....	209
Figura 4.20 - Caracterización de muestras .....	209
Figura 4.21 - Difractograma grupo 1 de Castellons.....	216
Figura 4.22 - Caracterización de muestras .....	216
Figura 4.23 - Difractograma grupo 2 de Castellons.....	217
Figura 4.24 - Caracterización de muestras .....	217
Figura 4.25 - Difractograma grupo 1 de Sant Miquel .....	225
Figura 4.26 - Caracterización de muestras .....	225

Figura 4.27 -Difractograma grupo 2 de Sant Miquel .....	227
Figura 4.28 - Caracterización de muestras.....	227
Figura 4.29 -Difractograma grupo 3 de Sant Miquel .....	229
Figura 4.30 - Caracterización de muestras.....	229
Figura 4.31 - Difractograma grupo 4 de Sant Miquel .....	230
Figura 4.32 - Caracterización de muestras.....	230
Figura 4.33 - Difractograma grupo 1 de Barrugat.....	243
Figura 4.34 - Caracterización de muestras.....	243
Figura 4.35 - Difractograma grupo 2 de Barrugat.....	244
Figura 4.36 - Caracterización de muestras.....	244
Figura 4.37 - Difractograma grupo 3 de Barrugat.....	244
Figura 4.38 - Caracterización de muestras.....	245
Figura 4.39 - Difractograma grupo 4 de Barrugat.....	246
Figura 4.40 - Caracterización de muestras.....	246
Figura 4.41 - Difractograma grupo 1 de Cueva de la Pastora.....	254
Figura 4.42 - Caracterización de muestras.....	254
Figura 4.43 - Difractograma grupo 2 de Cueva de la Pastora.....	255
Figura 4.44 - Caracterización de muestras.....	255
Figura 4.45 -Análisis de lámina delgada – CNL105 2.....	263
Figura 4.46 -Análisis de lámina delgada – CNL105 6.....	263
Figura 4.47 - Difractograma grupo 1 de Puntal de la Granja.....	264
Figura 4.48 - Caracterización de muestras.....	265
Figura 4.49 - Difractograma grupo 1 de El Tesorero .....	271
Figura 4.50 - Caracterización de muestras.....	271
Figura 4.51 - Difractograma grupo 2 de El Tesorero .....	272
Figura 4.52 - Caracterización de muestras.....	272
Figura 4.53 -Análisis de lámina delgada BAZ190 1.....	280
Figura 4.54 -Análisis de lámina delgada BAZ190 2.....	280
Figura 4.55 - Difractograma grupo 1 de Cerro San Marcos.....	281
Figura 4.56 - Caracterización de muestras.....	282
Figura 4.57 - Difractograma grupo 1 Terrera del Reloj.....	288
Figura 4.58 - Caracterización de muestras.....	288
Figura 4.59 - Difractograma grupo 2 Terrera del Reloj.....	289
Figura 4.60 - Caracterización de muestras.....	290
Figura 4.61 -Análisis de lámina delgada DDG 013 1.....	296

Figura 4.62 -Análisis de lámina delgada DDG 013 5.....	297
Figura 4.63 - Difractograma grupo 1 Cortijo del Guarda.....	298
Figura 4.64 - Caracterización de muestras.....	298
Figura 4.65 - Difractograma grupo 2 Cortijo del Guarda.....	299
Figura 4.66 - Caracterización de muestras.....	299
Figura 4.67 - Difractograma grupo 1 Cerro de Alboroz.....	304
Figura 4.68 - Caracterización de muestras.....	304
Figura 4.69 -Análisis de lámina delgada BDG003 1 .....	309
Figura 4.70 - Difractograma grupo 1 de Barranco del Moro.....	310
Figura 4.71 - Caracterización de muestras.....	310
Figura 4.72 - Difractograma grupo 2 de Barranco del Moro.....	311
Figura 4.73 - Caracterización de muestras.....	311
Figura 4.74 - Difractograma grupo 3 de Barranco del Moro.....	312
Figura 4.75 - Caracterización de muestras.....	312
Figura 4.76 -Análisis de lámina delgada ZJR003 2 .....	322
Figura 4.77 - Difractograma grupo 1 de Cortijo Cabrera.....	323
Figura 4.78 - Caracterización de muestras.....	323
Figura 4.79 -Análisis de lámina delgada DDG004 2.....	330
Figura 4.80 - Difractograma grupo 1 de Cerro Cepero .....	331
Figura 4.81 - Caracterización de muestras.....	331
Figura 4.82 - Difractograma grupo 2 de Cerro Cepero .....	332
Figura 4.83 - Caracterización de muestras.....	332
Figura 4.84 -Análisis de lámina delgada BAZ001 1.....	341
Figura 4.85 -Análisis de lámina delgada BAZ001 6.....	341
Figura 4.86 -Análisis de lámina delgada BAZ001 8.....	342
Figura 4.87 - Difractograma grupo 1 de Medina Batza .....	343
Figura 4.88 - Caracterización de muestras.....	343
Figura 4.89 - Difractograma grupo 2 de Medina Batza .....	344
Figura 4.90 - Caracterización de muestras.....	344
Figura 4.91 -Análisis de lámina delgada MB 2 .....	350
Figura 4.92 -Análisis de lámina delgada MB 5 .....	350
Figura 6.1 - Cromatograma característico de um residuo lipídico .....	381
Figura 6.2 - Biplot de dos relaciones de ácidos grasos para productos alimenticios modernos.....	384
Figura 6.3 - El ciclo del Carbono .....	388

Figura 6.4 - Ciclo de Calvin .....	389
Figura 6.5 - La fijación de carbono. Reacciones en la oscuridad del ciclo de Calvin...	389
Figura 6.6 - Resumen de la fotosíntesis de plantas C3 .....	390
Figura 6.7 - Ruta de Hatch-Stack para la Fotosíntesis en plantas C4 .....	390
Figura 6.8 - Fraccionamiento isotópico promedio entre las plantas, tejidos de herbívoros y carnívoros.....	394
Figura 6.9 - Ejemplo de grafico de estudio de paleodietas .....	397
Figura 6.10 - Hidróxido de (m-trifluorometilfenil) trimetilamonio) (TMTFTH ó Meth-PrepII) .....	403
Figura 6.11- Cromatograma de la muestraPR-14.....	404
Figura 6.12- Cromatograma de la muestraC-2 .....	406
Figura 6.13- Cromatograma de la muestraTR-7 .....	408
Figura 6.14- Cromatograma de la muestraTC-5.....	409
Figura 6.15- Cromatograma de la muestraSM-1 .....	411
Figura 6.16- Cromatograma de la muestraB-2 .....	414
Figura 6.17- Cromatograma de la muestraCNL 105-1 .....	417
Figura 6.18- Cromatograma de la muestraBAZ 011-1 .....	420
Figura 6.19- Cromatograma de la muestraBAZ 190- 3 .....	423
Figura 6.20- Cromatograma de la muestraBMN016 – 4.....	425
Figura 6.21 - Cromatograma de la muestraDDG013 – 6.....	428
Figura 6.22- Cromatograma de la muestraDDG014 – 2.....	430
Figura 6.23- Cromatograma de la muestraBDG003 – 1 .....	432
Figura 6.24- Cromatograma de la muestraZJR003-8.....	434
Figura 6.25- Cromatograma de la muestraDDG004 – 1.....	436
Figura 6.26- Cromatograma de la muestra BAZ001 – 6.....	439
Figura 6.27- Cromatograma de la muestraBAZ001 – 8.....	440
Figura 6.28- Cromatograma de la muestraMB-2.....	443
Figura 6.29- Cromatograma de la muestraMB-4.....	445

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 - Superficie específica de algunas arcillas.....	74
Tabla 2.2 - Capacidad de cambio iónico de las arcillas.....	77
Tabla 3.1 - Tamaño de desgrasantes.....	145
Tabla 3.2 - Distribución de desgrasantes.....	146
Tabla 4.1 - Análisis semicuantitativo Puig Roig.....	181
Tabla 4.2 - Tamaño del desgrasante Puig Roig.....	185
Tabla 4.3 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	187
Tabla 4.4 - Composición química de los óxidos grupo 1 Puig Roig.....	188
Tabla 4.5 - Composición química de los elementos trazas.....	188
Tabla 4.6 - Composición química de los óxidos grupo 2 Puig Roig.....	189
Tabla 4.7 - Composición química de los elementos trazas.....	189
Tabla 4.8 - Composición química de los óxidos grupo 3 Puig Roig.....	190
Tabla 4.9 - Composición química de los elementos trazas.....	191
Tabla 4.10 - Composición química de los óxidos grupo 4 Puig Roig.....	192
Tabla 4.11 - Composición química de los elementos trazas.....	192
Tabla 4.12 - Composición química de los óxidos grupo 5 Puig Roig.....	193
Tabla 4.13 - Composición química de los elementos trazas.....	193
Tabla 4.14 - Análisis semicuantitativo Turó Calvari.....	199
Tabla 4.15 - Tamaño del desgrasante Turó Calvari.....	201
Tabla 4.16 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	203
Tabla 4.17 - Composición química de los óxidos grupo1 Turó Calvari.....	204
Tabla 4.18 - Composición química de los elementos trazas.....	204
Tabla 4.19 - Composición química de los óxidos grupo 2 Turó Calvari.....	205
Tabla 4.20 - Composición química de los elementos trazas.....	205
Tabla 4.21 - Composición química de los óxidos grupo 3 Turó Calvari.....	206
Tabla 4.22 - Composición química de los elementos trazas.....	207
Tabla 4.23 - Análisis semicuantitativo Tossal Redó.....	211
Tabla 4.24 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	213
Tabla 4.25 - Composición química de los óxidos grupo1 Tossal Redó.....	213
Tabla 4.26 - Composición química de los elementos trazas.....	214
Tabla 4.27 - Composición química de los óxidos grupo 2 Tossal Redó.....	214
Tabla 4.28 - Composición química de los elementos trazas.....	215
Tabla 4.29 - Análisis semicuantitativo Castellons.....	218

Tabla 4.30 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	221
Tabla 4.31 - Composición química de los óxidos grupo1 Castellons.....	222
Tabla 4.32 - Composición química de los elementos trazas .....	222
Tabla 4.33 - Composición química de los óxidos grupo2 Castellons.....	223
Tabla 4.34 - Composición química de los elementos trazas .....	223
Tabla 4.35 - Análisis semicuantitativo Sant Miquel de Vinebre.....	231
Tabla 4.36 - Tamaño del desgrasante Sant Miquel de Vinebre.....	235
Tabla 4.37 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	237
Tabla 4.38 - Composición química de los óxidos grupo 1 Sant Miquel .....	238
Tabla 4.39 - Composición química de los elementos trazas .....	238
Tabla 4.40 - Composición química de los óxidos grupo 2 Sant Miquel .....	239
Tabla 4.41 - Composición química de los elementos trazas .....	239
Tabla 4.42 - Composición química de los óxidos grupo 3 Sant Miquel .....	240
Tabla 4.43 - Composición química de los elementos trazas .....	240
Tabla 4.44 - Composición química de los óxidos grupo 4 Sant Miquel .....	241
Tabla 4.45 - Composición química de los elementos trazas .....	241
Tabla 4.46 - Análisis semicuantitativo Barrugat.....	247
Tabla 4.47 - Tamaño del desgrasante Barrugat.....	249
Tabla 4.48 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	251
Tabla 4.49 - Composición química de los óxidos grupo 3 Barrugat.....	252
Tabla 4.50 - Composición química de los elementos trazas .....	252
Tabla 4.51 - Composición química de los óxidos grupo 4 Barrugat.....	253
Tabla 4.52 - Composición química de los elementos trazas .....	253
Tabla 4.53 - Análisis semicuantitativo de Cueva de la Pastora .....	257
Tabla 4.54 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	260
Tabla 4.55 - Composición química de los óxidos grupo 1 Cueva de la Pastora.....	260
Tabla 4.56 - Composición química de los elementos trazas .....	261
Tabla 4.57 - Composición química de los óxidos grupo 2 Cueva de la Pastora.....	261
Tabla 4.58 - Composición química de los elementos trazas .....	262
Tabla 4.59 - Análisis semicuantitativo Puntal de la Granja .....	266
Tabla 4.60 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	269
Tabla 4.61 - Composición química de los óxidos grupo1 Puntal de la Granja.....	270
Tabla 4.62 - Composición química de los elementos trazas .....	274
Tabla 4.63 - Análisis semicuantitativo El Tesorero .....	274
Tabla 4.64 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	277

Tabla 4.65 - Composición química de los óxidos grupo 2 El Tesorero .....	277
Tabla 4.66 - Composición química de los elementos trazas .....	278
Tabla 4.67 - Composición química de los óxidos grupo 2 El Tesorero .....	278
Tabla 4.68 - Composición química de los elementos trazas .....	279
Tabla 4.69 - Análisis semicuantitativo Cerro San Marcos .....	283
Tabla 4.70- Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	286
Tabla 4.71 - Composición química de los óxidos grupo 1 Cerro de San Marco .....	286
Tabla 4.72 - Composición química de los elementos trazas .....	287
Tabla 4.73 - Análisis semicuantitativo Terrera del Reloj .....	291
Tabla 4.74- Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	293
Tabla 4.75 - Composición química de los óxidos grupo 1 Terrera del Reloj .....	294
Tabla 4.76 - Composición química de los elementos trazas .....	294
Tabla 4.77 - Composición química de los óxidos grupo 2 Terrera del Reloj .....	295
Tabla 4.78 - Composición química de los elementos trazas .....	295
Tabla 4.79 - Análisis semicuantitativo Cortijo de la Guarda.....	300
Tabla 4.80 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	301
Tabla 4.81 - Composición química de los óxidos grupo 1 Cortijo del Guarda .....	302
Tabla 4.82 - Composición química de los elementos trazas .....	302
Tabla 4.83 - Composición química de los óxidos grupo 2 Cortijo del Guarda .....	303
Tabla 4.84 - Composición química de los elementos trazas .....	303
Tabla 4.85 - Análisis semicuantitativo Cerro de Alboroz .....	305
Tabla 4.86 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	307
Tabla 4.87 - Composición química de los óxidos grupo 1 Cerro de Alboroz .....	307
Tabla 4.88- Composición química de los elementos trazas .....	308
Tabla 4.89 - Análisis semicuantitativo Barranco del Moro .....	314
Tabla 4.90 - Tamaño del desgrasante Barranco del Moro.....	316
Tabla 4.91 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	318
Tabla 4.92 - Composición química de los óxidos grupo 1 Barranco del Moro .....	319
Tabla 4.93 - Composición química de los elementos trazas .....	319
Tabla 4.94 - Composición química de los óxidos grupo 2 Barranco del Moro .....	320
Tabla 4.95 - Composición química de los elementos trazas .....	320
Tabla 4.96 - Composición química de los óxidos grupo 3 Barranco del Moro .....	320
Tabla 4.97 - Composición química de los elementos trazas .....	321
Tabla 4.98 - Análisis semicuantitativo Cortijo Cabrera.....	325
Tabla 4.99 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	328

Tabla 4.100 - Composición química de los óxidos grupo 1 Cortijo Cabrera.....	328
Tabla 4.101 - Composición química de los elementos trazas.....	329
Tabla 4.102 - Análisis semicuantitativo Cerro Cepero.....	334
Tabla 4.103 - Tamaño del desgrasante Cerro Cepero .....	336
Tabla 4.104 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	338
Tabla 4.105 - Composición química de los óxidos grupo 1 Cerro Cepero.....	338
Tabla 4.106 - Composición química de los elementos trazas.....	339
Tabla 4.107 - Composición química de los óxidos grupo 2 Cerro Cepero.....	339
Tabla 4.108 - Composición química de los elementos trazas.....	340
Tabla 4.109 - Análisis semicuantitativo Medina Bazta .....	345
Tabla 4.110 - Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a* y b*).....	348
Tabla 4.111 - Composición química de los óxidos grupo 2 de Medina Batza.....	348
Tabla 4.112 - Composición química de los elementos trazas.....	349
Tabla 5.1 - Color de las pastas – Nordeste .....	359
Tabla 5.2 - Color de las pastas – Sur.....	360
Tabla 6.1 - Criterio de cocientes de ácidos grasos utilizados para diferenciar tipos de alimentos .....	383
Tabla 6.2 - Algunos lípidos biomarcadores y origen del material.....	386
Tabla 6.3 - Parámetros instrumentales para GC- MS.....	400
Tabla 6.4 - Descripción de las muestras para el análisis mediante GC-MS.....	402
Tabla 6.5a - Compuestos identificados en muestra PR-14 - tR, m/z, MW, QUAL % .	404
Tabla 6.5b - Compuestos identificados en muestra PR-14 - área% .....	405
Tabla 6.6a -Compuestos identificados en muestra C-2 - tR, m/z, MW, QUAL % .....	406
Tabla 6.6b - Compuestos identificados en muestra C-2 - área%.....	407
Tabla 6.7a - Compuestos identificados en muestra TR-7 -tR, m/z, MW, QUAL % ...	408
Tabla 6.7b - Compuestos identificados en muestra TR-7 - área%.....	409
Tabla 6.8a - Compuestos identificados en muestra TC-5 - tR, m/z, MW, QUAL % ...	410
Tabla 6.8b - Compuestos identificados en muestra TC-5 – área% .....	410
Tabla 6.9a - Compuestos identificados en muestra SM-1 - tR, m/z, MW, QUAL %...	411
Tabla 6.9b - Compuestos identificados en muestra SM-1 - área%.....	412
Tabla 6.10a - Compuestos identificados en muestra B-2 - tR, m/z, MW, QUAL % ...	414
Tabla 6.10b - Compuestos identificados en muestra B-2 - área% .....	416
Tabla 6.11a - Compuestos identificados en muestra CNL105-1 - tR, m/z, MW, QUAL %.....	418
Tabla 6.11b - Compuestos identificados en muestra CNL105-1 – área % .....	419



Tabla 6.12a - Compuestos identificados en muestra BAZ011-1 - tR, m/z, MW, QUAL %	420
Tabla 6.12b - Compuestos identificados en muestra BAZ011-1- área%	421
Tabla 6.13a - Compuestos identificados en muestra BAZ190-3 - tR, m/z, MW, QUAL %	423
Tabla 6.13b - Compuestos identificados en muestra BAZ190-3 - área%	424
Tabla 6.14a - Compuestos identificados en muestra BMN016-4 - tR, m/z, MW, QUAL %	426
Tabla 6.14b - Compuestos identificados en muestra BMN016-4- área%	427
Tabla 6.15a - Compuestos identificados en muestra DDG013-6 - tR, m/z, MW, QUAL %	429
Tabla 6.15b - Compuestos identificados en muestra DDG013-6. - área%	429
Tabla 6.16a - Compuestos identificados en muestra DDG014-2 - tR, m/z, MW, QUAL %	431
Tabla 6.16b - Compuestos identificados en muestra DDG014-2- área%	431
Tabla 6.17a - Compuestos identificados en muestra BDG003-1 - tR, m/z, MW, QUAL %	432
Tabla 6.17b - Compuestos identificados en muestra BDG003-1- área%	433
Tabla 6.18a - Compuestos identificados en muestra ZJR003-8 - tR, m/z, MW, QUAL %	434
Tabla 6.18b - Compuestos identificados en muestra ZJR003-8- área%	435
Tabla 6.19a - Compuestos identificados en muestra DDG004-1 - tR, m/z, MW, QUAL %	436
Tabla 6.19b - Compuestos identificados en muestra DDG004-1- área%	437
Tabla 6.20a - Compuestos identificados en muestra BAZ001-6 - tR, m/z, MW, QUAL %	439
Tabla 6.20b - Compuestos identificados en muestra BAZ001-6- área%	440
Tabla 6.21a - Compuestos identificados en muestra BAZ001-8 - tR, m/z, MW, QUAL %	441
Tabla 6.21b - Compuestos identificados en muestra BAZ001-8- área%	442
Tabla 6.22a - Compuestos identificados en muestra MB-2 - tR, m/z, MW, QUAL %	443
Tabla 6.22b - Compuestos identificados en muestra MB-2. P - área%	444
Tabla 6.23a - Compuestos identificados en muestra MB-4 - tR, m/z, MW, QUAL %	445
Tabla 6.23b - Compuestos identificados en muestra MB-4- área%	446
Tabla 6.24 - Compuestos identificados en las muestras PR-14, C-2, TR-7 y TC-5	448

Tabla 6.25 - Compuestos identificados en las muestras SM-1, B-2, CNL105-1 y BAZ011-1.....	449
Tabla 6.26 - Compuestos identificados en las muestras BAZ190-3, BMN16-4, DDG13,6 y DDG14-2.....	450
Tabla 6.27 - Compuestos identificados en las muestras BDG003-1, ZJJR003-8, DDG004-1 y BAZ001-6.....	451
Tabla 6.28 - Compuestos identificados en las muestras BAZ001-8, MB-2 y MB-4.....	452
Tabla 6.29 - Cociente del % área de C:16 y % área de C:18.....	453

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 - Temperaturas de fusión.....	153
Grafico 3.2 - Ejemplo de grafico loading.....	159
Gráfico 4.1 - Proporción promedio de minerales en Puig Roig.....	181
Gráfico 4.2 - Tipos de cocción Puig Roig.....	184
Gráfico 4.3 - Tamaño y distribución del desgrasante Puig Roig.....	186
Gráfico 4.4 - Técnicas de fabricación Puig Roig.....	186
Gráfico 4.5 - Color de la pasta Puig Roig.....	187
Gráfico 4.6 - Proporción promedio de minerales en Turó Calvari.....	198
Gráfico 4.7 - Tipo de cocción Turó Calvari.....	200
Gráfico 4.8 - Tamaño y distribución del desgrasante Turó Calvari.....	201
Gráfico 4.9 - Técnicas de fabricación Turó Calvari.....	202
Gráfico 4.10 - Color de la pasta Turó Calvari.....	202
Gráfico 4.11 - Proporción promedio de minerales en Tossal Redó.....	210
Gráfico 4.12- Tamaño y distribución del desgrasante Tossal Redó.....	212
Gráfico 4.13 - Color de la pasta Tossal Redó.....	212
Gráfico 4.14 - Proporción promedio de minerales en Castellons.....	218
Gráfico 4.15 - Tipos de cocción Castellons.....	219
Gráfico 4.16 - Tamaño y distribución del desgrasante Castellons.....	220
Gráfico 4.17 - Técnicas de fabricación Castellons.....	220
Gráfico 4.18 - Color de las pastas Castellons.....	221
Gráfico 4.19 - Proporción promedio de minerales en Sant Miquel.....	231
Gráfico 4.20 - Tipos de cocción Sant Miquel de Vinebre.....	234
Gráfico 4.21 - Tamaño y distribución del desgrasante Sant Miquel de Vinebre.....	235
Gráfico 4.22 - Técnicas de fabricación Sant Miquel de Vinebre.....	236
Gráfico 4.23 - Color de la Pasta Sant Miquel de Vinebre.....	236
Gráfico 4.24 - Proporción promedio de minerales en Barrugat.....	247
Gráfico 4.25 - Tipos de cocción Barrugat.....	248
Gráfico 4.26 - Tamaño y distribución del desgrasante Barrugat.....	249
Gráfico 4.27 - Técnicas de fabricación Barrugat.....	250
Gráfico 4.28 - Color de la pasta Barrugat.....	250
Gráfico 4.29 - Proporción promedio de minerales en Cueva de la Pastora.....	256
Gráfico 4.30 - Tipos de cocción Cueva de la Pastora.....	258
Gráfico 4.31 - Tamaño y distribución del desgrasante Cueva de la Pastora.....	259

Gráfico 4.32 - Color de la pasta Cueva de la Pastora.....	259
Gráfico 4.33 - Proporción promedio de minerales en Puntal de la Granja.....	266
Gráfico 4.34 - Tamaño y distribución del desgrasante Puntal de la Granja.....	267
Gráfico 4.35 - Técnicas de fabricación Puntal de la Granja.....	268
Gráfico 4.36 - Color de la pasta Puntal de la Granja.....	268
Gráfico 4.37 - Proporción promedio de minerales en El Tesorero .....	273
Gráfico 4.38 - Tipos de cocción El Tesorero.....	275
Gráfico 4.39 - Tamaño y distribución del desgrasante El Tesorero.....	276
Gráfico 4.40 - Color de la pasta El Tesorero.....	276
Gráfico 4.41 - Proporción promedio de minerales en Cerro San Marcos.....	283
Gráfico 4.42 - Tipos de cocción Cerro San Marcos.....	284
Gráfico 4.43 - Tamaño y distribución del desgrasante Cerro San Marcos.....	285
Gráfico 4.44 - Color de la pasta Cerro San Marcos.....	285
Gráfico 4.45 - Proporción promedio de minerales en Terrera del Reloj.....	290
Gráfico 4.46 - Tipos de cocción Terrera del Reloj.....	291
Gráfico 4.47 - Tamaño y distribución del desgrasante Terrera del Reloj.....	292
Gráfico 4.48 - Color de la pasta Terrera del Reloj.....	293
Gráfico 4.49 - Proporción promedio de minerales en Cortijo del Guardia.....	300
Gráfico 4.50 - Proporción promedio de minerales en Cerro de Alboroz.....	305
Gráfico 4.51 - Proporción promedio de minerales en Barranco del Moro.....	313
Gráfico 4.52 - Tipos de cocción Barranco del Moro.....	315
Gráfico 4.53 - Tamaño y distribución del desgrasante Barranco del Moro.....	316
Gráfico 4.54 - Técnica de fabricación Barranco del Moro.....	317
Gráfico 4.55 - Color de la pasta Barranco del Moro.....	317
Gráfico 4.56 - Proporción promedio de minerales en Cortijo Cabrera.....	325
Gráfico 4.57 - Tipos de cocción Cortijo Cabrera.....	326
Gráfico 4.58 - Tamaño y distribución del desgrasante Cortijo Cabrera.....	326
Gráfico 4.59 - Técnica de fabricación Cortijo Cabrera.....	327
Gráfico 4.60 - Color de la pasta Cortijo Cabrera.....	327
Gráfico 4.61 - Proporción promedio de minerales en Cerro Cepero.....	334
Gráfico 4.62 - Tipos de cocción Cerro Cepero.....	335
Gráfico 4.63 - Tamaño y distribución del desgrasante Cerro Cepero.....	336
Gráfico 4.64 - Técnica de fabricación Cerro Cepero.....	337
Gráfico 4.65 - Color de la pasta Cerro Cepero.....	337
Gráfico 4.66 - Proporción promedio de minerales en Medina Batza.....	345

Gráfico 4.67 - Tamaño y distribución del desgrasante Medina Bazta.....	347
Gráfico 4.68 - Color de la pasta Medina Bazta.....	347
Gráfico 5.1 - Proporción promedio de minerales mayoritarios - Nordeste.....	352
Gráfico 5.2 - Proporción promedio de minerales minoritarios - Nordeste.....	352
Gráfico 5.3 - Proporción promedio de minerales mayoritarios - Sur.....	353
Gráfico 5.4 - Proporción promedio de minerales minoritarios - Sur .....	354
Gráfico 5.5 - Tipos de cocción - Nordeste.....	355
Gráfico 5.6 - Tipos de cocción - Sur.....	355
Gráfico 5.7 - Temperaturas de cocción - Nordeste.....	356
Gráfico 5.8 - Temperaturas de cocción - Sur.....	357
Gráfico 5.9 - Clasificación de las muestras por nombre - Nordeste.....	362
Gráfico 5.10 - Clasificación de las muestras por yacimiento - Nordeste.....	363
Gráfico 5.11 - Posición de los componentes químicos - Nordeste.....	363
Gráfico 5.12 - Clasificación de las muestras por yacimiento - Nordeste.....	364
Gráfico 5.13 - Posición de los componentes químicos - Nordeste.....	365
Gráfico 5.14 - Clasificación de las muestras por nombre - Sur .....	366
Gráfico 5.15 - Clasificación de las muestras por yacimiento - Sur.....	367
Gráfico 5.16 - Posición de los componentes químicos - Sur .....	367
Gráfico 5.17 - Clasificación de las muestras por nombre - Sur.....	369
Gráfico 5.18 - Clasificación de las muestras por yacimiento - Sur .....	369
Gráfico 5.19 - Posición de los componentes químicos - Sur .....	370
Gráfico 5.20 - Clasificación de las muestras por yacimiento (dos regiones).....	372
Gráfico 5.21 - Clasificación de las muestras (dos regiones).....	372
Gráfico 5.22 - Posición de los componentes químicos (dos regiones).....	373
Gráfico 5.23 - Clasificación de las muestras por yacimiento (dos regiones).....	374
Gráfico 5.24 - Clasificación de las muestras (dos regiones).....	374
Gráfico 5.25 - Posición de los componentes químicos (dos regiones).....	375

# *Resumen*



## **RESUMEN**

El estudio arqueométrico de la cerámica constituye una herramienta clave para el entendimiento del avance tecnológico y cultural de una civilización, facilitando así la comprensión de su desarrollo histórico. El análisis del proceso de elaboración de la cerámica puede aportar información importante, complementaria, en esta búsqueda de conocimiento.

En esta Tesis Doctoral se propone una posible ruta de la evolución tecnológica de la cerámica extraída de los diecisiete yacimientos pertenecientes a diferentes épocas estudiadas que van desde el Neolítico hasta la Edad Media, ubicados en las zonas del Nordeste y Sur de la Península Ibérica, actuales Cataluña y Andalucía respectivamente.

Esta propuesta se basa en la identificación de las características mineralógicas y texturales, así como en el análisis de cada muestra. Para llevar a cabo esta investigación se han empleado técnicas instrumentales de análisis tales como la difracción de rayos X, la fluorescencia de rayos X y la colorimetría, también se ha empleado el análisis de imágenes para la caracterización mineralógica y textural, la lupa electrónica y la cromatografía de gases con espectrometría de masas para el análisis de los componentes orgánicos de los residuos contecerámico. Finalmente, se ha iniciado la creación de una base de datos con el propósito de servir como fuente de información para futuros estudios.

Para lograr los objetivos propuestos en este trabajo se utilizan las herramientas de la Arqueometría que aportaran un campo más amplio a nuestra investigación.

Palabras claves: Cerámica/ Arqueometría/XRD/XRF/GC-MS/Temperatura

## **RESUMO**

O estudo arqueométrico das cerâmicas constitui uma ferramenta chave para o entendimento do avance tecnológico e cultural de uma civilização, facilitando assim, a compreensão de seu desenvolvimento histórico. A análise do processo de elaboração de uma cerâmica pode aportar informações importantes e complementares em essa busca de conhecimentos.

Em esta Tese Doutoral se propõe uma possível rota da evolução tecnológica de cerâmicas extraídas de dezessete sítios arqueológicos pertencentes a diferentes épocas, que vão desde o Neolítico até a Idade Média, localizados em zonas do Nordeste e Sul da Península Ibérica, as atuais Catalunha e Andaluzia, respectivamente.

Esta proposta se baseia na identificação das características mineralógicas e texturais, assim como uma análise química de cada amostra. Para seguir com essa pesquisa foram empregadas técnicas instrumentais de análises tais como a Difração de Raios X, a Fluorescência de Raios X e a Colorimetria. Também foi empregada a análise de imagens para a caracterização mineralógica e textural, a Lupa Eletrônica e a Cromatografia de Gases com Espectrometria de Massa para a análise dos componentes orgânicos dos resíduos contidos no interior dos vasos cerâmicos. Finalmente, se iniciou a criação de uma base de dados com o propósito de servir como fonte de informação para futuros estudos.

Para conseguir os objetivos propostos neste trabalho se utilizam as ferramentas da Arqueometria que aportaram um campo mais amplo a nossa pesquisa.

Palavras chaves: Cerâmica/Arqueometria/XRD/XRF/GC-MS/Temperatura



## **SUMMARY**

The archeometric study of ceramics is a key tool for understanding the technological and cultural advancement of a civilization, thus facilitating the understanding of its historical development. The analysis of the development of ceramics can contribute with important and complementary information in this search for knowledge.

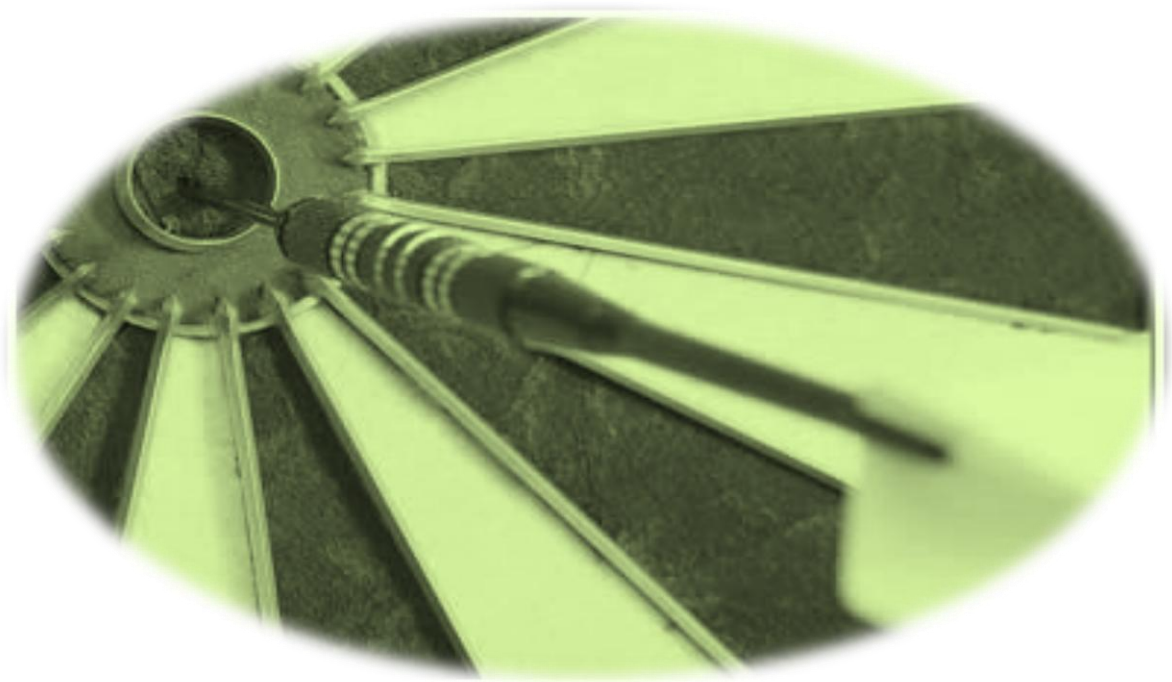
This doctoral thesis proposes a possible route of technological evolution of ceramics extracted from seventeen archaeological sites belonging to different ages, ranging from the Neolithic period to the Middle Ages, located in the northeast and southern areas of the Iberian Peninsula, currently Catalonia and Andalusia respectively.

This proposal is based on the identification of the mineralogical and textural characteristics, as well as a chemical analysis of each sample. To proceed with this research, instrumental analysis techniques were employed, such as X-ray diffraction, X-ray fluorescence and colorimetry. The image analysis for textural and mineralogical characterization was also employed, as well as the electronic magnifier, and gauze chromatography with mass spectrometry for the analysis of organic components of residues found within the ceramic pots. Finally, the creation of a database ensued, with the purpose of serving as a source of information for future studies.

To achieve the objectives proposed in this project, archeometric tools were used to contribute for a wider field of research.

Key words: Ceramics/Archaeometry/XRD/XRF/GC-MS/Temperature

# *Objetivo*



## **OBJETIVO**

El objetivo fundamental de esta investigación consiste en la caracterización de las muestras de pastas cerámicas recuperadas de los yacimientos arqueológicos situados en el área geográfica de Nordeste y Sur de la Península Ibérica, actuales Cataluña y Andalucía, a partir de su caracterización mineralógica y química.

Para la consecución de este objetivo central, nos proponemos los siguientes objetivos específicos:

- Establecer la naturaleza y composición de los materiales utilizados en la pasta cerámica a través de difracción de rayos X.

- Determinar la composición química de las cerámicas con el empleo de la fluorescencia de rayos X.

- Evaluar, en las cerámicas estudiadas, los elementos que puedan relacionarse con las transformaciones mineralógicas ocurridas en el proceso de cocción.

- Buscar elementos característicos de una posible evolución tecnológica a través de la estimación de la temperatura de cocción.

- Analizar los residuos orgánicos retenidos en los recipientes cerámicos mediante cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas.

- Comparar mineralógicamente las pastas cerámicas entre los yacimientos elegidos.

- Crear una base de datos con las muestras estudiadas, que puede servir como referencia para estudios futuros.

# *Introducción*



# **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

## **INTRODUCCIÓN**

La cerámica es un elemento presente desde la prehistoria, y sirve de fuente primaria de la cual se puede conseguir una gran cantidad de información y así poder extraer datos que nos permitan profundizar acerca de los hábitos sociales en la vida cotidiana. La historia de la cerámica camina en paralelo a la de la humanidad, lo que convierte el elemento cerámico en testigo de los cambios de costumbres de las civilizaciones.

El hombre ha creado elementos votivos para su adoración en rituales desde el Paleolítico y el aspecto mágico de su origen, su asociación en diversas prácticas rituales todavía forma parte de la tradición en muchas sociedades actuales (COLL CONESA, 2009).

Por tener una pervivencia continuada desde su aparición en el Neolítico y una abundante presencia en diversos yacimientos, la cerámica se aplica como indicador cronológico para la identificación de las diferentes fases culturas desde la prehistoria, a través del estudio de las tipologías y caracterización de los elementos decorativos (CAPEL MARTÍNEZ, 2005); aportando así conocimientos sobre la identificación de la fuente de materia prima, la tecnología de producción y su funcionalidad. Por lo tanto, podemos utilizarla como trazadora de la evolución tecnológica y cultural, reconstruir patrones de organización económica y social, y trazar intercambios cultural y comercial (ORTEGA, ZULUAGA, ALONSO y OLAETXEA, 2005).

La elaboración de la cerámica está directamente relacionada con el entorno y con las posibilidades que él puede ofrecer, en cuanto a recursos naturales. Los materiales utilizados, el tiempo y las ideas creativas empleados son los medios productivos.

El factor sociocultural también tiene gran influencia en la determinación de los rasgos de la producción cerámica. El cambio en el sistema sociocultural del Neolítico, debido a las primeras prácticas agrícolas y ganaderas, así como a la aparición de poblados sedentarios (COLL CONESA, 2009), generó la necesidad de fabricar vasijas para el transporte y almacenaje de la producción agrícola excedente.

El estudio del material cerámico en sus diversas fases de elaboración nos permite caracterizar las distintas tradiciones de manufactura y abordar el significado simbólico y social inherente en cada pieza producida.

El conocimiento de la composición de la pasta cerámica puede también certificar la autenticidad de un objeto; por ejemplo, la presencia de cierto pigmento o desgrasante, no

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

adscrito a una determinada época y perteneciente al objeto, podrá ser parte de una prueba concluyente de su falsedad o incluso de su cronología mediante el estudio de la tecnología de fabricación a través de la historia.

Sin embargo se debe considerar que, en el proceso de manufactura de la cerámica se introducen un gran número de variables que pueden afectar los análisis sobre el objeto final, como los procesos de purificación de las arcillas, la variación de los aditivos agregados y las condiciones de cocción.

Con un análisis de las pastas cerámicas a partir de las propiedades y características de la arcilla con la que está fabricada, obtenemos la clasificación de la cerámica. Esas características son producto de varios factores como la temperatura, las condiciones de cocción, las inclusiones y el tipo de arcilla empleado.

En el estudio de la cerámica las variables tenidas en cuenta incluyen aspectos tales como la cantidad de sitios arqueológicos muestreados y de muestras analizadas, su procedencia geográfica, los contextos cronológicos y funcionales de los que las muestras fueron tomadas y las técnicas analíticas empleadas.

Una buena investigación sobre dicho material se centra en la verificación precisa de la procedencia de los artefactos arqueológicos desde distintos ángulos. Se supone que las cerámicas que comparten aspectos formales y decorativos podrían tener un origen común. Pero solamente una semejanza formal no permite identificar si es una copia o un objeto trasladado desde su lugar de origen. Por lo tanto recurrir al análisis, siempre que sea posible, de las materias primas con que fueron elaborados los artefactos sirve para elucidar las posibles dudas.

En el proceso de elaboración de la cerámica las características de esas fuentes de materia prima originarias pueden ser afectadas por el proceso de limpieza, de mezcla de materias primas de distintas fuentes o la adición de desgrasantes, lo que tornaría más compleja la identificación de la procedencia del objeto terminado y de la fuente de materia prima. Por ello, la utilización de distintas técnicas de análisis viene a mejorar la determinación de la procedencia.

El uso de técnicas científicas aplicado en la caracterización de los diversos tipos de materiales se convirtió en un elemento fundamental en el estudio de los hallazgos arqueológicos, propiciando el surgimiento y desarrollo de la Arqueometría.

Así la Arqueometría surgió en el ámbito de la investigación como una ciencia transdisciplinar que reúne la labor de profesionales de varias áreas científicas con el objetivo de aportar a través de las técnicas instrumentales, la máxima información

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

tecnológica a cerca de los diversos materiales arqueológicos (WESTFALL y SERGUEI, 2006).

El estudio arqueométrico de las cerámicas se convirtió en un elemento fundamental en la investigación científica (RUIZ, GARCÍA SANJUÁN, HURTADO PÉREZ, MARTÍN RAMÍREZ, POLVORINOS DEL RÍO y TAILOR, 2006), pues nos aporta más informaciones contrastadas que las que se pueden obtener del estudio directo de los materiales.

El proyecto de investigación realizado en esta Memoria de Doctorado se desarrolla a lo largo de 10 capítulos en los que se fundamenta teóricamente el tema y se expone la parte experimental así como sus resultados y discusión.

El primer capítulo, presenta una visión de los antecedentes de la Arqueometría, relatando sus actividades desde su fundación en la Universidad de Oxford. Se expone algunos puntos que sirvieron de base para su afirmación como ciencia y el avance de las investigaciones en ese campo. Finalmente se mencionan las aplicaciones de la Arqueometría en el estudio de las cerámicas.

El segundo capítulo se dedica al estudio de la cerámica. Se inicia con una sucinta exposición sobre su desarrollo histórico, donde son citados aspectos puntuales de las principales civilizaciones en que este material se tornó pieza de gran importancia. A continuación, se presentan diferentes aspectos de las pastas cerámicas como conceptos, composición, origen geológico, técnicas, entre otros; además se expone un recorrido por el proceso de manufactura de una pieza cerámica.

La parte experimental comienza en el tercer capítulo. En él se recogen tanto los materiales estudiados, información sobre los yacimientos y su contexto geográfico y cronológico. También se describe la metodología elegida y técnicas de análisis empleadas.

En el cuarto capítulo, resultados, se expone la caracterización de las muestras, derivada de la aplicación de las técnicas de análisis elegidas. Se opta por dividir este apartado por yacimientos con el objetivo de facilitar una mejor lectura de los datos.

Se tiene en el quinto capítulo, de las discusiones, un estudio comparativo entre las dos regiones, donde se hace una correlación de los resultados obtenidos y algunas previas consideraciones

En el sexto capítulo que aborda el estudio de contenidos, se desarrolla una metodología para el análisis de los residuos orgánicos encontrados en el interior de las vasijas cerámicas. Los compuestos orgánicos, una vez identificados mediante cromatografía de gases con detector de masas, podrán relacionarse con los materiales de

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

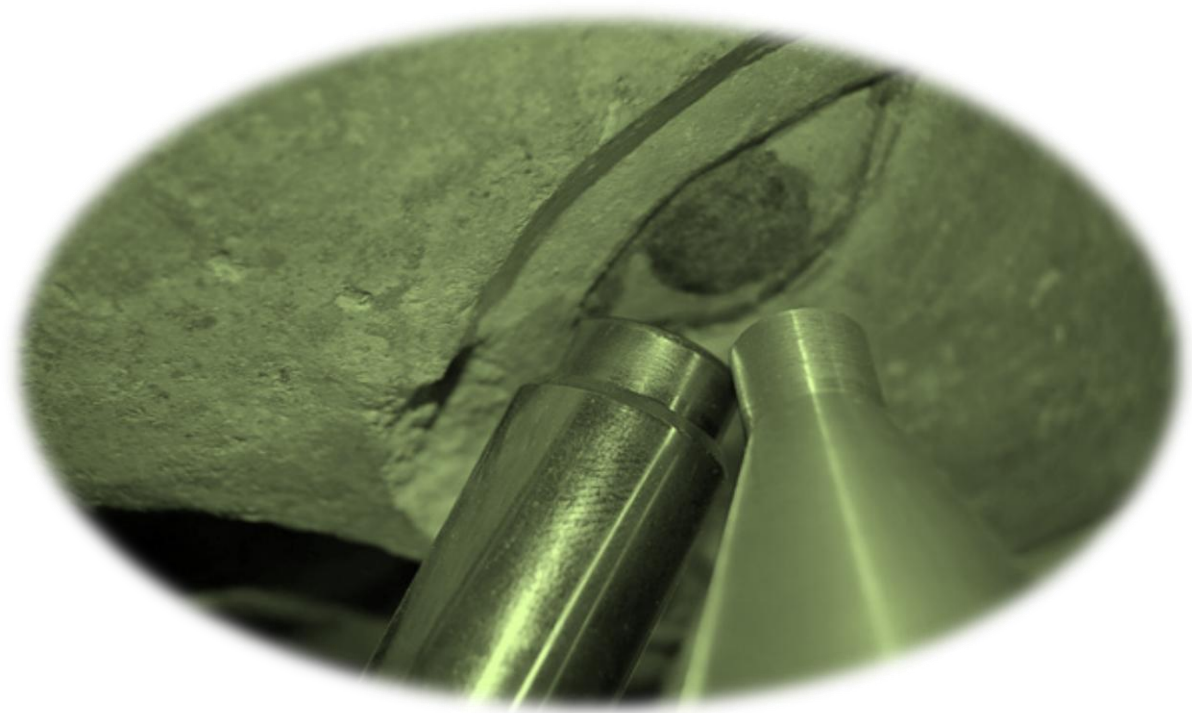
los que proceden y así aportar datos científicos para la mejora del conocimiento sobre las actividades sociales y culturales de las sociedades del pasado.

Las conclusiones se muestran en el sétimo capítulo, donde se enseña los aspectos que fueron logrados en esta Memoria de investigación, sirviendo para responder a los objetivos planteados.

Finalmente, se presenta un pequeño glosario, las referencias bibliográficas y los anexos, compuestos de las bases de datos con todas las informaciones obtenidas en los análisis y el inventario de las muestras estudiadas.



# *Arqueometría*



# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

## 1. ARQUEOMETRÍA

### 1.1. Antecedentes

El estudio de materiales arqueológicos a través de la aplicación de las técnicas analíticas fue documentado desde el siglo XVIII. Para algunos estudiosos el desarrollo de nuevas técnicas de análisis fue rápidamente empleado en las áreas de arqueología y artes, siendo su principal aplicación en el campo de la datación. El estudio microscópico de un fragmento de roca de Stonehenge (Wiltshire, Reino Unido), hecho por el doctor Halley en 1720, remonta su antecedencia. A finales del siglo XIX esta misma técnica fue empleada en el estudio de la procedencia de mármoles y cerámicas de Santorini (Akróteri, en la isla de Thera, archipiélago de las Cícladas) en Grecia. Ordóñez estudiaba desde 1892, en México, la obsidiana prehispánica con el microscopio. Shepard en 1936, estudió sistemáticamente cerámicas de la región de Pecos (Nuevo México, Estado Unidos) aplicando técnicas petrográficas. Paralelamente al estudio de los materiales arqueológicos, hubo un gran desarrollo, a finales del siglo XIX, en los campos de la física y la química con el descubrimiento de los rayos X en 1895 y de la radioactividad en 1896. Este desarrollo se mantuvo hasta mediados del siglo XX con el descubrimiento del espectrómetro que mide la fluorescencia y las masas de los elementos químicos. Otros tantos inventos desarrollados a fines de la década de los 50, posibilitaron sus aplicaciones en estudios sistemáticos en el campo de la Arqueología (LARQUEOC, 2015).

En ese contexto el Laboratorio de Investigación de Arqueología y Historia del Arte de la Universidad de Oxford<sup>1</sup> funda en el año de 1958 la revista *Archaeometry*, cuna del término Arqueometría. Esta revista tuvo un importante papel en el fomento del concepto de Arqueometría pues, a través de los trabajos publicados, este concepto, sus interpretaciones y definiciones fueron evolucionando a lo largo del tiempo. Así, entre los diversos conceptos existentes se puede citar: "Mediciones realizadas en el material arqueológico (MONTERO RUIZ, GARCÍA HERAS y LÓPEZ-ROMERO, 2007)", "Medida o cuantificación de "cosas" antiguas o de fenómenos relacionadas con ellas (o estudio con

---

<sup>1</sup> El Laboratorio de Investigación de Arqueología y la revista a Historia del Arte en la Universidad de Oxford tiene en ese periodo investigaciones que van desde el desarrollo de magnetómetros de protones para la prospección geofísica en los sitios arqueológicos y la construcción de los primeros espectrómetros de fluorescencia de rayos X y las microsondas electrónicas para el análisis de piezas arqueológicas, a través de una amplia investigación sobre magnética y datación en termoluminiscencia; a la creación del primero acelerador de radiocarbono en pequeña escala dedicado casi en su totalidad a la datación de muestras arqueológicas.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

métodos científico-técnicos de objetos arqueológicos (PEREZ ARANTEGUI, AGUAROD OTAL, LAPUENTE MERCADAL, FELIÚ ORTEGA y PERNOT, 1996)" y "Aplicación e interpretación de datos en ciencias naturales en los estudios arqueológicos e historia del arte (OLIN, 1982)." Todos los conceptos y definiciones sufrieron críticas pues fueron consideradas incompletas e inespecíficas. Sin embargo, la definición dada por Olin nos parece de notable importancia porque encierra disciplinas distintas que son la Arqueometría y la Historia del Arte.

Podemos dividir el desarrollo de la Arqueometría en tres fases, que coinciden con las de la arqueometalurgia (PERNICKA, 1998):

1. Formativa (siglo XIX - 1930),
2. Desarrollo (1930-1970) y
3. Expansión (1970 - presente)

El incremento de las técnicas de medición instrumental a partir de la aplicación de la espectrometría de emisión óptica (OES) fue la clave para la separación entre la fase formativa y de desarrollo. No obstante, anteriormente a ese momento, se produjeron avances relevantes con sus correspondientes aplicaciones como la radiografía, o la fotografía aérea para prospección y registro.

Desde este momento se comienzan a desarrollar diversidad de técnicas como la fluorescencia de energía de dispersión de rayos X, los diferentes métodos de datación siendo el primero el arqueomagnetismo y continuado por la datación flúor-nitrógeno; potasio-argón hasta que a finales de la década del 40 se desarrolla el método radiocarbono, continúa con la técnica de termoluminiscencia que no es aplicada a estudios arqueológicos hasta la década del 70 (POZNER, 2011).

Durante la fase de desarrollo, principalmente después de la II Guerra Mundial, vemos un progreso de las nuevas técnicas de análisis que tendrán un gran protagonismo en la expansión de la Ciencia en general y por tanto en la Arqueometría. Así Alan Walsh desarrolla la espectroscopia de absorción atómica (AAS) en 1955 y Harry Bowman y su equipo publica en 1966 los primeros análisis con fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (EDXRF). En 1936 se ve los principios del arqueomagnetismo, en la década de los 40 se observa la datación por flúor y por el carbono 14 (C14) y en 1953, los principios de la termoluminiscencia aunque su uso generalizado en Arqueología no será hasta los años 70. También tras la II Guerra Mundial los métodos de prospección geofísica

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

experimentan un gran avance con la aparición de equipos de resistividad y electromagnetismo (TITE, 1972, 1991).

En la fase de expansión, a partir de los años 70, se encuentra una gran diversidad de técnicas multielementales y se produce el avance en el desarrollo de la instrumentación gracias al control digital y a la estandarización de las plataformas informáticas que los soportan, mayor precisión en los análisis, así como nuevo software y desarrollo de equipos portables (JENKINS, MANNE, ROBIN y SENEMAUD 1991; NASCIMENTO FILHO, 1999). Se puede señalar, en principios de los años 80, los avances en el campo de la datación con la utilización de la espectrometría de masas con acelerador (AMS) que cuantifica el número de isótopos en una muestra, lo que permite usar un pequeño fragmento de muestra; también el uso de la teledetección espacial y de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) para los estudios de prospección y paleoambiente. Ya en el campo de las ciencias biológicas el análisis de isótopos estables, especialmente del ADN, con el desarrollo en 1983 de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), que revolucionó muchas áreas de la biología y de la medicina. Estas técnicas ampliaron las investigaciones de los registros arqueológicos.

Junto al avance tecnológico se desarrolló también la parte teórica de la Arqueología, ya que en la *Nueva Arqueología* el registro arqueológico empezó a considerarse de otra manera y se fomentó el desarrollo de los estudios arqueométricos gracias a los nuevos intereses de la investigación, como la distribución de materiales por comercio e intercambio, así como los estudios cuantitativos (MARCINIAK y RACZKOWSKI, 2001) y paleoambientales. Este cambio conceptual es visible en los estudios de petrografía cerámica, que fueron iniciados en la década de los años 30 por Anna O. Shepard en EEUU, y no tuvieron mayor desarrollo y valoración hasta fines de la década de los 60 (BISHOP y LANGE, 1991).

Siguiendo en la última fase de expansión hubo otro cambio importante que fue un aumento de los laboratorios que trabajan con Arqueometría. Así, si en la primera fase formativa observamos que los estudios eran individuales hecho por personas con intereses particulares, pero no exclusivos en el tema, con la excepción de la creación del laboratorio en el Museo de Berlín en 1888, que terminó sus labores al acabar la I Guerra Mundial, en la segunda fase de desarrollo vemos una creciente creación de laboratorios estables y especializados en algunos países occidentales, que en su mayoría estaban vinculados a museos (GOODWAY, 1990). Estos laboratorios se centran en proyectos de caracterización a mayor escala, como los que se realizarán sobre la metalurgia

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

prehistórica en Europa desde 1931. Entre ellos destaca la creación a fines de la década de los años 20 del laboratorio del Fine Arts Museum de Boston, del laboratorio del Louvre en 1931 y también, en ese mismo año, del laboratorio de investigación permanente en el British Museum, aunque desde hace una década funcionaba como laboratorio temporal (CRADDOCK, 1991). En la década de 30 fue creado el laboratorio de etnobotánica dentro del Museo de Antropología de la Universidad de Michigan y en 1937 el laboratorio en el Instituto de Arqueología de la Universidad de Londres. Años más tarde, en 1951, se crea el laboratorio de datación por dendrocronología y C14 del Museo Arqueológico de la Universidad de Pennsylvania (MASCA, 2015).

En el último periodo de expansión se ve que en muchos países los estudios de Arqueometría se generalizan, en parte con puntuales contribuciones hechas por laboratorios de ciencias, pero sobre todo con proyectos de investigación estables. Se puede citar algunos ejemplos:

- Australian Institute of Nuclear Science and Engineering (AINSE, 2015)
- Royal Ontario Museum en Canadá (ROM, 2015).
- Laboratorio de Arqueometría Demokritos en Grecia.

Jesús Altuna, al frente del laboratorio de Arqueozoología del Departamento de Prehistoria de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, empieza los trabajos en la década de los años 60-70 en España (ALTUNA, 1995; FERNÁNDEZ, 2006). El laboratorio de palinología del Instituto Español de Prehistoria comienza en 1977 sus trabajos (LÓPEZ GARCÍA, LÓPEZ SAÉZ, y MACÍAS ROSADO, 2002) y en 1982 inicia el proyecto Arqueometalurgia de la Península Ibérica, gestionado inicialmente desde el Ministerio de Cultura en el Instituto de Conservación y Restauración de Obras Artísticas (ICROA), actualmente Instituto de Patrimonio Cultural Español (IPCE, 2015). En 1984 se puede ver la creación del Laboratorio de Arqueozoología de la Universidad Autónoma de Madrid (LAUNAM, 2012) aunque su director Arturo Morales, inició sus investigaciones en la década anterior. Sin embargo, es solamente 1997 que se funda la Sociedad de Arqueometría Aplicada al Patrimonio Cultural (SAPaC) que actualmente organiza los Congresos Ibéricos de Arqueometría (SAPaC, 2015).

En Latinoamérica, hasta entonces, la Arqueometría se constituía en un apartado de poca expresión que contenía tablas de valores cuantitativos. El campo de aplicación se limitaba a la identificación de materias primas y fuentes de origen, pendientes en de los

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

ensayos e interpretaciones facilitados por los geólogos o químicos que trabajaban asociados a los equipos arqueológicos (VIDAL, 2007).

Se ve que en Chile, en la década de los 60, Junius Bird aplicó por primera vez las técnicas arqueométricas al datar con C14 muestras de carbón obtenidas de la cueva Fell, en el Sur de Patagonia que está ubicada en la parte más austral del Cono Sur de América (WESTFALL y SERGUEI, 2006). A partir de eso hubo un aumento y diversificación de las experiencias en este campo, siendo probablemente en los años 80, el periodo en el cual la Arqueometría se consolida, a través de los proyectos de investigación del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT, 2015) y también en los años 90, mediante los estudios del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA, 2015).

En México el Laboratorio de Arqueometría del Instituto de Física de la UNAM (IFUNAM, 2015) y el Laboratorio de Arqueometría de Occidente (LARQUEOC, 2010) realizaron estudios sobre procedencia, conservación y uso de cerámicas, tecnologías antiguas, aspectos de deterioro y otros materiales tales como huesos, dientes, metales, pinturas y manuscritos (VV.AA., 2008a).

En Brasil, en principios de la década de los 90, se empleaba la técnica de termoluminiscencia como único método físico para la datación arqueológica. En 1992, los integrantes del Laboratorio de Física Nuclear Aplicada de la Universidade Estadual de Londrina (LFNA/UDEL, 2015), estudiaron los usos de la tomografía en la Arqueometría, bien como el empleo de la fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (EDXRF) para el análisis de bronce antiguos. Así, este laboratorio en 1994, en base a la creciente potencialidad del área, introdujo de manera pionera la Arqueometría en sus líneas de investigación. Una de las primeras investigaciones fue el empleo de fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (EDXRF), espectrometría de retrodispersión Rutherford (RBS) y transmisión de rayos gamma (GT), en el estudio de un conjunto de fragmentos de cerámica manufacturados por los indígenas brasileños de la tribu Tupi-Guarani (APPOLONI y PARREIRA, 2007).

Se destaca también en Brasil las relevantes publicaciones en esa área de la *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação* (ARC, 2015), creada por la Agência de Estudos e Restauo do Patrimônio, organización civil sin ánimo de lucro, fundada en 2001 por artistas, educadores, científicos y profesionales liberales. Esta revista se dedica al estudio y desarrollo de proyectos y acciones visando la conservación y restauración del patrimonio histórico, artístico, arquitectónico, cultural, científico, educacional, material e inmaterial, en todo el territorio brasileño. Se resalta entre sus

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

objetivos el incentivo al desarrollo económico, educacional, social y autosustentable, basado en la preservación y restauración del patrimonio; el estímulo a la creación de estrategias socio-económicas-educacionales y culturales que controlen la obtención y aplicación de recursos humanos y financieros en el área de conservación y restauración del patrimonio; innovación, profundización y divulgación de los conocimientos y la difusión tecnológica pertinentes al tema. Todo eso busca fomentar la investigación de la Arqueometría en todo país.

### 1.2. Afirmación científica

Debido a la importancia de la revista *Archaeometry* y por estar unida al grupo de la Universidad de Oxford, la Arqueometría sufrió una inestabilidad de línea de actuación hasta que se definiera los puntos clave para su desarrollo. Inicialmente adoptaron como línea central la aplicación los análisis físico-químicos, prescindiendo de las disciplinas anteriores y de las nuevas posibles disciplinas arqueométricas (MARTÍN DE LA CRUZ, 2011). Este hecho limita la actuación de las líneas de investigación y como consecuencias la ausencia de investigaciones de otras disciplinas en los Congresos Internacionales de Arqueometría, promovidos también desde Oxford en el inicio de los años 60. Entonces el término Arqueometría fue asociado solamente al análisis cuantitativo de materiales causando una restricción conceptual en el ámbito científico. Así, los primeros libros sobre Arqueometría tenían como tema central el análisis físico-químico de los materiales. Otros términos como "Ciencia Arqueológica" o "Ciencia basada en Arqueología" (MANONI, 2005) contribuyeron también, para la restricción del uso del término Arqueometría.

Como reflejo de esa tendencia, en 1974 surge el *Journal of Archaeological Science* (JAS, 2010) que teniendo una idea más abierta a la participación de las ciencias naturales, promovió una Arqueología más científica (MARTÍN DE LA CRUZ, 2011).

Por la indefinición del término de esta disciplina y por consiguiente su concepto, muchos autores centraron el contenido de sus libros en metodologías específicas, como el caso del libro "Arqueometría frente a Ciencia en Arqueología", en que el autor afirma haber empleado solamente métodos físicos en sus análisis (LEUTE, 1987).

Se observa también que hubo una evolución en los contenidos referentes al término Arqueometría en los últimos años, así desde los Congresos Internacionales de Arqueometría celebrado en 1996 en Urbana (Illinois, EEUU), aceptan los contenidos referentes a la sección de biomateriales, sin embargo vemos un predominio de análisis de



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

ADN, de isótopos estables o identificación de residuos como resinas o productos alimenticios frente a trabajos polínicos, antraecológicos o arqueozoológicos en su vertiente paleoambiental (MONTERO RUIZ et al, 2007).

Los Congresos de Arqueometría en España también sufrieron cambios desde su primer edición<sup>2</sup> en 1995 en la ciudad de Granada, hasta la novena en 2011; cuando amplía el ámbito del estudio de la Arqueometría y supera fronteras siendo celebrado en por primera vez en Lisboa - Portugal. Esta edición del Congreso Ibérico de Arqueometría<sup>3</sup>, presenta temas novedosos, donde se reunió profesionales de diversas áreas, estimulados por el creciente desarrollo de la Arqueometría (VIEIRA y JOUAN DIAS, 2012). Las sesiones temáticas pasaron a ser las siguientes: Biomateriales y estudios paleoambientales; análisis de materiales, que reúne metales, cerámica, vidrio, piedra, pigmentos y etc.; técnicas analíticas y metodologías; datación; prospección geofísica y teledetección; patrimonio construido; conservación y restauración.

Con el desarrollo de la informática, en la segunda mitad de la década de 80 y principios de los años 90 del siglo pasado, hubo un gran impulso en este campo de investigación lo que, a pesar de los cuestionamientos hechos por algunos científicos en relación a la inclusión de los métodos matemáticos y estadísticos como campos de actuación de la Arqueometría, este pasó a ser una sección separada en los Congresos Internacionales de Arqueometría.

Son varias las técnicas de laboratorio empleadas en la investigación arqueométrica y pueden ser divididos en dos grandes bloques:

1. Métodos para determinar las características químicas:
  - Microquímica;
  - Espectrometría de emisión (o espectrografía de emisión óptica);
  - Absorción atómica (o espectrofotometría de absorción atómica, ASS);
  - Espectrofotometría de emisión de plasma (ICP);
  - Espectrometría de masa;
  - Fluorescencia de rayos X;

---

<sup>2</sup> Desde la fundación de la Sociedad Española de Arqueometría aplicada al Patrimonio Cultural (SAPaC) en 1997, ha existido un interés creciente por la Arqueometría que se ha traducido en la celebración periódica y bianual de los Congresos Nacionales de Arqueometría primero, y después, de los Congresos Ibéricos de Arqueometría desde 2003, coincidiendo con la V edición. El congreso de Arqueometría, de carácter bianual, es el foro idóneo para reunir el colectivo de investigadores del conjunto de la península Ibérica, implicados en los estudios arqueométricos y del Patrimonio Histórico, artístico y cultural (SAIZ CARRASCO)

<sup>3</sup> La relevancia de esa ciencia se reafirma con la realización del XI Congreso Ibérico de Arqueometría (CIA) que tendrá lugar en Évora - Portugal, en octubre de 2015. Será más una reunión de investigadores que se dedican a los estudios arqueométricos y del patrimonio histórico, artístico y cultural de la península Ibérica. Su organización está a cargo del Laboratorio Hércules, de la Universidade de Évora, de la Sociedad de Arqueometría Aplicada al Patrimonio Cultural (SAPaC) y de un consorcio científico del Gobierno de Portugal



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

- Pixe;
  - Análisis de activación; cromatografía y
  - Análisis de aminoácidos.
2. Métodos para determinar las características estructurales y físicas:
- Infrarrojos;
  - Ultravioletas;
  - Microscopia de luz reflejada;
  - Microscopio electrónico;
  - Tomografía;
  - Radiografía electrónica;
  - Espectrografía de infrarrojos;
  - Análisis térmico;
  - Difracción de rayos X y
  - Espectroscopia de Mössbauer.

### 1.3. Aplicaciones en Cerámicas

*Las cerámicas arqueológicas presentan características que las hacen pervivas desde el momento en que se fabricaron hasta el momento en que las recoge el arqueólogo, constituyendo uno de los materiales artificiales de mayor pervivencia en el tiempo, lo que les confiere un enorme interés a la hora de realizar su estudio. Por tanto, la presencia de cerámicas es un hecho común y continuado desde el neolítico hasta la actualidad, lo que permite utilizarla como trazador de la evolución tecnológica y cultural; para reconstruir patrones de organización económica y social; los avances tecnológicos, así como para poner de manifiesto pautas o trazas de intercambios cultural y comercial (ORTEGA et al, 2005).*

La aplicación de técnicas científicas a la caracterización de materiales ha llegado a convertirse en un elemento fundamental en la investigación arqueológica (RUIZ et al, 2006). Y el análisis de la cerámica se ha beneficiado del desarrollo y aplicación de técnicas químicas, físicas y mineralógicas que han sobrepasado ampliamente los límites de la información que se obtenía tradicionalmente de los artefactos cerámicos mediante su simple descripción macroscópico-morfológica (la conocida tipología), proporcionando

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

así una buena base de datos de los que obtener una valiosa comprensión de las sociedades del Pasado.

Como se sabe los estudios arqueométricos de las cerámicas remontan a fines del siglo XVIII, coincidiendo con el mismo inicio de la Arqueometría (CALEY, 1967), y su desarrollo y crecimiento perduran hasta hoy. Este desarrollo estaba fundamentalmente ligado al pensamiento de la *Nueva Arqueología* cuando los arqueólogos empezaron a buscar también datos cuantitativos objetivando profundizar sus conocimientos ceramológicos (ORTON, TYERS y VINCE, 1993).

Las técnicas arqueométricas pueden ser aplicadas como rescate del proceso de fabricación de la cerámica, con la intención de reconstruir su cadena operativa a través de la identificación de las materias primas, las técnicas de manufactura, las técnicas de acabado y decoración y los tipos de cocción de las piezas.

Para identificar la materia prima y sus propiedades, es necesario conocer las arcillas a través de sus elementos químicos. Este reconocimiento se puede hacer mediante el empleo de la fluorescencia de Rayos X, difracción de Rayos X, activación neutrónica (GARCÍA-HERAS, BLACKMAN, FERNANDEZ-RUIZ y BISHOP, 2001). Se debe destacar que es imprescindible el estudio de los desgrasantes o inclusiones, que son intrínsecos a la arcilla o añadidos a la pasta cerámica por el alfarero. Estos se pueden identificar y cuantificar con el uso de análisis petrográficos o lamina delgada (RIEDERER, 2004), microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido (RYE, 1981; RICE, 1987).

Las técnicas de manufactura, las uniones entre las distintas secciones usadas y la manera como se adjuntan asas, picos y otros apéndices pueden ser estudiadas a través de la radiografía (CARR, 1990; MIDDLETON y LANG, 2005). Y también la orientación de los poros pues el anillado produce una alineación horizontal detectable mediante el microscopio de luz polarizada, el microscopio electrónico de barrido, etc. (TITE, 1999).

Para conocer las técnicas de acabado como bruñido y pulido, que generan un brillo característico, resultado de la compresión y alienación de las partículas superficiales de la arcilla, podemos usar una sección de lámina delgada con el uso del microscopio (RYE, 1981; RICE, 1987), ya la aplicación de engobe, por su estructura más fina y densa que la pasta, se puede distinguir bajo microscopio y su composición química, que a menudo es diferente, puede detectarse con la espectroscopia de masas (SPEAKMAN y NEFF, 2005). Los pigmentos minerales aplicados, sean parte del engobe o de la decoración, pueden identificarse por microscopia electrónica de barrido (PITARCH MARTI, 2010), espectroscopía Raman (WEERD, SMITH, FIRTH y CLARK, 2004), espectrometría de

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

masas (SPEAKMAN y NEFF, 2005) y fluorescencia de Rayos-X (GARCÍA-HERAS et al, 2001).

Las condiciones de cocción pueden ser estudiadas cuando se establece la relación entre la temperatura y los cambios mineralógicos y microestructurales sufridos en las pastas cerámicas durante ese proceso. La difracción de Rayos X (VARELA, 2003) y la espectroscopia Mössbauer (MAGGETT, 1982; WAGNER, WAGNER, HÄUSLER y SHIMADA, 2000; WAGNER Y KYEK, 2004) detectan esos cambios mineralógicos, mientras que los microestructurales los identificamos mediante el uso del microscopio electrónico de barrido (TITE, FREESTONE, MEEKS, y BIMSON, 1982).

Las propiedades físicas asociadas a la función de las piezas cerámicas pueden ser identificadas mediante el empleo de los análisis composicional (POLVORINOS DEL RÍO, GARCÍA SANJUÁN, HURTADO PÉREZ y HERNÁNDEZ ARNEDO, 2005), así como el contenido de sus vasijas también pueden ser examinados mediante el uso de técnicas arqueométricas como cromatografía de gases y espectrometría de masas (CHARTERS, EVERSLED, QUYE, BLINKHORN y REEVES, 1997; DUDD, EVERSLED y GIBSON, 1999; EVERSLED, VAUGHAN, DUDD y SOLES, 2000), análisis de isótopos estables de carbono (REBER, DUDD, VAN DER MERWE y EVERSLED, 2004), microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido (STALLER y THOMPSON, 2002; BOZARTH y GUDERJAN, 2004).

En relación al estudio de las procedencias se puede emplear métodos de análisis químicos como activación neutrónica (INAA), la espectrometría de fluorescencia de Rayos X (XRF), la espectrometría de masas por plasma inducido (ICP-MS), el análisis de emisión de Rayos X inducido por protones (PIXE), entre otros (RYE y DUERDEN, 1982; HATCHER, TITE y WALSH, 1995; GLASCOCK, NEFF y VAUGHN, 2004; STANJEK y HÄUSLER, 2004).

Como se ve, la aplicación de las técnicas arqueométricas permite abordar una gran variedad de temas dentro del estudio de las cerámicas.

El análisis de las cerámicas se benefició directamente de la evolución de la Arqueometría, con la aplicación de sus técnicas en la obtención del máximo de informaciones que se podría alcanzar con las técnicas tradicionales.

En España, el caso de la Arqueometría de materiales cerámicos, la producción científica ha crecido de forma vigorosa, con la paulatina incorporación y fijación de lo que podríamos considerar un marco metodológico de estudio estandarizado (CAPEL MARTÍNEZ y CALVO-FLORES, 1978; CAPEL MARTINEZ, CALVO-FLORES, PÁRRAGA y PEÑA, 1990; AGUILERA MARTÍN, 1998; BUXEDA I GARRIGÓS, 1999; POLVORINOS DEL RÍO, 2001a). Este avance tecnológico puede ser demostrado a través de la realización de

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

varias reuniones nacionales e internacionales (BISHOP, 2008; GENERA, 1979, 2005; GENERA, 1980; VENDRELL-SAZ, PRADELL, MOLERA y GARCIA, 1995; PÉREZ ARANTEGUI, LAPUENTE MERCADAL, AGUAROD OTAL y CASTILLO SUÁREZ, 1999), como también a través de publicaciones como informes, memorias y libros monográficos.

Como se ve, la Arqueometría es la interfaz entre la Arqueología y las ciencias naturales y físicas. Por su carácter inter y multidisciplinario requiere una estrecha comunicación entre arqueólogos, historiadores del arte, conservadores, químicos, geólogos, etc.

*La definición amplia de la Arqueometría como "una actividad interdisciplinar que exige la colaboración de las ciencias naturales y experimentales en la aplicación de técnicas científicas y la interpretación de los datos, para la optimización de los estudios arqueológicos y artísticos", plantea con conjunto de situaciones, objetivamente no siempre controlables, formativas, institucionales, incluso personales que inciden en su mayor o menor integración en los proyectos de investigación. (MARTÍN DE LA CRUZ, 2011).*

Así, la Arqueometría se tornó una ciencia fundamental en los estudios de diversos tipos de materiales, aportando relevante información sobre estos y un mejor entendimiento de la inventiva humana, que es uno de los puntos importantes de nuestra investigación.

# *Cerámica*



## **2. CERÁMICA**

### **2.1. Definición**

*La cerámica es la combinación perfecta de los cuatro elementos que constituían el mundo según los antiguos griegos. Está hecha con tierra, moldeada con agua, secada al aire y consolidada mediante el fuego (OLAETXEA, 1999).*

El término procede del griego *keramos* y es la denominación común de todos los artículos de arcilla cocida (FERNÁNDEZ, 2006). Incluye no sólo todos los tipos de vasijas y terracotas, sino también determinados materiales de construcción y otros objetos de barro (GENERA, 2005).

En sentido general es el arte de la alfarería o de los objetos hechos de barro o porcelana y, en principio, es todo aquel material hecho de tierra cocida, sean cuales sean su forma, las técnicas empleadas en su hechura, la decoración, el acabado, el revestimiento y la cocción (GENERA, 2005). Tradicionalmente, un producto cerámico sería cualquier artefacto realizado a base de material terroso, que son las arcillas de granulatura muy fina (GOMES, 2002), al que manualmente se daba forma cuando estaba húmeda y que, tras secar al aire y con el empleo de fuego, perdía sus propiedades plásticas y tornaba inalterada su forma moldeada (GÜETO, 2005).

En una definición amplia, por lo tanto, se entiende por cerámica toda obra en barro cocido, a menudo decorada de alguna forma, pintada o barnizada, y que puede ser tanto vajilla como pieza decorativa o elemento de revestimiento arquitectónico (CERÁMICA, 2008). En un sentido más restringido, se refiere a un grupo de materiales en los que permanecen constantes todos o, al menos, la mayor parte de sus rasgos atributivos (HERAS, 1992).

La cerámica fue el primer material sintético descubierto por el hombre, que producido durante la cocción de la arcilla a una temperatura suficientemente alta ha cambiado sus propiedades, transformándola en una nueva sustancia que presenta muchas de las características de una piedra (RADO y GIRAL, 1990; OLAETXEA, 1999).

La elaboración de la cerámica está directamente relacionada con el entorno y con las posibilidades que el mismo puede ofrecer en cuanto a recursos naturales. Los materiales utilizados, el tiempo y las ideas creativas empleados son los medios

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

productivos. El factor sociocultural también tiene gran influencia en la determinación de las características de la producción.

El estudio del material cerámico en sus diversas fases de elaboración permite caracterizar distintas tradiciones de manufactura y abordar el significado simbólico y social inherente en cada pieza cerámica.

### 2.2. Desarrollo histórico

*...solo con el descubrimiento de que el calor cambia la arcilla en un material inalterable por el agua, podemos decir que comienza la historia de la cerámica (COOPER, 1999).*

La cerámica es el material artificial más antiguo producido por el hombre (COLOMER, 1999). Su aparición y generalización representa un paso tecnológico muy importante en su historia (ARMENTEROS ROMAN, COSTA, GIMENO, PEÑA y ROYO, 2005), que se puede considerar como una respuesta a unas necesidades básicas que comporta la supervivencia (TRACHTENBER y HYMAN, 1986), su investigación es una vía que permite demostrar su extraordinaria capacidad para crear objetos con unas funciones totalmente utilitarias, plásticamente de gran belleza por la simplicidad de formas y elementos decorativos que muestran una vez más la gran maestría manifestada en exclusiva por el ser humano, mediante sus manos, en las técnicas de combinar armónicamente, la tierra, el agua y el fuego y, romper la barrera entre el su mundo y el mundo animal (CASCUDO, 2007; MARTÍNEZ-JACQUET y SERRA, 2007).

Según algunos autores, las primeras cerámicas encontradas datan del Neolítico (CLOP, 2003; MASVIDAL FERNÁNDEZ, 2003), momento histórico en que el hombre descubre la agricultura y la domesticación de los animales pasando a constituir una economía productora y estable que le permitieron abandonar la vida nómada y pasar al sedentarismo, pero esta teoría puede haber sido precedida por antecedentes que remontan el Paleolítico Superior (LUMBREERAS, 1999). En este periodo fueron encontradas estatuillas de arcilla sin hornear que en general reproducen el cuerpo de la mujer, con el abultamiento del vientre que está relacionado con el culto de la fecundidad y con la

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

madre tierra (FILORAMO, 2001; EIROA GARCIA, 2010); después, aparecen las primeras figuras de arcilla horneada mezclada con hueso carbonizado y triturado (COOPER; 1999).

La cerámica como vasija surge para sustituir los utensilios de piedra (por su peso y dificultad de transporte) y los recipientes de cuero (por su calcinación al contacto con el fuego), creando la necesidad de un utensilio que fuera resistente al calor, donde se pudiera cocer alimentos o calentarlos (GUZMÁN PALOMINO, 2004). Por otro lado, la abundancia de materia prima en todas las regiones del mundo, la fabricación a mano y su cocción en el horno casero facilitaron la propagación de la cerámica.

*La utilización de recipientes o vasos de cerámicas inició de forma independiente en diferentes zonas y momentos. La evidencia más antigua constatada hasta ahora se ha encontrado en las cuevas de Fukui (Japón), hacia el XIII milenio BP (no calibrado) y en un contexto de grupos de economía de amplio espectro. En la zona sur-sahariana y en el valle central del Nilo las dataciones radiocarbónicas sitúan los primeros vasos cerámicos en contextos de grupos seminómadas de cazadores-recolectores con una economía de amplio espectro alrededor del X milenio BP (no calibrado). En Oriente Próximo, fue en la primera mitad del VII milenio BP (calibrado) cuando se produjo la aparición de las primeras producciones cerámicas, prácticamente dos mil años más tarde que se produjera la consolidación de las prácticas agrícolas y ganaderas y del proceso de sedentarización. En América, las fechas más antiguas corresponden al yacimiento de Taperinha (Brasil) a inicios del VII milenio (no calibrado), en grupos de cazadores-recolectores sin indicios de actividades agrarias, mientras que en Mesoamérica se produjo a mediados del V milenio (no calibrado) en el contexto de la introducción del cultivo del maíz (CLOP, 2008)<sup>4</sup>*

Aunque sea difícil precisar exactamente cuando se descubrió la cerámica, lo que parece cierto, para algunos autores, es que esta se vincula al sedentarismo, a la domesticación de animales y la agricultura (MONTROYA, 1997), pues se observa su destacado papel en estos tipos de sociedades. Con el desarrollo de la agricultura, se hicieron necesarios recipientes para almacenar el excedente de las cosechas y las semillas

---

<sup>4</sup>La utilització de recipients o vasos de ceràmica s'inicià de forma independent en diferents zones i moments. L'evidència més antiga constatada fins ara s'ha trobat a les coves de Fukui (Japó), vers el XIII mil·lenni BP (no calibrat) i en un context de grups d'economia d'ample espectre. A la zona sud-sahariana i a la vall central del Nil les datacions radiocarbòniques situen els primers vasos ceràmics en contextos de grups seminòmades de caçadors-recol·lectors amb una economia d'ample espectre al voltant del X mil·lenni BP (no calibrat). Al Pròxim Orient, va ser a la primera meitat del VII mil·lenni BP (calibrat) quan es produí l'aparició de les primeres produccions ceràmiques, pràcticament dos mil anys més tard que es produís la consolidació de les pràctiques agrícoles i ramaderes i del procés de sedentarització. A Amèrica, les dates més antigues corresponen al jaciment de Taperinha (Brasil) a inicis del VII mil·lenni (no calibrat), en grups de caçadors-recol·lectors sense indicis d'activitats agràries, mentre que a Mesoamèrica es produí a mitjan V mil·lenni (no calibrat) en el context de la introducció del conreu del blat de moro. (CLOP, 2008)



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

para las siguientes temporadas. Esos recipientes deberían ser de fácil fabricación, resistentes y impermeables.

Pero, en los últimos diez años los investigadores han encontrado ejemplos de cerámica anteriores a la agricultura, lo que ha dejado muchos estudiosos en situación muy desconcertante (GHOSH, 2012). Sin embargo, otras teorías más avanzadas afirman que las tesis anteriores no se mantienen pues, a la vista de los últimos estudios arqueológicos como las dataciones absolutas con carbono 14, los orígenes de la cerámica presenta una anterioridad de dos o tres mil años a la agricultura (SEMPERE, 2006).

Incluso, recientemente, los investigadores descubrieron en el sur de China lo que aseguran ser los restos de cerámica más antiguos jamás hallados (Figura 2.1), los fragmentos de un gran tazón encontrado en la cueva de Xianrendong, en la provincia de Jiangxi. Se calcula por los fragmentos que el tazón tenía 20cm de alto y entre 15 y 25cm de diámetro, y se cree que el tazón era utilizado para cocinar alimentos o para fermentar alcohol (GHOSH, 2012). Los investigadores creen que, sea lo que sea que los antiguos chinos entonces cocinaban, era cocido al vapor o hervido en el tazón (WU, ZHANG, GOLBERG, COHEN, PAN, ARPIN y BAR-YOSEF, 2012).

Hasta hace poco, se asumía que los tazones y recipientes de bebidas de cerámica fueron inventados después del surgimiento de la agricultura, cuando la gente empezó a quedarse en un mismo lugar durante largos periodos. Parte del razonamiento era que los artículos de cerámica son grandes y quebradizos, y por lo tanto una tecnología no muy útil para las sociedades de cazadores y recolectores que se mudaban de un lugar a otro en busca de comida. Pero, los arqueólogos responsables del hallazgo determinaron que es de hace 20.000 años (WU et al, 2012). El descubrimiento es el más reciente de una serie de hallazgos que han hecho retroceder la fecha de la invención de la cerámica 10.000 años.

Ya para otros estudiosos, la aparición de la cerámica estaría mucho más vinculada a la culinaria que a la producción agrícola (COLOMER, 1996).

Actualmente, lo más aceptado es que el origen de la cerámica no tiene por qué estar siempre relacionada con el sedentarismo, la ganadería y la agricultura, pues como decimos antes, hay estudios que fechan su origen anteriormente. Se observa, también, que existen sociedades primitivas que nunca emplearon la cerámica para cocinar sus alimentos puesto que estos eran envueltos en hojas vegetales y cocidos en hogueras en el suelo.

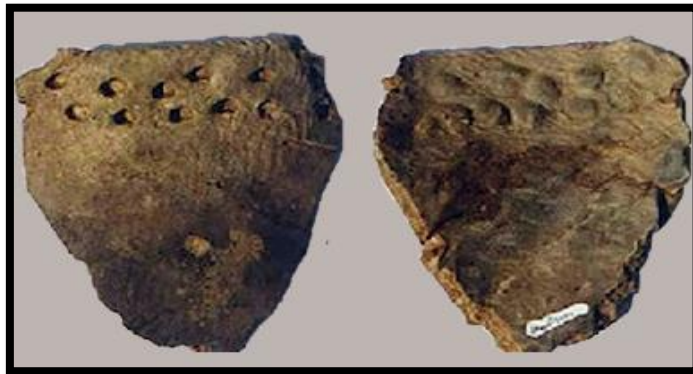
## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Investigadores de la Universidad de Harvard piensan que una razón posible para la invención de la cerámica es que hace 20.000 años, la Tierra estaba en su estado más frío en un millón de años. Y las calderas de cerámica habrían permitido a la gente extraer más nutrientes de sus alimentos al cocinarlos. En ese periodo los cazadores y recolectores estaban bajo presión para conseguir suficiente comida. Parece que en esa parte del sur de China, la cerámica se esparció entre los cazadores y recolectores en una gran región (WU et al, 2012).

Otros investigadores de la Universidad Hebrea de Jerusalén, especulan que pudiera haber habido también un impulso social para la invención de la cerámica. Para ellos "la gente se estaba congregando en grupos más grandes y se necesitaban actividades sociales para mitigar las crecientes tensiones", estos investigadores sostienen que tal vez esas piezas de cerámica eran usadas para fermentar alcohol.

**Figura 2.5** - Cerámica de 20.000 años



Fuente: WU, 2012.

El arte cerámico prosperó en casi todas las civilizaciones, reflejando en las formas y colores el ambiente y cultura de diversos pueblos.

En un principio esta cerámica fue modelada a mano, con técnicas sencillas como el pellizco y colombín y tan solo se dejaba secar al sol en los países cálidos o cerca de las hogueras en las de zonas más frías (SENTANCE, 2005). Su decoración era muy simple consistiendo en las huellas de los dedos dejadas durante su proceso de confección. Posteriormente, surgieron decoraciones con motivos geométricos, forma de vegetales, de aves o formando frisos y cenefas (COLL CONESA, 2009).

Más adelante la cerámica comenzó a decorarse con motivos geométricos mediante incisiones en la pasta seca, cada vez más complejas y perfectas. Esa complejidad de elaboración, juntamente con la aplicación de la cocción, determinó la aparición del nuevo

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

oficio de alfarero, que ha evidenciado la tecnología cerámica también como evolución o progreso social (ORTON et al, 1997).

Hay varias teorías sobre la descubierta de la cerámica (COOPER, 1999). Para algunos antropólogos, la génesis de la cerámica surgió de la costumbre de recubrir cestas de junco u otras fibras con barro y que al acercarla del fuego por accidente, se endureció y de ahí nació la cerámica. Esa teoría presupone la existencia de la cestería, lo que no ocurría en todas las culturas primitivas pues se puede ver la existencia de la cerámica sin la cestería.

Otra teoría, tal vez más aceptada por los estudiosos, es que la cerámica apareció de los hornos de las viviendas comunales paleolíticas, o sea, como resultado de la preexistencia del horno de cocción doméstico. Cabe aquí destacar que los hornos consistían en grandes piedras recubiertas de barro crudo, luego pasaron a ser exclusivamente de barro con formas parecidas a las de colmenas. El fuego era parte fundamental de la cultura de las sociedades y culturas primitivas, pues, además de proporcionar calor y luz, era utilizado para cocer los alimentos. Este era cuidado y mantenido en hoyos en el suelo que se supone que fueron recubiertos con arcilla. Cuando el fuego se extinguía había dejado una huella endurecida en el suelo arcilloso formando un recipiente rudimentario de cerámica (GÜETO, 2005).

La cerámica introdujo una nueva forma de cocinar, pues hasta entonces, se solían asar directamente los alimentos en las llamas (CALVO REBOLLAR, 2004). Con el surgimiento de un recipiente capaz de resistir al calor y contener agua, se pasó a cocer los alimentos de manera distinta (LONG, 2008).

Diferentes grupos se encuadran en el *modus vivendi* de cazador y recolector que usan objetos hechos de arcilla, por eso su uso parece haber sido desarrollado independientemente en varias partes del mundo, como fue dicho anteriormente.

La mayoría de las culturas han generado modos de concebir la cerámica particular, desarrollando estilos propios, consolidándolos y evolucionando en el sentido de practicidad y belleza característicos. Se puede situar el estado cultural de una civilización a través del estudio de los artefactos cerámicos (MONCAYO, 2009; GÜETO, 2005). Sin embargo algunos estudiosos afirman que hubo un momento en la historia que la producción de cerámica era muy semejante en todas las partes.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Uno de los primeros ejemplos de cerámica prehistórica es la llamada cerámica cardial<sup>5</sup> que surgió en la cuenca del Mediterráneo en el periodo Neolítico antiguo. La cerámica campaniforme, o de vaso campaniforme, es característica de la Edad de los Metales y, más concretamente, del Calcolítico, al igual que la cerámica de El Argar (argárica) lo es de la Edad del Bronce (Figura 2.2)

**Figura 2.2** - Cerámica Cardial/Campaniforme/Argárica



Fuente: GENERA, 2009; SEMPERE, 2006; PIEDRA, 2004.

Según algunas teorías difusionistas, los chinos fueron los primeros pueblos a elaborar utensilios de cerámica con técnicas más sofisticadas. Desde China pasó el conocimiento hacia Corea y Japón por el Oriente, y hacia el Occidente, a Persia y el norte de África hasta llegar a la Península Ibérica. En todo este recorrido, las técnicas fueron modificándose (ROLANDELLI, 2011).

En el Japón, la cerámica sufrió fuerte influencia de China y Corea, donde absorbió sus técnicas de confección. Durante el periodo Jomon surgieron diseños dinámicos que incluían nubes en la parte exterior de las vasijas (KUSAFU, 2005) (Figura 2.3). Este tipo de cerámica se solía decorar con surcos o presionando con cuerda su superficie. En el periodo Yayoi la cerámica es utilizada fundamentalmente para el almacenaje y para la cocina. Es menos decorativa que en el periodo Jomon.

---

<sup>5</sup> Debe su denominación a que estaba decorada con incisiones hechas con la concha del *cardium edule*, una especie de berberecho que es nombre común de un molusco de la familia *Cadidae*. Sus cascaras son redondeadas y simétricas, con forma de corazón se vistas del exterior.

**Figura 2.3 - Cerámica Jomon<sup>6</sup>**



Fuente: KUSAFU, 2005

En Egipto fueron hallados objetos de cerámica pertenecientes a sus más antiguas civilizaciones (Figura 1.4). De acuerdo con sus creencias religiosas, los egipcios enterraban a sus muertos con todas las pertenencias terrenales (PARRA ORTIZ, 2010). En las cámaras mortuarias se han descubierto representaciones del arte cerámico, que remontan a la IV dinastía, como también, figurillas llamadas de Ushebti y varios amuletos de fayenza. Las vasijas funerarias como los vasos canopos<sup>7</sup> (SENTANCE, 2005) y la copa con forma de flor de loto abierta, que presentaban sencillas decoraciones y algún jeroglífico inciso o pintado, fueron los objetos cerámicos más utilizados. Generalmente estaban esmaltados en colores verde y azul mediante el uso de óxido de cobalto. Sin embargo, para algunos autores la cerámica egipcia no logró alcanzar la perfección y elegancia de la cerámica griega pues los vasos de lujo eran hechos en oro o alabastro (MONCAYO, 2009).

---

<sup>6</sup>Pote de cerámica Jomon, elaborado entre el 2000 y 3000 A.C. La fuerza y la energía de las antiguas culturas reviven en los fantasiosos diseños de su superficie. Fue descubierto por los arqueólogos en la Prefectura de Niigata. Cuenta con 32,5 cm de altura. Propiedad del Museo Nacional de Tokio (KUSAFU, 2005).

<sup>7</sup>Cuatro vasos, con cabeza de hombre, de cinocéfalos, de halcón y de chacal. Contenían las vísceras del difunto, que se confiaban a las cuatro entidades protectoras que representaban estos vasos. (SENTANCE, 2004; VÁZQUEZ HOYS, 2006).

**Figura 2.4 - Cerámica egipcia<sup>8</sup>**



Fuente: MONTOYA, 1997

En Mesopotamia la cerámica comienza a desarrollarse en el Neolítico, donde se puede destacar cuatro periodos: Hassuna, Samarra, Halaf y Ubaid (ROUX, 1987; COOPER, 1999) (Figura 2.5).

La cerámica Hassuna ha sido dividida en dos categorías, llamadas de arcaica y standard. La primera está caracterizada por vasijas redondeadas o piriformes, sin decoración o con una decoración muy simple, bruñidas y pintadas. La cerámica standard tiene las mismas formas y decoración muy similar pero más amplia, la pintura es más espesa y una factura más hábil.

En el periodo Samarra encontramos cerámicas con decoración pintada en lugar de incisa y sus dibujos también geométricos y sencillos eran pintados con pigmento rojo, o marrón púrpúreo sobre un engobe crema mate. Más tarde fueron incorporados motivos naturales estilizados, de figuras humanas y animales (COOPER, 1999).

El Halaf se caracteriza por dos desarrollos tecnológicos que influenciaron la manufactura de cerámica y culminaron en una de las cerámicas más ricas del Oriente Cercano. El primer hecho fue el progreso de los hornos que posibilitaban la cocción de vasijas con decoración pintada de manera que conservaban sus colores limpios. El segundo avance fue el desarrollo del vidriado para la cerámica. Los ceramistas recubrían las superficies de las cerámicas con minerales pulverizados de cobre y que siendo

---

<sup>8</sup>Vaso predinástico, Egipto. Museo Arqueológico Nacional.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

calentados se fundían y formaban un vidrio simple. La cerámica es más variada y compleja, la arcilla preparada con más cuidado y las vasijas cocidas en el horno, que ahora alcanzaba una temperatura alta, lo que las hacían más duras y más fuertes. Con gran diversidad de formas, las vasijas se pintaban con pigmentos rojo y negro antes de cocerse. Los dibujos incluían figuras geométricas y motivos florales y naturales que a menudo se desarrollaban en modelos completamente esquemáticos.

Durante el periodo Obeid, Summer, la cabecera del Golfo Pérsico, se transformó en la primera ciudad y principal centro de cerámica (FILOMANO, 2001). La piedra era rara y se hicieron ladrillos para construir las ciudades. Fue durante ese periodo que se desarrolló el eje y más tarde se adaptó para utilizarlo en el torno de alfarero, permitiendo mayores velocidades y una acción más uniforme. Los perfeccionamientos siguieron en los diseños de los hornos y los primeros hornos excavados proceden de este periodo. Estas dos innovaciones, la rueda lenta y el horno, cambiaron toda la naturaleza de la cerámica. La cerámica de este periodo tiene un color verde oliva pálido característico; las formas son más uniformes que anteriormente, y su manufactura se desarrolló en un área más amplia. Con la intercomunicación en el Cercano Oriente, se desarrolló la distribución de las técnicas, así como de la cerámica misma. La decoración a pincel se hizo mucho más fluida y viva y los dibujos se hicieron más complicados.

**Figura 2.6** - Cerámica mesopotámica<sup>9</sup>



Fuente: READE.1998

Ya en Uruk, en sur de Mesopotamia, alrededor de 3500–2800 a.C., se desarrolló un estilo de cerámica pintada, en la cual llevaban a cabo dibujos complicados en negro, rojo y marrón, de modelos ornamentales que incluían motivos geométricos y naturalistas

---

<sup>9</sup> Plato de cerámica de estilo Ubaid. Procedente de Ur. Hacia el 4000 a C.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

estilizados. En el norte las vasijas fueron decoradas con animales pintados de un solo color o con motivos geométricos ornamentales incisos (MARCO y SANTOS, 1980). Se encuentra también, en los grandes templos de Uruk, mosaicos hechos con conos de arcilla (Figura 2.6).

**Figura 2.6** - Mosaico de conos de arcilla<sup>10</sup>



Fuente: BLANCAS, CORREDOR y ESPEJO, 2015.

En Grecia, la cultura griega clásica como se entiende emergió alrededor del 1000 a.C. La religión, la comunidad y las artes estaban estrechamente ligadas. El arte estaba entrelazado con la vida cotidiana, no siendo exclusivo de los ricos. Y la cerámica fue considerada de la misma manera. La cerámica pintada era contemplada como cualquier otra forma de arte y fue utilizada en varias ocasiones para monumentos funerarios y como premios en los triunfos atléticos (SENTANCE, 2005; HIDALGO DE LA VEGA, ABENGOCHEA y HERVÁS, 2008). Se hizo poca cerámica para ser expuesta; la mayoría tenía una función específica. La cerámica sin decorar constituía probablemente la mayor parte de la producción total, pero no siendo tan apreciada no ha perdurado en la misma proporción. La mayor parte de la cerámica sin decorar, para uso doméstico, se confeccionó localmente, mientras que la cerámica pintada se realizó en dos centros especiales: Corinto y Atenas. Las vasijas se decoraban para hacerlas atractivas, casi hasta convertirlas en obras de arte (GÓMEZ ESPELOSIN, 2001). Sus pinturas reflejaban la cultura y tradición de las sociedades griegas y por eso son una fuente vital para conocer la historia de los griegos. Las vasijas griegas tienen dos características únicas: la forma y la decoración (COOPER, 1999). Las formas eran diseñadas y hechas con precisión,

---

<sup>10</sup> Decoración parietal. Templo de Eanna, Uruk. 3.500 a.C. Pergamo Museum, Berlin.



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

utilizando perfiles frágiles y limpios que debían mucho al trabajo de los metales. La pintura decorativa de la superficie era diestra, artística y técnica y estaba estrechamente relacionada con la cultura griega contemporánea. Todas las pinturas se refieren a incidentes concretos, o cuentan una historia y utilizan un sistema complicado de referencia a los dioses masculinos y femeninos, que debían pertenecer al ámbito cotidiano griego (CARVALHO MAGALHAES, 2005).

La pintura de cerámica se utilizó tempranamente por los micenos, pero fue desarrollada por los griegos hasta un nuevo nivel de perfección, a mediados o finales del siglo VI a.C. Las vasijas se clasifican en cuatro estilos, basados en las técnicas decorativas utilizadas, correspondiendo a cuatro periodos cronológicos aproximados: protogeométrico, geométrico (Figura 2.7), de figuras negras y de figuras rojas (FLEMING y HONOUR, 2004).

Todas las formas principales de las vasijas de la cultura griega se desarrollaron tempranamente, siguiendo una evolución de las formas minoicas, micénicas y dóricas. La mayoría de las formas básicas estaban destinadas a contener líquidos de algún tipo. Predominaban los recipientes para vino y agua, pero también se hicieron pequeños recipientes para aceites y perfumes.

**Figura 2.7** -Cerámica estilo geométrico<sup>11</sup>.



Fuente: BARREIROS, 2011.

Para algunos estudiosos la cerámica romana no alcanzó unos cánones de belleza tales como la producida por los griegos, si bien es cierto que producían vasijas para una

---

<sup>11</sup> Vaso ático 740 a.C. Staatliche Antikensammlungen de Múnich.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

sociedad de clases muy diferentes y con distintas necesidades. Los romanos estaban más volcados en el conocimiento técnico, la ingeniería y la construcción y esperaban extender sus avances tecnológicos y su sistema de gobierno ordenado a través de su Imperio. Los métodos de producción tendían a ser rápidos y eficaces, para suplir las cantidades crecientes y efectivos de manera que las técnicas de producción pudiesen utilizarse en distintas partes del Imperio. Así era más fácil hacer las vasijas *in situ* antes que transportarlas, por eso ubicaron los centros de producción cerámica cerca de los campamentos de las legiones y también cerca de las rutas comerciales, extendiendo las manufacturas romanas por toda Europa (CARRASCOSA MOLINER, 2007).

Desarrollaron una serie de vasijas, con una superficie roja brillante, que llamaron de cerámica de brillo rojo. Algunas se decoraban y otras no. Se hicieron también otros estilos.

La técnica de fabricación de las cerámicas de brillo rojo, los romanos aprendieron de los griegos como emplear un álcali para obtener una pasta de partículas finas. Las cerámicas hechas con esa arcilla reciben distintos nombres (Sámica, Terra Sigilata) pero en general las vasijas reciben la denominación de cerámica de brillo rojo (MONTESINOS i MARTÍNEZ, 2004). Esta técnica consistía en hacer un molde hueco en arcilla de una vasija torneada en cuyo interior se había impreso un dibujo. La decoración con motivos florales, copiados de la vasija de metal griega, aparecía en relieve sobre la superficie del cuenco que, a menudo, se añadía un pie o un borde.

Este tipo de cerámica de brillo rojo se confeccionaron también lisa sin decoración, creada para rivalizar con las vasijas metálicas más apreciadas en esta época. Se puede encontrar comúnmente platos planos, copas con paredes inclinadas, cuencos y otras vasijas de uso doméstico.

Las cerámicas arrentinas fueron las más famosas cerámicas romanas de brillo rojo, pues lograron alcanzar un acabado muy fino y de gran belleza. Las primeras cerámicas arrentinas indicaban que fueron hechas por ceramistas griegos, pues las vasijas presentaban un color negro característico de la técnica de reducción griega (CARRASCOSA MOLINER, 2007). Posteriormente las vasijas se cocían por un proceso más sencillo y más rápido, adquiriendo un color rojo. La decoración se basaba en figuras de origen helenístico con sátiros y faunos, además de coronas de laurel, flores y frutas, pájaros y cupidos.

El vidriado de plomo fue utilizado anteriormente por los egipcios y mesopotámicos, pero por ser una técnica de complicada manufactura y difícil control de la cocción, no

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

cuadraba bien con la forma de vida de los romanos. Esta técnica viajó por Italia y Germania, aunque su uso no se extendió ampliamente. Con la caída del Imperio Romano gran parte de su tecnología se perdió, pero el vidriado al plomo de las cerámicas de Bizancio continuó utilizándose y asentaría las bases para posteriores desarrollos en Europa (AGUADO VILLALBA, 1983).

Se produjeron una gran cantidad de vasijas de uso doméstico que se hacían con arcillas locales cocidas sin recubrimiento de engobe ni vidrio y sin gran refinamiento técnico. Este tipo de cerámica fue denominada cerámica Basta pues eran los recipientes de uso diario para la mayoría de la población, menos privilegiada del Imperio Romano.

La producción de cerámica romana estaba bien organizada y se introdujo el conocimiento técnico por todo el Imperio. Los romanos requerían gran cantidad de vasijas para sus necesidades y por eso desarrollaron una técnica de producción en masa que precedió muchos de los métodos utilizados por nosotros en las industrias actuales (ESCARPA, 2000) (Figura 2.8).

**Figura 2.8** - Cerámica romana<sup>12</sup>



Fuente: SEMPERE, 2006.

### 2.2.1. La cerámica en la Península Ibérica

Con la decadencia del Imperio Romano, los visigodos invadieron España al comienzo del siglo VI d.C., estableciendo un reino que duró hasta la invasión musulmana en 711 d.C. Situaron su capital en Toledo, en el centro de España. Las consecuencias sobre la producción cerámica fueron que con la caída del Imperio Romano y el surgimiento del Reino Visigodo, terminó la tradición de la industria de cerámica decorada,

---

<sup>12</sup> Conjunto de piezas terra sigillata. Siglo I- III d. C.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

hasta entonces prácticamente centrada en producciones de barniz rojo de la Terra Sigillata Hispánica Tardía y algunas primeras vidriadas.

*Sin embargo, el hecho más llamativo en la cerámica del momento es el decaimiento generalizado de la técnica a nivel local por desaparición de los talleres especializados y el surgimiento de cerámica realizada a mano o a torneta. Esta cerámica pertenece a la esfera productiva que autores como Peacock, estudioso de los sistemas de producción de la cerámica romana, definen como "industria doméstica..." (COLL CONESA, 2009).*

En los siglos VI y VII, predominan cerámicas toscas hechas a mano o torno lento, con poca variedad tipológica donde se encuentra principalmente cazuelas, ollas y lebrillos. Las pastas cerámicas son variadas con una abundancia de desgrasantes. La decoración centrarse en la difusión de símbolos cristianos como palomas, crismones, etc.

Con la invasión de los musulmanes tuvo inicio un nuevo período cultural donde se ve el establecimiento del Califato de Córdoba en 756 d.C., y la transformación de la región en el centro intelectual del Occidente durante el período Omeya (756-1031 d.C.). Considerado como la Edad del Oro del dominio musulmán, ese periodo empieza una fase de intercambio de estudiantes cristianos venidos de Italia e Francia para conocer las nuevas ideas del Islán y estudiar el idioma árabe (MOLÉNAT, 2013). La cerámica ha tenido un gran desarrollo creando un nuevo estilo que se extendió a través de Europa.

Al nivel de la cerámica, fueron Málaga y Sevilla las pioneras en el arte de producción, pero también fueron centros muy importantes Toledo, Manises y Muel (HUERTA, 2007).

Por supuesto, en los primeros siglos las formas y dibujos de las vasijas denotaban claramente la influencia islámica. Los dibujos se llevaban a cabo utilizando en general dos tonos de azul, sobre un fondo blanco, pintados sobre el vidriado en verde y acabados con lustre de cobre y oro. Se usó la escritura cúfica como decoración, así como los dibujos de follaje de gran complejidad (Figura 2.9). Los dibujos geométricos se tornaron populares y a veces empleaban también la llamada técnica de cuerda seca<sup>13</sup> (SUARÉZ SOSA, 2007).

---

<sup>13</sup>Expresión que se refiere a las líneas de manganeso utilizadas para separar los vidrios de colores sobre el barro jugueteado. SUARÉZ SOSA, 2007.

Figura 2.9 - Cerámica con decoración epigráfica<sup>14</sup>



Fuente: GÓMEZ, 2012

Otra influencia de los musulmanes fue que ellos enseñaron a los ibéricos a hacer un tipo de cerámica con más dureza y menos plasticidad, la *chamota*. Esta técnica reutiliza los trozos de arcilla ya cocidos, picándolos bien y mezclándolos a la arcilla fresca, haciéndola más manejable para poderla transformar en bellos cacharros. Un buen ejemplo son las terracotas, muy conocidas en el Mediterráneo, por su intenso color de barro rojizo (HUERTA, 2007).

Hasta aquel momento, las lozas de barro eran vidriadas empleando el plomo. Estos vidriados eran traslúcidos, pero con la adición de minerales, tales como manganeso-pardo o cobre-verde, se tornó posible pintar diseños en un vidrio de plomo, lo que antes era imposible pues los pigmentos no se fijaban (CERÁMICA Y CULTURA, 2003). Pero, esto no bastaba, pues a partir del siglo VIII la aparición y dominio de la porcelana china generó en Europa gran admiración y demanda. Desde Europa y Oriente se deseaba emular los efectos de estos acabados, basados en un fondo blanco sobre el que se aplicaba una decoración generalmente en cobalto (SENTANCE, 2005).

Desde el califato abásida de Bagdad (750-936) se estableció un comercio con China, que permitió la llegada de las primeras porcelanas opacas. Esta porcelana alcanza fama y una gran demanda entre la nobleza europea. El refinamiento de las labores chinas generó un nuevo gusto que influyó las artes y artesanías en general (Figura 2.10). Los

---

<sup>14</sup>Ataifor con epígrafe *al-mulk* (el poder). Siglo XI.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

alfareros realizaron inúmeros intentos de emular aquellas cerámicas de cuerpos blancos y apariencia casi vítrea, pero no la lograron por la falta de la materia prima principal que es el caolín. Para conseguir el efecto de la porcelana china, los alfareros recurrieron a técnicas de imitación. Muchos siglos después son descubiertos algunos depósitos de caolín en Francia, Alemania y posteriormente en Gran Bretaña que fornecieron materia prima para casi toda Europa (LÓPEZ-COLMENAR, 1992).

**Figura 2.10** - Porcelana china<sup>15</sup>



Fuente: Museo Oriental-Valladolid, 2015.

Descubrieron, en el siglo IX, que al añadir óxido de estaño al vidriado de plomo, este crearía una superficie blanca opaca que recubría el color del barro y servía para pintarse. La presencia del estaño en el vidriado hace con que el esmalte no corra y se torne borroso cuando la pieza es cocinada en el horno. La calidad de opacidad es una característica de la cerámica llamada mayólica (CERÁMICA Y CULTURA, 2003).

El barro cocido vidriado al estaño, comenzó a conocerse como "Mayólica" en el siglo XV (Figura 2.11). El nombre deriva de la cerámica estannífera importada de España en barcos mallorquines, que inspiró a los italianos a desarrollar un estilo decorativo de gran elegancia (TAZZER, 2014). Esta cerámica se caracteriza por tener gran calidad,

---

<sup>15</sup>Jarrón "Hu". Porcelana azul y blanco. Dinastía Ming (1368-1644).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

finura y por su decoración a partir de diferentes óxidos metálicos que resultan en colores como el azul, el amarillo anaranjado, el naranja, el morado-negro y el verde esmeralda (MARTÍNEZ CAVIRÓ, 1984).

**Figura 2.11** - Cerámica mayólica<sup>16</sup>



Fuente: Museo Boymans Van Beuningen, 2015.

Los cambios políticos marcaron, por supuestos, los cambios de estilos cerámicos. Valencia fue definitivamente reconquistada a los musulmanes en 1238 y quedó bajo la influencia de la Iglesia Católica y del estilo gótico. Manises, cerca de Valencia, se convirtió en el primer centro de producción en el siglo XV y fue considerado el siglo de oro de la cerámica valenciana. La técnica y la estética partieron de la herencia musulmana y los alfareros, influidos por el arte cristiano, adquirieron personalidad propia (NEVADO, 2011; IRWIN, 2008). La influencia gótica es visible en la ornamentación más naturalista, el uso de divisas heráldicas y escudos, de inscripciones de origen cristiano en escritura gótica entendible; la influencia musulmana es evidente en el tratamiento de la ornamentación y los dibujos intrincados de plantas, follaje y animales, pero raramente se ve la figura humana, tabú en la visión religiosa islámica. A ésta mezcla de emblemas góticos y musulmanes resultó en un estilo propio, llamado *mudéjar* (Figura 2.12).

<sup>16</sup>Plato de uso domestico con 30,0 cm de diámetro de Francesco Xanto Avelli. Procedencia – Urbino en Italia.



Figura 2.12 -Cerámica Hispano-morisca<sup>17</sup>



Fuente: WALSH, 1997.

Pero, tras la unificación de la España, la aparición de un extenso mercado y el término de las leyes musulmanas, (que prohibía el uso de metales preciosos), la cerámica de lustre perdió su atractividad exótica y se quedó fuera de moda, reemplazada por el vidriado importado de Venecia, la porcelana china y el trabajo de metal fino (COLL CONESA, 2009). Otro factor importante es que con la expulsión de los moros en el siglo XVII ocurre una gran decadencia en el sector alfarero, que se extiende por toda España hasta la entrada de la dinastía de los Borbones que, con sus gustos más refinados, miran a Francia e intentan simular sus porcelanas (HUERTA, 2007).

De toda la producción cerámica española, tal vez la más notable y famosa dentro y fuera del país fue la de Talavera de la Reina, la cual tomó distinta dirección, bajo la influencia de la estética del Renacimiento (Figura 2.13). Caracterizado por el vidriado blanco lechoso dibujado con figuras azul oscuro de aves cantoras, ciervos, conejos y garzas, encerradas en orlas de follajes y zarcillos, pintados en vasijas y azulejos decorativos, se decía mismo que la cerámica de Talavera estimulaba el apetito, porque mejoraba el sabor de los alimentos con su pureza brillante. Alcanzó, su apogeo los siglos XVI y XVIII (TAZZER, 2014).

Pero, a finales del siglo XVIII, la cerámica de Talavera se vio desplazada por la producción de la Real Fábrica de Alcora, impulsada por el IX Conde de Aranda y la competencia valenciana que ofrecía loza y porcelana de mejores pastas, cubiertas estanníferas más finas y decoraciones en consonancia con el borbónico gusto francés. El

---

<sup>17</sup>Plato hondo hispano-morisco, mediados del siglo XV, región de Valencia, Manises, España, Europa, cerámica con vidriado estannífero con brillo de cobre, 19 1/2 pulgadas de diámetro (Museo J. Paul Getty, 85.DE.441)



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

estilo castellano religioso y austero de la cerámica talaverana llegaba al fin (MORENO, 1999). Otro factor crucial es:

*La falta de evolución técnica en momentos coyunturales de la azulejería producida en Talavera de la Reina (Toledo) – en general del conjunto de su cerámica – estuvo marcada en gran medida por el aferramiento ciego de los alfareros y ceramistas a los sistemas de producción tradicionales. Así sucedería a inicios del siglo XVIII, cuando, frente a los pre-industriales sistemas técnicos y más racionales métodos de organización del trabajo que suponían fábricas como la de Alcora, Talavera se ancla en su tradición y en el proteccionismo de sus ya bien conocidos pero obsoletos sistemas de producción; hecho que, dentro de un proceso en el convergerían otros factores, llevaría a la desaparición de la producción de azulejos en los alfares talaveranos (MORENO, 2008).*

**Figura 2.13**–Cerámica talaverana<sup>18</sup>



Fuente: NEVADO, 2011.

Otra influencia que ha contribuido para todo eso fue que durante los últimos años del siglo XVII e inicios del siglo XVIII, la vigorosa influencia de Luis XIV de Francia, llamado “el Rey Sol”, desarrolló una serie de acontecimientos históricos que indujeron a un cambio general en toda la sociedad europea. Por supuesto, ellos han provocado una nueva corriente estética basada en el gusto por el lujo y la ostentación, lo que trajo aumento del consumo en las clases más altas de la sociedad y demanda aumentada de

---

<sup>18</sup> De principios del siglo XVIII. Pertenece a la cerámica polícroma y dentro de ella a la serie denominada de Flor de Patata.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

tapices, orfebrería y cerámica en general al fin de exhibirse el prestigio de quienes los poseían. Al mismo tiempo, se inició un atractivo especial por la porcelana china (CABEZAS, 2014).

En el siglo XIX, la destrucción de los alfares y fábricas talaveranos por las fuerzas napoleónicas entre 1810 y 1812 inició un largo periodo de decadencia, hasta 1849, cuando Juan Niveiro Paje funda el alfar del Carmen, empezando la recuperación de la cerámica talaverana.

Se trajeron artistas de Francia, y ellos, llegados en el mismo momento de su fundación, trajeron a la fábrica los elementos ornamentales típicos del estilo Luis XIV, produciendo un trabajo muy llamativo por sus formas extravagantes, ambiciosas y grandiosas, en estilo barroco y rococó, producidas en escala industrial y no más artesanal, cuyo colmo se sitúa entre 1742 y 1798. Tamaño buen suceso motivó el rey Carlos III a creación de la Real Fábrica del Buen Retiro en 1767 (Figura 2.14).

Pero, la destrucción traída por las invasiones napoleónicas trajo una decadencia generalizada en la calidad y producción de cerámica en España. La icónica Real Fábrica de Alcora, tras largas decadencia, cerró sus actividades en 1895.

Asimismo, tras este infeliz período, nuevas fábricas fueron creadas y, lento pero seguro, la cerámica española empezó a renacer.

**Figura 2.14** – Placa cerámica de La Real Fábrica de Loza de Alcora<sup>19</sup>



Fuente: Museo Nacional de Cerámica Artes Suntuarias González Martí.

<sup>19</sup> Placa de cerámica funeraria de frontispicio de nicho del difunto D<sup>o</sup>. Christobal Jimenez. Con cubierta estannífera presenta como decoración un escudo en el lateral superior y una leyenda. Principios del siglo XIX.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

En Portugal, influenciado por el arte del azulejo, implementado por los moros en España, a partir del siglo XVI este se ha transformado en expresión de su cultura nacional. Los azulejos eran producidos en formato cuadrangular y utilizados como alicatados de edificios públicos, privados y religiosos. Principalmente para decoración de ambientes internos (GÓES, 2014).

En el siglo XVII el arte de azulejar alcanza paredes monumentales, son policromados, de cerámica y son ornamentados según el gusto e la época. En ese periodo los frontales de altares de azulejos se inspira en grabados textiles con fantásticas flores y animales exóticos. Influenciado por la porcelana china pintada de azul, que cambió el gusto en Europa, surgen pedidos de retablos de azulejos azules, de lozas vidriadas para iglesias y palacios portugueses en los talleres neerlandeses.

Además de los trabajos monumentales en azulejos, se crearon a parte piezas con decoración propia, o bien azulejos sueltos que podrían crear una decoración cuando unidos. En el siglo XVIII el azul se tornó un color monótono, lo que causó una interrupción de las pinturas azules de los azulejos (Figura 2.15).

En la segunda mitad del siglo XVIII, el primer ministro de D. Jose I de Portugal, el Marqués de Pombal, implantó un programa de industrialización manufacturera con la creación de la Real Fábrica de Cerámica del Ratón, teniendo por finalidad la reconstrucción de la ciudad de Lisboa, destruida por el terremoto de 1755 (RIVAS MERCURY, COSTA PEREIRA, VASCONCELOS, CABRAL y ANGÉLICA, 2010). En esta fábrica el padrón de los azulejos fue simplificado, siendo producido en serie, lo que dejaba el precio más accesible. Este período es llamado de pombalino. Entre los años de 1767 y 1810 fueron creadas 56 fábricas de cerámica en todo el territorio de Portugal. En ese contexto fueron llevadas a cabo profundos cambios que mejoraron la calidad de las cerámicas portuguesas. La contratación de técnicos extranjeros, la adopción y renovación de modelos de producción, la compra de nuevas máquinas y concesión de privilegios comerciales tales como exención de impuestos, contribuyeron para este cambio (JOLIET, 2006).

Las crisis política y económica del principio del siglo XIX, llevaron a segundo plano la producción de azulejos. Sin embargo, en la segunda mitad de este siglo, grandes contratos con Brasil reanimaron los trabajos en las manufacturas de azulejos reafirmando para Portugal la importancia de este arte.

Figura 2.15 – Alicatado portugués<sup>20</sup>



Fuente: JOLIET, 2006

Del calor del sol hasta los hornos actuales, utilizados para tornar las piezas cerámicas más firmes, la historia de la cerámica estuvo presente auxiliando en la vida cotidiana. De la Era Neolítica hasta la actualidad, los artistas alfareros continúan, con sus dedos ágiles, transformando las arcillas brutas en utilitarios pero también en objeto de expresión artística.

### 2.3. Pasta cerámica

La principal fuente de materia prima para la producción de pastas cerámicas es la arcilla. Conviene precisar en este punto que existen varias definiciones para el término "arcilla" en función de la formación profesional, técnica o científica de los que a ella se dedican: ceramistas, sedimentologistas, petrologistas, mineralogistas, geólogos, químicos, etc.

Para el ceramista es un material natural que, una vez mezclado con agua en cantidad adecuada, se convierte en una pasta donde él puede plasmar y materializar su creación (GOMES, 1988).

En el mundo científico, sin embargo, existe cierta confusión, pues en la literatura científica coexisten los términos "minerales de la arcilla" y "arcilla". El primero es un término mineralógico referido a parte de una familia, la de los filosilicatos, constituida por aluminosilicatos hidratados que contienen cantidades apreciables de Mg, K, Ca, Na y Fe y, a veces, iones menos comunes como Ti, Mn o Li; a pesar de su variada composición

---

<sup>20</sup>Basílica Virgen del Prado Talavera.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

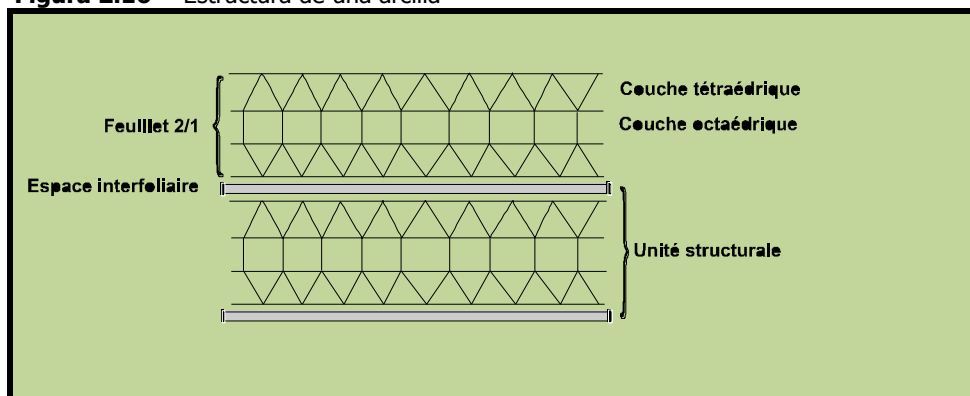
química, se pueden reunir en sólo unos pocos grupos mayores: esmectitas, micas, caolin, talco, cloritas, vermiculitas, fibrosos e interestratificados. La palabra "arcilla", por su parte, hace referencia a materiales naturales compuestos de minerales de grano muy fino, dotados de una cierta plasticidad cuando se le añade agua, y que se endurecen al secarse; por tanto, afecta a todas las partículas de pequeño tamaño, normalmente inferior a 2  $\mu\text{m}$ , que se encuentran en suelos o sedimentos, incluyendo, además de los filosilicatos citados anteriormente, otros minerales y/o productos orgánicos, como cuarzo y feldespatos (comúnmente llamados desgrasantes en la industria cerámica), carbonatos, sulfatos, óxidos de Fe y/o Al, humus, etc.

Estos desgrasantes pueden tener un origen primario, o sea, estar presentes de forma natural en la pasta de la arcilla, o secundario, si son añadidos intencionalmente con objeto de obtener unas características físicas determinadas. Por tanto, los añadidos modificarán la composición química de la pasta cerámica.

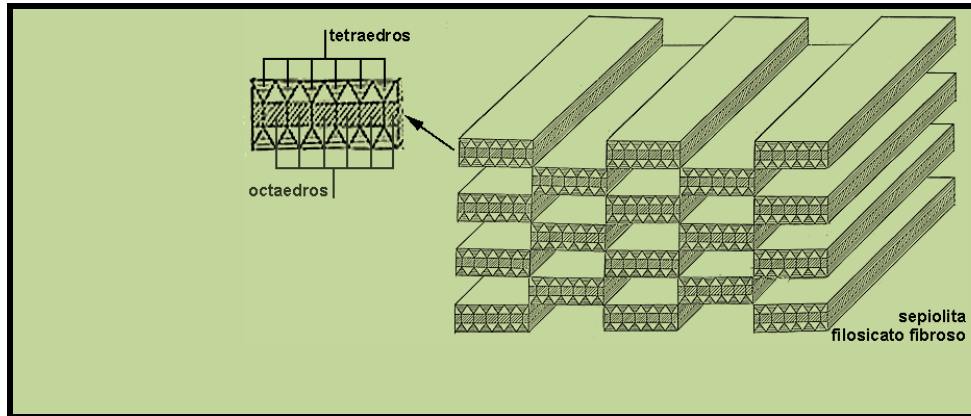
### 2.3.1. Los minerales de la arcilla

Los minerales de la arcilla son silicatos de tamaño inferior a 2 micras, y se incluyen en el grupo denominado "filosilicatos". Están constituidos por apilamientos de capas, a su vez formadas por las llamadas "capa tetraédrica", "capa octaédrica" e "intercapa". La estructura simplificada es la siguiente (Figura 2.16).

Figura 2.16 - Estructura de una arcilla



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



Fuente: Edafología UGR.

Según el número de capas octaédricas y tetraédricas, se distinguen tres grupos principales de minerales: (1) minerales tipo 1:1, con una capa tetraédrica y una capa octaédrica (T-O); (2) minerales tipo 2:1, con una capa octaédrica entre dos capas tetraédricas (T-O-T); y (3) minerales tipo 2:1:1, con una capa octaédrica entre dos capas tetraédricas, y una intercapa formada por una capa de coordinación octaédrica (T-O-T-O).

El armazón de las arcillas está constituido por átomos de oxígeno, que dan lugar a cavidades tetraédricas y octaédricas. El centro de las primeras está ocupado esencialmente por átomos de Si y/o Al, en tanto que el de las segundas se ocupa por varios tipos de cationes, entre los que destacan el  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Ti^{4+}$   $Co^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$  y  $Li^{+}$ , siendo todos ellos sustituibles entre sí.

La celdilla unidad de las arcillas contiene 6 cavidades octaédricas. Dado que la carga de esta celdilla es eléctricamente neutra, todas las cavidades octaédricas no están siempre ocupadas. La suma de las cargas catiónicas en la capa octaédrica es igual a 6 para media celdilla, si bien, en realidad está comprendida entre 5 y 7 en las arcillas 2:1. La suma de cargas en la capa octaédrica depende de la naturaleza del catión y, por tanto, de su valencia. El número de cationes que ocupan los huecos debe respetar el límite de cargas: media celdilla contiene dos átomos trivalentes o tres átomos divalentes y, por tanto, los filossilicatos se clasifican en dos categorías: dioctaédricos y trioctaédricos.

En realidad, en las arcillas existen sustituciones de átomos divalentes por trivalentes, y viceversa. Las arcillas de tipo 1:1 permiten muy pocas sustituciones de Al o de Si, mientras que las de tipo 2:1, con excepción de la pirofilita, exhiben frecuentes sustituciones, tanto en la capa octaédrica como en la tetraédrica. Estas sustituciones se encuadran dentro de ciertos límites.

Los grupos principales de minerales de la arcilla de interés en cerámica son los siguientes:



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### A. Grupo de la caolinita

Los minerales del grupo del caolín son filosilicatos dioctaédricos, con una estructura 1:1, y presentan típicamente un muy pequeño tamaño de partícula (de media en un cristal de caolinita entran 40-50 capas estructurales). Las principales especies son caolinita, dickita, nacrita y haloisita. Muestran una gran uniformidad química.

Composicionalmente son silicatos de aluminio hidratados formados esencialmente por la alteración de feldespatos y otros silicatos de aluminio (VELHO, 1998, GOMES, 1990). El nombre deriva del chino *kao* (alta) y *ling* (colina), que indicaba el lugar donde fue encontrada por primera vez este tipo de arcilla (provincia de Kiangsi, cerca de Jauchu Fa, China).

Es una arcilla de color blanco o casi blanco y se utiliza esencialmente en la fabricación de porcelanas, para lo cual se lava previamente el producto original con objeto de eliminar en lo posible las impurezas derivadas de la roca madre (GÜETO, 2005). Conserva su color blanco después del secado y cocción.

Sus aplicaciones son variadas, empleándose en la fabricación de papel, productos refractarios, cerámica, vidrio, pinturas, plásticos, agroquímicos, industria farmacéutica, cosméticos, construcción, material eléctrico, caucho, metales y química.

### B. Grupo de la mica (incluyendo illita)

Los minerales del grupo de la mica e illita son los más frecuentes en las arcillas. Consisten en láminas 2:1 en las que las sustituciones de Si por Al originan cargas negativas que se compensan con una serie de cationes interlaminares, que a su vez enlazan las láminas entre sí.

Su aparición es común en sedimentos, suelos y rocas metamórficas, y se utilizan mayoritariamente para la fabricación de materiales de construcción y agregados.

### C. Grupo de las esmectitas (bentonitas)

El nombre "bentonita" se aplica en el mundo comercial a las arcillas del grupo de las esmectitas, cuyo tamaño de partícula es normalmente inferior a 2 micras.

En función de su estructura (di o trioctaédricas), composición (Al, Mg, Fe, etc en la capa octaédrica), tipo de sustitución (en la capa tetraédrica y/o octaédrica) y naturaleza del catión de cambio de la intercapa, existen diversos tipos de esmectitas (y, por tanto, de bentonitas), resultando en propiedades, características y aplicaciones posibles diferentes. Las esmectitas más comunes son la montmorillonita y beidelita (Al), la

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

nontronita (Fe), y la saponita y estevensita (Mg). En función del catión más abundante en la intercapa, a estos nombres se les añade un sufijo. Los cationes más frecuentes son el calcio, el sodio y el potasio.

El hierro suele estar presente en la capa octaédrica en todas ellas, aunque sea en bajas proporciones, y colorea a la esmectita. Existen, no obstante, bentonita blancas, que darán un mejor color en reducción que en la oxidación cuando se emplea en cuerpos de porcelana (VELHO, 1998).

En la fabricación de cerámica blancas es importante conocer que la adición de pequeñas cantidades de bentonita modifica substancialmente sus propiedades (GOMES, 1990), dado que al ser una arcilla expansiva tiene tendencia a fracturar el producto final durante los procesos de cocción y enfriado. Por ese motivo no conviene trabajarla sola o como materia predominante de una masa.

Tienen propiedades de absorción y adsorción que las hacen valiosas para ciertos usos industriales. Son de color gris, gris verdoso, blanco, amarillo, verde amarillento, rosa hasta pardo. Son utilizadas para preparación de lodos de perforación para pozos petrolíferos; como sellante de canales; en metalurgia, para la preparación de moldes; para decoloración de aceites; en la industria del papel y de la goma; en cosmética y en medicina.

### D. Grupo de las cloritas

El término clorita procede del griego *chloros*, que significa *verde*, en alusión al color predominante en todos los minerales de este grupo. Son filosilicatos 2:1:1, que pueden aparecer como cristales macroscópicos, con morfología laminar, pseudo-hexagonal o bien en partículas de tamaño arcilla. Su origen es muy variado: a partir de la alteración de silicatos ferromagnesianos, como la biotita, augita u hornblenda, o formarse durante el metamorfismo de bajo grado. Se utilizan para fabricar cubiertas de relojes y cristales.

### E. Grupo de la vermiculita

Se trata de filosilicatos 2:1 trioctaédricos y con frecuencia forman cristales macroscópicos. Las sustituciones isomórficas crean un déficit de carga que se compensa con la presencia de cationes interlaminares que son fácilmente intercambiables y solvables. Calentada aproximadamente a 300°C pierde agua y aumenta su volumen hasta 25 veces. Son característicos de la alteración de minerales magnesianos, como la



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

flogopita. Se utiliza como aislante térmico y acústico en la construcción, en la industria del papel y para colorantes.

### F. Grupo de la palygorskita y sepiolita (arcillas fibrosas)

La palygorskita y la sepiolita son denominadas "arcillas especiales" debido a sus peculiares características derivadas de su estructura y/o textura. Estos minerales magnesianos se diferencian del resto de las arcillas por la existencia de una discontinuidad en la capa octaédrica debida a la inversión de la dirección de los tetraedros, que efectúan una rotación alrededor de los enlaces Si-O-Si, dando lugar a una estructura en fibras. La formación de la palygorskita y de la sepiolita requiere condiciones químicas bastante especiales (climas áridos o semiáridos, ambientes lacustres) por lo que diversos minerales de la arcilla comunes no aparecen asociados a aquellas. En general, la asociación más frecuente es con esmectitas di y trioctaédricas. Sin embargo, pueden aparecer igualmente con caolinita, serpentina, carbonatos, sulfatos, haluros, y especialmente con sílice amorfa o chert.

Estas arcillas facilitan el desarrollo de alta viscosidad en suspensiones o dispersiones acuosas, siendo este efecto más notable en medios con altos contenidos de electrolitos o agua salada, siendo muy útiles en lodos de sondeo cuando éste atraviesa formaciones salinas. Debido al hábito fibroso, no flocculan fácilmente y, por tanto, son usadas como agentes de suspensión en pinturas, fertilizantes, productos medicinales, farmacéuticos y cosméticos (VELHO, 1998).

### G. Grupo de los interestratificados

Comprende modelos estructurales variados que son intermediarios o mezclas de los grupos anteriores. Existen, por tanto, interestratificados que presentan, por ejemplo, cristales basados en capas estructurales propias del grupo de la illita, intercalados regular o irregularmente por otras propias del grupo de la montmorillonita.

Finalmente, hay un número de especies minerales no cristalinas o débilmente cristalinas (amorfos, incluyendo geles minerales y vidrios) que pueden aparecer asociadas a los minerales de la arcilla anteriormente descritos, particularmente en suelos. Los geles minerales se forman usualmente en condiciones de baja temperatura y presión y su facilidad para absorber todo el tipo de iones explica sus amplias variaciones de composición química. Los ejemplos más comunes son la alófana y la imogolita.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### 2.3.2. Formación de las arcillas

Los minerales de la arcilla aparecen esencialmente en la parte más externa de la corteza terrestre, como consecuencia de la interacción de la litosfera con la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. Los procesos edáficos y los procesos de meteorización producen la mayor parte de las arcillas, normalmente a partir de otros silicatos (tectosilicatos, inosilicatos, filosilicatos, vidrios, etc) que son inestables en las condiciones superficiales. Se pueden formar, igualmente, por precipitación a partir de soluciones iónicas o por cristalización a partir de materiales amorfos coloidales.

Según Millot (1964), los mecanismos principales para la formación de las arcillas son:

- Herencia mecánica o detritismo: Es uno de los mayores fenómenos del ciclo de las arcillas en la hidrosfera. Así, los minerales arcillosos se conservan prácticamente intactos debido a su estabilidad en el nuevo ambiente. Este mecanismo da lugar a una parte considerable de los suelos y de los sedimentos, disminuyendo su importancia cuando el medio receptor de las partículas es capaz de degradarlas o reorganizarlas para originar otros minerales nuevos. Es el caso de suelos evolucionados y de medios sedimentarios de carácter químico claro.

- Transformación: Los minerales de la arcillas, debido a su inestabilidad, son modificados por procesos de agradación y/o degradación, según las condiciones ambientales.

Estas transformaciones representan un estadio intermedio que modifica la materia heredada. Puede producirse durante la meteorización, la sedimentación, la diagénesis o el metamorfismo. Las transformaciones por degradación, o transformación negativa, conllevan pérdida de sustancias; sin embargo, las transformaciones por agradación, o positiva, representan una ganancia de sustancia. Las primeras son muy numerosas, particularmente en ambientes con lixiviado, y son características de alteraciones continentales y subacuáticas (halmirolisis). Durante la diagénesis, a veces las soluciones percolantes producen un lixiviado capaz de degradar los minerales de la arcilla.

Las agradaciones se suelen producir en ambientes confinados, o cargado de iones, y se caracteriza por la entrada de elementos suplementarios en la red de los minerales arcillosos.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

- **Neoformación:** Las arcillas neoformadas o autigénicas suelen originarse a partir de soluciones, apareciendo tanto en las alteraciones superficiales, como en la sedimentación y diagénesis. En los ambientes con buena lixiviación, ácidos, hay formación de caolinita, mientras que en los alcalinos, mal drenados, y ricos en cationes, suelen aparecer minerales tipo 2:1 y 2:1:1. Un ejemplo típico de arcillas neoformadas es el caso de la sepiolita y paligorskita, al que nos referiremos más adelante.

### 2.3.3. Otros nombres comunes usados para determinados tipos de arcillas

#### A. "Ball clay"

Son arcillas muy plásticas, con granularidad muy fina y que sufren un encogimiento muy grande (20%) durante el proceso de secado. Es muy utilizada como aditivo en otras arcillas con muy baja plasticidad. Suelen ser grises o negras debido a la presencia de materia orgánica en cantidad variable, aunque tras la cocción presentan una tonalidad marfil o beige-claro, siendo un material muy interesante para la fabricación de cerámica blanca de calidad como lozas, porcelanas, refractarios, etc. (VELHO, 1998, GOMES, 1990).

Están constituidas básicamente por caolinita de bajo o medio orden estructural, asociada a illita (0–30%) y cuarzo (10–15%) muy fino. A veces están presentes igualmente otros minerales como clorita, montmorillonita o interestratificados illita-montmorillonita.

#### B. "Fire clay"

No son tan plásticas como las ball-clays, aunque su composición es parecida. Son arcillas sedimentarias de refractariedad no inferior a 1500°C y, tras la cocción, presentan un color castaño claro, marfil, gris oscuro debido a la presencia de óxidos de hierro. Aparecen normalmente en secuencias carboníferas, intercaladas entre las capas de carbón. El mineral principal es caolinita de medio orden estructural, con cantidades variables de cuarzo, mica, dickita, illita, montmorillonita, interestratificados illita-montmorillonita y materia orgánica. Se utiliza en la fabricación de loza de mesa, de hornos tipo "stoneware" y de cerámica ornamental (VELHO, 1998).

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### C. "Pottery clay"

Es una arcilla plástica que puede ser moldeada fácilmente en el torno y es utilizada particularmente en cerámica ornamental de terracota. Presenta colores variados (gris, marrón o castaño) y su composición es igualmente muy variable, conteniendo tanto minerales de la arcilla como caolinita, illita, montmorillonita, clorita, vermiculita e interestratificados y no arcillosos como cuarzo, feldespato, micas, óxidos y hidróxidos de hierro (hematites, goethita, lepidocrocita). Tras la cocción se obtienen cuerpos cerámicos de colores desde el gris al amarillo ocre, marrón o rojo-ladrillo, en función de los elementos químicos presentes (hierro, titanio o manganeso) o de la atmósfera más o menos oxidante del horno. Durante la cocción de los cuerpos cerámicos existe un intervalo de vitrificación poco amplio, entre 1000 – 1100°C, y una fusión acentuada entre 1150 – 1330°C; el color del cuerpo cerámico es más rojizo cuando se ha cocido hasta obtener un estado de vitrificación incipiente, pero si la cocción prosigue, la tonalidad se hace más oscura. El color rojo sólo persiste si el cuerpo cerámico se cuece a temperaturas inferiores a 950°C (GOMES, 1990).

### D. Brick clay

Es una arcilla grosera que contiene una apreciable cantidad de partículas tamaño limo y arena. Tiene colores variados: negro, gris, verde, rojo, marrón y amarillo. El contenido de fracción arcillosa es bajo pero suficiente para permitir el desarrollo de la plasticidad necesaria para el modelado de cuerpos cerámicos, plasticidad que crece con la relación minerales arcillosos/minerales no arcillosos. Esta arcilla se utiliza en cerámica estructural y en la fabricación de materiales aplicados en construcción civil como ladrillos macizos y con agujero, tejas, ladrillos de suelo y mosaicos de pasta roja para revestimiento. En su composición aparecen, junto a los filosilicatos (illita, montmorillonita, clorita, interestratificados y escasa caolinita), cuarzo, feldespato, fragmentos líticos, carbonatos (calcita y dolomita) en grano fino o en concreciones, sulfatos (yeso), sulfuros (pirita, marcasita), óxidos y hidróxido de hierro (hematites, goethita) y materia orgánica.

Los cuerpos cerámicos a base de esta arcilla se cuecen a temperatura no superior a 950°C y adquieren una tonalidad rojiza debido al hierro presente en la arcilla (GOMES, 1990, VELHO, 1998).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 2.3.4. Parámetros técnicos de las arcillas de interés en cerámica

#### A. Superficie específica

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que ésta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en  $m^2/g$ . Cuando se mide en una muestra da una idea del contenido y tipo de filosilicato presente, así como del contenido relativo de granos finos, medios y gruesos y del grado de dispersión / agregación de las partículas (VELHO, 1998).

Arcillas con valores de superficie específica muy semejantes pueden tener comportamientos muy distintos frente a determinadas propiedades tecnológicas, lo que no impide que a partir del valor de la SE se pueda, por ejemplo, inferir la composición mineralógica aproximada de determinada arcilla (GOMES, 1988).

Algunos tipos de minerales de la arcilla poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad (ROMERO y BARRIOS, 2010).

A continuación se muestran algunos ejemplos de superficies específicas de arcillas (Tabla 2.1):

**Tabla 2.1** - Superficie específica de algunas arcillas

<b>Superficies Específicas de Arcillas</b>	
Caolinita de elevada cristalinidad	hasta 15 $m^2/g$
Caolinita de baja cristalinidad	hasta 50 $m^2/g$
Halloisita	hasta 60 $m^2/g$
Illita	hasta 50 $m^2/g$
Montmorillonita	80 - 300 $m^2/g$
Sepiolita	100- 240 $m^2/g$
Paligorskita	100-200 $m^2/g$

Fuente: ROMERO, 2010.

#### B. Capacidad de cambio iónico

Es una propiedad fundamental de las arcillas, particularmente de las esmectitas y vermiculita. Éstas son capaces de cambiar fácilmente los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

las estructuras, por otros existentes en las soluciones acuosas envolventes (VELHO, 1998).

La capacidad de cambio iónico se puede definir como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH. Es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral (ROMERO y BARRIOS, 2010).

A continuación se muestran algunos valores típicos de la capacidad de cambio iónico (en meq/100 g) (tabla 2.2):

**Tabla 2.2** – Capacidad de cambio iónico de las arcillas

<b>Capacidad de Cambio Iónico de las Arcillas</b>	
Caolinita	03-05
Halloisita	10-40
Illita	10-50
Clorita	10-50
Sepiolita-paligorskita	20-35
Montmorillonita	80-200
Vermiculita	100-200

Fuente:ROMERO, 2010

### C. Capacidad de absorción

La capacidad de absorber agua de algunas arcillas las hacen particularmente interesantes en el sector de los absorbentes. Está directamente relacionada con las características estructurales (arcillas tipo 2:1) y texturales (superficie específica y porosidad) y se puede distinguir procesos de "absorción" (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad) y de "adsorción" (cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el elemento químico, líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato) (ROMERO y BARRIOS, 2010).

La capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes (esmeclitas y arcillas fibrosas) es a veces mayor del 100% respecto a su peso.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### D. Hidratación e hinchamiento

La hidratación y deshidratación son propiedades características de las esmectitas y presenta una gran importancia en diferentes usos industriales.

Cuando la absorción de agua es en el espacio interlaminar se separan las láminas y se expande la estructura. La cantidad de agua que puede penetrar en ese espacio depende de la fuerza de atracción entre las láminas. Con el aumento del hinchamiento puede llegar a producirse la completa disociación de las láminas, disgregándose la arcilla y dando lugar al máximo desarrollo de propiedades coloidales (ROMERO, 2010).

### E. Plasticidad

Es la capacidad que las arcillas poseen cuando se añaden y mezclan cantidades adecuadas de agua. El agua envuelve las partículas arcillosas y crea una película con efecto lubricante, facilitando así el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce una fuerza sobre ellas (VELHO, 1998). La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño (elevada área superficial) y alta capacidad de hinchamiento.

La plasticidad puede ser cuantificada mediante la determinación de los índices de Atterberg <sup>21</sup> (Límite Líquido, Límite Plástico y Límite de Retracción). Estos límites delimitan cuatro estados o modos de comportamiento de una muestra: sólida, semisólida, plástica y semilíquida o viscosa (JIMENEZ SALAS, 1975).

En general, cuanto más pequeñas son las partículas y más defectos estructurales presenta, más plástico es el material.

### F. Viscosidad

En ciertas aplicaciones industriales (algunos sectores cerámicos, industria del papel, colorantes, etc) se utilizan sistemas dispersos agua - arcilla en forma de suspensiones. Las suspensiones pueden ser estables, esto es, defloculadas al máximo, o inestables, esto es, presentar algún grado de floculación. Una suspensión defloculada proporciona depósitos más densos, más cohesivos y menos permeables mientras que una suspensión floculada ocasiona depósitos estructuralmente más abiertos y, consecuentemente, menos cohesivos y más permeables. A medida que, gradualmente, se aumente la concentración de sólidos de una suspensión desfloculada, la velocidad de flujo

---

<sup>21</sup> Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

de la suspensión disminuirá gradualmente. Esta mayor o menor facilidad de flujo se llama viscosidad (VELHO, 1998).

### G. Granularidad

La arcilla se caracteriza por poseer una granularidad muy fina, pues sus minerales constitutivos tienen, por definición, un diámetro esférico equivalente (d.e.e.)  $\leq 2 \mu\text{m}$ . (el d.e.e es el diámetro de una esfera que circunscribe la partícula arcillosa). En sistemas granulares dispersos, el término arcilla (u otros como limo, arena, guijarro, etc.), es un concepto con significado puramente granulométrico.

Este parámetro se mide mediante distintas técnicas (tamizado, sedigraph, granulómetro láser) que ofrecen parámetros estadísticos relevantes y ayudan a explicar ciertas propiedades de la arcilla o de los cuerpos fabricados con arcilla: plasticidad de las pastas, permeabilidad, resistencia mecánica en verde y en seco (VELHO, 1998, GÜETO, 2005).

## 2.4 Técnicas

### 2.4.1. Cadena operativa

*La técnica es al mismo tiempo gesto y herramienta, organizada en cadena a través de una autentica sintaxis, que da, a la vez, a la secuencia operativa, su estabilidad y su flexibilidad (LEROY-GOURHAN, 1971).*

Cadena operativa es todo y cualquier proceso entre el ser humano y sus herramientas para la confección de un objeto cerámico.

Comprende desde la búsqueda de la materia prima hasta la etapa final de la elaboración de la pieza, pasando por todas las acciones intermediarias de su fabricación como concepción, modelado, cocción, etc.

La cadena operativa requiere un conocimiento de las técnicas empleadas y también una capacidad creativa, pues el artesano, supuestamente organiza en una secuencia correcta el empleo de los materiales, situando cada objeto en un contexto técnico preciso. Ese proceso fue bastante largo y complejo en la historia del hombre, especialmente en la prehistoria.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Se puede encontrar cadenas operativas diversas, pero más común es que aparezcan repetidas veces en diversos yacimientos, indicando que una misma estrategia era aplicada en diferentes contextos.

A través del estudio de los registros arqueológico se puede identificar algunos elementos que componen la cadena operativa como por ejemplo, conocer las materias primas con las que se fabrican los objetos cerámicos, podemos también identificar, por medio de análisis arqueométrico, fases de su fabricación como el tipo de cocción, su forma y algunos casos su funcionalidad. En contrario, se desconocen otros aspectos fundamentales como el tiempo empleado para confección, las costumbres laborales y la organización social de trabajo (CALVO TRIAS, FORNES BISQUERRA, GARCIA ROSSELLÓ y JUNCOSA VECCHIERINI, 2004).

A continuación de se describen brevemente las principales fases de una cadena operativa (Figura 2.17).

**Figura 2.17** – Cadena operativa



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### 2.4.1.1. Suministro de materias primas

La materia prima para la confección de la cerámica generalmente pertenece al contexto geológico cercano. Las cualidades físicas hacen que una arcilla sea mejor o peor para el empleo en la manufactura de la cerámica. Sin embargo, es importante valorar la calidad y la disponibilidad de la materia prima antes de determinar las técnicas de elaboración de la pieza cerámica.

Dentro del aspecto de suministro de materia prima se debe observar los siguientes procesos para la elección de los depósitos de arcillas:

- Localización y accesibilidad de afloramientos de arcillas.
- Distancia y frecuencia de los viajes.
- Extracción de las arcillas.
- Transporte de las arcillas hasta el local de manufactura de la cerámica.
- Calidad del afloramiento.

### 2.4.1.2. Preparación de la pasta

Una vez obtenida la materia prima se pasa al proceso de preparación de la pasta cerámica.

Generalmente, se entiende como pasta cerámica la mezcla de materias primas preparadas para la fabricación de cualquier producto. Desde el punto de vista ceramológico, la pasta es la mezcla de elementos plásticos, generalmente hidrófilos arcillosos que sometidos a una temperatura determinada modifican su estructura, todo convirtiéndose en un cuerpo sólido y, en cierta medida, resistente (GENERA, 2005).

Su elaboración requiere un conjunto de acciones que aquí se mencionan:

- La purificación de impurezas presentes en la arcilla.
- El secado o eliminación de la humedad.
- La molienda, disgregado.
- La depuración por decantación.
- Preparación de inclusiones.
- Mezcla de las diferentes arcillas y las inclusiones.
- Amasado para eliminar bolsas de aire creando un producto regular y uniforme.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Al analizarse una pasta cerámica comúnmente se encuentra dos componentes esenciales:

- Una matriz compuesta de minerales  $\leq$  a 2 $\mu$ m.
- Desgrasantes o inclusiones mayores.

Se entiende por desgrasantes o inclusión a cualquier material que no forma parte de la matriz de la cerámica.

El desgrasante puede ser denominado de inclusión, fundente o material plástico, pues éstos se refieren no sólo a los materiales de origen antrópico, muchas veces difíciles de distinguir, como también a los de origen natural (CALVO TRIAS, 2004, RICE, 1987). Es considerado como aglutinante que sirve para fortalecer el cuerpo cerámico.

*El principal motivo por el que se añaden estos elementos a la arcilla es la excesiva plasticidad de ésta en estado puro y el encogimiento que sufre en el secado. De acuerdo con el objeto que se desea realizar, la cantidad y el tamaño de desgrasante incluido será variable, ya que el grosor del mismo afecta directamente a su calidad. Todos ellos aportan a la arcilla tanto sus cualidades como defectos físico-químicos, por lo que será imprescindible conocer el uso que se va a dar al objeto elaborado para utilizarlos correctamente, eligiendo el tamaño, el tipo, la consistencia y sus reacciones ante el calor...(FERNÁNDEZ, 2006).*

Los desgrasantes pueden ser de origen natural o primarios y son formados de nódulos de hierro, arena de cuarzo, presentes en la arcilla como impurezas, o también pueden ser de origen antrópico o secundario que son formados por excrementos, paja, concha, caliza, calcita, mica y son introducidos por el hombre para dar plasticidad, resistencia o refractariedad a la pieza cerámica.

El uso de fragmentos de carbonatos como desgrasante fue más empleado en el Neolítico, llegando hasta la Alta Edad Media. Presenta una amplia distribución geográfica, desde el Oriente Medio (Israel) hasta la Península Ibérica (ORTEGA ZULUAGA, ALONSO y SOLAUN, 2006).

Se encontraron con frecuencia los fragmentos de rocas subvolcánicas añadidos como desgrasantes antrópicos en cerámicas de la Edad del Hierro.

Otro tipo de desgrasante observado son las chamotas, que son fragmentos de cerámicas ya cocidas y trituradas. La chamota tiene la característica de no contraerse al mezclarse con la pasta, ya que ha eliminado, en su cocción, toda el agua de su

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

composición. Tiene función de dar textura a la pasta y quitar un exceso de plasticidad. Se puede elaborar triturando la pieza ya cocida, o dejándola secar a punto de cuero, romperla y cocerla posteriormente junto con la pasta de cerámica. Sin embargo, su uso se populariza en la Edad del Bronce como recurso técnico. El empleo de este tipo de desgrasante suele estar destinado a las cerámicas de almacenamiento o contenedores de alimentos, pero no a las cerámicas de cocina.

Se puede dividir los desgrasantes en tres grupos (FERNÁNDEZ, 2006):

- Vegetales: son los formados por semillas, raíces o algas. Confieren a las arcillas una mayor plasticidad. Se convierten en carbón durante la cocción al quemarse, ennegreciendo la pasta y la superficie, disminuyendo la impermeabilidad. Con el proceso de cocción las partículas se queman creando una porosidad que ayuda a la resistencia de las piezas.
- Animales: compuesto por conchas molidas y huesos fragmentados.
- Minerales: en este grupo se encuentran las arenas o sílice, pedazos de cuarzo, piedras y también se incluye aquí las chamotas.

### 2.4.1.3. Técnicas de fabricación

Con la pasta cerámica adecuadamente preparada empieza el trabajo propiamente dicho, con la función de modelar la arcilla y obtener un objeto de acuerdo con el uso específico a que se destinará.

El modelado es un proceso aditivo: la forma se labra directamente sobre un material blando y maleable como es la arcilla. El modelado permite al ceramista o alfarero una gran libertad de expresión y creación. Al material de modelado, se puede dar forma en diversas fases de su elaboración, permitiendo un control completo de las formas, y si la obra o pieza no resulta satisfactoria se puede quitar todo o parte del material y empezar de nuevo (MIDGLEY, 1993).

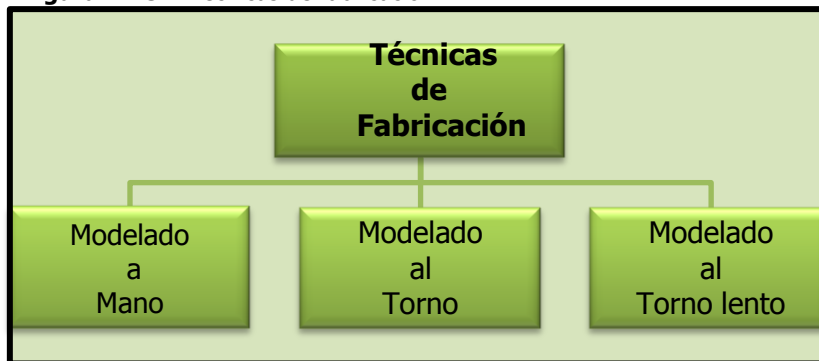
Existen diversas técnicas de fabricación y combinaciones entre ellas, en la cual se destacan las siguientes (Figura 2.18):

- Modelado a mano,
- Modelado al torno,
- Modelado al torno lento o rueda.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Figura 2.18 – Técnicas de fabricación



### 2.4.1.3.1. Modelado a mano

Las técnicas de modelado a mano son las más primitivas y se siguen empleando en la actualidad (Figura 2.19).

En esa técnica se incluyen los siguientes tipos:

- Presión manual
- Rollos
- Tablillas
- Moldes a presión
- Moldes vaciados

Figura 2.19 – Modelado a mano



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

El modelado por presión manual se hace sujetando una bola de barro en una mano y pellizcando y apretando con los dedos de la otra para formar la pared (Figura 2.20). La forma tiende a ser orgánica y las marcas de la superficie reflejan las presiones de los dedos. Cuando el barro se pone en punto de cuero, se puede raspar esas marcas y dejar formas más limpias y precisas.

El modelado a rollos puede también ser llamado de colombín, marrillos, marrells, según la región en que se encuentre (SEMPERE, 1999). Partiendo de una base, se van colocando rollos de barro, elaborando la forma deseada y uniendo los extremos de los rollos para prolongar la espiral. Los costados se unen con movimientos de los dedos hacia arriba y hacia abajo. La colocación de los rollos puede cambiar la dirección de la forma: si se coloca hacia fuera, la forma se abre y se expande. Si se colocan círculos cada vez más pequeños, la forma se moverá hacia dentro, creando cuellos estrechos.

Otro método de modelado es el de las tablillas, que se basa en la utilización de láminas planas de arcilla. Para ello se bate la arcilla rítmicamente en las manos, se extiende sobre una superficie y se aplana. También se puede cortar láminas de espesor uniforme de un bloque de barro, cuando este esté en punto de cuero, dar la forma deseada y unir las piezas con barbotina. Con ese método se suelen producir formas de bordes duros.

Para el moldeado a presión se necesitan patrones hechos de un material absorbente, como arcilla cocida al biscocho, escayola o madera. La tabilla se aprieta contra el molde para que adquiera la forma deseada, se recorta los excesos y los bordes se pueden reparar. Tradicionalmente, ese método era empleado para hacer platos ovalados y rectangulares, pero usando moldes más complejos, de una o de dos piezas, se han producido objetos muy variados (MORLEY-FLETCHER, 1985). También se puede apretar bolitas o trozos de barro en las grietas del molde hasta cubrir toda la superficie. Los sobrantes que quedan al retirar los moldes se raspan o limpian.

Los moldes vaciados son una extensión del método de moldeado a presión. La barbotina, por su fluidez, permitió verterla en moldes de una o más piezas para hacer objetos de gran complejidad. Ese método es muy usado en escala industrial de producción en masa.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Figura 2.20 - Modelados a mano



1. Presión manual; 2. Rollos; 3. Tablillas;  
4. Moldes vaciados; 5. Moldes a presión.

### 2.4.1.3.2. Modelado al torno

Según estudios arqueológicos el torno empezó a usarse en el Oriente Medio hacia el cuarto milenio a.C. (MORLEY-FLETCHER, 1985), y fue adoptado para su uso por alfareros en Mesopotamia, alrededor del 3-4000 a. C. (COOPER, 1999). La fecha de introducción del torno en la península es un tanto incierta, pero se cree que llegó entre los siglos V y IV a. C. y de una forma generalizada a partir del siglo III a.C. adquiriendo gran auge durante la cultura ibérica y dominación romana (SEMPERE, 1999). De inicio se utilizó la rueda hecha de piedra o madera pivotando en el suelo, que le permitió hacer

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

vasijas mucho más rápidamente. Para el funcionamiento de la rueda el alfarero la hacía girar empujándola o pateándola y su impulso era suficiente para que el torno funcionase. El modelado al torno puede también llamarse de rueda de pie o rápida.

El torno representa una evolución tecnológica que introdujo grandes ventajas, facilitando la labor del alfarero, permitiéndole reproducir una gran variedad de formas simétricas. Por primera vez se incorporan los pies, y mientras éstos hacen girar rápidamente el torno, con lo que se consigue una fuerza centrífuga continua, las manos quedan completamente libres para moldear (Figura 2.21). Se trabaja sentado o de pie, lo que permite hacer mayor fuerza con los brazos, lo que no era factible con las otras técnicas. El barro blando, colocado en la cabeza del torno responde fácilmente a la menor presión. La mayor velocidad que imprime el torno admite por primera vez emplear arcillas más plásticas como las ferruginosas, calcáreas, margas y ocre, para permitir su conformación suave pues resisten a altas temperaturas y confieren una mayor calidad al producto final.

**Figura 2.21** - Modelado al torno<sup>22</sup>



Fuente: VALVERDE, 2010

---

<sup>22</sup> Torno de pie tipo Panamá.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

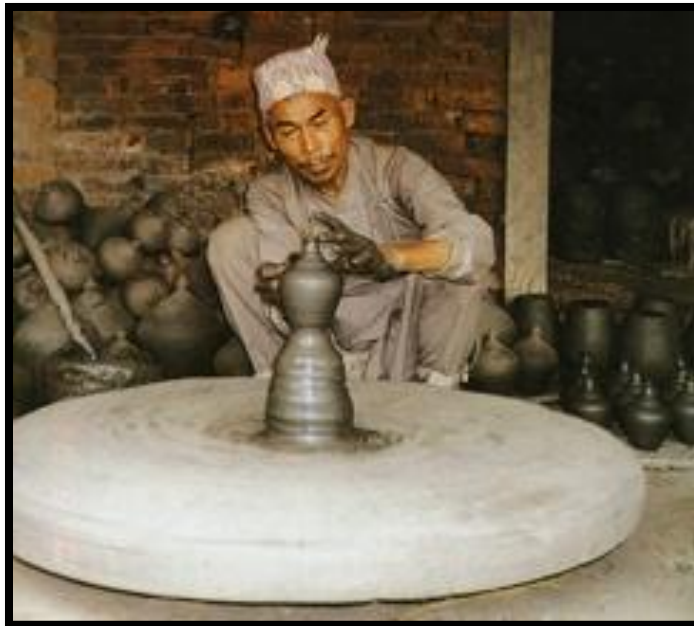
### 2.4.1.3.3. Modelado al torno lento

Conocida también como torneta, rueda baja, de mano o lenta (Figura 2.22). Este modelado en realidad es una técnica mixta, pues combina el modelado a mano o urdido con la fuerza centrífuga "discontinua".

Toda evolución tecnológica presenta diversos matices, por lo tanto todas las ruedas no eran iguales, hay unas más rápidas que otras: las de las mujeres son más pequeñas, de 35 cm de diámetro y las de los hombres hasta 60 cm, para hacerlas girar más rápido. Mientras que las primeras suelen trabajar arrodilladas en el suelo, los hombres lo hacen sentados sobre un taburete.

Este sistema prevalece aún y hasta hace muy poco se trabajaba al menos en unos 20 pueblos de la península septentrional, en particular en zona granítica del noroeste, Zamora, Portugal, Galicia.

**Figura 2.22** - Modelado al torno lento<sup>23</sup>



Fuente: SEMPERE, 2006.

---

<sup>23</sup>Modelado con rueda de mano. Bhaktapur, Valle de Kathmandu, Nepal.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 2.4.1.3.4. Tipos de Tornos

El mecanismo básico de un torno consiste en una rueda principal o plato, que gira a considerable velocidad y muy suavemente, que es accionada con la mano, con el pie o a través de un mecanismo. El impulso se obtiene por una rueda motriz muy pesada o un volante. En algunos casos el eje o árbol está sujeto al plato y gira dentro de una cavidad que tiene en la base; en otros casos, la cavidad se halla en el centro de un árbol hueco, inserto en la parte inferior de la rueda principal o plato, y el eje está fijo en el suelo.

Se encuentra muchas variedades de tornos que se pueden agrupar en:

- a mano,
- de pie,
- eléctricos.

Los tornos primitivos eran discos grandes y macizos equilibrados sobre un pivote central y se hacía girar con la mano o con un palo insertado en una muesca cerca del borde exterior, este método es aún usado en India y Japón (SENTANCE, 2005) (Figura 2.23). Cuando el impulso disminuye, el alfarero introduce diestramente un bastón corto en una de estas muescas y hace dar con energía media docena de vueltas al torno. Este nuevo impulso dura lo suficiente como para realizar una pequeña vasija, pero tiene que ser renovado constantemente.

**Figura 2.23-** Torno indio<sup>24</sup>



Fuente: QUESADA, 2011.

<sup>24</sup> Alfarero del pueblo Anukkuvar Village, Cheyyar, Tamil Nadu, India.2008

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

En los tornos de pie el ceramista hace un movimiento constante impulsando un pedal en el lado con un pie, mientras moldea la cerámica en la parte superior del torno (Figura 2.24). El impulso del disco mayor situado bajo la bandeja superior hace que ésta gire durante más tiempo y permite impulsar las revoluciones con golpes del pie, que pueden ser más eficaces usando un cigüeñal o un pedal.

Los tornos de pie o volante consisten en un pesado volante que es impulsado con el pie, un árbol que transfiere este movimiento a la cabeza de rueda y un robusto armazón de madera o metal. El ceramista pone primero en movimiento el volante, luego tornea mientras el impulso del pesado volante lo mantiene en marcha. Cuando la rueda disminuye de velocidad, se impulsa de nuevo el volante y se vuelve a reemprender el torneado. El torneado y la impulsión nunca se hacen al mismo tiempo.

**Figura 2.24** - Torno de pie



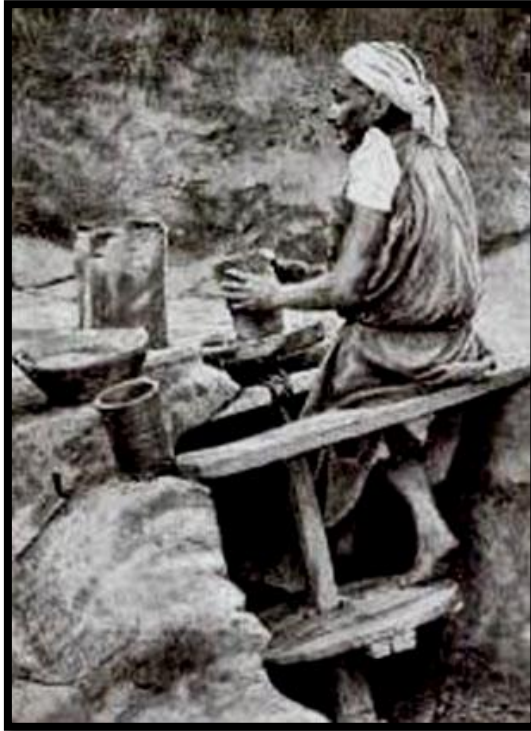
Fuente: VV.AA. (2007)

El torno más curioso de todos es uno que se emplea en Egipto y Siria y que está colocado en un ángulo inclinado hacia fuera respecto del alfarero; sin embargo, con tornos de este tipo se hacen vasijas de gran tamaño (Figura 2.25).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

**Figura 2.25-** Torno de pie inclinado



Fuente: SENTANCE, 2005

La mayoría de los tornos eléctricos son más pequeños y ligeros que los tornos de volante. La cabeza del torno puede girar libremente incluso cuando el motor no gire, y puede disponerse de tal manera que uno puede abarcarla entre sus piernas (Figura 2.26). El control de velocidad debe ser siempre operado con el pie, de manera que las manos quedan libres para tornearse. Algunos tornos tienen control doble manual y de pie.

**Figura 2.26 -** Torno eléctrico



Fuente: Archivo personal.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Todos los métodos de torneado exigen sensibilidad y precisión de movimientos. Las técnicas manuales se desarrollan a un ritmo más lento, mientras que el torneado tiene un ritmo dictado por la arcilla, la rueda, la forma y el temperamento del artesano (MORLEY-FLETCHER, 1985). Es muy común que las piezas hechas en torno sean terminadas manualmente, agregándole asas, tapas, pies, picos y otros aspectos funcionales. Debido a su naturaleza, los trabajos mediante el empleo de torno son casi exclusivamente piezas con simetría radial respecto de un eje vertical. Actualmente se utiliza más el torno eléctrico que requiere menos esfuerzo.

### 2.4.1.4. Morfología del Objeto

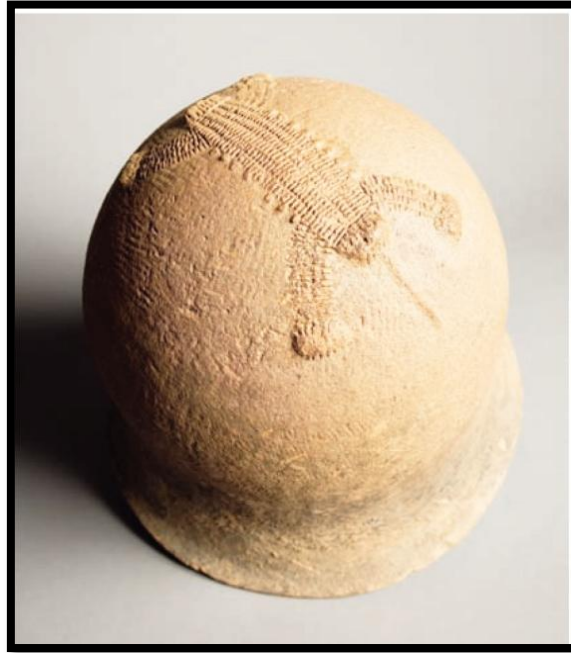
Por tratarse de una actividad artesanal las formas de los objetos cerámicos variaban según el grupo cultural al cual pertenecían pues, cada grupo o área geográfica solían identificarse por estilos cerámicos propios, pero en general, encontramos formas muy similares entre esos grupos.

Con el objetivo de conservación de los excedentes alimenticios y la variedad de productos cultivados hubo la necesidad de recipientes más sólidos e impermeables que los de cesterías de los pueblos recolectores.

A pesar de tener, en un primero momento, carácter predominantemente utilitario se puede observar también su significado artístico y decorativo para muchos grupos culturales.

La cerámica ha desempeñado un papel importante en el ámbito funerario, pues se depositaban junto al muerto vasos de carácter ritual como ofrendas y también como identificador del prestigio personal y social (Figura 2.27). En determinado momento se popularizó el ritual funerario de incineración y entonces la urna funeraria de cerámica, se convierte en un objeto simbólico importante.(URREA MÉNDEZ, 2009 y ALMAGRO GORBEA, 1994).

**Figura 2.27** - Urna funeraria<sup>25</sup>



Fuente: MARTÍNEZ-JACQUET, 2007.

Se puede encontrar cuatro modalidades de objetos cerámicos (SEMPERE, 1999):

- Hueco,
- Abierto,
- Cerrado,
- Plano de molde.

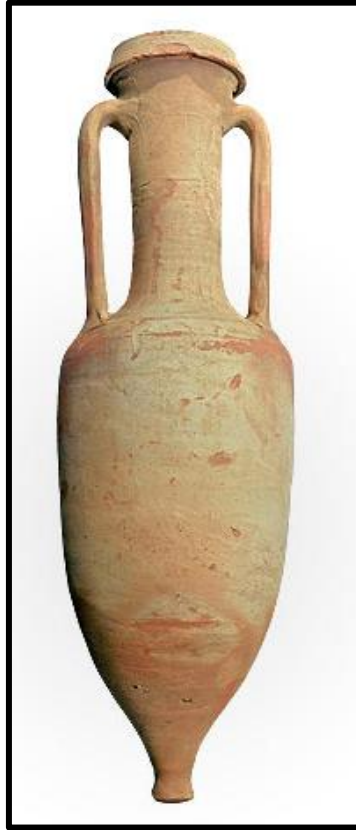
Los objetos huecos presentan un cuerpo más alto que ancho, así como más voluminosos, debido a su función de transporte o almacenaje y son abiertos por la parte superior, por donde se puede tapar. Suelen llevar algún tipo de asas para facilitar su transporte o para abocar su contenido (Figura 2.28). Tenemos como ejemplos más representativos las ánforas, las botijas, los cantaros, las botellas, las jarras y las orzas.

---

<sup>25</sup>Cultura de Bura - Níger, Burkina Faso. S. XV - XVII



**Figura 2.28 - Objeto hueco<sup>26</sup>**



Fuente: MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA SUBACUÁTICA, 2015.

Las piezas abiertas presentan una boca más ancha que la base (Figura 2.29). En esta categoría entran las que tienen unas paredes cortas (03-05cm) y algunas pueden presentar base plana de fondo cóncavo y paredes un poco mayores. Por lo general, no llevan asas ni otras guarniciones, o son muy pequeñas, a modo de apéndices o con orejetas en el caso de las escudillas. Dentro de ese tipo de morfología se encuentran tres modalidades: labor llana, labor semillana y labor honda. Se puede citar como ejemplo los platos, las fuentes, las tapas, las cazuelas, los morteros hondos y las ollas.

---

<sup>26</sup>Ánfora vinaria romana

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 2.29** - Piezas abiertas<sup>27</sup>



Fuentes: COLL, 2009; SEMPERE, 2006; MARTÍNEZ-JACQUET, 2007.

Las obras cerradas son características pues tienen los cuerpos totalmente cerrados (Figura 2.30). La técnica consiste en terminar con el bochado, o sea, cerrado de la pieza al terminar de modelar el cuerpo por la parte superior, es por eso que tiene la forma básicamente esférica. Como ejemplo se puede citar las cantimploras y los botijos.

**Figura 2.30** - Obras cerradas<sup>28</sup>



Fuente: SEMPERE, 2006

En la modalidad plano de molde, las piezas son especialmente hechas para el empleo en las construcciones y se usan con el molde plano, o sea, un cajón sin fondo que se coloca sobre el suelo, se rellena con arcilla, se saca el molde y se deja secar (Figura 2.31). Hay también el «molde de apretón» que consiste en un molde abierto, normalmente de yeso, en el cual se presiona la arcilla con las manos y queda grabado el dibujo correspondiente en la pieza. Los ladrillos, las baldosas y las tejas son ejemplos.

<sup>27</sup> 1. Plato con hojas en relieve (serie 7a). Museo Nacional de Cerámica (Valencia). 2. Olla globular, estilo Montboló. 4.000-3.000a.C. Museu Arqueològic Municipal d'Alcoi. 3. Cuenco de Malí, Región de Djenné S. XIV – XVI.

<sup>28</sup> 1. Cantimplora con centro umbilical. Museo de Soria. 2. Botijo agárico. Museo Arqueológico Murcia.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Figura 2.31 - Plano de molde



Fuentes: Archivo personal; SEMPERE, 2006

Se destaca que la forma de la pieza estará siempre subordinada a su uso o empleo. Por eso la forma de una cerámica puede preservarse a través de los tiempos, sufriendo algunas alteraciones como nos llega hasta hoy las diferentes formas según su función de almacenaje, transporte, utensilios de cocina, urnas funerarias, objetos de decoración entre otros.

A seguir, una breve descripción de algunas formas de los objetos (PADILLA, MAICAS y CABRERA, 2002):

- Ánfora

Recipiente de cerámica de dimensiones medianas y grandes, cuerpo ancho y cuello estrecho, presentando dos asas laterales, usado para almacenar y transportar líquidos y otros productos.

- Botija

Recipiente hemisférico en forma de cántaro, con un pitorro perpendicular al eje de las asas y un filtro en la parte inferior del cuello. Tiene función de conservar y dispensar agua.

- Colador

Recipiente de boca ancha, con fondo provisto de agujeros. Puede tener una o dos asas, o un mango.

- Copa

Vaso generalmente de forma acampanada, sostenido por un pie destacado. Su función más usual es contener líquidos. Cuando tiene otras funciones modifica su nombre en relación con aquélla (frutero, huevera, salero, etc.).

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

- Cuenco

Recipiente de cerámica cuyo diámetro es entre dos y cuatro veces superior a la altura, y de diámetro generalmente inferior a 20 cm. No presenta asas y es multifuncional.

- Cuchara

Utensilio de pequeño tamaño y poca profundidad, que tiene la forma de una pequeña pala con una hoja cóncava. Utilizado como cubierto.

- Escurridor

Recipiente con pequeños agujeros dispersos en el fondo y paredes.

- Jarra

Recipiente de boca amplia, la sección circular, con dos o más asas destacadas, con o sin pico vertedor. Presenta acabados y pastas cuidadas. Se utiliza para escanciar y beber.

- Olla

Recipiente redondo, generalmente con asas. El acabado es grosero. Se utiliza para la preparación de alimentos por calor. Puede llevar como elemento asociado una tapadera.

- Plato

Disco alzado todo alrededor formando una concavidad de poca altura y fondo plano. Suele presentar un ala o labio destacado.

- Tapadera

Pieza de forma circular, plana y cónica. Suele presentar un remate a modo de pomo de sujeción. Su función principal es la de conservar el calor y asociado a un recipiente la de evitar que se vierta el contenido.

### 2.4.1.5. Técnicas de Acabado

Proceso de tratamiento donde el ceramista regulariza las superficies del objeto. Puede ser la última etapa de elaboración de la pieza, si no se realiza ninguna técnica de decoración. Las técnicas de acabado expresan el grado de perfeccionamiento del artesano bien como la utilidad para cual el objeto se destinará.

No es fácil separar el concepto de acabado de la concepción del término decorativo. Muchas veces se efectúan mejoras en el tratamiento final de las cerámicas

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

con la intención de obtener un perfeccionamiento en sus características, sin embargo esas modificaciones pueden suponer un aumento de su valor estético (PADILLA, 2002).

Puede resultar difícil reconocer la técnica de manufactura de una cerámica sobre todo cuando esta presenta capas de engobe o decoración pictórica, no dejando ver las huellas del alisado o dactilares. En el caso de las piezas modeladas o moldeadas abiertas, como ollas o cantaros, se pueden ver restos de huellas dactilares en el interior.

Se puede encontrar diversos tipos de acabados donde se distingue tres modalidades básicas (Figura 2.32):

- los físicos,
- químicos naturales,
- químicos exotérmicos.

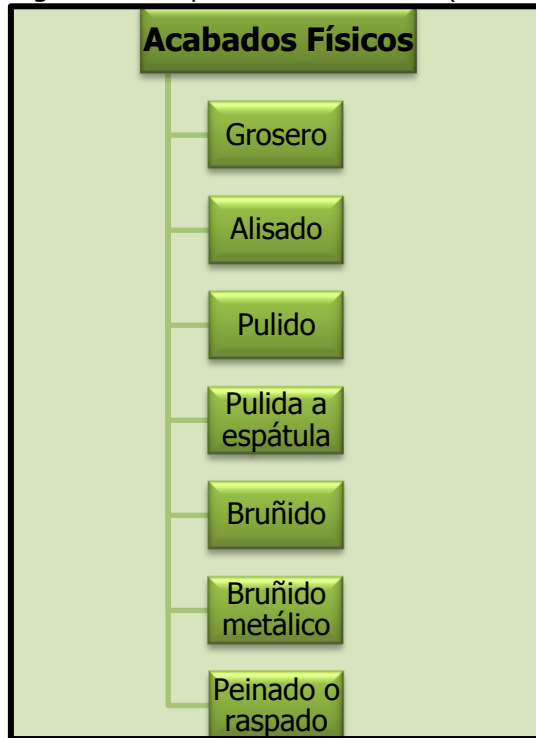
**Figura 2.32** – Técnicas de acabado



### 2.4.1.5.1. Acabados físicos

Corresponden a los que se producen por medio de las propias manos y con la ayuda de algún instrumento sobre la arcilla objetivando mejorar sus propiedades. La mayoría de estos acabados se remontan a tiempos prehistóricos (Figura 2.33).

**Figura 2.33** –Tipos de acabados físicos (GENERA, 2005)



A seguir se presenta los principales tipos de acabados físicos (Figura 2.34):

#### Grosero

Cuando el recipiente no ha sufrido ningún tipo de tratamiento y se puede observar las marcas de fabricación.

#### Alisado

Cuando la pieza ha sido tratada superficialmente después del modelado. Este acabado produce una redistribución de la pasta dejando la superficie lisa y mate, haciendo con lo que las partículas finas de la arcilla llegan a la superficie. El alisado es el más simple de los acabados.

#### Pulido

Cuando la superficie de la pieza es alisada más intensamente dando un aspecto casi lustroso. Realizado con la arcilla seca, empuja las partículas gruesas al fondo dejando aquellas más finas en la superficie logrando más brillo cuando la pasta esté cocida.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### Pulido a espátula

Cuando se usa un instrumento duro y plano para pulir y se hacen movimientos reiterativos de frotación, dejando por ello las huellas del movimiento en la superficie.

### Bruñido

Cuando la superficie de la pieza ha sido tratada con la ayuda de una caña, guijarro, piel, etc., con movimientos unidireccionales, estando en punto de cuero, que le da un lustre mate. Aparte de dar consistencia a la pieza, tapa los poros impermeabilizando y adquiere un acabado pulido. Esta técnica de acabado suele caracterizar algunos períodos culturales donde tiene valor de patrón (constante) en su tamaño y dirección en las paredes de las piezas.

### Bruñido metálico

Cuando el lustre conseguido mediante el bruñido es muy brillante.

### Peinado o raspado

Cuando la superficie de la pieza presenta incisiones paralelas no muy profundas realizadas con un instrumento de varias puntas, a modo de peine que puede ser de espinas de cactus o el borde de un molusco.

Esta técnica es aplicada en la pieza una vez moldeada y antes de un secado total.

**Figura 2.34** - Acabados físicos



1. Grosero; 2. Alisado; 3. Pulido; 4. Bruñido; 5. Bruñido metálico; 6. Peinado.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

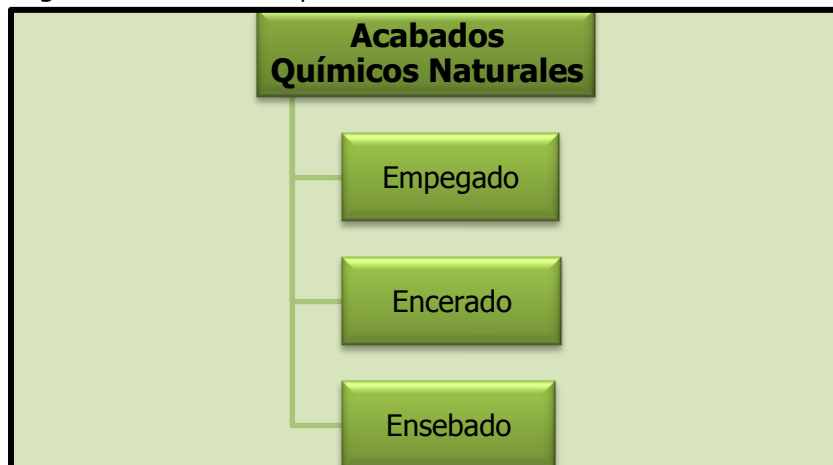
---

### 2.4.1.5.2. Químicos naturales

Los alfareros, en el periodo que aún no poseían el dominio del fuego a punto de controlar los vidriados minerales, se empeñaban en sacar el máximo provecho del medio natural de su entorno. A partir de esa búsqueda pasaron a emplear una especie de mezcla natural para concluir el acabado de la cerámica. Ese "producto" era más fácil de aplicar, y paradójicamente se sigue empleando hasta nuestros días.

Estos tipos de acabados naturales (Figura 2.35) emplean revestimientos derivados de materias orgánicas: plantas, árboles, resinas, breas o de animales como los cebos, ceras y sangre etc. Probablemente como los demás acabados, alguno de éstos ya se debían emplear en los orígenes de la cerámica, no sólo para revestir interiormente recipientes, sino, incluso para reparar o impermeabilizarlos, se señala también que los romanos ya empegaban y enceraban las tinajas (SEMPERE, 1999).

**Figura 2.35** – Acabados químicos naturales



#### Empegado

Consiste en recubrir el interior de las cerámicas ya cocidas y caliente con el pez, procedente de la resina de pinos coníferos, tan abundante en la península y Mediterráneo. Se emplea en las vasijas para el vino: tinajas, jarras y cántaros.

#### Encerado

Consiste en recubrir las piezas cerámicas con la cera de las colmenas de abejas a la cual se le añade una pequeña porción de harina de centeno. Previamente se calienta la

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

vasija para que la cera funda y cubra toda la superficie interior. Su uso es exclusivo en los recipientes para el aceite

### Ensebado

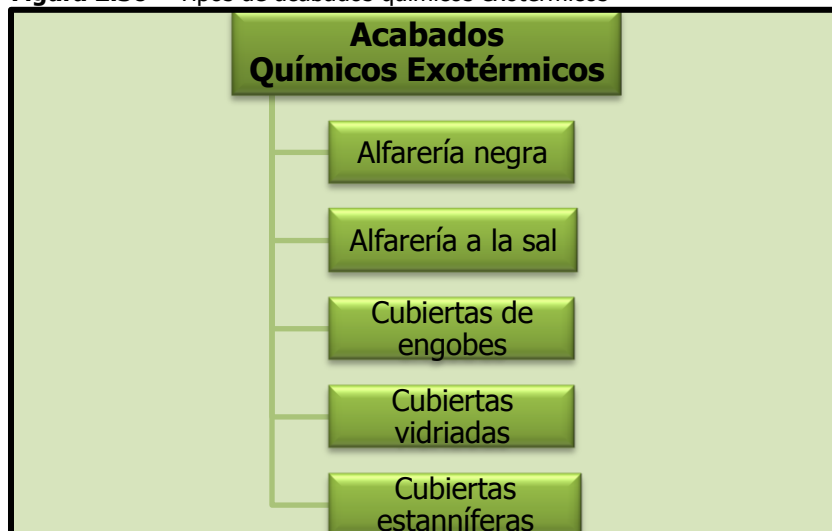
En este caso a la cera se añade grasa animal *sebo*, que debe ser de ganado bovino, a la proporción de cuatro de sebo por uno de cera.

### 2.4.1.5.3. Químicos exotérmicos

Son los acabados que se consiguen a través de las reacciones químicas de la combustión (Figura 2.36). La temperatura provoca alteraciones químicas en los materiales, que son útiles, pues alteran profundamente la materia, con la intención de dar al utensilio nuevas propiedades para el uso. Entre las más empleadas cabe destacar: la alfarería negra, la blanca a la sal, las cubiertas de engobes y barnices, las cubiertas minerales y óxidos plumbíferos, las cubiertas estanníferas (Figura 2.37).

En los utensilios domésticos, se exigían unos acabados determinados, como en el caso de las cerámicas negras, donde no se querían manchas negras, entonces el alfarero para evitarlas efectuaba la carbonización completa.

**Figura 2.36** – Tipos de acabados químicos exotérmicos



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### Alfarería negra

Una vez la obra ya cocida, el alfarero cierra herméticamente todos los orificios del horno, introduce más leña mojada, provocando una fuerte reacción química reductora por la formación de monóxido de carbono. Este gas, es muy reactivo penetrando en la pasta cerámica reduciendo los óxidos de hierro y dotándola de ese color negro tan peculiar.

### Alfarería a la sal

Las arcillas calcáreas contienen una alta proporción de carbonato de calcio, por lo que en la cocción ya adquieren un aspecto blanquecino, y a veces amarillento en los materiales de construcción. Pero con el fin de que las vasijas queden completamente inmaculadas, se recurre a la adición de sales en particular, cloruro sódico, comúnmente sal gema. A elevadas temperaturas, el cloruro sódico, funde e impregna la superficie de las piezas (la sosa) limpiándolas y confiriéndolas una blancura inmaculada.

Se puede encontrar distintos procedimientos en la aplicación de esa técnica:

- añadiendo agua del mar a la masa arcillosa;
- al amasar la arcilla, en el pilón o balsa se le añade la sal al agua;
- añadiendo una pequeña porción de sal cuando se amasa la arcilla;
- al término de la cocción, se le tira sal ala poza hogar del horno;
- la sal se arroja por la parte superior del horno a través de la bravera.

A pesar de los siglos, su color originario prevalece y permite reconocerla entre las demás piezas cerámicas. Esta técnica originaria del Mediterráneo Oriental, llega a la península en la Protohistoria, hallándose en numerosas piezas de yacimientos fenicios, ibéricos, romanos y árabes.

### Cubiertas de engobes

El engobe es una mezcla de arcilla, óxidos y agua con la cual se cubre la pieza cerámica. Esa mixtura debe contener una parte de los componentes de la pasta utilizada para hacer la pieza, lo que asegura una mejor adherencia. Es utilizada sobre la superficie de la pieza antes de la cocción, cuando la arcilla se encuentra en estado de cuero o bizcocho y, puede ser aplicado con el pincel o por inmersión.

El engobe puede tener un color de origen natural o ser coloreado a través de óxidos y pigmentos. Los óxidos se funden durante el proceso de cocción, quedando



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

definitivamente adherida a la base arcillosa. Los colores de los engobes se pueden acentuar con la aplicación de vidriados sobre su superficie.

Normalmente se añade a la suspensión un defloculante<sup>29</sup>, como el silicato de sodio, para dispersar las partículas permitiendo un mayor contenido de sólidos. La adición del defloculante permite que el contenido de agua sea mínimo, lo que reduce la cantidad de encogimiento al realizar las piezas en moldes.

La composición básica de un engobe se da por: material arcilloso, cristal cerámico o esmalte transparente para dar adherencia y colorante o pigmento.

El engobe tiene algunas funciones como decoración, impermeabilización, homogeneización y recubrimiento de la superficie de la pieza.

### Cubiertas vidriadas

Se define vidriado como una capa vítrea fundida sobre una pasta cerámica, a la que le da tersura, impermeabilidad y color (LÓPEZ y MARTÍNEZ, 2012).

Los vidriados para cerámica deben ser muy viscosos para que puedan adherirse a la superficie y no se escurrir durante el proceso de cocción. Esto se consigue añadiendo alúmina a la mezcla.

El componente principal del vidriado es la sílice al cual se añade otros materiales como fundentes y colorantes.

El vidriado se forma cuando la cerámica se cuece a rojo vivo. Cualquier material volátil se absorbe y sólo quedan los óxidos, que comenzarán a reaccionar químicamente conforme la temperatura se eleva. Una fusión gradual se produce donde al principio será una reacción entre dos reactivos, a la que se después se van incorporando los demás óxidos hasta que todos se funden y pierden su identidad para dar un producto final, que al enfriarse forma una capa sólida de vidrio recubriendo la cerámica. El vidriado es una mezcla compleja de los distintos óxidos, más que un compuesto químico de composición definida.

El vidriado fluido que se le aplica encima puede reaccionar con el que se forma en la arcilla. Entre ambos se produce una zona intermedia llamada *interfaz*. La reacción que se lleva a cabo en esta zona sirve para que el vidriado se adhiera firmemente a la pasta de la arcilla. Cuando la temperatura comienza a bajar, los vidriados se enfrían y se solidifican gradualmente.

---

<sup>29</sup>Defloculante se trata de un elemento líquido, transparente, algo viscoso cuya composición varía según las diferentes formulaciones a base de silicatos y aditivos inorgánicos. Suele tener una densidad comprendida entre 1,25 y 1,55kg/litro en función de la formulación. (S.F., 2010)

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Los óxidos que intervienen en el vidriado son de sodio, bario, litio, estroncio, antimonio, boro, cinc y plomo, además de alúmina, titanio y sílice. Cada uno tiene su contribución particular. El calcio y el estroncio, así como el sodio y el potasio, bajan la temperatura de fusión de la mezcla. La sílice tiene un bajo coeficiente de dilatación, lo cual ayuda a evitar defectos en el vidriado. Por todo esto es el material principal del vidriado. Los otros reactivos son modificadores, que cumplen la función de ayudar a la sílice a fundirse a una temperatura inferior a la que requeriría si estuviera sola. La alúmina le da viscosidad, evitando que el vidriado fundido corra hacia abajo de las paredes de los cacharros.

Algunas de las materias primas más importantes empleadas en el vidriado son (LÓPEZ y MARTÍNEZ, 2012, 1995):

- Pedernal, compuesto de sílice, clasificado como una variedad de cuarzo. Se muele hasta obtener un polvo fino, insoluble y químicamente inerte.
- Arcilla, es la fuente de sílice y alúmina. Actúa como suspensivo en el baño del vidriado.
- Feldespato, que proporciona el material fundente. Está formado por una parte alcalina de sodio, potasio o calcio, y por alúmina más sílice.
- Dolomita, mineral natural que contiene carbonatos de calcio y magnesio en proporciones equivalentes.
- Colemanita, mineral natural que contiene calcio y boro insolubles. Es el unificante de óxido bórico en forma insoluble. Cuando se utiliza como principal fundente le da al vidriado una textura rota, moteada, brillante y con mucho colorido.
- Ceniza de huesos, compuesta principalmente por fosfato y carbonato de calcio. Es un opacificante y una fuente de calcio. Los vidriados de la cerámica china Chun de la dinastía Sung contienen además fósforo y su opalescencia se debe precisamente a la presencia de ceniza de huesos durante la fusión.
- Criolita, formada por fluoruro de aluminio y sodio. Proporciona sodio de manera natural, pero puede causar dificultades si se emplea en exceso porque provoca una porosidad capilar que pica al vidriado.
- Bórax, material soluble que facilita la fusión porque baja el punto de fusión y hace más fluida la mezcla.

La gran variedad de vidriados y la diversidad de las temperaturas a las cuales se funden se logra mezclando estos materiales en diferentes proporciones. Cada uno tiene su función particular.

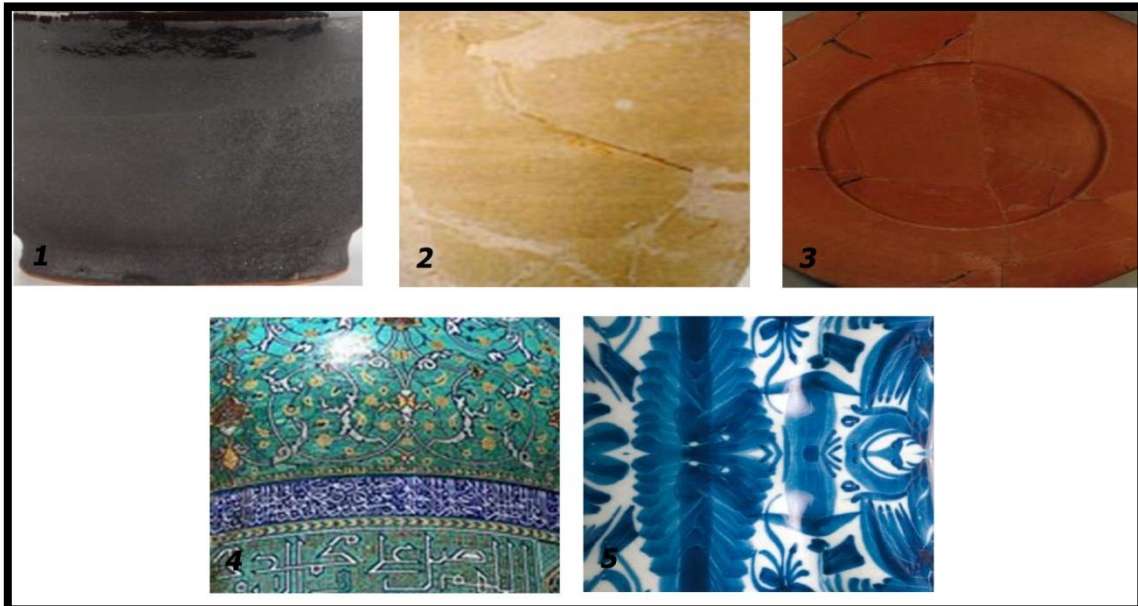
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### Cubiertas estanníferas

Las cubiertas estanníferas son la adición de estaño al barniz de plomo, de los cuales el primero proporciona blancura y opacidad y el segundo impermeabiliza y vitrifica la pieza. Las partículas de estaño se reparten en el vidrio rompiendo la translucidez del barniz de plomo creando una superficie blanca y opaca.

Son aplicados siempre por bicocción; la primera para el barro y la segunda para la vitrificación y adhesión del color al esmalte. Las decoraciones con óxidos metálicos sobre estanníferos normalmente se efectuaban después de la primera cocción del bizcocho y sobre la cubierta cruda antes de la segunda cocción (COLL, 2009, GUALIS, 1996).

**Figura 2.37** - Acabados químicos exotérmicos



1. Alfarrería negra ?; 2. Alfarrería a sal; 3. Cubierta de engobe, 4. Cubierta vidriada; 5. Cubierta estannífera.

### 2.4.1.6. Técnicas de Decoración

La decoración es el siguiente paso en la cadena operativa, que puede ser previa, en la mayoría de los casos, a la cocción de la pieza cerámica.

Una marca en la arcilla aún húmeda, las huellas en los rollos, un dibujo elaborado con esmalte sobre una pieza ya vidriada son algunas formas de decoración.

Al referirse a la decoración de las piezas se debe considerar especialmente los aspectos técnicos y tipológicos. La decoración es, sin duda, el elemento más relevante

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

para la caracterización e identificación de estilos cerámicos, pues ellos son homogéneos y recurrentes. Para muchos estudiosos es una aportación significativa que, juntamente con otras características del objeto cerámico, puede auxiliar para la determinación del grupo cronológico al cual pertenece la pieza.

Las técnicas de decoración se emplean tanto en objetos modelados a mano como en piezas hechas al torno y para eso se utilizan toda clase de instrumentos desde púas de puercoespín hasta anillas de alambre (Figura 2.38)

**Figura 2.38** - Instrumentos



Fuente: Archivo personal

Existen distintas técnicas de decoración pero siempre se llevará en cuenta la textura de la pasta pues esta influirá en el acabado de la misma.

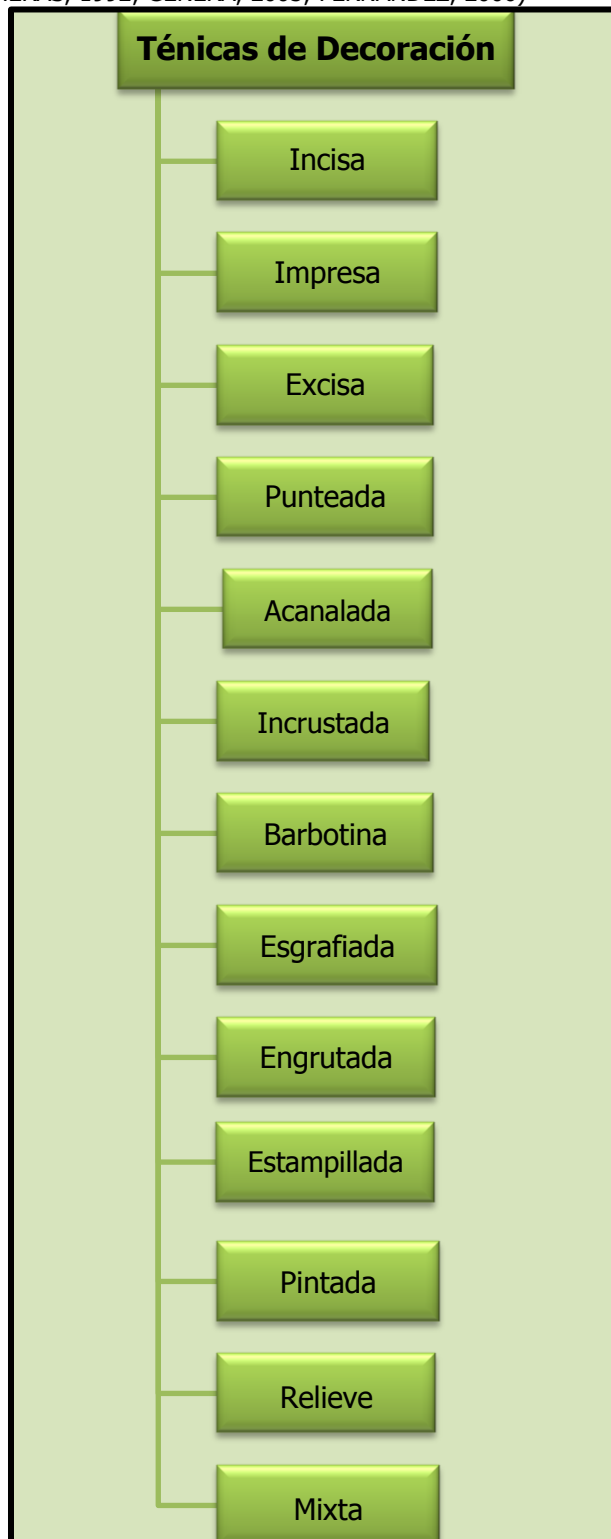
La decoración puede ser encontrada también combinada con otras técnicas.

Generalmente el término empleado para designar cada tipo de decorado, hace referencia al método o instrumental usado (Figura 2.39).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

**Figura 2.39** – Tipos de técnicas de decoración  
(HERAS, 1992; GENERA, 2005; FERNÁNDEZ, 2006)



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Se puede distinguir algunas formas decorativas obtenidas según diferentes técnicas (Figura 2.40):

### **Incisa**

Es la acción de cortar o grabar sobre la pasta húmeda, mediante el uso de un instrumento duro y afilado. Esta técnica tiene diferentes efectos según la etapa de secado de la arcilla, donde se pueden distinguir cuatro tipos de incisión (FERNÁNDEZ, 2006, HERAS, 1992):

- los bordes de la incisión están levantados, lo que indica el estado plástico (húmedo) de la arcilla;
- una incisión profunda sin bordes levantados indica arcilla semiseca;
- bordes desportillados en una incisión, poco profunda, casi superficial, indica que fue realizada en una arcilla muy seca;
- las incisiones post-cocción son irregulares, superficiales y el fondo tiene color más claro que la superficie.

### **Impresa**

Para esa técnica se necesita un objeto de una forma determinada que al presionarlo sobre la superficie de la arcilla graba un dibujo, para ello se empleaban sellos o una caña a modo de rosetas.

Se realiza de forma oblicua o perpendicular a la vasija, dejando así una marca bien homogénea. Existen tres sistemas para ejecutar esta decoración: estampado, por rodamiento y por basculamiento (FERNÁNDEZ, 2006).

Las cerámicas cardiales son un ejemplo de impresión hecha con el borde de una concha.

### **Excisa**

En esta técnica el dibujo de un motivo es hecho por levantamiento o rascado de la arcilla, dando la sensación de relieve. Este recorte del diseño puede ser total dando lugar a los denominados calados.

### **Punteada**

Consiste en el punteado de todo el cuerpo o de áreas limitadas. Los puntos se realizan usualmente en arcilla húmeda y sus tipos varían según el objeto punzante empleado. La forma puede variar de circular hasta ovalada o lagrimal.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### Acanalada

Decoración en bandas horizontales, que cubren parcial o completamente el cuerpo, son obtenidas con una herramienta en forma de formón con punta semicircular. Por ello muchos autores la incluyen dentro de la incisión.

### Incrustada

Consiste en insertar un material en el cuerpo de la pieza aún tierna, por lo general se empleaban piedras pequeñas. En el argot alfarero también se denomina enchinado.

### Barbotina

Es una técnica de decoración donde es trazado un relieve en barbotina sobre la superficie de la pieza cerámica. La barbotina es una mezcla de arcilla y de agua en estado de suspensión coloidal.

### Esgrafiada

Es una técnica que consiste en recubrir la superficie de la cerámica con una capa de óxido de manganeso, que posteriormente será rasgada con el auxilio de un buril con el fin de mostrar el color natural del barro. Ese método se conoce como esgrafiado simple. No obstante esa técnica puede ser combinada con otras como la pintura, el estampillado y la cuerda seca parcial, así denominándose esgrafiado mixto (CRESPO PASCUAL, 2001).

### Engrutada

Se considera esta técnica como la aplicación de una película de barbotina muy fluida, mezclada con pequeños grumos arcillosos, sobre la pieza de cerámica todavía húmeda. Su utilización permite disimular la porosidad de la pieza. Después de la cocción adquiere un aspecto diferente al de la pasta de la pieza.

### Estampillada

Consiste en efectuar por mediación de una estampilla o sello, una incrustación del dibujo positivo sobre la superficie. Este método ya fue empleado por los comerciantes romanos para marcar las ánforas con el propósito de distinguir la procedencia de los vinos, igualmente fue muy empleado por los Árabes para decorar las lujosas tinaja.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### Pintada

Técnica decorativa consistente en la aplicación por diversos métodos (pintura a mano alzada, estarcido, pulverizado, etc.) de pigmentos a la superficie del objeto.

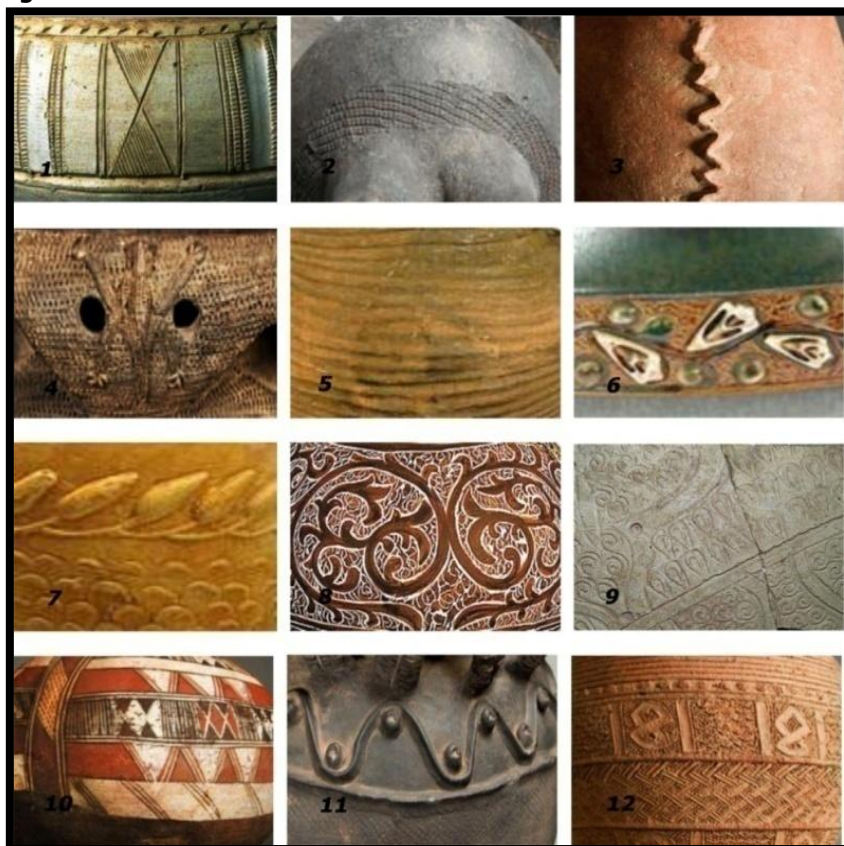
### Relieve

Consiste en la aplicación plástica de elementos decorativos que resaltan la superficie original de la pieza cerámica.

### Mixta

En esta técnica se encuentra la combinación de los diversos tipos de técnicas de decoración.

**Figura 2.40** - Técnicas de decoración



1. Incisión; 2. Impresión; 3. Escisión; 4. Punteado; 5. Acanalado; 6. Incrustación;  
7. Barbotina; 8. Esgrafiado; 9. Estampillado; 10. Pintado; 11. Relieve; 12. Mixta.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### 2.4.1.7. Técnicas de cocción

La cocción del barro se remonta a los comienzos de las civilizaciones. Existen varias teorías de como el barro se transformó en cerámica, pero sin embargo la primera técnica empleada para cocer la cerámica primitiva fue el de colocar las vasijas en el suelo y hacer fuego en su alrededor en una hoguera. En muchas culturas en todo el mundo, cocer la cerámica en una hoguera sigue siendo el método más común. Este proceso evolucionó realizando la misma quema en un hoyo, en el que se permitió un mayor control del calor en ascenso y su enfriamiento. Este sistema fue usado por todo el periodo Neolítico. Posteriormente se levantaron paredes bajas de barro alrededor del hoyo que más tarde comenzaron a cubrirse el conjunto con una capa de tiestos o con paja y barro (RHODES, 1987). Con el perfeccionamiento de la técnica hubo un aumento de la altura de las paredes y apareció un lugar especializado para el fuego, separado de la carga, que era soportada por pilares.

Después de la pieza ser moldeada y decorada, esta debe someterse al proceso de secado, que consiste en eliminar el agua añadida durante la etapa de elaboración. Este proceso está acompañado de contracción. A medida que el agua evapora en la superficie, las partículas de arcilla se van aproximando más entre sí cerrando el espacio ocupado por el agua, aumentando su contracción.

Para obtener las dimensiones finales de la pieza se debe tener en cuenta la suma del volumen del espacio dejado por el agua (poros) más el volumen de la arcilla seca (FUENTES, MEJÍA y CLAUDILLO, 2007). Para tanto se puede realizar pruebas y una de ellas consiste en moldear pequeñas tablitas de arcillas con marcas y medirlas antes y después del secado con el fin de medir el nivel de contracción de la pieza (Figura 2.41).

**Figura 2.41** - Probetas



Fuente: Archivo personal.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Durante la etapa de secado se determina la curva de Bigot (VIEIRA, FEITOSA y MONTEIRO, 2003). Esta curva es una representación gráfica de la relación que hay entre la pérdida de humedad y la contracción en el secado de las piezas cerámicas.

El proceso de secado no deberá ser brusco pues la pieza podrá agrietarse debido a que la parte exterior se seca casi completamente y se contrae mientras que en el interior permanece húmedo. Para evitar ese tipo de problema el secado debe ser lento y uniforme. Las piezas han de ser expuestas al sol o puestas en un lugar cubierto, pero con una temperatura elevada para la eliminación de la humedad de la arcilla.

La cocción de la cerámica es el proceso más relevante en toda la cadena operativa. La finalidad de este proceso es someter la arcilla a una temperatura suficiente que asegure la completa fusión de los materiales arcillosos de manera que la arcilla pierda su plasticidad y adquiera un comportamiento rígido (RYE, 1988).

Se considera esta etapa la más compleja y la que requiere un desarrollo tecnológico específico, por lo tanto se puede condicionarlo al grado de desarrollo de una comunidad.

En el proceso de cocción la arcilla sufre profundos cambios. Después del secado el siguiente cambio ocurre aproximadamente a 350°C, cuando el agua combinada químicamente comienza a eliminarse. Alrededor de los 500°C estará completamente deshidratada y la pieza ha perdido su plasticidad (DOVAL, GARCIA, DEL VILLAR, MARTIN-VIVALDI y RODAS, 1991). Estos cambios son irreversibles en que desaparece la humedad y las partículas se fusionan produciendo un nuevo elemento – la cerámica.

En la etapa de calentamiento de la pieza, la periferia está más caliente que el interior, así esta diferencia provoca una deformación. En el enfriamiento ocurre el contrario, o sea, la temperatura mayor se encuentra en el núcleo y las fuerzas exteriores están sometidas a tracciones y esfuerzos mecánicos. Por eso las roturas suelen ocurrir más en la fase de enfriamiento que en la fase de calentamiento (FUENTES et al, 2008).

### 2.4.1.7.1. Tipos de hornos

Se puede decir que las estructuras de cocción pueden ser de variadas formas desde un simple hoyo en el suelo hasta un horno bicameral.

Sin duda el primer método de cocción fue hacer el fuego directamente en el suelo. Esto evolucionó para un pozo en que, gracias al hecho de la tierra ser aislante, permitía un mayor control del calor. Siguiendo la evolución hacia una estructura fija, se

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

construyeron paredes de barro y piedras alrededor del pozo, y posteriormente cubrieron el conjunto formando una estructura fija y cerrada (RHODES, 1987).

Los primeros hornos aparecen en Mesopotamia alrededor del año 4500 a.C. Se puede encontrar también referencias a un dibujo de un horno de alfarero en una tumba de la quinta dinastía en Saqqara, Egipto.

El control de la temperatura en el proceso de cocción es uno de los marcadores de todas las etapas de la evolución de la cerámica. Con el desarrollo tecnológico de cada civilización, se modificaron también los tipos de horno, que fueron adaptándose a las necesidades de cada poblado.

En esta investigación se encuentran diversas clasificaciones para los tipos de hornos, pero se destacan básicamente cuatro: hornera, horno descubierto, horno cubierto y de nuevas energías. Seguidamente se puede ver una breve descripción de las morfología básicas de esos hornos (SEMPERE, 1999).

Hornera es un tipo de horno abierto en que la pieza cerámica estaba en contacto directo con la leña (Figura 2.42). Con origen en la Prehistoria, presentaba la morfología más sencilla y primitiva. Interesante destacar que mismo en un sistema sencillo se puede alcanzar temperaturas similares a las dos hornos cubiertos. Este tipo de horno consistía en un círculo de tres a cinco metros de diámetro con una concavidad en el suelo de aproximadamente treinta a cincuenta centímetros, donde se depositaba follajes en el fondo y se apilaban las piezas, de modo que no sobrepasase la altura de la concavidad. La cobertura final estaba hecha con ramajes que tenía la función de mantener la temperatura en el interior y evitar pérdidas de calor. Esta capa de hierba dejaba manchas en las piezas debido a la combustión imperfecta. Generalmente se utilizaban para la cocción de piezas de pequeño tamaño.

**Figura 2.42** - Hornera



Fuente: VV. AA, 2013.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Horno descubierto es un horno fijo, que poseía una estructura arquitectónica ya más específica, por simple que sea (Figura 2.43). Es la evolución lógica de la hornera. El proceso de cocción era semejante al anterior, pero con la salvedad de un muro de piedra construido alrededor. Solían ser de forma semicircular, aprovechando un desnivel del suelo. El fuego se localizaba en la parte delantera de la estructura, de donde por un estrecho conducto formado por lajas de piedra, se introducía la leña y sobre los cuales se depositaban las piezas. Así, con esa estructura sencilla, se consiguió separar el fuego de las piezas. El horno descubierto presenta distintas versiones con una sola cámara o con doble cámara.

**Figura 2.43** - Horno descubierto



Fuente: VV. AA., 2009

Prendiendo fuego a la hornalla una vez colocados los vasos cerámicos y las terracotas (Figura 2.44).

**Figura 2.44** - Hornalla



Fuente: RAMOS, 2001

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

El horno cubierto presenta una compleja estructura arquitectónica (Figura 46). Caracterizándose por una cúpula que cubre el laboratorio y que puede poseer una bravera, abertura central circular, que suele ir acompañada por dos o tres hileras de agujeros horizontales, que facilitan el control del fuego y por donde sale la llama al final de la cocción. Entre las múltiples ventajas de este tipo de horno la más importante sería la de alcanzar una temperatura alrededor de 900°C a 950°C y poder mantenerla por un prolongado tiempo. Los hornos cubiertos poseen una variedad de tipologías y arquitectura siendo compleja su catalogación.

**Figura 2.45 - Horno cubierto**



Fuente: LARA, 2009

En los hornos de nuevas energías, se consigue un total control del fuego, posibilitando alcanzar una temperatura de cocción por encima de los 1100°C., hecho este inalcanzable por los sistemas tradicionales. En principios de los años setenta, todos los hornos eran de leña, pero con la evolución de las formas de energías los hornos pasaron a ser eléctricos y más posteriormente a gas (Figura 2.46).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Figura 2.46 - Horno nuevas energías



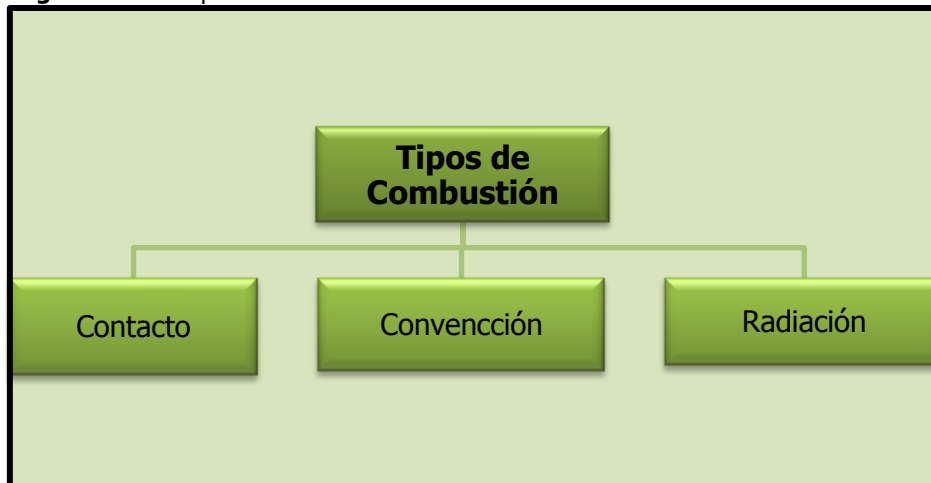
Fuente: Archivo personal.

### 2.4.1.7.2. Tipos de combustibles

Combustión es una reacción química entre el oxígeno y un material combustible que, por desprender energía, suele causar incandescencia o llama. En esa reacción interviene el combustible, que es cualquier material capaz de liberar energía cuando se cambia o transforma su estructura química y el comburente, que es la sustancia que participa de la combustión oxidando al combustible y por lo tanto siendo reducido por este último. El comburente más habitual es el oxígeno. Existen tres tipos de combustiones (GARCIA ROSSELÓ y CALVO TRIAS, 2006) (Figura 2.47):

- por contacto;
- por convección;
- por radiación.

Figura 2.47 – Tipos de combustión



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

En la combustión por contacto las cerámicas son cocidas junto al combustible y muchas veces en contacto directo con él. En este caso se produce una combustión imperfecta que tenderá a ser reductora si las piezas están muy amontonadas y por eso hay poco aire en la atmósfera, o ser oxidante si están muy separadas y por lo tanto circula más aire. En cocciones de ese tipo donde las piezas y el combustible están en contacto directo suelen producirse variaciones importantes de temperatura y atmósfera según la posición de la pieza en la hornada. El combustible usado generalmente es la leña seca.

En la combustión por convección el combustible y las piezas están separados, por lo que la combustión se consigue con los gases que emite el combustible. Este tipo de combustión está directamente relacionado con el horno pues se aprovechan las llamas que son conducidas por un tubo para conseguir unas temperaturas más perfectas y más altas.

En la combustión por radiación las piezas son cocidas por el calor acumulado en las paredes del horno que son hechas de un material refractario.

### 2.4.1.7.3. Tipos de cocción

La atmósfera en la cual las piezas son cocidas está determinada por la cantidad de aire existente para quemar el volumen de combustible disponible (Figura 2.48). En esencia existen tres tipos básicos de cocción (RYE, 1981):

- Oxidante;
- Reductora;
- Mixta o "corazón negro".

La cocción oxidante se produce cuando hay un exceso de aire (oxígeno) para quemar. En estos casos se producen pastas que presentan un color rojizo.

La cocción reductora sucede cuando la cantidad de aire (oxígeno) es insuficiente y forma monóxido de carbono. En esta atmósfera las piezas se someten a la acción de las llamas y el humo, lo que confiere un color a las pastas que varían entre el gris y el negro.

La cocción mixta o corazón negro ocurre cuando hay un defecto de la pasta cerámica, se produce normalmente cuando la cocción se realiza muy rápido. Se caracteriza por tener el interior de distinto color, debido al dióxido de carbono atrapado de la materia orgánica, ácidos húmicos contenidos en la arcilla.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

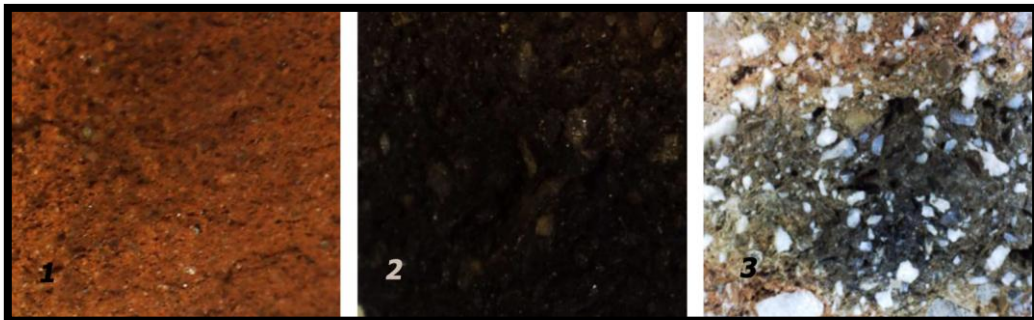
---

En Arqueología también se denomina así a las piezas mal cocidas, en fuegos rudimentarios, faltos de cocción oxidante, o bien por las arcillas recogidas en los márgenes de los ríos, y que no han pasado un tiempo de envejecimiento de las mismas.

El color de la pasta cerámica es una de las consecuencias del proceso de cocción, que se suele definir mediante los parámetros obtenidos por un catálogo estándar de colores. El color es una consecuencia de diversas variables, siendo las más importantes la talla, la cantidad y distribución de las impurezas, el hierro sobre todo y el material orgánico. Otro factor es el tiempo, temperatura y atmósfera de cocción (RICE, 1987).

La combinación de estos factores produce diferentes colores en las pastas cerámicas, permitiendo conocer el proceso de cocción utilizado. Por lo tanto el color de una pasta cerámica dependerá de las condiciones de cocción, el contenido de hierro de la arcilla y la forma en la que se distribuye dentro de la misma.

**Figura 2.48** - Atmósfera de cocción



1. Oxidante; 2. Reductora; 3. Mixta.

El estudio cromático de las pastas cerámicas es útil en el sentido de hacer una aproximación a los sistemas de cocción pues, puede indicar el tipo o tipos de atmósferas de cocción a la cual las piezas fueron sometidas. Sin embargo, se debe destacar que este método tiene limitaciones pues pueden ocurrir variaciones cromáticas en una misma pieza y una multitud de factores que influyen en el color final de las pastas.

La designación del color como forma de conocer el sistema de cocción ha sido objeto de un amplio debate sobre su validez, pero el código de Munsell se mostró eficiente en la identificación, unificación y padronización del color.

De la combinación de los distintos tipos de cocción se encuentran básicamente las siguientes modalidades:

- cocción reductora seguida de oxidante, produce una pasta roja con núcleo gris;
- cocción reductora seguida de reductora, produce una pasta gris;



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

- cocción oxidante seguida de oxidante, produce una pasta roja;
- cocción oxidante, seguida de reductora, produce una pasta gris con núcleo rojo.

### 2.4.1.8. Técnicas de Reparación

El proceso de reaprovechamiento de las cerámicas remonta al periodo Neolítico (SEMPERE, 1999). Fue empleado principalmente en las vasijas de cocina y consiste en reparar las piezas que por diversos motivos son defectuosas, sea por un error en la etapa de cocción o por un desgaste por uso, o bien porque se han roto (Figura 2.49).

En la práctica de reparación se puede ver algunas técnicas donde se utilizaba mezclas de muy diversa composición. Se puede clasificar esa mixtura como aditivos orgánicos que son:

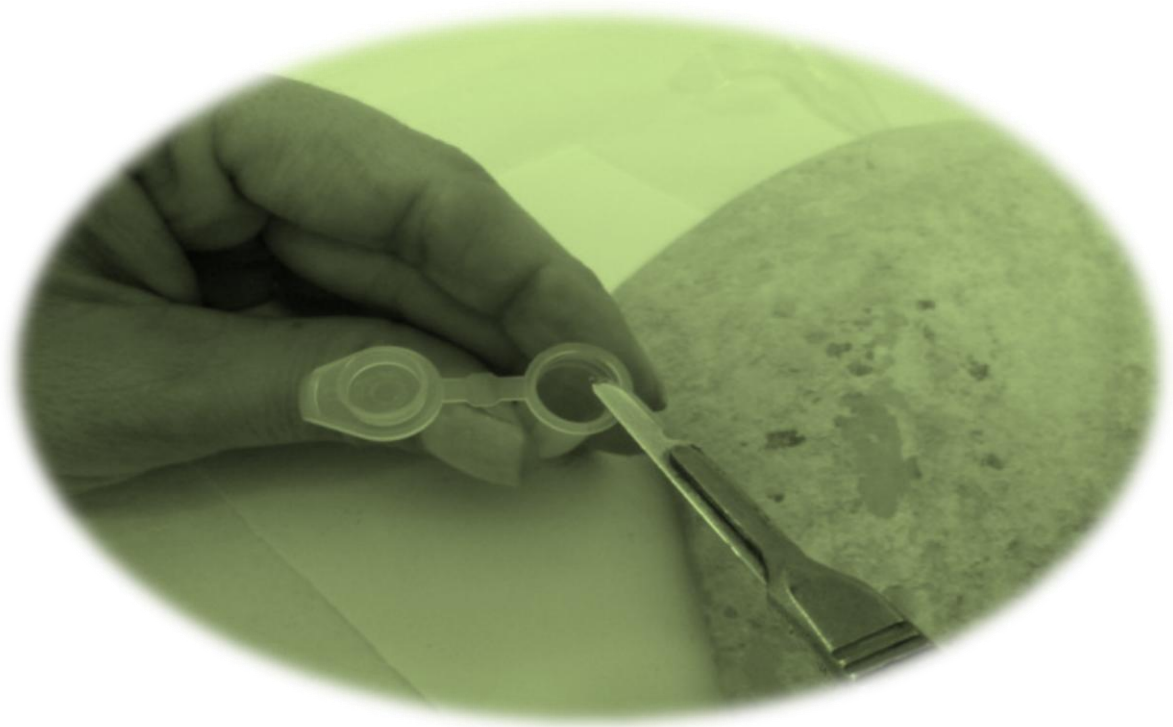
- Sangre - sangre de res, preferiblemente de toro con clara de huevo.
- Clara de Huevo - con *lapis* arcilla blanca y cal.
- Cascara de Huevo - machacada con la clara y cal.
- Cera - de las orejas de los burros, la empleaban los arrieros para tapar pequeñas fisuras o agujeros.
- Brea y Corcho - brea negra que en ocasiones se solía sellar con corcho.
- Huevo y Harina - para que el barniz se adhiriese mejor al bañar la pieza en crudo, al diluir el mineral en polvo -sulfuro de plomo - se le añadía un huevo o harina.
- Lañado y Alambrado - consiste en grapar mediante varillas de hierro para rejuntar las piezas rotas, de manera estanca. El alambrado se efectúa tejiendo una especie de malla de alambre que cubre toda la superficie exterior la pieza aún nueva, esto se acostumbraba hacer exclusivamente en piezas para el fuego y evitar que se partieran fácilmente.

**Figura 2.49** - Técnicas de reparación



Fuente: SEMPERE, 2006.

*Materiales y metodología de  
estudio*



### **3. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE ESTUDIO**

#### 3.1. Introducción

Los estudios de las cerámicas son cada vez más afinados y complejos; como se describió en el Capítulo 1, se resalta el aporte de la interacción entre varias ciencias para profundizar en aspectos tecnológicos. Un estudio interdisciplinar que ofrezca una visión más global y completa del material.

El análisis de la cerámica constituye una de las principales fuentes de información arqueológica para la comprensión del desarrollo cultural de una población (SAN ROMÁN MARTÍN, 2007). Y el estudio de las pastas cerámicas permite profundizar en el conocimiento sobre su origen y tecnología de elaboración (ORTEGA *et al*, 2006). Asimismo en ese trabajo se analizará su composición químico-mineralógica, las supuestas temperaturas alcanzadas en su proceso de cocción, además de determinar la presencia de residuos orgánicos provenientes del uso de los recipientes cerámicos.

Se debe aclarar que la escasez de muestras en algunos yacimientos es debido a la dificultad en conseguir el material. Por otro lado en otros yacimientos se pudo escoger los materiales sin dificultades. Sin embargo se cree que esa poca uniformidad de las muestras en relación a los yacimientos no sea problema a la hora de la interpretación de los datos.

Para la elección de las muestras se tuvo como criterio principal los elementos más representativos de cada yacimiento. Las mismas provienen de excavaciones arqueológicas y no están tratadas por procesos de restauración o conservación, que podrían alterarlas en los análisis futuros.

#### 3.2. Marco Geográfico

Las cerámicas analizadas provienen de las regiones Nordeste (actual Cataluña) y Sur (actual Andalucía) de la península Ibérica (Figura 51) y abarcan un arco temporal desde el período Neolítico hasta la Edad Medieval.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Como nota aclaratoria, para fines de simplificación, la nomenclatura utilizada en toda esta memoria será Nordeste y Sur.

**Figura 3.1** - Mapa de España



Del Nordeste se optó por 6 yacimientos (Figura 3.2) que aportan 88 muestras<sup>30</sup> y del Sur se utilizó 11 yacimientos de la región de Baza (Figura 3.3) que aportan 59 muestras<sup>31</sup>, reuniendo un total de 147 muestras.

<sup>30</sup> Muestras gentilmente cedidas por la Dr<sup>a</sup>. Margarida Genera i Monells.

<sup>31</sup> Muestras gentilmente cedidas por el Dr. Andrés Maria Adroher Aurox.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Figura 3.2 – Yacimientos Nordeste

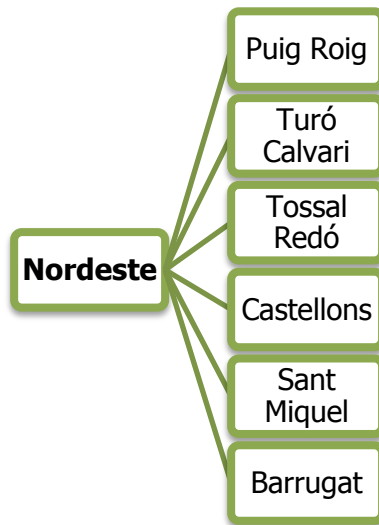
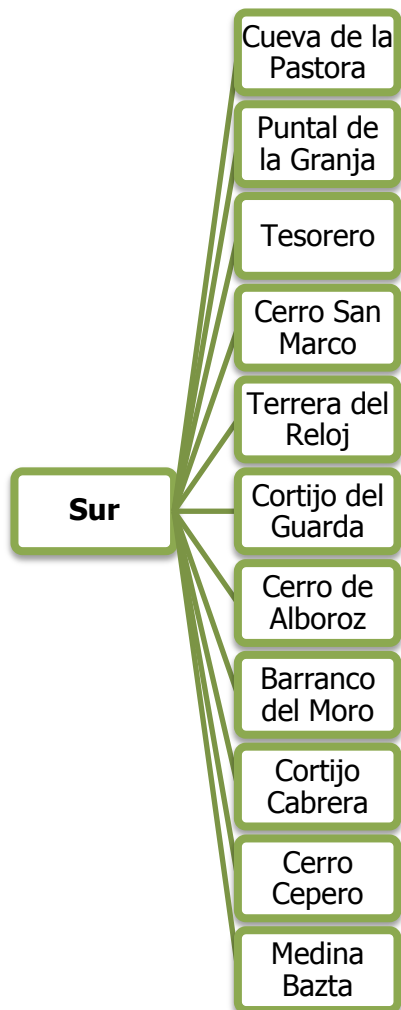


Figura 3.3 – Yacimientos Sur



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se ha hecho una catalogación de las cerámicas por yacimiento, donde fue asignado un nº de inventario, una signatura identificando cada muestra, su procedencia y cronología. Esos datos se encuentran disponibles en el anexo.

A seguir se describe resumidamente cada yacimiento con su localización geográfica (Figuras 3.4 y 3.5) y cronología.

### 3.3. Los yacimientos y sus contextos

#### 3.3.1. Nordeste de la Península Ibérica (Cataluña)

**Figura 3.4** - Mapa de localización de los yacimientos del Nordeste



1. Puig Roig; 2. El Castellons; 3. Tossal Redó; 4. Turó Calvari; 5. Sant Miquel; 6. Barrugat.

#### 1. Puig Roig del Roget

El yacimiento de Puig Roig se encuentra en la cima de un cerro a 230 metros de altitud del nivel del mar, presentando una superficie elipsoidal de aproximadamente 1.400 m<sup>2</sup> y distando 150 metros del río Siurana, afluente del Ebro. Está dentro del término de El Masroig, pero en la zona limítrofe al término municipal de Bellmunt de Siurana, en las cercanías de la antigua dependencia de la cartuja de Escaladei, territorio que pertenece a la comarca del Priorat, a unos 50 Km de Tarragona.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

En estudios iniciados en 1976 y dirigidos por la Dr<sup>a</sup> Margarida Genera, el poblado cronológicamente, ha sido atribuido a un periodo comprendido entre finales de la Edad del Bronce y la primera edad del Hierro (S. X-VII a.C.), siendo considerado uno de los más antiguos de Cataluña (GENERA, 2011).

El poblado fue devastado por un incendio alrededor del año 600 a.C., que culminó con el abandono definitivo por sus habitantes. Los trabajos de excavación han revelado dos fases de ocupación, previas a este abandono:

- Fase 1, considerada como etapa inicial, remontaría al momento de llegada de un pequeño grupo de personas, procedentes de los alrededores del cerro, que se instalaron en la colina.
- Fase 2, correspondería a la etapa de construcción del poblado actualmente visible, donde encontramos un claro trazado urbanístico siguiendo parámetros sencillos en que observamos una calle única trazada a partir de un eje central.

El cerro de Puig Roig reúne una serie de condiciones que favorecieron su ocupación, como ser un punto de cierta elevación y de fácil defensa, tener la proximidad del río Siurana, contar con la abundancia de sílex y situarse en una región rica en minas. Ese potencial mineralógico fue uno de los factores determinantes para la instalación del asentamiento. La minería y la metalurgia debieron ser algunas de las actividades más importantes de sus habitantes pues fue identificado como hábitat de mineros y metalúrgicos.

De los materiales recogidos en las excavaciones, la cerámica es el más abundante. Comprende principalmente vasijas de diversa formas y técnicas de acabados. Las piezas consistían en objetos de uso habitual como grandes contenedores, ollas o botijos. Los vasos de tamaño mediano y bordes abiertos también son frecuentes. En cambio, no aparece casi ningún plato. También se encontraron algunas tapaderas, que a menudo presentan una perforación central. Hay un predominio de la producción local de vasijas hechas a mano. Las piezas a torno son escasas y casi siempre de procedencia fenicia, o más bien una imitación indígena de las importaciones (GENERA, 1995).

En estudios específicos realizados sobre unas muestras cerámicas procedentes de este yacimiento por los Dres. Jordi Juan Tresserras y Juan Carlos Matamala (GENERA, 2010), con la finalidad de analizar los contenidos de los vasos cerámicos, se llegó la conclusión de que en un alto porcentaje, los vasos de almacenamiento contenían trazas de cereales. En unos pocos casos los investigadores constataron cristales de oxalato en

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

las paredes del recipiente que se puede asociar a cervezas, pero podría también corresponder a zumo de granada. En otras vasijas se ha comprobado la consumición de productos lácteos y miel (GENERA, 2010).

### 2. Turó del Calvari de Vilalba dels Arcs

Este yacimiento se sitúa en el alto de una colina a 440 metros de altitud, con una orientación hacia el noroeste. Presenta un tipo de formación geomorfológica típica de esta región de Terra Alta con relieve ondulado de poca elevación, altitud generalizada entre 300 y 350 metros, que enmarcan pequeños valles constituidos a partir de arroyos de tipo intermitente. Turó Calvari está ubicado en una posición estratégica, encabeza una colina donde se pueden dominar los valles formados por estos arroyos, que unen sus cauces a los pies de la colina y forman la cabecera de los barrancos de Voravall y San Pablo, y que desaguan en el río Ebro, situado a unos 20 kilómetros en dirección norte (BEA; DILOLI y VILASECA, 2002).

La primera campaña de excavación del yacimiento de Turó del Calvari de Vilalba dels Arcs, que tuvo lugar en el año de 1999 y fue dirigida por David Bea Castaño, permitió demarcar una estructura arquitectónica de gran singularidad en el aspecto formal y constructivo. El edificio se presenta aislado, sin estructuras externas asociadas y fue interpretado como el primer recinto de culto en funcionamiento durante la primera Edad del Hierro en el noroeste peninsular. Décadas después de su construcción, sufrió un violento incendio que lo destruyó y derrumbó sus paredes de adobes (BEA y DILOLI, 2005).

Se puede demarcar cronológicamente la ocupación del yacimiento de Turó del Calvari de Vilalba dels Arcs, dentro de la primera Edad del Hierro, aproximadamente entre los años 625- 575/560 a.C. (BEA; DILOLI y VILASECA, 2000):

En las campañas de excavación fueron localizados una serie de materiales, básicamente metales y cerámicas. Los materiales cerámicos presentan una fuerte homogeneidad, con características formales, técnicas y funcionales muy particulares a pesar de su diversidad de origen.

Se observa un gran volumen de recipientes para almacenamiento con predominio de las ánforas fenicias del Círculo del Estrecho de Gibraltar, que podrían ser imitaciones indígenas. Otros elementos a destacar son los grandes vasos de almacenaje fenicios, los pithoi, así como diversos platos de borde exvasado, clara imitación fenicia (BEA; DILOLI y VILASECA, 2004). Incluso aparecen piezas híbridas que aglutinarían en un mismo objeto



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

las dos tradiciones, tanto en tipología como en motivos decorativos, y que expresaban tipo autóctonos (cordones, digitaciones, etc.) al tiempo que tipologías copiadas de modelos alógenos (incisiones y retículas, entre otros).

Entre los elementos cerámicos cabe destacar al menos dos mesas rectangulares hechas con una mezcla de arcilla depurada con un desgrasante compuesto de nódulos de cal. Su función ha sido interpretada como altares móviles. Se han recuperado también unas cazoletas que se habría destinado a quemar algún tipo de líquido o sólido, posiblemente un kernos o kotiliskoi que podrían formar parte de estas mismas mesas.

Cabe aquí enfatizar que el conjunto cerámico se destaca por su volumen, sin embargo debemos dar especial atención a los diversos objetos que podrían estar relacionados con la función ritual del recinto (BEA; DILOLI y VILASECA, 2005).

### **3. Tossal Redó (Camp Redó)**

Este asentamiento fue localizado a finales de la primera década del siglo XXI, a partir de la concentración de cerámicas fabricadas a mano que se encontraban en unos terrenos de cultivo, situados en un punto muy cercano a los yacimientos prehistóricos de Mas d'en Fancisco y el de Pere Blanc de la misma localidad. Tal como el topónimo indica se trata de una pequeña elevación de pendientes suaves, donde se encuentran dichos materiales cerámicos, asociados a algunos restos de vasijas de filiación fenicia. De modo totalmente provisional, hasta efectuar una investigación del mismo, podemos suponer, basándonos en los hallazgos superficiales, que en dicho paraje se encuentra documentada una de las fases de ocupación registradas en el yacimiento del Puig Roig del Roget, ubicado en la cuenca minera del Priorat, a muy pocos Km del de Camp Redó. La única referencia publicada se encuentra en el libro de M. Genera i Monells (GENERA, 2015).

### **4. Castellons de Flix**

Este asentamiento se sitúa sobre la margen izquierda del Ebro, en una curva de este río en el municipio de Flix (Ribera del Ebro, Tarragona), encontramos dos cerros: Castellons I con una altitud de 99,93 metros y Castellons II con 108,89 metros del nivel del mar. A su lado izquierdo se encuentran el río Cana y los barrancos de Sant Joan y Sebes, y a su lado derecho el barranco de Mosselló.

Esos cerros reúnen buenas condiciones estratégicas con defensas naturales y puntos de difícil accesibilidad permitiendo un dominio visual amplio del territorio. Además,

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

está ubicado en una zona rica en recursos naturales con abundante agua, terrenos fértiles, arcillas, minerales, etc., que pueden haber favorecido la presencia humana durante varios siglos (GENERA y BRULL, 2002).

Las investigaciones permitieron conocer un complejo poblado que fue ocupado desde finales de la Edad del Bronce hasta principios de la época romana, siglos IX- I a.C.

Se puede observar que Castellons I ocupa una plataforma de cerca de 3000 m<sup>2</sup> donde se ve hacia el sureste restos arqueológicos que componen numerosas hiladas de muros que limitan espacios de planta rectangular de longitud de unos 3 metros y de anchura aproximada de 2 metros.

El cerro de Castellons II presenta una explanada de aproximadamente 5.000 m<sup>2</sup> donde se extienden numerosas construcciones principalmente de la época ibérica. Este yacimiento fue parcialmente destruido por la construcción de una trinchera en la época de la Guerra Civil y la instalación de una torre de línea de alta tensión. No obstante, se comprobó la existencia de un gran número de estructuras y una treintena de recintos.

De los materiales hallados en las excavaciones, la mayor parte pertenece a diferentes tipos de recipientes cerámicos. Esa variedad tipológica comprende una alfarería hecha a mano con grandes vasos contenedores, vasijas de cocina, cerámicas pintadas y algunos objetos importados. En un estudio más profundo se observó que esos materiales son provenientes del nivel superficial, existe un predominio de cerámica común hecha a mano, con cocciones oxidante y de origen ibérica; la presencia de grandes contenedores representan 89% de las muestras recogidas y existe una escasa presencia de material de importación (GENERA, ÁLVAREZ, GÓMEZ, RAMÍREZ y GALINDO, 2006). Fue conservado también, restos de estucos pintados, un molino con trazas de almidón y restos de maíz.

### **5. Sant Miquel de Vinebre**

Sant Miquel, en el Pas de l'Ase, se localiza en un cerro a 100 metros de altitud, en el contrafuerte de la cordillera prelitoral, se alza a 1,5 km al sudeste del poblado de Vinebre. Situada a la orilla izquierda del Ebro, dista cerca de 80 kilómetros de Tarragona.

Los trabajos arqueológicos iniciados en el año 1976 sobre la dirección de la Dr<sup>a</sup> Margarida Genera permitieron verificar que se trata de un complejo de estructuras muy adaptadas a la morfología del terreno y estimar que su cronología corresponde a la etapa final de la época ibérica (S.II-I a.C.) (GENERA, BRULL y ADELL, 2006).

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Diversos estudios indican la existencia de un solo nivel de ocupación con posterior abandono, no obstante se constatan diversas fases de planificación constructivas (GENERA *et al*, 2006).

Con una superficie de 2.200 m<sup>2</sup> es un importante punto estratégico con una amplia visión panorámica que permite un control de la zona. Por su proximidad con la ruta que conduce a la cuenca minera de El Priorat, este yacimiento adquiere gran importancia en el control de esa vía que une el interior a la arteria fluvial del Ebro (GENERA, 1994).

Basados en esas características y a través de la existencia de dos sistemas defensivos distintos se puede atribuir a ese yacimiento tanto funciones militares como también comerciales por vía fluvial. Durante la Guerra Civil el cerro de Saint Miquel fue considerada una posición estratégica.

En estudios hechos se han documentado un gran repertorio de materiales como abobes, tapiales y morteros, además de cerámicas como las vasijas de diversas tipologías, principalmente vasos hechos a mano de tradición indígena, que certifican la misma cronología de los demás materiales encontrados, tales como la terracotas, las ánforas, vajillas doméstica, u otros vasos de carácter más lujoso (GENERA *et al*, 2006).

### **2. Villa romana de Barrugat**

Este yacimiento se sitúa en Bitem, al norte del barrio de Santa Rosa, dentro del término de Tortosa, en el Bajo Ebro, 7 km al norte de esta ciudad. Su estudio y localización siempre han sido vinculados a la historia de la margen izquierda del río Ebro.

Cerca de la villa fue encontrado un pequeño cerro, llamado Planetas o Monte Barrugat, que todavía conserva restos de un poblado de época ibérica. Entre ese cerro y la villa se localiza la partida del Hort dels Xiprers donde a través de algunos indicios, presupone la existencia de una necrópolis romana.

La villa de Barrugat es el establecimiento romano más importante de la región de Dertosa<sup>32</sup> con una larga fase de ocupación que tuvo lugar entre los siglos I a.C. / I d.C. y VI / VII d.C.

Los primeros estudios sobre la villa de Barrugat empezaron en el año de 1910 y estuvieron a cargo del arquitecto Joan Abril y Guanyabens. Esta documentación resultó

---

<sup>32</sup>Dertosa es una ciudad de la Hispania romana que corresponde a la actual ciudad de Tortosa.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

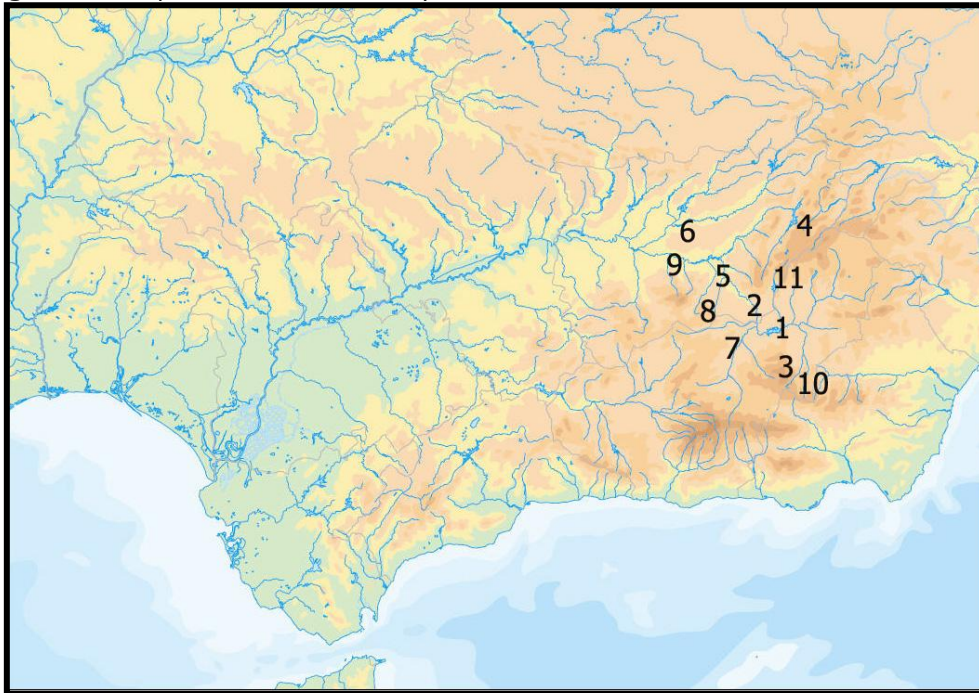
en una memoria en la cual fueron identificadas las estructuras de un conjunto termal de una villa romana. En 1984 la Dr<sup>a</sup> Margarida Genera y un equipo multidisciplinar, al profundizaren los trabajos investigativos, muestran que el yacimiento fue una villa rústica con gran actividad en la época romana, que se mantuvo con la caída del Imperio Romano y continuó durante la época visigoda. La villa habría sido abandonada por cuenta de un incendio con lo cual fueron encontrados indicios visibles en el yacimiento (GENERA y JÁRREGA, 2010).

Los hallazgos arqueológicos muestran que la villa de Barrugat vivió épocas de prosperidad y suntuosidad, demostradas a través de una rica ornamentación con grandes mosaicos policromados y elaborados estucos, además de un importante conjunto termal.

La documentación ceramológica es bastante amplia donde se puede encontrar una abundancia de vasijas ibéricas hechas a torno (GENERA i MONELLS, 1984). Se puede observar también la presencia de cerámicas sigillatas itálicas, gálicas e hispánicas; ánforas tarraconenses, béticas y de otras procedencias, así como las importaciones africanas (sigillata africana y ánforas africanas).

### 3.3.2. Sur de la Península Ibérica (Andalucía)

**Figura 3.5-** Mapa de localización de los yacimientos del Sur



1. Cueva de la Pastora; 2. Puntal de la Granja; 3. El Tesorero; 4. Cerro San Marcos; 5. Terrera del Reloj; 6. Cortijo el Guarda; 7. Cerro de Alboroz; 8. Barranco del Moro; 9. Cortijo Cabrera; 10. Cerro Cepero; 11. Medina Baza

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### 1. Cueva de la Pastora

El yacimiento Cueva de la Pastora se localiza en el borde noroeste de la sierra de Baza. Está situado a 2.350 metros sobre el nivel del mar en un cerro bastante escarpado delimitado por el Arroyo Bodurria en su zona sureste y el río Gallego en su parte noroeste. Ese entorno, que rodeaba la Cueva de la Pastora, ofrecía mejores posibilidades de subsistencia, pues sus habitantes pudieron aprovechar los suelos aluviales y extendieron un posible cultivo de secano en las zonas llanas.

Este yacimiento neolítico está cronológicamente situado a principios del IV milenio a.C. (SÁNCHEZ QUIRANTE, 1991).

A pesar de un gran expolio, fue posible recuperar una importante cantidad de material arqueológico como cerámicas decoradas, impresas no cardinales, incisas, con cordones, impresiones rellenas de pasta roja o blanca y cerámicas lisas. Además de un abundante material lítico formado por piedras pulidas sobre diferentes soportes, diversos objetos de hueso como punzones, agujas, espátulas y algunos colgantes. Fueron encontrados también brazaletes de caliza, pizarra, mármol o concha. Cabe aquí hacer una especial mención a la gran cantidad encontrada de molinos de micasquisto (SÁNCHEZ QUIRANTE, MARTÍNEZ, ROMÁN, CASSINELLO y PÉREZ, 1995).

### 2. Puntal de la Granja

Puntal de la Granja se sitúa en la ribera meridional de la cabecera del río Guadiana Menor, junto al afloramiento termal de los Baños de Zújar. La ocupación se extiende desde el punto más alto del cerro, a lo largo de toda la ladera, descendiendo hacia el valle por aproximadamente 2.3 hectáreas. A comienzo de esa década buena parte de ese yacimiento se encontraba sumergido bajo las aguas del pantano del Negratín, por lo que ha estado sometido a una fuerte erosión.

La ocupación se inicia con la Edad del Cobre, que parece su fase principal, y se prolonga hasta el Ibérico Antiguo. Esta cronología está comprobada por reciente localización, en los fondos del Museo de Baza, de materiales cerámicos de antiguas prospecciones.

En la cima del yacimiento fue documentada una serie de cerámicas africanas tipo D y sigillatas tardías, que indican una reocupación entre el Bajo Imperio y la Antigüedad Tardía (CABALLERO COBOS, PIERNAS y AYAS, 2009).

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### 3. El Tesorero

Este asentamiento se sitúa en la orilla occidental del arroyo Uclías, en un cerro pronunciado sobre la cortijada del mismo nombre. Está aparatado para antiguo laboreo de secano. La extensión de materiales alcanza los 5.700 m<sup>2</sup>, sin estructuras arqueológicas claras.

Se puede demarcar cronológicamente El Tesorero en el III milenio a.C. (SÁNCHEZ QUIRANTE, 1992).

Los materiales encontrados son principalmente cerámicas hechas a mano, que confirma la cronología del Cobre propuesta, con cerámica de la serie naranja, fuentes con improntas de molde de cestería y pesa de telar rectangular (CABALLERO COBOS, SÁNCHEZ QUIRANTE y AUROUX, 2014).

### 4. Cerro de San Marcos

Cerro de San Marcos se localiza en la orilla occidental del río Guardal, al Norte del casco urbano de Benamaurel, en una serie de espolones abarrancados sobre el río. Está bastante afectado por erosión de ladera y numerosos expolios en forma de excavaciones clandestinas. El área máxima de dispersión de materiales es de 1,5 ha, aunque la zona más clara del yacimiento, un espolón sobre el río donde tuvieron lugar los expolios, se queda en 4.500 m<sup>2</sup>. En esa zona es posible observar un gran muro de mampostería a base de jabalunas y una terraza inferior excavada, donde se aprecia alguna estructura de tumba en covacha.

Estudios apuntan que este asentamiento posee características que lo definen cronológicamente como perteneciente a la Edad del Bronce (PAREJA, 1976).

El material cerámico es a mano, con características de la Edad del Bronce, como tratamiento de bruñido, carenas, un fragmento de tulipa, y formas globulares con cuello indicado y labio exvasado, aunque hemos localizado un fragmento de torno pintado ibérico. Esto remite más a una frecuentación en época ibérica, que a una continuidad hasta ese momento, puesto que tampoco se puede determinar la existencia de una fase del Bronce Final con el material existente. (CABALLERO COBOS, 2014).

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### 5. Terrera del Reloj

Localizado en el borde noroeste de las depresiones de Guadix y Baza, a 590 metros sobre el nivel del mar, en el término municipal de Dehesas de Guadix, en la confluencia de los ríos Guadiana Menor y Fardes. El yacimiento está situado sobre un saliente calizo de fuerte pendiente que forma parte de la cuesta que pone en contacto la planicie de Pozo Alcón con el cauce actual del río Guadiana Menor, donde se encuentra una vega llana y fértil.

A través de estudios hechos en los restos de las construcciones halladas, se puede deducir que se trata de un yacimiento con un sistema urbanístico característico de la Cultura Argárica<sup>33</sup> (AGUAYO, 1981), en que se observa un sistema de terrazas escalonadas, formadas por potentes muros longitudinales con tabiques perpendiculares que individualizan las unidades de habitación, además de la existencia de numerosas tumbas abiertas en las zonas de habitación, debajo de los pavimentos de las casas.

Los primeros estudios a cerca de ese yacimiento ocurrieron en el año de 1980 y fueron dirigidos por D. Juan José Álvarez Fernández.

El yacimiento Terrera del Reloj pertenece al marco cronológico de la Edad del Bronce (segundo tercio del II milenio a.C.).

De los materiales recogidos en las excavaciones se observa un gran repertorio de objetos donde se puede encontrar restos cerámicos como vasijas de factura fina (copas, cuencos, ollas, vasos carenados) o basta (grandes orzas, ollas); objetos de adorno de diversos materiales como bronce, plata y oro; materiales de piedra tallada o pulida elaborados de sílex, cuarcita u otras rocas; objetos hechos de huesos y algunas piezas de metal.

El estudio de estos materiales proporciona indicios de tratarse de un poblado de economía mixta, cuyas actividades principales de sus habitantes están relacionadas con la agricultura y ganadería, además de la minería y metalurgia.

### 6. Cortijo del Guarda

Este asentamiento se encuentra en la margen oriental del río Guadiana Menor, frente a la confluencia de este río con el Fardes, y al norte de la desembocadura de la rambla de la Matanza en el mismo río, situado en el término municipal Dehesas de

---

<sup>33</sup> Cultura Argárica caracterizase por presentar un hábitat aterrazado y los enterramientos bajo las casas. (CONTRERAS ONORATO, M. A. y ALARCÓN GARCÍA, 2012) Esta cultura se desarrolla en el ámbito del sureste peninsular durante la segunda mitad del III milenio y la primera del II a.C. (FONTANELLA BALLESTA, GÓMEZ MARTÍNEZ y MIRAS GARCÍA, 2004).



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Guadix. El yacimiento se localiza en un contrafuerte sobre la zona de vega Tamojares, al este del Cortijo del Guarda.

Dada la proximidad del yacimiento Terrera del Reloj, cerca de 300m al sur, se puede interpretar como un hábitat del Bronce Pleno, por lo que cabría pensar que se trata de un área de producción de cerámica del dicho asentamiento, dada la correspondencia cronológica entre ambos (CABALLERO COBOS, 2010).

El material cerámico recuperado es exclusivamente a mano, con la presencia de cuatro vástagos de copa argárica y cierta cantidad de fragmentos pasados de cocción, de color negro.

### **7. Cerro de Alboroz 1**

El yacimiento Cerro de Alboroz se sitúa entre las regiones de Guadix y Baza.

Su ocupación pertenece al marco cronológico de la época del Bronce Final.

Todavía no existen publicaciones acerca de ese yacimiento.

### **8. Barranco del Moro**

El yacimiento Barranco del Moro se localiza en el territorio de Basti, a una distancia de aproximadamente 1 kilómetro de la margen derecha del río Guadiana Menor, a una altitud de 700–710 metros, sobre un cerro cónico, flanqueado por respectivos barrancos de gran profundidad.

Este poblado presenta estructuras que se pueden interpretar como fortificaciones pues es posible observar todavía algunos restos de la muralla que circundaba el asentamiento. Esa estructura defensiva caracterizaba que el poblado se especializó en el comercio con la costa y parece que con eso controlaba las principales rutas comerciales, pues fueron encontradas importantes cantidades de ánforas que probablemente transportaban el vino fenicio hacia el interior. La economía basada en la actividad comercial hizo que el poblado sobreviviera al cambio del Bronce Final hasta el siglo VI (ADROHER AUROUX, 2008).

Cronológicamente se puede situar ese yacimiento en la época del Bronce Final hasta el Ibérico Antiguo (ADROHER AUROUX, LÓPEZ MARCOS y PACHÓN ROMERO, 2002).

De los materiales recogidos en las campañas de excavación se destaca la presencia de la cerámica ibérica pintada (CABALLALERO COBOS, 2008b).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### 9. Cortijo Cabrera

Este yacimiento, en llanura, se localiza en una pequeña colina de un prominente cerro cerca del río Fardes, a 200 metros sobre el nivel del mar, en el término municipal de Dehesas de Guadix.

Cortijo Cabrera está poco estudiado y presenta como única estructura documentada un horno cerámico excavado en el terreno natural que conserva intacta toda la cámara de combustión y unos 40 centímetros de las paredes de la bóveda (RAMIREZ AYAS, 2008).

El yacimiento Cortijo Cabrera pertenece al marco cronológico de la época del Ibérico Antiguo-Pleno (ADROHER AUROUX *et al*, 2002)

### 10. Cerro Cepero

Cerro Cepero se trata de una pequeña colina poco desarrollada en altura, de cerca de seis hectáreas de extensión, amesetada en la cima, localizada en la comarca de Baza, tiendo al fondo la Sierra de Sagra.

Este *oppidum*<sup>34</sup> fue de gran importancia, pues los pobladores de una amplia región recibieron el gentilicio de bastetanos al comienzo de la conquista romana en el siglo III a.C. La conquista romana comenzó un proceso de monumentalización de la ciudad, que continuó hasta el siglo III d.C. En el siglo VII d.C. el poblado fue abandonado, trasladándose a la actual ubicación de Baza, como Medina Bazta.

Cronológicamente Cerro Cepero tiene su fase de ocupación que abarca desde la época del Bronce Final hasta el siglo VII, con una reutilización puntual en el bajo Medievo (CABALLERO COBOS, 2008b).

En este yacimiento fue posible observar algunos restos ibéricos, siendo el principal de ellos la muralla que aflora en tres puntos de la ladera. En la campaña de excavación de 2005, encontraron en la meseta superior del cerro, una terraza superior del foro romano, bajo el cual se documentó la existencia de una serie de casas ibéricas, construidas con zócalos de canto de río y alzados de adobe, que fueron arrasadas en torno del siglo I a.C., dando lugar a la construcción de la plaza.

---

<sup>34</sup> *Oppidum*: denomina el sitio habitado y fortificado de topografía elevada. Lugar principal y urbanizado entre los iberos.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### 11. Medina Bazta (Casa Cervantes)

Medina Bazta, actualmente llamada Baza, fue la refundación de la antigua ciudad íbero romana de Basti en Cerro Cepero por los musulmanes.

Entre el Conjunto Histórico de Baza, se encuentra el edificio de la antigua Imprenta Cervantes que se localiza en la Calle Arco de la Magdalena nº 1, objeto de este estudio.

Sus orígenes históricos están vinculados a los propios orígenes cristianos de Baza, o sea, a los primeros años de repoblación, pero también al periodo que marcaran la transición de la ciudad islámica a la ciudad cristiana.

El antiguo edificio de la imprenta Cervantes presenta una planta cuadrangular cuya distribución espacial resulta de las diversas remodelaciones sufridas a lo largo del tiempo. Las diferentes habitaciones del edificio se distribuyen en torno a un patio central que originalmente poseía dos alturas pues en el piso inferior consta cuatro columnas de mármol.

Cronológicamente la construcción del edificio se sitúa a mediados del siglo XVI.

Los materiales cerámicos recogidos presentan, desde el punto de vista técnico, un conjunto bien heterogéneo, con una predominancia de cerámicas de mesa, pero también con la presencia de cerámicas de cocina, transporte y almacenamiento, uso múltiple, uso complementario y de iluminación (GIL JULIÁ, 2008).

### 3.4. Metodología Experimental

El estudio de la cerámica se tornó muy relevante en la investigación histórica, tanto por su valor cronológico como también por ser un gran depositario de datos referentes a los aspectos fundamentales de la producción cerámica, de las relaciones de intercambios comerciales, de la organización social, etc.

La creciente búsqueda por datos cuantificables en el estudio de las cerámicas, fue uno de los factores fundamentales para el desarrollo de la Arqueometría en ese campo. Además de eso, se suma la gran variedad de técnicas analíticas, laboratorios especializados y menor costo. Sirviéndose del gran potencial de los métodos arqueométricos se ha podido abordar los diferentes aspectos de la cerámica, tales como: su materia prima, manufactura, procedencia y función.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

En la tecnología de producción, el proceso de confección de una cerámica puede ser reconstruido a través de varias técnicas arqueométricas, para la identificación de las materias primas, de las técnicas de manufactura, técnicas de acabado y decoración y la temperatura de cocción.

*... existe una fuerte exigencia moral y práctica para extraer la máxima información de los restos materiales recuperados durante la investigación arqueológica. [...] Inicialmente, este surgió de una curiosidad para saber lo que estos objetos estaban hechos, sino que, muy rápidamente, las preguntas más sofisticadas se les pidió - sobre todo en relación con la procedencia... (POLLARD, BATT, STERN y YOUNG, 2007)<sup>35</sup>.*

Seguidamente se describirán las técnicas empleadas, los métodos de preparación de las muestras, los tratamientos de dados a las mismas y sus análisis.

### 3.4.1. Selección de Muestras

Las muestras fueron seleccionadas optándose por hacer un muestreo más representativo de cada yacimiento. En ese proceso se tuvo en cuenta también la cronología y localización geográfica del yacimiento, así como el tamaño de las muestras.

### 3.4.2. Preparación de muestras. Lámina Delgada

Para este análisis se han elegidas 14 muestras más representativas de los yacimientos del Sur. Estos especímenes fueron elegidos siguiendo el criterio cronológico, que en esa región se encuentra más completo.

Las muestras fueron preparadas en el laboratorio de lámina delgada del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra/CSIC <sup>36</sup> y analizadas e interpretadas en el laboratorio de la Università degli Studi di Pavia (Pavia, Italia)<sup>37</sup>.

---

<sup>35</sup> “...there is a strong moral and practical requirement to extract the maximum information from the material remains recovered during archaeological investigation. [...] Initially this stemmed out of a curiosity to find out what these objects were made from, but, very quickly, more sophisticated questions were asked – most notably relating to provenance...” POLLARD, A. M. et al. *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge University Press. UK, 2007. p. 5.

<sup>36</sup> Preparación de las láminas delgadas a cargo del técnico superior Miguel Martín Quesada.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Es un método que ha sido aplicado desde mediados del siglo XIX a objetos de variadas composiciones en distintas partes del mundo (BAHN, 2007).

Las primeras secciones delgadas sólo difieren de las actuales en la mecanización del proceso; en el tipo de abrasivo utilizado, que era el esmeril y en nuestros días es carborundo y diamante y, en el desarrollo de nuevos materiales y técnicas adicionales, a medida que el estudio de los minerales ha ido progresando (MELGAREJO, 2003).

El método consiste en confeccionar una lámina de unos 0,03 milímetros de grosor a partir de un fragmento, cerámico u otro, con lo cual es necesario cortar una mínima parte del mismo, pulirla y posteriormente adherirla a un portamuestras por medio de unas resinas especiales. Esta lámina se analiza a través de un microscopio petrográfico provisto de un dispositivo que polariza la luz y permite identificar los minerales según sus propiedades ópticas.

Las secciones delgadas son la mejor manera de identificación de silicatos, como los grupos de los feldespatos, piroxenos y micas, que presentan gran similitud composicional o estructural, y con eso dificultades para su identificación por MEB o XRD, pero que son perfectamente identificables al microscopio óptico. Es un análisis que exige un operador especializado.

En algunas ocasiones el análisis sobre lámina delgada no resulta muy concluyente cuando se trata de determinar la naturaleza de inclusiones demasiado homogéneas, como puede ser el caso de la utilización de desengrasantes compuestos por arena.

El método ofrece enorme potencial para resolver importantes problemas en la composición de desengrasantes y en la determinación de áreas suministradoras de materia prima, aunque a veces haya que buscar el apoyo de otros análisis ya sean químicos o mineralógicos. Además, es el método que tiene los costos menores a pesar de que exige un aprendizaje prolongado para poder llegar a distinguir los minerales presentes en las pastas cerámicas ya que a veces presentan las mismas características que en las rocas naturales.

A seguir se describe las etapas de preparación de las muestras para el análisis de lámina delgada (Figura 3.66):

1) Inclusión: en bloques de resina, con vistas a cohesionarlas para su posterior manipulación. Las resinas utilizadas son del tipo epoxi, específicas para impregnación y montaje en frío.

---

<sup>37</sup> A cargo del Profesor Massimo Setti. Investigador del Deptº de Ciencias de La Tierra de La Universidad de Pavia, Italia.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

2) Corte: consiste en obtener un dado del espécimen a ser estudiado con menos rugosidad posible. Los discos de diamantes son los más utilizados en el corte de materiales geológicos. Se evita los de carborundo por causar rugosidades y daños a la muestras.

3) Desbaste: uso de abrasivos para la obtención de una superficie plana el más regular posible, tanto para lograr total adherencia al portamuestras, como para que no existan interferencias en las observaciones en microscopio óptico.

4) Pegado: montaje de la muestra sobre el portamuestras, una vez preparada y seca.

5) Desbastado final: consiste en desbastar la muestra hasta que sea posible observarla mediante un microscopio petrográfico convencional. Puede ser:

Mecánico - la muestra es cortada mediante una sierra diamantada a un grosor variable (entre 0,5 a 2 mm) en función tanto del grado de cohesividad de la muestra, como del tamaño de grano de la misma. En seguida se fija a un portamuestra acoplado a un tornillo micrométrico de avance y se desbasta hasta el tamaño deseado.

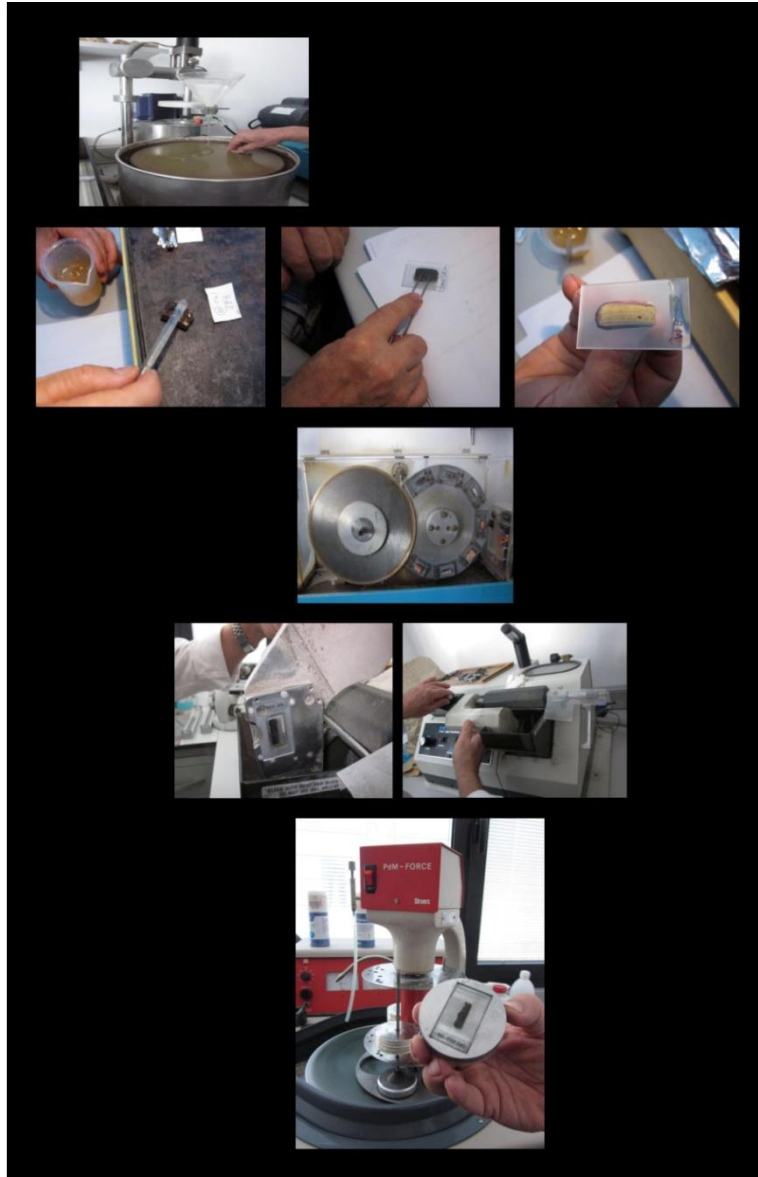
Manual – con diferentes grosores de carborundo en suspensión acuosa. Ese desbastado se realiza sobre láminas de vidrio y teniendo cuidado para que sus superficies estén completamente planas.

6) Acabado: consiste en el montaje de un cubremuestras que actúa como un protector y minimiza las posibles irregularidades de la superficie de la lámina delgada. Éste debe ser mayor que la superficie de la muestra con el portamuestra. Se distribuye una pequeña cantidad de resina sobre la lámina, colocándose a continuación el cubremuestras en unos de los bordes de la muestra y guardando 45° con la misma. El cubremuestras se deja caer con suavidad sobre la resina. Y ésta se distribuye procurando que forme una capa fina, evitando la formación de burbujas de aire.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

**Figura 3.6** – Preparación de lámina delgada



### 3.4.3. Medidas del Color

El estudio del color contribuye con informaciones importantes para comprender los procesos tecnológicos de manufactura de las cerámicas, pues las variaciones del color están directamente ligadas a la composición inicial de la materia prima arcillosa y principalmente las condiciones de cocción (RICE, 1987).

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

El término color se refiere a la composición de la longitud de onda de la luz en su aspecto visible. El color se presenta mediante la reflexión de la luz sobre las superficies de los objetos (CULTRONE, CAZALLA, RODRÍGUEZ, DE LA TORRE y SEBASTIÁN, 2005).

Las muestras fueron sometidas a un minucioso estudio para determinar el color de las pastas cerámicas.

### 3.4.3.1. Tabla de Munsell y Colorimetría

Para eso se utiliza primeramente la Tabla de Munsell que consiste en un sistema de notación de color basado en una serie de parámetros que permiten obtener una gama de colores que varían en función del matiz, brillo y croma (MORENO RAMÓN GISBERT BLANQUER y IBAÑEZ ASENSIO, 2009). En este estudio se empleó el método en seco para la toma del color, respetando la misma incidencia de luz artificial (Figura 3.7).

Posteriormente, se han complementado y profundizado los datos del color con la técnica de colorimetría. Con este método se mide y expresa cuantitativamente, a través de coordenadas cromáticas, el color en función de la cantidad de luz reflejada en la superficie de las muestras analizadas.

Para la obtención de las coordenadas de cromaticidad y luminosidad se ha utilizado un espectrómetro Minolta CM700d. Fueron analizados zonas de 3 mm de diámetro, pues algunas muestras presentaban tamaño pequeño y superficies curvas. Se empleó un diagrama bidimensional, llamado diagrama de cromaticidad que es recomendado por la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). El sistema CIE se basa en la premisa de que el estímulo para el color es la combinación apropiada de una fuente de luz, un objeto y un observador. La colorimetría tradicional se define a partir de los cálculos de los valores triestímulo de color y a partir de éstos se calculan las coordenadas de color del sistema CIELab, donde  $L^*$  es la variable luminosidad con valores comprendidos entre -100 (negro) y +100 (blanco),  $a^*$  y  $b^*$  son las coordenadas de cromaticidad, variando  $a^*$  de -60 (verde) a +60 (rojo) y  $b^*$  de -60 (azul) a +60 (amarillo) (CULTRONE *et al*, 2005; SANCHEZ y BAENA, 2008; CULTRONE, DE ROSA y RENDELI, 2011).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

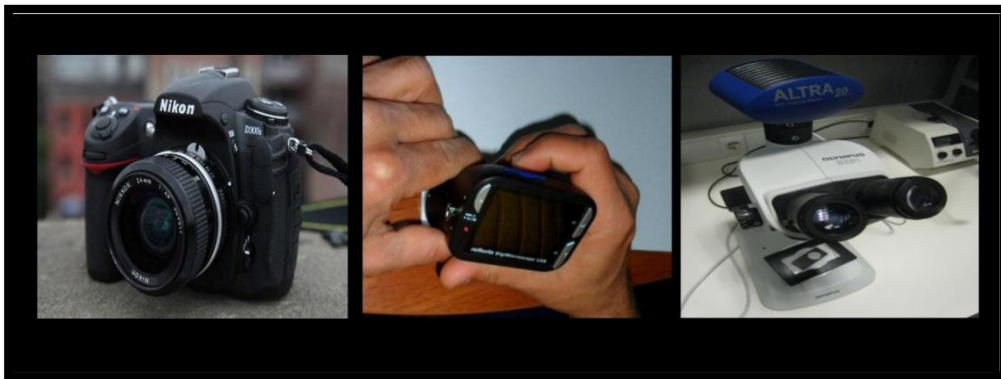
**Figura 3.7** – Medidas del color



### 3.4.4. Registro de las imágenes

Para ese registro se ha utilizado una cámara fotográfica digital marca Nikon modelo D300 para captación de las imágenes en escala normal, una lupa electrónica Reflecta Digital Microscope With LCD Screen con cámara integrada para el registro de las microfotografías y microscopio estereoscópico Olympus modelo SZ61 con cámara acoplada modelo Altra20 (aumento 20x)(Figura 3.8).

**Figura 3.8** – Registro de imágenes



### 3.4.5. Tratamiento de las imágenes

De los registros con la lupa electrónica fueron hechos una previa selección y clasificación según su origen geográfico, formando dos grandes grupos del Nordeste y Sur. Posteriormente, se ha completado el análisis textural con el tratamiento digital de las



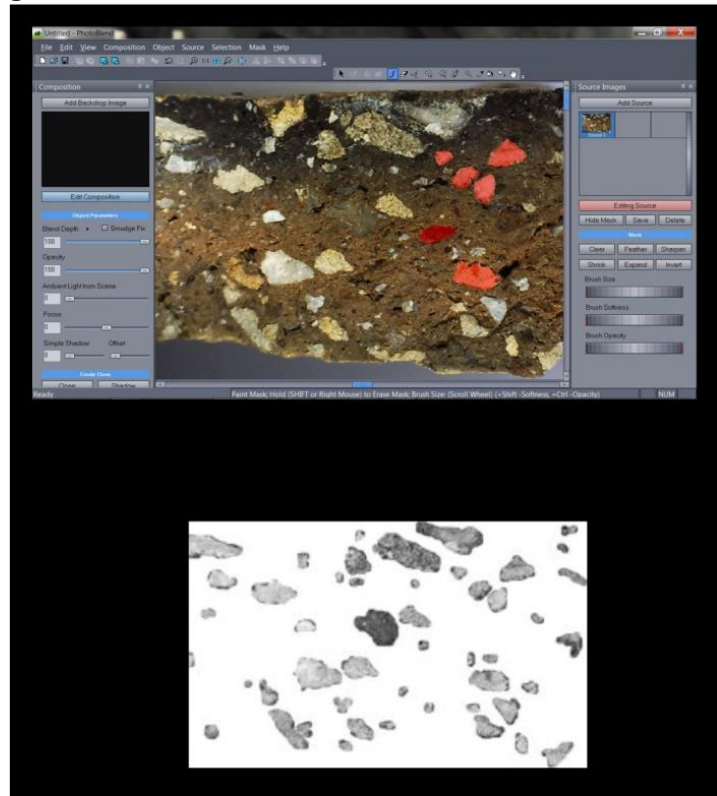
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

imágenes empleando los programas informáticos Photoblend (Mediachance<sup>38</sup>), ImageJ 1.45s (Wayne Rasband<sup>39</sup>) y Photoshop Cs5 Extended (Adobe Systems Incorporated<sup>40</sup>), que seguidamente se describe:

- Photoblend

Con ese software se han identificado, aislado y recortado los desgrasantes de mayor tamaño y los poros mayores, generando una imagen donde esos desgrasantes están apartados de la matriz arcillosa, pero conservan su posición original (Figura 3.9).

**Figura 3.9 - Photoblend**



<sup>38</sup> Mediachance - Copyright © 2010. PhotoBlend – New generation software for 2D/3D photo composition, photo mashups and 3D anaglyphs (Photoblend, 2012).

<sup>39</sup> National Institutes of Health, USA . Image Processing and Analysis in Java 1.6.0\_20 (32-bit). ImageJ is in the public domain (ImageJ, 2012).

<sup>40</sup> Adobe Systems Incorporated - Copyright 1990-2010 (Adobe Photoshop, 2012).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- ImageJ

Este programa fue aplicado con dos finalidades distintas. Inicialmente con el objetivo de identificar los desgrasantes más pequeños y en una segunda etapa para averiguar los tamaños de éstos (Figura 3.10).

Figura 3.10 – Image J



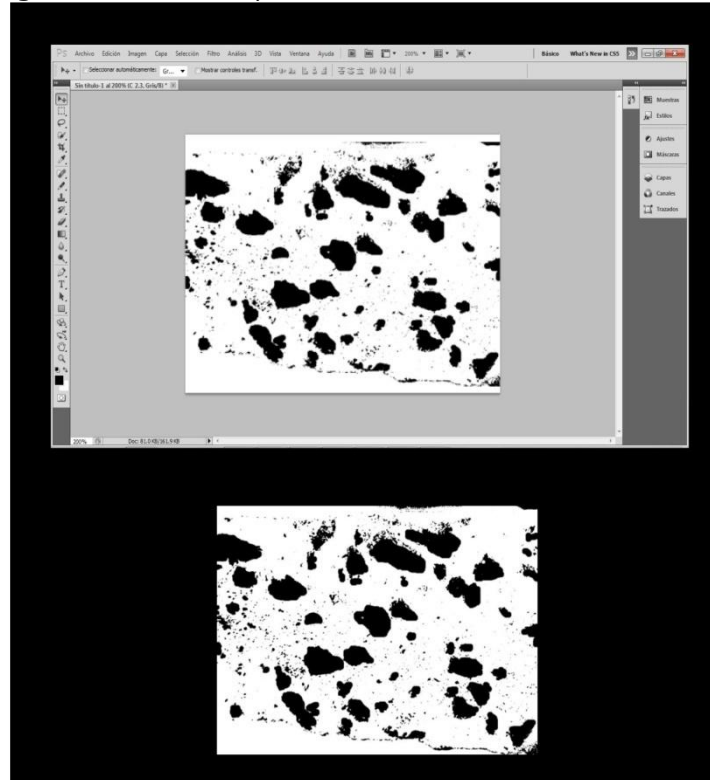
- Photoshop Cs5

Complementando los programas ya descritos se ha utilizado el Photoshop Cs5 (Figura 3.11). Éste fue empleado para transformar las fotos obtenidas con el programa Photoblend en dibujos, con la intención de facilitar la identificación de los desgrasantes a la hora de la interpretación de los datos. Subsecuente a esa etapa, se ha hecho una sobreposición de las imágenes conseguidas en los procesos anteriormente descritos. Las imágenes obtenidas presentan formato JPEG y PNG que son compatibles con el programa Photoshop Cs5 y por eso conservan la posición exacta de los elementos. Como resultado final se obtiene una imagen en la cual se visualiza los desgrasantes y los poros de las muestras estudiadas, realizando así, un análisis morfológico.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Figura 3.11 - Photoshop Cs5



### 3.4.6. Lupa Electrónica

Esta técnica de análisis también llamada de esteromicroscopio es usada para hacer un primer acercamiento a las muestras de cerámica. El aumento proporcionado por esa técnica es mucho menor que el obtenido por un microscopio, pero el campo visual de trabajo es mucho mejor, así se puede estudiar de forma detallada estructuras macroscópicas. La observación con lupa permite determinar aspectos como los distintos tipos de desgrasantes, tipos de acabado o decoración, apreciar el tipo de matriz y así, analizar el tipo de manufacturación a la cual la pieza fue sometida. Otro aspecto que puede ser observado con esta técnica son las huellas del proceso de lavado y la utilización repetida de la cerámica proporcionando así, informaciones sobre la vida útil y en algunos casos una aproximación de su contenido (SKIBO, 1992).

Para una primera caracterización de las muestras se ha utilizado una lupa electrónica Reflecta Digital Microscope With LCD Screen que presenta cámara integrada, usando un aumento de 20 X.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 3.4.6.1. Estudio de los desgrasantes

El uso de la lupa electrónica permitió hacer un estudio sobre los desgrasantes en sus aspectos de tamaño y distribución.

En el parámetro tamaño de los desgrasantes se optó por dividirlos conforme la tabla de abajo (Tabla 3.1).

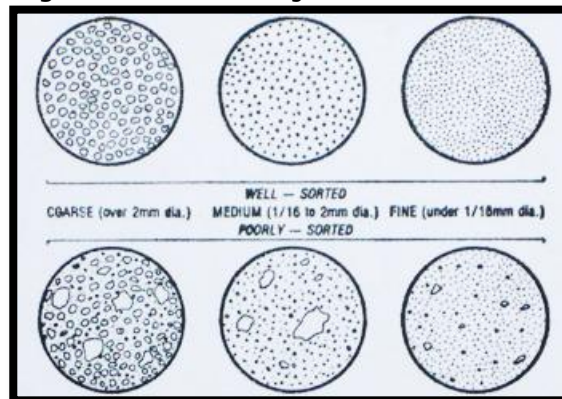
**Tabla 3.1 – Tamaño de desgrasantes**

Tamaño Desgrasantes	
Grueso	Mayor o igual a 2mm
Medio	Entre 1 y 2 mm
Fino	Inferior a 1mm

Fuente: CAPEL MARTÍNEZ, 1986.

Para la distribución de los desgrasantes se ha utilizado la escala de granos de arena de Sand Grain Sizing Folder (Figura 3.12) que originó una tabla con seis categorías que se expone a continuación (Tabla 3.2):

**Figura 3.12 – Escala de granos de arena**



Fuente: SGSF-Sand Grain Sizing Folder, 2005

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

**Tabla 3.2** – Distribución de desgrasantes

<b>Distribución Desgrasantes</b>	
1. Gruesos	Regular
2. Gruesos	Irregular
3. Medios	Regular
4. Medios	Irregular
5. Finos	Regular
6. Finos	Irregular

### 3.4.7. Técnicas Instrumentales de Análisis

De las técnicas de análisis disponibles se ha seleccionado la difracción de rayos X por su poder resolutivo que permite identificar los minerales que componen las pastas cerámicas y estimar la temperatura de cocción, la fluorescencia de rayos X que aporta conocimiento sobre la composición química elemental, y la cromatografía de gases y espectrometría de masas que permiten identificar los restos orgánicos presentes en las cerámicas estudiadas.

#### 3.4.7.1. Difracción de Rayos X (XRD)

La Difracción de Rayos X (XRD) es una técnica de análisis no destructiva ampliamente empleada en diversas áreas de conocimiento, ya que permite conocer las fases minerales presentes en las pastas cerámicas. Este análisis aporta tanto informaciones sobre las fases minerales originales (aquellas que no sufrieron modificaciones en su estructura durante el proceso de cocción), como de las neoformadas (fases de alta temperatura), o sea, las que son productos de las reacciones producidas durante el periodo de cocción (CAPEL MARTÍNEZ, 1986). El conocimiento de las fases minerales permite determinar la composición de la materia prima y la temperatura a que fue sometida la cerámica en su proceso de cocción. Además de eso la comparación entre los datos obtenidos de las cerámicas y los datos de los sedimentos permiten determinar el origen de las piezas cerámicas (CAPELMARTÍNEZ, GONZÁLEZ y GARCÍA, 1979).

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

A finales del siglo XIX los científicos todavía no habían comprendido completamente los rayos X. Para algunos eran rayos penetrantes y deberían ser ondas electromagnéticas (KOTZ, TEICHEL y WEAVER, 2002). Fue Max Von Laure que, en 1912, descubrió que las sustancias cristalinas pueden actuar como redes de difracción tridimensionales de rayos X, para eso observó que los cristales tienen planos bien regulares y próximos unos de los otros y dedujo que si los rayos X tuvieran longitud de onda comparable con la distancia entre los planos de los cristales, sería posible difractar un haz de rayos X pasándolo a través de un cristal. Estos rayos X son generados por un tubo de rayos catódicos, son filtrados para producir radiación monocromática, colimados para concentrar, y dirigidos hacia la muestra. La interacción de los rayos incidentes en la muestra produce interferencia constructiva y un rayo difractado, cuando las condiciones satisfacen la ley de Bragg ( $n\lambda = 2d \sin \theta$ ). Esta ley relaciona la longitud de onda de la radiación electromagnética con el ángulo de difracción y el espaciado reticular en una muestra cristalina. Estos rayos X son detectados, procesados y contados. Mediante la exploración de la muestra, a través de una serie de ángulos  $\theta$ , debe alcanzarse todas las direcciones posibles de difracción, debido a la orientación aleatoria del material en polvo. La conversión de los picos de difracción a *d-spacings* permite la identificación del mineral pues cada mineral tiene un conjunto único de *d-spacings*. Esta identificación es posible mediante la comparación de los *d-spacings* con patrones de referencia estándar (DUTROW, y CLARK, 2012).

### 3.4.7.1.1. Preparación y tratamiento de las muestras

Existen diversos tipos de técnicas de preparación para el análisis por Difracción de Rayos X (XRD) que están relacionadas con el tipo de material, equipamientos y finalidades del estudio. Por eso no existe un método de preparación de muestras estándar que sirva a todos los propósitos (MOORE, y REYNOLDS, 1997).

En este estudio, antes de analizar las muestras por Difracción de Rayos X (XRD), éstas fueron trituradas en un mortero de cobre con la finalidad de reducir las a una fracción adecuada para el método del polvo facilitando así, el proceso de molienda en el molino de bolas vibrante FRITSCH, modelo Mini-Mill Pulverisette 23, durante el periodo de tiempo de 45 segundos. Las muestras molidas fueron debidamente identificadas y



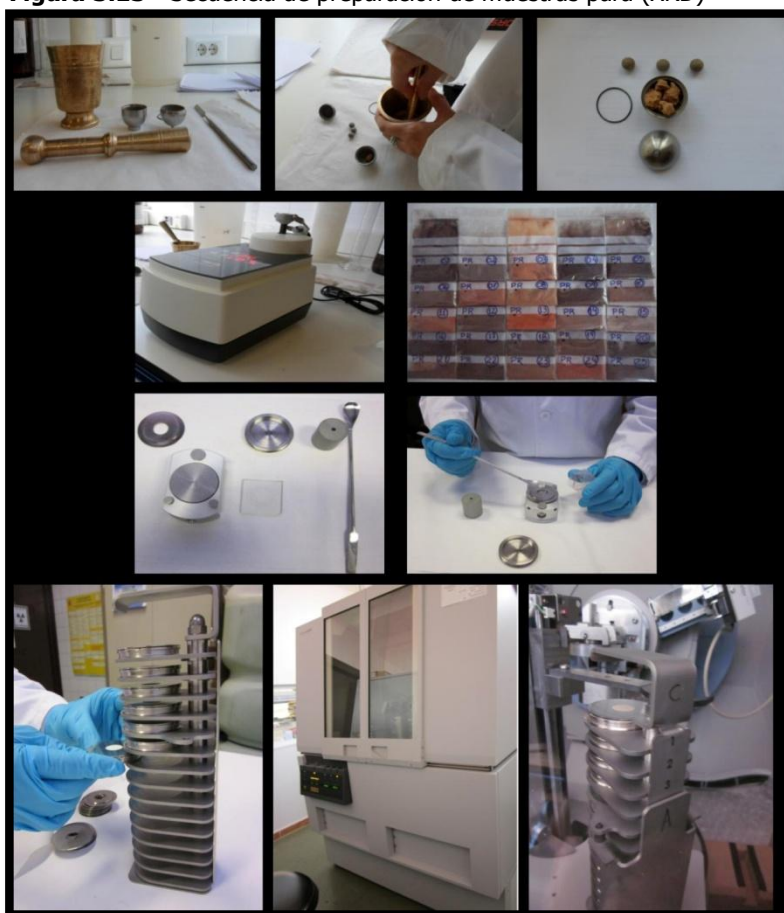
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

acondicionadas en bolsitas plásticas para su posterior análisis en el difractómetro (Figura 3.13).

El análisis se ha realizado en el difractómetro<sup>41</sup> PANalytical modelo X'Pert PRO con radiación K alfa del Cu ( $\lambda = 1.540598 \text{ \AA}$ ) con filtro de Ni a una velocidad de barrido de 2 theta/minuto (0.01/seg.) en condiciones de trabajo de 45 Kv y 40 mA y análisis de polvo rutina en 10 min, de 4 a 70°2Th.

Las muestras fueron colocadas en portamuestras, compactadas y acondicionadas en las estanterías que posteriormente, fueron llevadas al difractómetro.

**Figura 3.13** - Secuencia de preparación de muestras para (XRD)



Los diagramas de difracción o difractogramas, fueron obtenidos a través del software X Powder<sup>42</sup> (versión 2010) para los análisis cualitativo y cuantitativo de muestras complejas usando el método de polvo. La base de datos del fichero empleada fue la PDF2.DAT de ICDD (The International Centre for Diffraction Data).

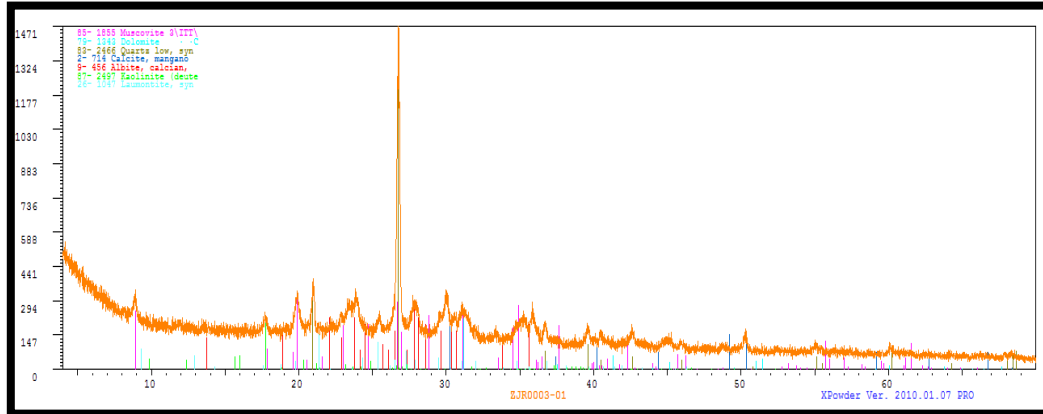
<sup>41</sup> El Difractómetro se encuentra en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT), que es un centro mixto perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Granada (UGR).

<sup>42</sup> Programa gentilmente cedido por el Dr. José Daniel Martín Ramos del departamento de mineralogía y petrología de la Universidad de Granada.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

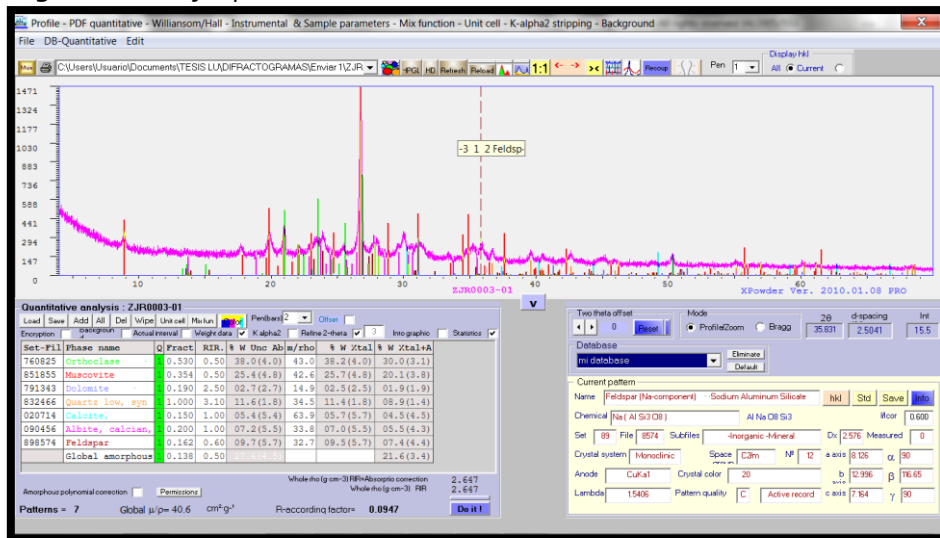
La identificación de las fases cristalinas de las muestras es un proceso automático que genera difractogramas completos e individuales (Figura 3.14).

Figura 3.14 - Difractograma



El análisis semicuantitativo sobre las fases cristalinas y amorfas resultó en un cuadro donde se puede observar los componentes de la muestras y sus porcentajes en peso (Figura 3.15).

Figura 3.15 – Ejemplo de análisis semicuantitativo

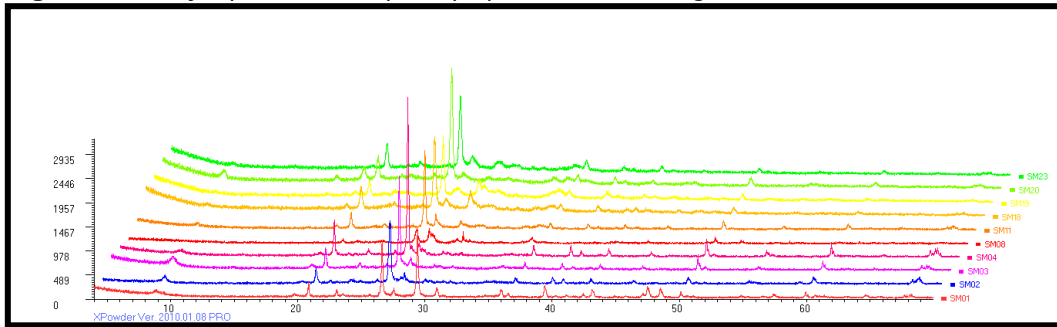


Después de esas etapas fueron formados grupos en cada yacimiento según su composición mineralógica y su confirmación mediante la superposición de los difractogramas (Figura 3.16).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Figura 3.16 – Ejemplo de análisis por superposición de difractogramas



En ese apartado se ha trabajado solamente con los difractogramas de sobreposición de los grupos. Los difractogramas individuales se encuentran en una base de datos en el anexo de este trabajo investigativo.

### 3.4.7.1.2. Estimación de la Temperatura

De acuerdo con lo ya expuesto, se puede estimar la temperatura de cocción de una cerámica mediante el conocimiento de sus fases cristalinas obtenidas a través de la técnica de Difracción de Rayos X (XRD).

Cabe aquí destacar que la estimación de la temperatura con la XRD tiene un carácter relativo, sobre todo si éste no va acompañado de otro tipo de estudio, como por ejemplo, la determinación de la temperatura de cocción equivalente, pero se considera que con ese método se puede obtener una información válida y complementaria a la conseguida mediante otras técnicas de análisis (GARCIA ROSSELLÓ y CALVO TRIAS, 2006).

No se puede hablar de temperatura sin conocer un poco de las características de los elementos que participan en ese proceso. Por eso, este apartado trata de los elementos que fueron identificados en esa investigación (Tabla 3.1).

Siguiendo este pensamiento se empieza por la familia de los silicatos. Los minerales de ese grupo son los de mayor abundancia por constituir cerca del 90% de la corteza terrestre. El cuarzo, importante representante de esa familia, es el componente fundamental de gran número de tipos de rocas y en esta investigación se desconsidera su rango de temperatura por ser un elemento estable hasta los 1460°C (GÜETO, 2005) y por considerar que esta temperatura no ha sido alcanzada por los especímenes estudiados. También de ese grupo, la cristobalita, que es un polimorfismo del cuarzo, empieza a

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

transformase entre 180-270°C (RUIZ CRUZ, 2001). Se mantiene estable hasta la temperatura de 1470°C y alcanza la temperatura de fusión a 1728°C (KLEIN y HURLBUT, 2008).

En el grupo de las micas se encuentra la moscovita que es la especie más común de ese grupo. Ésta sufre cambios considerables por calentamiento superior a 350°C (RODRIGUEZ-NAVARRO, CULTRONE, SANCHEZ-NAVAS y SEBASTIAN, 2003), presenta una deshidroxilización entre 800-900°C (ORTEGA, 2006); periodo que empieza a transformarse en mullita (CULTRONE, RODRÍGUEZ, SEBASTIÁN, CAZALLA, y DE LA TORRE, 2001; BUYS y OAKLEY, 2011), desestabilizarse a 925°C (ORTEGA, 2006) y se transforma en mullita en definitivo a 1000°C (CULTRONE *et al*, 2001). La biotita, también perteneciente al grupo de las micas, empieza a transformarse entre 350-400°C y se funde a 850-900°C (GARCÍA-ARIAS y CORRETGÉ, 2010). La paragonita es un mineral que muestra una curva muy similar a la de moscovita, presentando una deshidroxilización entre 800-900°C y se desestabiliza a 925°C (ORTEGA *et al*, 2006). La illita indica temperatura de cocción más baja que 900°C (GUGGENHEIM y KOSTER VAN GROOS, 1987; CULTRONE *et al*, 2001).

En la pasta cerámica la abundancia de feldespatos es debido a procesos de nucleación y crecimiento de los mismos en las reacciones ocurridas por calentamiento, que son las fases cuando la temperatura del horno alcanza los 700° C, donde hay el propio inicio de formación de las plagioclasas (GALLART y AGUAYO, 1988; CAPEL MARTINEZ *et al*, 1979). En la familia del feldespato también se observa que la microclina es clasificada como baja hasta 400°C, intermediaria de 400 a 500°C y alta de 500 a 700°C, siendo considerada la fase baja de temperatura de los feldespatos (KLEIN y HURLBUT, 2008). La ortoclasa es la fase intermediaria de temperatura de los feldespatos, encontrándose en un rango de 700 hasta 1000°C. La sanidina representa la fase alta de los feldespatos y aparece después de los 1000°C (KLEIN y HURLBUT, 2008). La región intermedia entre la sanidina y la albita alta se denomina anortoclasa, y esta aparece en temperaturas entre 950-1000°C (KLEIN y HURLBUT, 2008). Se puede clasificar también la albita en tres fases: baja hasta 650°C; intermedia de 650 a 800°C y alta de 800 a 1000°C, siendo su punto de fusión entre 1120-1170°C (KLEIN y HURLBUT, 2008). Y terminando el grupo de los feldespatos se encuentra la anortita, que indica temperaturas mínimas de 900°C en cerámicas sin carbonatos (RINCÓN-ORTÍZ, VALENCIA-RÍOS, PEIRÓ, NUÑEZ y CARDA-CASTELÓ, 2009; ORTEGA *et al*, 2006) y en cerámicas con carbonatos la

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

temperatura mínima es de 1000°C (CULTRONE *et al*, 2001). Ésta se fusiona a una temperatura de 1533°C (PAQUET y DERCOURT, 1984).

En el grupo de los piroxenos se encuentra el mineral que da nombre al grupo. Éste aparece a temperaturas de 850-950°C (TSANTINI, 2004; FLORES ALÉS, 1999). Otro mineral perteneciente a ese grupo es la diopsida que indica una temperatura superior a 850°C en cerámicas con carbonatos (Di MAIO, 2011) y una temperatura mínima de 900°C en las cerámicas sin carbonato, siendo su punto de fusión de 1.350°C (ORTEGA, 2006; GALLART, 1988).

El grupo de las zeolitas está formado por analcima que aparece entre 950-1000°C y se fusiona a 1150-1530°C (OGASAWARA, FONSECA, PINTO, SANTOS, FRANÇA y COSTA, 2010; TSANTINI *et al*, 2004). También de ese grupo se encuentra la laumontita que empieza a transformarse entre 150-250°C y su colapso surge a temperatura superior a 600°C (KLEIN y HURLBUT, 2008).

La clorita pertenece al grupo de las cloritas, indica una temperatura de 250-300°C (GONZÁLEZ-PARTIDA, REYES y ESCOBEDO, 1992), se contraen ligeramente tras un calentamiento entre 500-600°C y su cristalización a piroxenos ocurre entre 600-700°C (RUIZ CRUZ, 2001).

La caolinita que pertenece al grupo de las arcillas, surge entre 150-200°C, manteniéndose estable hasta 300°C; después de esa temperatura forma albita y microclina (GONZÁLEZ-PARTIDA *et al*, 1992) y se transforma en mullita y cristobalita alrededor de 980°C (REYES LÓPEZ y SERRATO RODRÍGUEZ, 2007 y RUIZ CRUZ, 2001).

La mullita inicia su surgimiento entre 800-900°C (RODRIGUEZ-NAVARRO *et al*, 2003), pero tiene su formación definitiva en temperaturas superiores a 1000°C (ORTEGA *et al*, 2006; CULTRONE *et al*, 2001). Y terminando la clase de los silicatos, se encuentra el olivino, del grupo del mismo nombre, que aparece a 800°C y se cristaliza a 1200°C (GÓMEZ, DE MEATZA, MARTIN, BOYANO, CANTERO y RABANAL, 2010).

La gehlenita se forma a expensas de carbonatos en un rango de temperatura entre 750°C (ambiente oxidante) y 850°C (en un entorno de reducción) y luego desaparecen en alrededor de 950°C. (SETTI, LANFRANCHI, CULTRONE y MARINONI, 2012).

Para la clase de los carbonatos, se encuentra la calcita que indica una temperatura entre 700-800°C (OROSCO, RUIZ, TÚNEZ y GONZÁLEZ, 2009; RUIZ CRUZ, 2001). Ésta inicia una transformación a óxido de calcio a partir de 800°C (ELERT, CULTRONE, NAVARRO y PARDO, 2003) y se descompone entre 830-870°C (CARDEL, GUERRA,

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

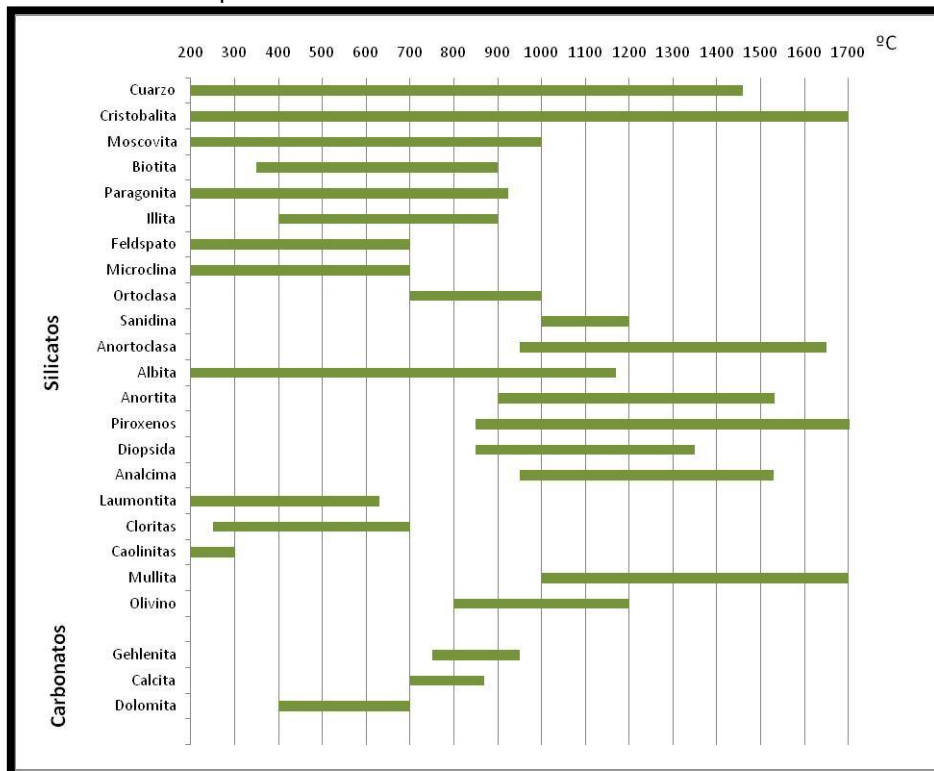
ROMERO-PASTOR, CULTRONE y RODRIGUEZ, 2009). La dolomita, también es un carbonato, e indica una temperatura inferior a 700°C (OROSCO *et al*, 2009; GALLART, 1988; BOYTON, 1980) pues se descompone seguramente en temperaturas superiores a ésta (CARDEL *et al*, 2009).

De la clase de los óxidos se encuentra la hematita y ésta no presenta efecto térmico hasta 1000°C (RUIZ CRUZ, 2001).

El yeso, de la clase de los sulfatos, presenta un proceso de deshidratación en el rango de 0-65°C y empieza la transformación de su estructura a una temperatura de 95°C (KLEIN y HURLBUT, 2008), sin embargo esta transformación sería en clases de yesos distintas pues solo sufre su transformación total a partir de 1350°C por eso también no consideramos su efecto térmico (NAVARRO LIZANDRA, 2005).

Finalmente en la clase de los fosfatos, la fluorapatita que aparece entre 110-120°C y su punto de fusión es alrededor de 1600°C (ORIOLO, 2008; MALLMANN, CUPERTINO y CHEMALE JUNIOR, 2002). También perteneciente a esta clase, la clorapatita que presenta una temperatura límite de 620°C (CARDELLACH, CORREIG, CUEVAS y FONT-ALTABA, 1975).

Gráfico 3.1 – Temperaturas de fusión



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### 3.4.7.2. Fluorescencia de Rayos X (XRF)

En el campo de rayos X son muy interesantes los espectros de fluorescencia por el gran potencial analítico (químico) que poseen, ya que los rayos X producen fluorescencia en determinados materiales (MARTÍNEZ, BARÓN GONZÁLEZ y GIL NOVOA, 2006).

La espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (XRF) es un método multielemental de análisis químico que mide la emisión secundaria o fluorescente de radiación X cuando una muestra es excitada con una fuente de radiación X.

La energía incide sobre la muestra mediante procesos de dispersión y de absorción. Durante el proceso de absorción, la radiación primaria expulsa un electrón de las órbitas internas del átomo (K, L, M), transformándolo en inestable. Para volver a tener una estructura estable el átomo puede emitir un electrón (PROCESO DE AUGER) o puede sustituir la plaza vacante por un electrón de la capa externa siguiente, originando un salto cuántico. La transmisión de electrones de las capas internas a las externas, origina un exceso energético disipado en forma de fotones que provoca una radiación X secundaria o fluorescente. Esta radiación secundaria tiene una longitud de onda característica y una intensidad relacionada con la concentración del elemento químico de cada muestra. Así que al cuantificar esta radiación se determina la cantidad de cada elemento químico en la muestra (WHISTON, 1987).

Los elementos mayoritarios y minoritarios componen la mayor parte de las muestras (Al, Fe, P, Mn, Mg, Ti, Ca, K, Si), sus concentraciones se expresan en porcentajes de óxido ( $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $P_2O_5$ ,  $MnO$ ,  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $CaO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $Si_2O$ ) y los elementos traza se expresan en partes por millón (ppm) (Ba, Mo, Nb, Zr, Y, Sr, Rb, Th, Pb, Sn, Ce, Ga, Zn, W, Cu, Co, Ni, V y Cr). Esta técnica permite acceder a información cuantitativa bastante completa de los componentes de las pastas cerámicas (MARTÍNEZ *et al*, 2005).

#### 3.4.7.2.1. Preparación y tratamiento de las muestras

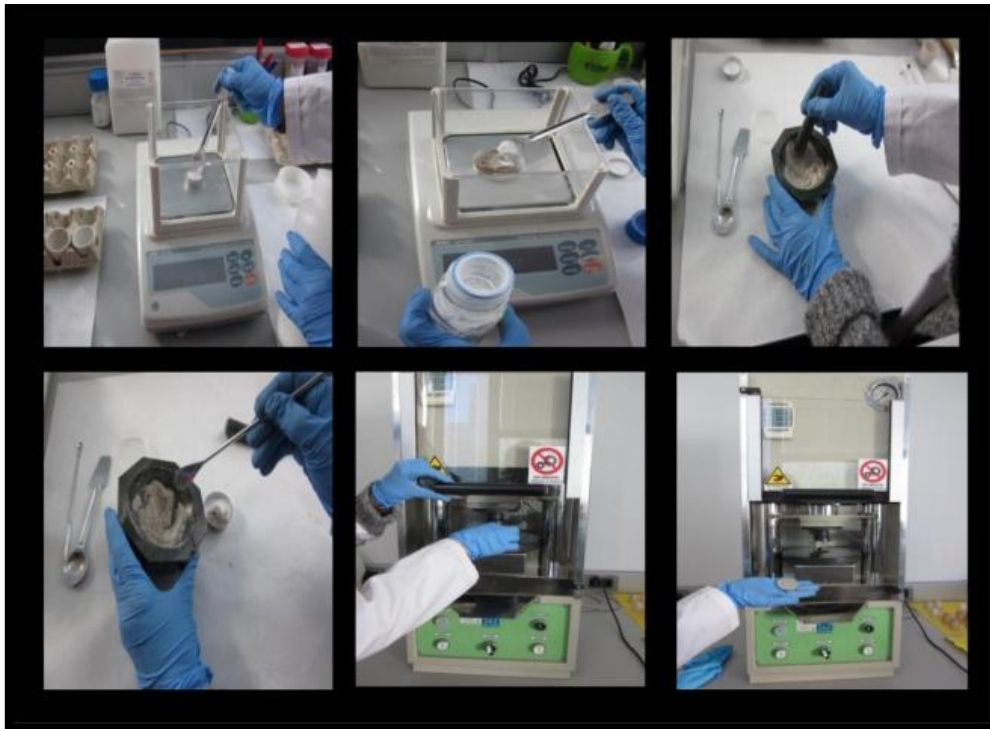
Las muestras fueron molidas en el molino de bolas vibrantes FRITSCH, modelo Mini-Mill Pulverisette 23 durante 60 segundos con 50 vibraciones por segundo. A continuación las muestras trituradas fueron preparadas para el método de pastilla y de perla. El método de pastilla proporciona informaciones de elementos mayores y elementos traza y el método de perlas sobre elementos traza.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Pastilla prensada

En una cazoleta de aluminio rotulada con el nombre de la muestra se coloca una base de ácido bórico (aproximadamente 4 gramos) para no tener que rellenar toda la cazoleta con muestra. En una balanza se pesa 5 gramos de muestra en polvo y 0.5 gramos de cera C de Hoestch micropolvo Merk (10% de la muestra) que servirá de aglutinante y se homogeniza en un mortero de ágata. Se coloca esa mezcla sobre la base de ácido bórico, dando pequeños golpes y a la vez girándola para que se quede un poco más compacta. Se lleva la cazoleta en la prensa hidráulica (marca NANNETI, modelo Mignon-S) durante 30 segundos, obteniéndose una pastilla prensada de 40 mm de diámetro (Figura 3.17).

**Figura 3.17** – Secuencia de preparo para pastilla



- Perlas

En una balanza de precisión se coloca un crisol de platino y se tara. Se pesa 8.1 gramos de tetraborato de di-litio y 0.9 gramos de muestra molida; se mezcla bien con una barrita de cristal. Con una espátula pequeña se añade nitrato amónico y 100µl de ioduro de litio en disolución (100gramos en 100 ml de agua ultra pura); se coloca el crisol y el



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

molde en la perladora (marca Fluxana-HD Elektronik, modelo Vulcan 4M); se etiqueta la cerámica frente al crisol con el nombre de la muestra y se realiza la fusión (Figura 3.18).

**Figura 3.18** – Secuencia de preparación para perla



Las muestras preparadas en pastilla o perlas son acondicionadas en los portamuestras, cargados en el espectrómetro secuencial de fluorescencia de rayos X (marca Bruker AXS, modelo S4 Pioneer)<sup>43</sup> con una potencia máxima de 4 kW. El aparato está dotado de un tubo de rayos X de ánodo de Rh (60 kV, 150 mA); tres cristales analizadores (OVO-55, LiF 200 y PET); un colimador de 0.23° y otro de 0.46; filtros de

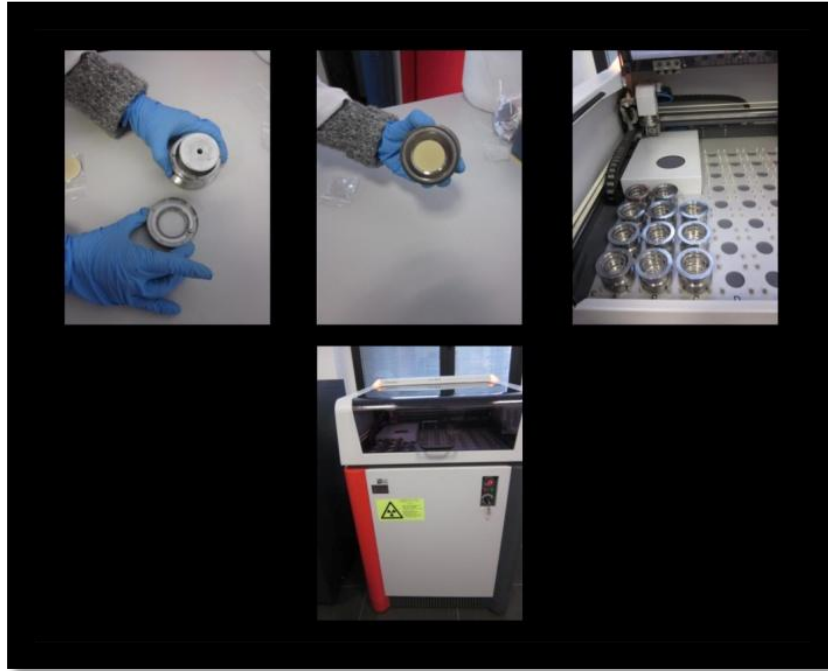
<sup>43</sup> El equipo de fluorescencia de rayos X se encuentra en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT), que es un centro mixto perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Granada (UGR).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Pb, Cu, y Al; un contador proporcional de flujo para la detección de los elementos ligeros y un contador de centelleo para los pesados y posteriormente analizadas (Figura 3.19).

**Figura 3.19** – Acondicionamiento en el espectrómetro



Los resultados fueron obtenidos con el auxilio de la Inteligencia Analítica Integrada (IAI) de SPECTRAplus, la solución de software XRF para la calibración y evaluación que permite la preparación de informes suministrando parámetros de medida optimizados para realizar operaciones de rutina. Los datos fueron interpretados por el propio software del equipo.

### 3.4.7.2.2. Quimiometría

En el área de la química analítica hubo un crecimiento importante en los últimos años debido a una gran cantidad de datos relativos a los análisis generados en las técnicas instrumentales. Estas informaciones son complejas y variadas, lo que originó una creciente necesidad de nuevas herramientas para extraer las informaciones más relevantes de un conjunto de datos. La Quimiometría surge como un área destinada específicamente a los análisis de los datos químicos de naturaleza multivariable (DE



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

OLIVEIRA, NETO y FERREIRA, 2006). Su rápido desarrollo en la química analítica se basa en el creciente y masivo uso de los ordenadores acoplados a la moderna instrumentación (PORCEL, 2001).

En una definición más profundizada se puede decir que la Quimiometría es parte de la química que, a través de la matemática, estadística y lógica formal diseña procedimientos de medida óptimos y aporta máxima información relevante de los datos analizados. Por lo tanto, la Quimiometría se sitúa en un campo interdisciplinario (GUTIÉRREZ, 2010).

Esta disciplina abarca diversos objetivos como la aplicación de pretratamientos a los datos experimentales para mejorar la calidad de la señal, la construcción de modelos para el reconocimiento de pautas y la determinación cuantitativa (BRERETON, 2007).

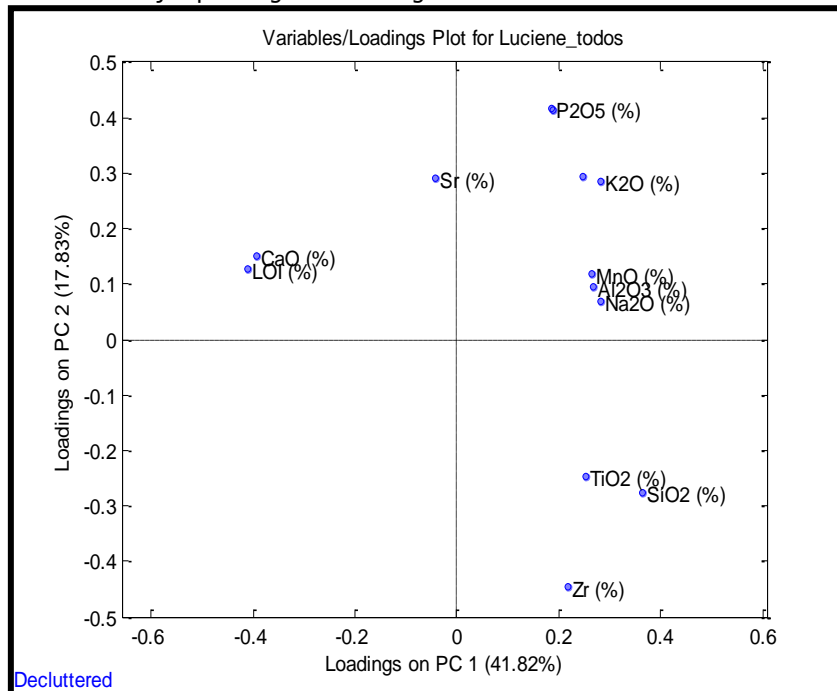
Las técnicas quimiométricas que se pueden emplear para llevar a cabo estos objetivos son diversas, pero en esta memoria se describe la técnica del Análisis de Componentes Principales (PCA).

El Análisis de Componentes Principales (PCA) es un método de análisis multivariable empleado para proyectar datos n-dimensionales en un espacio de baja dimensión, normalmente dos o tres. Esto se hace a través del cálculo de componentes principales (PCs) obtenidos combinándose de manera lineal las variables originales (DE OLIVEIRA *et al*, 2006). Los datos se proyectan a un espacio de menor dimensión que el original, reduciendo la dimensionalidad. Además de preservar la estructura de correlación de las variables del proceso y capturar la máxima variabilidad de los datos (MUÑOZ, ANDRADE y GRISAA, 2009).

En este tipo de análisis, el grupo de muestras define la estructura de datos a través de gráficos de *scores* y *loadings*, cuyos ejes son los componentes principales (PCs) en lo cual los datos son proyectados. Son denominados *scores* a las nuevas coordenadas de las muestras en el nuevo sistema de ejes de los componentes principales (PCs). Cada componente principal es construido por la combinación lineal de las variables originales. Los coeficientes de la combinación lineal son denominados *loadings* (Gráfico 3.2). Como los componentes principales son ortogonales, permiten establecer las relaciones entre muestras y variables. El estudio en conjunto de estos tipos de gráficos permite estimar la influencia de cada variables en cada muestra (DE OLIVEIRA *et al*, 2006).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Grafico 3.2 – Ejemplo de grafico loading



Fuente: Archivo personal

Para interpretar los datos obtenidos por Fluorescencia de Rayos X, se utilizó el Análisis de Componentes Principales (PCA), mediante el empleo del software Matlab (Mathwors<sup>44</sup>) con el objetivo de estudiar los agrupamientos químicos de las muestras y sus correlaciones.

### 3.4.7.3. Cromatografía de Gases con Espectrometría de Masas (GC-MS)

La Cromatografía es una técnica analítica cuyo objetivo es separar los componentes de una mezcla compleja, con objeto de evitar las mutuas interferencias y posibilitar su identificación y/o cuantificación. Para ello los componentes a separar, en la columna, se distribuyen entre dos fases; una de ellas es un lecho estacionario (fase estacionaria), mientras que la otra, se mueve por percolación a través de este lecho (fase móvil). Los procesos de separación tienen lugar como consecuencia de repetidos procesos de fijación/solubilización de los componentes de la muestra a lo largo del lecho estacionario, alcanzándose la separación gracias a las diferencias de los coeficientes de distribución de los mismos.

El fundamento teórico en la Cromatografía de Gases (GC) se encuentra en las diferencias de volatilidad de la mezcla de los solutos cromatografiados y en su capacidad

<sup>44</sup> Mathwors - Copyright © 2015. (Matlab, 2015)

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

para ser adsorbidos (Cromatografía Gas-Sólido) o solubilizados (Cromatografía Gas-Líquido) por el soluto activo de la fase estacionaria. La volatilización de los compuestos se lleva a cabo en un horno donde se encuentra la columna que la somete a un programa adecuado de Temperatura. Por tanto la misión del gas portador es exclusivamente transportar físicamente la muestra volatilizada a través de la columna, no actuando en ningún momento como disolvente. Una vez que los componentes hayan pasado por la fase estacionaria, separándose, pasan por un detector que emplea la señal de una propiedad analítica característica de cada compuesto para su identificación y concentración.

El primer trabajo en el que se hace pasar una fase móvil gaseosa a través de una columna tiene fecha de 1951, dando lugar a la técnica conocida como Cromatografía de Gases (GC). El acoplamiento de la Espectrometría de Masas (MS) con una técnica cromatográfica data de la década de los 70 (GUTIÉRREZ y DROGUET, 2002).

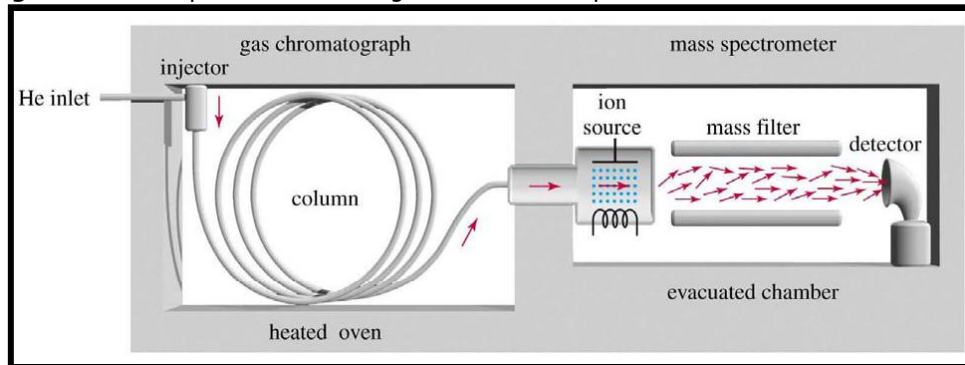
El acoplamiento de las Técnicas de Separación a la Espectrometría de Masas (MS) ha supuesto un cambio de paradigma en las técnicas analíticas debido a la sinergia producida por la unión de ambos instrumentos en el sentido de que la nueva técnica surgida ofrece mucha más información analítica que la aplicación de cada una de ellas por separado a la misma muestra.

Por otra parte el acoplamiento ha sufrido una gran evolución tecnológica, en la última década, originando instrumentos robustos capaces de alcanzar altos valores de selectividad, sensibilidad y un elevado poder resolutivo en la identificación y confirmación de compuestos.

Entre las técnicas acopladas a la Espectrometría de Masas (MS) de mayor interés en el estudio de compuestos orgánicos destacan la Cromatografía de gases (GC-MS) y de líquidos (HPLC-MS). Ambas son técnicas extremadamente versátiles. La primera presenta una gran economía y simpleza instrumental tanto en el cromatógrafo como en la interfase de acoplamiento al espectrómetro, siendo además idónea para compuestos que presentan volatilidad y peso molecular inferior a 650 uma. Esta limitación no la posee el acoplamiento HPLC-MS que es capaz de analizar una gama mucho más amplia de componentes incluyendo los compuestos que son térmicamente lábiles, los que exhiben una alta polaridad o tienen una alta masa molecular como las proteínas.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 3. 20** - Esquema del Cromatógrafo de Gases acoplado a un detector de Masas



Fuente: SHALABY, 2013.

En la Figura 3.20 se muestra un esquema del Cromatógrafo de Gases acoplado a un detector de Masas de cuadrupolo.

- Espectrometría de Masas (MS)

### Introducción histórica

La Espectrometría de Masas (MS) es una técnica que fue desarrollada a principios del siglo XX por J. J. Thomson en los Laboratorios Cavendish en la Universidad de Cambridge (1910), A. J. Dempster de la Universidad de Chicago (1918) y por F. W. Aston (1920) también de la Universidad de Cambridge y discípulo de Thomson, fundamentalmente en investigaciones relacionadas con la separación e identificación de isótopos.

Durante la década de los años 30, Smyth y Tate, comprobaron que la ionización de moléculas orgánicas mediante un impacto electrónico desintegraba la molécula y producía fragmentos moleculares característicos de la sustancia particular, que podían utilizarse para conocer datos acerca de su estructura. Sin embargo, hasta la década de los años 60 la Espectrometría de Masas (MS) no comenzó a utilizarse como una poderosa herramienta para la determinación de masas moleculares y para la elucidación exacta de estructuras químicas. Además, se utilizó para la identificación de compuestos desconocidos en diferentes matrices ya que cada sustancia produce fragmentos iónicos característicos, y así a partir de los espectros de masas se lograban ya diagnósticos certeros.

En la década de los años 70 la Espectrometría de Masas (MS) se acopló a métodos cromatográficos, especialmente a la Cromatografía de Gases (GC). En la década

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

de los años 80 ya estaban disponibles espectrómetros de masas de relativo bajo costo y fácil manipulación, con lo que se comenzó a utilizar de forma masiva por las diferentes ramas de la ciencia en todo el mundo. Como consecuencia de este desarrollo la GC-MS se convirtió en la técnica más poderosa para la identificación y cuantificación de compuestos en diferentes matrices, debido a su alta sensibilidad y especificidad.

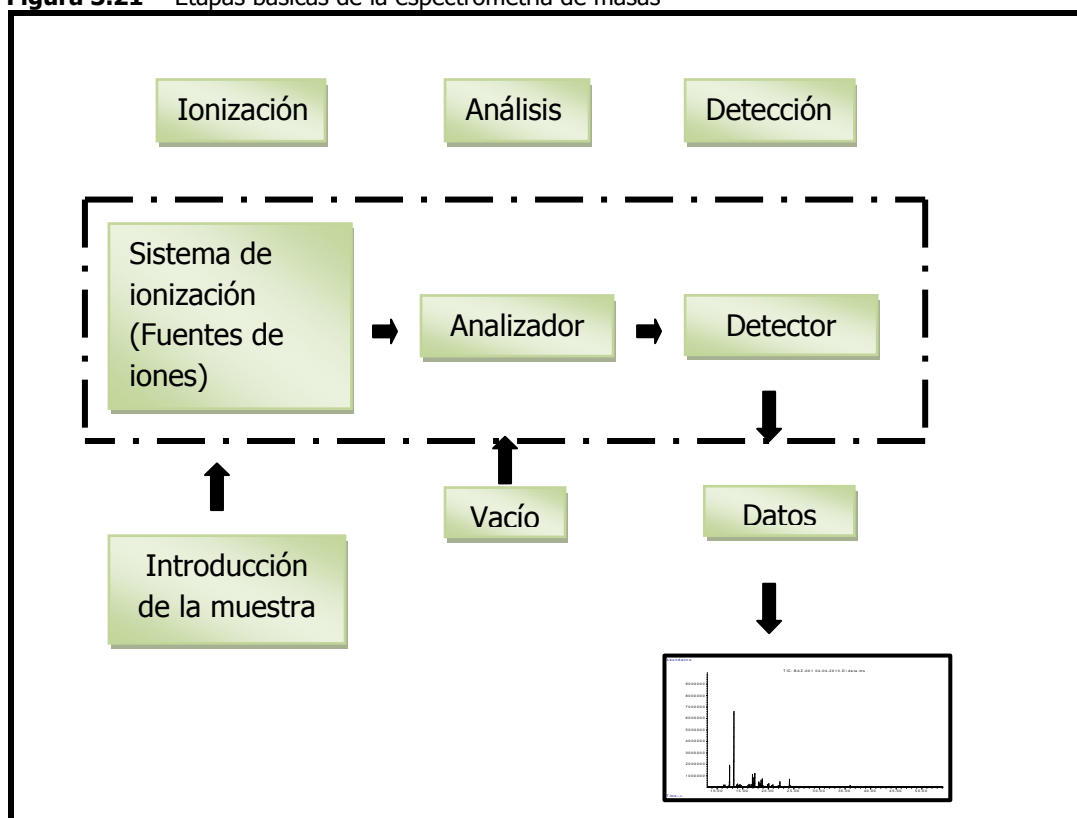
### Fundamento de la Espectrometría de Masas

La Espectrometría de Masas (MS) es una técnica analítica en la que las moléculas de una muestra son fragmentadas e ionizadas según una secuencia que es característica de cada compuesto y técnica de ionización. Los iones originados son separados en función de su relación masa/carga ( $m/z$ ) y finalmente detectados y registrados.

Un espectrómetro de masas consta de tres partes fundamentales (Figura 3.21):

- Fuente de Ionización
- Analizador
- Detector

**Figura 3.21** - Etapas básicas de la espectrometría de masas



Fuente: GÓMEZ, 2010.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

La muestra objeto de investigación se introduce en la fuente de ionización del instrumento, y una vez dentro la molécula es ionizada. Los iones originados son transportados hacia la región del analizador de masas donde se separan de acuerdo a su relación masa/carga ( $m/z$ ). Estos iones separados son finalmente detectados y la señal que originan se envía a un sistema de datos. Esta señal producida por cada ion es proporcional a su abundancia relativa. La representación de la abundancia relativa de cada ión en función de su relación  $m/z$  es lo que se denomina el Espectro de Masas, que es característico de cada compuesto químico y por tanto se puede emplear para su identificación en una muestra problema a través de su comparación con la espectroteca existente en los instrumentos modernos.

El analizador y el detector del espectrómetro de masas y también, en la mayoría de los instrumentos, la fuente de ionización se encuentran sometidos a un alto vacío evitando así que los iones sufran colisiones con las moléculas de aire que limitan su recorrido hacia el detector. Por tanto, otra parte importante de cualquier espectrómetro son las bombas que se utilizan para mantener todo el sistema en alto vacío. Generalmente todas las operaciones de un espectrómetro de masas incluyendo la introducción de la muestra y el sistema de vacío están controladas a través de un ordenador mediante un software de datos disponible al efecto.

El método de introducción de una muestra en la fuente de ionización de un espectrómetro de masas depende del método de ionización que se este utilizando y del tipo y complejidad de la muestra que se analice. En general una muestra se introduce o bien a través de un cromatógrafo (Cromatografía Líquida de alta Presión, Cromatografía de Gases o Electroforesis Capilar) o mediante la introducción directa de la muestra en la fuente de ionización a través de una sonda adecuada.

A continuación se describen los tres componentes fundamentales de un espectrómetro de masas (Fuente de Ionización, Analizador y Detector).

### Fuente de Ionización

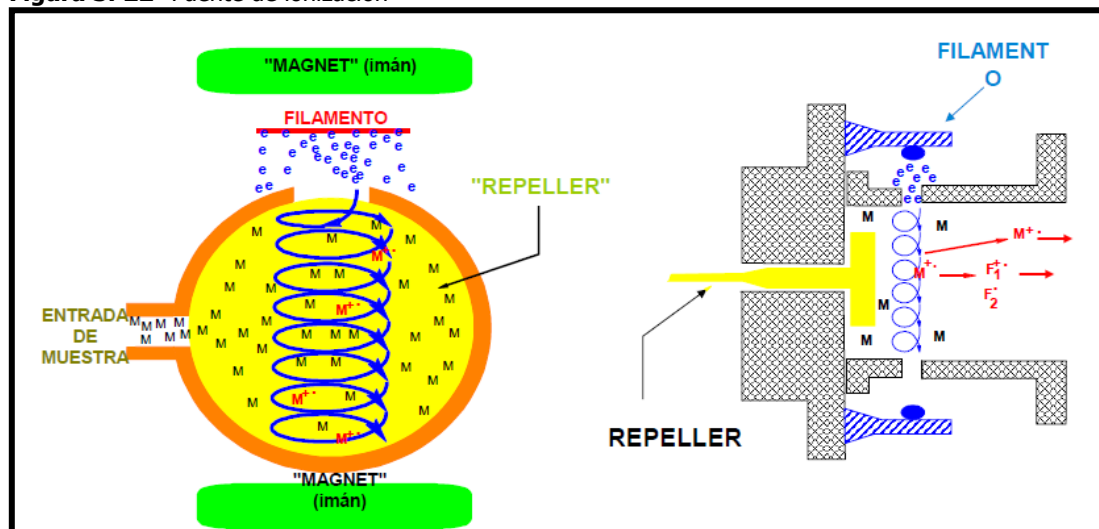
Existen diversos métodos para conseguir la ionización de una molécula orgánica, cuyo uso dependerá del espectrómetro, del tipo de muestra y del uso que se le quiera dar. Con la mayoría de los métodos de ionización es posible obtener iones cargados positiva o negativamente con la consiguiente posibilidad de detectarlos a ambos. La ionización por impacto electrónico es una ionización dura y se emplea para la obtención

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

de una huella dactilar de la molécula. Está basada en el efecto termoiónico. Las moléculas de una sustancia volátil se convierten en iones positivos al colisionar con un haz de electrones generado en un filamento metálico calentado a altas temperaturas. El impacto de los electrones sobre las moléculas volátiles puede dar lugar simplemente a la generación de un ion positivo o bien a una ruptura en fragmentos más pequeños, a su vez cargados positivamente. Dependiendo de la energía de los electrones que forman el haz esta fragmentación se producirá en mayor o menor grado. Generalmente, se suelen usar haces de electrones con una energía de 70 electrón-voltios, lo que da lugar a una fragmentación estandarizada y así poder realizar la búsqueda del espectro en una espectroteca de patrones confeccionada a esa misma energía.

Consta de un filamento incandescente en el que se produce la emisión de una corriente de electrones que son polarizados (enfocados) hacia un ánodo al que se dota del potencial continuo adecuado como para que la corriente electrónica originada alcance una energía determinada (70 eV). La muestra de analito vaporizada se hace pasar a través de esta corriente y es bombardeada por estos electrones. La magnitud de la energía de los electrones que colisionan con la molécula determina que se origine un solo ion positivo por la pérdida de un electrón o bien que se fragmente en iones positivos de masa inferior de la molécula. Los iones positivos originados son repelidos por una placa polarizada también positivamente (repeller) dirigiéndolos a salida de la cámara de ionización, donde un conjunto de lentes en gradiente de voltaje atrae y enfoca a los iones formados. El sistema de vacío contribuye a la evacuación de la cámara de ionización (Figura 3.22).

Figura 3. 22- Fuente de ionización



Fuente: Rodríguez, 2010.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

La fragmentación de una molécula concreta depende de la energía del haz electrónico. Si esta energía se mantiene constante el número de fragmentos y sus correspondientes masas también lo son, presentando además una elevada reproducibilidad, por lo que el correspondiente Espectro de Masas se puede emplear como una "huella dactilar" (fingerprint) del compuesto. Si almacenamos los espectros de los diferentes compuestos que pueden separarse por Cromatografía de Gases (GC) obtendremos una Espectroteca que podrá ser empleada para la identificación de cualquier sustancia por comparación de su Espectro de Masas, siempre que haya sido obtenido en las mismas condiciones. Generalmente, se suelen usar haces de electrones con una energía de 70 electrón-voltios, lo que da lugar a una fragmentación significativa.

### Tipos de analizadores

El analizador de masas constituye el corazón de un espectrómetro de masas, su funcionamiento y prestaciones dependen en gran medida de su diseño. El analizador tiene dos misiones fundamentales: separar los iones en función de su relación  $m/z$  y enfocar los iones separados hacia un determinado punto. El movimiento de las partículas cargadas permite distinguir unas de otras en función de la energía cinética de cada ión, de la velocidad o del momento de fuerzas. Los distintos analizadores aprovechan alguna o varias de estas propiedades para separar los iones de distintas masas.

Los analizadores empleados en los Espectrómetros de Masas que se acoplan a los Cromatógrafos de Gases son fundamentalmente:

- De cuadrupolo
- De tiempo de vuelo
  
- Analizador de cuadrupolo

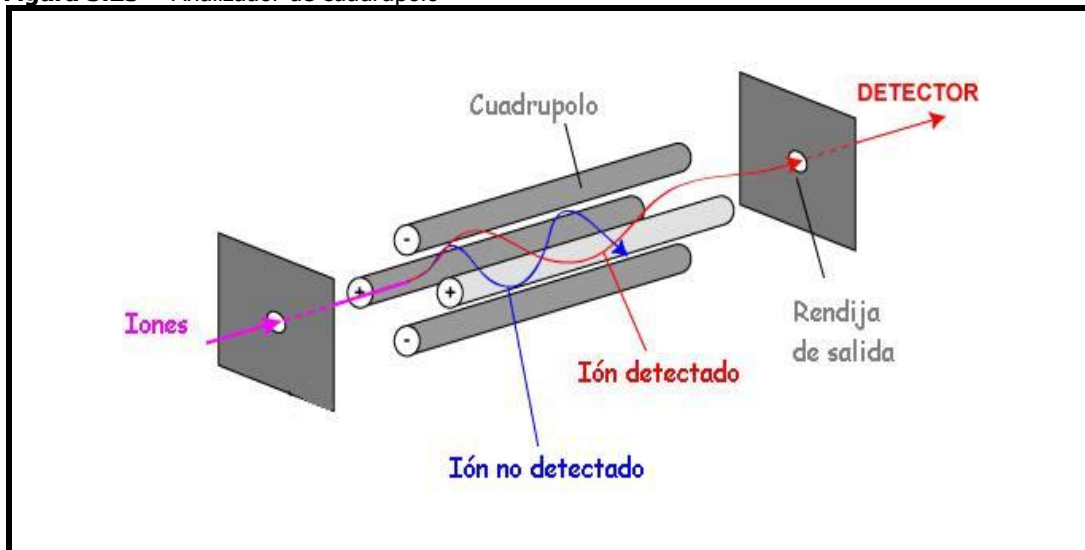
La función del analizador de cuadrupolo es separar los diferentes iones del haz procedente de la cámara de ionización en el que se encuentra la mezcla de todos. Este tipo de analizador consiste en cuatro barras de metal paralelas y equidistantes del eje central. Idealmente estas barras tienen una forma hiperbólica. La tolerancia en cuanto a las dimensiones de construcción es de 10  $\mu\text{m}$  o menos y las barras opuestas están unidas dos a dos. Si se aplican voltajes DC y AC de amplitud U y V respectivamente a cada par de barras, se crean campos electromagnéticos. El voltaje DC es positivo para una parte del par y es negativo para el otro. El voltaje AC de cada par tiene la misma amplitud pero tienen signo opuesto. Las trayectorias de los iones y propiedades de transmisión de un



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

cuadrupolo puede ser calculado con cierta exactitud. El diagrama de estabilidad es esencialmente un gráfico del parámetro  $a$  ( $U/(m/z)$ ) en función de  $q$  ( $V/(m/z)$ ). Las trayectorias de los iones está determinada por  $U$ ,  $V$ ,  $m/z$  y otros parámetros fijos tales como el radio de las barras y la frecuencia AC. Para la mayoría de los valores los campos AC y DC se desplazan fuera de las barras. Tales trayectorias se les denominan inestables ya que los iones tienen caminos inestables. Los iones con caminos estables son aquellos que se encuentran dentro de las barras. El control de los parámetros permite seleccionar los iones de relación de  $m/z$  deseada y permitir que si trayectoria evolucione hacia el detector, filtrando los demás (Figura 3.23).

**Figura 3.23** - Analizador de cuadrupolo



Fuente: HERRANZ, 2014.

Una de las ventajas que presentan estos analizadores respecto a los de sector magnético es que requieren un voltaje mucho menor. La energía cinética que se le debe suministrar a un ion para que atraviese un analizador de cuadrupolo es del orden de algún electrón-voltio, mientras que para los de sector magnético son necesarios varios miles de electrón-voltio. Esto elimina los problemas que implican el uso de alto voltaje y facilita su acoplamiento, por ejemplo, a un cromatógrafo de gases.

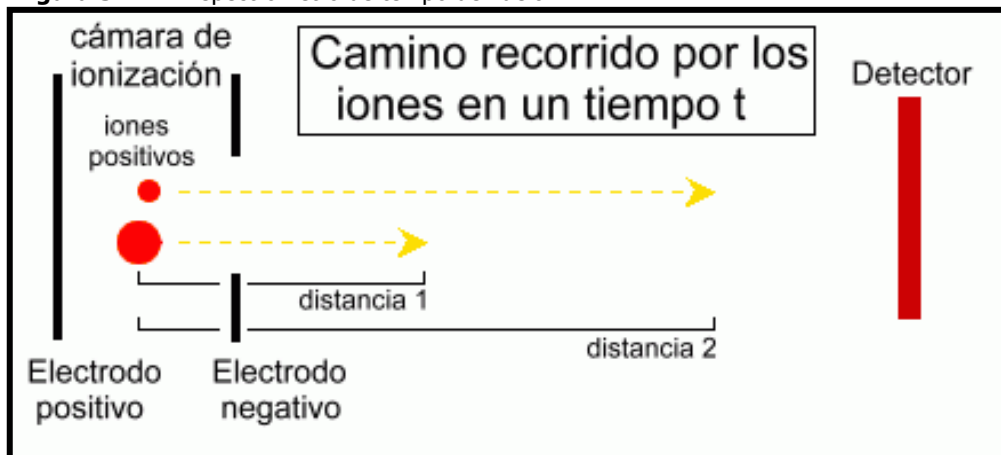
### - Analizador de tiempo de vuelo

Este tipo de analizador se basa en el principio de la conservación de la cantidad de movimiento, según el cual los iones moleculares que han alcanzado la misma energía por interacción con un campo eléctrico pero que poseen distintas masas, viajan con diferentes velocidades. Por tanto la medida del "tiempo de vuelo" de cada ión, permite la

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

determinación de su masa. Así, cuando un ion es acelerado por un campo eléctrico, el tiempo que tarda en recorrer cierta distancia depende de la intensidad del campo y de su relación carga/masa. Por tanto, al ionizar una molécula, los fragmentos con menor masa y mayor carga alcanzarán en primer lugar el detector, mientras que los más pesados llegarán en último lugar. Midiendo estos tiempos es posible determinar los fragmentos generados al romper una molécula. Sin embargo, la medición de estos tiempos requiere aparatos con una gran resolución electrónica, ya que las diferencias de velocidad entre iones parecidos pueden ser muy pequeñas. Esto hace necesario que los espectrómetros de masas TOF incorporen circuitos muy rápidos y precisos. En la figura 3.24, se muestra el esquema de funcionamiento de un espectrómetro de tiempo de vuelo. Los iones son acelerados en el interior de la cámara de ionización, que abandonan por una abertura en el electrodo negativo. Idealmente, todos los iones saldrán en el mismo instante y poseerán la misma energía cinética, ya que han sido acelerados por el mismo potencial. Una vez fuera, el campo eléctrico es nulo, por lo que la velocidad es aproximadamente constante.

**Figura 3.24** – Espectrometro de tiempo de vuelo



Fuente: REQUENA, 2015.

Este tipo de analizadores son de una gran simpleza en su diseño y presentan una serie de ventajas como son:

- Alta transmisión
- Detección paralela de todas las masas
- Rango ilimitado de masas

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

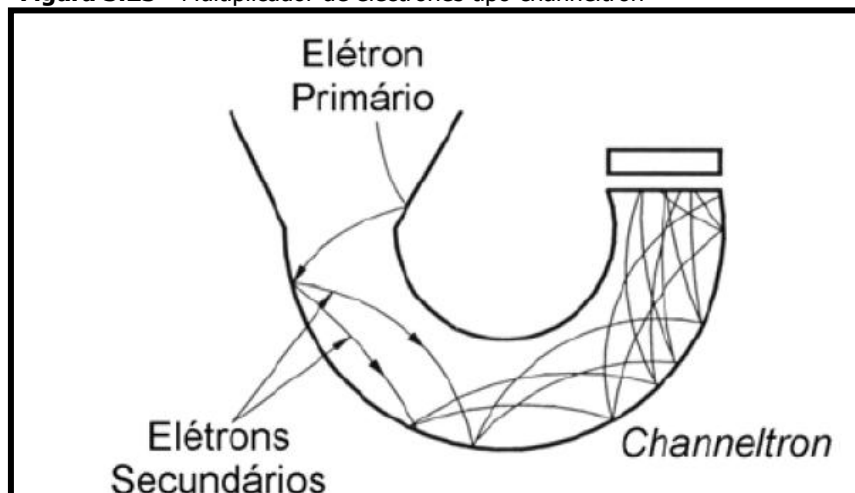
- Detector

Los detectores proporcionan información sobre el flujo de iones o la abundancia de iones que salen del analizador de masas. Convierten el haz de iones en una señal eléctrica que puede ser amplificada, almacenada y presentada mediante el sistema de tratamiento de datos de forma que se pueda interpretar.

El más utilizado es el channeltron electron multiplier (electrón multiplicador) (Figura 3.25). El efecto es muy parecido al fotomultiplicador. Es un tubo de vidrio abierto con un cono en una terminación. Para la detección de iones positivos, el cono es sometido a un alto potencial negativo (aproximadamente  $-3\text{kV}$ ). Cuando los iones salen del analizador de masas, son atraídos por el potencial negativo del cono. Cuando los iones chocan con su superficie, se originan uno o más electrones secundarios. El potencial dentro del tubo varía continuamente con la posición, tal que los electrones secundarios se mueven hasta llegar a otra zona donde se originan otros electrones secundarios, y así sucesivamente. El tubo está cubierto por un material semiconductor.

La vida media del multiplicador está determinada por la carga total acumulada.

**Figura 3.25** - Multiplicador de electrones tipo channeltron



Fuente: PITTHAN FILHO, 2013.

### 3.4.7.3.1. Materiales e Instrumentación

Las 19 muestras procedentes de los residuos de cerámica arqueológica fueron analizadas en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies Modelo 6890 N, equipado

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

con un portal de inyección para columnas capilares con división de muestra, horno cromatográfico con un rango de temperatura 20–400°C, interface de transferencia directa de muestra al espectrómetro de masas, columna capilar de sílice Zebron Phenomenex ZB-5MS (30 m x 0,25 mm, 0,25 µm de tamaño de partícula), sistema de inyección automático.

El sistema de inyección está dotado de un inyector automático Agilent Technologies Modelo 7683, una bandeja portamuestras Agilent Technologies Modelo 7683 y una jeringa Hamilton de 10 µL.

El espectrómetro de masas Agilent Technologies Modelo 5973 Network, provisto de una fuente de ionización por impacto electrónico a 70 eV, un separador de iones tipo cuadrupolo, una bomba de vacío Edwarz High Vacuum Puma y un medidor de vacío Agilent Technologies Modelo 59864B (Figura 3.26).

Sistema de tratamiento de datos provisto de una Espectroteca WILEY 275 con Espectros de Masas 340.000 espectros

**Figura 3.26** – Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas<sup>45</sup>.



Los disolventes orgánicos tolueno y metanol fueron suministrados por Sigma (Sigma-Aldrich Química SA, Madrid, España). El reactivo de transesterificación utilizado es m- (trifluorometil) hidróxido feniltrimetilamonio (TFTMAH) (Meth Prep II), suministrado por Alltech (Alltech Associates, Inc., Bélgica).

<sup>45</sup> Departamento de Química Analítica UGR. Grupo investigación FQM-338.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

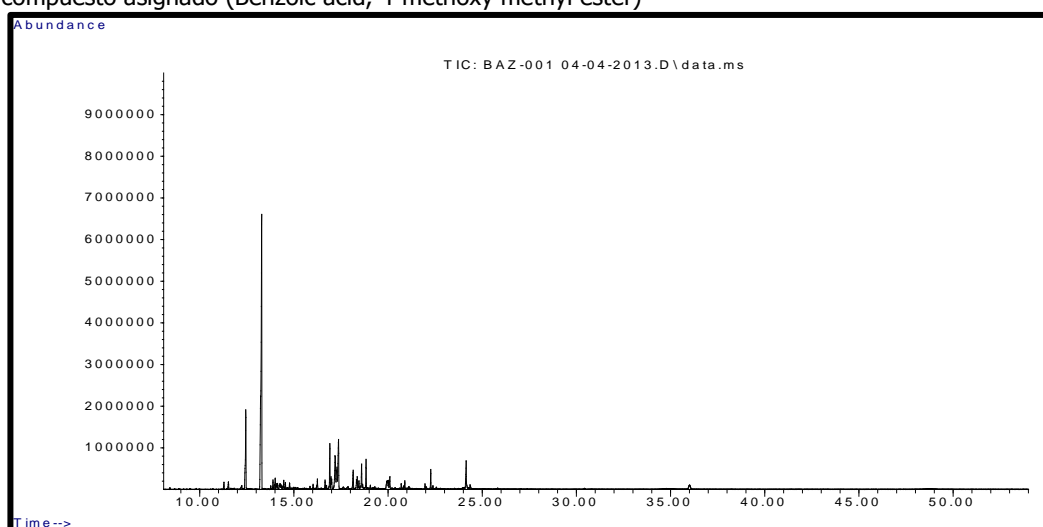
Patrones de ácidos grasos, todos suministrados por Alltech, mezclas de ácidos monoinsaturados (mirístico ( $C_{14:0}$ ), palmítico ( $C_{16:0}$ ), esteárico ( $C_{18:0}$ ), C18 insaturados (ácidos grasos oleico ( $C_{18:1}$ ), linoleico ( $C_{18:2}$ )) y ácidos dicarboxílicos (subérico ( $2C_8$ ), azelaico ( $2C_9$ ), sebáico ( $2C_{10}$ )) fueron utilizados. El estándar interno utilizado fue el ácido tridecanoico (Alltech). Las soluciones madre de cada ácido graso individual y sus mezclas en metanol ( $1000\mu\text{g g}^{-1}$ ) se mantuvieron a  $4\text{ }^\circ\text{C}$ .

Los productos químicos utilizados fueron de grado analítico-reactivo y todas las soluciones acuosas se prepararon utilizando agua de calidad tipo de ósmosis inversa producida por Milli-RO 12 acrecido del sistema de purificación Milli-Q (Millipore, Bedford, MA).

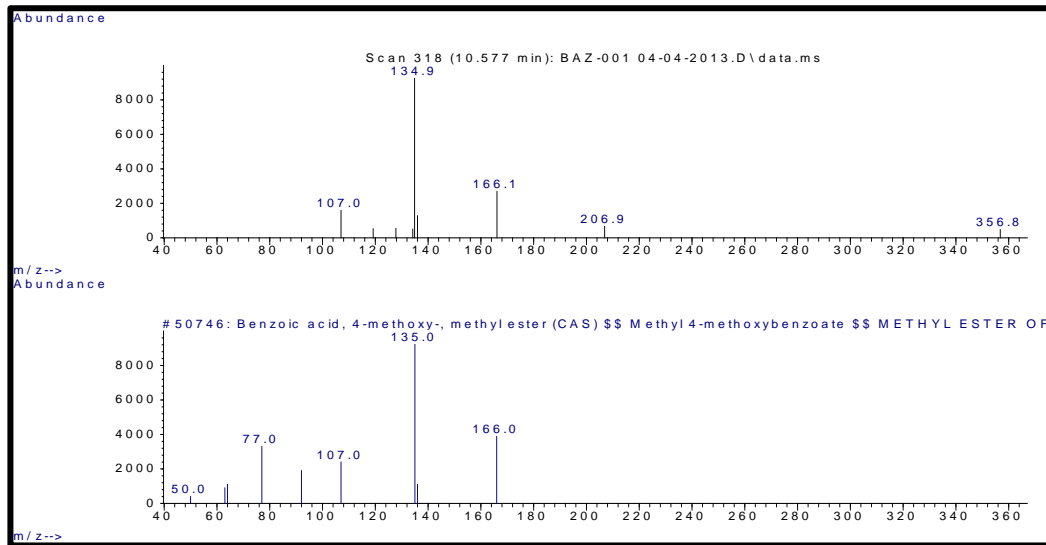
### 3.4.7.3.2. Cromatogramas y espectros de masas

Cada compuesto de la muestra proporciona una señal en forma de pico gaussiano en el cromatograma caracterizada por su  $t_R$  y su espectro de masas. En la Figura 6.11 se muestra un cromatograma con diferentes picos. Se toma como ejemplo el compuesto de la muestra BAZ 001- 8 que eluye a  $t_R = 10.577$  min. A ese pico cromatográfico le corresponde un espectro de masas que se compara con los de la espectroteca disponible en el equipo. Como resultado de la búsqueda se atribuye ese pico al compuesto Benzoic acid, 4-methoxy methyl ester con una probabilidad del 78%.

**Figura 3.27** – Cromatograma y espectro de masas del compuesto a  $t_R = 10.577$  min y del compuesto asignado (Benzoic acid, 4-methoxy methyl ester)



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



### 3.5. Base de Datos

Los datos obtenidos a través de las diversas técnicas de análisis fueron incluidos en una base de datos anexo en esta memoria. Para su desarrollo se ha utilizado el programa FileMaker Pro 9.0 y Excel 2007.

Esta base presenta los siguientes parámetros: procedencia, yacimiento, comarca, cronología, siglado, número de inventario, donde se identifica someramente las características de las piezas. Los parámetros de tecnología de fabricación, tipo de cocción, tamaño de desgrasante fue dado por el análisis con lupa electrónica y el color de la pasta a través de la tabla de Munsell. En el parámetro composición mineralógica se recogen informaciones adquiridas por medio de los análisis con Difracción de Rayos X. Se incluye también, un campo para observaciones acerca de las particularidades de cada muestra. Complementando la base de datos se han añadido imágenes de las muestras, imágenes macroscópicas e imágenes de los desgrasantes, además de los difractogramas obtenidos mediante Difracción de rayos X.

# *Resultados*



#### **4. RESULTADOS**

Los resultados de este estudio están ordenados por localización geográfica y cronológica.

En primer lugar, se clasifican en grupos las muestras de cada yacimiento según su origen mineralógico; dentro de cada grupo se presentan los especímenes que lo conforman, denominados por sus siglas, acompañados de su descripción mineralógica.

Se estudian los siguientes aspectos de las muestras: tipos y temperatura de cocción; tipos, tamaño y distribución de los desgrasantes; técnica de fabricación, y color de la pasta.

A continuación se realiza el análisis químico de la composición de los óxidos y de los elementos trazas.

Por último, se recogen algunas observaciones de particularidades halladas en las piezas estudiadas; en esta parte se encuentran también, los resultados de los análisis de lámina delgada.

Cabe destacar, como nota aclaratoria, que la cerámica confeccionada a mano se entiende como la modelada a base de churros o ayudándose de moldes; mientras que la denominada de torno se entiende, para estos períodos, como la confeccionada a base de un torno lento o torneta, al menos hasta el periodo íbero-romano.



# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.1. Puig Roig del Roget – PR

Localización: Nordeste

Cronología: Edad del Bronce

Muestras: 28

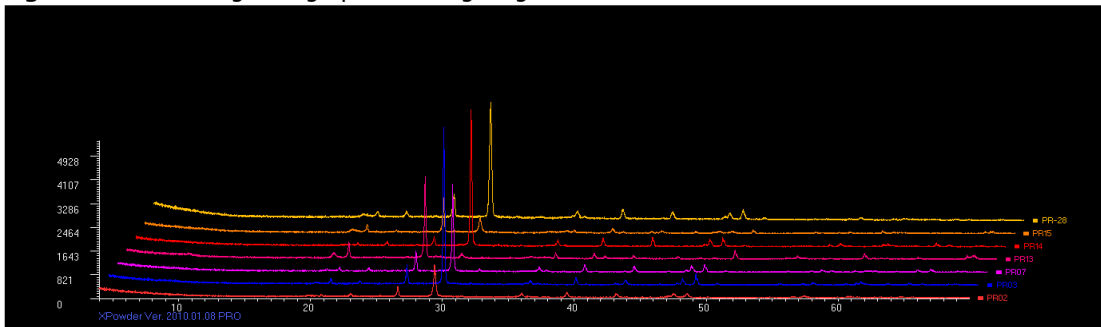
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

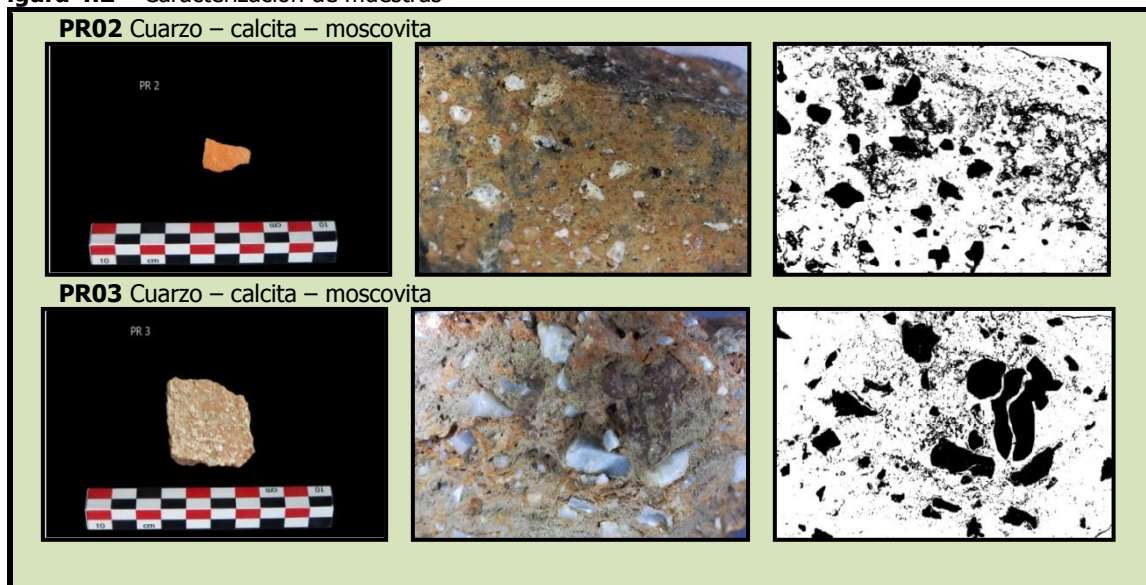
Se distingue 5 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con un total de 8 muestras es muy homogéneo; se encuentra siempre cuarzo, calcita y moscovita, si bien varían sus proporciones. El alto grado de similitud en la composición de estas 8 muestras se observa en las Figuras 4.1 y 4.2, así como sus pequeñas diferencias.

**Figura 4.1** - Difractograma grupo 1 de Puig Roig

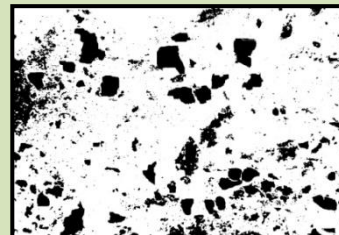
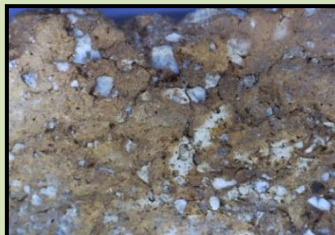


**Figura 4.2** – Caracterización de muestras

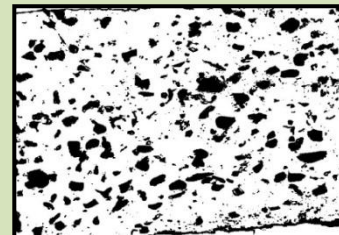


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

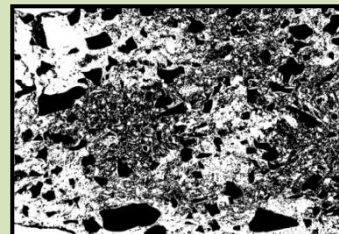
**PR07** Cuarzo – calcita – moscovita



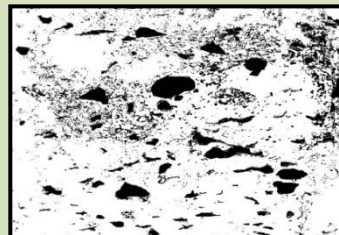
**PR13** Cuarzo – calcita – moscovita



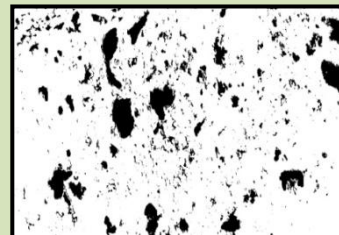
**PR14** Cuarzo – calcita – moscovita



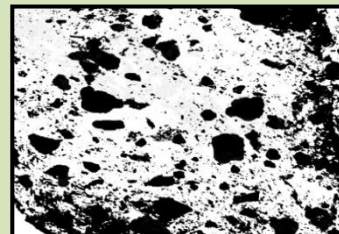
**PR15** Cuarzo – calcita – moscovita



**PR27** Cuarzo – calcita - moscovita



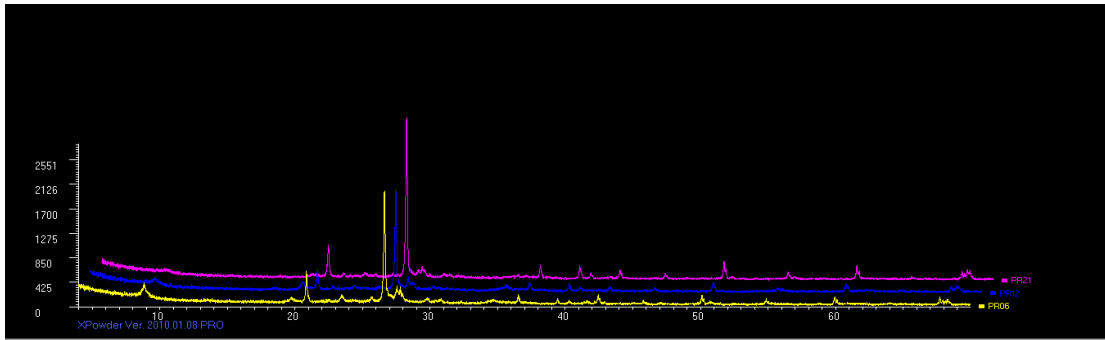
**PR28** Cuarzo – calcita - moscovita



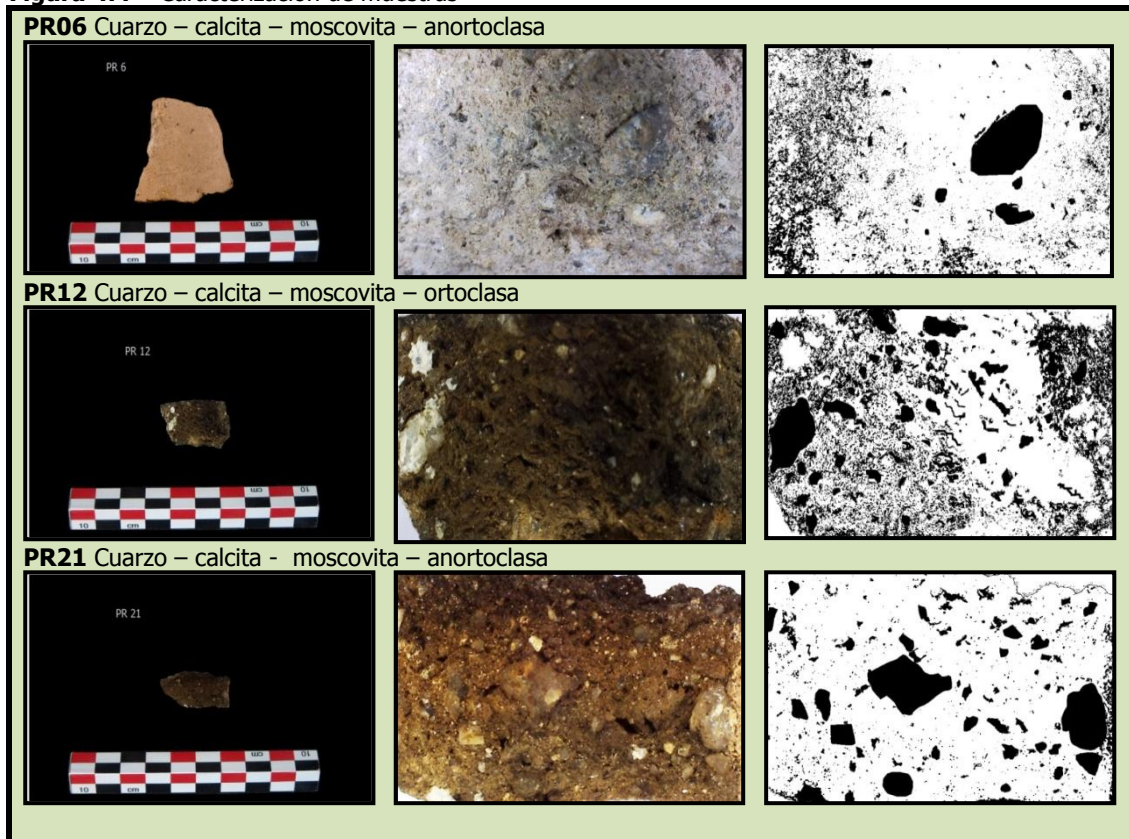
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Grupo 2 está compuesto por 3 muestras, bien homogéneo; cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las 3 muestras, en tanto difieren en la presencia de ortoclasa y anortoclasa. El alto grado de similitud en la composición de estas 3 muestras se observa en las Figuras 4.3 y 4.4, así como sus pequeñas diferencias.

**Figura 4.3** - Difractograma grupo 2 de Puig Roig



**Figura 4.4** – Caracterización de muestras



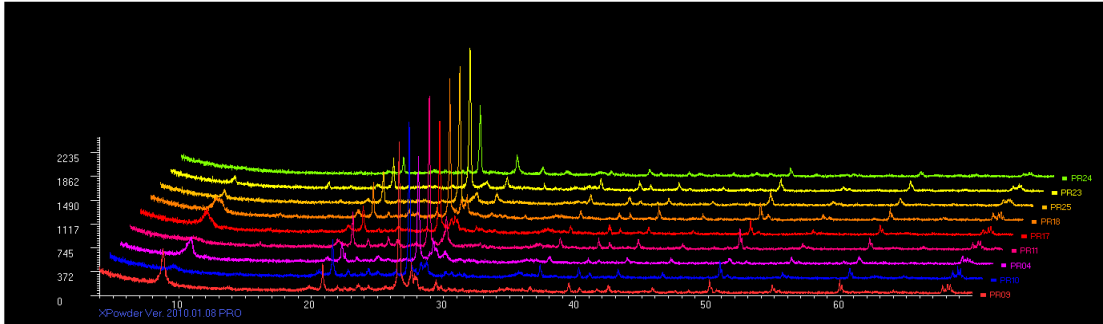
- Grupo 3 compuesto por 9 muestras, es homogéneo donde se ve en común minerales como cuarzo, calcita, moscovita y albita, y diferencias en la presencia de



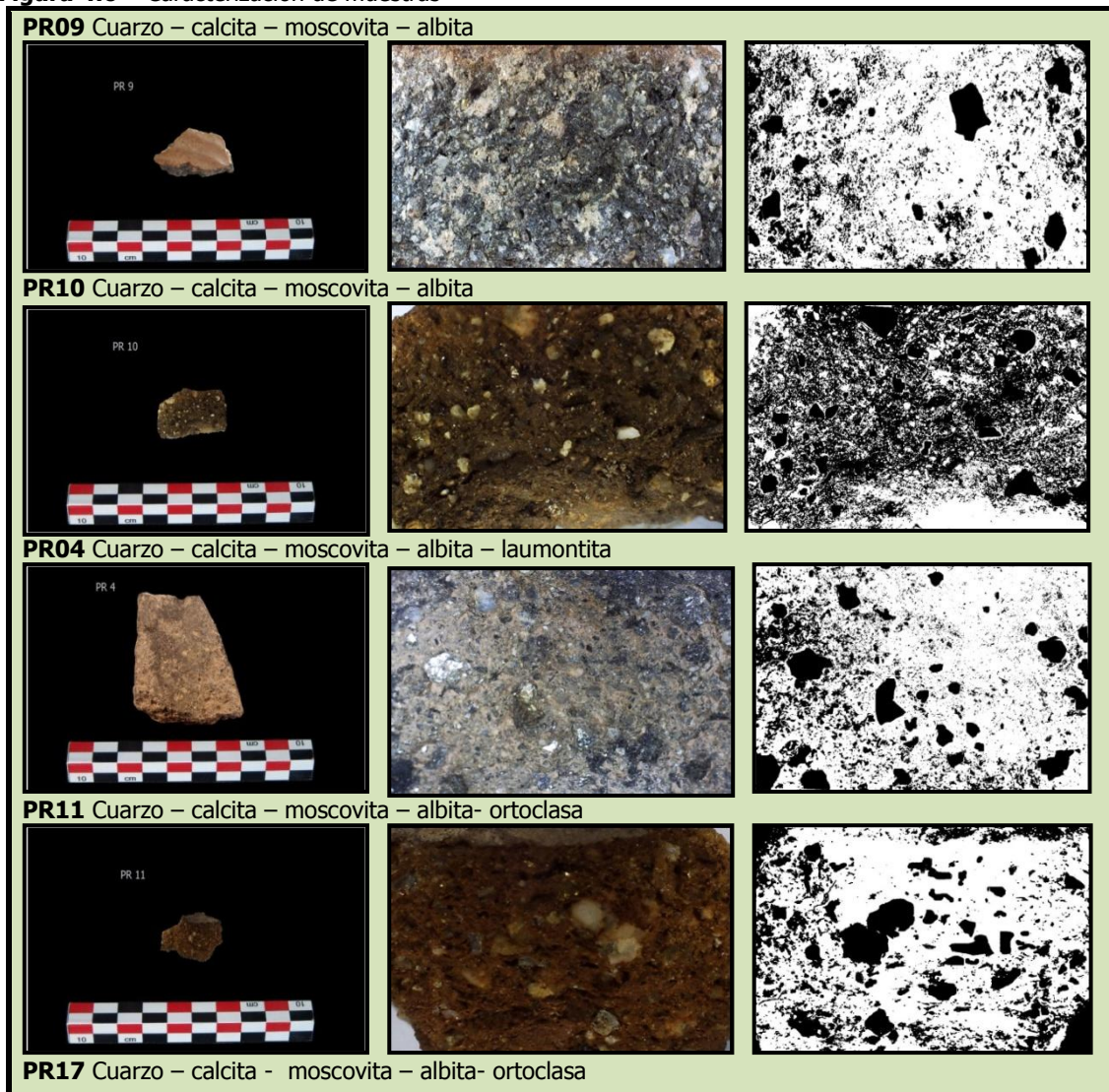
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

ortoclasa, anortoclasa, hematita, dolomita, laumontita y analcime. Estas similitudes y diferencias se observan en las Figuras 4.5 y 4.6.

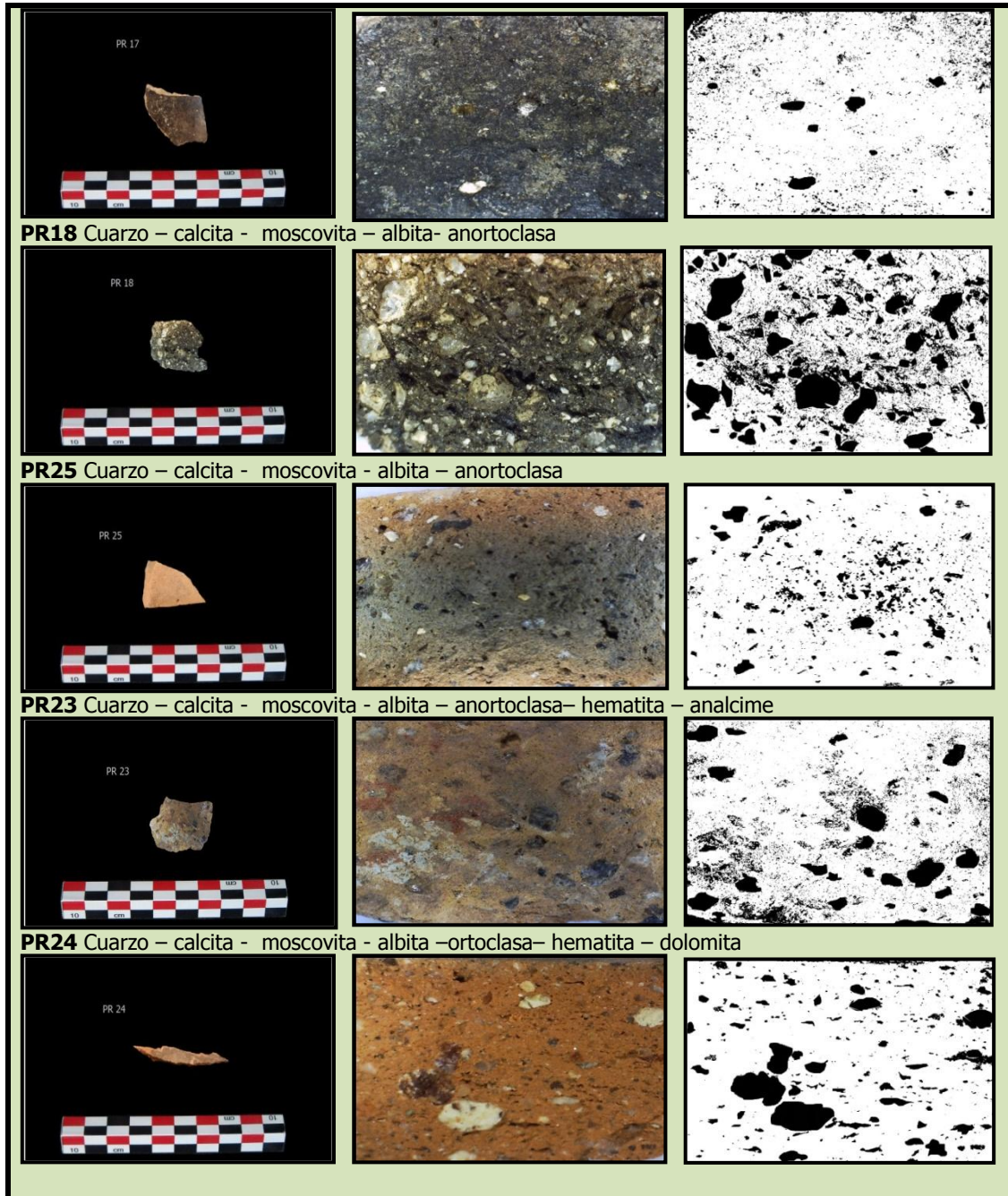
**Figura 4.5** - Difractograma grupo 3 de Puig Roig



**Figura 4.6** – Caracterización de muestras



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

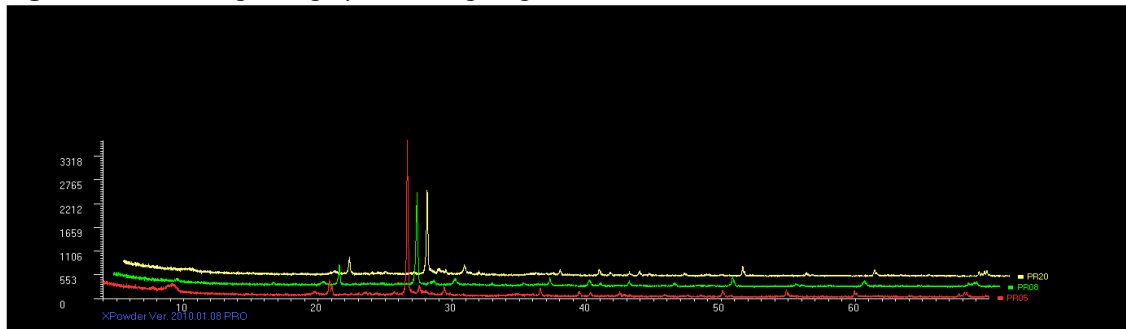


- Grupo 4 presenta 3 muestras, es menos homogéneo que los anteriores, ya que solamente se encuentra en común dos minerales, cuarzo y calcita; es variable la presencia de otros minerales, como moscovita, anortoclasa, laumontita, analcima, paragonita y olivino. Estas similitudes y diferencias se observan en las Figuras 4.7 y 4.8.

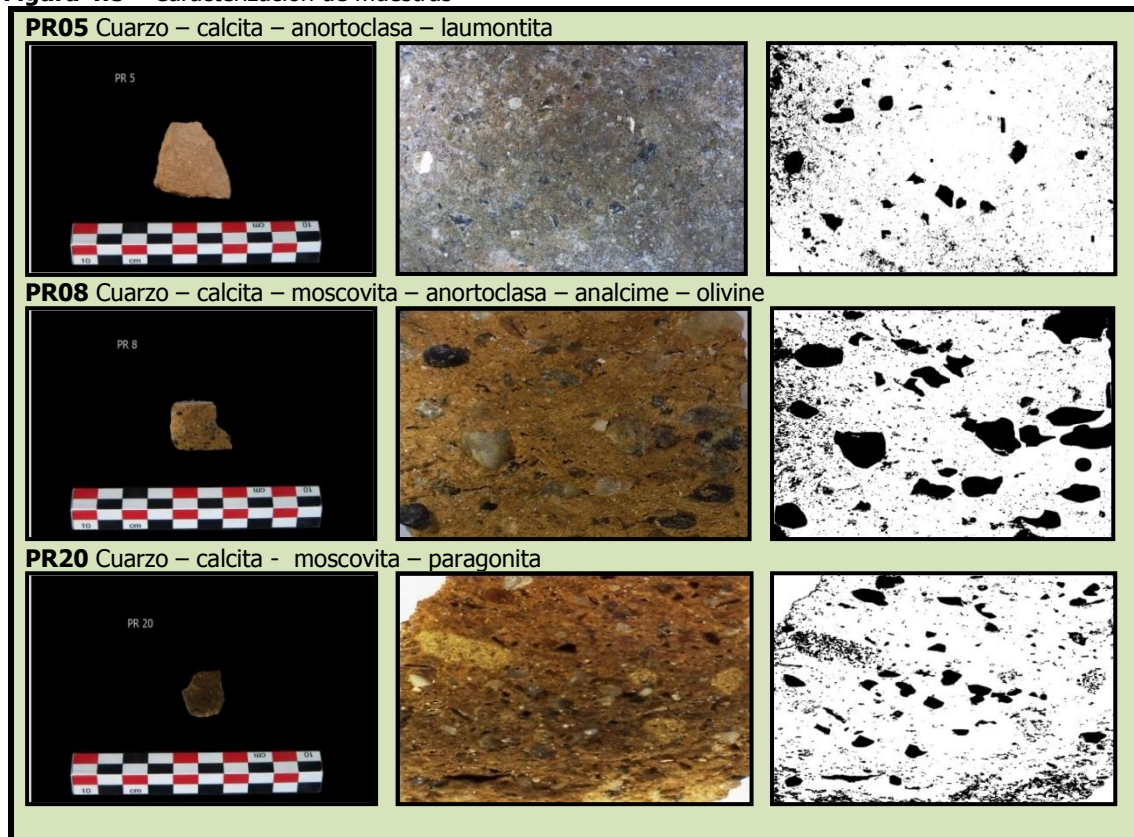


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 4.7** - Difractograma grupo 4 de Puig Roig



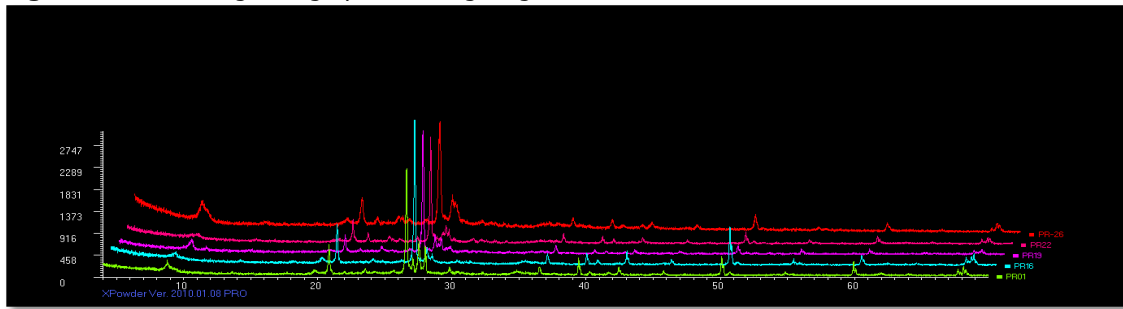
**Figura 4.8** – Caracterización de muestras



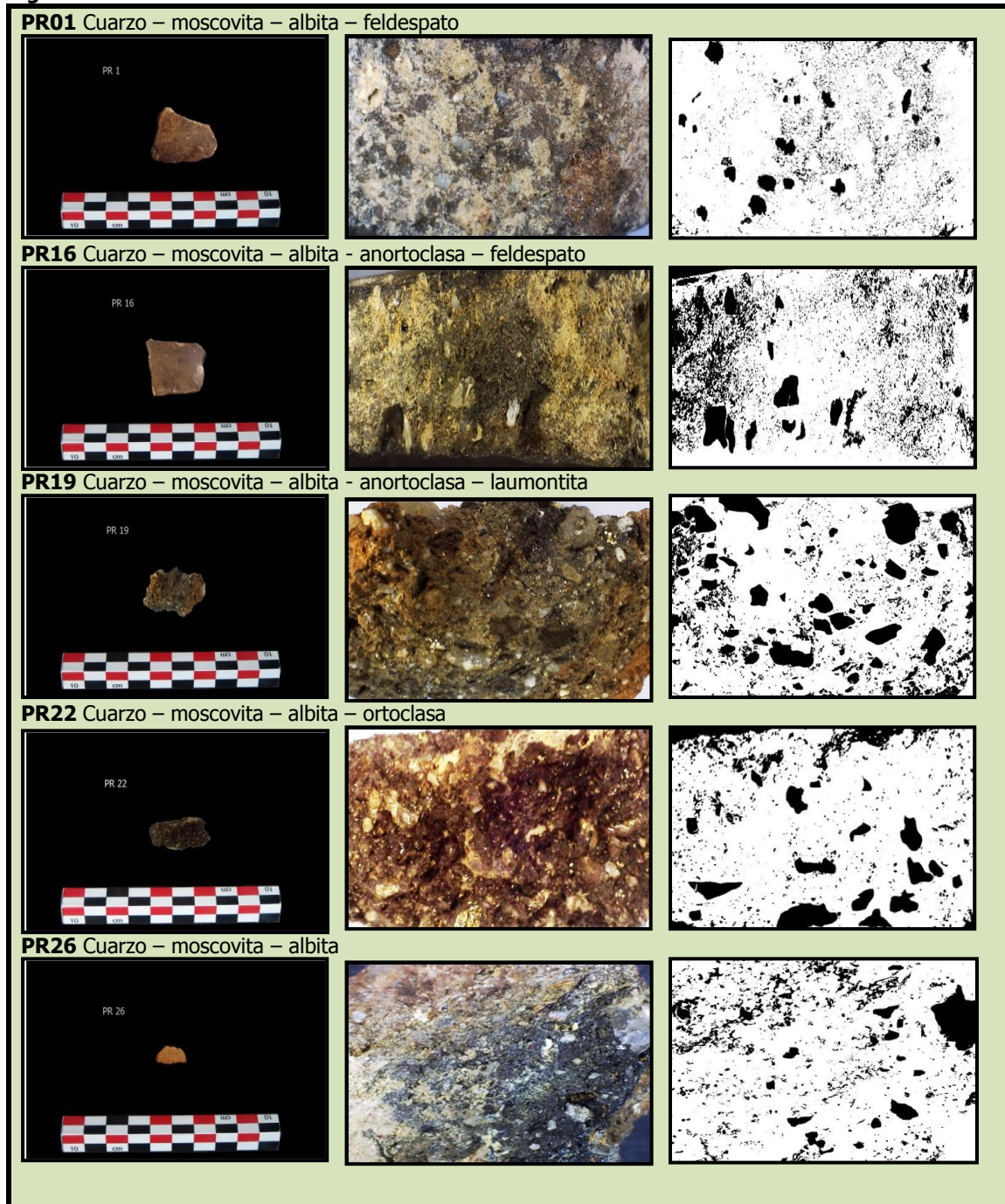
- Grupo 5 compuesto por 5 muestras, que en común presentan minerales tales como cuarzo, moscovita y albita; mientras que difieren en la presencia de anortoclasa, feldespato y laumontita. Estas similitudes y diferencias se observan en las Figuras 4.9 y 4.10.

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 4.9** - Difractograma grupo 5 de Puig Roig



**Figura 4.10** – Caracterización de muestras

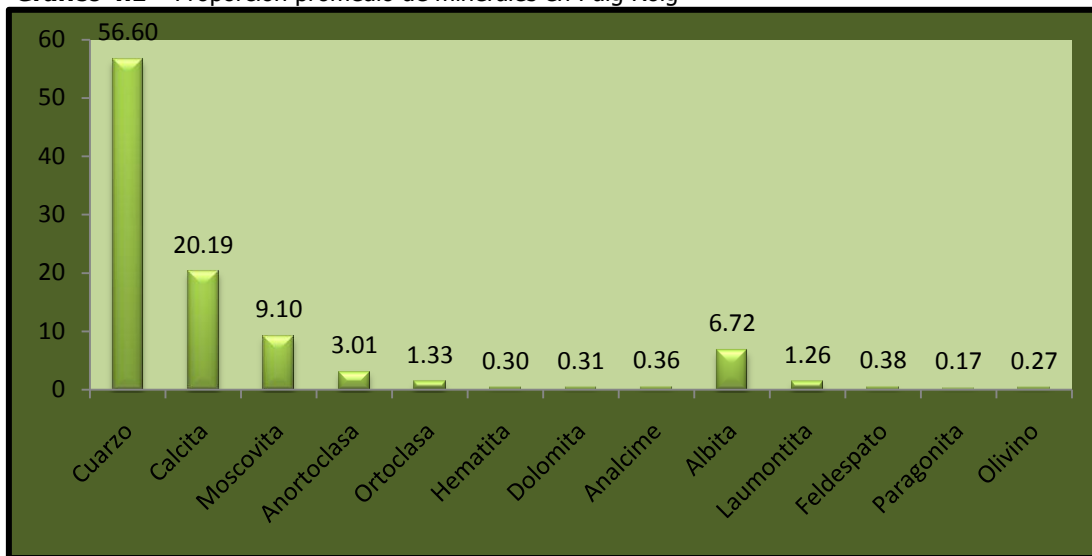


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se resalta que estos 5 grupos mineralógicos sólo tienen en común cuarzo, aunque difieren en la proporción presente.

La proporción de cada mineral observado en las 28 muestras se presenta en la Tabla 4.1 y el promedio de estas proporciones por mineral se ve en el Gráfico 4.1. Se puede observar que el cuarzo y la calcita son minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento Puig Roig, con proporciones promedio superiores al 20%. Después están la moscovita y la albita, seguidas de la anortoclasa, con proporciones promedio entre 3% y 10%. Como elementos minoritarios fueron encontrados ortoclasa, laumontita, feldespato, hematita, analcima, dolomita, paragonita y olivino, con proporciones promedio inferiores a 1.5%.

**Gráfico 4.1** – Proporción promedio de minerales en Puig Roig



**Tabla 4.1** - Análisis semicuantitativo Puig Roig

Muestra	PR1	PR 2	PR 3	PR 4	PR 5	PR 6	PR 7	PR 8	PR 9	PR10
<b>Cuarzo (%)</b>	68.6	24.3	06.7	60.6	83.9	73.4	19.1	69.6	69.3	80.1
<b>Calcita (%)</b>	00.0	69.4	88.1	04.2	06.5	05.9	79.6	06.8	06.9	04.8
<b>Moscovita (%)</b>	05.4	06.3	05.2	03.6	00.0	07.5	01.3	06.4	08.5	04.8
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	06.7	13.2	00.0	04.8	00.0	00.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Hematita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0



**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica:  
aportación al estudio de las pastas cerámica**

<b>Dolomita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Analcime (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	04.7	00.0	00.0
<b>Albita (%)</b>	19.9	00.0	00.0	15.8	00.0	00.0	00.0	00.0	15.2	10.3
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	15.8	02.9	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Feldespatos (%)</b>	06.2	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Paragonita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Olivino (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	07.6	00.0	00.0

<b>Muestra</b>	<b>PR11</b>	<b>PR12</b>	<b>PR13</b>	<b>PR14</b>	<b>PR15</b>	<b>PR16</b>	<b>PR17</b>	<b>PR18</b>	<b>PR19</b>	<b>PR20</b>
<b>Cuarzo (%)</b>	69.7	76.0	88.5	04.2	64.0	74.6	67.2	66.5	36.0	77.0
<b>Calcita (%)</b>	03.4	06.0	07.1	89.6	28.8	00.0	06.7	04.7	00.0	11.6
<b>Moscovita (%)</b>	06.0	08.8	04.5	06.2	07.3	04.7	05.3	06.2	13.0	06.6
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	09.7	00.0	10.6	21.4	00.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	05.5	09.1	00.0	00.0	00.0	00.0	08.7	00.0	00.0	00.0
<b>Hematita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Dolomita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Analcime (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Albita (%)</b>	15.3	00.0	00.0	00.0	00.0	06.7	12.1	12.0	13.0	00.0
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	16.7	00.0
<b>Feldespatos (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	04.4	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Paragonita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	04.8
<b>Olivino (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0

<b>Muestra</b>	<b>PR21</b>	<b>PR22</b>	<b>PR23</b>	<b>PR24</b>	<b>PR25</b>	<b>PR26</b>	<b>PR27</b>	<b>PR28</b>
<b>Cuarzo (%)</b>	82.6	73.8	68.4	51.3	72.0	24.5	17.1	15.7
<b>Calcita (%)</b>	04.1	00.0	07.5	16.9	07.9	00.0	43.4	55.3
<b>Moscovita (%)</b>	05.9	04.5	05.0	06.3	06.5	40.6	39.5	29.0
<b>Anortoclasa (%)</b>	07.4	00.0	04.8	00.0	05.7	00.0	00.0	00.0

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	07.8	00.0	06.1	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Hematita (%)</b>	00.0	00.0	02.7	05.6	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Dolomita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	08.7	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Analcime (%)</b>	00.0	00.0	05.5	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Albita (%)</b>	00.0	13.9	06.2	05.1	07.8	34.9	00.0	00.0
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Feldespato (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Paragonita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Olivino (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0

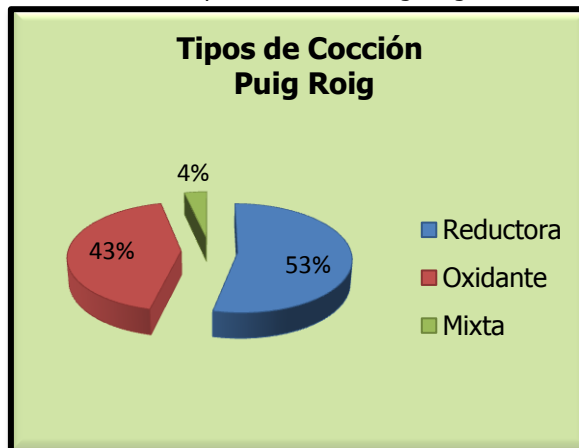
### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 se observa un predominio de la cocción tipo oxidante, excepto en PR 15 y PR 27 que es reductora y en PR 14 que es mixta.
- Grupo 2 predomina la cocción tipo reductora, sin embargo en PR 06 es del tipo oxidante.
- Grupo 3 se encuentra una predominancia de la cocción tipo reductora, sin embargo en PR 23, PR 24 y PR 25 es oxidante.
- Grupo 4 se ve que la cocción oxidante predomina, pero se puede observar en PR 05 una cocción tipo reductora.
- Grupo 5 excepto la muestra PR 26 que es oxidante, las demás son tipo reductoras.

Se observa un predominio de la cocción reductora, seguida de la oxidante y poca incidencia de mixta (Gráfico 4.2).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Gráfico 4.2 – Tipos de cocción Puig Roig



### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como calcita y moscovita que indican una temperatura de cocción alrededor de 700- 800 grados.
- Grupo 2 la anortoclasa indica que la temperatura podría ultrapasar 950 grados, sin embargo la moscovita da una curva de cocción máxima en torno de 1000 grados y la calcita se descompone entre 830-870 grados. Por las bajas cantidades de calcita y anortoclasa se supone que la temperatura está alrededor de 700-800 grados.
- Grupo 3 se observa que albita y calcita muestran una temperatura general en torno de 650-870 grados. En muestras como PR 18, PR 23 y PR 25 se encuentra anortoclasa que podría elevar la temperatura alrededor de 950 grados. En PR 04 y PR 24 laumontita y dolomita apuntan a una temperatura inferior a 700 grados. Por las cantidades de calcita, moscovita y anortoclasa se supone que la temperatura del grupo está alrededor de 750-800 grados.
- Grupo 4 la calcita y moscovita indican una temperatura alrededor de 800 grados. Sin embargo, la anortoclasa tiende a subir la temperatura. Por eso se supone una franja de cocción entre 750-800 grados.
- Grupo 5 minerales como moscovita y albita muestran una temperatura inferior a 925 grados, pero la anortoclasa eleva a una temperatura mínima de 950 grados. Según la cantidad de los elementos se puede suponer una curva de cocción entre 900-950 grados.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 4. Tipo, tamaño y distribución de los desgrasantes

Se encuentra una variabilidad de desgrasantes en los grupos donde predomina el cuarzo, excepto en PR 02, PR 03, PR 07, PR 14, PR 27 y PR 28 donde la cantidad de calcita es mayor y en PR 26 que prevalece la moscovita sobre los demás.

**Tabla 4.2** – Tamaño del desgrasante Puig Roig

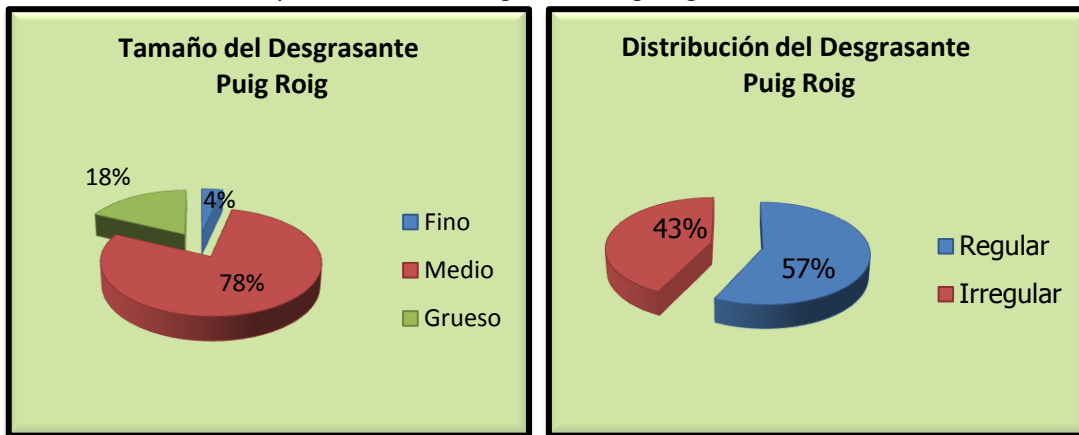
<b>Desgrasantes</b>	
<b>Tamaño</b>	
Fino	Muestras: PR 25
Medio	Muestras: PR 1, PR 2, PR 4, PR 5, PR 6, PR 9, PR 10, PR 11, PR 12, PR 14, PR 15, PR 16, PR 17, PR 19, PR 20, PR 21, PR 22, PR 23, PR 24, PR 26, PR 27, PR 28
Grueso	Muestras: PR 3, PR 7, PR 8, PR 13, PR 18
<b>Distribución</b>	
Regular	Muestras: PR 1, PR 2, PR 4, PR 5, PR 6, PR 7, PR 9, PR 10, PR 13, PR 14, PR 18, PR 19, PR 20, PR 25, PR 26, PR 28
Irregular	Muestras: PR 3, PR 8, PR 11, PR 12, PR 15, PR 16, PR 17, PR 21, PR 22, PR 23, PR 24, PR 27

Los desgrasantes, en su mayoría son de tamaño mediano, pero se encuentran también finos y gruesos. Cuanto a distribución, están en su mayoría regularmente distribuidos (Tabla 4.2).

Se puede observar que hay predominio de desgrasantes de tamaño medio y regularmente distribuido (Gráfico 4.3).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

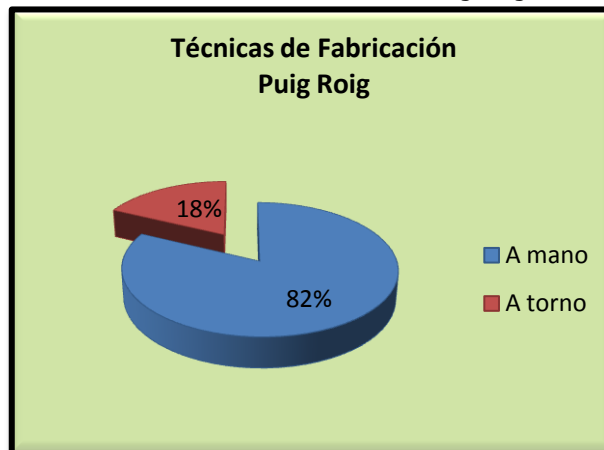
**Gráfico 4.3** – Tamaño y distribución del desgrasante Puig Roig



### 5. Técnicas de fabricación

Se señala la predominancia de la técnica de fabricación a mano, sin embargo se observa que en PR 06, PR 13, PR 15, PR 24 y PR 25 está hecha a torno (Gráfico 4.4).

**Gráfico 4.4** – Técnicas de fabricación Puig Roig

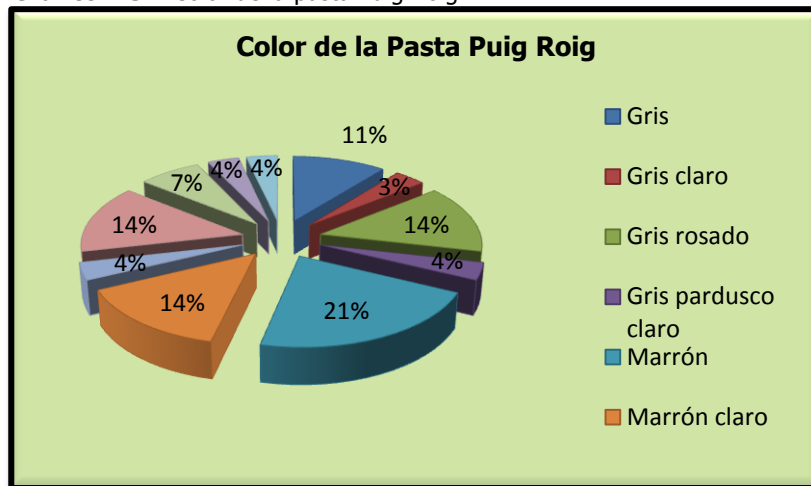


### 6. Color de la pasta

Se encuentra una variabilidad de colores de las pastas cerámicas con el gris en PR 4, PR 16 y PR 27; gris claro en PR 2; gris rosado en PR 12, PR 14, PR 20 y PR 25; gris pardusco claro en PR 6. El color marrón aparece en PR 5, PR 9, PR 17, PR 18, PR 19 y PR 22; marrón claro en PR 10, PR 21, PR 23 y PR 26; marrón grisáceo en PR 1. Se observa el color rosa en PR 3, PR 7, PR 8 y PR 15; rosa amarronado en PR 11 y PR 28; rojo pálido en PR 24 y amarillento rojizo en PR 13.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 4.5 – Color de la pasta Puig Roig**



Se puede observar el predominio del color marrón, seguido del color marrón claro rosado, gris rosado y rosa, los demás colores aparecen con una menor incidencia (Gráfico 4.5).

Como se puede ver en la Tabla 4.3, la muestra PR1 presenta el valor de luminosidad ( $L = 29.80$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en PR6 la luminosidad alta ( $L = 70.42$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.3– Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )**

Muestras	L	$a^*$	$b^*$	Muestras	L	$a^*$	$b^*$
PR1	29.80	3.08	6.54	PR15	55.63	13.39	24.01
PR2	59.26	7.67	20.64	PR16	57.56	3.30	11.34
PR3	55.98	11.89	20.38	PR17	43.97	3.25	7.95
PR4	38.68	2.60	7.33	PR18	53.50	5.51	12.18
PR5	49.40	4.49	12.52	PR19	43.95	3.35	7.93
PR6	70.42	0.90	7.57	PR20	57.60	3.22	12.33
PR7	57.10	13.59	23.10	PR21	53.90	13.06	23.10
PR8	55.70	13.33	24.00	PR22	53.55	6.51	11.18
PR9	44.01	3.36	7.93	PR23	53.91	13.06	23.19
PR10	53.90	13.03	23.17	PR24	59.01	12.52	18.35
PR11	49.51	12.64	16.03	PR25	49.11	19.19	23.28
PR12	56.69	8.61	18.68	PR26	53.91	13.05	23.18
PR13	49.09	8.88	17.50	PR27	38.68	2.60	7.33
PR14	62.50	8.56	18.17	PR28	49.50	12.65	16.01

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 23.77 y 35.42% en peso, óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 24.25 y 30.33% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 14.05 y 15.71% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 4.08 y 6.1% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.4).

**Tabla 4.4** - Composición química de los óxidos grupo 1 Puig Roig

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
PR3	28.52	15.71	6.31	0.02	0.60	24.99	0.11	0.99	0.73	0.04	0.05	21.70
PR7	35.42	14.05	5.10	0.02	0.74	24.25	0.14	0.90	0.69	0.15	0	21.69
PR14	23.77	14.48	4.08	0.02	0.51	30.33	0.18	0.79	0.71	0.05	0.04	24.80

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 04 y 748 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cromo (Cr), níquel (Ni) y galio (Ga). Además se ve ítrio (Y) en la muestra PR3, yodo (I) en la PR14, un alto contenido de bario (Ba) en las muestras PR3 y PR 14 y de estroncio (Sr) en PR3, PR7 y PR14 (Tabla 4.5).

**Tabla 4.5** - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	PR3	PR7	PR14
Elementos	PPM		
S	185	00	167
Cl	74	00	152
Cr	130	00	161
Ni	58	00	43
Cu	59	00	51
Zn	31	00	18

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>Ga</b>	12	00	17
<b>Rb</b>	0	00	04
<b>Sr</b>	294	616	377
<b>Y</b>	40	00	0
<b>Zr</b>	144	198	144
<b>I</b>	0	00	44
<b>Ba</b>	662	00	748

- Grupo 2

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valor de 56.52% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valor de 21.57% en peso. En menor porcentaje compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valor de 5.77% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valor de 6.01% en peso, un bajo contenido de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valor de 2.43% en peso y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con valor de 2.01% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.6).

**Tabla 4.6** - Composición química de los óxidos grupo 2 Puig Roig

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>PR6</b>	56.52	21.57	5.77	0.04	2.01	2.43	0.68	6.01	0.60	0.15	0.05	3.77

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 04 y 1409 ppm. Como elementos traza se destacan cloro (Cl), cinc (Zn) y estroncio (Sr). Además se puede ver plomo (Pb), circonio (Zr) y un alto contenido de bario (Ba) (Tabla 4.7).

**Tabla 4.7**- Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestras	PR6
Elementos	PPM
<b>S</b>	181
<b>Cl</b>	474
<b>Cr</b>	142
<b>Ni</b>	36
<b>Cu</b>	163



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>Zn</b>	426
<b>Ga</b>	26
<b>Br</b>	04
<b>Rb</b>	121
<b>Sr</b>	290
<b>Y</b>	12
<b>Zr</b>	204
<b>Ba</b>	1409
<b>Pb</b>	242

- Grupo 3

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 49.15 y 63.69% en peso, óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 15.75 y 21.53% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 4.60 y 7.42% en peso, el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 3.16 y 11.80% en peso y el óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 1.39 y 3.86 % en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.8).

**Tabla 4.8** - Composición química de los óxidos grupo 3 Puig Roig

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>PR4</b>	54.46	21.53	6.92	0.06	2.18	3.16	0.83	3.76	0.82	0.14	0.04	5.78
<b>PR9</b>	63.69	15.75	4.60	0.04	1.33	3.46	1.20	3.83	0.61	0.08	0.0	5.61
<b>PR23</b>	57.82	18.07	7.21	0.11	2.05	8.61	0.53	3.42	0.88	0.31	0.07	4.35
<b>PR24</b>	49.15	20.51	7.42	0.05	1.42	11.80	0.20	1.39	1.15	0.08	0.0	7.27
<b>PR25</b>	55.65	17.52	6.61	0.15	2.32	7.66	0.63	3.10	0.85	0.22	0.08	4.90

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 07 y 1222 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan estroncio (Sr), cloro (Cl), azufre (S) y cromo (Cr). Además se puede ver cinc

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

(Zn) en las muestras PR4, PR23 y PR25, plomo (Pb) en PR4 y un alto contenido de bario (Ba) en PR4, PR23 y PR25 (Tabla 4.9).

**Tabla 4.9** - Composición química de los elementos trazas

Composición química					
Muestras	PR4	PR9	PR23	PR24	PR25
Elementos	PPM				
<b>S</b>	149	00	273	00	315
<b>Cl</b>	304	00	178	00	144
<b>Sc</b>	41	00	0	00	0
<b>Cr</b>	154	00	204	00	206
<b>Ni</b>	36	00	77	00	77
<b>Cu</b>	182	00	243	00	226
<b>Zn</b>	156	00	227	00	212
<b>Ga</b>	22	00	26	00	22
<b>Br</b>	7	00	0	00	0
<b>Rb</b>	121	00	121	00	115
<b>Sr</b>	336	419	363	428	412
<b>Y</b>	25	00	27	00	28
<b>Zr</b>	164	208	241	277	241
<b>Ba</b>	1222	00	630	00	1043
<b>Pb</b>	66	00	0	00	0

- Grupo 4

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valor de 50.44% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valor de 20.49% en peso. En menor porcentaje se encuentran compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valor de 6.61% en peso, el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valor de 5.89% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores de 3.93% en peso y el óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con valor de 2.05% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.10).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.10-** Composición química de los óxidos grupo 4 Puig Roig

Composición química												
Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
Muestras	%											
PR5	50.44	20.49	6.61	0.06	2.05	5.89	0.47	3.93	0.82	0.11	0.63	8.75

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 20 y 1100 ppm. Como elementos traza se destacan cloro (Cl), azufre (S), cinc (Zn), circonio (Zr) y estroncio (Sr). Además se puede ver plomo (Pb), ítrio (Y) y un alto contenido de bario (Ba) (Tabla 4.11).

**Tabla 4.11 -** Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestras	PR5
Elementos	PPM
S	250
Cl	383
Cr	160
Ni	36
Cu	138
Zn	147
Ga	22
Rb	105
Sr	351
Y	20
Zr	210
Ba	1100
Pb	40

- Grupo 5

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) con valores oscilando entre 63.82 y 70.37% en peso, óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con valores entre 14.19 y 19.76% en peso. En menor porcentaje se encuentran compuesto de

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valores oscilando de 3.99 y 6.03% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 2.83 y 3.93% en peso y un bajo contenido de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valor entre 1.19 y 2.66% en peso) (Tabla 4.12).

**Tabla 4.12** - Composición química de los óxidos grupo 5 Puig Roig

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
<b>Muestras</b>	%											
<b>PR1</b>	66.86	15.12	4.65	0.03	1.10	1.44	0.99	3.93	0.62	0.07	00	5.37
<b>PR16</b>	70.37	14.19	3.99	0.04	0.78	1.19	0.86	3.41	0.63	0.05	00	4.62
<b>PR19</b>	63.82	19.76	6.03	0.07	1.76	2.66	1.24	2.83	0.71	0.04	00	1.69

Como elementos trazas se puede ver estroncio (Sr) y circonio (Zr) (Tabla 4.13).

**Tabla 4.13** - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	PR1	PR16	PR19
<b>Elementos</b>	PPM		
<b>Sr</b>	336	254	213
<b>Zr</b>	230	279	169

### 8. Particularidades

La muestra PR 12 presenta el exterior bruñido acanalado.

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.2. Turó Calvari de Vilalba dels Arcs- TC

Localización: Nordeste

Cronología: Edad del Hierro

Muestras: 14

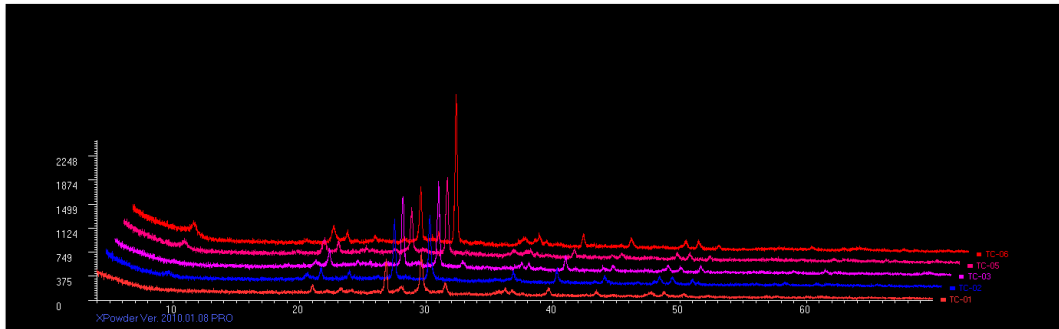
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

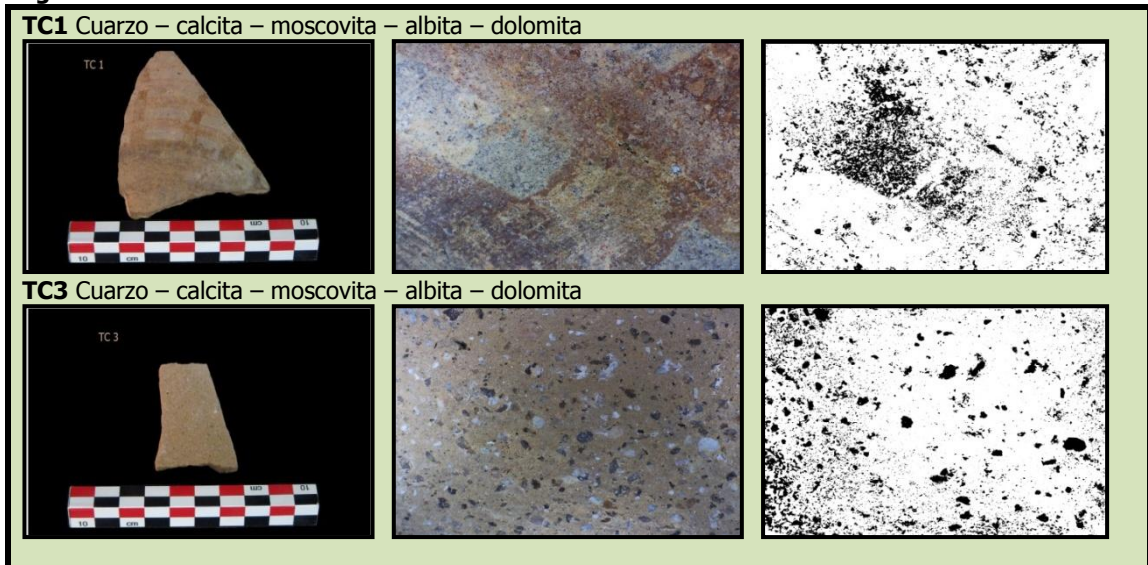
Se distingue 3 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con un total de 5 muestras es bien homogéneo, se encuentra siempre cuarzo, calcita, moscovita y albita, en tanto difieren en la presencia de dolomita. El alto grado de similitud en la composición de estas 3 muestras se observa en las Figuras 4.11 y 4.12, así como sus pequeñas diferencias.

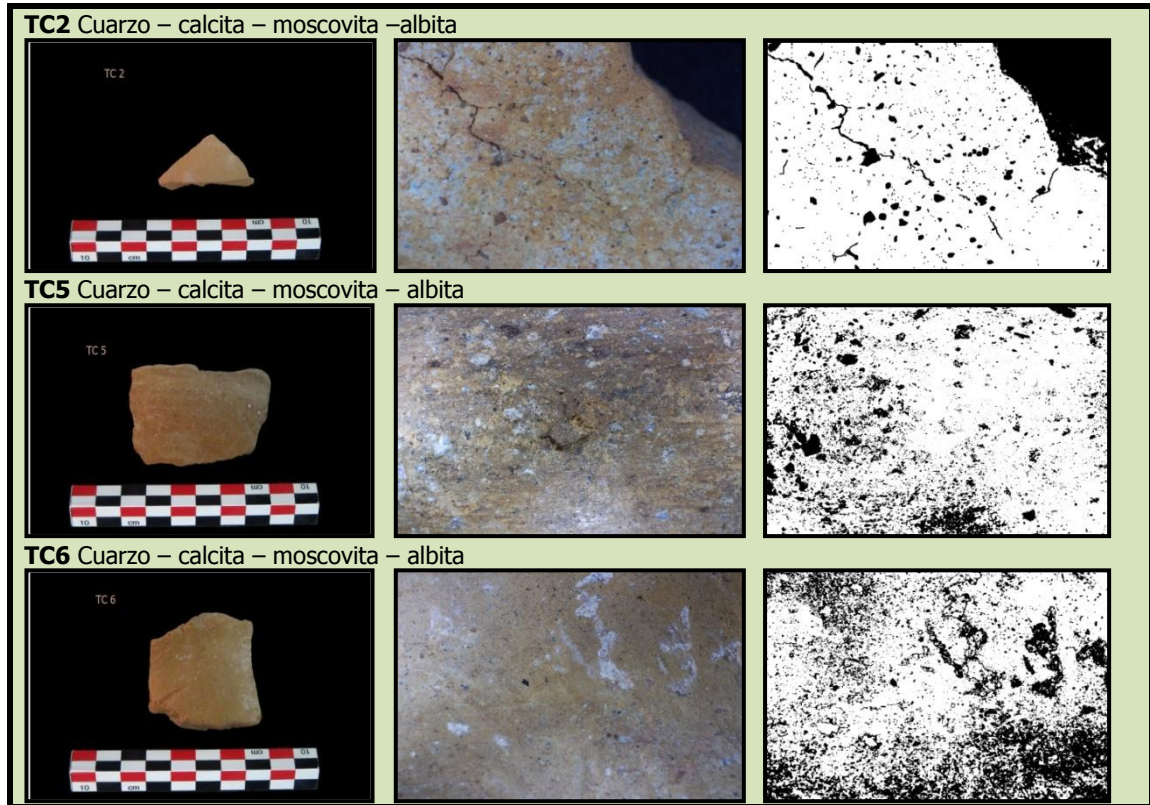
**Figura 4.11** - Difractograma grupo 1 de Turó Calvari



**Figura 4.12** – Caracterización de muestras

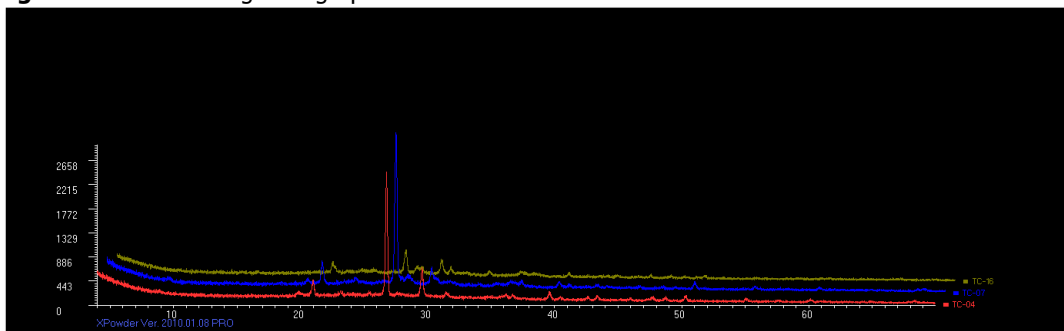


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



- Grupo 2 compuesto por 3 muestras, bien homogéneo; cuarzo, calcita y moscovita es común para las 3 muestras, en tanto se diferencian en la presencia de anortoclasa, ortoclasa, dolomita, hematita, anortita y laumontita. Estas similitudes en la composición se observan en las Figuras 4.13 y 4.14.

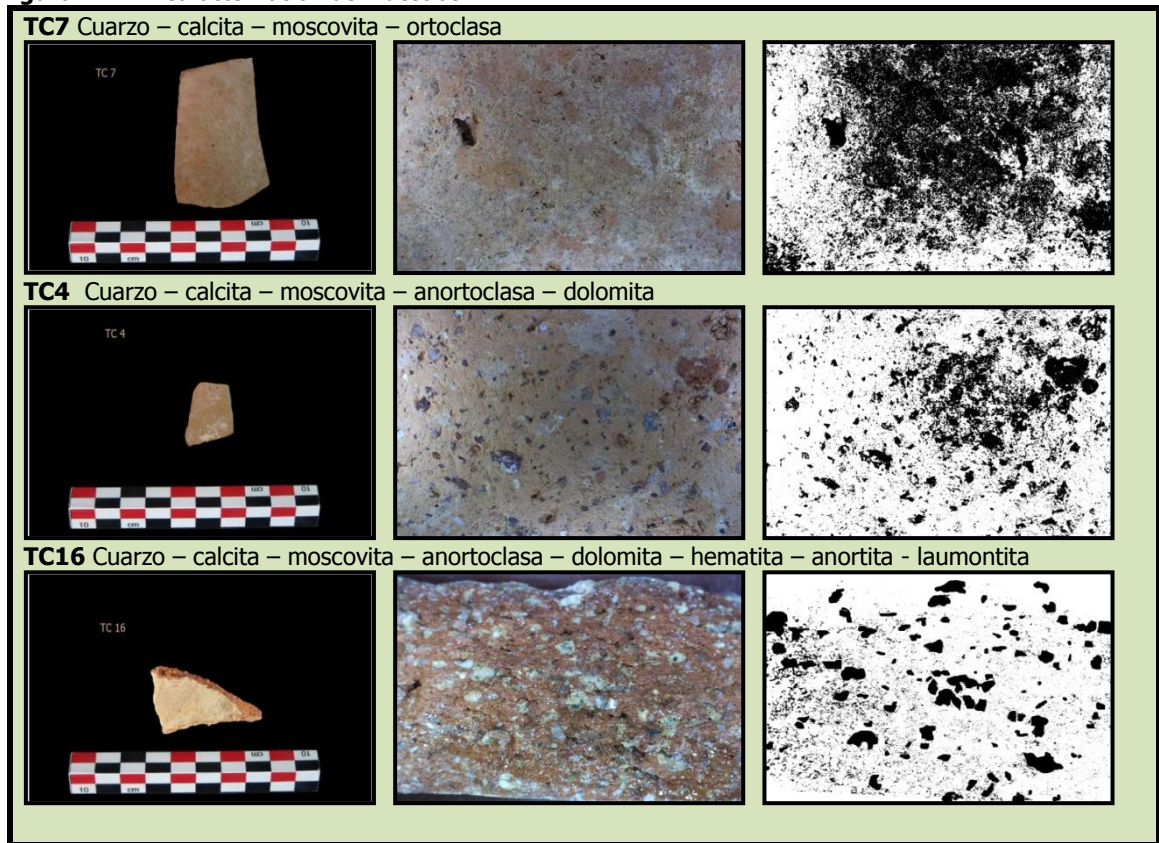
**Figura 4.13** - Difractograma grupo 2 de Turó Calvari





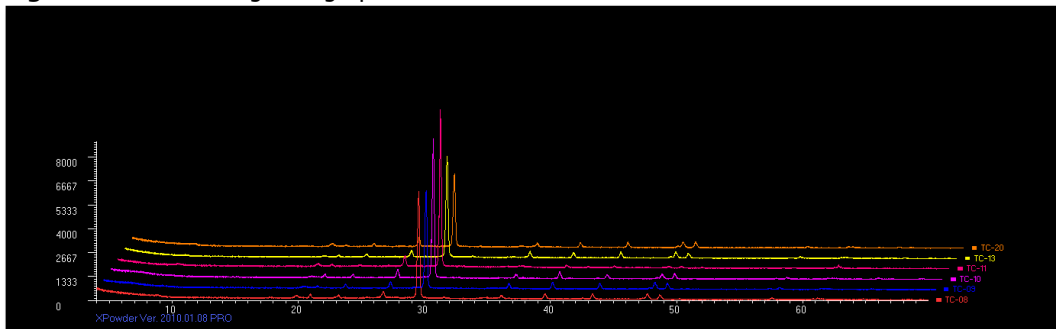
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 4.14** – Caracterización de muestras



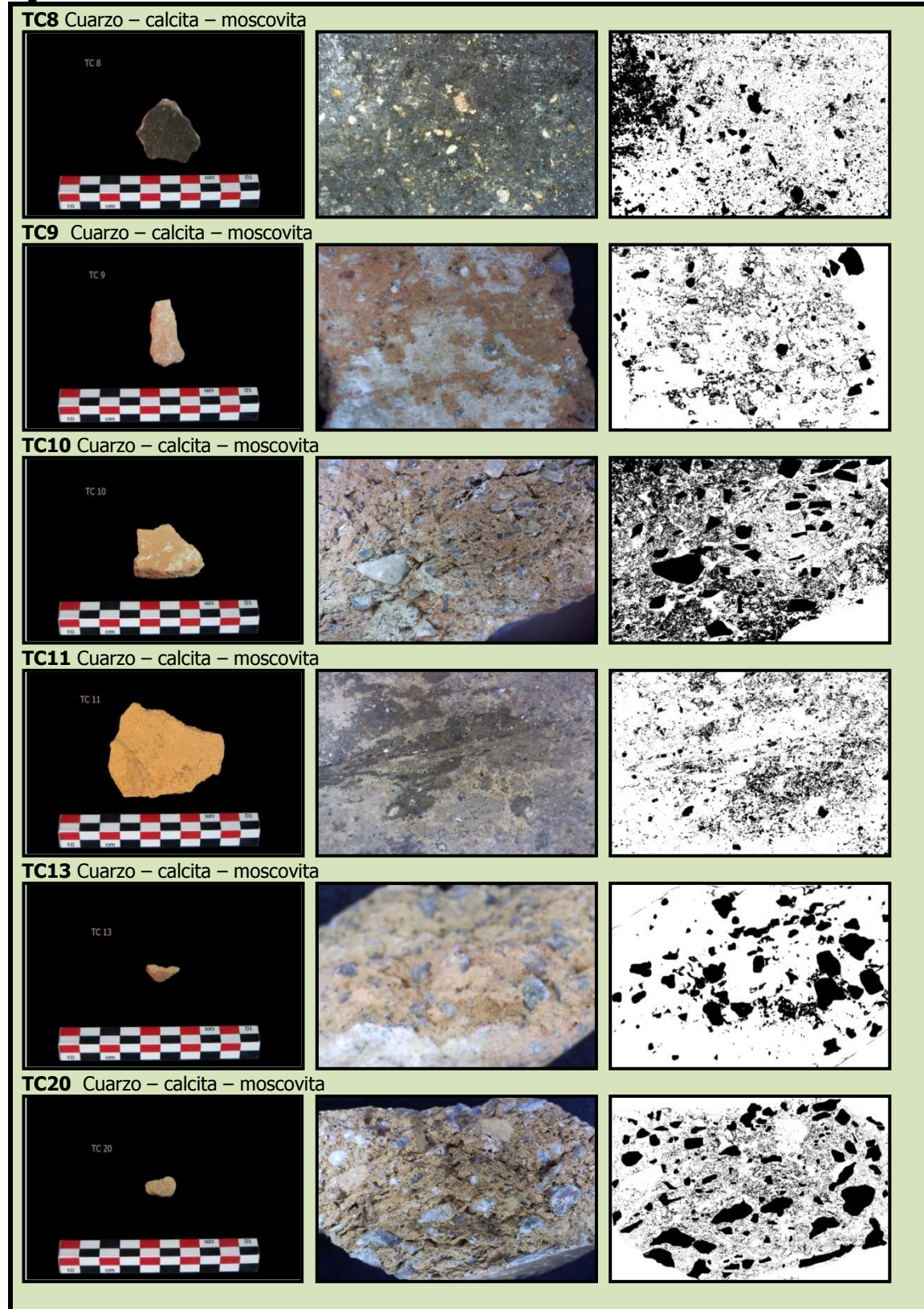
- Grupo 3 compuesto de 6 muestras, es muy homogéneo; se encuentra siempre cuarzo, calcita y moscovita, si bien varían sus proporciones. La similitud en la composición se observa en las Figuras 4.15 y 4.16.

**Figura 4.15** - Difractograma grupo 3 de Turó Calvari



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 4.16** – Caracterización de muestras



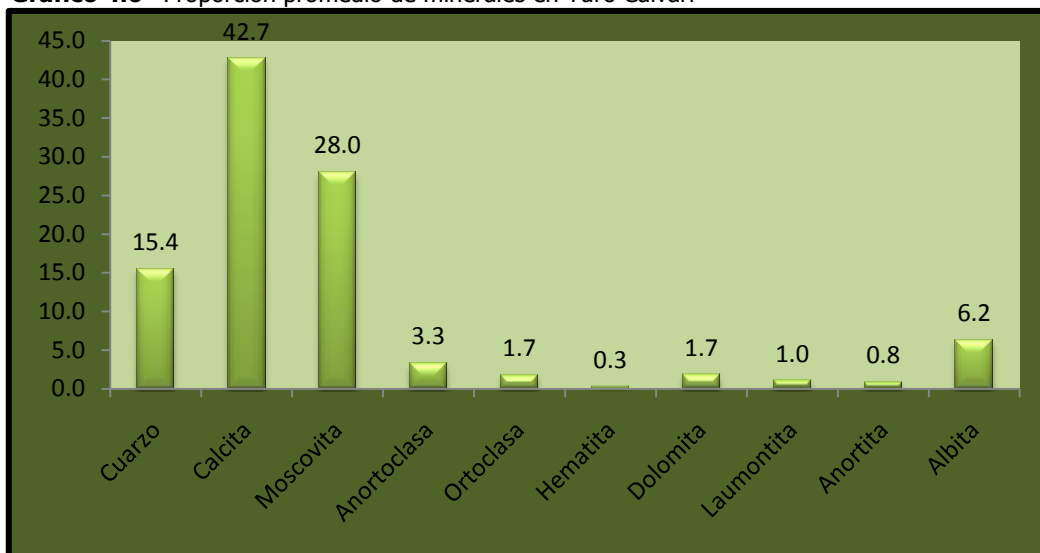


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se resalta que estos 3 grupos mineralógicos sólo tienen en común cuarzo, calcita y moscovita, aunque difieren en la proporción presente. Otros minerales se presentan en algunos grupos pero no en otros.

La proporción de cada mineral observado en las 14 muestras se presenta en la Tabla 4.14 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.6. Se puede observar que la calcita y la moscovita son minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento de Turó Calvari, con proporciones promedio entre 28% y 43%. Después están el cuarzo y la laumontita, con proporciones entre 15.5% y 6%. Como elementos minoritarios fueron encontrados anortoclasa, ortoclasa, dolomita, hematita, laumontita y anortita, con proporciones promedio inferiores a 3.5%.

**Gráfico 4.6**– Proporción promedio de minerales en Turó Calvari



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.14** – Análisis semicuantitativo Turó Calvari

Muestra	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7
<b>Cuarzo (%)</b>	16.4	19.1	18.8	33.1	17.4	13.0	37.0
<b>Calcita (%)</b>	21.8	18.2	23.0	09.6	19.4	23.3	06.7
<b>Moscovita (%)</b>	33.9	45.3	41.3	37.6	51.6	51.0	32.4
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	15.4	00.0	00.0	00.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	23.9
<b>Hematita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Dolomita (%)</b>	10.2	00.0	05.1	04.3	00.0	00.0	00.0
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Anortita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Albita (%)</b>	33.9	17.3	11.7	00.0	11.6	12.7	00.0

Muestra	TC8	TC9	TC10	TC11	TC13	TC16	TC20
<b>Cuarzo (%)</b>	05.7	09.2	08.5	07.7	08.7	11.5	09.9
<b>Calcita (%)</b>	74.1	84.3	89.0	84.3	79.7	08.3	55.9
<b>Moscovita (%)</b>	20.1	06.5	02.5	08.0	11.6	15.5	34.2
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	30.4	00.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Hematita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	03.5	00.0
<b>Dolomita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	04.7	00.0
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	14.5	00.0
<b>Anortita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	11.6	00.0
<b>Albita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

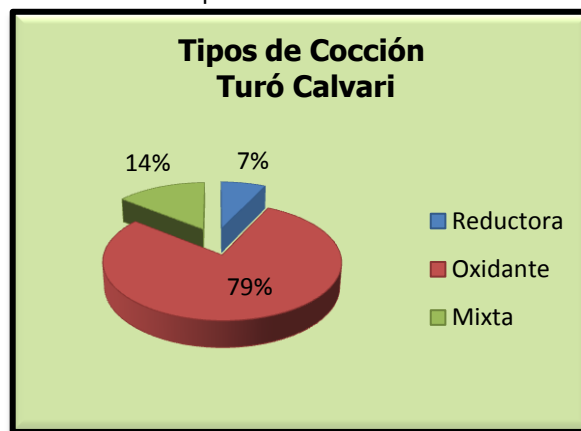
---

### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 presenta el predominio de cocciones del tipo oxidante, excepto en TC 5 que es del tipo mixta.
- Grupo 2 presenta en su totalidad cocciones del tipo oxidante.
- Grupo 3 se ve el predominio de cocción del tipo oxidante, sin embargo en TC 8 es reductora y en TC 11 es mixta.

Se observa un predominio de la cocción oxidante, seguida de la mixta y una menor incidencia de la reductora (Gráfico 4.7).

**Gráfico 4.7** – Tipo de cocción Turó Calvari



### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 la presencia de minerales como moscovita y calcita sugiere una temperatura entre 700-750 grados.
- Grupo 2 la anortoclasa, que está en cantidad considerable eleva la temperatura alrededor de 950 grados. Por la presencia de calcita suponemos una curva de cocción para el grupo de 850-900 grados.
- Grupo 3 se observa que la moscovita y la calcita sugieren una temperatura de cocción en torno de 700-800 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

Se observa una variedad de desgrasantes en los grupos, con predominio de moscovita sobre los demás elementos en el grupo 1 y la calcita aparece en mayor cantidad en el grupo 3. En el grupo 2 se encuentra el predominio de moscovita en TC 4, cuarzo en TC 7 y anortoclasa en TC 16.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

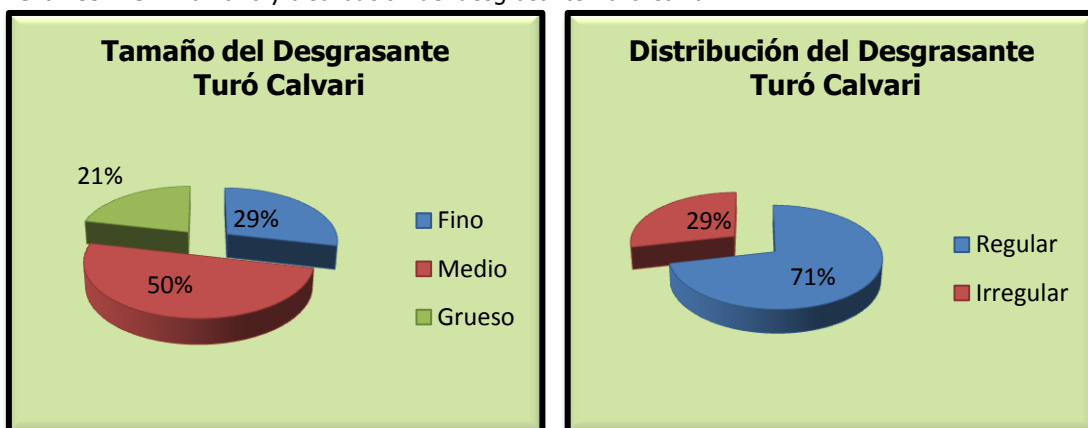
**Tabla 4.15** – Tamaño del desgrasante Turó Calvari

Desgrasantes	
<b>Tamaño</b>	
Fino	Muestras: TC 1, TC 2, TC 6, TC 7
Medio	Muestras: TC 3, TC 4, TC 5, TC 8, TC 9, TC 11, TC 16
Grueso	Muestras: TC 10, TC 13 y TC 20
<b>Distribución</b>	
Regular	Muestras: TC 1, TC 2, TC 3, TC 4, TC 5, TC 6, TC 7, TC 11, TC 16, TC 20.
Irregular	Muestras: TC 8, TC 9, TC 10, TC 13

Los desgrasantes, en su mayoría son de tamaño mediano, pero se encuentran también finos y gruesos. Cuanto a distribución, están regularmente distribuidos, pero en TC 8, TC 9, TC 10 y TC 13 su distribución es irregular (Tabla 4.15).

Se puede observar que hay predominio de desgrasantes de tamaño mediano regularmente distribuidos (Gráfico 4.8).

**Gráfico 4.8** – Tamaño y distribución del desgrasante Turó Calvari



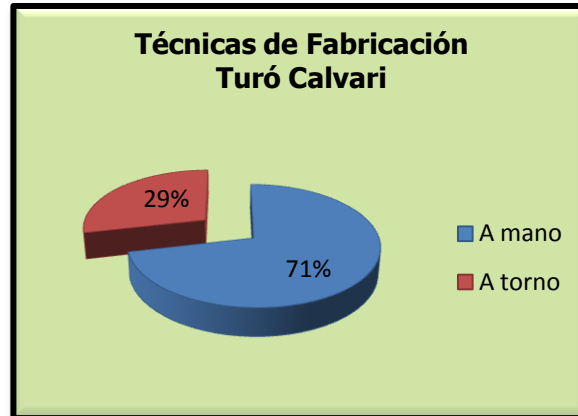
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 5. Técnicas de fabricación

Se señala que la técnica de fabricación a mano tiene la predominancia, sin embargo en las muestras TC 1, TC 2, TC 5 y TC 7 la técnica de fabricación es a torno.

Se observa la predominancia de la técnica a mano (Gráfico 4.9).

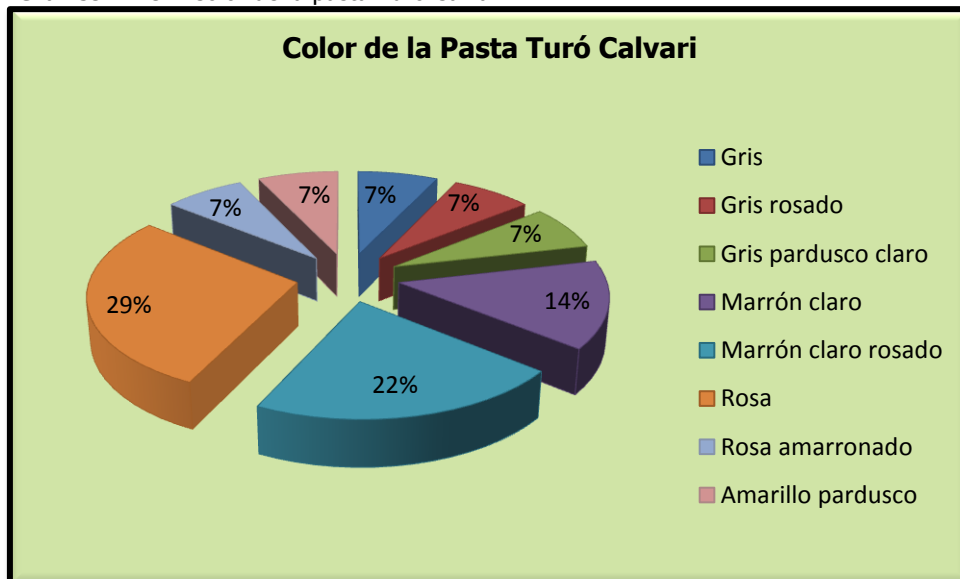
**Gráfico 4.9** – Técnicas de fabricación Turó Calvari



### 6. Color de la pasta

Se encuentra una variabilidad de colores de las pastas cerámicas con el gris en TC 8, gris rosado en TC 1 y gris pardusco claro en TC11. El color marrón claro aparece en TC 5 y TC 6; marrón claro rosado en TC 7, TC 9 y TC 10. Se observa el color rosa en TC 2, TC 4, TC 13 y TC 20; rosa amarronado en TC 3 y amarillo pardusco en TC 16.

**Gráfico 4.10** – Color de la pasta Turó Calvari



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se puede observar el predominio del color rosa, seguido del color marrón claro rosado y marrón claro, los demás colores aparecen con una menor incidencia (Gráfico 4.10).

Como se puede ver en la Tabla 4.16, la muestra TC8 presenta el valor de luminosidad ( $L = 34.17$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en TC2 la luminosidad alta ( $L = 66.36$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.16** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$	Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>TC1</b>	62.53	8.55	18.18	<b>TC8</b>	34.17	2.12	4.79
<b>TC2</b>	66.36	10.78	21.13	<b>TC9</b>	61.94	12.17	18.45
<b>TC3</b>	62.90	9.43	20.76	<b>TC10</b>	60.80	16.48	23.93
<b>TC4</b>	63.57	15.14	27.78	<b>TC11</b>	53.75	6.06	16.83
<b>TC5</b>	53.89	13.01	23.16	<b>TC13</b>	60.22	12.27	20.50
<b>TC6</b>	57.98	12.70	24.91	<b>TC16</b>	50.63	19.9	23.21
<b>TC7</b>	60.83	14.12	19.5	<b>TC20</b>	50.73	20.01	23.22

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 35.77 y 42.47% en peso, óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 17.68 y 19.67% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 14.44 y 17.42% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 6.78 y 8.14% en peso, el óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 1.61 y 3.13% en peso y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con valores entre 1.25 y 2.11% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.17).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.17** - Composición química de los óxidos grupo1 Turó Calvari

Composición química												
Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
Muestras	%											
<b>TC3</b>	42.47	19.67	6.78	0.07	1.25	17.42	0.26	1.61	1.09	0.11	0.12	8.89
<b>TC5</b>	38.68	18.70	8.14	0.01	1.77	14.44	0.33	3.12	0.66	0.18	0.09	14.80
<b>TC6</b>	35.77	17.68	6.81	0.02	2.11	14.67	0.37	3.13	0.62	0.15	0.09	18.30

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 06 y 829 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan azufre (S), cobre (Cu) y estroncio (Sr). Además tenemos ítrio (Y) en las muestras TC3, TC5 y TC6, vanadio (V) en TC3 y un alto contenido de bario (Ba) en las muestras TC3, TC5 y TC6. (Tabla 4.18).

**Tabla 4.18** - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	TC3	TC5	TC6
Elementos	PPM		
<b>S</b>	470	369	368
<b>Cl</b>	212	443	428
<b>V</b>	150	00	00
<b>Cr</b>	182	152	174
<b>Ni</b>	75	65	64
<b>Cu</b>	240	58	60
<b>Zn</b>	130	112	106
<b>Ga</b>	34	26	20
<b>As</b>	00	61	00
<b>Br</b>	00	10	6
<b>Rb</b>	63	140	125
<b>Sr</b>	391	590	439
<b>Y</b>	24	14	15
<b>Zr</b>	209	126	118
<b>Ba</b>	483	829	665

- Grupo 2

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios el óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) con valores oscilando entre 48.01 y 50.04% en peso, óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

valores entre 17.16 y 20.16% en peso y óxido de calcio (CaO) con valores entre 6.99 y 9.63% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), con valores entre 6.26 y 7.44% en peso, el óxido de potasio (K<sub>2</sub>O) con valores entre 4.66 y 5.94% en peso y el óxido de magnesio (MgO) con valores entre 2.33 y 3.78% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.19).

**Tabla 4.19-** Composición química de los óxidos grupo 2 Turó Calvari

Composición química												
Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
Muestras	%											
TC7	48.01	17.16	6.26	0.08	3.78	9.63	0.52	5.94	0.72	0.17	0.18	7.11
TC16	50.04	20.16	7.44	0.02	2.33	6.99	1.04	4.66	0.67	0.26	00	6.73

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 19 y 2190 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cloro (Cl), circonio (Zr) y cromo (Cr). Además tenemos cinc (Zn) en la muestra TC7, cobalto (Co) en TC7 y un alto contenido de bario (Ba) en TC7, azufre (S) en TC7 y estroncio (Sr) en TC16 (Tabla 4.20).

**Tabla 4.20 -** Composición química de los elementos trazas

Composición química		
Muestras	TC7	TC16
Elementos	PPM	
S	716	00
Cl	256	00
Cr	109	00
Co	19	00
Ni	49	00
Cu	113	00
Zn	117	00
Ga	23	00
Rb	175	00
Sr	424	1089
Y	22	00
Zr	191	157
Ba	2190	00



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Grupo 3

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 20.31 y 35.75% en peso, óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 17.26 y 33.12% en peso y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 9.38 y 18.04% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 3.32 y 7.82% en peso y el óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 0.82 y 3.23% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.21).

**Tabla 4.21** - Composición química de los óxidos grupo 3 Turó Calvari

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>TC8</b>	23.01	11.37	3.94	0.01	2.09	28.81	0.29	2.28	0.34	0.15		27.40
<b>TC9</b>	21.71	10.04	3.51	0.04	1.27	31.78	0.12	0.87	0.47	0.06		29.90
<b>TC10</b>	20.31	9.38	3.32	0.03	1.19	33.12	0.11	0.82	0.46	0.05		31.00
<b>TC11</b>	35.75	18.04	7.82	0.02	1.86	17.26	0.22	3.23	0.76	0.26		14.30

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 07 y 1219 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan azufre (S), cloro (Cl) y cromo (Cr). Además se puede arsénico (As) en las muestras TC9 y TC11, ítrio (Y) en TC11, niobio (Nb) en TC11 y un alto contenido de estroncio (Sr) en TC11 y de bario (Ba) en TC11 (Tabla 4.22).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

**Tabla 4.22** - Composición química de los elementos trazas

Composición química				
Muestras	TC8	TC9	TC10	TC11
Elementos	PPM			
S	374	292	310	447
Cl	305	162	115	162
Cr	117	107	88	209
Ni	41	39	34	63
Cu	49	56	45	83
Zn	62	40	40	127
Ga	18	15	7	27
As	0	26	0	29
Br	7	0	0	7
Rb	86	36	2	148
Sr	248	252	254	1219
Y	0	0	0	12
Zr	55	86	0	173
Nb	0	0	0	16
Ba	502	200	172	701

### 8. Particularidades

La muestra TC 1 presenta decoración de líneas concéntricas horizontales en el interior y en el exterior se cruzan con verticales formando cuadrículas sobre un fondo más oscuro.

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.3. Tossal Redó (Camp Redó) - TR

Localización: Nordeste

Cronología: Edad del Hierro

Muestras: 7

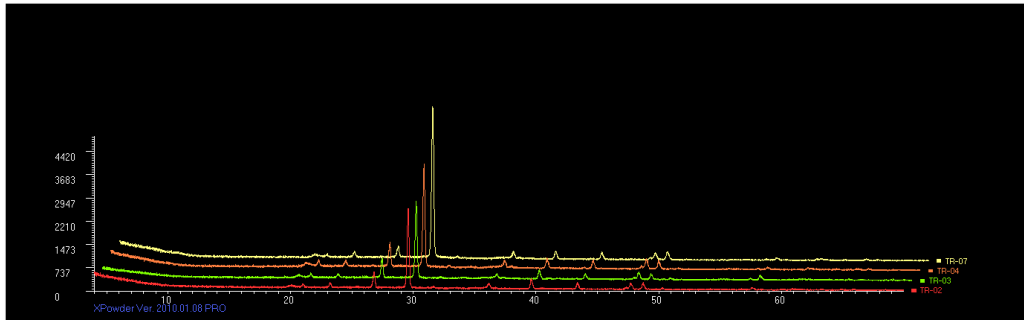
Análisis Mineralógico

### 1. Grupos mineralógicos

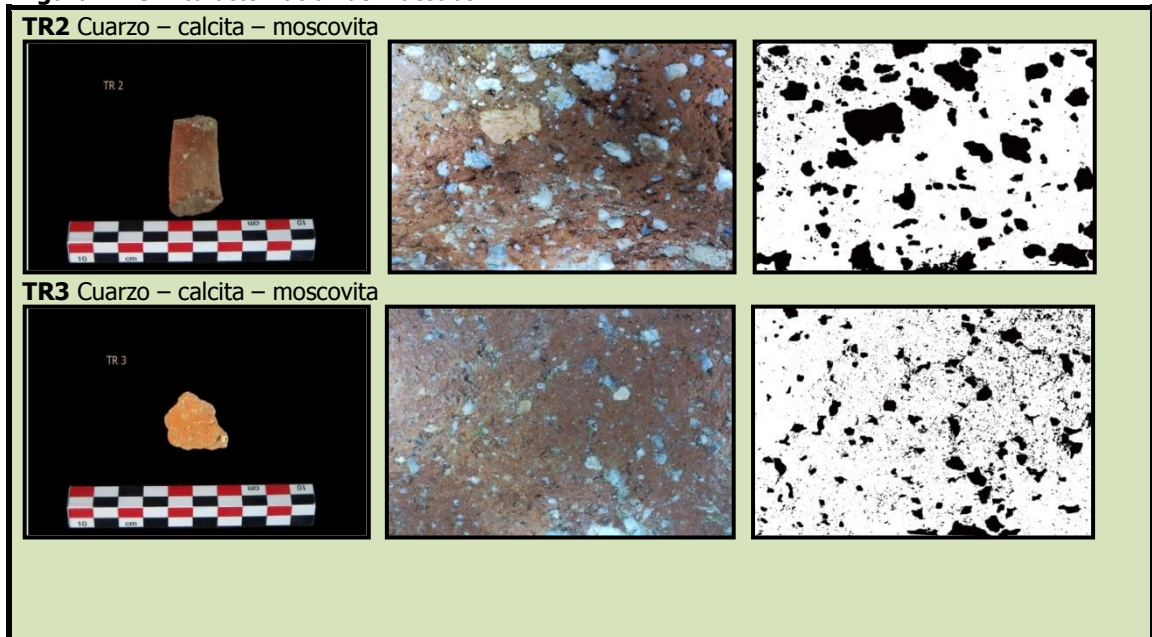
Se distingue 2 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con un total de 4 muestra es bien homogéneo, se encuentra siempre cuarzo, calcita y moscovita. La similitud en la composición se observa en las Figuras 4.17 y 4.18.

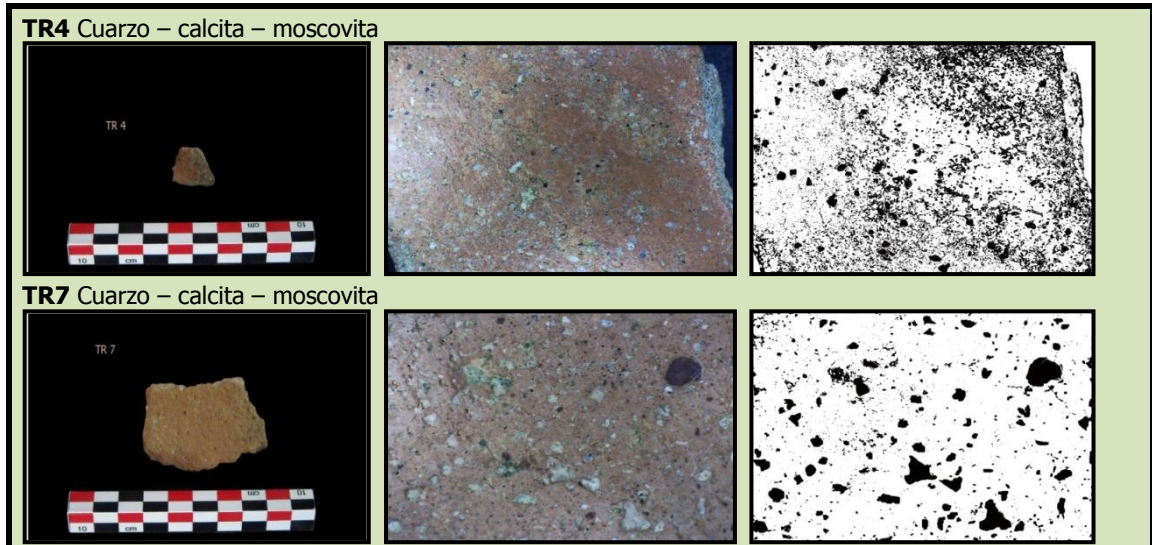
**Figura 4.17** - Difractograma grupo 1 de Tossal Redó



**Figura 4.18** – caracterización de muestras

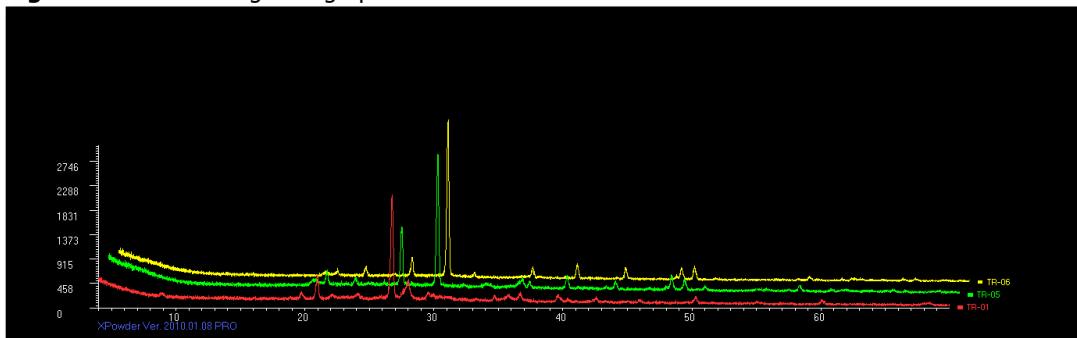


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

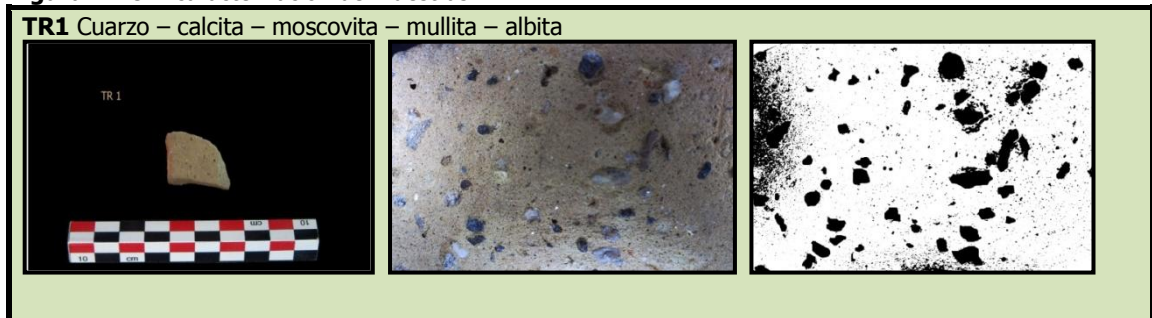


- Grupo 2 está compuesto por 3 muestras, bien homogéneo; cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las 3 muestras, en tanto se difieren en la presencia de mullita, albita, caolinita y hematita. Estas similitudes se observan en las Figuras 4.19 y 4.20.

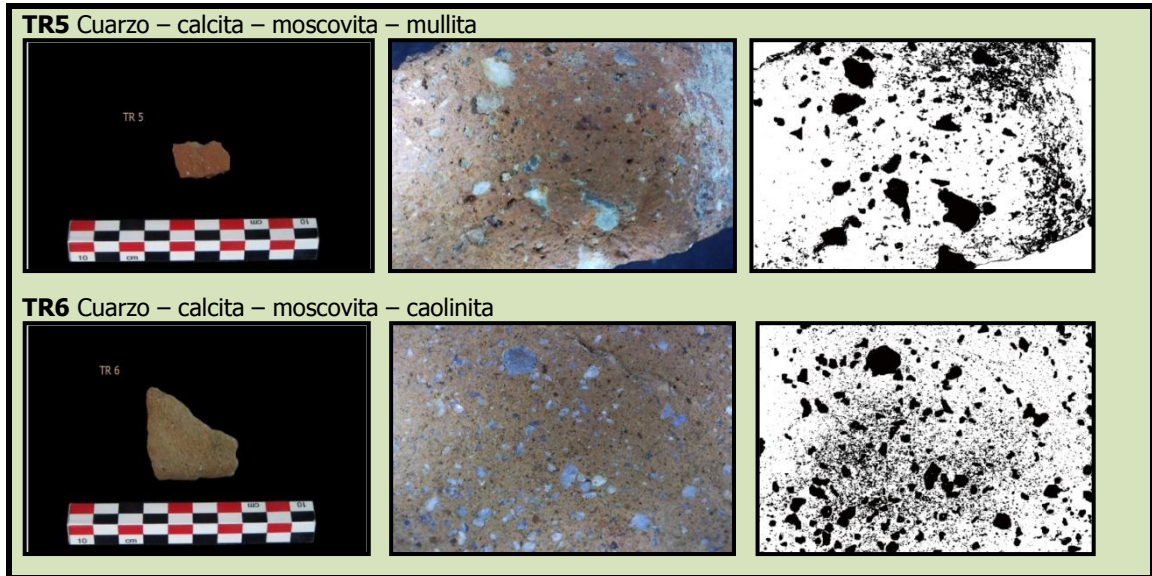
**Figura 4.19** - Difractograma grupo 2 de Tossal Redó



**Figura 4.20** – caracterización de muestras



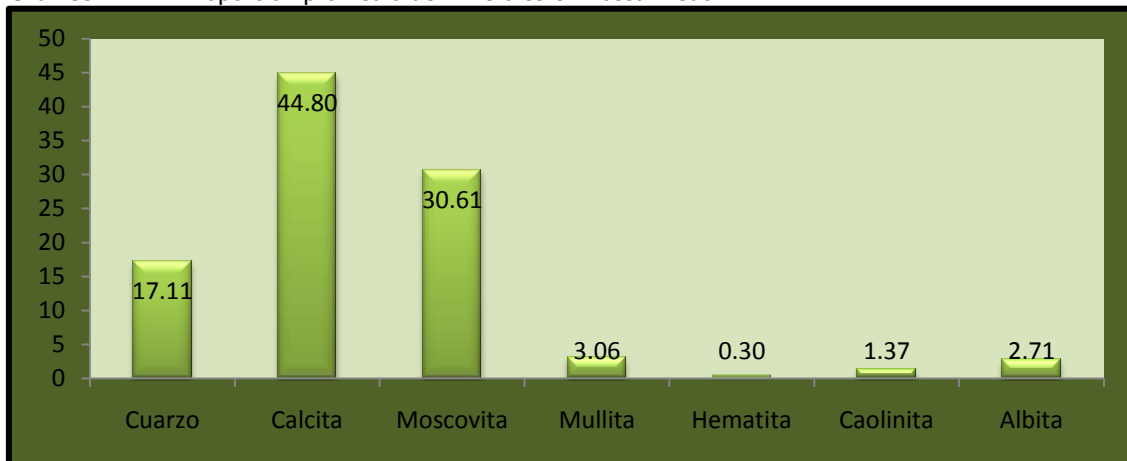
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



Se resalta que estos 5 grupos mineralógicos sólo tienen en común cuarzo, calcita y moscovita, aunque difieren en la proporción presente. Otros minerales se presentan en algunos grupos pero no en otros.

La proporción de cada mineral observado en las 7 muestras se presenta en la Tabla 4.23 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.11. Se puede observar que la calcita y la moscovita son minerales predominantes en las muestras del yacimiento Tossal Redó, con proporciones promedio superiores a 30%. Después están el cuarzo con proporción promedio superior a 17%. Como elementos minoritarios fueron encontrados mullita, hematita, caolinita y albita, con proporciones promedio inferiores a 3%.

**Gráfico 4.11** – Proporción promedio de minerales en Tossal Redó



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.23**– Análisis semicuantitativo Tossal Redó

Muestra	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7
<b>Cuarzo (%)</b>	23.2	14.7	18.5	17.2	23.1	12.6	10.5
<b>Calcita (%)</b>	03.5	60.1	54.3	48.2	20.2	57.9	69.4
<b>Moscovita (%)</b>	42.7	25.2	27.2	34.6	44.7	19.8	20.1
<b>Mullita (%)</b>	09.5	00.0	00.0	00.0	11.9	00.0	00.0
<b>Hematita (%)</b>	02.1	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Caolinita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	09.6	00.0
<b>Albita (%)</b>	19.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0

### 2. Tipos de cocción

En ambos los grupos se ve la totalidad de cocción del tipo oxidante.

### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como la calcita y moscovita que sugiere una temperatura de cocción alrededor de 700-800 grados.
- Grupo 2 calcita y moscovita indican una temperatura aproximada de 800 grados, sin embargo la mullita sube la temperatura, pues ella aparece entre 925 grados. Con eso podemos suponer una curva de cocción del grupo de 800-950 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

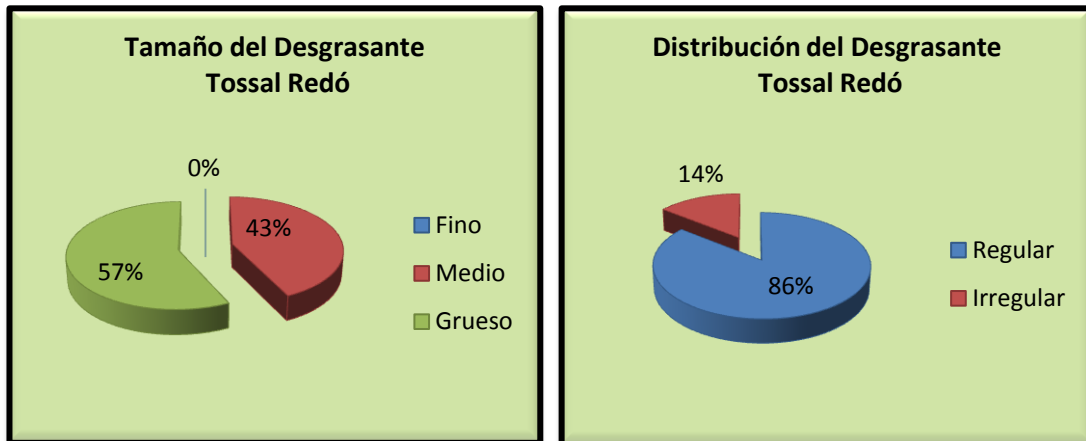
Se encuentra una variabilidad en los grupos, sin embargo hay una predominancia de calcita sobre los demás minerales, excepto en TR 1 y TR 5 en que se ve el predominio de moscovita.

Los desgrasantes, en su mayoría son gruesos, pero en TR 1, TR 6 y TR 7 son de tamaño mediano. Cuanto a distribución, están regularmente distribuidos en TR 1, TR 2, TR 3, TR 4, TR6 y TR 7 y irregularmente distribuido en TR 5.

Se puede observar que hay predominio de desgrasantes gruesos regularmente distribuidos (Gráfico 14.12).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 4.12-** Tamaño y distribución del desgrasante Tossal Redó



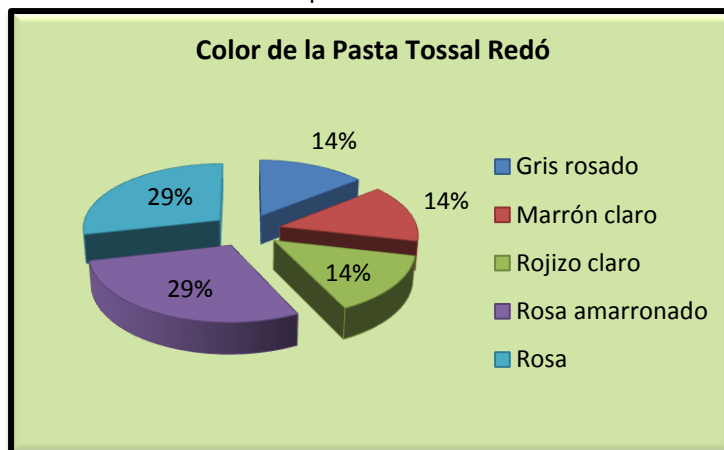
### 5. Técnica de fabricación

Se señala que la totalidad de las muestras está hecha a mano.

### 6. Color de la pasta

Se observa una pasta de color rosa en TR 6 y TR 7, rosa amarronado en TR 2 y TR 5. El color gris rosado aparece en TR 1; el marrón claro en TR 4 y el rojizo claro en TR 3.

**Gráfico 4.13 –** Color de la pasta Tossal Redó



Se puede ver una igual incidencia de la pasta de color rosa y rosa amarronado, los demás colores aparecen con una menor incidencia (Gráfico 4.13).

Como se puede ver en la Tabla 4.24, la muestra TR3 presenta el valor de luminosidad ( $L = 49.54$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en TR4 la luminosidad



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

alta ( $L = 70.68$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.24** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
TR1	56.70	8.60	18.69
TR2	51.22	20.38	22.91
TR3	49.54	17.00	18.95
TR4	70.68	2.80	10.76
TR5	50.87	22.05	23.74
TR6	55.66	13.37	24.01
TR7	57.13	13.56	24.10

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de calcio (CaO) con valores oscilando entre 28.25 y 30.11% en peso, óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores entre 21.15 y 27.23% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 12.28 y 14.55% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 4.64 y 5.21% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.25).

**Tabla 4.25** - Composición química de los óxidos grupo1 Tossal Redó

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
TR2	21.15	12.28	5.21	0.02	0.60	30.11	0.05	0.61	0.65	0.07	0.07	29.00
TR3	27.23	12.90	5.05	0.02	0.71	29.37	0.05	0.69	0.64	0.09	0.00	28.03
TR7	24.07	14.55	4.64	0.02	0.72	28.25	0.10	1.02	0.65	0.06	0.06	25.70

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 08 y 364 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan azufre (S), cromo (Cr), estroncio (Sr), circonio (Zr), níquel (Ni) y galio (Ga).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Además se ve ítrio (Y) en la muestra TR2, bario (Ba) en las muestras TR2 y TR7 (Tabla 4.26).

**Tabla 4.26** - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	TR2	TR3	TR7
Elementos	PPM		
S	269	00	237
Cl	57	00	74
Cr	129	00	131
Ni	50	00	40
Cu	74	00	51
Zn	37	00	00
Ga	17	00	20
Br	8	00	00
Sr	147	187	221
Y	65	00	00
Zr	130	185	124
Ba	364	00	338

- Grupo 2

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 22.52 y 59.45% en peso, óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 15.13 y 16.91% en peso y el óxido de cal ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 6.87 y 27.76% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 4.50 y 6.46% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.27).

**Tabla 4.27** - Composición química de los óxidos grupo 2 Tossal Redó

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
TR1	59.45	16.91	6.46	0.14	2.22	6.87	0.56	2.60	0.86	0.25	00	3.75
TR6	22.52	15.13	4.50	0.02	0.35	27.76	0.06	0.45	0.73	0.75	0.05	28.2

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 06 y 346 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan el azufre (S), cromo (Cr), estroncio (Sr) y circonio (Zr). Además se ve bario (Ba) en la muestras TR6 (Tabla 4.28).

**Tabla 4.28** - Composición química de los elementos trazas

Composición química		
Muestras	TR1	TR6
Elementos	PPM	
S	00	213
Cl	00	52
Cr	00	146
Ni	00	40
Cu	00	60
Zn	00	19
Ga	00	17
Br	00	6
Rb	00	7
Sr	231	143
Zr	230	126
Ba	00	346

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.4. Castellons de Flix- C

Localización: Nordeste

Cronología: Edad del Bronce Final/Romano

Muestras: 5

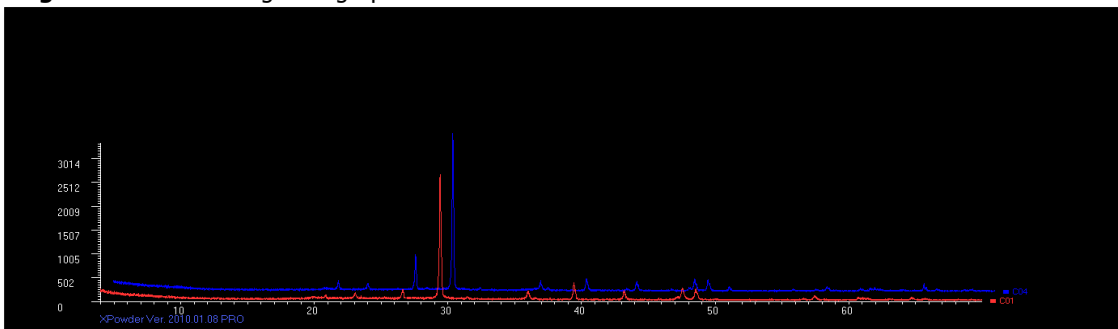
Análisis Mineralógico

### 1. Grupos mineralógicos

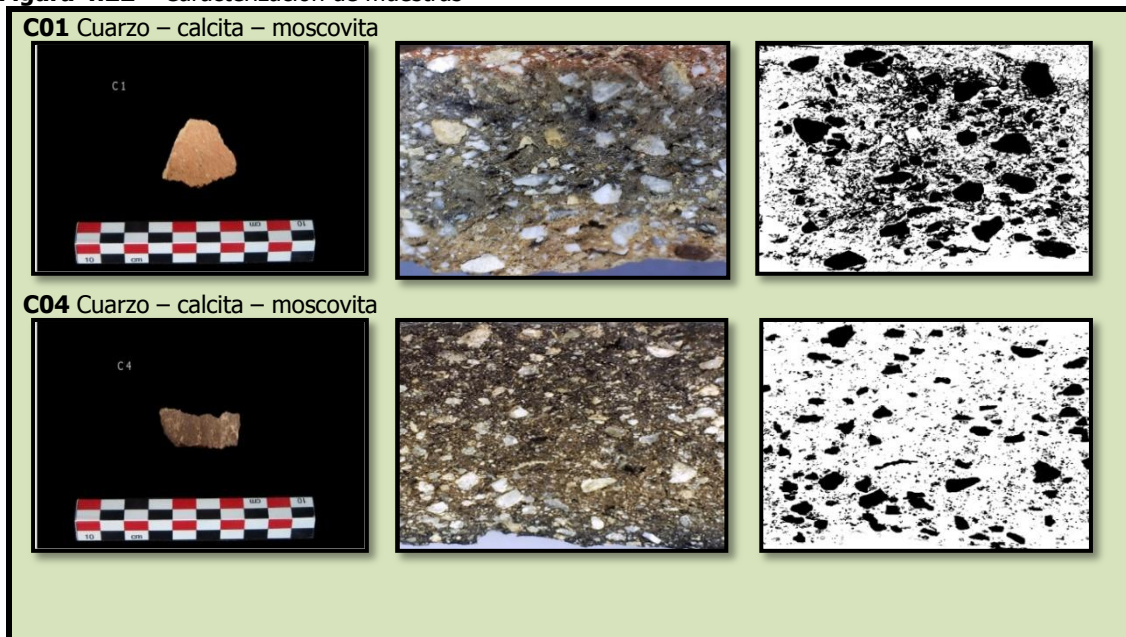
Se distingue 2 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 compuesto por 2 muestras es muy homogéneo, se encuentra siempre cuarzo, calcita y moscovita, si bien varían sus proporciones. La similitud se en la composición se observa en las Figuras 4.21 y 4.22.

**Figura 4.21** - Difractograma grupo 1 de Castellons



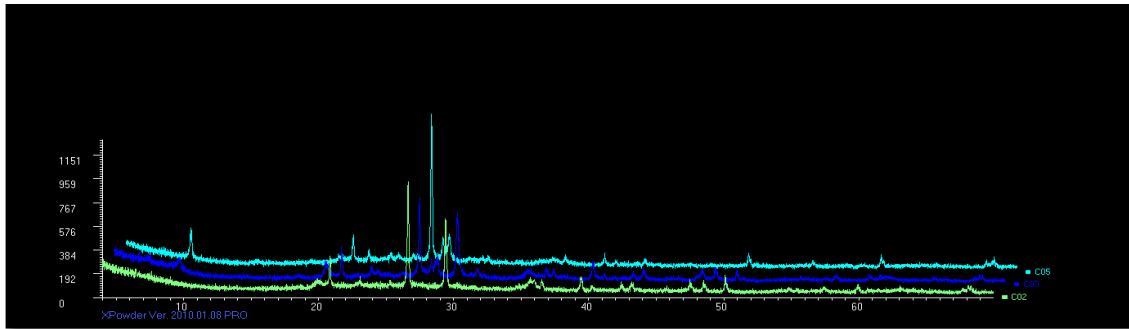
**Figura 4.22** – Caracterización de muestras



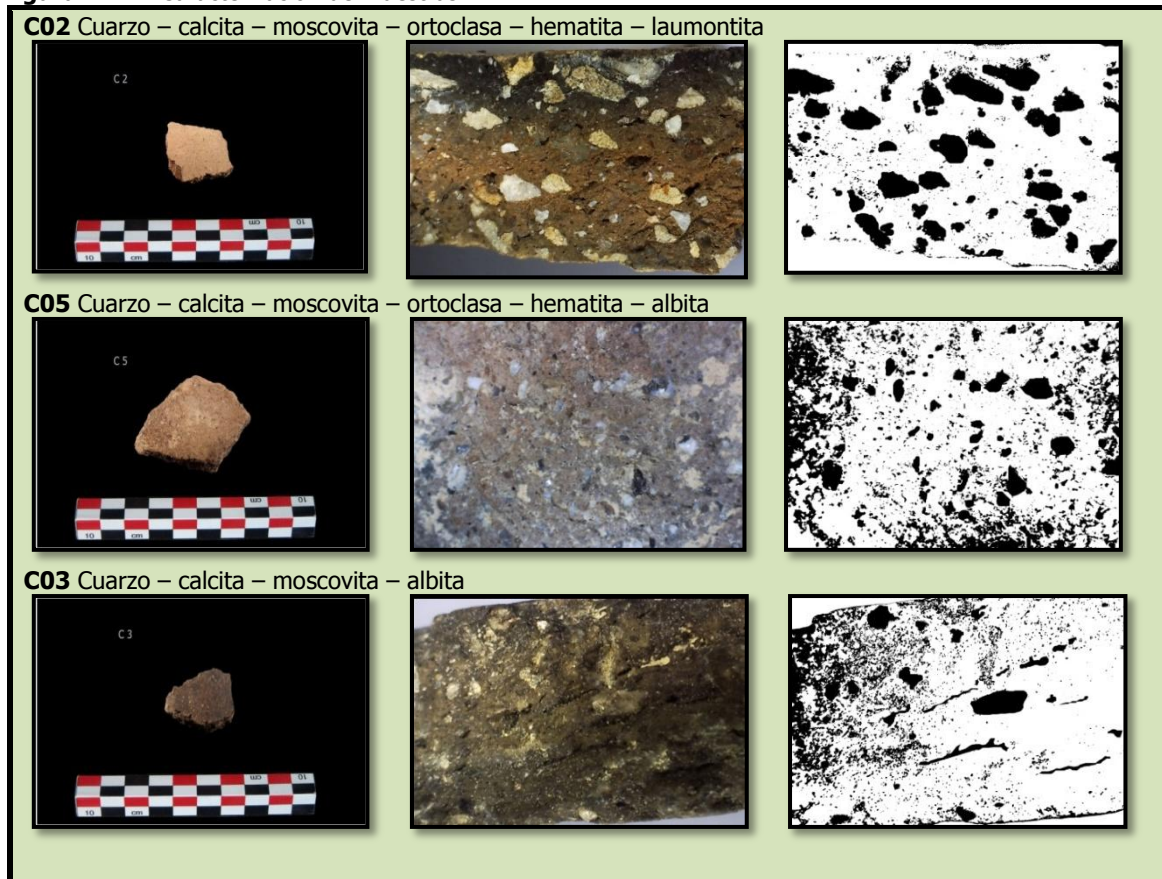
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

• Grupo 2 está compuesto por 3 muestras, es homogéneo; cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las 3 muestras, en tanto difieren en la presencia de ortoclasa, hematita, albita y laumontita. La similitud en la composición se observa en las Figuras 4.23 y 4.24.

**Figura 4.23-** Difractograma grupo 2 de Castellons



**Figura 4.24–** Caracterización de muestras



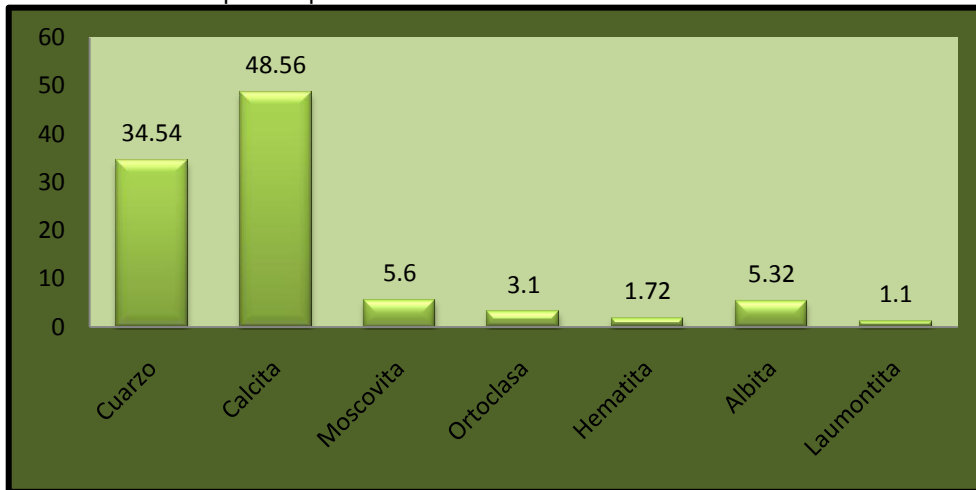
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se resalta que estos 2 grupos mineralógicos tienen en común cuarzo, calcita y moscovita aunque difieren en la proporción presente. Otros minerales se presentan en algunos grupos pero no en otros.

La proporción de cada mineral observado en las 5 muestras se presenta en la Tabla 4.29 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.14.

Se puede observar que el cuarzo y la calcita son minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento de Castellons, con proporciones promedio superiores al 34%. Después están la moscovita y la albita, seguidas de ortoclasa, con proporciones promedio entre 3% y 6%. Como elementos minoritarios fueron encontrados hematita y laumontita, con proporciones promedio inferiores a 2%.

**Gráfico 4.14** – Proporción promedio de minerales en Castellons



**Tabla 4.29** - Análisis semicuantitativo Castellons

Muestra	C1	C2	C3	C4	C5
<b>Cuarzo (%)</b>	08.1	46.0	41.9	19.0	57.7
<b>Calcita (%)</b>	90.5	31.3	35.6	79.7	05.7
<b>Moscovita (%)</b>	01.3	06.1	10.3	01.3	09.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	06.9	00.0	00.0	08.6
<b>Hematita (%)</b>	00.0	04.1	00.0	00.0	04.5
<b>Albita (%)</b>	00.0	00.0	12.2	00.0	14.4
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	05.5	00.0	00.0	00.0

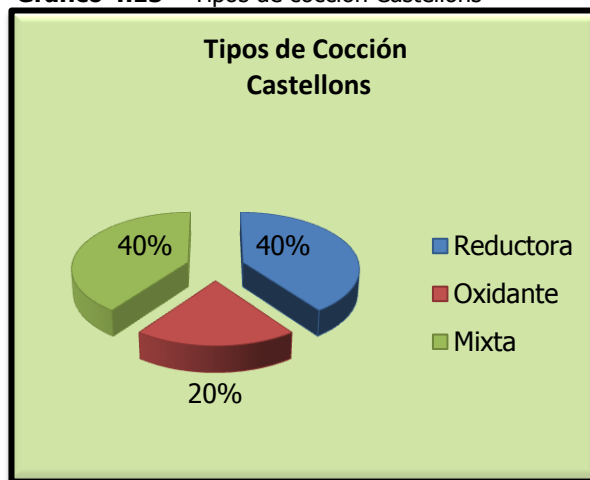
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 presenta cocción mixta (C01) y reductora (C04).
- Grupo 2 compuesto de una muestra mixta (C02), una oxidante (C03) y una reductora (C05).

Se observa un equilibrio entre las cocciones reductora y mixta, con poca incidencia de la oxidante (Gráfico 4.15).

Gráfico 4.15 – Tipos de cocción Castellons



### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 presenta la calcita en elevada porcentaje que sugiere una temperatura de cocción alrededor de 700-800 grados.
- Grupo 2 la presencia de calcita indica una temperatura entre 700-870 grados. Sin embargo, la laumontita apunta a una temperatura inferior a 600 grados, pero su cantidad es muy pequeña, llegando a pensarse que ella pueda ser secundaria. La presencia de moscovita y ortoclasa muestran una temperatura inferior a 925 grados. Como media del grupo sugerimos una temperatura entre 700-800 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución de desgrasantes

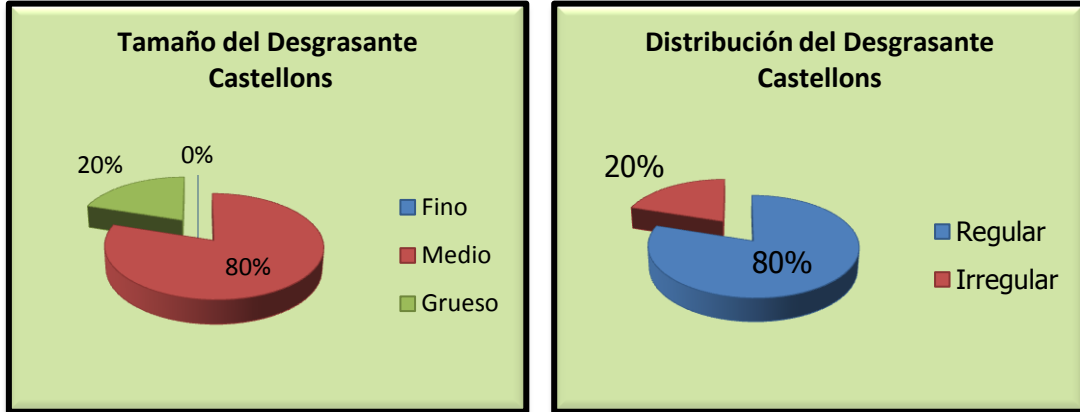
Se puede ver una homogeneidad de desgrasantes siendo el cuarzo y calcita los desgrasantes principales, a veces combinados con ortoclasa y moscovita.

La mayoría de las muestras presenta de tamaño mediano, excepto en C 2 que son gruesos. Cuanto a distribución, se ve que están regularmente distribuidos en C 1, C 2, C 4 y C 5 y irregularmente distribuidos en C 3.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se puede observar que hay un predominio de desgrasantes medios con regular distribución (Gráfico 4.16).

**Gráfico 4.16** – Tamaño y distribución del desgrasante Castellons

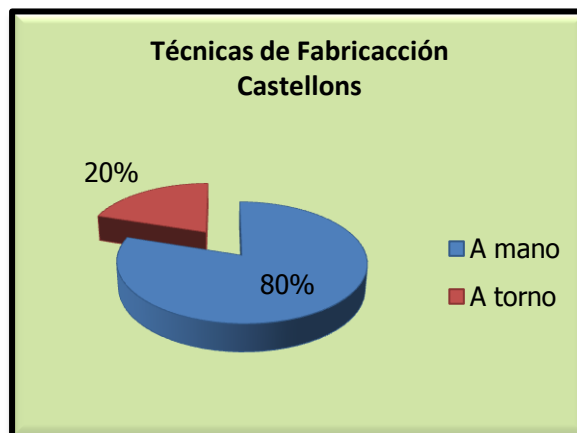


### 5. Técnicas de fabricación

Se señala la predominancia de la técnica de fabricación a mano, exceptuando la muestra C 2 que está hecha a torno.

Se observa la predominancia de la técnica a mano (Gráfico 4.17).

**Gráfico 4.17** – Técnicas de fabricación Castellons

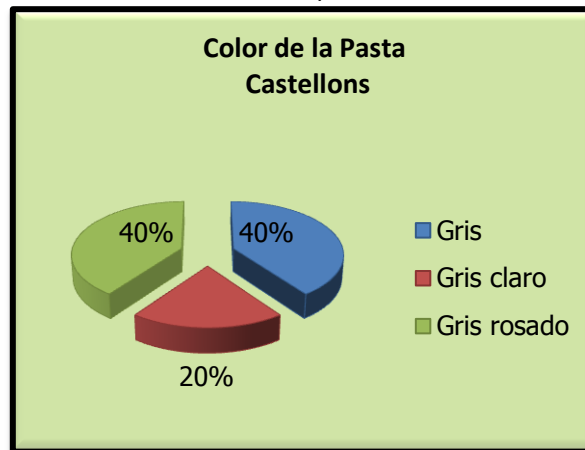


### 6. Color de la pasta

Se encuentra pastas de color gris en C 3 y C 4, gris claro en C 1 y gris rosado en C 2 y C 5.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Gráfico 4.18 – Color de las pastas Castellons



Se puede observar el predominio del color gris y gris rosado, seguido del color gris claro (Gráfico 4.18).

Tabla 4.30 – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad (a\* y b\*)

Muestras	L	a*	b*
C1	58.24	7.71	21.63
C2	56.61	3.24	12.26
C3	52.60	3.29	10.92
C4	51.59	3.28	11.92
C5	56.63	3.26	12.30

Como se puede ver en la Tabla 4.30, la muestra C4 presenta el valor de luminosidad (L = 51.59) bajo que le confiere un color más oscuro y en C1 la luminosidad alta (L = 58.24) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 24.60 y 27.61% en peso, óxido de calcio (CaO) con valores entre 27.77 y 30.76% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 14.73 y



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

13.45% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 4.26 y 4.95% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.31).

**Tabla 4.31** - Composición química de los óxidos grupo1 Castellons

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>C1</b>	24.60	14.73	4.26	0.02	1.19	30.76	0.13	0.70	0.57	0.13	0.19	22.70
<b>C4</b>	27.61	13.45	4.95	0.03	0.88	27.77	0.28	0.94	0.67	0.07	0.08	23.00

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 02 y 995 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan azufre (S), cloro (Cl), y cromo (Cr). Además se ve cinc (Zn) en las muestras C1 y C4, plomo (Pb) en C1 y un alto contenido de bario (Ba) en C1 y C4 y de estroncio (Sr) (Tabla 4.32).

**Tabla 4.32** - Composición química de los elementos trazas

Composición química		
Muestras	C1	C4
Elementos	PPM	
<b>S</b>	764	327
<b>Cl</b>	134	352
<b>Cr</b>	160	98
<b>Ni</b>	51	61
<b>Cu</b>	58	84
<b>Zn</b>	26	38
<b>Ga</b>	22	21
<b>As</b>	34	00
<b>Br</b>	00	05
<b>Rb</b>	02	00
<b>Sr</b>	922	995
<b>Y</b>	64	35
<b>I</b>	00	62
<b>Zr</b>	126	194
<b>Ba</b>	570	780
<b>Pb</b>	38	00

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Grupo 2

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 47.21 y 50.90% en peso, el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 23.84 y 26.75% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 6.72 y 7.61% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 2.81 y 8.04% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.33).

**Tabla 4.33** - Composición química de los óxidos grupo2 Castellons

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
C2	47.21	23.84	7.61	0.02	0.79	8.04	0.47	1.17	0.97	0.06	00	10.74
C5	50.90	26.75	6.72	0.04	1.13	2.81	1.09	2.36	1.09	0.16	0.12	6.45

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 05 y 1410 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan estroncio (Sr), azufre (S), cloro (Cl), y cromo (Cr). Además se puede ver cinc (Zn) en C5, circonio (Zr) en C2 y C5 y un alto contenido de bario (Ba) en C5 (Tabla 4.34)

**Tabla 4.34** - Composición química de los elementos trazas

Composición química		
Muestras	C2	C5
Elementos	PPM	
S	00	479
Cl	00	462
Cr	00	217
Ni	00	74
Cu	00	86
Zn	00	53
Ga	00	33
As	00	00
Br	00	05
Rb	00	51

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

<b>Sr</b>	894	632
<b>Y</b>	00	24
<b>Zr</b>	216	213
<b>Ba</b>	00	1410

### 8. Particularidades

En las muestras C 2 y C 5 se observa la presencia de hematita, pudiendo ser trazas de pigmentos.

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.5. Sant Miquel de Vinebre - SM

Localización: Nordeste

Cronología: Ibérico Antiguo

Muestras: 24

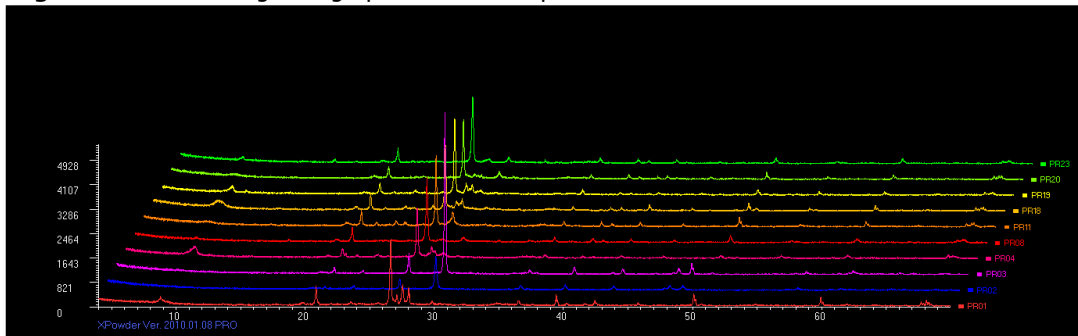
Análisis Mineralógico

### 1. Grupos mineralógicos

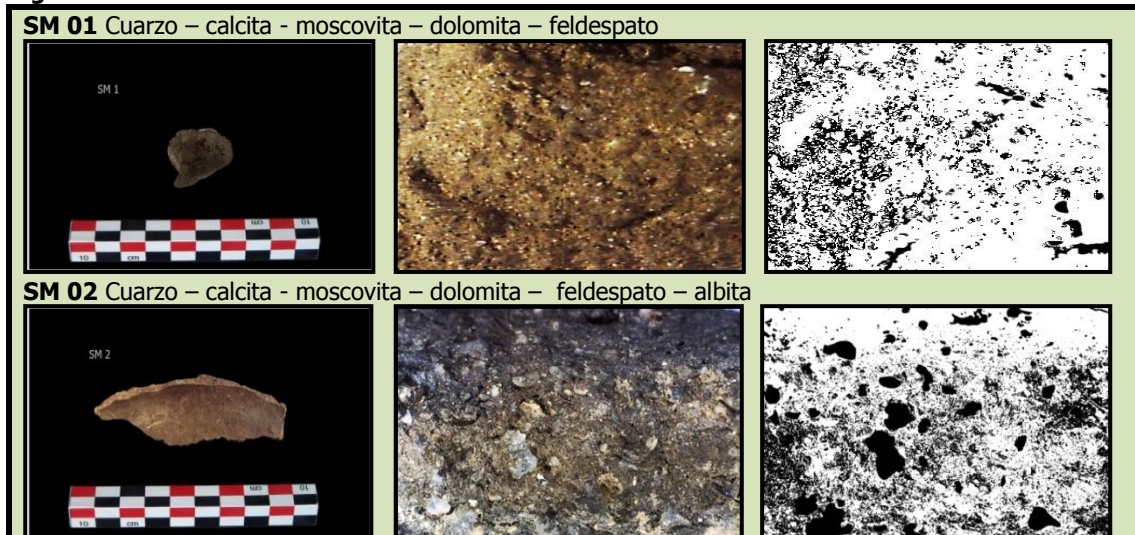
Se distingue 4 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con un total de 10 muestras es homogéneo, cuarzo, calcita, moscovita y dolomita son comunes para las 10 muestras, en tanto difieren en presencia de feldespato, microclina, albita, ortoclasa, anortoclasa, analcima, olivino y hematita. El alto grado de similitud en las muestras se observa en las Figuras 4.25 y 4.26, así como sus pequeñas diferencias.

**Figura 4.25** - Difractograma grupo 1 de Sant Miquel

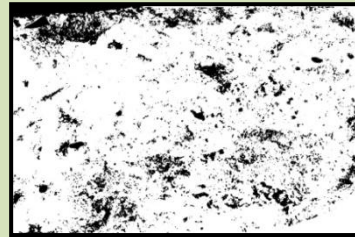


**Figura 4.26** – Caracterización de muestras

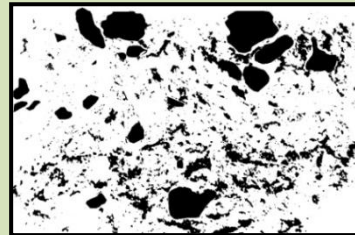
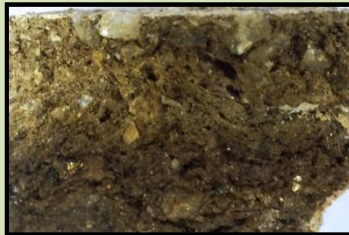


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

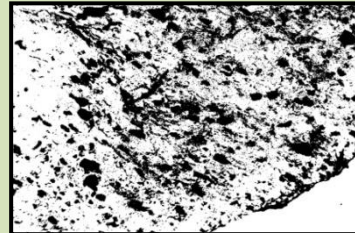
**SM 03** Cuarzo – calcita - moscovita – dolomita – feldespato



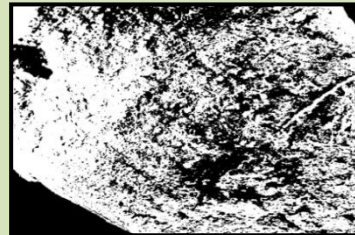
**SM 04** Cuarzo – calcita - moscovita – dolomita – ortoclasa



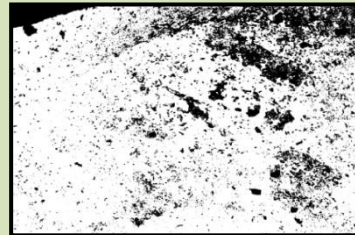
**SM 08** Cuarzo – calcita - moscovita – dolomita – microclina – albita – hematita



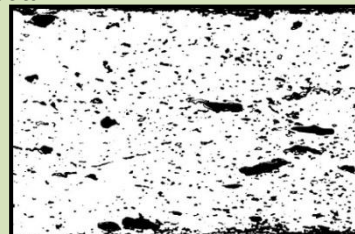
**SM 11** Cuarzo – calcita - moscovita – dolomita – feldespato – hematita



**SM 18** Cuarzo – calcita – moscovita – dolomita – ortoclasa – hematita



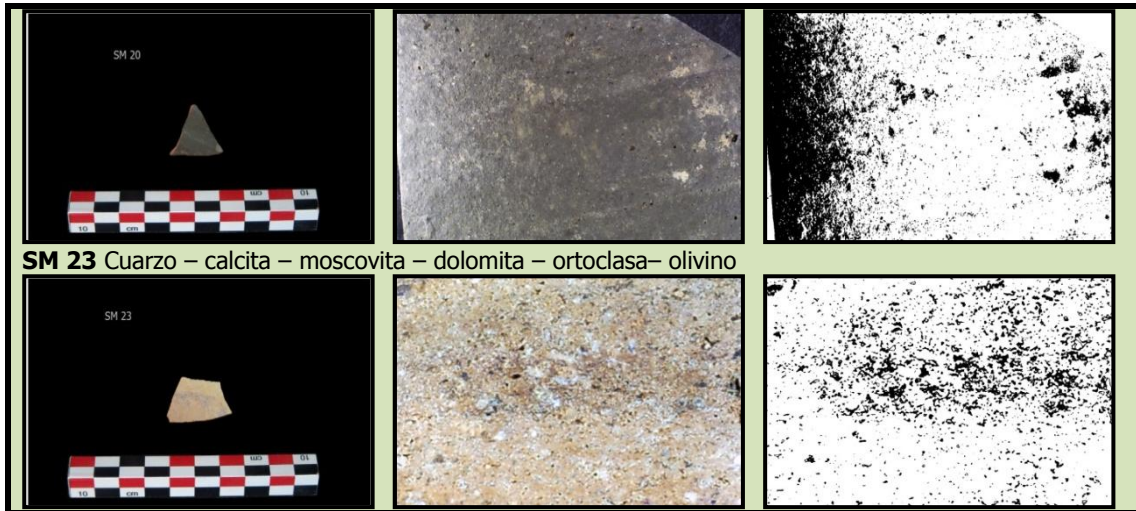
**SM 19** Cuarzo – calcita – moscovita – dolomita – anortoclasa – hematita



**SM 20** Cuarzo – calcita – moscovita – dolomita – ortoclasa – analcima

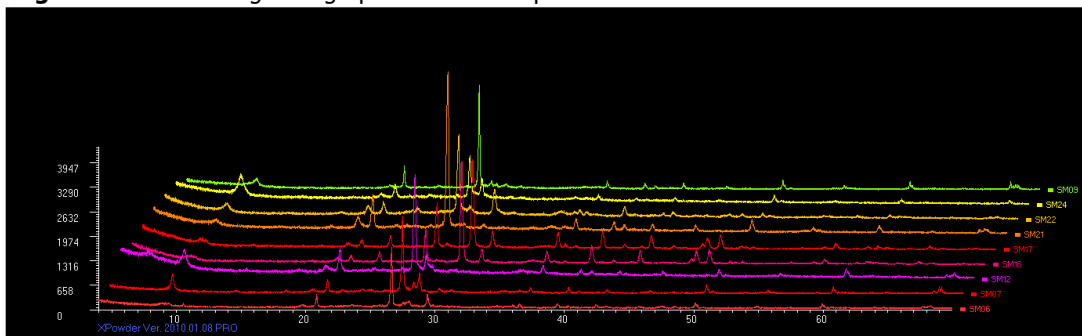


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

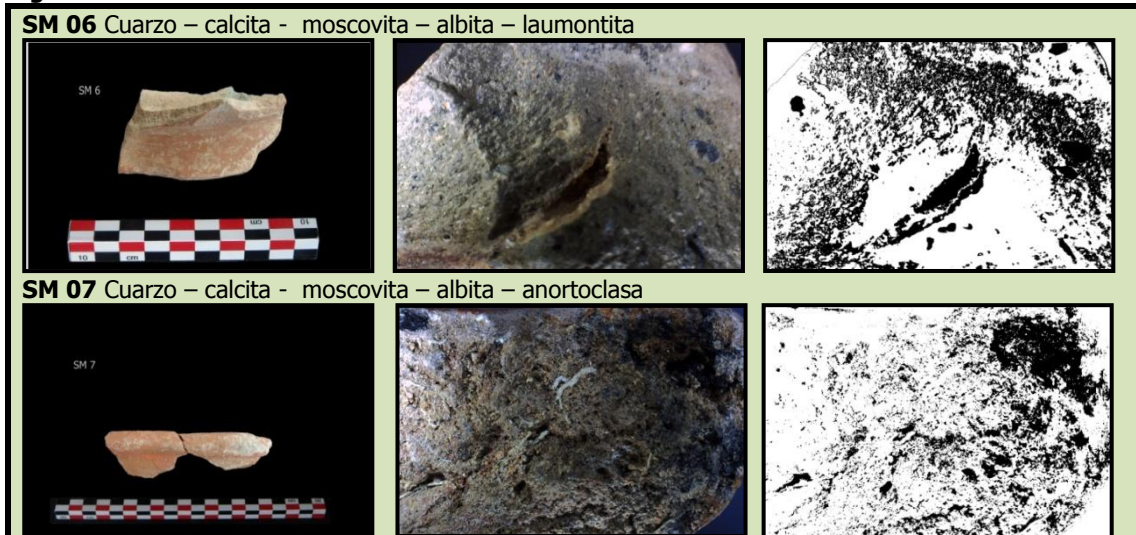


- Grupo 2 compuesto por 9 muestras, bien homogéneo; cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las muestras excepto en la muestra SM 09 que no presenta moscovita y difieren en la presencia de albita, ortoclasa, anortoclasa, dolomita, laumontita y hematita. Estas similitudes se observan en las Figuras 4.27 y 4.28.

**Figura 4.27-** Difractograma grupo 2 de Sant Miquel

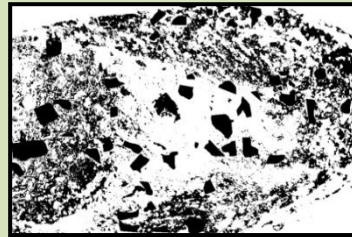


**Figura 4.28** – Caracterización de muestras

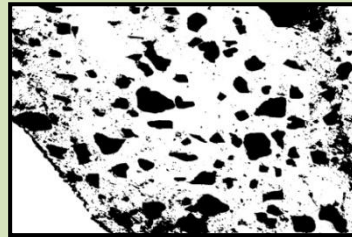
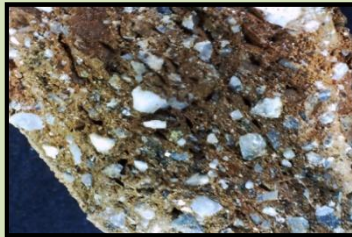


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

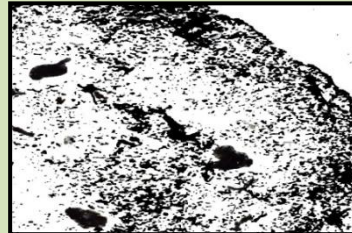
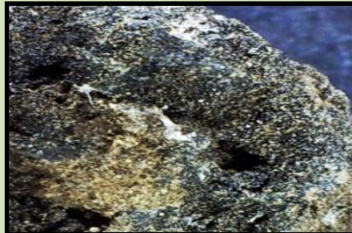
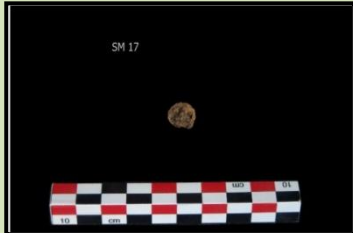
**SM 12** Cuarzo – calcita - moscovita – albita – ortoclasa



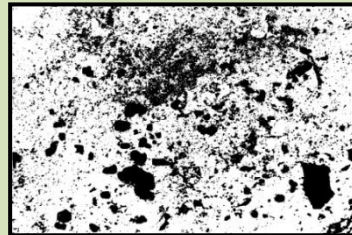
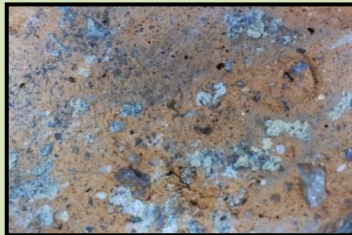
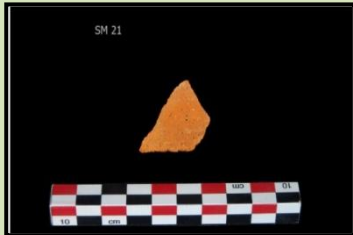
**SM 16** Cuarzo – calcita - moscovita – albita – dolomita



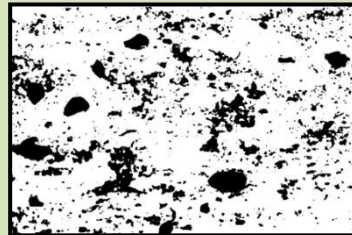
**SM 17** Cuarzo – calcita – moscovita – albita - dolomita



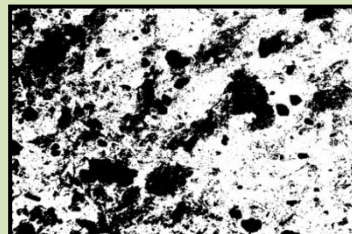
**SM 21** Cuarzo – calcita – moscovita – ortoclasa - hematita



**SM 22** Cuarzo – calcita – moscovita – ortoclasa



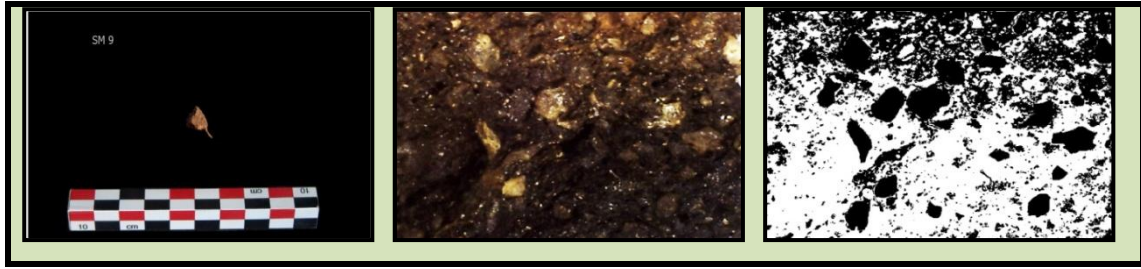
**SM 24** Cuarzo – calcita – moscovita – ortoclasa – laumontita



**SM 09** Cuarzo – calcita - laumontita – albita – anortoclasa

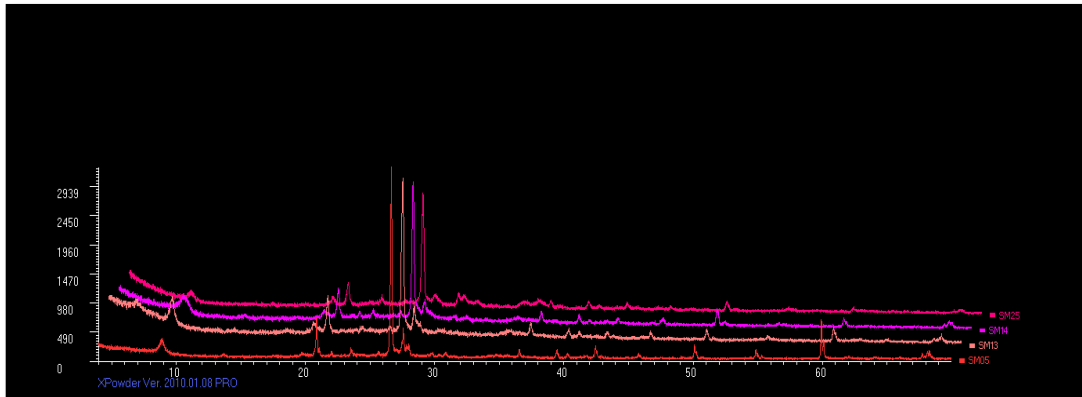


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

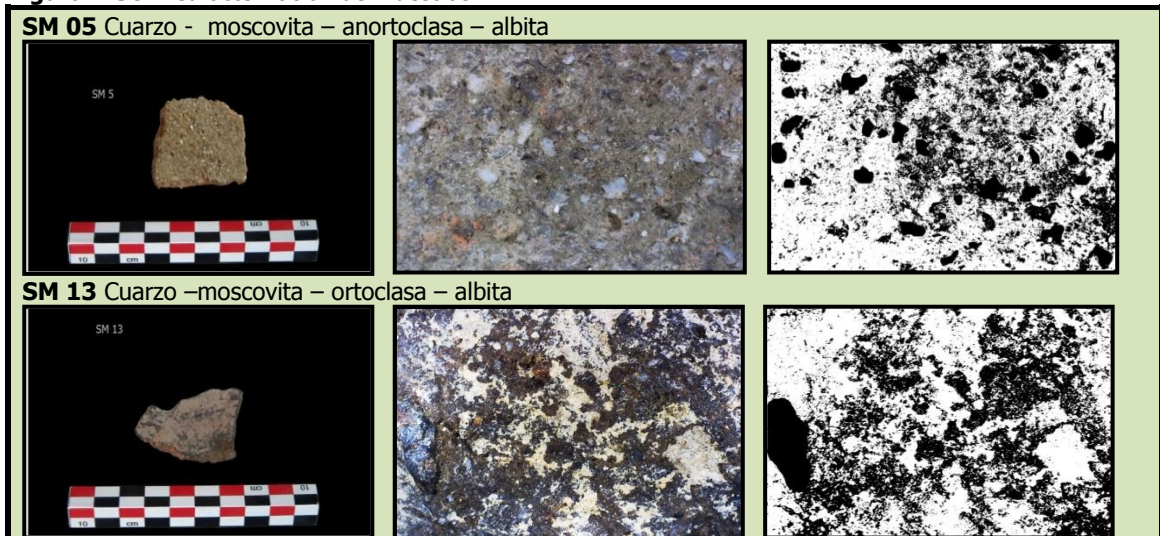


• Grupo 3 compuesto por 4 muestra, es homogéneo, se encuentra cuarzo y moscovita, como también ortoclasa, anortoclasa, albita y dolomita. Estas similitudes se observan en la Figuras 4.29 y 4.30.

**Figura 4.29** - Difractograma grupo 3 de Sant Miquel

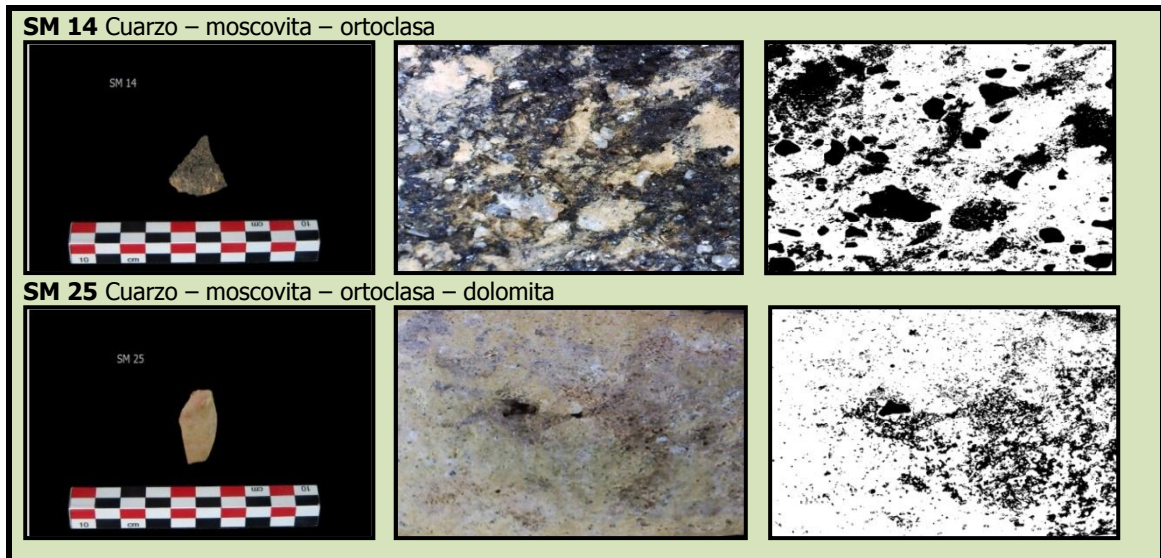


**Figura 4.30** – Caracterización de muestras



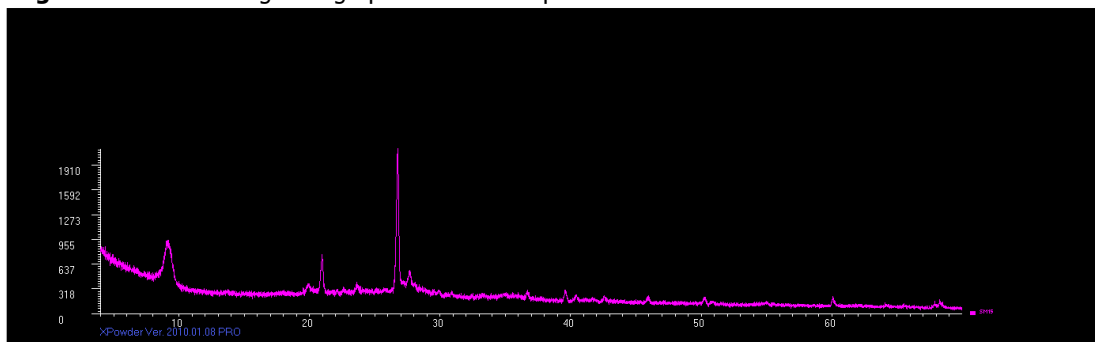


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



- Grupo 4 compuesto por una única muestra en que se encuentra cuarzo, laumontita, ortoclasa y albita. En las Figuras 4.31 y 4.32 se observan el difractograma y las características de ese grupo.

**Figura 4.31** - Difractograma grupo 4 de Sant Miquel



**Figura 4.32** – Caracterización de muestras

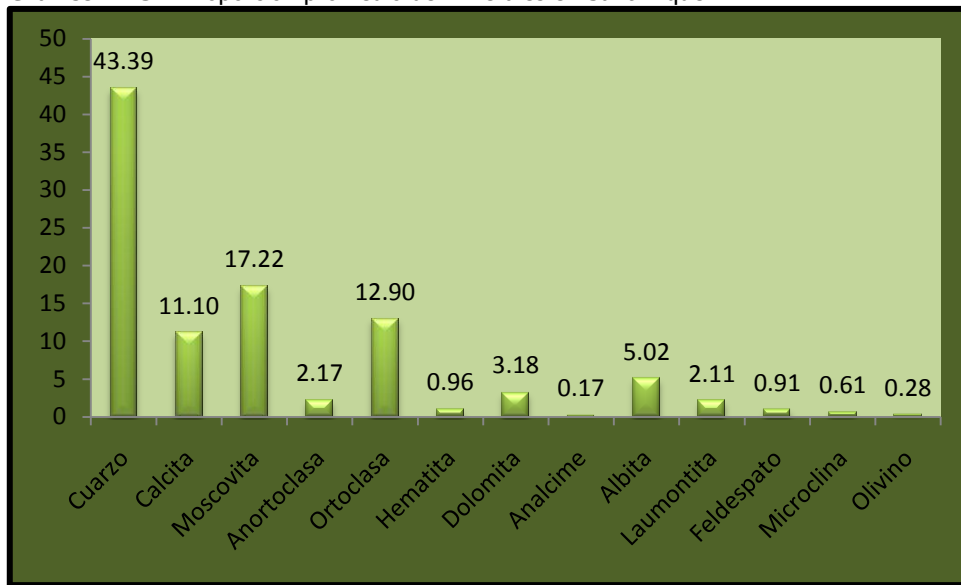


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se resalta que estos 4 grupos mineralógicos sólo tienen en común cuarzo, aunque difieren en la proporción presente. Otros minerales se presentan en algunos grupos pero no en otros.

La proporción de cada mineral observado en las 24 muestras se presenta en la Tabla 4.35 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.19. Se puede observar que el cuarzo y la moscovita son minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento Sant Miquel de Vinebre, con proporciones promedio superiores al 17%. Después están la ortoclasa y la calcita, seguidas de la albita, con proporciones promedio entre 5% y 13%. Como elementos minoritarios fueron encontrados dolomita, anortoclasa, laumontita, hematita, feldespato, microclina, olivino y analcima, con proporciones promedio inferiores a 3%.

**Gráfico 4.19** – Proporción promedio de minerales en Sant Miquel



**Tabla 4.35** - Análisis semicuantitativo Sant Miquel de Vinebre

Muestra	SM1	SM2	SM3	SM4	SM5	SM6	SM7	SM8	SM9	SM11
<b>Cuarzo (%)</b>	40.1	64.2	73.4	83.6	77.1	63.3	60.5	25.0	75.6	69.9
<b>Calcita (%)</b>	44.5	06.9	06.5	04.0	00.0	15.8	04.2	09.3	03.7	08.4
<b>Moscovita (%)</b>	03.8	07.1	08.5	02.7	03.6	05.1	08.1	06.5	00.0	07.7
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	13.1	00.0	10.2	00.0	07.5	00.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	06.7	00.0	00.0	00.0	09.4	00.0	00.0

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>Hematita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	05.2	00.0	03.5
<b>Dolomita (%)</b>	07.6	05.1	05.0	03.0	00.0	00.0	00.0	09.3	00.0	05.6
<b>Analcime (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Albita (%)</b>	00.0	10.3	00.0	00.0	06.2	08.8	16.9	20.7	05.1	00.0
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	07.0	00.0	00.0	08.2	00.0
<b>Feldespato (%)</b>	04.0	06.4	06.6	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	04.9
<b>Microclina (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	14.7	00.0	00.0
<b>Olivino (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0

<b>Muestra</b>	<b>SM12</b>	<b>SM13</b>	<b>SM14</b>	<b>SM15</b>	<b>SM16</b>	<b>SM17</b>	<b>SM18</b>	<b>SM19</b>	<b>SM20</b>	<b>SM21</b>
<b>Cuarzo (%)</b>	61.7	49.1	55.6	38.9	16.4	19.3	19.2	17.9	22.4	37.2
<b>Calcita (%)</b>	06.4	00.0	00.0	00.0	62.7	58.5	06.5	06.5	02.7	02.8
<b>Moscovita (%)</b>	11.1	12.1	12.1	00.0	04.0	04.8	38.3	39.4	40.3	39.6
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	21.2	00.0	00.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	11.7	21.1	32.3	21.7	00.0	00.0	30.4	00.0	27.7	18.4
<b>Hematita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	02.2	10.2	00.0	02.0
<b>Dolomita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	10.0	12.3	03.6	04.7	03.0	00.0
<b>Analcime (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	04.0	00.0
<b>Albita (%)</b>	09.1	17.7	00.0	13.7	06.9	05.1	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	25.7	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Feldespato (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Microclina (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Olivino (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Muestra	SM22	SM23	SM24	SM25
<b>Cuarzo</b> (%)	18.9	20.8	11.2	20.1
<b>Calcita</b> (%)	07.3	04.1	05.6	00.0
<b>Moscovita</b> (%)	41.3	40.7	41.7	34.7
<b>Anortoclasa</b> (%)	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Ortoclasa</b> (%)	32.5	23.8	31.9	42.0
<b>Hematita</b> (%)	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Dolomita</b> (%)	00.0	04.0	00.0	03.2
<b>Analcime</b> (%)	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Albita</b> (%)	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Laumontita</b> (%)	00.0	00.0	09.7	00.0
<b>Feldespatos</b> (%)	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Microclina</b> (%)	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Olivino</b> (%)	00.0	06.6	00.0	00.0

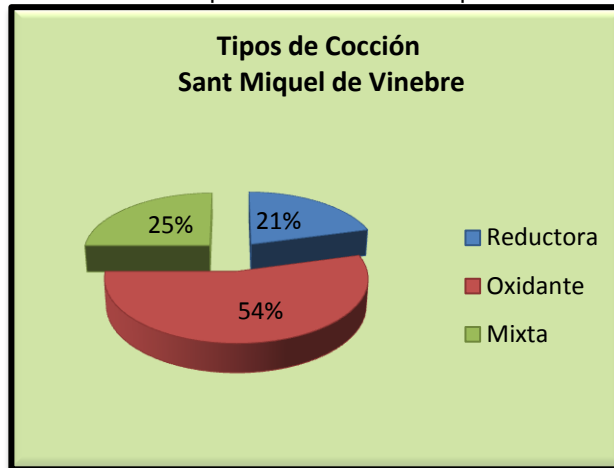
### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 se observa un predominio de cocciones tipo oxidante, excepto en SM 01 que es reductora y en SM 02, SM 03 y SM 20 que es mixta.
  - Grupo 2 predomina la cocción tipo oxidante, sin embargo en SM 09, SM 17 y SM 24 es del tipo reductora y en SM 16 es mixta.
  - Grupo 3 se encuentra dos cocciones oxidantes en SM 05 y SM 25, una reductora en SM 14 y una mixta en SM 13.
  - Grupo 4 muestra única de cocción mixta.
- Se observa un predominio de la cocción oxidante, seguida de la mixta (Gráfico 4.20).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Gráfico 4.20 – Tipos de cocción Sant Miquel de Vinebre



### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como olivino y analcima que llevaría a temperatura superiores a 900 grados, pero vendría a descomponer casi todos los demás elementos. Entonces por la presencia de calcita, moscovita y dolomita, en las cantidades observadas se sugiere una temperatura en torno de 750-850 grados.
- Grupo 2 la calcita, moscovita y dolomita indica una temperatura entre 750-850 grados, pero la laumontita tiende a bajar la temperatura del grupo. Por eso se supone una curva de cocción alrededor de 700-800 grados.
- Grupo 3 se supone una temperatura de cocción entre 750-900 grados dados pela presencia de moscovita y ortoclasa.
- Grupo 4 la laumontita indica una temperatura baja, que nos lleva a suponer una franja de cocción alrededor de 600-700 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

Se encuentra una variedad de desgrasantes en los grupos con la predominancia de cuarzo como desgrasante principal, excepto en SM 01, SM 16 y SM 17 que presenta la calcita en mayor cantidad y en SM 18, SM 19, SM 20, SM 21, SM 22, SM 23, SM 24 y SM 25 donde prevalece la moscovita sobre los demás elementos.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

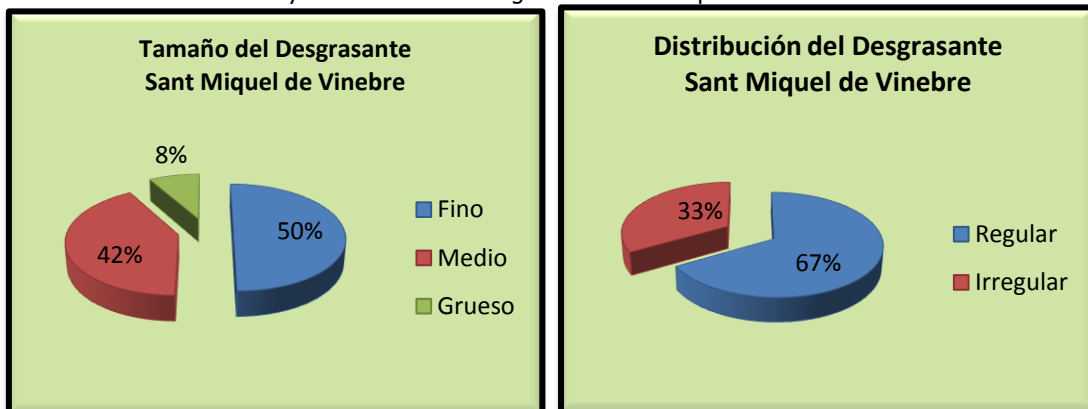
**Tabla 4.36** – Tamaño del desgrasante Sant Miquel de Vinebre

Desgrasantes	
<b>Tamaño</b>	
Fino	Muestras: SM 6, SM 7, SM 11, SM 12, SM 14, SM 18, SM 19, SM 20, SM 21, SM 22, SM 23, SM 25
Medio	Muestras: SM 1, SM 2, SM 3, SM 5, SM 8, SM 9, SM 13, SM 15, SM 16, SM 17
Grueso	Muestras: SM 04 , SM 24
<b>Distribución</b>	
Regular	Muestras: SM 1, SM 3, SM 8, SM 11, SM 18, SM 19, SM 20, SM 23, SM 6, SM 7, SM 16, SM 17, SM 22, SM 24, SM 13, SM 25
Irregular	Muestras: SM 2, SM 04 , SM 12, SM 21, SM 9, SM 5, SM 14, SM 15

Los desgrasantes, en su mayoría son finos, sin embargo se encuentran desgrasantes de tamaño mediano y gruesos (Tabla 4.36).

Se puede observar que hay un predominio de desgrasante fino regularmente distribuido, seguido por los de tamaño mediano también regularmente distribuido (Gráfico 4.21).

**Gráfico 4.21** – Tamaño y distribución del desgrasante Sant Miquel de Vinebre

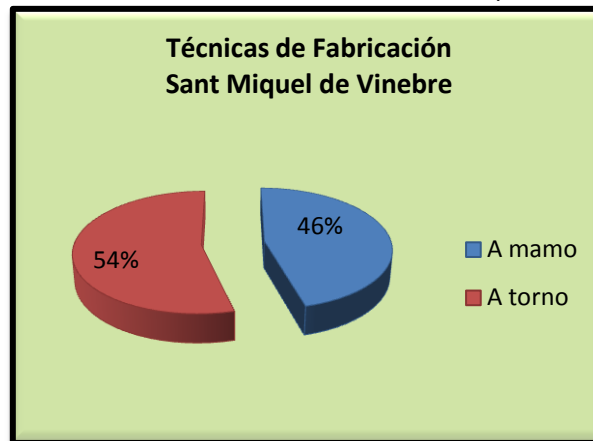


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 5. Técnicas de fabricación

Diferentemente de los demás yacimientos en este se encuentra una casi igualdad entre las muestras de fabricación a torno y las de fabricación a mano (Gráfico 4.22).

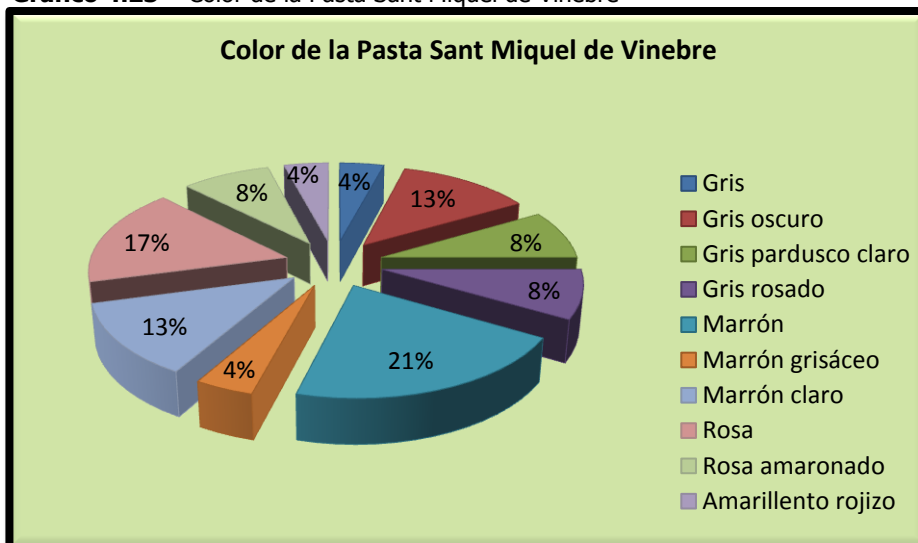
Gráfico 4.22 – Técnicas de fabricación Sant Miquel de Vinebre



### 6. Color de la pasta

Se encuentra una variabilidad de colores de las pastas cerámicas con el gris en SM 1, gris oscuro en SM 3, SM 14 y SM 24, gris pardusco claro en SM 4 y SM 20, gris rosado en SM 18 y SM 19. El color marrón aparece en SM 9, SM 13, SM 15, SM 16 y SM 17, marrón grisáceo en SM 2, marrón claro en SM 5, SM 8 y SM 22. Se observa también el rosa en SM 6, SM 11, SM 12 y SM 25, rosa amarronado en SM 7 y SM 23 y amarillento rojizo en SM 21.

Gráfico 4.23 – Color de la Pasta Sant Miquel de Vinebre



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se puede observar el predominio del color marrón, seguidos del color rosa, gris oscuro y marrón claro, los demás colores aparecen con una menor incidencia (Gráfico 4.23).

Como se puede ver en la Tabla 4.37, la muestra SM14 presenta el valor de luminosidad ( $L = 29.67$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en SM19 la luminosidad alta ( $L = 72.79$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.37** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$	Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>SM1</b>	53.19	8.30	21.25	<b>SM14</b>	29.67	1.57	3.53
<b>SM2</b>	29.82	3.09	6.55	<b>SM15</b>	43.99	3.37	7.94
<b>SM3</b>	29.97	1.72	2.54	<b>SM16</b>	44.01	3.41	7.90
<b>SM4</b>	53.13	2.49	10.15	<b>SM17</b>	43.95	3.31	7.89
<b>SM5</b>	70.66	2.78	10.73	<b>SM18</b>	54.62	12.02	19.28
<b>SM6</b>	55.69	13.39	24.05	<b>SM19</b>	72.79	4.88	17.20
<b>SM7</b>	52.09	20.40	25.87	<b>SM20</b>	70.20	0.88	7.58
<b>SM8</b>	70.71	2.81	10.79	<b>SM21</b>	49.08	8.89	17.49
<b>SM9</b>	45.03	3.40	8.91	<b>SM22</b>	53.20	12.57	19.93
<b>SM11</b>	61.23	12.25	20.47	<b>SM23</b>	62.92	12.38	23.16
<b>SM12</b>	42.19	3.18	7.91	<b>SM24</b>	35.93	1.83	4.91
<b>SM13</b>	53.54	4.51	12.17	<b>SM25</b>	65.45	11.17	24.62

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 48.36 y 5.09% en peso, el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 15.12 y 22.72% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 3.20 y 11.73% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 5.75 y 10.67% en peso y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valor de 2.14 y 5.58 % en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.38).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.38** - Composición química de los óxidos grupo 1 Sant Miguel

Composición química												
Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
<b>Muestras</b>	%											
<b>SM2</b>	56.09	20.09	5.79	0.05	2.31	3.77	0.87	3.90	0.75	0.11	0.03	5.93
<b>SM3</b>	49.67	22.72	6.64	0.04	1.30	3.20	0.45	3.45	0.72	0.11	0.14	10.9
<b>SM8</b>	51.28	15.17	10.67	0.22	4.74	11.73	0.84	2.14	1.16	0.31	00	1.74
<b>SM11</b>	48.36	17.49	6.29	0.08	6.18	7.39	0.36	5.58	0.71	0.15	0.17	6.97
<b>SM18</b>	52.61	15.12	5.75	0.08	5.27	7.27	0.48	5.11	0.67	0.13	00	7.98

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 14 y 4025 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cloro (Cl), estroncio (Sr) y azufre (S). Además se ve circonio (Zr) y un alto contenido de bario (Ba) en SM2, SM3 y SM11 (Tabla 4.39).

**Tabla 4.39** - Composición química de los elementos trazas

Composición química					
Muestras	SM2	SM3	SM8	SM11	SM18
<b>Elementos</b>	PPM				
<b>S</b>	153	559	00	684	00
<b>Cl</b>	524	357	00	241	00
<b>Cr</b>	141	133	00	109	00
<b>Ni</b>	32	26	00	55	00
<b>Cu</b>	152	187	00	120	00
<b>Zn</b>	128	160	00	144	00
<b>Ga</b>	23	20	00	18	00
<b>Br</b>	00	28	00	00	00
<b>Rb</b>	146	120	00	167	00
<b>Sr</b>	365	255	273	237	222
<b>Y</b>	14	19	00	23	00
<b>Zr</b>	214	172	265	197	162
<b>I</b>	00	57	00	00	00
<b>Ba</b>	898	4025	00	763	00
<b>Pb</b>	35	32	00	00	00

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Grupo 2

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 55.26 y 60.28% en peso y óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 17.67 y 19.41% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 5.97 y 6.54% en peso, el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 1.76 y 8.86% en peso y el óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 2.22 y 3.81 % en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.40).

**Tabla 4.40** - Composición química de los óxidos grupo 2 Sant Miquel

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
SM6	55.26	17.68	6.19	0.06	1.46	8.86	0.86	2.22	0.75	0.07	00	6.88
SM7	60.28	19.41	6.54	0.17	1.66	2.63	1.42	3.81	0.80	0.15	0.08	2.69
SM24	57.22	17.67	5.97	0.05	1.15	1.76	0.60	3.38	0.65	0.07	00	12.54

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 22 y 926 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cloro (Cl), estroncio (Sr), circonio (Zr), azufre (S) y cromo (Cr). Además se ve un alto contenido de bario (Ba) en SM7 (Tabla 4.41).

**Tabla 4.41** - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	SM6	SM7	SM24
Elementos	PPM		
S	00	315	00
Cl	00	823	00
Cr	00	178	00
Ni	00	53	00
Cu	00	158	00
Zn	00	156	00
Ga	00	22	00
Rb	00	148	00
Sr	242	255	173
Y	00	23	00
Zr	214	222	189

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>Ba</b>	00	926	00
<b>Pb</b>	00	50	00

- Grupo 3

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 52.96 y 57.89% en peso, óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 16.02 y 20.83% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 5.66 y 6.83% en peso, el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 2.67 y 6.36% en peso, el óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 3.31 y 4.93 % en peso y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con valor de 1.65% y 5.75% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.42).

**Tabla 4.42-** Composición química de los óxidos grupo 3 Sant Miquel

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
<b>Muestras</b>	%											
<b>SM5</b>	57.89	20.24	5.80	0.06	1.65	2.67	0.58	3.57	0.76	0.28	0.05	6.05
<b>SM13</b>	53.89	20.83	6.83	0.07	1.86	2.83	0.48	3.31	0.91	0.14	0.13	8.30
<b>SM25</b>	52.96	16.02	5.66	0.07	5.75	6.36	0.29	4.93	0.70	0.35	00	7.35

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 05 y 2052 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan azufre (S), estroncio (Sr), circonio (Zr), cloro (Cl), cobre (Cu) y cromo (Cr). Además se ve plomo (Pb) en SM5 y SM13 y un alto contenido de bario (Ba) en SM5 y SM13 (Tabla 4.43).

**Tabla 4.43-** Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	SM5	SM13	SM25
<b>Elementos</b>	PPM		
<b>S</b>	237	510	00
<b>Cl</b>	220	295	00
<b>Cr</b>	145	124	00
<b>Ni</b>	32	47	00
<b>Cu</b>	205	159	00
<b>Zn</b>	169	183	00
<b>Ga</b>	20	18	00

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>Br</b>	9	5	00
<b>Rb</b>	139	145	00
<b>Sr</b>	225	224	266
<b>Y</b>	15	26	00
<b>Zr</b>	231	290	168
<b>I</b>	34	00	00
<b>Ba</b>	1964	2052	00
<b>Pb</b>	65	190	00

- Grupo 4

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valor de 60.67% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valor de 18.77% en peso. En menor porcentaje compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valor de 6.27% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valor de 2.97% en peso, un bajo contenido de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valor de 1.80% en peso y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ), con valor de 1.32% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.44).

**Tabla 4.44** - Composición química de los óxidos grupo 4 Sant Miguel

Composición química												
Óxidos Muestras	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
<b>SM15</b>	60.67	18.77	6.27	0.04	1.32	1.80	0.88	2.97	0.71	0.07	00	6.63

Como elementos trazas encontramos estroncio (Sr) y circonio (Zr) (Tabla 4.45).

**Tabla 4.45** - Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestras	<b>SM15</b>
Elementos	PPM
<b>Sr</b>	309
<b>Zr</b>	205

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

### 8. Particularidades

La muestra SM 06 presenta engobe de color rojo. En SM 07 se observa que el plato está pintado con rojo pompeyano y presenta trazas de desgrasante vegetal.

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.6. Villa romana de Barrugat - B

Localización: Nordeste

Cronología: Romano

Muestras: 10

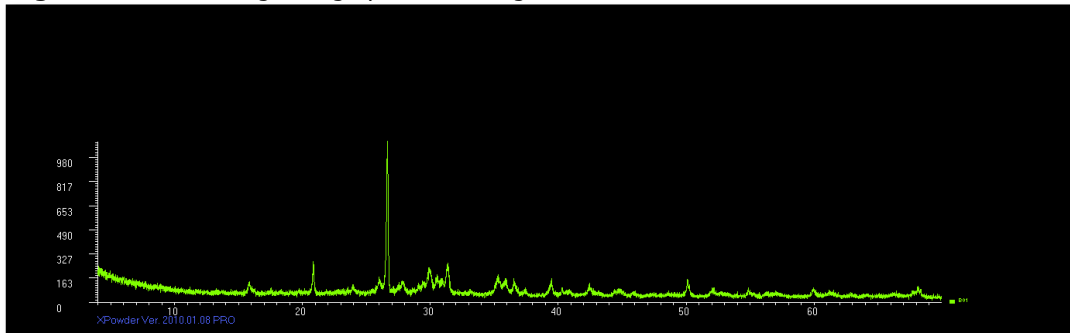
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

Se distingue 4 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 compuesto por una única muestra donde se encuentra cuarzo, calcita y moscovita, bien como dolomita, analcima, diopsida y piroxeno. En las Figuras 4.33 y 4.34 se observan el difractograma y las características de ese grupo.

**Figura 4.33** - Difractograma grupo 1 de Barrugat



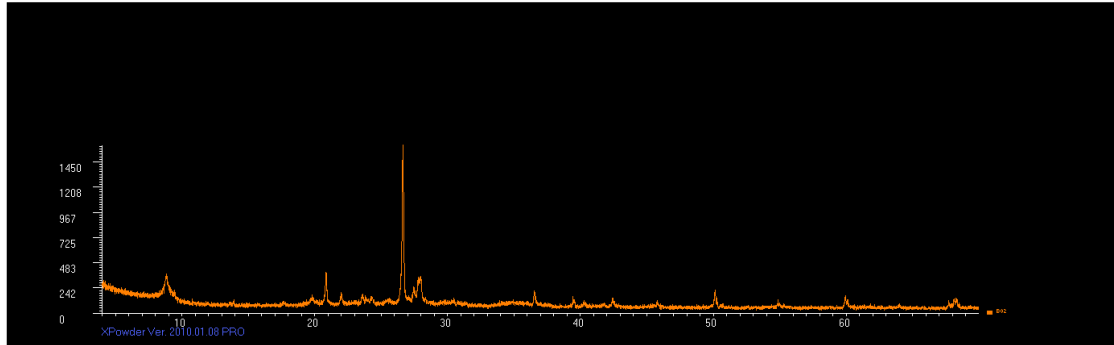
**Figura 4.34** - Caracterización de muestras



- Grupo 2 también con una muestra compuesta por cuarzo, albita, moscovita, anortoclasa y diopsida. En la Figura 4.35 y 4.36 se observa el difractograma de ese grupo.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 4.35** - Difractograma grupo 2 de Barrugat

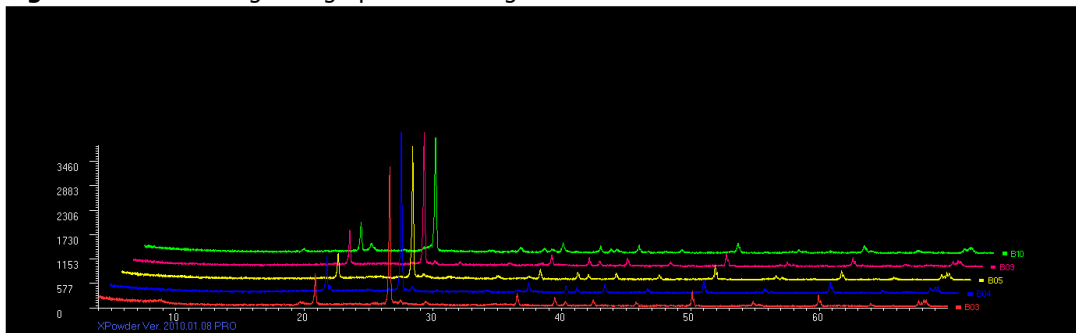


**Figura 4.36** - Caracterización de muestras



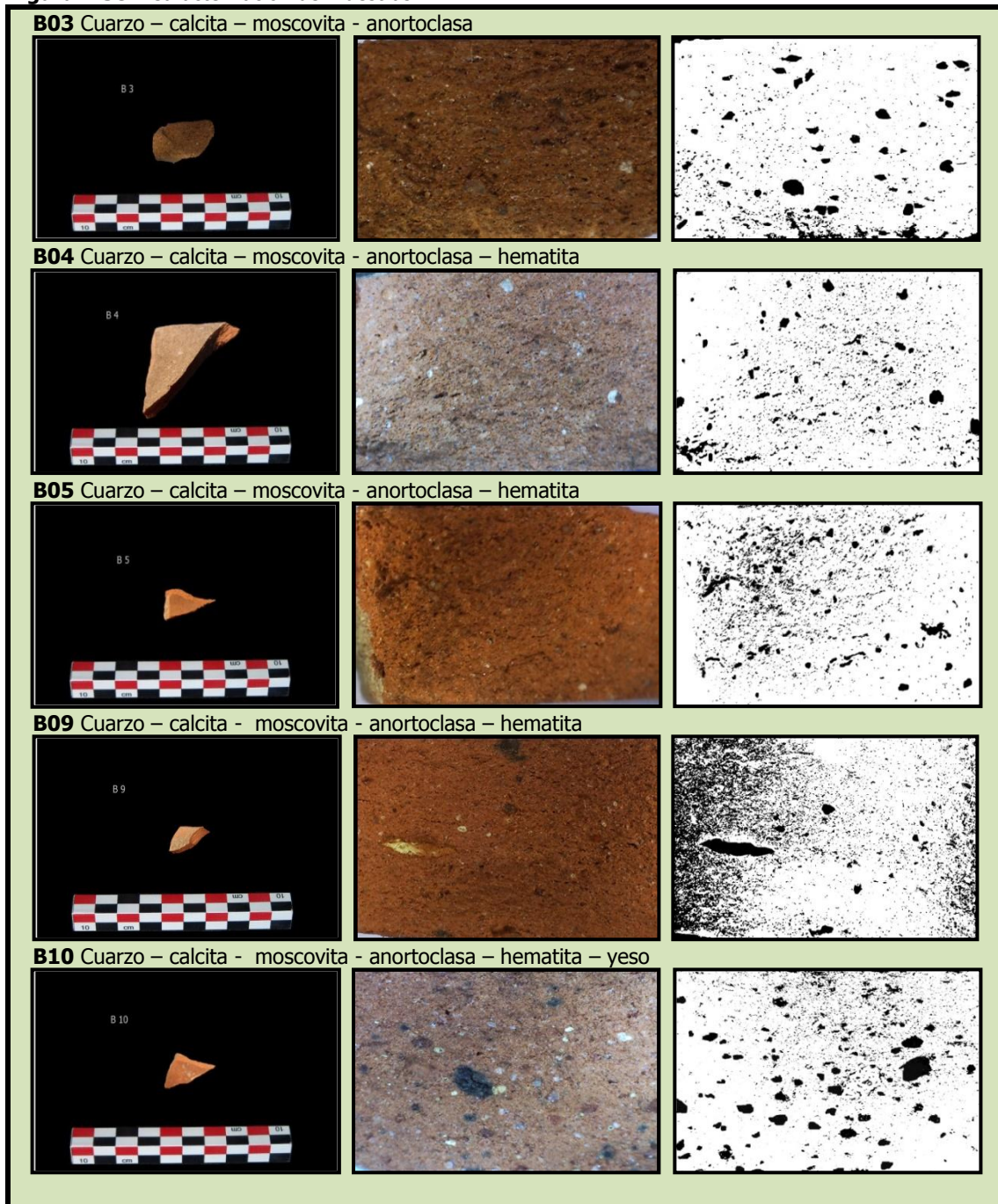
- Grupo 3 con un total de 5 muestras, es muy homogéneo; cuarzo, calcita, moscovita y anortoclasa son comunes a todas las muestras, en tanto difieren en la presencia de hematita e yeso. La similitud en la composición se observa en las Figuras 4.37 y 4.38.

**Figura 4.37** - Difractograma grupo 3 de Barrugat



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Figura 4.38 - Caracterización de muestras



• Grupo 4 compuesto por 3 muestras, es menos homogéneo que los anteriores, ya que solo se encuentran en común dos minerales, cuarzo y hematita; es variable la presencia de laumontita, moscovita, ortoclasa y anortoclasa. Estas similitudes y diferencias se observan en las Figuras 4.39 y 4.40.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Figura 4.39 - Difractograma grupo 4 de Barrugat

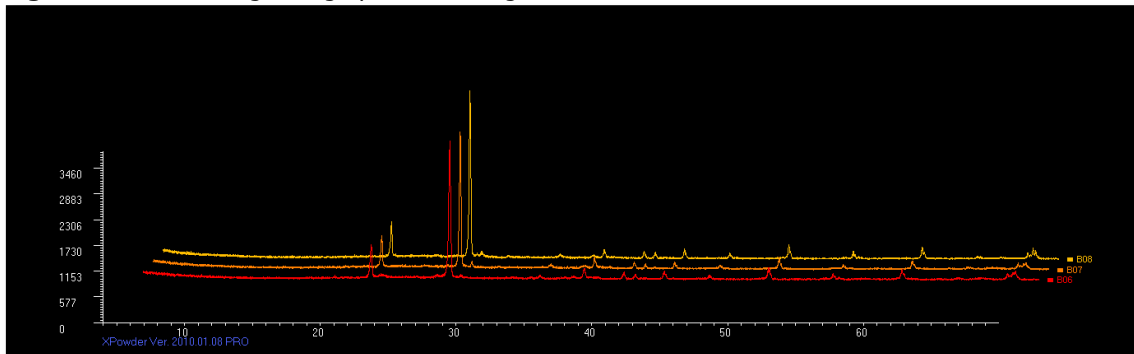
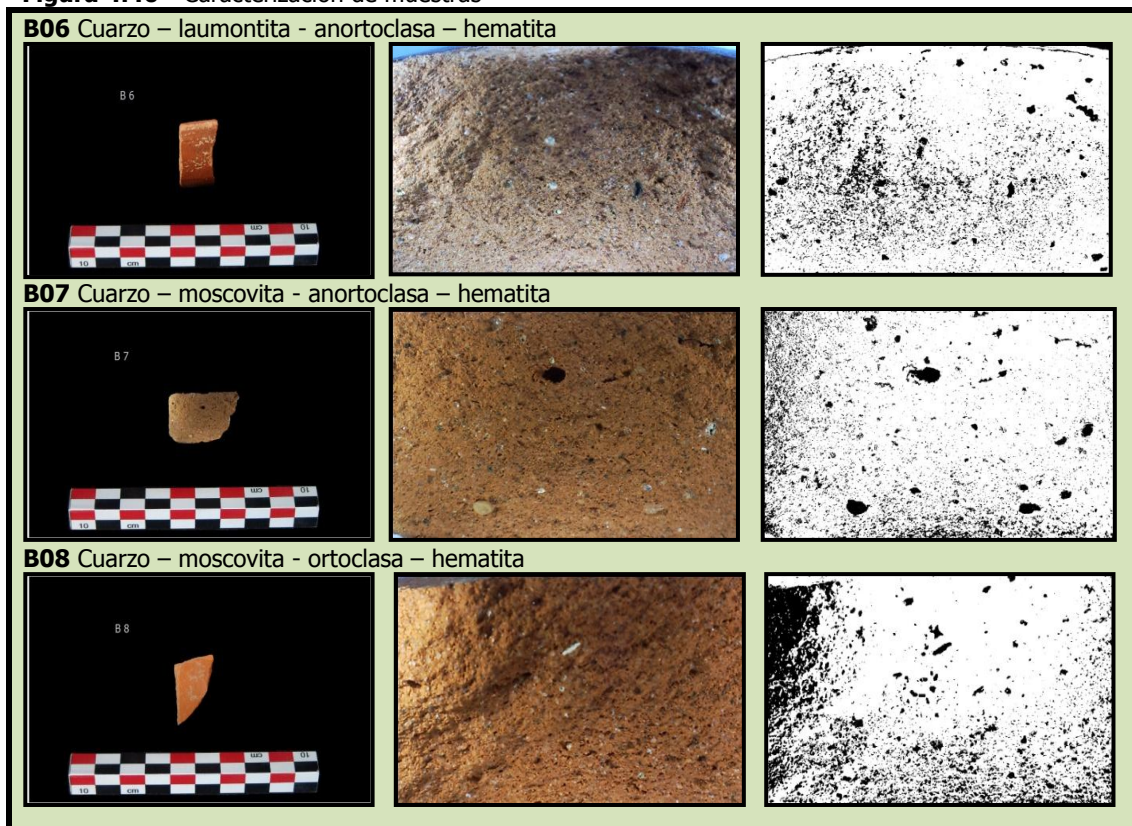


Figura 4.40 - Caracterización de muestras



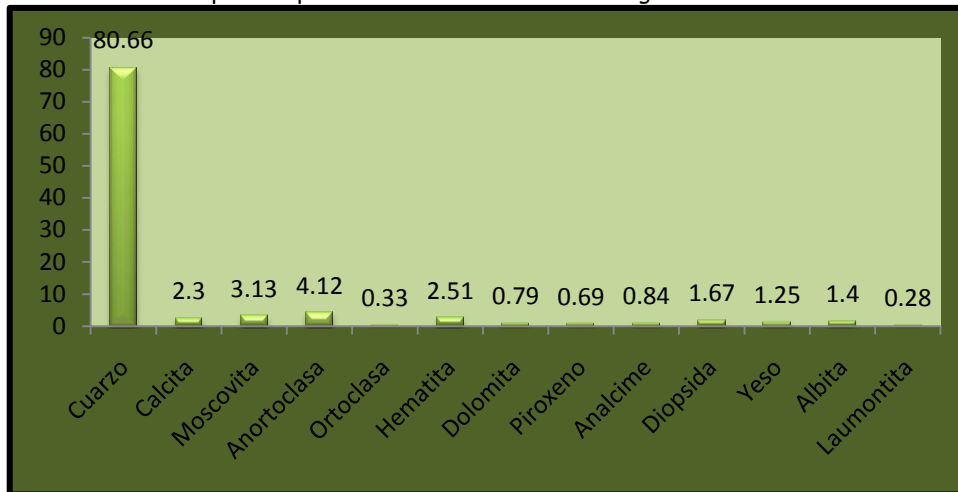
Se resalta que estos 4 grupos mineralógicos sólo tienen en común cuarzo, aunque difieren en la proporción presente. Otros minerales se presentan en algunos grupos pero no en otros.

La proporción de cada mineral observado en las 10 muestras se presenta en la Tabla 4.46 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.24. Se puede observar que el cuarzo es el mineral predominante en las muestras analizadas del yacimiento de Barrugat, con proporciones promedio superior a 80%. Después están la

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

anortoclasa y la moscovita, seguidas de la calcita y hematita, con proporciones promedio entre 4.5% y 2.5%. Como elementos minoritarios fueron encontrados diopsida, albita, yeso, analcima, dolomita, piroxeno, ortoclasa y laumontita, con proporciones promedios inferiores a 2%.

**Gráfico 4.24** – Proporción promedio de minerales en Barrugat



**Tabla 4.46** – Análisis semicuantitativo Barrugat

Muestra	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
<b>Cuarzo (%)</b>	52.7	64.1	86.9	88.9	85.9	90.0	87.2	91.7	85.1	74.1
<b>Calcita (%)</b>	06.3	00.0	04.3	02.7	03.3	00.0	00.0	00.0	04.2	02.2
<b>Moscovita (%)</b>	06.3	07.2	03.5	01.8	02.4	00.0	02.4	01.5	02.5	03.7
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	09.6	05.2	04.1	04.9	03.6	06.0	00.0	04.9	02.9
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	03.3	00.0	00.0
<b>Hematita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	02.6	03.4	03.6	04.4	03.4	03.3	04.4
<b>Dolomita (%)</b>	07.9	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Piroxeno (%)</b>	06.9	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Analcime (%)</b>	08.4	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Diopsida (%)</b>	11.6	05.1	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Yeso (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	12.5
<b>Albita (%)</b>	00.0	14.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	02.8	00.0	00.0	00.0	00.0

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

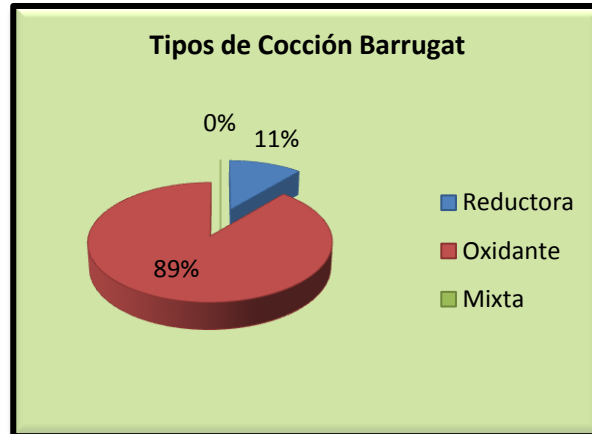
---

### 2. Tipos de cocción

En ese yacimiento se observa la casi totalidad de cocciones del tipo oxidante excepto en la muestra B02 en que la cocción es reductora.

Se ve un claro predominio de la cocción tipo oxidante, poca incidencia de la tipo reductora e inexistencia de mixta (Gráfico 4.25).

**Gráfico 4.25 – Tipos de cocción Barrugat**



### 3. Temperatura de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como analcime, diopsida y piroxeno indicando una temperatura de cocción alta. En vista de la cantidad de los elementos se supone una temperatura entre 850-950 grados, que es la mínima necesaria para el surgimiento de los minerales de alta temperatura.

- Grupo 2 se observa anortoclasa que indica una temperatura superior a 950 grados pero la moscovita limita a 925 grados. Observando la cantidad de esos minerales en el grupo y sugerimos una curva de cocción entre 900-950 grados.

- Grupo 3 la presencia de anortoclasa indica que la temperatura podría situarse entre 950-1000 grados, sin embargo la calcita nos da una curva de cocción máxima de en torno de 850 grados. Por lo tanto, se supone una temperatura del grupo entre 850-950 grados.

- Grupo 4 se observa que la anortoclasa muestra una temperatura entre 950-1000 grados, tendiendo la temperatura hacia los 900 grados por la presencia de moscovita, pero la laumontita da una curva de temperatura inferior a 600 grados. Sin embargo, la pequeña cantidad de laumontita indica que sea secundaria. Se sugiere una curva de cocción del grupo entre 900-950 grados.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 4. Tipos, tamaño y distribución de desgrasantes

Se encuentra una homogeneidad de desgrasantes siendo en la totalidad cuarzo el elemento mayoritario, seguidos de la anortoclasa en B02, B03, B04, B05, B06, B07 y B09.

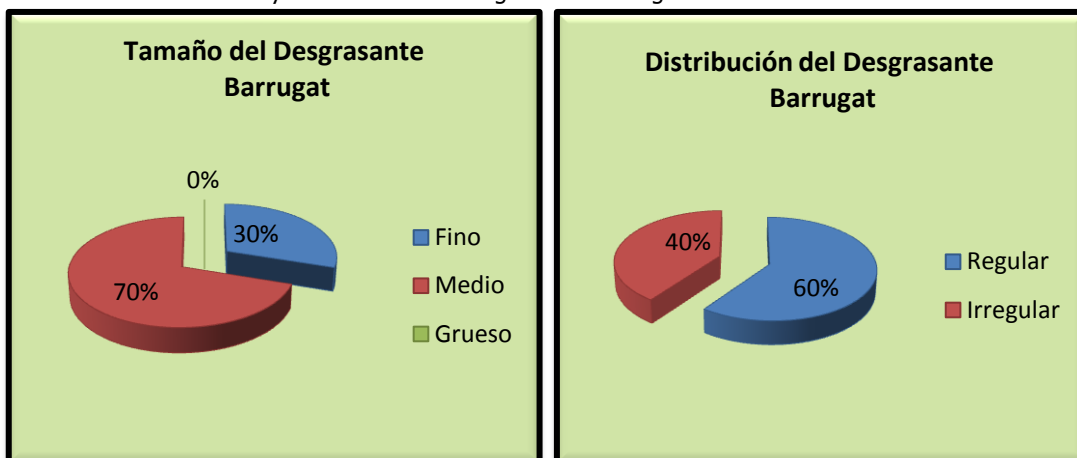
**Tabla 4.47** – Tamaño del desgrasante Barrugat

Desgrasantes	
<b>Tamaño</b>	
Fino	Muestras: B 8, B 9, B 10
Medio	Muestras: B 1, B 2, B 3, B 4, B 5, B 6, B 7
<b>Distribución</b>	
Regular	Muestras: B 1, B 3, B 4, B 5, B 9, B 10
Irregular	Muestras: B 2, B 6, B 7, B 8

Los desgrasantes, en su mayoría son de tamaño mediano, sin embargo se observa también algunos finos. Cuanto a distribución, se ve que están regularmente distribuidos (Tabla 4.47).

Se puede observar que hay un predominio de desgrasantes de tamaño mediano con regular distribución (Gráfico 4.26).

**Gráfico 4.26**– Tamaño y distribución del desgrasante Barrugat



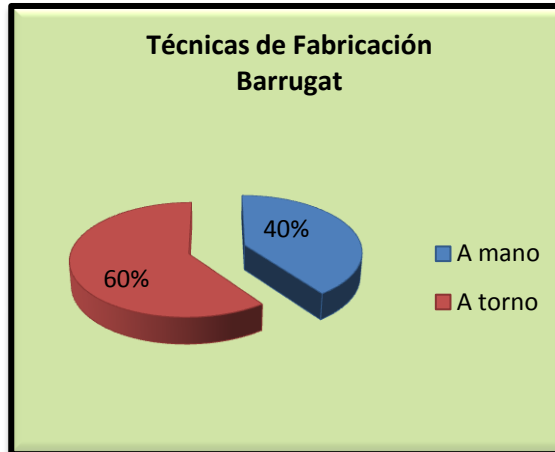
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 5. Técnicas de fabricación

Se señala la predominancia de la técnica de fabricación a torno, sin embargo las piezas B01, B02, B03 y B07 están fabricadas a mano.

Se observa la predominancia de la técnica a torno (Gráfico 4.27).

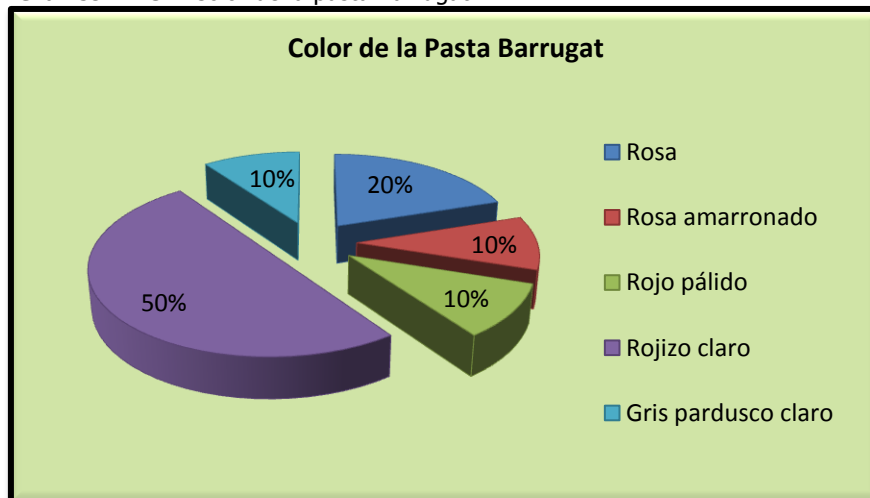
**Gráfico 4.27 – Técnicas de fabricación Barrugat**



### 6. Color de la pasta

Se encuentra una pasta rosa en B 1 y B 3, rosa amarronado en B 6, rojo pálido en B 10, rojizo claro en B 4, B 5, B 7, B 8 y B 9 y gris pardusco claro en B 2.

**Gráfico 4.28 – Color de la pasta Barrugat**



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se puede observar el predominio del color rojizo claro, seguido del rosa, los demás colores aparecen con una menor incidencia (Gráfico 4.28).

Como se puede ver en la Tabla 4.48, la muestra B2 presenta el valor de luminosidad ( $L = 43.18$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en B1 la luminosidad alta ( $L = 63.20$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.48** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>B1</b>	63.20	17.41	28.27
<b>B2</b>	43.18	2.47	10.15
<b>B3</b>	63.14	17.39	27.25
<b>B4</b>	49.57	17.06	18.99
<b>B5</b>	49.53	16.04	18.92
<b>B6</b>	50.22	20.35	22.98
<b>B7</b>	49.51	17.03	18.94
<b>B8</b>	48.54	17.02	18.90
<b>B9</b>	49.44	16.97	18.90
<b>B10</b>	49.01	12.55	17.35

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

Debido a cantidad insuficiente de muestras para este análisis, no tenemos representantes de los grupos 1 y 2.

- Grupo 3

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 66.74 y 72.03% en peso, óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 12.30 y 18.69% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 4.52 y 5.02% en peso, el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 0.69 y 4.98% en peso y el óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 1.91 y 2.68% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.49).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.49** - Composición química de los óxidos grupo 3 Barrugat

Composición química												
Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
Muestras	%											
<b>B4</b>	66.74	18.69	4.80	0.01	1.57	1.58	0.44	2.68	0.98	0.16	0.08	1.98
<b>B5</b>	71.21	12.30	4.91	0.06	1.34	4.98	0.59	2.06	0.77	0.18	00	1.59
<b>B9</b>	71.14	15.84	4.52	0.03	1.18	1.33	0.27	2.47	1.05	0.08	00	2.10
<b>B10</b>	72.03	16.65	5.02	0.05	0.93	0.69	0.23	1.91	1.12	0.10	00	1.24

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 12 y 563 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cromo (Cr), cobre (Cu) y pequeñas cantidades de galio (Ga), itrio (Y) y yodo (I). Además se ve bario (Ba) y plomo (Pb) en B4 (Tabla 4.50).

**Tabla 4.50** - Composición química de los elementos trazas

Composición química				
Muestras	B4	B5	B9	B10
Elementos	PPM			
<b>S</b>	320	00	00	00
<b>Cl</b>	99	00	00	00
<b>Cr</b>	233	00	00	00
<b>Ni</b>	32	00	00	00
<b>Cu</b>	185	00	00	00
<b>Zn</b>	265	00	00	00
<b>Ga</b>	21	00	00	00
<b>Rb</b>	82	00	00	00
<b>Sr</b>	542	224	267	137
<b>Y</b>	19	00	00	00
<b>I</b>	12	00	00	00
<b>Zr</b>	472	345	489	563
<b>Ba</b>	365	00	00	00
<b>Pb</b>	30	00	00	00

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Grupo 4

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 70.88 y 74.32% en peso, óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 14.48 y 16.49% en peso. En menor porcentaje se encuentran el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 4.74 y 5.71% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.51).

**Tabla 4.51** - Composición química de los óxidos grupo 4 Barrugat

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
B6	74.32	15.37	4.74	0.05	0.90	0.52	0.27	1.84	1.05	0.08	00	0.83
B7	70.88	16.49	5.71	0.08	1.15	0.83	0.34	1.92	1.09	0.09	00	1.37
B8	73.93	14.48	5.10	0.06	0.99	0.87	0.36	1.82	0.87	0.07	00	1.44

Como elementos trazas se puede ver estroncio (Sr) y circonio (Zr) (Tabla 4.52).

**Tabla 4.52** - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	B6	B7	B8
Elementos	PPM		
Sr	125	164	155
Zr	554	474	394

### 7. Particularidades

Se observa la presencia de hematita en casi todas las muestras excepto en B01, B02 y B03.



# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.7. Cueva de la Pastora – CNL105

Localización: Sur

Cronología: Neolítico

Muestras: 6

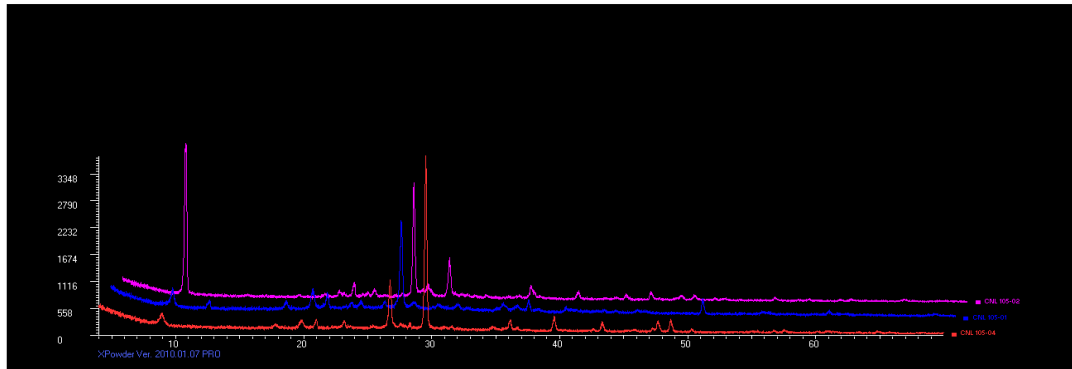
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

Se distingue 2 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con un total de 3 muestras, bien homogéneo; cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las 3 muestras, en tanto difieren en la presencia de ortoclasa, dolomita, laumontita, hematita, anortita, microclina e yeso. La similitud en la composición se observa en las Figuras 4.41 y 4.42, así como sus diferencias.

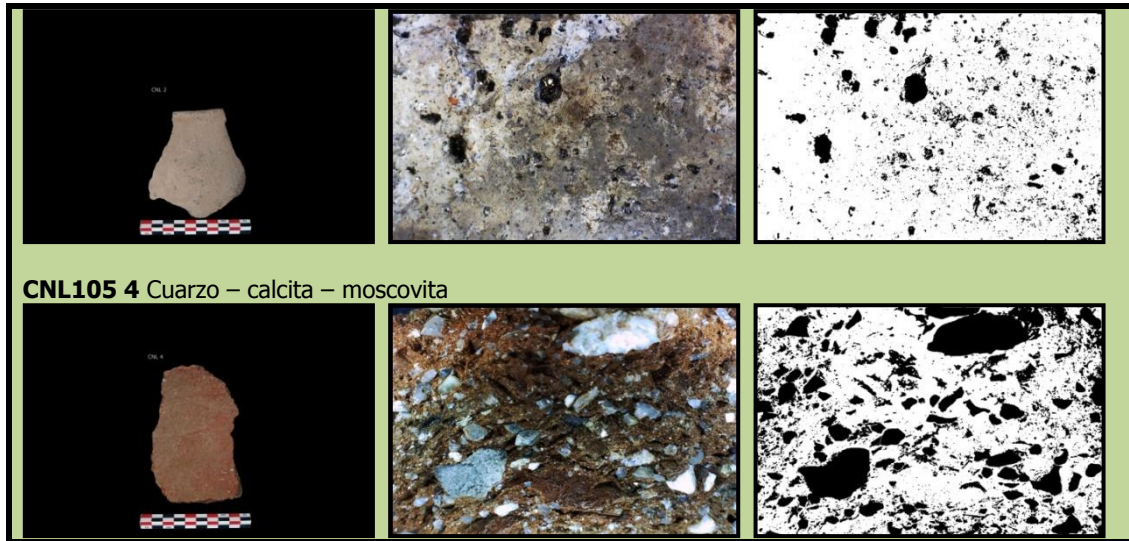
**Figura 4.41** - Difractograma grupo 1 de Cueva de la Pastora



**Figura 4.42** - Caracterización de muestras

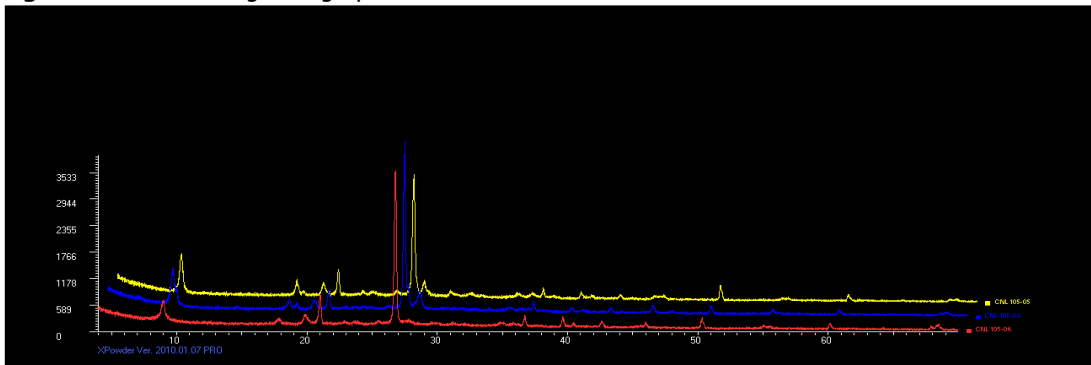


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



- Grupo 2 compuesto por 3 muestras, es menos homogéneo que el anterior, ya que solamente se encuentra en común dos minerales, cuarzo y moscovita; es variable la presencia de otros minerales, como son ortoclasa, albita, clorita, analcima, microclina e yeso. Estas similitudes y diferencias se observan en las Figuras 4.43 y 4.44.

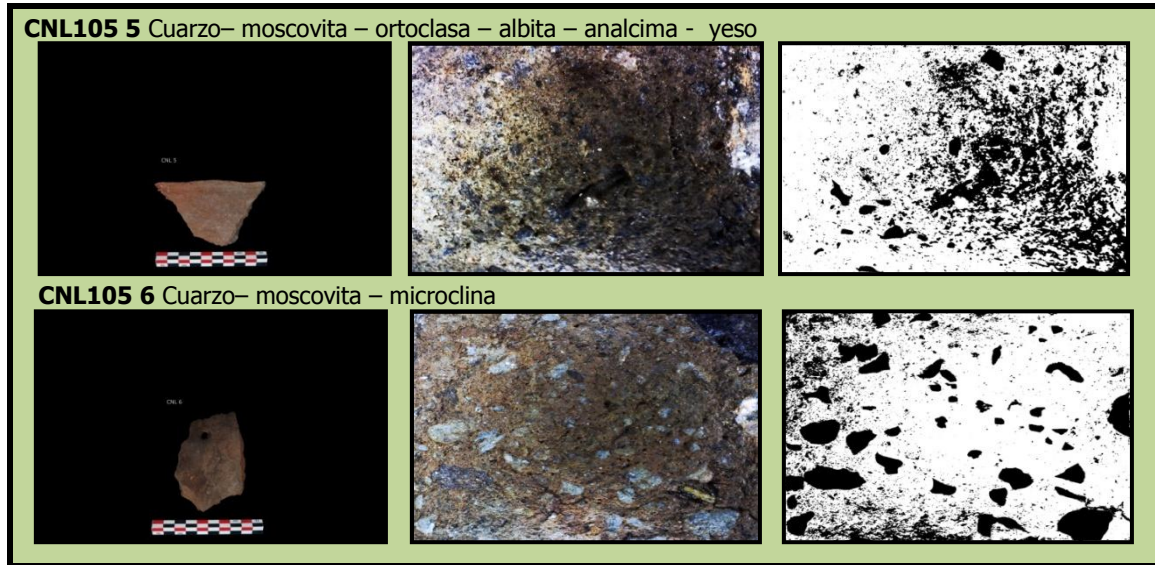
**Figura 4.43** - Difractograma grupo 2 de Cueva de la Pastora



**Figura 4.44** - Caracterización de muestras



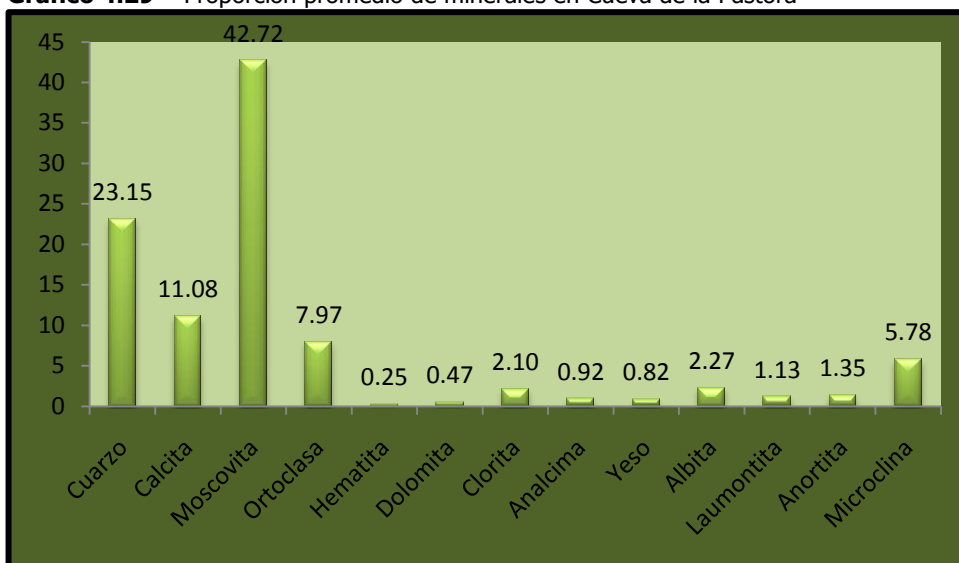
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



Se resalta que estos 2 grupos mineralógicos sólo tienen en común cuarzo y moscovita, aunque difieren en la proporción presente. Otros minerales se presentan en algunos grupos pero no en otros.

La proporción de cada mineral observado en las 6 muestras se presenta en la Tabla 4.53 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.29. Se puede observar que la moscovita y el cuarzo son los minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento Cueva de la Pastora, con promedios superiores a 23%. Después están la calcita y anortoclasa, seguidas de la microclina, con proporciones promedio entre 5% y 12%. Como elementos minoritarios fueron encontrados albita, clorita, anortita, laumontita, analcima, yeso, dolomita y hematita, con proporciones promedio inferiores a 2.5%.

**Gráfico 4.29** – Proporción promedio de minerales en Cueva de la Pastora



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.53** – Análisis semicuantitativo de Cueva de la Pastora

Muestra	CNL1051	CNL1052	CNL1053	CNL1054	CNL1055	CNL1056
<b>Cuarzo (%)</b>	14.2	16.8	29.1	26.2	19.8	32.8
<b>Calcita (%)</b>	02.3	06.7	00.0	57.5	00.0	00.0
<b>Moscovita (%)</b>	46.2	57.3	51.4	16.3	41.5	43.6
<b>Ortoclasa (%)</b>	24.5	00.0	00.0	00.0	23.3	00.0
<b>Hematita (%)</b>	01.5	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Dolomita (%)</b>	02.8	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Clorita (%)</b>	00.0	00.0	12.6	00.0	00.0	00.0
<b>Analcima (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	05.5	00.0
<b>Yeso (%)</b>	01.7	00.0	00.0	00.0	03.2	00.0
<b>Albita (%)</b>	00.0	00.0	06.9	00.0	06.7	00.0
<b>Laumontita (%)</b>	06.8	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Anortita (%)</b>	00.0	08.1	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Microclina (%)</b>	00.0	11.1	00.0	00.0	00.0	23.6

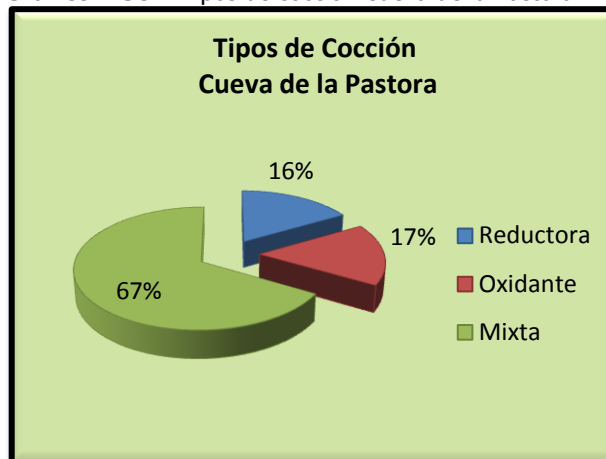
### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 presenta tanto cocciones oxidante (CNL105 2), como también mixta (CNL105 1 y CNL105 4).
- Grupo 2 predomina la cocción tipo mixta pero se puede observar que en CNL105 6, es del tipo reductora.

Se observa un predominio de la cocción mixta, seguida de la oxidante y una menor incidencia de la reductora (Gráfico 4.30).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Gráfico 4.30 – Tipos de cocción Cueva de la Pastora



### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como la moscovita y la ortoclasa que indican una temperatura de cocción inferior a 925 grados, sin embargo la laumontita apunta a una temperatura inferior. Se supone una temperatura del grupo entre 650-700 grados.
- Grupo 2 ortoclasa, moscovita y analcima muestran una temperatura entre 900-1000 grados, pero la clorita y la microclina rebaja a una curva de cocción inferior a 700 grados. Se puede suponer que la temperatura está alrededor de 700-750 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

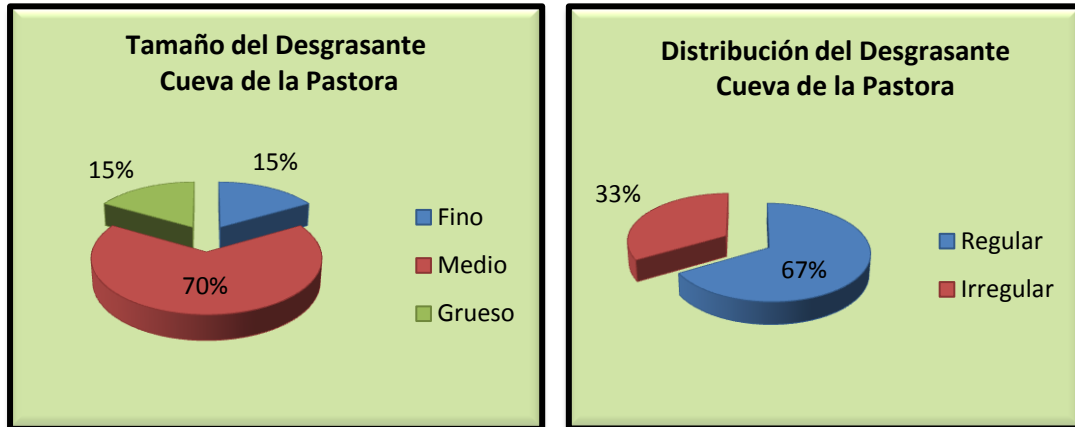
Se encuentra una variabilidad en los grupos, sin embargo la moscovita se destaca como desgrasante principal, excepto en CNL105 4 que presenta la calcita en mayor cantidad.

Los desgrasantes, en su mayoría son de tamaño mediano, sin embargo en NL105 1 se ve que son finos y en CNL105 4, gruesos. Cuanto a distribución están regularmente distribuidos en CNL105 3, CNL105 4, CNL105 5 y CNL105 6 y irregularmente distribuido en CNL105 1 y CNL105 2.

Se puede observar que hay un predominio de desgrasantes medios regularmente distribuidos (Gráfico 4.31).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 4.31** – Tamaño y distribución del desgrasante Cueva de la Pastora



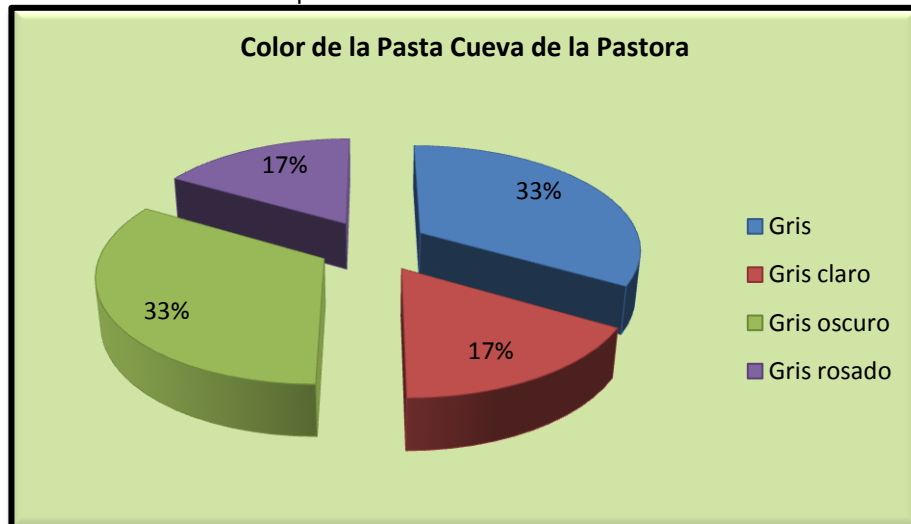
### 5. Técnica de fabricación

Se señala la totalidad de la técnica de fabricación a mano.

### 6. Color de la pasta

Se encuentra una pasta de color gris en CNL105 1 y CNL105 5; gris claro en CNL105 2; gris oscuro en CNL105 3 y CNL105 6 y gris rosado en CNL105 4.

**Gráfico 4.32**– Color de la pasta Cueva de la Pastora



Se puede observar una predominancia de los colores gris y gris oscuro y una misma incidencia de gris claro y gris rosado (Gráfico 4.32).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Como se puede ver en la Tabla 4.54, la muestra CNL105 6 presenta el valor de luminosidad ( $L = 29.63$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en CNL105 2 la luminosidad alta ( $L = 65.25$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.54** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
CNL105 1	53.87	4.75	11.28
CNL105 2	65.25	1.60	6.95
CNL105 3	36.78	3.05	7.24
CNL105 4	52.15	12.32	18.37
CNL105 5	38.36	1.58	5.13
CNL105 6	29.63	1.55	3.51

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valor de 47.21% en peso, óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valor de 16.36% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valor de 13.21% en peso. En menor porcentaje óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valor de 4.00% en peso, óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valor de 3.90% en peso y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con valor de 2.00% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.55).

**Tabla 4.55** - Composición química de los óxidos grupo 1 Cueva de la Pastora

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
CNL105 2	47.21	13.21	3.90	0.07	2.00	16.36	1.10	4.00	0.58	0.31	00	12.52

Como elementos trazas se puede ver estroncio (Sr) y circonio (Zr). Se observa una alta concentración de estroncio en esta muestra (Tabla 4.56).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.56** - Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestras	CNL105 2
Elementos	PPM
Sr	1053
Zr	181

- Grupo 2

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 53.51 y 65.02% en peso, el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 16.55 y 22.34% en peso. En menor porcentaje se encuentran el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 6.07 y 7.34% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 2.39 y 4.08% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 1.25 y 2.56% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.57).

**Tabla 4.57** - Composición química de los óxidos grupo 2 Cueva de la Pastora

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>CNL105 3</b>	53.51	22.34	7.34	0.05	1.74	2.56	1.23	4.08	0.77	1.03	00	4.95
<b>CNL105 5</b>	60.09	22.01	7.18	0.05	1.10	1.52	0.99	3.39	1.00	0.14	00	2.56
<b>CNL105 6</b>	65.02	16.55	6.07	0.04	0.55	1.25	0.42	2.39	0.92	0.49	00	6.74

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 04 y 1020 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan estroncio (Sr), cloro (Cl) y cobre (Cu). Además se puede ver galio (Ga), ítrio (Y), niobio (Nb) y un alto contenido de bario (Ba) en la muestra CNL105 3 (Tabla 4.58).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Tabla 4.58 - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	CNL105 3	CNL105 5	CNL105 6
Elementos	PPM		
S	242	00	00
Cl	450	00	00
Cr	183	00	00
Ni	74	00	00
Cu	224	00	00
Zn	194	00	00
Ga	22	00	00
Br	4	00	00
Rb	134	00	00
Sr	323	136	132
Y	27	00	00
Zr	216	278	286
Nb	15	00	00
Ba	1020	00	00
Pb	77	00	00

### 8. Particularidades

Las muestras CNL105 1 y CNL105 6 presentan una perforación superior con posible función de suspender la pieza, con aproximadamente 0,5 cm de diámetro.

### 9. Otros Análisis

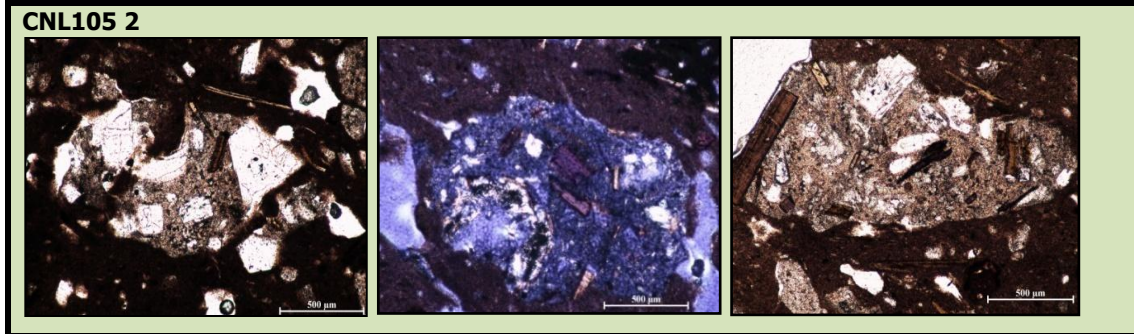
- Análisis de Lámina Delgada

En los análisis de lámina delgada se puede ver: la muestra CNL105 2 se caracteriza por grandes granos de desgrasante de dimensiones variables. Son principalmente fragmentos de roca arenisca con cemento de carbonato en el que se puede observar los minerales detríticos con morfología angular. Los mismos fragmentos de arenisca son a menudo morfología angular que indicaría que el desgrasante se molió previamente. También entre los desgrasantes también se observan cristales aislados de plagioclasas y

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

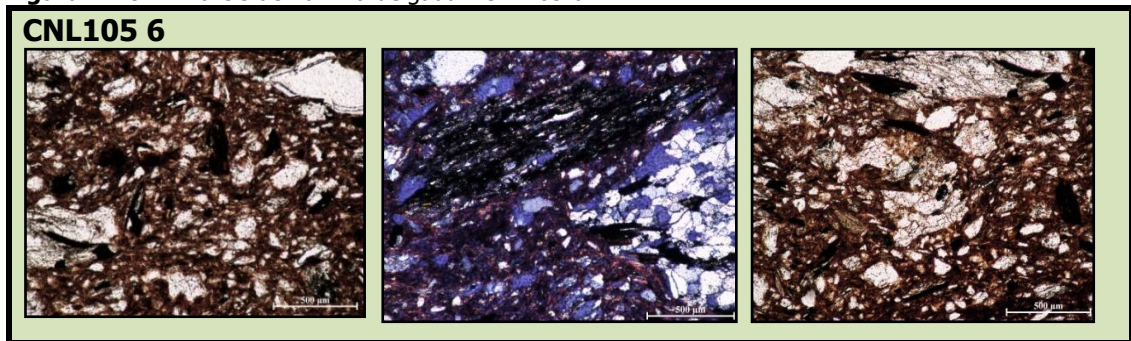
feldespato potásico. Las micas son más abundantes en la masa de la parte inferior (Figura 4.45).

**Figura 4.45** – Análisis de lámina delgada - CNL105 2



La muestra CNL105 6 se caracteriza por una textura gruesa y desigual. Los granos más gruesos varían en tamaño de 100 μm hasta más de 1 mm. Se componen principalmente de fragmentos de roca atribuibles a la mica y cuarzo. El color rojo oscuro indica una atmósfera poco oxidante. Se observan incipientes reacciones en los bordes de los gránulos y las micas casi han perdido las propiedades ópticas (Figura 4.46).

**Figura 4.46** – Análisis de lámina delgada - CNL105 6



# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.8. Puntal de la Granja – BAZ011

Localización: Sur

Cronología: Edad del Cobre

Muestras: 5

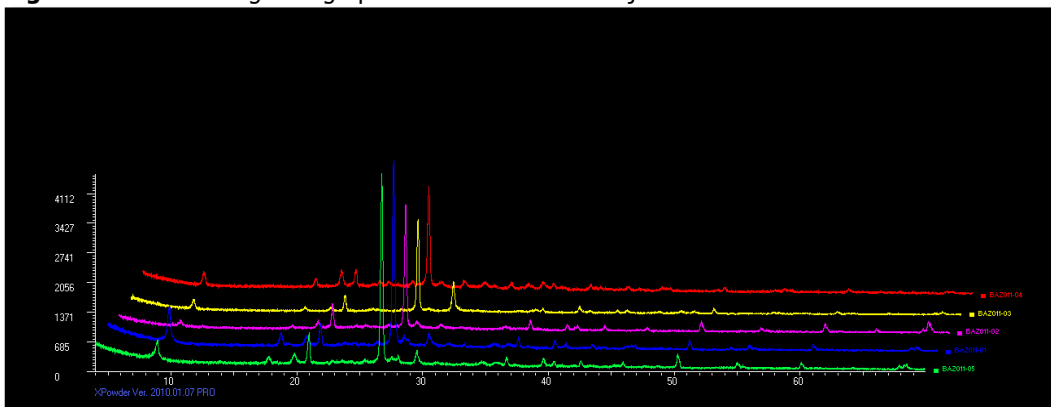
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

En ese yacimiento se observa un único grupo en función de su origen mineral:

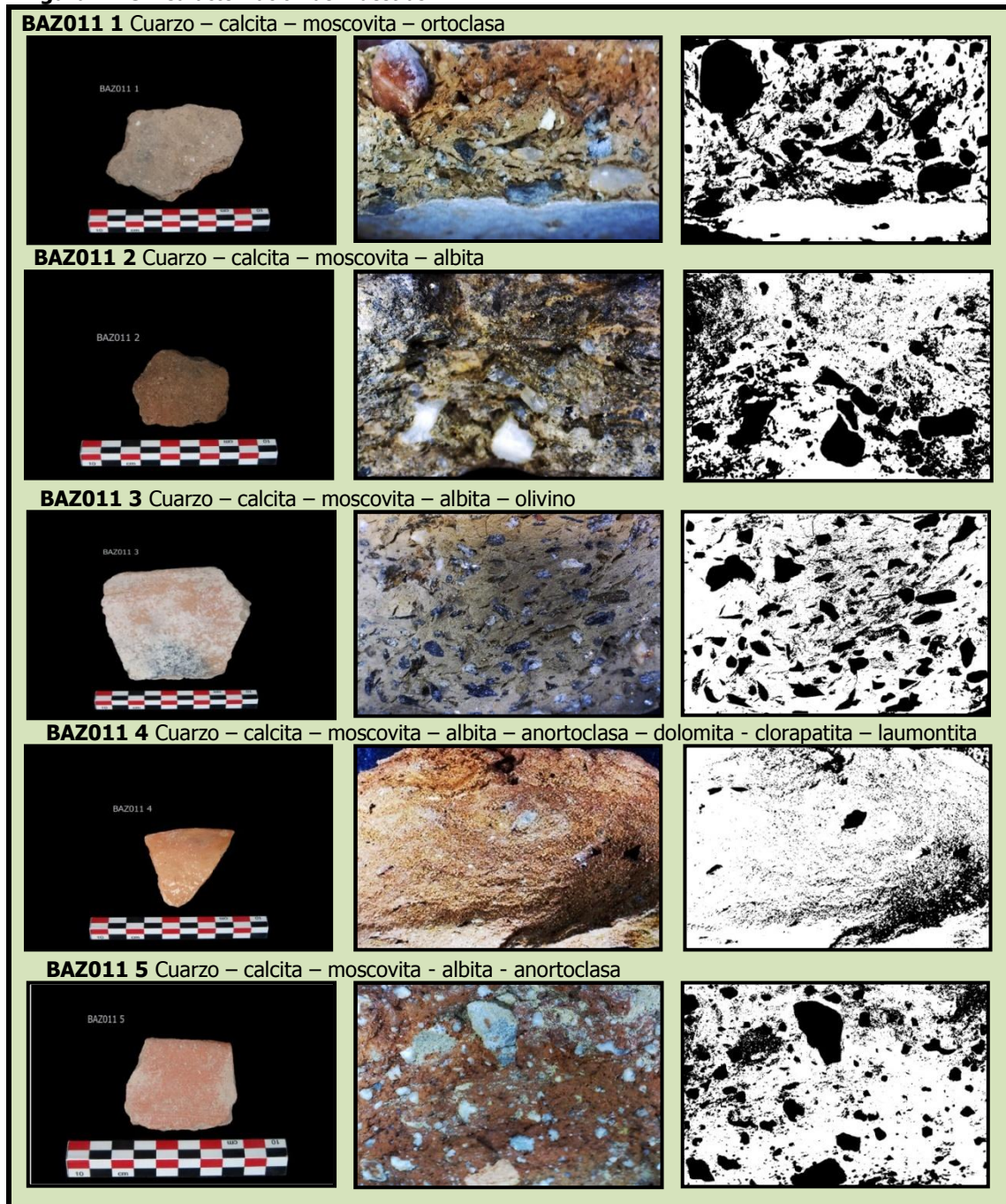
- Grupo 1 con un total de 5 muestras, es homogéneo; cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las 5 muestras, en tanto difieren en la presencia de albita, ortoclasa, anortoclasa, dolomita, laumontita, olivino y clorapatita. En las Figuras 4.47 y 4.48 se observan el difractograma y las características de ese grupo.

**Figura 4.47** - Difractograma grupo 1 de Puntal de la Granja



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 4.48** - Caracterización de muestras

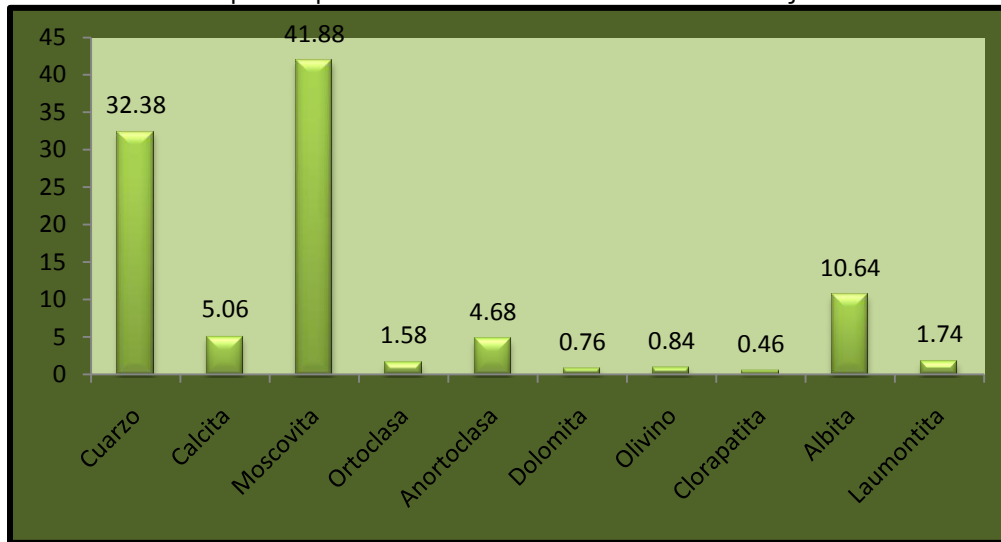


La proporción de cada mineral observado en las 5 muestras se presenta en la Tabla 4.59 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.33. Se puede observar que la moscovita y el cuarzo son minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento Puntal de la Granja, con proporciones promedio

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

superiores al 32%. Después están la albita, seguida de la calcita y anortoclasa, con proporciones promedio entre 4.5% y 11%. Como elementos minoritarios fueron encontrados laumontita, ortoclasa, olivino, dolomita y clorapatita, con proporciones promedio inferiores a 2%

**Gráfico 4.33** – Proporción promedio de minerales en Puntal de la Granja



**Tabla 4.59** – Análisis semicuantitativo Puntal de la Granja

Muestra	BAZ011 1	BAZ011 2	BAZ011 3	BAZ011 4	BAZ011 5
<b>Cuarzo (%)</b>	30.8	53.0	27.9	21.9	28.3
<b>Calcita (%)</b>	03.6	04.3	10.6	03.6	03.2
<b>Moscovita (%)</b>	57.7	13.2	50.1	40.7	47.7
<b>Ortoclasa (%)</b>	07.9	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	09.5	13.9
<b>Dolomita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	03.8	00.0
<b>Olivino (%)</b>	00.0	00.0	04.2	00.0	00.0
<b>Clorapatita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	02.3	00.0
<b>Albita (%)</b>	00.0	29.5	07.2	09.5	07.0
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	08.7	00.0

### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 presenta en la totalidad de las muestras pastas de cocciones oxidantes.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 3. Temperaturas de cocción

La presencia de moscovita, ortoclasa y anortoclasa indica una temperatura alrededor de 850-950 grados, pero la dolomita, la laumontita y la clorapatita rebaja hacia 600-700 grados. Por lo tanto se supone una curva de cocción del grupo entre 750-850 grados.

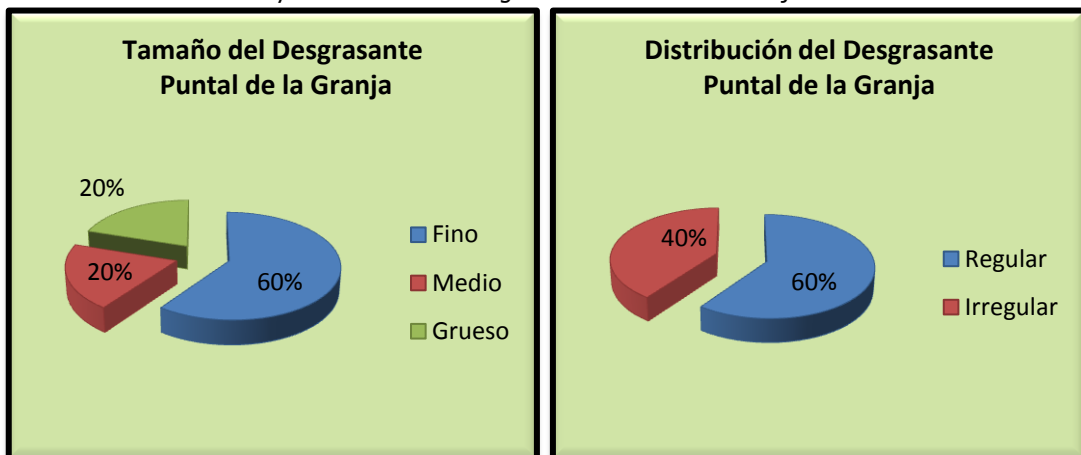
### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

Se encuentra una variabilidad en ese grupo, sin embargo la moscovita aparece como desgrasante principal, excepto en BAZ011 2 que presenta el cuarzo en mayor cantidad.

Los desgrasantes, en su mayoría son finos, pero se observa que en BAZ011 1 es de tamaño mediano y en BAZ011 2 es grueso. En cuanto a distribución, se ve que están regularmente distribuidos en BAZ011 1, BAZ011 3 y BAZ011 5 e irregularmente distribuido en BAZ011 2 y BAZ011 4.

Se puede observar que hay predominio de desgrasante fino regularmente distribuido (Gráfico 4.34).

**Gráfico 4.34 –** Tamaño y distribución del desgrasante Puntal de la Granja

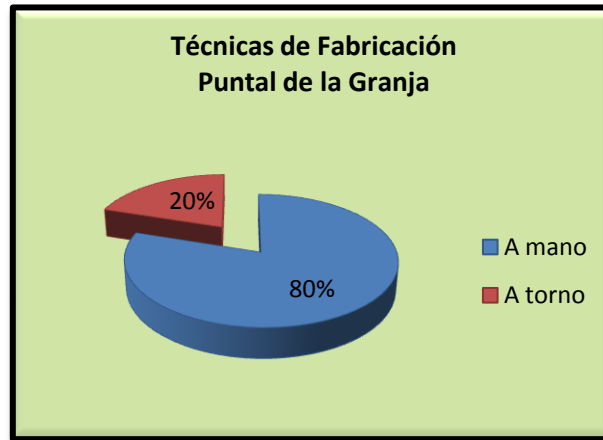


### 5. Técnica de fabricación

Se señala la predominancia de la técnica de fabricación a mano, sin embargo en BAZ011 5 está hecha a torno (Gráfico 4.35).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

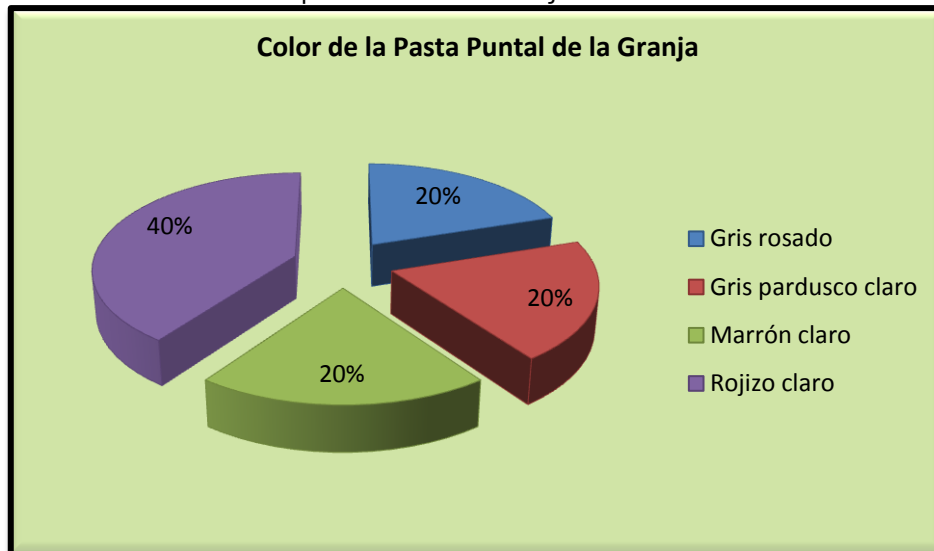
Gráfico 4.35 – Técnicas de fabricación Puntal de la Granja



### 6. Color de la pasta

Se encuentra una pasta de color gris rosado en BAZ011 2, gris pardusco claro en BAZ011 3, marrón claro en BAZ011 1 y rojizo claro en BAZ011 4 y BAZ011 5.

Gráfico 4.36 – Color de la pasta Puntal de la Granja



Se puede observar el predominio del color rojizo claro, los demás colores aparecen con una menor incidencia (Gráfico 4.36).

Como se puede ver en la Tabla 4.60, la muestra BAZ011 4 presenta el valor de luminosidad ( $L = 55.01$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en BAZ011 1 la

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

luminosidad alta ( $L = 70.68$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.60** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>BAZ011 1</b>	70.68	2.80	10.76
<b>BAZ011 2</b>	57.61	3.25	12.27
<b>BAZ011 3</b>	70.43	0.88	7.58
<b>BAZ011 4</b>	55.01	14.51	16.31
<b>BAZ011 5</b>	55.06	15.51	17.31

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 42.17 y 60.97% en peso, el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 12.17 y 18.48% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 3.60 y 20.35% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 4.82 y 6.87% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 3.66 y 4.17% en peso y óxido de magnesio ( $\text{Mg}$ ) con valores entre 1.85 y 3.33% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.61).

**Tabla 4.61** - Composición química de los óxidos grupo1 Puntal de la Granja

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>BAZ011 2</b>	60.97	16.53	4.82	0.02	3.33	3.60	0.65	4.17	0.83	0.22	0.16	4.38
<b>BAZ011 3</b>	42.17	12.17	4.85	0.08	2.01	20.35	0.42	3.66	0.58	0.33	0.29	12.70
<b>BAZ011 5</b>	52.98	18.48	6.87	0.06	1.85	8.92	0.57	3.71	0.72	0.14	0.17	5.23

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 15 y 1168 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cloro (Cl), cromo (Cr), galio (Ga) y arsénico (As). Además se ve un alto



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

contenido de azufre (S) en las muestras BAZ011 2, BAZ011 3 y BAZ011 5, de bario (Ba) en BAZ011 3 y BAZ011 5 y de estroncio (Sr) en BAZ011 2 y BAZ011 3 (Tabla 4.62).

**Tabla 4.62** - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	BAZ011 2	BAZ011 3	BAZ011 5
Elementos	PPM		
S	624	1165	672
Cl	347	241	314
Cr	267	77	153
Ni	55	56	62
Cu	140	112	91
Zn	152	118	107
Ga	15	15	17
As	00	34	28
Rb	121	91	102
Sr	785	1168	422
Y	18	17	23
Zr	221	156	215
I	40	46	00
Ba	419	1081	936
Pb	86	00	00

### 7. Particularidades

En la muestra BAZ011 2 se observa que la cara interior de la pieza presenta líneas horizontales suponiendo el uso de torno lento.

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.9. El Tesorero – BAZ190

Localización: Sur

Cronología: Edad del Cobre

Muestras: 5

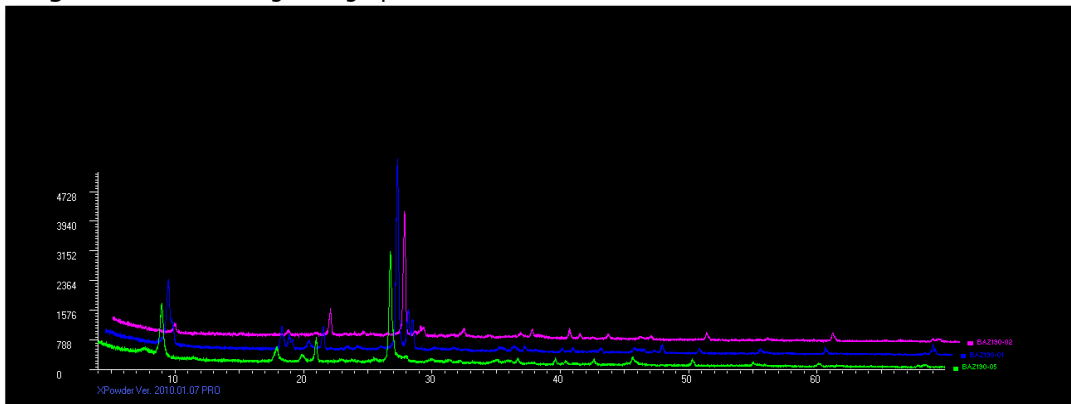
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

Se distingue 2 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 está compuesto por 3 muestras, es homogéneo; cuarzo y moscovita son comunes para todas las muestras, en tanto se difieren en la presencia de albita, paragonita, ortoclasa, anortita y caolinita. Estas similitudes se observan en las Figuras 4.49 y 4.50.

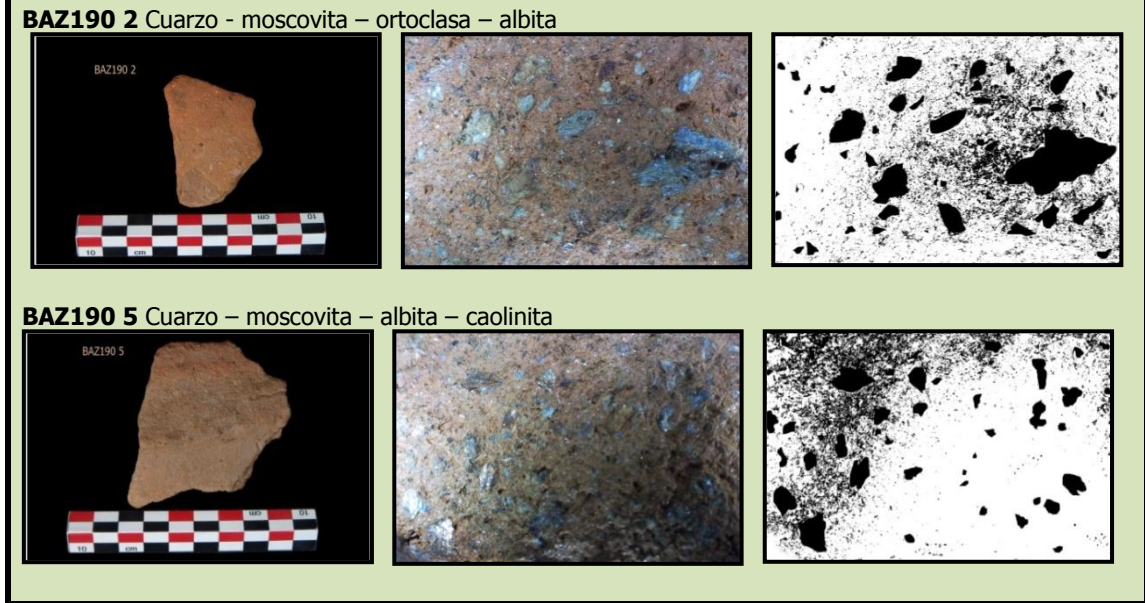
**Figura 4.49** - Difractograma grupo 1 de El Tesorero



**Figura 4.50**- Caracterización de muestras

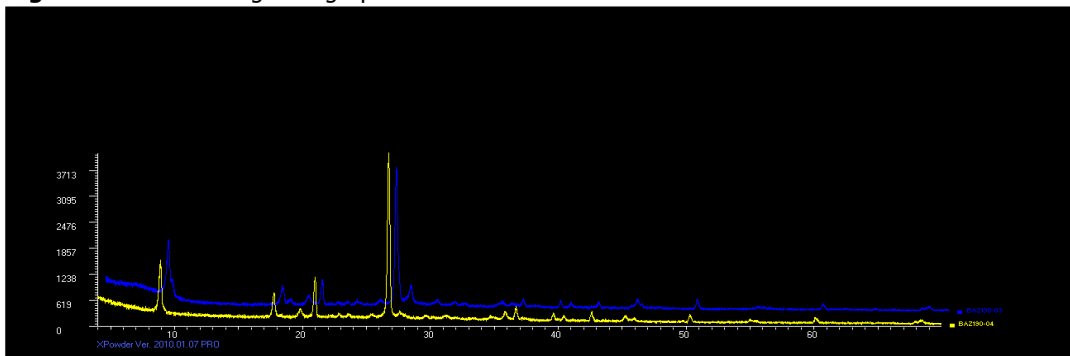


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



- Grupo 2 compuesto por 2 muestras; bien homogéneo; cuarzo, calcita, moscovita, anortoclasa y laumontita son comunes para las 2 muestras, en tanto difieren en la presencia de paragonita. Estas similitudes se observan en las Figuras 4.51 y 4.52, así como sus pequeñas diferencias.

**Figura 4.51** - Difractograma grupo 2 de El Tesorero



**Figura 4.52** - Caracterización de muestras



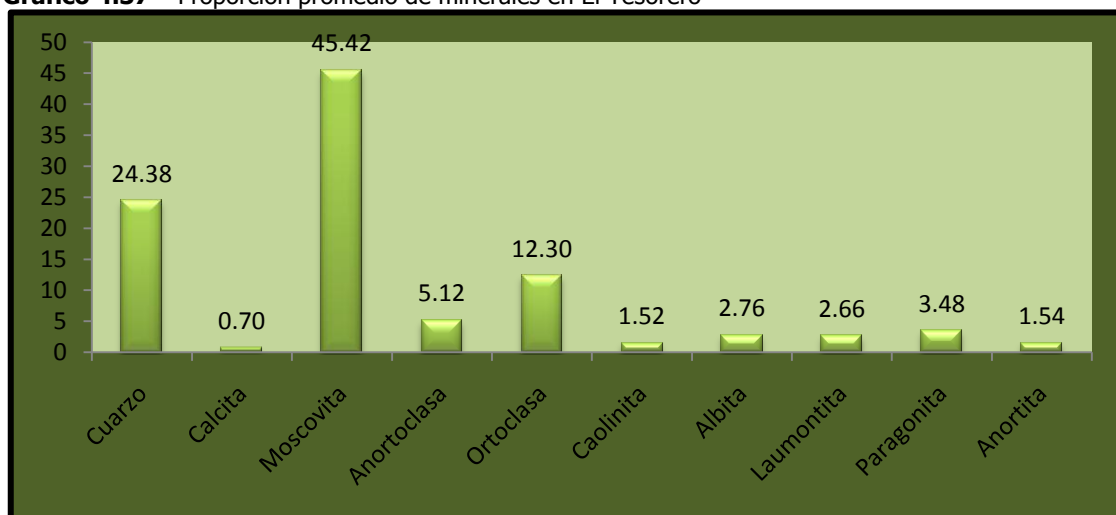
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



Se resalta que estos 2 grupos mineralógicos solo tienen en común cuarzo y moscovita, aunque difieren en la proporción presente.

La proporción de cada mineral observado en las 5 muestras se presenta en la Tabla 4.63 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.37. Se puede observar que la moscovita y el cuarzo son los minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento El Tesorero, con proporciones promedio superiores al 24%. Después están la ortoclasa y la anortoclasa, seguidas de paragonita, con proporciones promedio entre 3% y 12.5%. Como elementos minoritarios fueron encontrados albita, laumontita, anortita, caolinita, y calcita, con proporciones promedio inferiores a 3%.

**Gráfico 4.37** – Proporción promedio de minerales en El Tesorero



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.63** – Análisis semicuantitativo El Tesorero

Muestra	BAZ190 1	BAZ190 2	BAZ190 3	BAZ1904	BAZ190 5
<b>Cuarzo (%)</b>	21.08	26.5	20.7	26.4	27.2
<b>Calcita (%)</b>	00.0	00.0	01.7	01.8	00.0
<b>Moscovita (%)</b>	34.1	32.8	46.0	53.7	60.5
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	14.7	10.9	00.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	29.9	31.6	00.0	00.0	00.0
<b>Dolomita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Analcima (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Caolinita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	07.6
<b>Yeso (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Albita (%)</b>	00.0	09.1	00.0	00.0	04.7
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	06.1	07.2	00.0
<b>Paragonita (%)</b>	06.6	00.0	10.8	00.0	00.0
<b>Anortita (%)</b>	07.7	00.0	00.0	00.0	00.0

### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 presenta tanto cocciones oxidante (BAZ190 1), como también mixta (BAZ190 2 y BAZ190 5).
- Grupo 2 se encuentra una muestra oxidante (BAZ190 4) y una reductora (BAZ190 3).

Se observa un equilibrio entre las cocciones oxidante y mixta, poca incidencia de la reductora (Grafico 4.38).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Gráfico 4.38 – Tipos de cocción El Tesorero



### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como ortoclasa y albita que indica una temperatura de cocción alrededor de 850 grados. La caolinita rebaja la temperatura, por eso se supone una curva de cocción entre 700-800 grados.
- Grupo 2 la laumontita apunta a temperatura inferior a 600 grados. No obstante, la anortoclasa indica temperatura mínima de 950 grados. Por la cantidad de los minerales en cuestión, se supone una temperatura entre 750-950 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución de desgrasantes

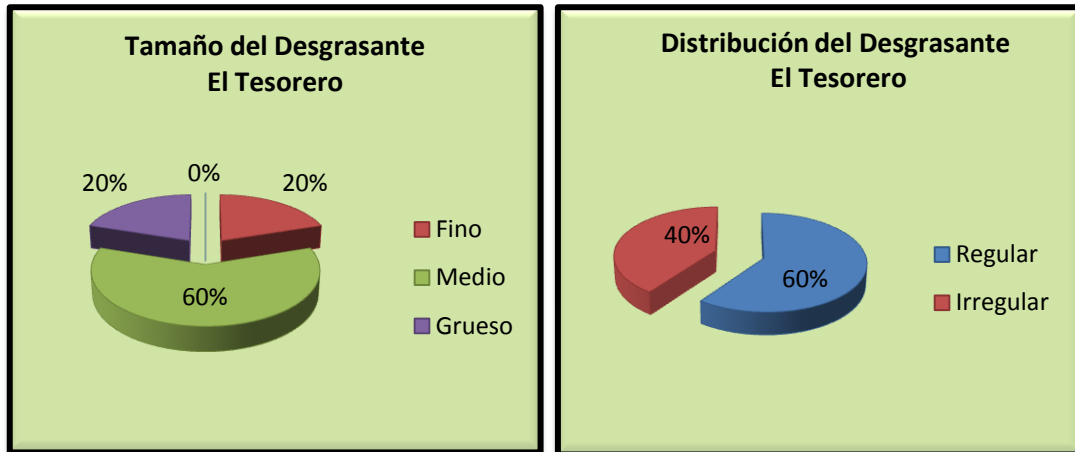
Se encuentra una variabilidad en los grupos, sin embargo la moscovita predomina como desgrasante principal seguida por el cuarzo en BAZ190 3, BAZ190 4 y BAZ190 5 y seguida de ortoclasa en BAZ190 1 y BAZ190 2.

Los desgrasantes, en su mayoría son de tamaño mediano, pero se encuentran también desgrasantes finos en BAZ190 1 y grueso en BAZ190 4. Cuanto a distribución, están bien distribuidos en BAZ190 2, BAZ190 3 y BAZ190 5 y mal distribuido en BAZ190 1 y BAZ190 4.

Se puede observar que hay predominio de desgrasantes de tamaño mediano con mala distribución (Gráficos 4.39).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Gráfico 4.39 – Tamaño y distribución del desgrasante El Tesorero



### 5. Técnica de fabricación

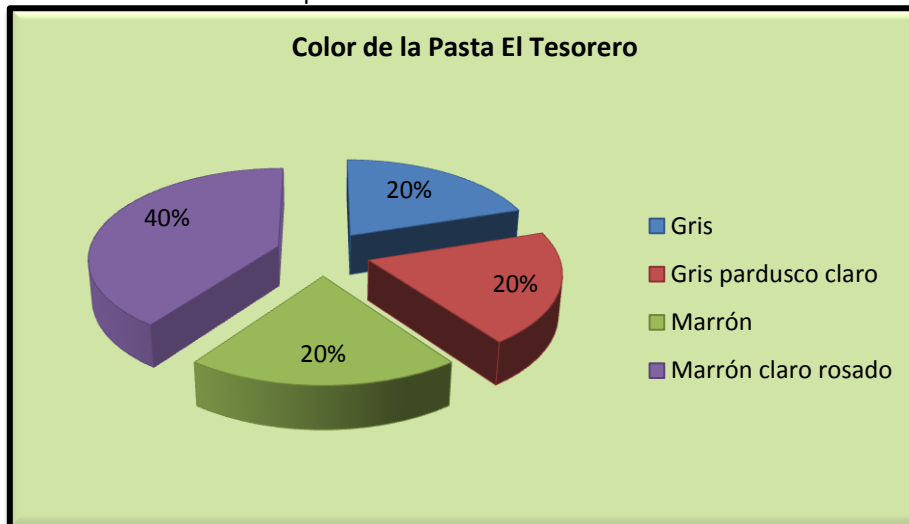
Se señala la totalidad de la técnica de fabricación a mano.

### 6. Color de la pasta

Se encuentra una pasta de color gris en BAZ190 3 y gris pardusco claro en BAZ190

1. El color marrón aparece en BAZ190 5 y el marrón claro rosado en BAZ190 2 y BAZ190 4.

Gráfico 4.40 – Color de la pasta El Tesorero



Se puede observar el predominio del color marrón claro rosado, los demás colores aparecen con una misma incidencia (Gráfico 4.40).

Como se puede ver en la Tabla 4.64, la muestra BAZ190 3 presenta el valor de luminosidad ( $L = 38.37$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en BAZ190 1 la

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

luminosidad alta ( $L = 70.48$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.64** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>BAZ190 1</b>	70.48	1.88	7.55
<b>BAZ190 2</b>	54.58	9.59	20.51
<b>BAZ190 3</b>	38.37	1.51	5.12
<b>BAZ190 4</b>	54.61	9.62	20.54
<b>BAZ190 5</b>	47.95	6.72	15.74

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores de 46.31 y 48.66% en peso, el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores de 26.01 y 27.78% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores de 7.59 y 7.97% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores de 4.27 y 4.57% en peso y óxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) con valores de 2.84 y 4.13% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.65).

**Tabla 4.65** - Composición química de los óxidos grupo 1 El Tesorero

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>BAZ1901</b>	48.66	27.78	7.59	0.03	1.25	0.90	1.14	4.57	0.48	2.84	0.06	4.38
<b>BAZ190 5</b>	46.31	26.01	7.97	0.04	1.26	1.11	1.46	4.27	0.44	4.13	0.05	7.57

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 27 y 1532 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cromo (Cr), níquel (Ni) y galio (Ga). Además se ve lantano (La), arsénico (As), itrio (Y) y un alto contenido de bario (Ba) en las muestras BAZ190 1 y BAZ190 5, yodo (I) en BAZ190 1 (Tabla 4.66).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.66** - Composición química de los elementos trazas

Composición química		
Muestras	BAZ190 1	BAZ190 5
Elementos	PPM	
S	248	212
Cl	64	84
Cr	192	167
Ni	90	95
Cu	123	103
Zn	143	134
Ga	30	27
As	51	33
Rb	133	152
Sr	173	207
Y	37	36
Zr	252	219
I	47	00
Ba	968	1532
La	109	113
Pb	144	39

- Grupo 2

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valor de 51.73% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valor de 26.95% en peso. En menor porcentaje compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valor de 8.33% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valor de 3.96% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.67).

**Tabla 4.67** - Composición química de los óxidos grupo 2 El Tesorero

Composición química												
Óxidos Muestras	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
BAZ190 4	51.73	26.95	8.33	0.05	1.20	0.90	0.57	3.96	0.65	1.64	0.07	3.57

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 05 y 977 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cromo (Cr), níquel (Ni) y galio (Ga). Además se ve itrio (Y) y un alto contenido de bario (Ba) (Tabla 4.68).

**Tabla 4.68** - Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestra	BAZ190 4
Elementos	PPM
S	305
Cl	62
Cr	177
Ni	92
Cu	127
Zn	147
Ga	31
Br	5
Rb	131
Sr	267
Y	31
Zr	307
Ba	977
Pb	631

### 8. Particularidades

La muestra BAZ190 4 presenta muchas trazas vegetales como desgrasante añadido y en BAZ190 5 la pieza presenta una línea esgrafiada.

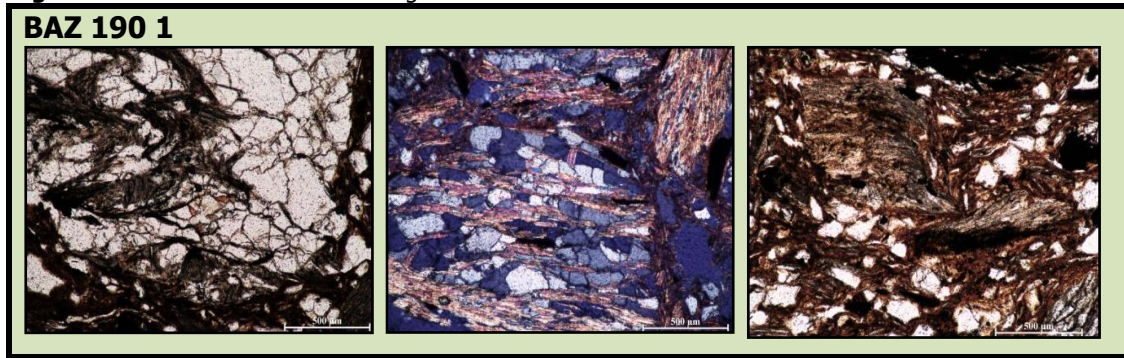
### 9. Otros Análisis

- Análisis de Lámina Delgada

En los análisis de lámina delgada se puede ver: la muestra BAZ 190 1 presenta granos de tamaño homogéneo y se encuentra rica en fragmentos de roca policristalino. El tamaño de las micas alcanza hasta 2 mm y mantiene sus propiedades ópticas. El color rojo oscuro caracteriza una atmósfera medianamente oxidante (Figura 4.53).

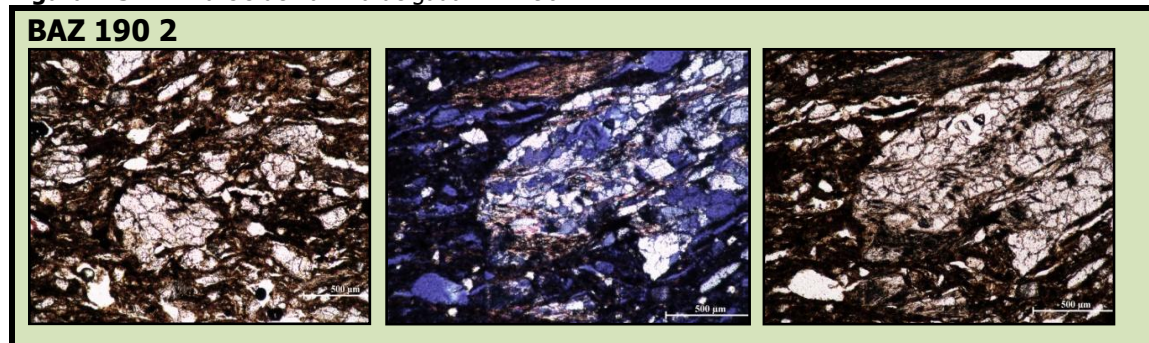
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 4.53**– Análisis de lámina delgada BAZ 190 1



La muestra BAZ 190 2 se caracteriza por abundantes fragmentos de desgrasantes de tamaño variable entre 100 µm a más de 1 mm. Los gránulos de desgrasantes son constituidos esencialmente de cuarzo debido a fragmentos de piedra arenisca o granito rico en cuarzo. Las micas todavía tienen buenas propiedades ópticas (Figura 4.54).

**Figura 4.54** – Análisis de lámina delgada BAZ 190 2



# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

## 4.10. Cerro San Marcos – BNM016

Localización: Sur

Cronología: Edad del Bronce

Muestras: 5

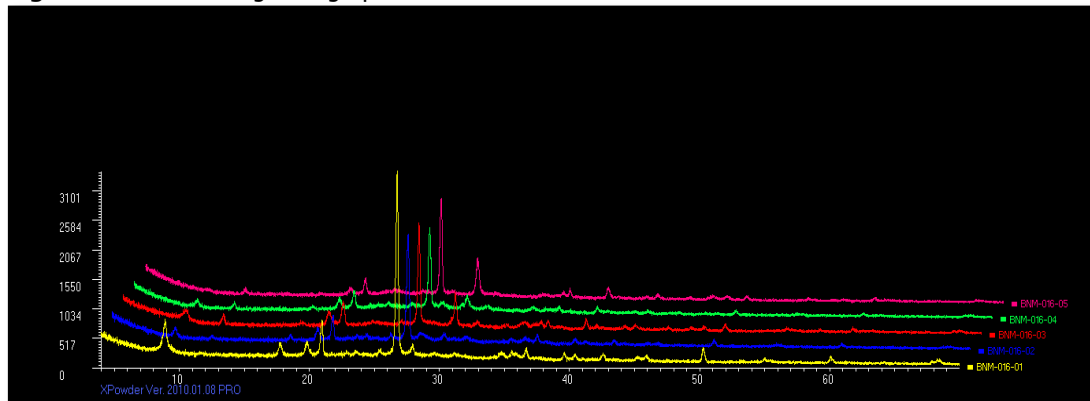
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

Ese yacimiento está formado un único grupo en función de su origen mineral:

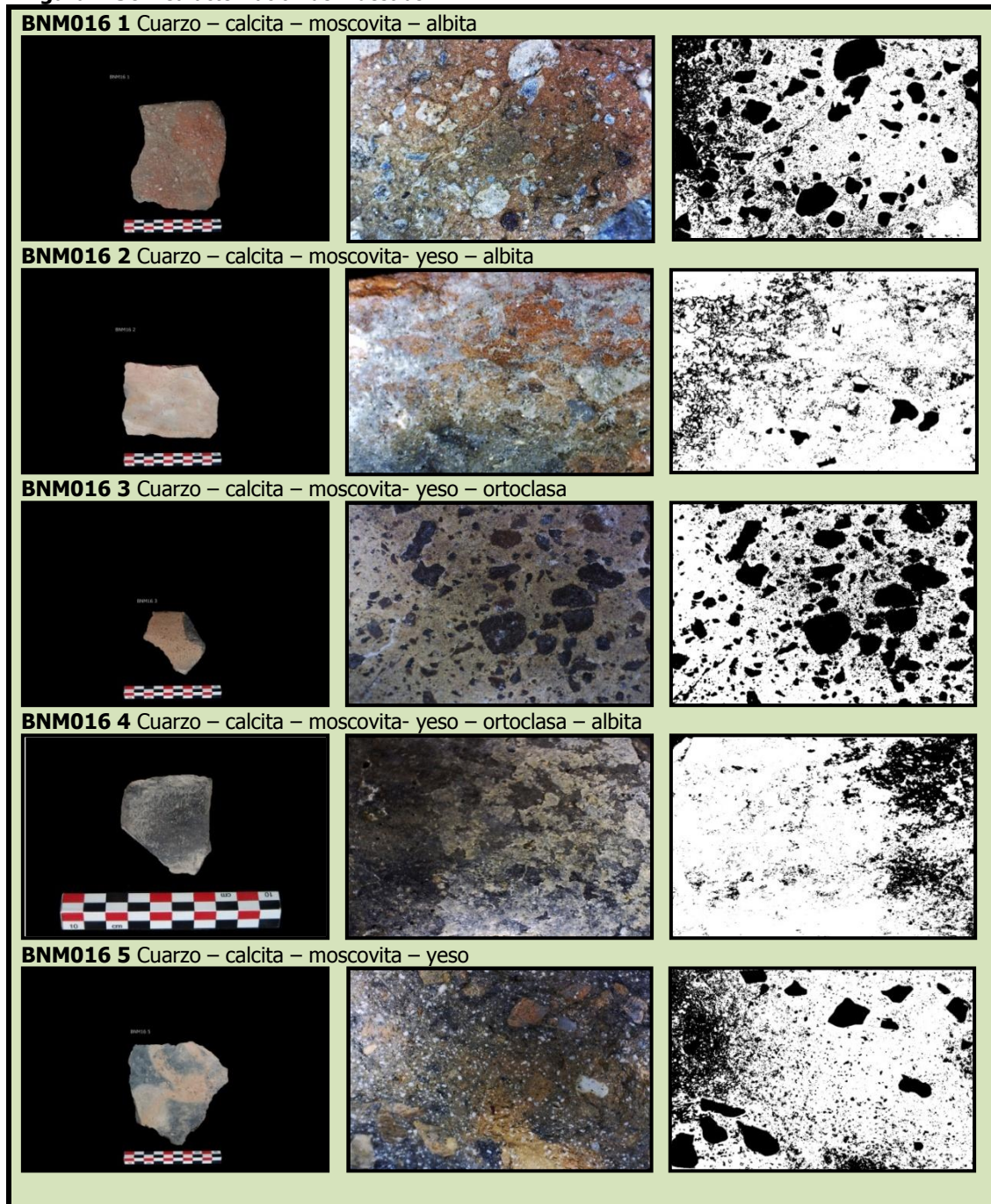
- Grupo 1 con un total de 5 muestras es homogéneo; cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las 5 muestras, en tanto se diferencian en la presencia de albita, yeso y ortoclasa. El alto grado de similitud en la composición de estas 5 muestras se observa en las Figuras 4.55 y 4.56, así como sus pequeñas diferencias.

**Figura 4.55** - Difractograma grupo 1 de Cerro San Marcos



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Figura 4.56 - Caracterización de muestras

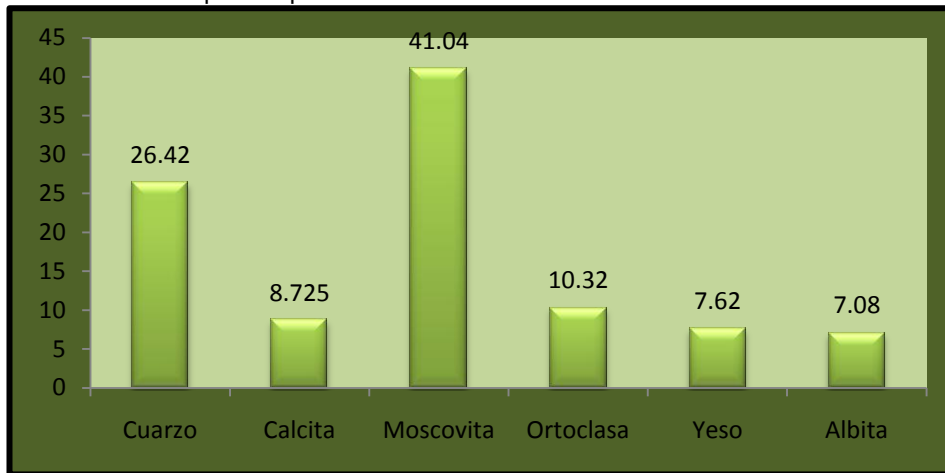


La proporción de cada mineral observado en las 5 muestras se presenta en la Tabla 4.69 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.41. Se puede observar que la moscovita y el cuarzo son minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento Cerro san Marcos, con proporciones promedio superiores al 26%. Después están la ortoclasa, seguida de la calcita, yeso y albita, con proporciones promedio entre 7% y 11%.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 4.41**– Proporción promedio de minerales en Cerro San Marcos



**Tabla 4.69** – Análisis semicuantitativo Cerro San Marcos

Muestra	BNM016 1	BNM016 2	BNM016 3	BNM016 4	BNM016 5
<b>Cuarzo (%)</b>	29.9	26.6	22.6	18.9	34.1
<b>Calcita (%)</b>	02..6	04.5	09.1	05.8	15.5
<b>Moscovita (%)</b>	56.7	45.1	42.0	19.1	42.3
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	14.9	36.7	00.0
<b>Yeso (%)</b>	00.0	10.6	11.5	07.9	08.1
<b>Albita (%)</b>	10.7	13.1	00.0	11.6	00.0

### 2. Tipos de cocción

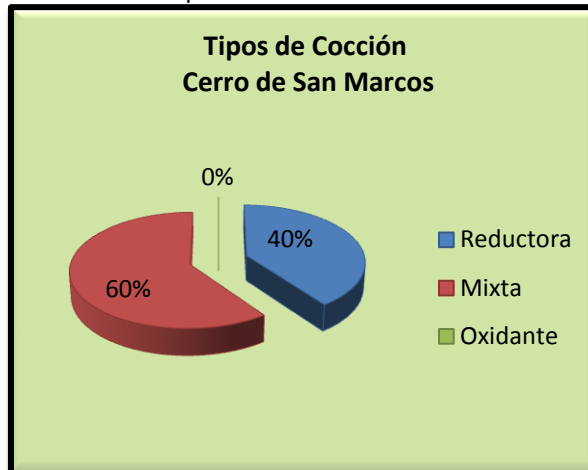
- Grupo 1 presenta un predominio de pastas con cocciones mixtas, excepto en BNM0161 y BNM016 5 donde la pasta presenta cocción reductora.

Se observa un predominio de la cocción mixta, seguida de la reductora y una inexistencia de cocción tipo oxidante (Gráfico 4.42).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Gráfico 4.42– Tipos de cocción Cerro San Marcos



### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como la moscovita que dita una temperatura inferior a 925 grados. Como la ortoclasa eleva a temperaturas superiores a 700 grados, suponemos una curva de cocción entre 650-750 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

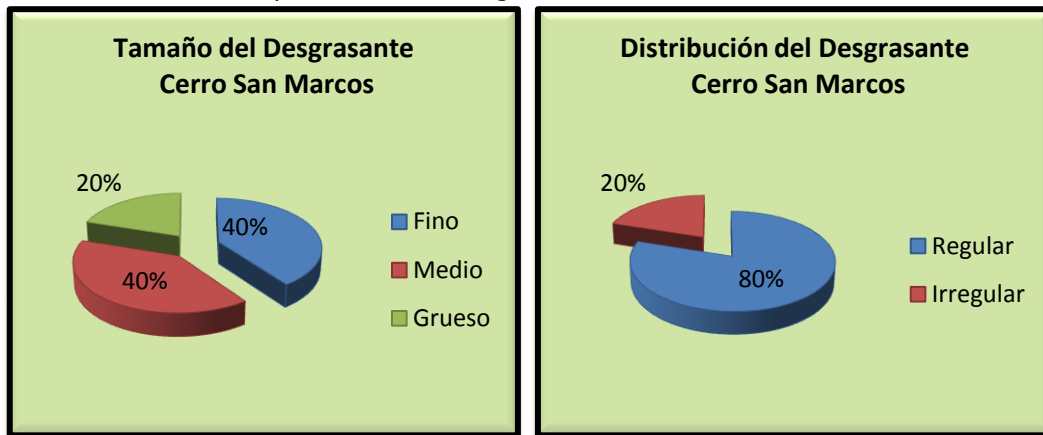
Se observa una homogeneidad en ese grupo con destaque para la moscovita y el cuarzo como minerales principales, excepto en BNM016 4 donde ha un predominio de la ortoclasa sobre los demás elementos.

Se encuentra desgrasantes de tamaño grueso en BNM016 1, mediano en BNM016 3 y BNM016 5 y finos en BNM016 2 y BNM016 4. En cuanto a distribución, vemos que están regularmente distribuidos en BNM016 1, BNM016 2, BNM016 3 y BNM016 4 y irregularmente distribuido en BNM016 5.

Se puede observar que hay una igualdad entre desgrasantes de tamaño fino y medio regularmente distribuidos (Gráfico 4.43).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 4.43** – Tamaño y distribución del desgrasante Cerro San Marcos



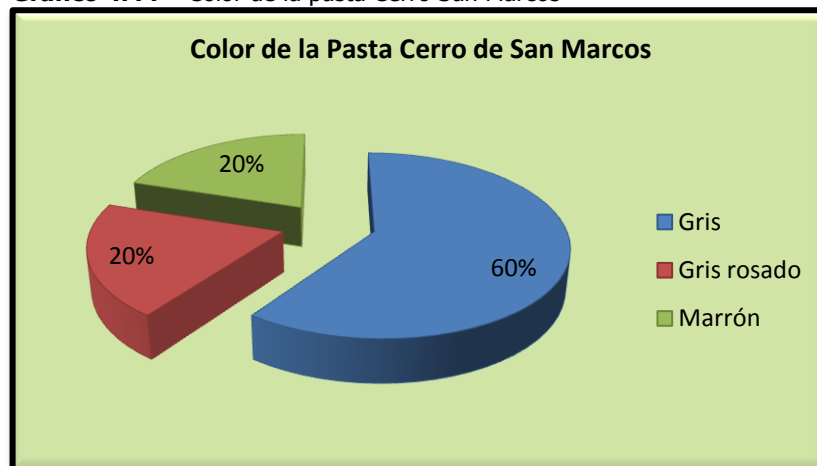
### 5. Técnica de fabricación

Se señala la totalidad de la técnica de fabricación a mano.

### 6. Color de la pasta

Se encuentra una pasta de color gris en BNM016 1, BNM016 4 y BNM016 5, gris rosado en BNM016 2 y marrón en BNM016 3.

**Gráfico 4.44** – Color de la pasta Cerro San Marcos



Se puede observar el predominio del color gris, seguido del color gris rosado y marrón con la misma incidencia (Gráfico 4.44).

Como se puede ver en la Tabla 4.70, la muestra BNM016 1 presenta el valor de luminosidad ( $L = 53.04$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en BNM016 2 la



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

luminosidad alta ( $L = 59.95$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.70** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>BNM016 1</b>	53.04	1.87	9.38
<b>BNM016 2</b>	59.95	11.60	14.82
<b>BNM016 3</b>	53.34	8.51	18.61
<b>BNM016 4</b>	56.50	3.76	11.21
<b>BNM016 5</b>	57.56	3.36	11.36

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 40.53 y 56.92% en peso, el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 13.92 y 23.13% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 1.57 y 15.02% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 4.19 y 8.56% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 2.9 y 4.16% en peso, óxido de magnesio ( $\text{Mg}$ ) con valores entre 1.61 y 5.74% en peso y óxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) con valores entre 0.33 y 4.09% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.71).

**Tabla 4.71** - Composición química de los óxidos grupo 1 Cerro de San Marco

Óxidos	Composición química											
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>BNM016 1</b>	56.92	23.13	8.56	0.07	2.04	1.57	0.46	3.95	0.81	0.12	0.33	1.78
<b>BNM016 3</b>	43.36	17.45	7.83	0.06	1.61	11.09	0.18	4.16	1.05	0.13	4.09	8.76
<b>BNM016 5</b>	40.53	13.92	4.19	0.02	5.74	15.02	0.31	2.93	0.73	0.42	0.96	14.9

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 5 y 16376 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cloro (Cl), cromo (Cr), galio (Ga) y bromo (Br) en pequeña cantidad. Además se ve vanadio (V) en la muestra BNM016 5, altos contenidos de azufre (S), de bario (Ba) en y de estroncio (Sr) en las muestras BNM016 1, BNM016 3 y BNM016 5 (Tabla 4.72).

**Tabla 4.72** - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	BNM016 1	BNM016 3	BNM016 5
<b>Elementos</b>	PPM		
<b>S</b>	1342	16376	3862
<b>Cl</b>	92	122	276
<b>V</b>	00	00	159
<b>Cr</b>	264	203	264
<b>Ni</b>	66	70	50
<b>Cu</b>	118	100	79
<b>Zn</b>	195	107	133
<b>Ga</b>	34	28	21
<b>Br</b>	00	00	5
<b>Rb</b>	145	136	104
<b>Sr</b>	217	529	641
<b>Y</b>	27	33	22
<b>Zr</b>	241	268	186
<b>I</b>	00	00	46
<b>Ba</b>	604	327	382
<b>Pb</b>	48	00	00

### 8. Particularidades

Se observa que la pieza BNM016 2 tiene el interior bruñido y en la base presenta impronta vegetal de haberla apoyado en fresco.

En BNM016 5 se ve que la pieza presenta una decoración en engobe negro.

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.11. Terrera del Reloj – DDG013

Localización: Sur

Cronología: Edad del Bronce

Muestras: 6

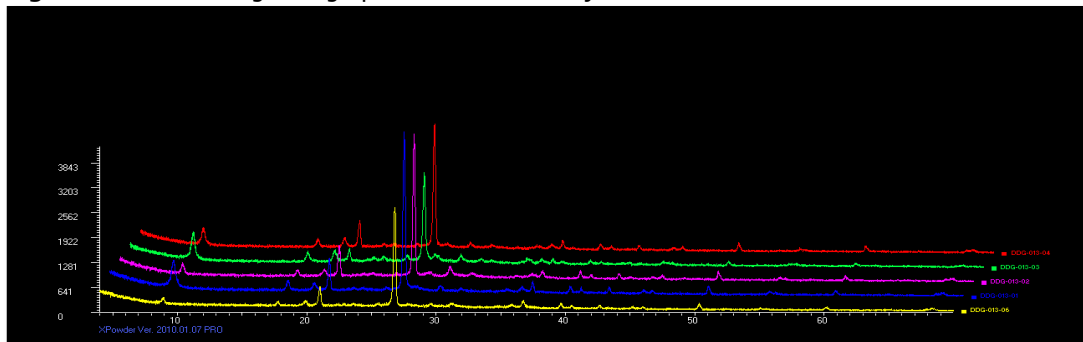
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

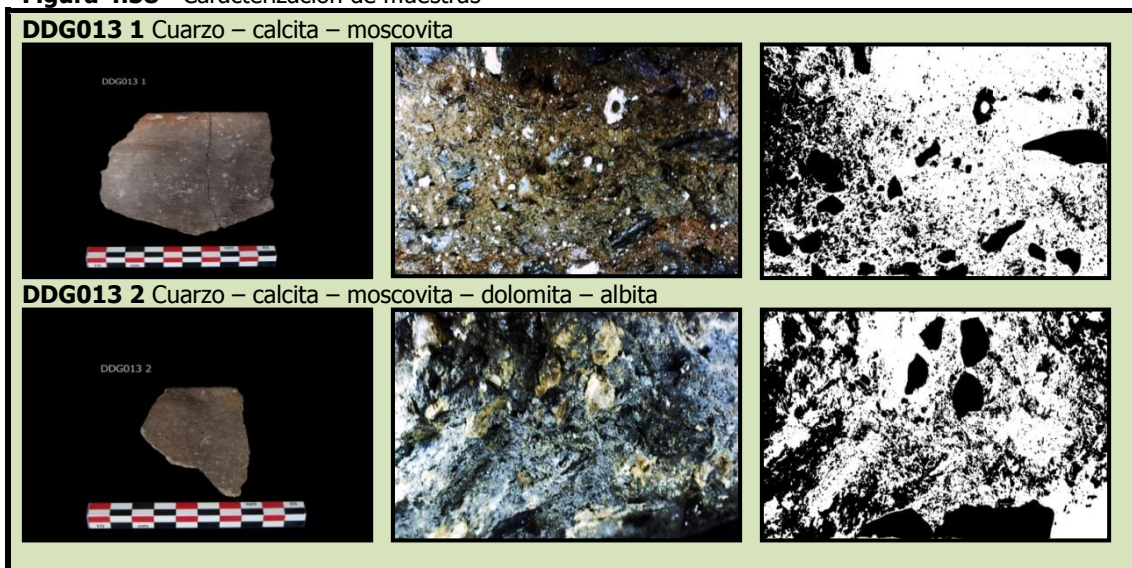
Se distingue 2 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con un total de 5 muestras es homogéneo, cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las 5 muestras, en tanto difieren en la presencia de dolomita, albita, anortoclasa, analcima e yeso. El alto grado de similitud en la composición de estas 5 muestras se observa en las Figuras 4.57 y 4.58, así como sus pequeñas diferencias.

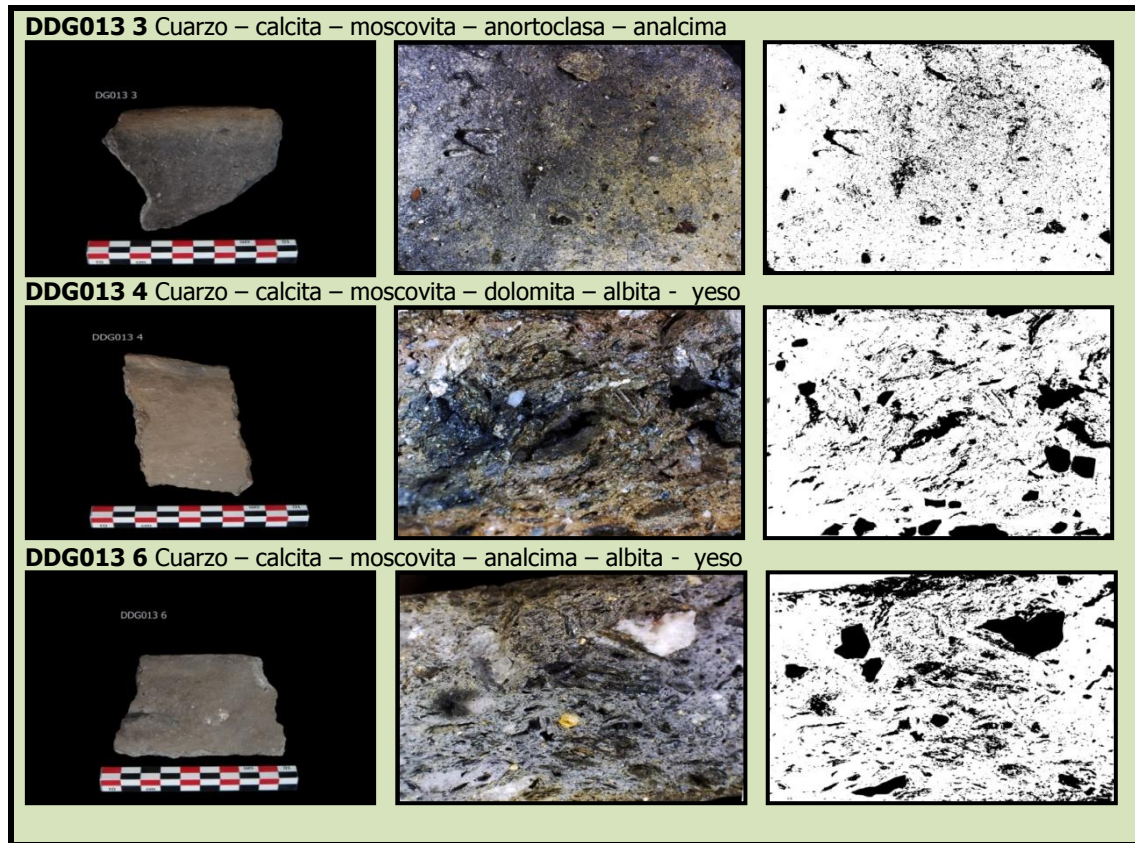
**Figura 4.57** - Difractograma grupo 1 Terrera del Reloj



**Figura 4.58** - Caracterización de muestras

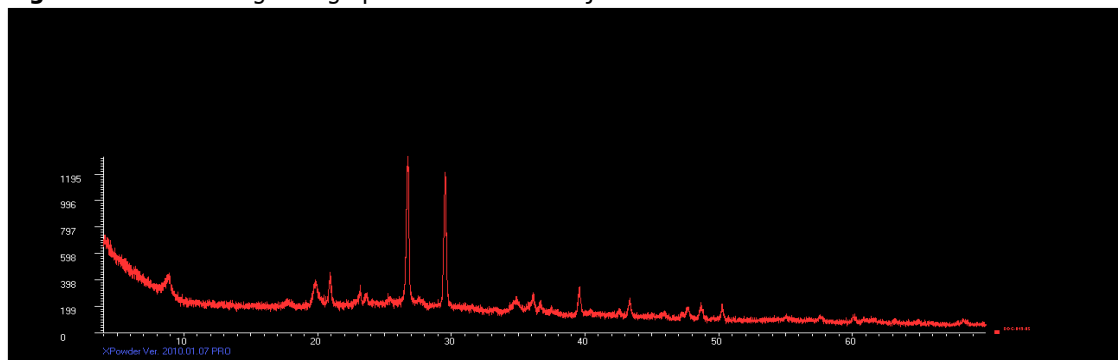


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



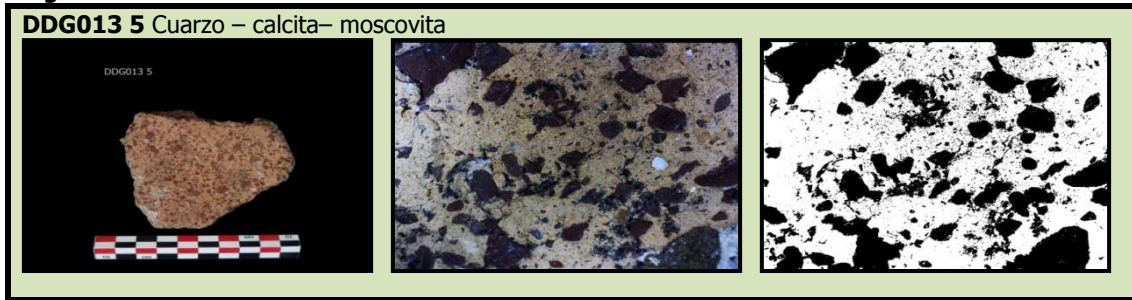
- Grupo 2 compuesto por una única muestra donde se observa cuarzo, calcita y moscovita. En la Figura 4.59 y 4.60 se observan el difractograma y las características de ese grupo.

**Figura 4.59** - Difractograma grupo 2 Terrera del Reloj



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

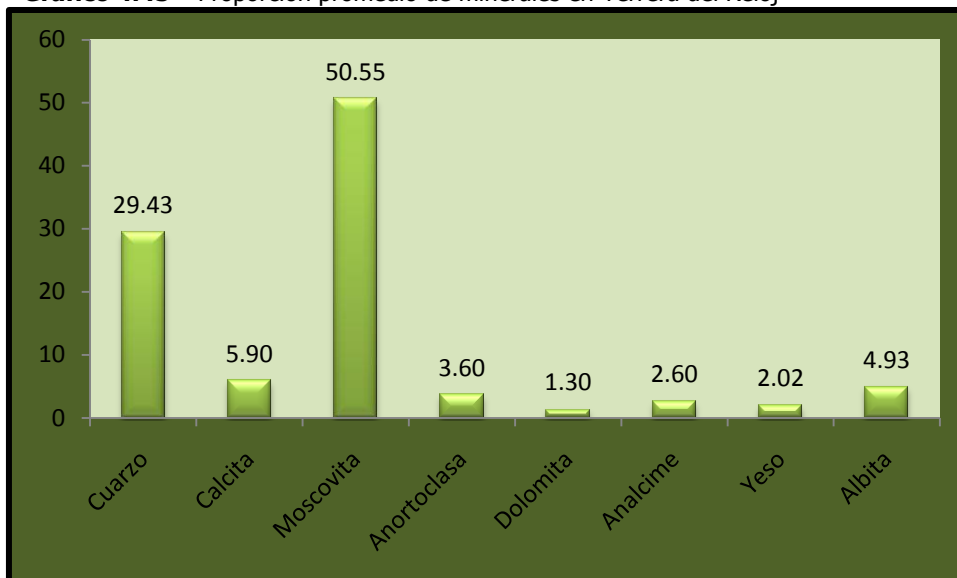
**Figura 4.60** - Caracterización de muestras



Se resalta que estos 2 grupos mineralógicos sólo tienen en común cuarzo, calcita y moscovita, aunque difieren en la proporción presente.

La proporción de cada mineral observado en las 5 muestras se presenta en la Tabla 4.73 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.45. Se puede observar que la moscovita y el cuarzo son los minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento de Terrera del Reloj, con proporciones promedio superiores a 29%. Después están la calcita y la albita, seguidas de anortoclasa, con proporciones promedio entre 3.5% y 6%. Como elementos minoritarios fueron encontrados analcima, yeso y dolomita, con proporciones promedio inferiores a 3%.

**Gráfico 4.45** – Proporción promedio de minerales en Terrera del Reloj



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.73**– Análisis semicuantitativo Terrera del Reloj

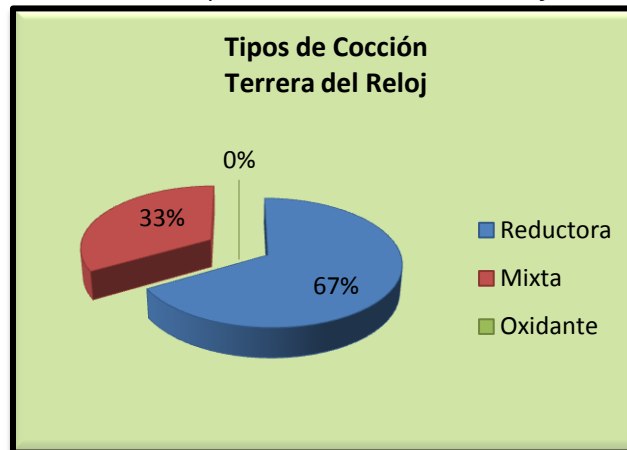
Muestra	DDG0131	DDG0132	DDG0133	DDG0134	DDG0135	DDG0136
Cuarzo (%)	35.8	38.3	21.8	27.1	22.8	30.8
Calcita (%)	02.4	04.9	02.7	02.8	20.2	02.4
Moscovita (%)	61.8	43.3	45.1	48.1	57.0	48.0
Anortoclasa (%)	00.0	00.0	21.6	00.0	00.0	00.0
Dolomita (%)	02.0	03.6	00.0	02.2	00.0	00.0
Analcime (%)	00.0	00.0	08.7	00.0	00.0	06.9
Yeso (%)	00.0	00.0	00.0	07.4	00.0	04.7
Albita (%)	00.0	09.9	00.0	12.6	00.0	07.1

### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 presenta el predominio de cocciones del tipo reductora, pero en DDG0133 es mixta.
- Grupo 2 presenta una única muestra de cocción mixta.

Se observa el predominio de la cocción reductora, seguida de la mixta (Gráfico 4.46).

**Gráfico 4.46** – Tipos de cocción Terrera del Reloj



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 la presencia de moscovita, analcima y anortoclasa, indican una temperatura alrededor de 850-950 grados.
- Grupo 2 la moscovita apunta a una temperatura inferior a 925 grados y la calcita limita a 870 grados. Se supone una curva de cocción alrededor de 700-800 grados.

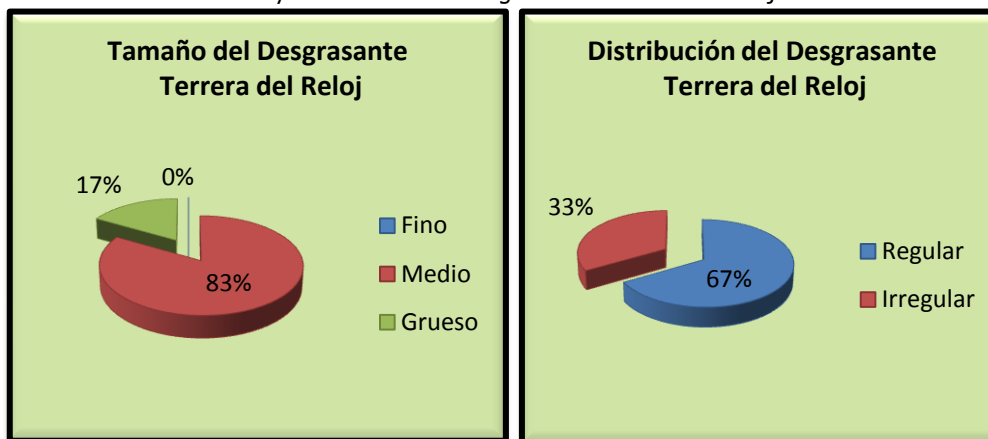
### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

Se encuentra una variabilidad en ese grupo, sin embargo la moscovita aparece como desgrasante principal, seguido del cuarzo.

Los desgrasantes, en su mayoría son de tamaño mediano, pero en DDG013 5 es grueso. Cuanto a distribución, están regularmente distribuidos DDG013 3, DDG013 4, DDG013 5 y DDG013 6 y irregularmente distribuido en DDG013 1 y DDG013 2.

Se puede observar que hay predominio de desgrasantes de tamaño medio regularmente distribuidos (Gráfico 4.47).

**Gráfico 4.47**– Tamaño y distribución del desgrasante Terrera del Reloj



### 5. Técnica de fabricación

En los dos grupos se señala la totalidad de la técnica de fabricación a mano.

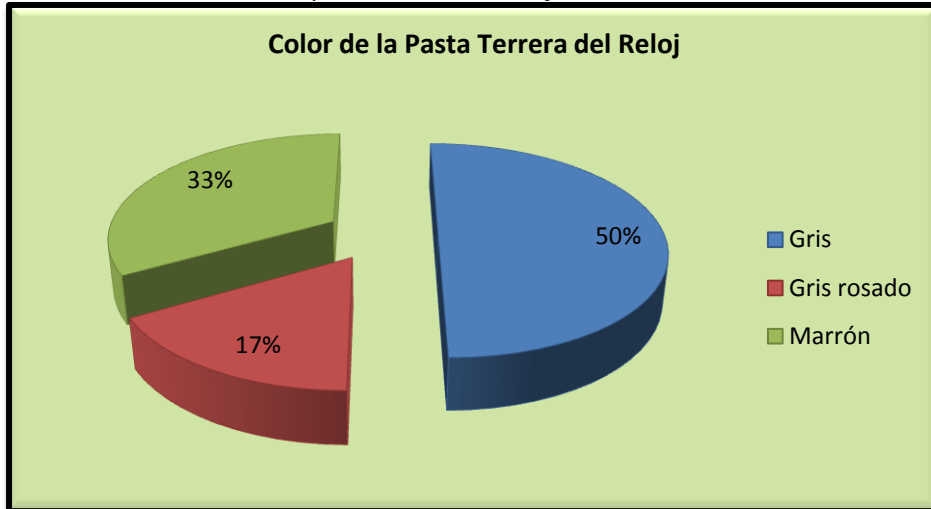


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 6. Color de la pasta

Se encuentra pastas de color gris en DDG013 2, DDG013 3 y DDG013 6; gris rosado en DDG013 5. El color marrón aparece en DDG013 1 y DDG013 4.

**Gráfico 4.48** – Color de la pasta Terrera del Reloj



Se puede observar el predominio del color gris, seguido del marrón. El color gris rosado aparece en una menor incidencia (Gráfico 4.48).

Como se puede ver en la Tabla 4.74, la muestra DDG013 2 presenta el valor de luminosidad ( $L = 40.77$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en DDG013 5 la luminosidad alta ( $L = 60.92$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.74** – Valores de luminosidad ( $L$ ) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>DDG013 1</b>	50.46	4.56	11.46
<b>DDG013 2</b>	40.77	2.47	6.91
<b>DDG013 3</b>	44.97	0.71	4.45
<b>DDG013 4</b>	49.46	4.51	12.46
<b>DDG013 5</b>	60.92	11.62	14.75
<b>DDG013 6</b>	49.96	1.43	7.68



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores de 52.50 y 56.76% en peso, el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores de 22.32 y 23.64% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores de 6.24 y 8.75% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores de 3.62 y 5.46% en peso y óxido de magnesio ( $\text{Mg}$ ) con valores de 1.66 y 2.50% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.75).

**Tabla 4.75** - Composición química de los óxidos grupo 1 Terrera del Reloj

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>DDG013 3</b>	52.50	22.97	6.24	0.02	2.50	3.15	1.23	5.46	0.83	0.33	0.39	4.05
<b>DDG013 4</b>	55.95	22.32	8.61	0.07	1.66	2.60	0.57	3.62	0.80	0.15	0.05	3.3
<b>DDG013 6</b>	56.76	23.64	8.75	0.07	1.72	2.27	0.54	3.84	0.85	0.26	0.09	0.98

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 8 y 1556 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cromo (Cr), circonio (Zr) y cinc (Zn). Además se ve vanadio (V) y escandio (Sc) en la muestra DDG013 6 y un alto contenido de azufre (S) y cloro (Cl) en la muestra DDG013 3 y de bario (Ba) en las muestras DDG013 3 y DDG013 4 (Tabla 4.76).

**Tabla 4.76**- Composición química de los elementos traza

Composición química			
Muestras	DDG013 3	DDG013 4	DDG013 6
Elementos	PPM		
<b>S</b>	1556	222	380
<b>Cl</b>	910	170	315
<b>Sc</b>	00	00	40
<b>V</b>	00	00	191
<b>Cr</b>	232	150	190
<b>Ni</b>	49	67	72
<b>Cu</b>	92	194	64
<b>Zn</b>	350	414	225

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>Ga</b>	25	32	31
<b>Br</b>	8	00	00
<b>Rb</b>	204	149	167
<b>Sr</b>	347	163	221
<b>Y</b>	22	33	29
<b>Zr</b>	195	259	258
<b>Ba</b>	601	618	00
<b>Pb</b>	72	64	42

- Grupo 2

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valor de 46.86% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valor de 17.49% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valor de 10.94% en peso. En menor porcentaje se encuentra compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valor de 6.81% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valor de 3.68% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.77).

**Tabla 4.77** - Composición química de los óxidos grupo 2 Terrera del Reloj

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>DDG013 5</b>	46.86	17.49	6.81	0.06	1.87	10.94	0.26	3.68	0.95	0.12	00	12.06

Como elementos trazas se encuentra un alto contenido de estroncio (Sr) y circonio (Zr) (Tabla 4.78).

**Tabla 4.78** - Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestras	DDG013 5
Elementos	PPM
<b>Sr</b>	1019
<b>Zr</b>	232

### 8. Particularidades

Se observa en DDG013 3 y DDG013 6 que las muestras presentan un apéndice en forma de mamelón y un borde en forma de chaflán en DDG013 4.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

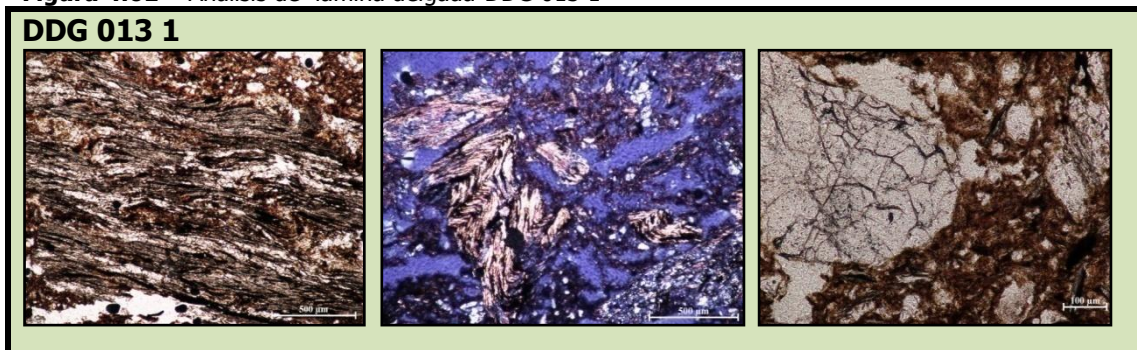
Se puede ver una gran presencia de chamota como desgrasante en la muestra DDG013 5.

### 9. Otros Análisis

- Análisis de Lámina Delgada

En los análisis de lámina delgada se puede ver: en DDG 013 1 el tamaño de los gránulos de desgrasante son muy variables de 50  $\mu\text{m}$  a más de 1 mm y consisten principalmente de fragmentos de roca atribuibles a la mica. A veces, los agregados de mica se pliegan probablemente inducido por el proceso de mezcla y conformación. Los bordes de los gránulos tienen reacciones moderadas y la mica retiene parcialmente sus propiedades ópticas (Figura 4.61).

**Figura 4.61** – Análisis de lámina delgada DDG 013 1

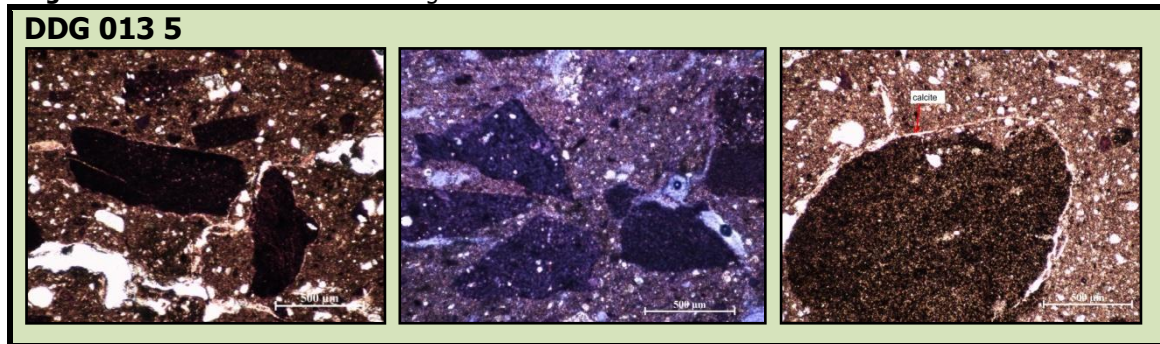


La muestra DDG 013 5 se caracteriza por una fina matriz en la que están presentes en forma de gránulos los desgrasantes de diferentes tamaños (entre 200  $\mu\text{m}$  a más de 1 mm) que consiste esencialmente de "chamota". Las chamotas representan fragmentos de ladrillos (por lo general los productos de desecho) que se trituran y se muelen y se incorporan en la masa con función desgrasante, de hecho, a menudo se caracteriza por contornos angulares (a causa de molienda). También se nota las fracturas rellenas de precipitación de calcita secundaria. La calcita también se encuentra en los bordes de los gránulos de "chamota". La muestra tiene una coloración más oscura interior (rojo oscuro), mientras que externamente es de color rojo oscuro. Este particular puede indicar que la cocción no era completa, o más bien la oxidación no alcanzó el interior de la muestra, este fenómeno se denomina "corazón negro" (Figura 4.62).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

**Figura 4.62** – Análisis de lámina delgada DDG 013 5



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 4.12. Cortijo del Guarda – DDG014

Localización: Sur

Cronología: Edad del Bronce

Muestras: 2

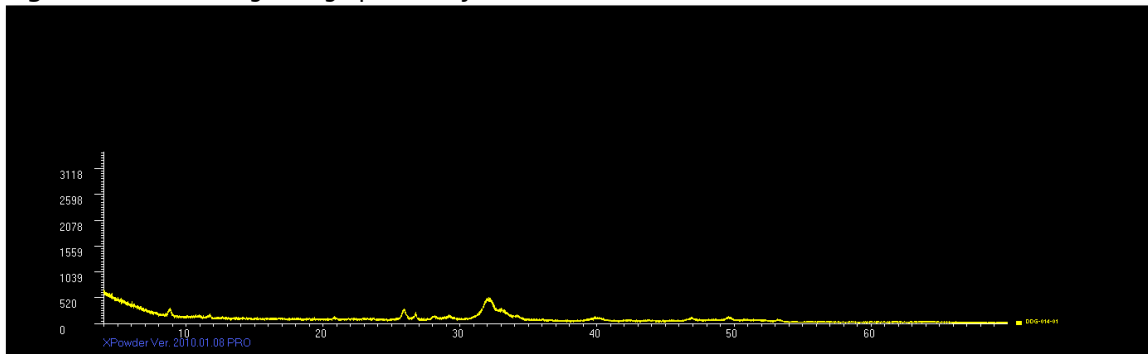
#### Análisis Mineralógico

##### 1. Grupos mineralógicos

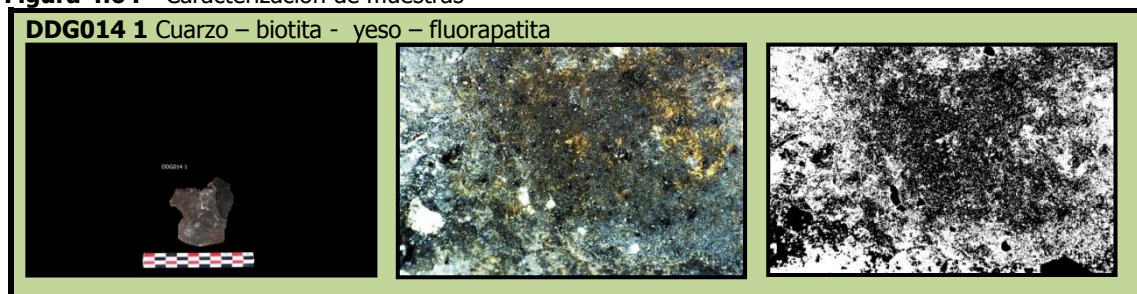
Se distingue 2 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 formado por una única muestra, donde hay presencia de cuarzo, biotita, yeso y fluorapatita. En las Figuras 4.63 y 4.64 se observan el difractograma las características de ese grupo.

**Figura 4.63** - Difractograma grupo 1 Cortijo del Guarda



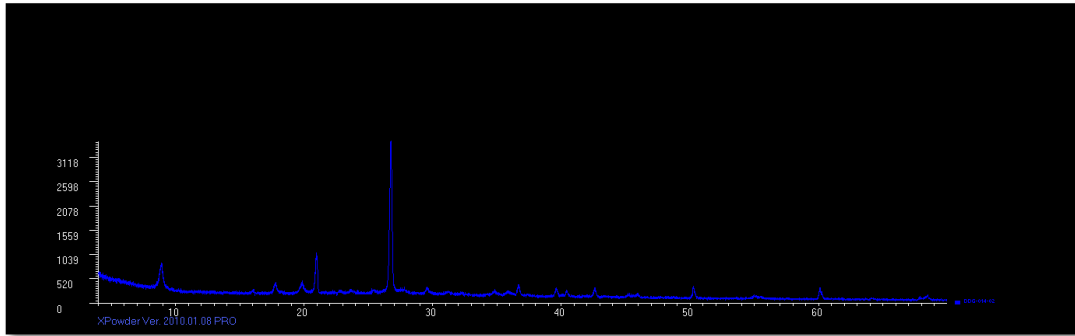
**Figura 4.64** - Caracterización de muestras



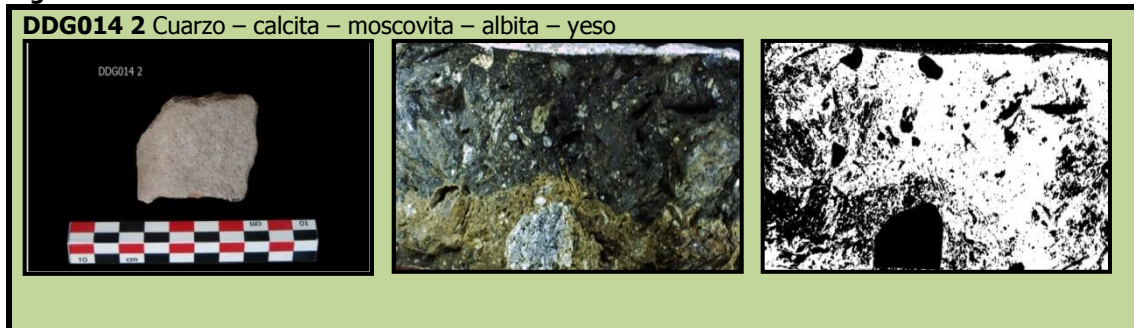
- Grupo 2 también formado por una única muestra, con la presencia de moscovita, cuarzo, albita, calcita e yeso. En las Figuras 4.65 y 4.66 se observan el difractograma y las características de ese grupo.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 4.65** - Difractograma grupo 2 Cortijo del Guarda



**Figura 4.66**- Caracterización de muestras

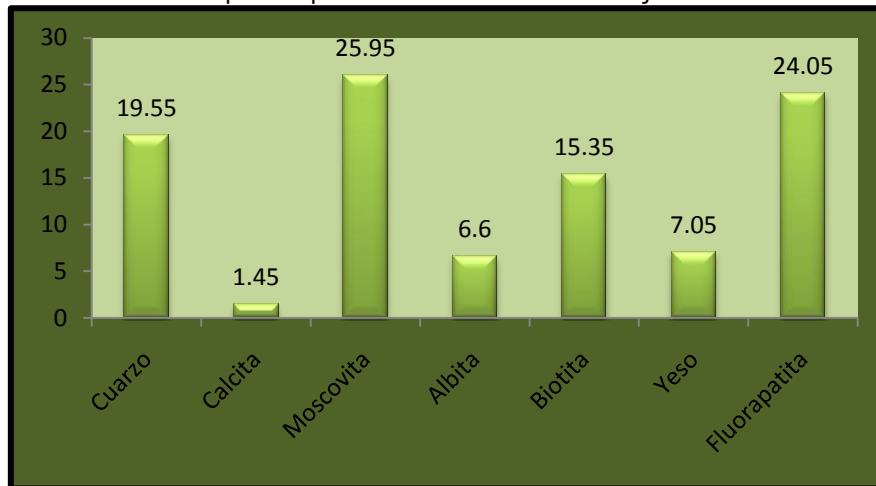


Hay que resaltar que estos 2 grupos mineralógicos tienen en común cuarzo e yeso aunque difieren en la proporción.

La proporción de cada mineral observado en las 2 muestras se presenta en la Tabla 4.79 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.49. Se puede observar que la moscovita y la fluorapatita son minerales predominantes en las muestras del yacimiento Cortijo del Guarda, con proporciones promedio superiores a 24%. Después se ve el cuarzo y la biotita, seguidos de yeso y biotita, con proporciones promedio entre 6% y 20%. Como elemento minoritario fue encontrado calcita con proporción promedio inferior a 1.5%.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 4.49** – Proporción promedio de minerales en Cortijo del Guardia



**Tabla 4.79** – Análisis semicuantitativo  
Cortijo de la Guarda

Muestra	DDG0141	DDG0142
<b>Cuarzo (%)</b>	10.7	28.4
<b>Calcita (%)</b>	00.0	02.9
<b>Moscovita (%)</b>	00.0	51.9
<b>Albita (%)</b>	00.0	13.2
<b>Biotita (%)</b>	30.7	00.0
<b>Yeso (%)</b>	10.5	03.6
<b>Fluorapatita (%)</b>	48.1	00.0

### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 la pasta presenta una cocción del tipo reductora.
- Grupo 2 se observa también una pasta de cocción reductora.

### 3. Temperatura de cocción

- Grupo 1 presenta gran cantidad de biotita que indica una temperatura inferior a 900 grados. Se supone una temperatura alrededor de 800-850 grados.
- Grupo 2 la presencia de moscovita muestra una temperatura alrededor de 1000 grados, por eso curva de cocción se sitúa entre 850-900 grados.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

En DDG014 1 la fluorapatita está como desgrasante principal juntamente con la biotita y el cuarzo. La moscovita predomina sobre los demás elementos minerales en DDG014 2, seguidas de cuarzo y albita.

Se puede ver desgrasantes de tamaño fino y regularmente distribuido en DDG014 1 y mediano y irregularmente distribuido en DDG014 2.

Se observa que hay una igualdad de desgrasantes tanto en tamaño como en distribución.

### 5. Técnica de fabricación

En las dos muestras la técnica de fabricación es a mano.

### 6. Color de la pasta

Se observa una pasta de color gris en DDG014 2 y gris oscuro en DDG014 1.

Como se puede ver en la Tabla 4.80, la muestra DDG014 1 presenta el valor de luminosidad ( $L = 27.14$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en DDG014 2 la luminosidad alta ( $L = 49.06$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.80** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>DDG014 1</b>	27.14	1.18	2.08
<b>DDG014 2</b>	49.06	4.60	12.18

## Análisis Químico

### 7. Composición Química

- Grupo 1

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valor de 57.12% en peso y óxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) con valor de 33.05% en peso. En menor porcentaje se encuentra óxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) con valor de 2.69% en peso, óxido de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) con valor de 1.90% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.81).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.81** - Composición química de los óxidos grupo 1 Cortijo del Guarda

Composición química												
Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
Muestras	%											
<b>DDG014 1</b>	0.49	0.21	0.09	00	1.26	57.12	1.90	0.13	0.09	33.05	2.69	0.98

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 24 y 15603ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan bromo (Br), cinc (Zn), bario (Ba) en pequeña cantidad. Además de altos contenidos de cloro (Cl), azufre (S), flúor (F) y estroncio (Sr) (Tabla 4.82).

**Tabla 4.82** - Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestras	DDG014 1
Elementos	PPM
<b>F</b>	7349
<b>S</b>	10785
<b>Cl</b>	15603
<b>Cr</b>	34
<b>Ni</b>	24
<b>Cu</b>	62
<b>Zn</b>	164
<b>Br</b>	489
<b>Sr</b>	2747
<b>Zr</b>	99
<b>Ba</b>	114

- Grupo 2

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) con valor de 50.58% en peso y el óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con valor de 15.43% en peso y óxido de calcio (CaO) con valor de 9.98% en peso. En menor porcentaje se encuentra compuesto de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con valor de 5.57% en peso, óxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) con valor de 5.45% en peso y óxido de potasio (K<sub>2</sub>O) con valor de 2.40% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.83).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.83** - Composición química de los óxidos grupo 2 Cortijo del Guarda

Composición química												
Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
Muestras	%											
DDG014 2	50.58	15.43	5.57	0.05	1.29	9.98	0.62	2.40	0.75	5.45	00	8.30

Como elementos trazas se encuentran un alto contenido de estroncio (Sr) y circonio (Zr) (Tabla 4.84).

**Tabla 4.84**- Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestras	DDG014 2
Elementos	PPM
Sr	683
Zr	227

### 8. Particularidades

En DDG014 1 se observa una cerámica sobrequemada.

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.13. Cerro de Alboroz – BDG003

Localización: Sur

Cronología: Edad del Bronce Final

Muestras: 3

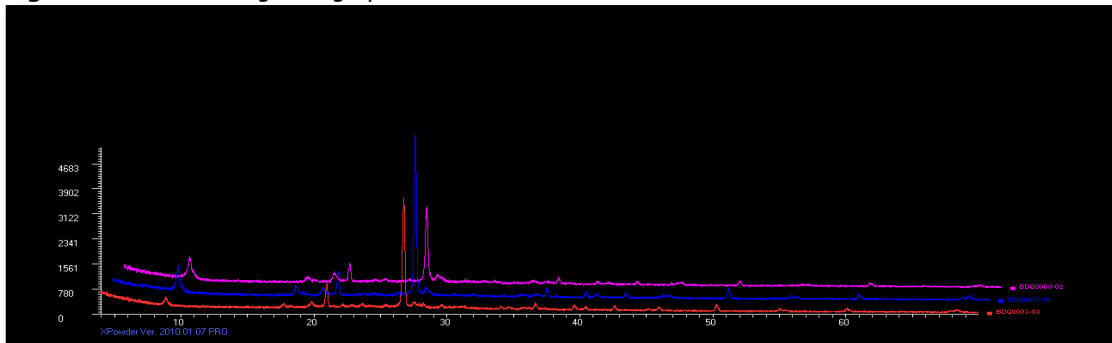
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

Se distingue un único grupo en función de su origen mineral:

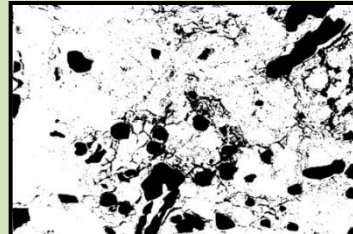
- Grupo 1 con un total de 3 muestras es homogéneo; cuarzo y moscovita son comunes para las 3 muestras, en tanto difieren en la presencia de ortoclasa, sanidina, piroxeno y albita. La similitud en la composición se observan en las Figuras 4.67 y 4.68.

**Figura 4.67** - Difractograma grupo 1 Cerro de Alboroz

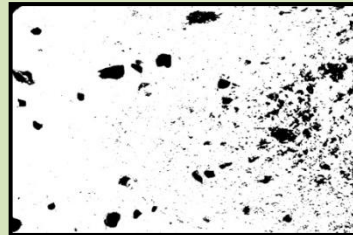
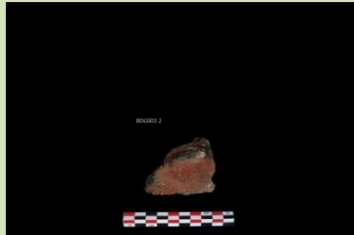


**Figura 4.68** - Caracterización de muestras

**BDG003 1** Cuarzo – moscovita – ortoclasa



**BDG003 2** Cuarzo - moscovita – sanidina

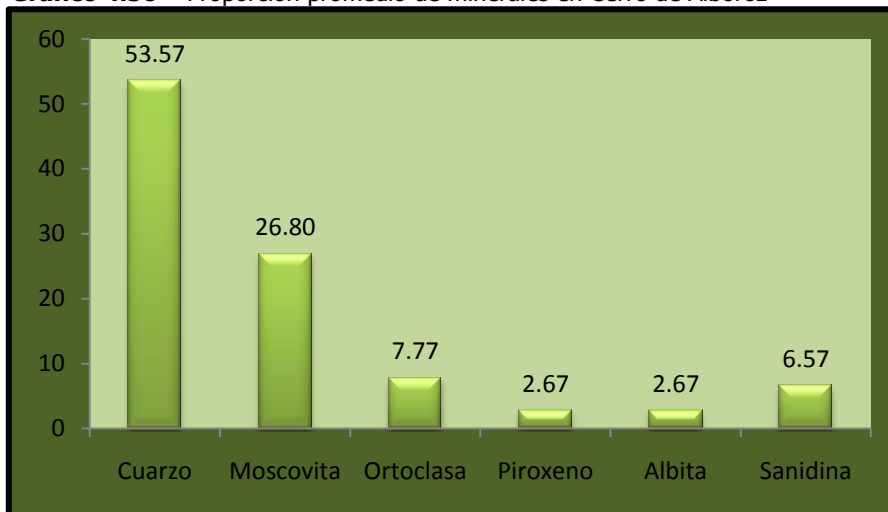


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



La proporción de cada mineral observado en las 3 muestras se presenta en la Tabla 4.85 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.50. Se puede observar que el cuarzo y la moscovita son minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento de Cerro de Alboroz, con proporciones promedio superiores a 26%. Después están ortoclasa seguida de sanidina, con proporciones promedio entre 6.5% y 8%. Como se ve el cuarzo y la moscovita presentan la misma incidencia en las muestras. Como elementos minoritarios fueron encontrados piroxeno y albita, con proporciones promedio inferiores a 2.5%.

**Gráfico 4.50** – Proporción promedio de minerales en Cerro de Alboroz



**Tabla 4.85** – Análisis semicuantitativo Cerro de Alboroz

Muestra	BDG003 1	BDG003 2	BDG003 3
<b>Cuarzo (%)</b>	31.3	66.1	63.3
<b>Moscovita (%)</b>	59.2	14.3	06.9
<b>Ortoclasa (%)</b>	09.6	00.0	13.7

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>Piroxeno (%)</b>	00.0	00.0	08.0
<b>Albita (%)</b>	00.0	00.0	08.0
<b>Sanidina (%)</b>	00.0	19.7	00.0

### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 presenta tanto pastas con cocciones oxidantes (BDG003 1), reductoras (BDG003 3) como mixta (BDG003 2).

### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 la presencia de sanidina y piroxeno indica una temperatura superior a 850 grados, pero la moscovita limita a un rango inferior a 1000 grados. Se sugiere una curva de cocción general alrededor de 900-950 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

Se encuentra un predominio del cuarzo como elemento principal en la mayoría de las muestras, excepto en BDG003 1 que prevalece la moscovita.

Los desgrasantes, en su mayoría son gruesos excepto en BDG003 3 que es fino y están regularmente distribuidos en BDG003 2 y BDG003 3; y irregularmente distribuido en BDG003 1.

Se puede observar que hay predominio de desgrasantes gruesos regularmente distribuidos.

### 5. Técnica de fabricación

Se señala la totalidad de la técnica de fabricación a mano.

### 6. Color de la pasta

Se encuentra pastas de color gris en BDG003 3, gris rosado en BDG003 2 y marrón en BDG003 1.

Se puede observar una igualdad de incidencia de color de las pastas en las muestras.

Como se puede ver en la Tabla 4.86, la muestra BDG003 2 presenta el valor de luminosidad ( $L = 49.16$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en BDG003 3 la

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

luminosidad alta ( $L = 53.15$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.86** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>BDG003 1</b>	50.03	4.48	13.45
<b>BDG003 2</b>	49.16	19.11	22.29
<b>BDG003 3</b>	53.15	8.26	21.23

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 55.87 y 67.04% en peso, el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 16.75 y 21.88% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 6.39 y 6.43% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 2.50 y 3.35% en peso, óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 0.82 y 2.42% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.87).

**Tabla 4.87** - Composición química de los óxidos grupo 1 Cerro de Alboroz

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
<b>Muestras</b>	%											
<b>BDG003 1</b>	67.04	16.75	6.43	0.05	0.68	0.82	0.73	2.50	0.86	0.33	00	3.88
<b>BDG003 3</b>	55.87	21.88	6.39	0.23	1.85	2.42	0.90	3.35	0.81	0.44	0.07	5.46

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 4 y 1025 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

destacan cloro (Cl), azufre (S), cromo (Cr), estroncio (Sr) y circonio (Zr). Además se ve altos contenidos de bario (Ba) en la muestra BDG003 3 (Tabla 4.88).

**Tabla 4.88** - Composición química de los elementos trazas

Composición química		
Muestras	BDG003 1	BDG003 3
Elementos	PPM	
S	00	292
Cl	00	412
Cr	00	213
Ni	00	68
Cu	00	110
Zn	00	146
Ga	00	23
Br	00	4
Rb	00	117
Sr	138	309
Y	00	27
Zr	252	308
Ba	00	1025
Pb	00	41

### 8. Particularidades

En las piezas BDG003 1 Y BDG003 2 se ve un apéndice en forma de mamelón.

### 9. Otros Análisis

- Análisis de Lámina Delgada

En los análisis de lámina delgada se puede encontrar: la muestra BDG003 1 presenta en la masa basal los granos de desgrasantes que son grandes y consisten en

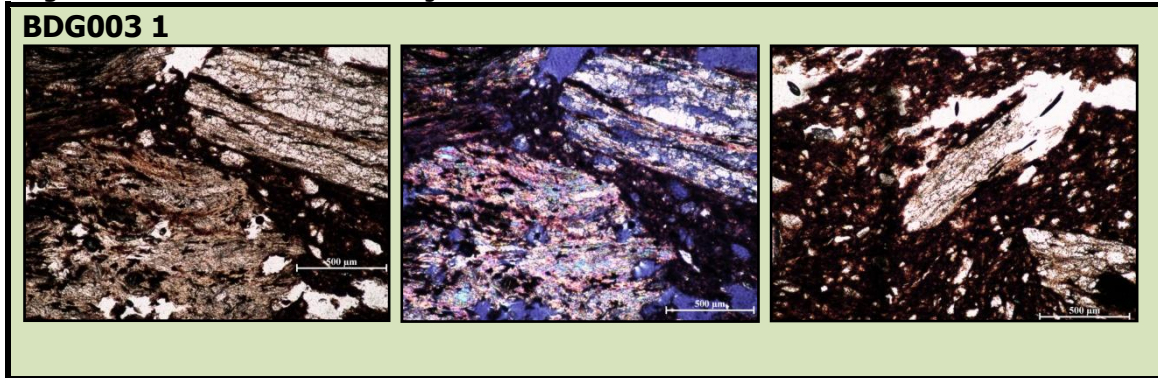


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

fragmentos de roca atribuibles a la mica. Los bordes de los gránulos tienen reacciones modestas. Las micas retienen parcialmente sus propiedades ópticas (Figura 4.69).

**Figura 4.69** – Análisis de lámina delgada BDG003 1



# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.14. Barranco del Moro – ZJR003

Localización: Sur

Cronología: Ibérico Antiguo

Muestras: 9

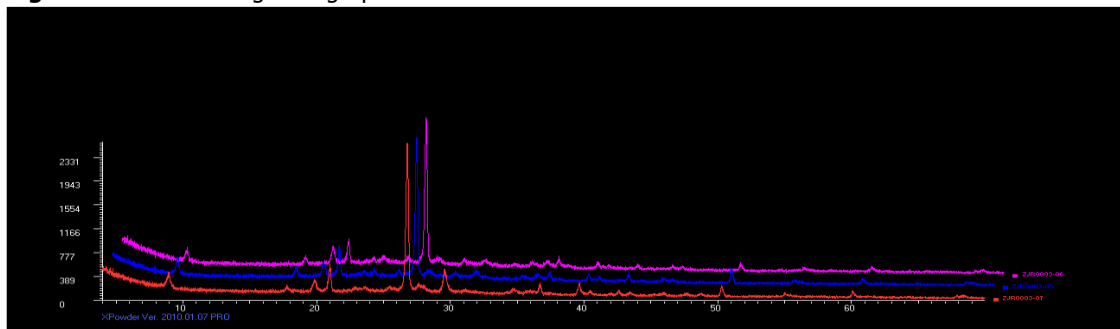
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

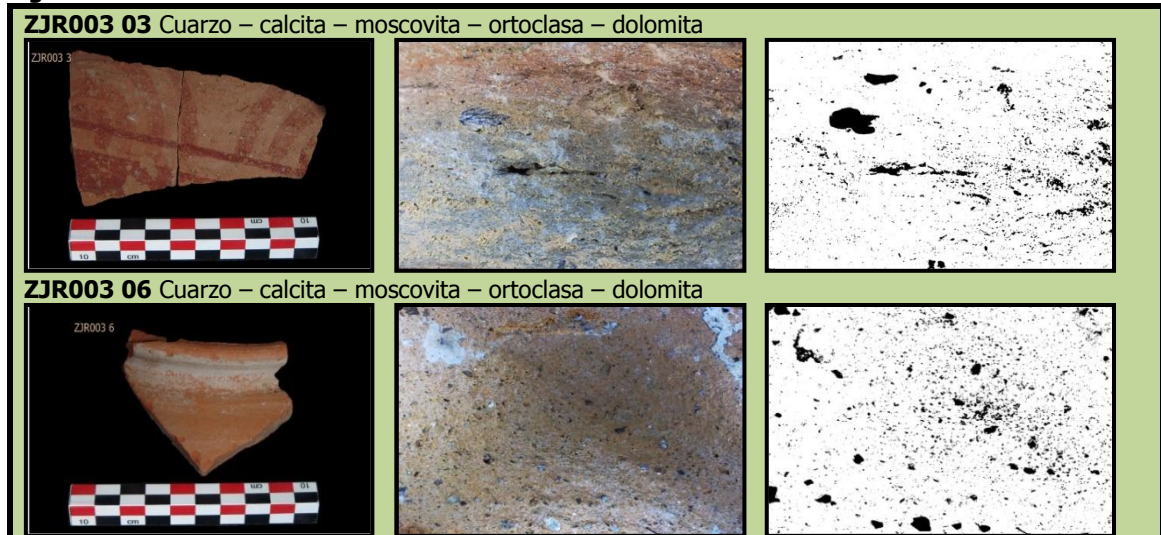
Se distingue 3 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con un total de 3 muestras es muy homogéneo; se encuentra siempre cuarzo, calcita, moscovita, ortoclasa y dolomita. La similitud en la composición se observa en las Figuras 4.70 y 4.71.

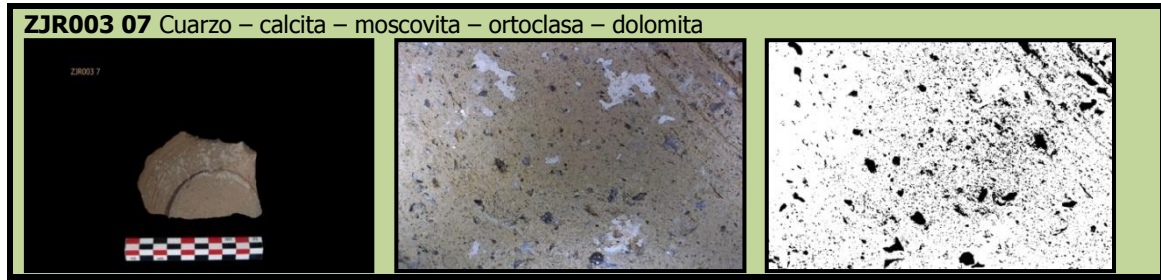
**Figura 4.70** - Difractograma grupo 1 de Barranco del Moro



**Figura 4.71** - Caracterización de muestras

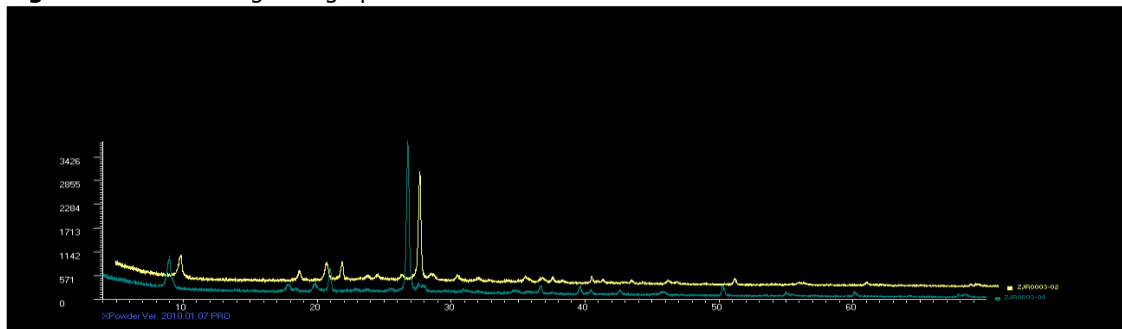


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

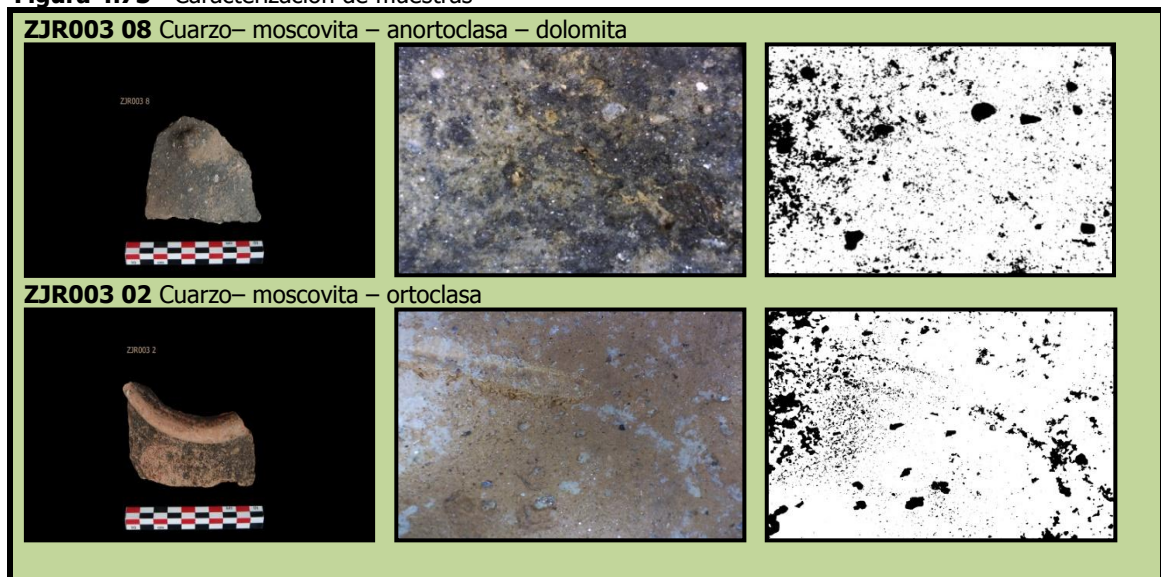


- Grupo 2 compuesto por 2 muestra; cuarzo y moscovita son comunes para las 2 muestras, en tanto difieren en la presencia de ortoclasa, anortoclasa y dolomita. La similitud en la composición se observa en las Figuras 4.72 y 4.73.

**Figura 4.72** - Difractograma grupo 2 de Barranco del Moro



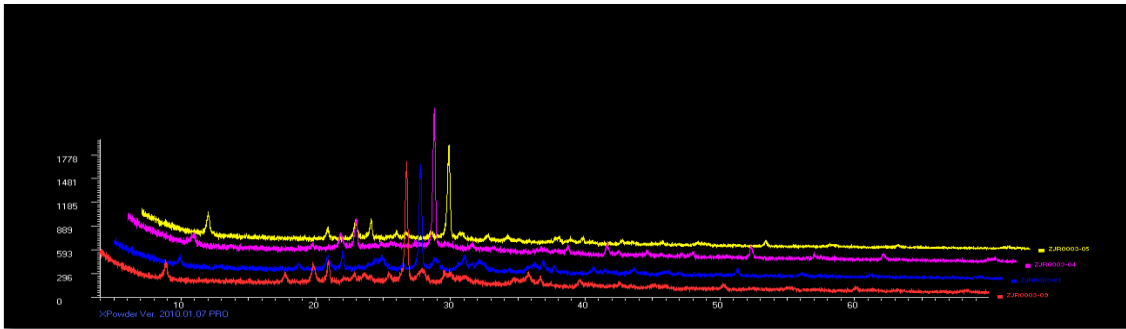
**Figura 4.73** - Caracterización de muestras



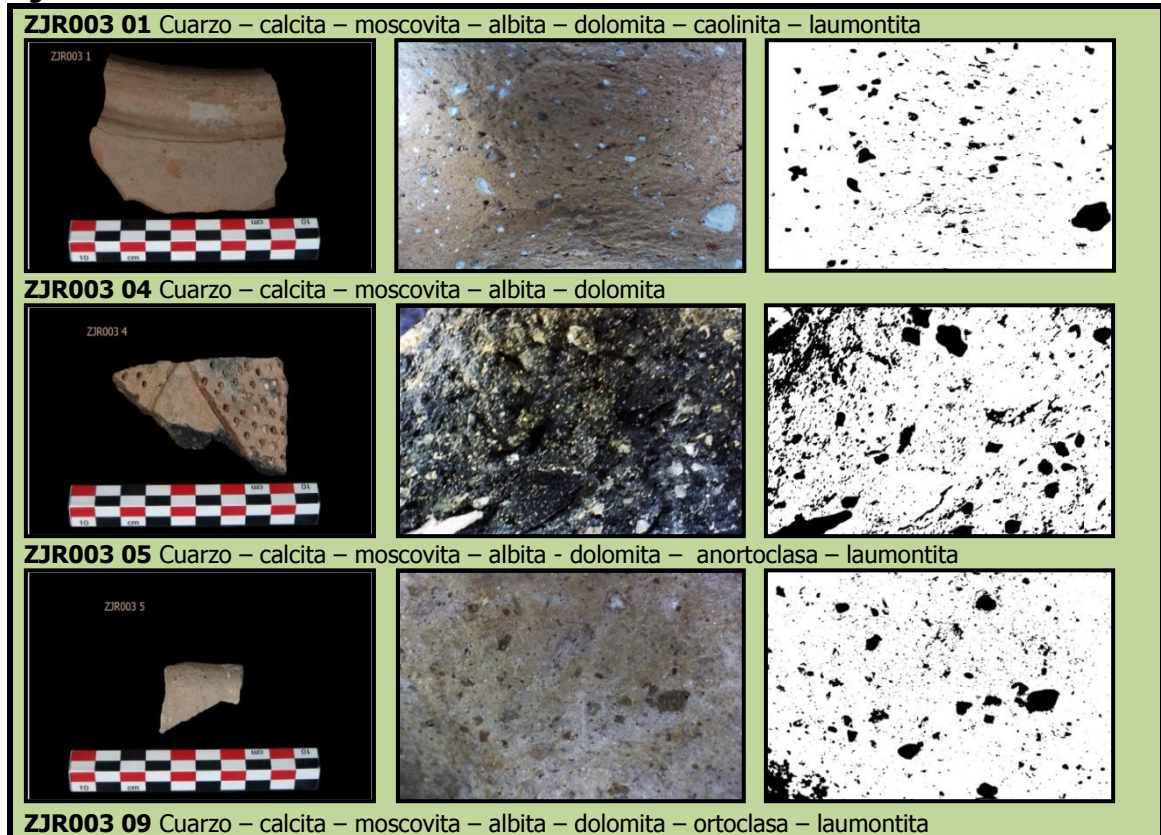
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Grupo 3 compuesto por 4 muestras, bien homogéneo; cuarzo, calcita, moscovita, albita y dolomita son comunes para las 4 muestras, en tanto difieren en la presencia de caolinita, laumontita, anortoclasa y ortoclasa. La similitud en la composición se observa en las Figuras 4.74 y 4.75.

**Figura 4.74** - Difractograma grupo 3 de Barranco del Moro

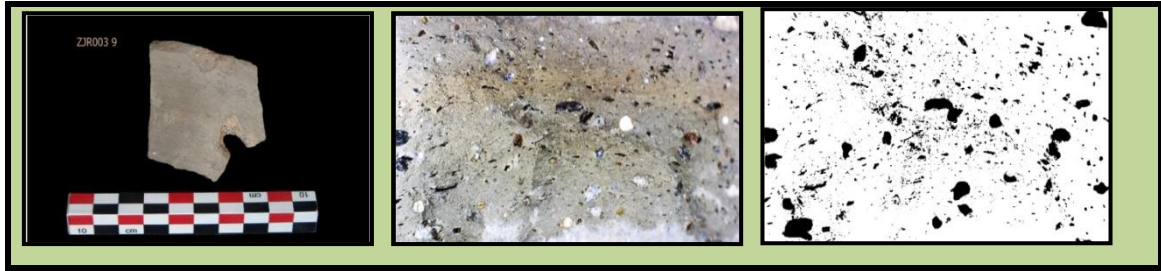


**Figura 4.75** - Caracterización de muestras





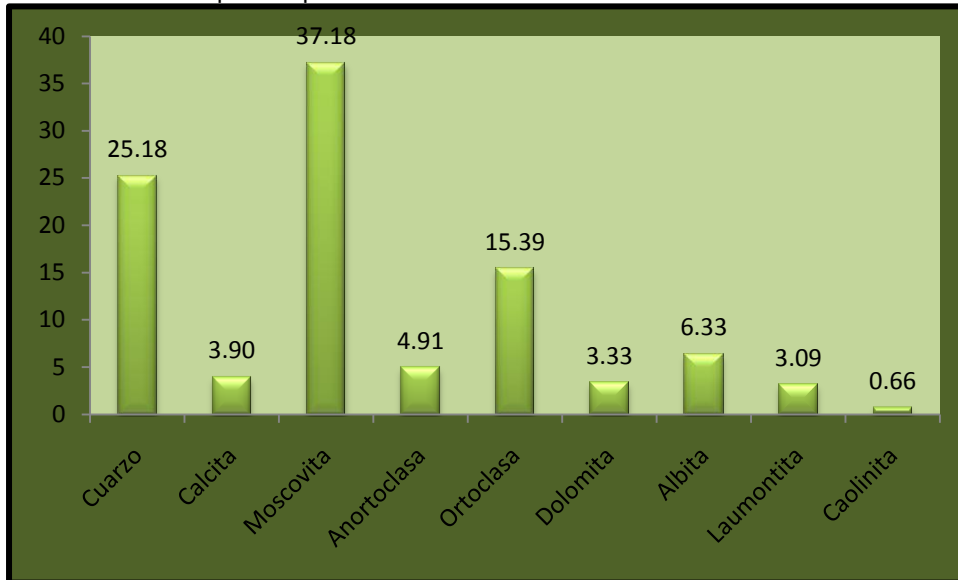
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



Se resalta que estos 3 grupos mineralógicos tienen en común cuarzo y moscovita, aunque difieren en la proporción presente.

La proporción de cada mineral observado en las 9 muestras se presenta en la Tabla 4.89 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.51. Se puede observar que la moscovita y el cuarzo son minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento de Barranco del Moro, con proporciones promedio superiores al 25%. Después están la ortoclasa y albita, seguidas de la anortoclasa, calcita, dolomita y laumontita, con proporciones promedio entre 3% y 15.5%. Como elemento minoritario fue encontrado caolinita con proporción promedio inferior a 1%.

**Gráfico 4.51** – Proporción promedio de minerales en Barranco del Moro



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.89** – Análisis semicuantitativo Barranco del Moro

Muestra	ZJR003 1	ZJR003 2	ZJR003 3	ZJR003 4	ZJR003 5
<b>Cuarzo (%)</b>	19.0	19.9	21.5	26.1	21.3
<b>Calcita (%)</b>	08.8	00.0	02.4	04.0	03.1
<b>Moscovita (%)</b>	41.7	42.8	34.9	44.4	39.1
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	10.5
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	37.4	38.0	00.0	00.0
<b>Dolomita (%)</b>	04.5	00.0	03.2	04.0	03.7
<b>Albita (%)</b>	11.8	00.0	00.0	21.4	11.1
<b>Laumontita (%)</b>	08.2	00.0	00.0	00.0	11.1
<b>Caolinita (%)</b>	05.9	00.0	00.0	00.0	00.0

Muestra	ZJR003 6	ZJR003 7	ZJR003 8	ZJR003 9
<b>Cuarzo (%)</b>	26.5	45.8	27.6	18.9
<b>Calcita (%)</b>	03.4	09.4	00.0	04.0
<b>Moscovita (%)</b>	36.8	14.2	62.5	18.2
<b>Anortoclasa (%)</b>	00.0	26.0	07.7	00.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	29.4	00.0	00.0	33.7
<b>Dolomita (%)</b>	03.8	04.5	02.2	04.1
<b>Albita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	12.7
<b>Laumontita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	08.5
<b>Caolinita (%)</b>	00.0	00.0	00.0	00.0

### 2. Tipos de cocción

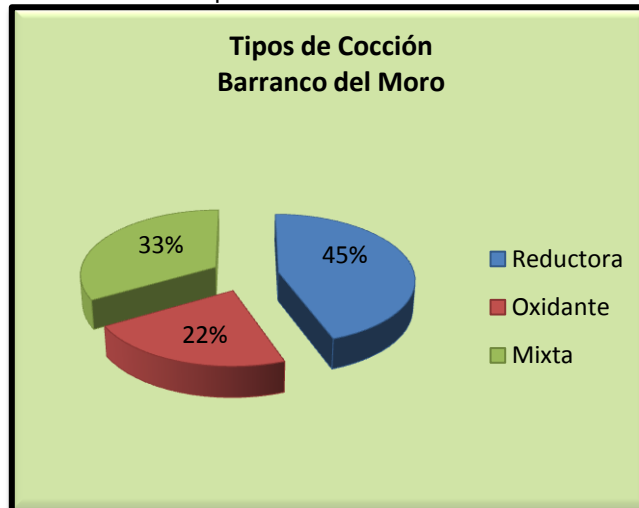
- Grupo 1 presenta tanto cocciones oxidantes (ZJR003 2), reductoras (ZJR003 7) como mixtas (ZJR003 3 y ZJR003 6).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Grupo 2 presenta una única muestra de cocción reductora.
- Grupo 3 presenta una muestra oxidante (ZJR003 1), una mixta (ZJR003 4) y dos reductoras (ZJR003 5 y ZJR003 9).

Se observa un predominio de la cocción reductora, seguida de la mixta y una menor incidencia de la oxidante (Gráfico 4.52).

**Gráfico 4.52** – Tipos de cocción Barranco del Moro



### 3. Temperaturas de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como la ortoclasa que surge a una temperatura de 700 grados, sin embargo la dolomita limita a ese mismo rango, por cuenta de su descomposición. Por la cantidad de los otros minerales como calcita y moscovita, se supone una temperatura general entre 700-850 grados.

- Grupo 2 la anortoclasa indica una temperatura superior a 950 grados. Sin embargo, la ortoclasa se descompone a 1000 grados. Por eso se sugiere una curva de cocción alrededor de 800-950 grados.

- Grupo 3 la presencia de laumontita apunta a una temperatura inferior a 650 grados y la dolomita, inferior a 700 grados. Se puede ver anortoclasa que surge en torno de 950 grados. Por eso la curva de cocción sugerida del grupo se sitúa entre 650-800 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

Se encuentra gran variabilidad en los grupos, sin embargo la presencia de moscovita se destaca como desgrasante principal, excepto en ZJR003 3 y ZJR003 9 que presenta la ortoclasa en mayor cantidad y en ZJR003 7 donde prevalece el cuarzo.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

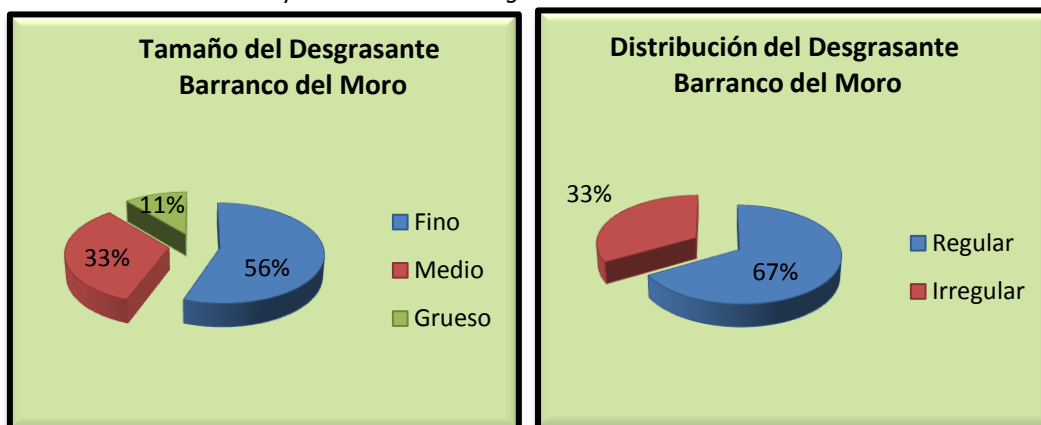
**Tabla 4.90** – Tamaño del desgrasante Barranco del Moro

Desgrasantes	
<b>Tamaño</b>	
Fino	Muestras: ZJR003 1, ZJR003 2, ZJR003 3, ZJR003 6, ZJR003 9
Medio	Muestras: ZJR003 5, ZJR003 7, ZJR003 8
Grueso	Muestras: ZJR003 4
<b>Distribución</b>	
Regular	Muestras: ZJR003 01, ZJR003 03, ZJR003 05, ZJR003 06, ZJR003 07, ZJR003 09
Irregular	Muestras: ZJR003 02, ZJR003 04, ZJR003 08

Los desgrasantes, en su mayoría son finos, sin embargo se encuentran desgrasantes gruesos y medios. Cuanto a distribución, están regularmente distribuidos (Tabla 4.90)

Se puede observar que hay predominio de desgrasantes finos regularmente distribuidos (Gráfico 4.53).

**Gráfico 4.53** – Tamaño y distribución del desgrasante Barranco del Moro





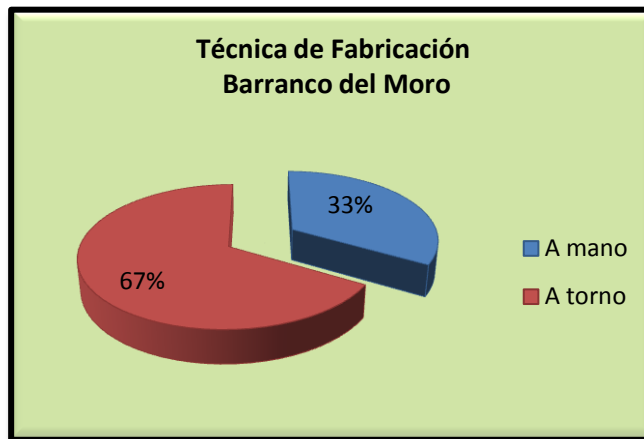
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 5. Técnica de fabricación

Se señala la predominancia de la técnica de fabricación a torno excepto en ZJR003 4, ZJR003 5 y ZJR003 8 que son hechas a mano.

Se observa la predominancia de la técnica a torno (Gráfico 4.54).

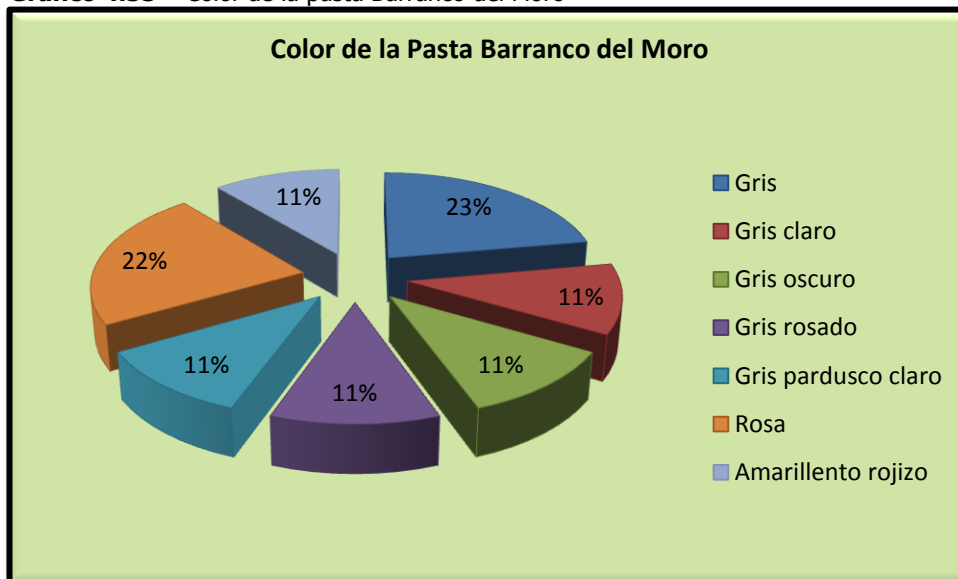
**Gráfico 4.54** – Técnica de fabricación Barranco del Moro



### 6. Color de la pasta

Se encuentra una variabilidad de colores de las pastas cerámicas con el gris en ZJR003 5 y ZJR003 6, gris claro en ZJR003 7, gris oscuro en ZJR003 4, gris rosado en ZJR003 3, gris pardusco claro en ZJR003 9, rosa en ZJR003 1 y ZJR003 8 y amarillento rojizo en ZJR003 2.

**Gráfico 4.55** – Color de la pasta Barranco del Moro



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se puede observar el predominio del color gris y rosa, los demás colores aparecen con una menor incidencia (Gráfico 4.55).

Como se puede ver en la Tabla 4.91, la muestra ZJR003 4 presenta el valor de luminosidad ( $L = 27.09$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en ZJR003 1 la luminosidad alta ( $L = 68.77$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.91** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>ZJR003 1</b>	68.77	10.01	23.31
<b>ZJR003 2</b>	49.01	9.19	17.45
<b>ZJR003 3</b>	52.95	13.99	17.52
<b>ZJR003 4</b>	27.09	1.56	11.30
<b>ZJR003 5</b>	57.09	3.34	13.33
<b>ZJR003 6</b>	63.19	17.38	28.28
<b>ZJR003 7</b>	59.25	7.68	20.63
<b>ZJR003 8</b>	43.11	1.34	5.76
<b>ZJR003 9</b>	53.16	2.51	10.17

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 57.36 y 59.03% en peso, óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 14.75 y 21.49% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 1.73 y 9.11% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 4.21 y 6.42% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 3.46 y 4.45% en peso y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con valores entre 2.37 y 3.67% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.92).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 4.92** - Composición química de los óxidos grupo 1 Barranco del Moro

Composición química												
Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
Muestras	%											
<b>ZJR003-3</b>	59.03	21.49	6.42	0.03	3.67	1.73	0.87	4.45	0.87	0.12	0.06	0.99
<b>ZJR003-7</b>	57.36	14.75	4.21	0.04	2.37	9.11	0.66	3.46	0.86	0.23	0	7.45

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 22 y 681 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cromo (Cr), cloro (Cl), cobre (Cu), níquel (Ni), galio (Ga) y itrio (Y). Además se ve cinc (Zn), bario (Ba), circonio (Zr) y azufre (S) (Tabla 4.93).

**Tabla 4.93** - Composición química de los elementos trazas

Composición química		
Muestras	ZJR003 3	ZJR003 7
Elementos	PPM	
<b>S</b>	253	00
<b>Cl</b>	178	00
<b>Cr</b>	187	00
<b>Ni</b>	54	00
<b>Cu</b>	137	00
<b>Zn</b>	537	00
<b>Ga</b>	28	00
<b>Rb</b>	177	00
<b>Sr</b>	384	681
<b>Y</b>	22	00
<b>Zr</b>	241	239
<b>Ba</b>	564	00
<b>Pb</b>	82	00

- Grupo 2

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) con valor de 60.42% en peso y el óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con valor de 21.80% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con valor de 5.76% en

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

peso, oxido de potasio ( $K_2O$ ) con valor de 3.99% en peso, oxido de magnesio ( $MgO$ ) con valor de en peso 2.52% y oxido de calcio ( $CaO$ ) con valor de 1.34% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.94).

**Tabla 4.94** - Composición química de los óxidos grupo 2 Barranco del Moro

Composición química												
Óxidos	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	MnO	MgO	CaO	$Na_2O$	$K_2O$	$TiO_2$	$P_2O_5$	$SO_3$	LOI
Muestras	%											
<b>ZJR003-2</b>	60.42	21.80	5.76	0.03	2.52	1.34	0.96	3.99	0.97	0.08	0	2.12

Como elementos trazas se encuentra estroncio (Sr) y circonio (Zr) (Tabla 4.95).

**Tabla 4.95** - Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestras	ZJR003-2
Elementos	PPM
<b>Sr</b>	323
<b>Zr</b>	228

- Grupo 3

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios oxido de silicio ( $SiO_2$ ) con valores de 48.75 y 56.01% en peso, el oxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) con valores de 20.84 y 25.01% en peso y oxido de calcio ( $CaO$ ) con valor de 1.28% y 10.49% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $Fe_2O_3$ ), con valores de 6.47 y 6.57% en peso, oxido de potasio ( $K_2O$ ) con valores de 4.29 y 5.26% en peso y oxido de magnesio ( $MgO$ ) con valores de 2.35 y 2.98% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.96).

**Tabla 4.96** - Composición química de los óxidos grupo 3 Barranco del Moro

Composición química												
Óxidos	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	MnO	MgO	CaO	$Na_2O$	$K_2O$	$TiO_2$	$P_2O_5$	$SO_3$	LOI
Muestras	%											
<b>ZJR003-1</b>	48.75	20.84	6.47	0.06	2.98	10.49	0.92	4.29	0.70	0.27	0.15	3.72
<b>ZJR003-5</b>	56.01	25.01	6.57	0.03	2.35	1.28	1.03	5.26	0.87	0.14	0.12	0.99

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 22 y 1119 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan estroncio (Sr), azufre (S), cinc (Zn) y cromo (Cr). Además se ve cobalto (Co) y arsénico (As) en la muestra ZJR003 1 y un alto contenido de bario (Ba) en las muestras ZJR003 1 y ZJR003 5 (Tabla 4.97).

**Tabla 4.97** - Composición química de los elementos trazas

Composición química		
Muestras	ZJR003-1	ZJR003-5
Elementos	PPM	
<b>S</b>	581	482
<b>Cl</b>	79	179
<b>Cr</b>	214	239
<b>Co</b>	24	00
<b>Ni</b>	66	48
<b>Cu</b>	119	97
<b>Zn</b>	285	311
<b>Ga</b>	24	34
<b>As</b>	88	00
<b>Rb</b>	173	214
<b>Sr</b>	640	522
<b>Y</b>	25	22
<b>Zr</b>	183	202
<b>Ba</b>	1119	981
<b>Pb</b>	62	58

### 8. Particularidades

La muestra ZJR003 3 presenta una decoración geométrica a base de bandas horizontales combinadas con círculos concéntricos practicadas en engobe rojo.

En ZJR003 4 se observa decoración incisa en forma de círculos, dispuestos en el interior de triángulos invertidos.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Podemos encontrar líneas horizontales producidas por el arrastre de desgrasante durante el proceso de manufactura en ZJR003 7.

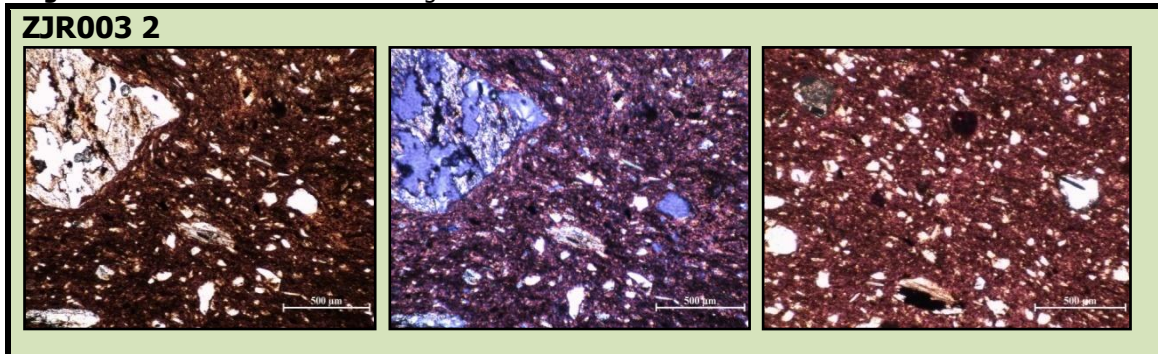
Se observa un apéndice en forma de mamelón en ZJR003 8 y en ZJR003 9 la pieza está bruñida en el exterior e interior.

### 9. Otros Análisis

- Análisis de Lámina Delgada

En los análisis de lámina delgada se puede encontrar: en ZJR003 2 la muestra presenta los gránulos de desgrasantes de tamaño medio alrededor de 50-100  $\mu\text{m}$ . Los gránulos se componen principalmente de granos individuales de cuarzo y más raramente por fragmentos de roca. Es probable que la arena haya sido añadida a la masa. Las reacciones a los bordes de los gránulos son modestas. Y las micas todavía mantienen las propiedades ópticas (Figura 4.76).

**Figura 4.76** – Análisis de lámina delgada ZJR003 2



# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.15. Cortijo Cabrera – DDG004

Localización: Sur

Cronología: Ibérico Antiguo

Muestras: 4

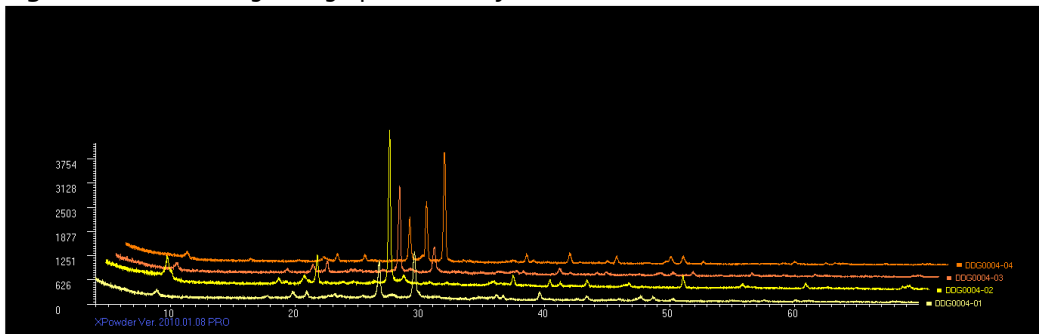
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

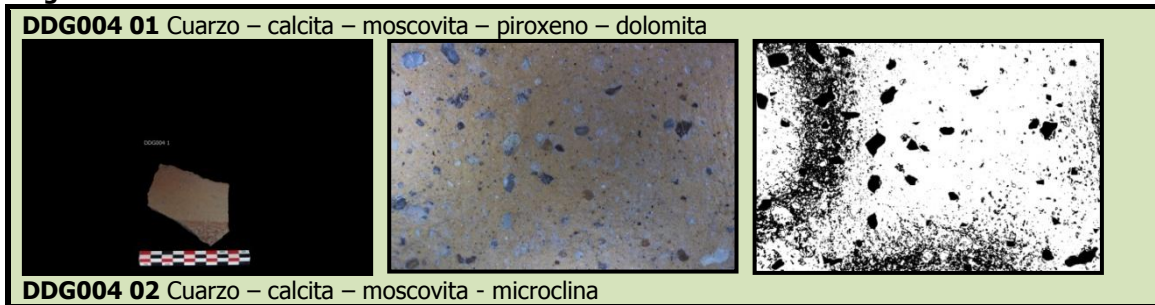
Se distingue un único grupo en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con un total de 4 muestras, es homogéneo cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las 4 muestras, en tanto se difieren en la presencia de piroxeno, dolomita, microclina y ortoclasa. Estas similitudes y diferencias se observan en las Figuras 4.77 y 4.78.

**Figura 4.77** - Difractograma grupo 1 de Cortijo Cabrera

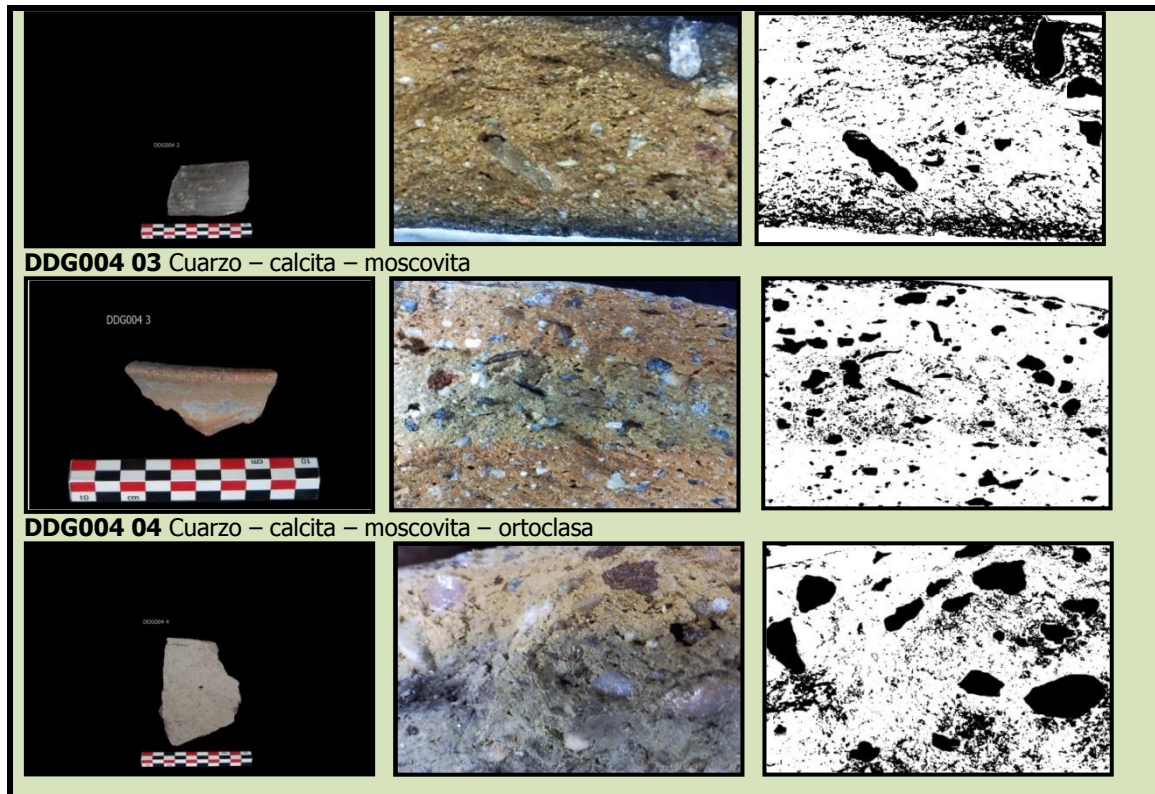


**Figura 4.78** - Caracterización de muestras





## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

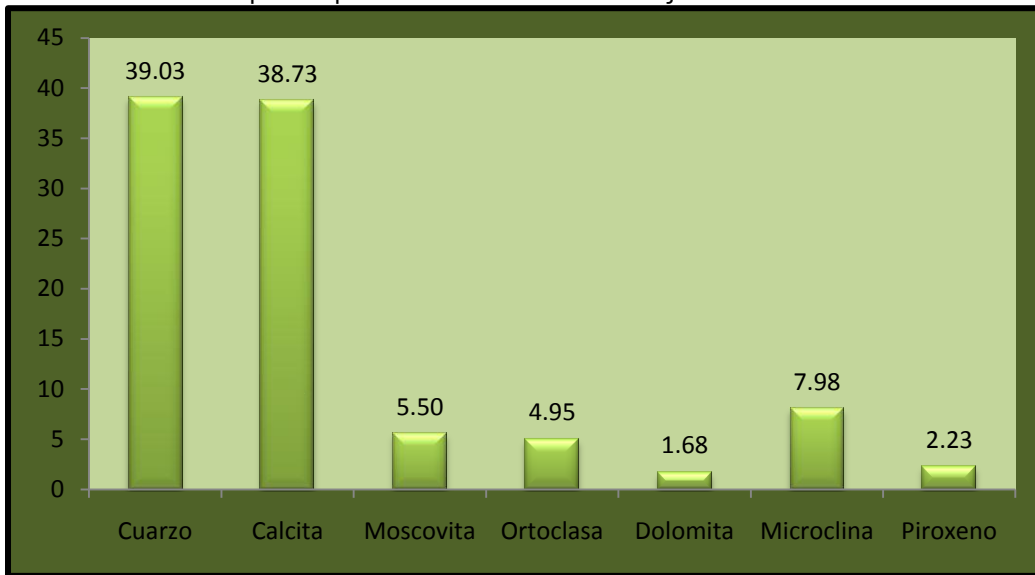


La proporción de cada mineral observado en las 4 muestras se presenta en la Tabla 4.98 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.56.

Se puede observar que el cuarzo y la calcita son minerales predominantes en las muestras analizadas del yacimiento de Cortijo Cabrera, con proporciones promedios superiores a 38%. Después están la microclina, seguida de la moscovita y ortoclasa, con proporciones promedio entre 4.5% y 8%. Como elementos minoritarios fueron encontrados dolomita y piroxeno, con proporciones promedio inferiores a 2.5%.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 4.56** – Proporción promedio de minerales en Cortijo Cabrera



**Tabla 4.98** – Análisis semicuantitativo Cortijo Cabrera

Muestra	DDG0041	DDG0042	DDG0043	DDG0044
<b>Cuarzo (%)</b>	33.5	36.4	59.0	27.2
<b>Calcita (%)</b>	44.7	29.0	31.8	49.4
<b>Moscovita (%)</b>	06.2	02.8	09.3	03.7
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	00.0	00.0	19.8
<b>Dolomita (%)</b>	06.7	00.0	00.0	00.0
<b>Microclina (%)</b>	00.0	31.9	00.0	00.0
<b>Piroxeno (%)</b>	08.9	00.0	00.0	00.0

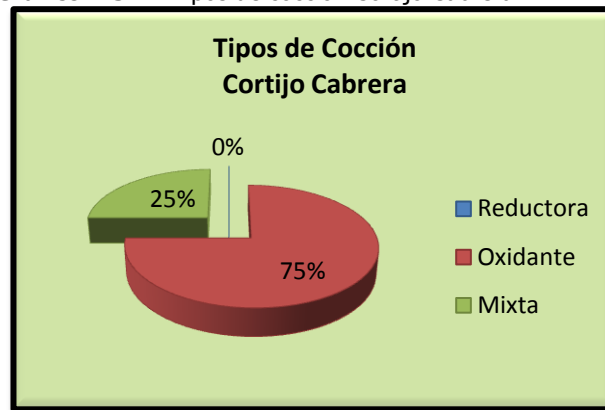
### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 presenta un predominio de pastas con cocción del tipo oxidante, excepto en DDG004 1 que es mixta.

Se observa un predominio de la cocción oxidante, seguida de la mixta y una inexistencia de cocción tipo reductora (Gráfico 4.57).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Gráfico 4.57 – Tipos de cocción Cortijo Cabrera



### 3. Temperatura de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como moscovita que desestabilizase a una temperatura de 925 grados y el piroxeno indica una temperatura superior a 850 grados. La presencia de dolomita y microclina muestra un límite alrededor de 700 grados. Se sugiere una curva de cocción del grupo de 700-850 grados.

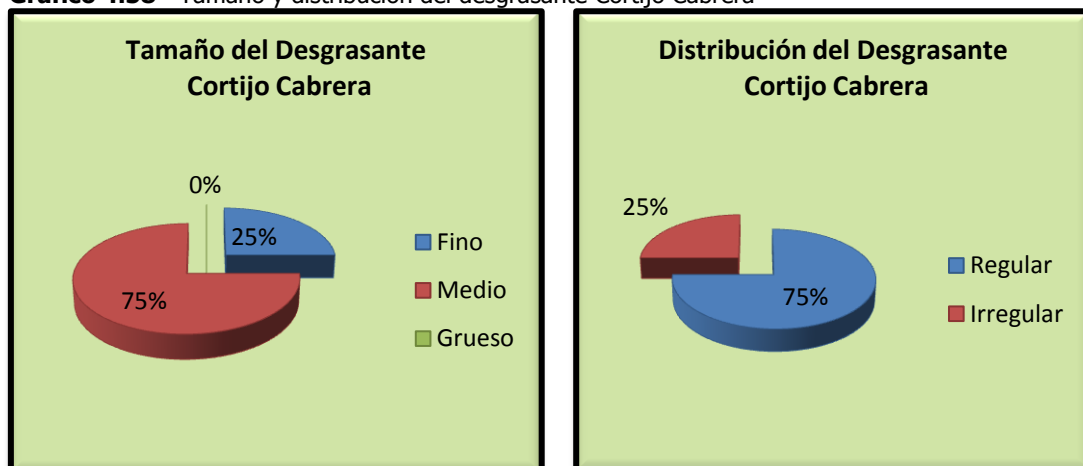
### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

Se encuentra una prevalencia del cuarzo en DDG004 2 y DDG004 3 sobre los demás minerales y en DDG004 1 y DDG004 4 lo que prevalece es la calcita.

Los desgrasantes, son de tamaño mediano en DDG004 1, DDG004 3 y DDG004 4 y en DDG004 2 fino. Cuanto a distribución, están regularmente distribuidos, excepto en DDG004 4 que es irregular.

Se puede observar que hay predominio de desgrasante de tamaño mediano regularmente distribuido (Gráfico 4.58).

Gráfico 4.58– Tamaño y distribución del desgrasante Cortijo Cabrera



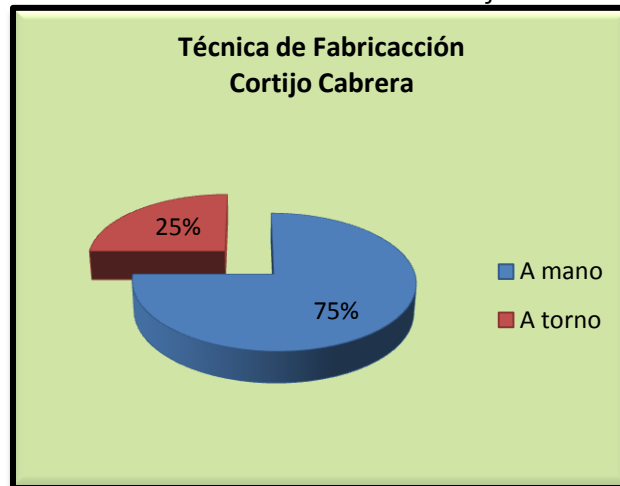
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 5. Técnica de fabricación

Se señala la predominancia de la técnica de fabricación a mano, excepto DDG004 3 que está hecha a torno.

Se observa la predominancia de la técnica a mano (Gráfico 4.59).

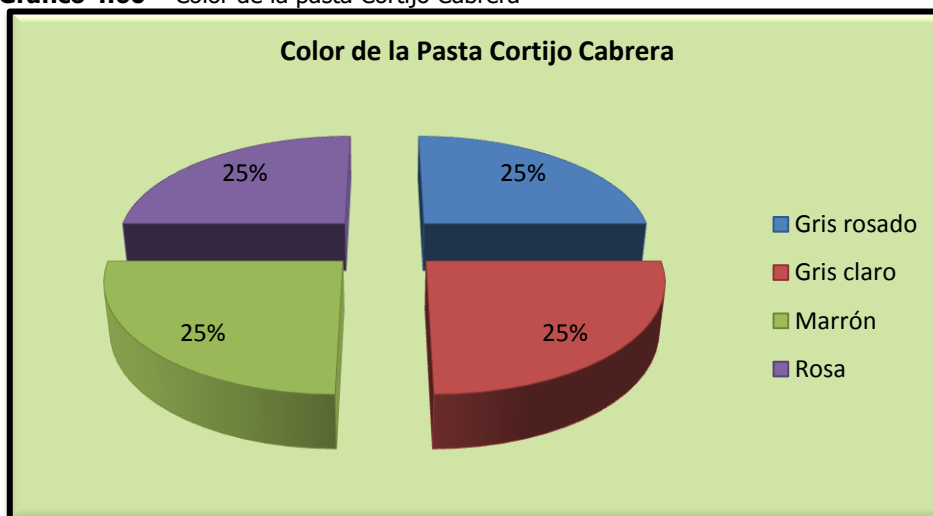
**Gráfico 4.59** – Técnica de fabricación Cortijo Cabrera



### 6. Color de la pasta

Se encuentra pastas de color gris rosado en DDG004 1; gris claro en DDG004 4; marrón en DDG004 2 y rosa en DDG004 3.

**Gráfico 4.60** – Color de la pasta Cortijo Cabrera



Se puede observar una igualdad de incidencia de colores en las muestras (Gráfico 4.60).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Como se puede ver en la Tabla 4.99, la muestra DDG004 2 presenta el valor de luminosidad ( $L = 50.84$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en DDG004 3 la luminosidad alta ( $L = 70.00$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.99** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>DDG004 1</b>	66.25	9.96	22.44
<b>DDG004 2</b>	50.84	11.33	18.33
<b>DDG004 3</b>	70.00	8.28	19.01
<b>DDG004 4</b>	66.19	4.06	15.95

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 32.04 y 66.23% en peso, óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 0.77 y 24.18% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 10.73 y 16.71% en peso. En menor porcentaje se encuentra el compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 4.24 y 6.02% en peso y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 2.80 y 3.41% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.100).

**Tabla 4.100** - Composición química de los óxidos grupo 1 Cortijo Cabrera

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>DDG004 1</b>	37.15	13.74	5.49	0.06	2.27	20.48	0.65	3.41	0.47	0.21	0.31	15.5
<b>DDG004 2</b>	66.23	16.71	6.02	0.09	0.96	0.77	0.67	2.80	1.11	0.06	00	4.76
<b>DDG004 4</b>	32.04	10.73	4.24	0.07	1.52	24.18	0.66	3.13	0.52	0.1	0.13	22.4

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 04 y 1259 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cloro (Cl), cromo (Cr), níquel (Ni) y galio (Ga). Además se ve ítrio (Y) en las muestras DDG004 1 y DDG004 4, yodo (I) y arsénico (As) en DDG004 1 y un alto contenido de azufre (S), estroncio (Sr) y bario (Ba) en las muestras DDG004 1 y DDG004 4 (Tabla 4.101).

**Tabla 4.101-** Composición química de los elementos trazas

<b>Composición química</b>			
<b>Muestras</b>	<b>DDG004 1</b>	<b>DDG004 2</b>	<b>DDG004 4</b>
<b>Elementos</b>	PPM		
<b>S</b>	1259	00	504
<b>Cl</b>	455	00	355
<b>Cr</b>	224	00	100
<b>Co</b>	00	00	10
<b>Ni</b>	53	00	52
<b>Cu</b>	90	00	79
<b>Zn</b>	124	00	92
<b>Ga</b>	22	00	14
<b>As</b>	35	00	00
<b>Br</b>	4	00	00
<b>Rb</b>	128	00	74
<b>Sr</b>	737	172	476
<b>Y</b>	18	00	15
<b>Zr</b>	118	349	87
<b>I</b>	37	00	00
<b>Ba</b>	451	00	899

### 8. Particularidades

Se observa que la muestra DDG004 1 presenta un engobe rojo en banda horizontal.

En DDG004 2 se puede ver una pieza bruñida en el exterior e interior, presentando una capa de engobe negro en el exterior.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

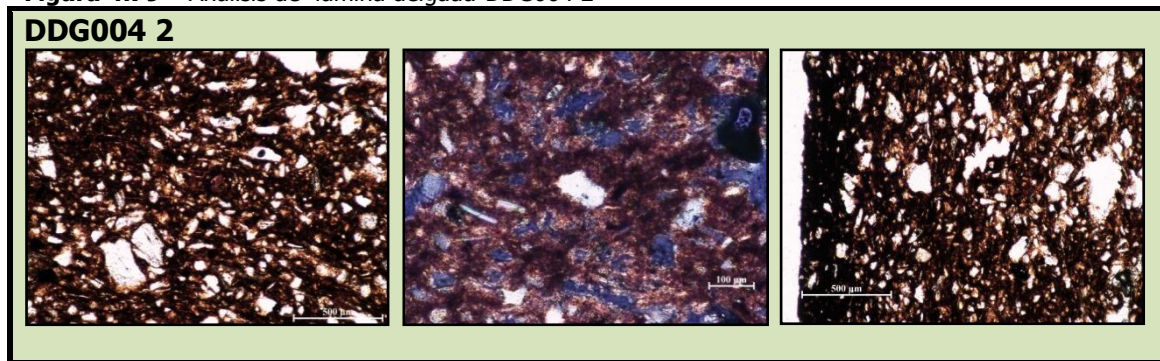
---

### 9. Otros Análisis

- Análisis de Lámina Delgada

En los análisis de lámina delgada se puede encontrar: la muestra DDG004 2 presenta una fina matriz en la que presenta gránulos de desgrasantes de dimensión media a fino (comprende de 0,5 mm e 50  $\mu\text{m}$ ). El desgrasante se compone principalmente de cuarzo. La muestra también se caracteriza por un borde de color rojo oscuro (casi negruzco) de espesor entre 30 y 50  $\mu\text{m}$ , lo que podría indicar un ambiente reductor durante la última etapa de cocción. De hecho, la parte interior es de color rojizo. Las micas mantienen las propiedades ópticas (Figura 4.79).

**Figura 4.79** – Análisis de lámina delgada DDG004 2





# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

## 4.16. Cerro Cepero – BAZ001

Localización: Sur

Cronología: Íbero-Romano/Romano

Muestras: 9

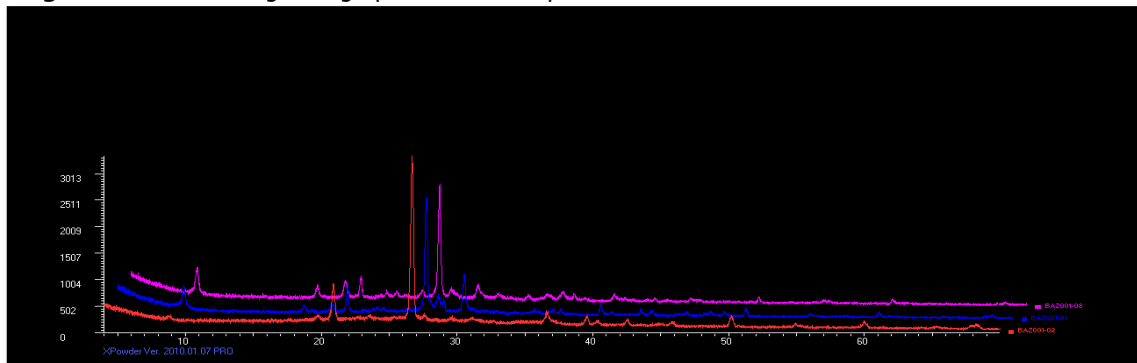
### Análisis Mineralógico

#### 1. Grupos mineralógicos

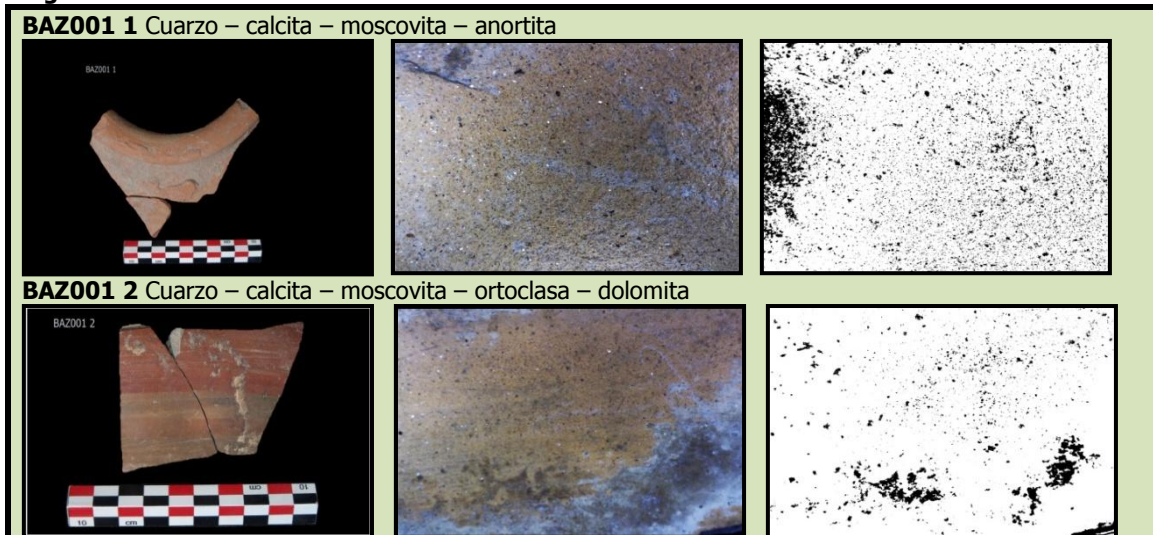
Se distingue 2 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con un total de 3 muestras es bien homogéneo; cuarzo, calcita y moscovita son comunes para las 3 muestras, en tanto se difieren en la presencia de anortita, ortoclasa, dolomita y hematita. Estas similitudes y diferencias se observan en las Figuras 4.80 y 4.81.

**Figura 4.80** - Difractograma grupo 1de Cerro Cepero



**Figura 4.81** - Caracterización de muestras

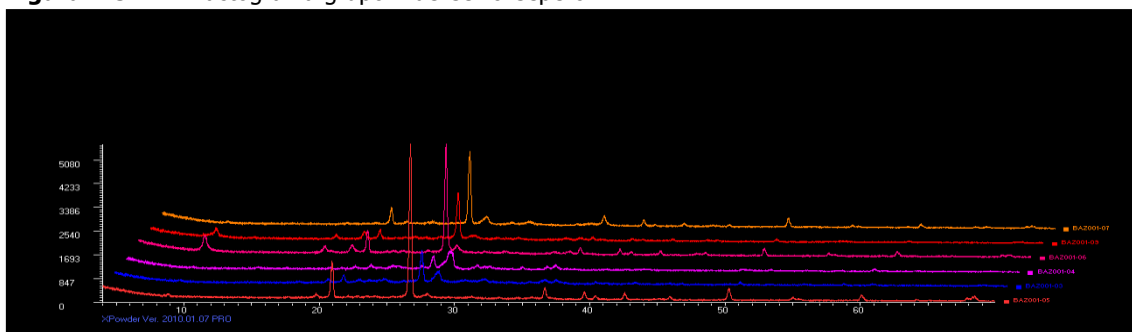


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

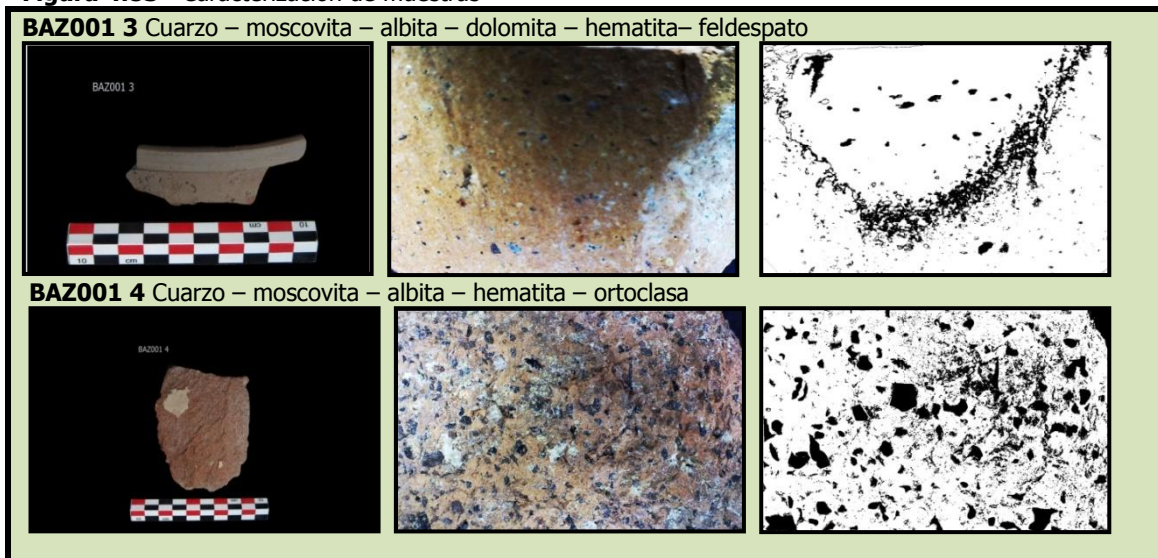


- Grupo 2 compuesto por 6 muestras, es homogéneo; cuarzo y moscovita son comunes para las 6 muestras, en tanto difieren en la presencia de albita, dolomita, ortoclasa, hematita, feldespato, biotita y analcima. Estas similitudes y diferencias se observan en las Figuras 4.82 y 4.83.

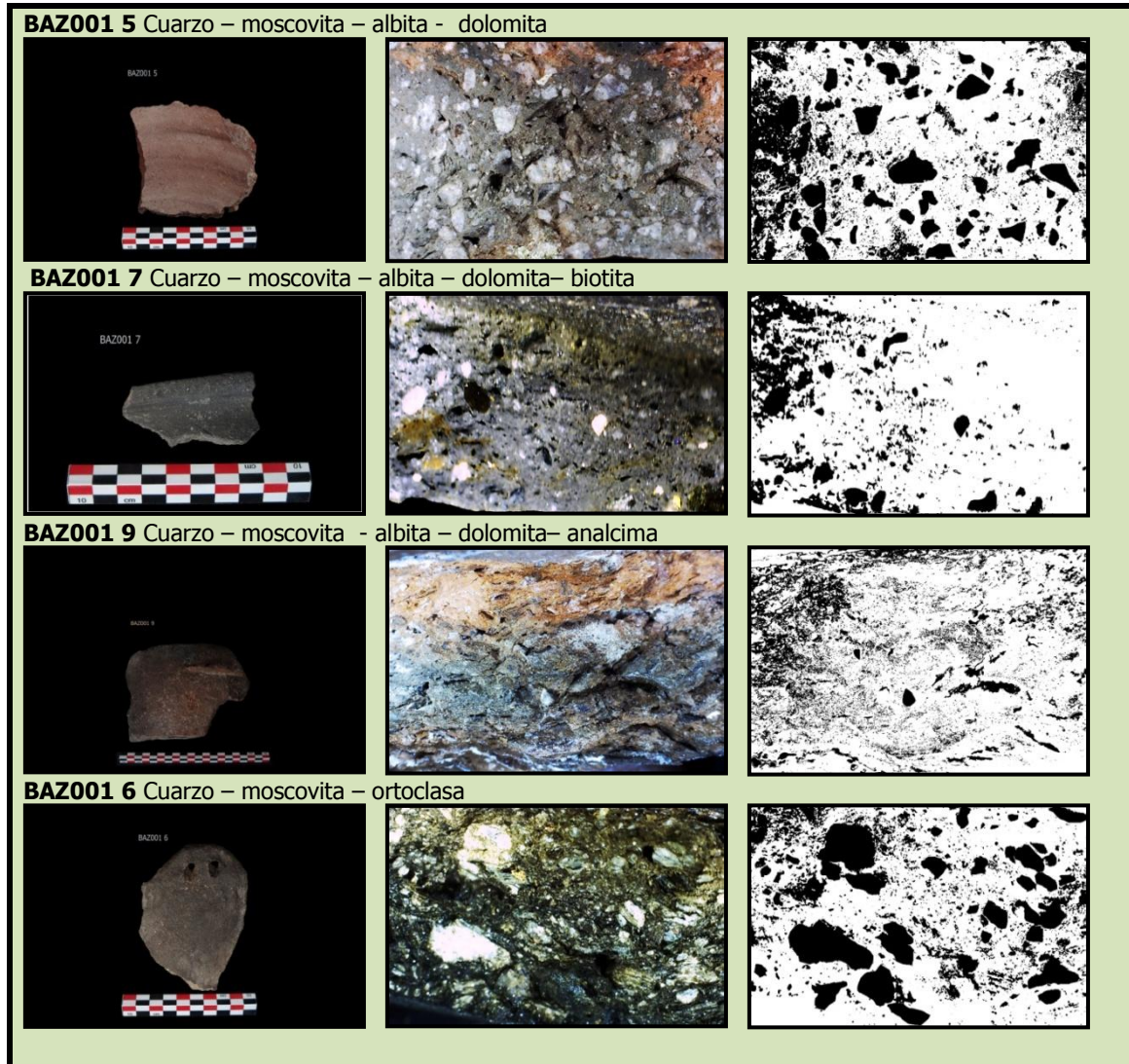
**Figura 4.82** - Difractograma grupo 2 de Cerro Cepero



**Figura 4.83** - Caracterización de muestras



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

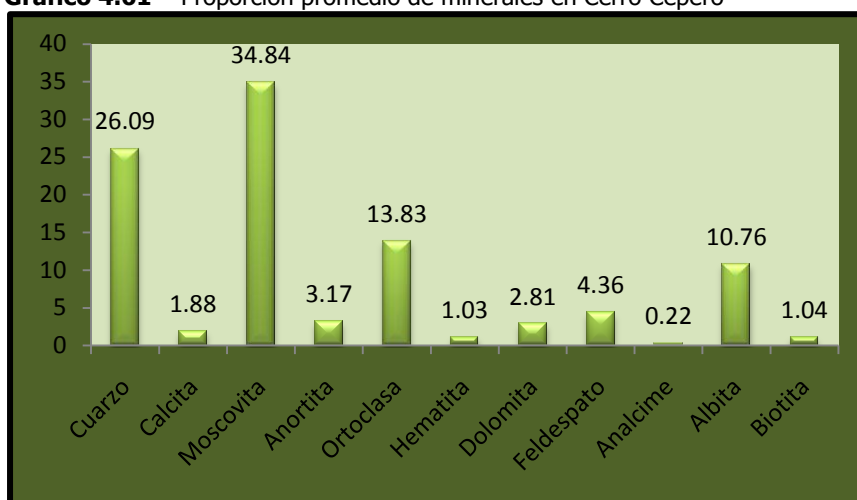


Se resalta que estos 2 grupos mineralógicos sólo tienen en común cuarzo y moscovita aunque difieren en la proporción presente.

La proporción de cada mineral observado en las 9 muestras se presenta en la Tabla 4.102 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.61. Se puede observar que la moscovita y el cuarzo son minerales predominantes en las muestras analizadas de Cerro Cepero, con proporciones promedio superiores al 26%. Después están la ortoclasa y la albita, seguidas de feldespato y anortita, con proporciones promedio entre 3% y 14%. Como elementos minoritarios fue encontrado calcita, hematita, dolomita, biotita y anortita, con proporciones promedio inferiores a 2%.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 4.61** – Proporción promedio de minerales en Cerro Cepero



**Tabla 4.102** – Análisis semicuantitativo Cerro Cepero

Muestra	BAZ0011	BAZ0012	BAZ0013	BAZ0014	BAZ0015	BAZ0016	BAZ0017	BAZ0018	BAZ0019
Cuarzo (%)	22.2	36.3	11.6	10.7	56.2	22.2	33.0	16.0	26.6
Calcita (%)	07.7	05.4	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	03.8	00.0
Moscovita (%)	41.6	18.3	26.9	47.9	22.7	43.6	22.7	38.4	51.5
Anortita (%)	28.5	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
Ortoclasa (%)	00.0	33.4	00.0	17.1	00.0	34.3	00.0	39.7	00.0
Hematita (%)	00.0	00.0	03.2	04.0	00.0	00.0	00.0	02.1	00.0
Dolomita (%)	00.0	06.6	06.5	00.0	03.0	00.0	04.5	00.0	04.7
Feldespato (%)	00.0	00.0	39.2	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
Analcime (%)	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	02.0
Albita (%)	00.0	00.0	12.8	20.3	18.1	00.0	30.4	00.0	15.2
Biotita (%)	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	00.0	09.4	00.0	00.0

### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 presenta cocciones del tipo oxidante, excepto en BAZ001 2 que es del tipo reductora.

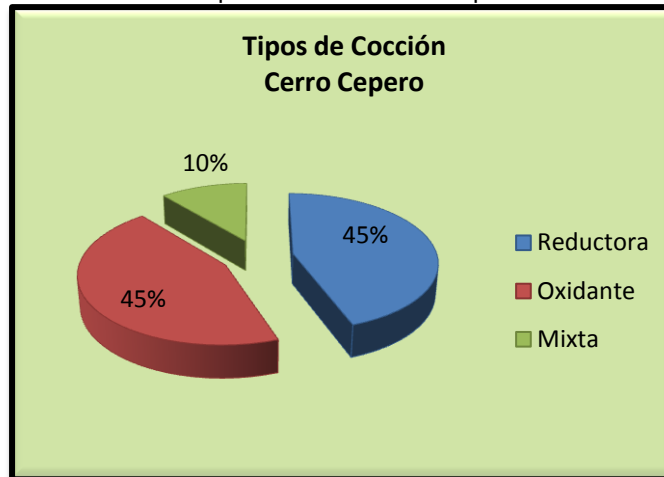


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Grupo 2 con una cocción mixta (BAZ001 9), dos oxidantes (BAZ001 3 y BAZ001 4) y tres reductoras (BAZ001 5, BAZ001 6 y BAZ001 7).

Se observa una igualdad entre cocciones reductoras y oxidantes, una pequeña incidencia del tipo mixta (Gráfico 4.62).

**Gráfico 4.62** – Tipos de cocción Cerro Cepero



### 3. Temperatura de cocción

- Grupo 1 presenta minerales como la moscovita que desestabilizase a una temperatura de 925 grados. La ortoclasa indica una temperatura superior a 700 grados. La curva de cocción sugerida para el grupo es de 850-900 grados.

- Grupo 2 se puede ver la moscovita y la presencia de feldespatos indica temperaturas alrededor de 700 grados. Se puede sugerir una curva de cocción entre 850-900 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución de desgrasantes

Se encuentra una variabilidad en los grupos, sin embargo la presencia de moscovita destacase como desgrasante principal en BAZ001 1, BAZ001 6 y BAZ001 9; en las muestras BAZ001 2, BAZ001 5 y BAZ001 7 vemos la predominancia del cuarzo; en BAZ001 3 el feldespatos predomina y en BAZ001 8 la ortoclasa predomina sobre los demás minerales.

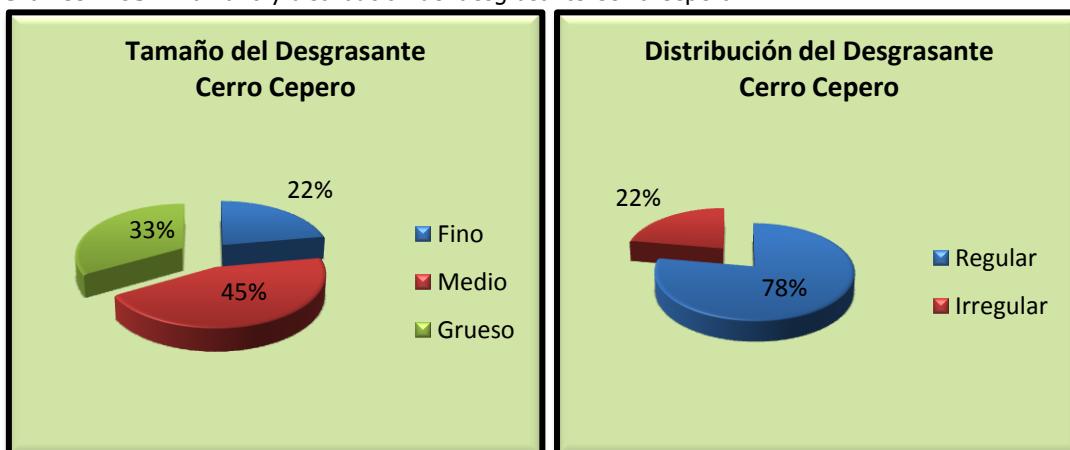
**Tabla 4.103** – Tamaño del desgrasante Cerro Cepero

<b>Desgrasantes</b>	
<b>Tamaño</b>	
Fino	Muestras: BAZ001 1, BAZ001 2
Medio	Muestras: BAZ001 3, BAZ001 5, BAZ001 7, BAZ001 8
Grueso	Muestras: BAZ001 4, BAZ001 6, BAZ001 9
<b>Distribución</b>	
Regular	Muestras: BAZ001 1, BAZ001 2, BAZ001 4, BAZ001 5, BAZ001 6, BAZ001 7, BAZ001 9
Irregular	Muestras: BAZ001 3, BAZ001 8

Los desgrasantes, en su mayoría son de tamaño mediano, pero se encuentran también finos y gruesos. Cuanto a distribución, están regularmente distribuidos (Tabla 103)

Se puede observar que hay un predominio de desgrasantes de tamaño mediano regularmente distribuidos (Gráfico 4.63).

**Gráfico 4.63** – Tamaño y distribución del desgrasante Cerro Cepero



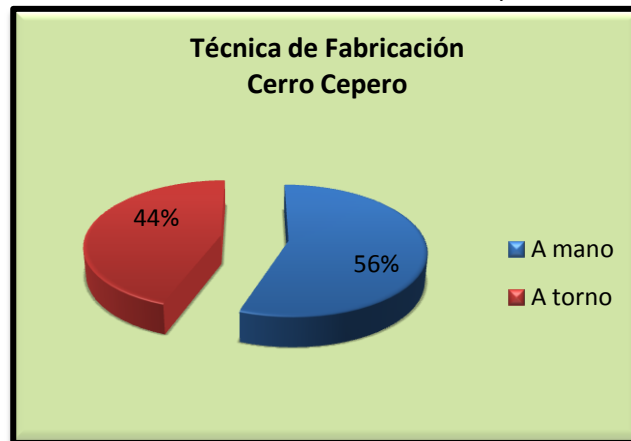
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 5. Técnica de fabricación

Se puede encontrar la técnica de fabricación a torno en BAZ001 1, BAZ001 2, BAZ001 3 y BAZ001 7, las demás están hechas a mano.

Se observa la predominancia de la técnica a mano (Gráfico 4.64).

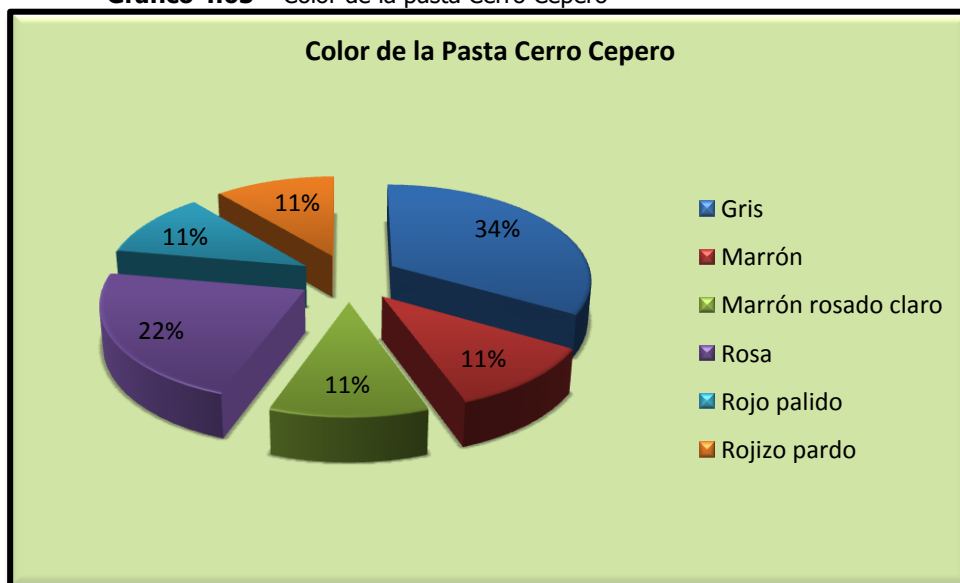
**Gráfico 1** – Técnica de fabricación Cerro Cepero



### 6. Color de la pasta

Se encuentra una variabilidad de colores de las pastas cerámicas con el gris en BAZ001 2, BAZ001 6 y BAZ001 7, marrón en BAZ001 9, marrón claro rosado en BAZ001 8, rosa en BAZ001 1 y BAZ001 3, rojo pálido en BAZ001 5 y rojizo pardo en BAZ001 4.

**Gráfico 4.65** – Color de la pasta Cerro Cepero



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se puede observar el predominio del color gris, seguido del color rosa, los demás colores aparecen con una misma incidencia (Gráfico 4.65).

Como se puede ver en la Tabla 4.104, la muestra BAZ001 7 presenta el valor de luminosidad ( $L = 49.96$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en BAZ001 3 la luminosidad alta ( $L = 70.23$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.104** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>BAZ001 1</b>	64.43	11.27	24.52
<b>BAZ001 2</b>	52.59	3.28	10.92
<b>BAZ001 3</b>	70.23	7.28	17.03
<b>BAZ001 4</b>	53.89	9.62	13.17
<b>BAZ001 5</b>	59.23	12.56	17.39
<b>BAZ001 6</b>	63.21	17.27	28.32
<b>BAZ001 7</b>	49.96	-0.13	3.94
<b>BAZ001 8</b>	54.63	10.02	20.54
<b>BAZ001 9</b>	52.85	10.32	18.35

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 1

Esta muestra tiene como elementos mayoritarios el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valor de 50.69% en peso, óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valor de 14.03% en peso y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valor de 13.76% en peso. En menor porcentaje se encuentra compuesto de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con valor de 4.13% en peso, óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valor de 3.77% en peso, óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con valor de en peso 2.08%. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.105).

**Tabla 4.105** - Composición química de los óxidos grupo 1 Cerro Cepero

Composición química												
Óxidos Muestras	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
	%											
<b>BAZ001-1</b>	50.69	13.76	4.13	0.04	2.08	14.03	0.63	3.77	0.65	0.16	00	11.05



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Como elementos trazas se ve estroncio (Sr) y circonio (Zr) (Tabla 4.106).

**Tabla 4.106** - Composición química de los elementos trazas

Composición química	
Muestras	BAZ001-1
Elementos	PPM
Sr	743
Zr	214

- Grupo 2

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 49.17 y 66.63% en peso, óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 16.83 y 23.26% en peso, óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 5.31 y 10.62% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 2.36 y 12.17% en peso. En menor porcentaje se encuentra el óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 3.55 y 4.60% en peso y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con valores entre 1.76 y 2.78% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.107).

**Tabla 4.107** - Composición química de los óxidos grupo 2 Cerro Cepero

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
BAZ001-4	49.17	18.07	9.31	0.21	2.78	12.17	1.49	3.55	1.02	0.71	0.12	0.97
BAZ001-5	66.63	16.83	5.31	0.04	1.76	2.36	0.68	3.7	0.44	0.15	0.65	1.19
BAZ001-9	54.14	23.26	10.62	0.15	2.42	3.16	0.87	4.60	1.04	0.11	2.24	1.94

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 14 y 8959 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan cromo (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), galio (Ga) y itrio (Y). Además se ve vanadio (V) en las muestras BAZ001 4 y BAZ001 9 y un alto contenido de azufre (S), cloro (Cl), estroncio (Sr) y bario (Ba) en las muestras BAZ001 4, BAZ001 5 y BAZ001 9 (Tabla 4.108).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

**Tabla 4.108** - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	BAZ001-4	BAZ001-5	BAZ001-9
Elementos	PPM		
S	483	2610	8959
Cl	1124	1519	114
V	205	00	217
Cr	186	119	214
Ni	103	58	85
Cu	153	117	114
Zn	172	114	189
Ga	34	15	32
As	42	41	50
Br	14	00	00
Rb	158	113	208
Sr	572	119	408
Y	32	23	38
Zr	271	166	234
Ba	850	369	860
Pb	00	00	51

### 8. Particularidades

La muestra BAZ001 2 presenta engobe claro en el interior y en el exterior presenta engobe rojo bruñido.

En BAZ001 4 se ve una pasta muy refractaria sugiriendo función de cocina.

En la cara interior de la de la muestra BAZ001 5 se observa líneas horizontales suponiendo el uso de torno lento o modelado a churros.

La pieza BAZ001 6 presenta dos perforaciones superior con función de suspender, con aproximadamente 0,5 cm de diámetro.

Se observa en la muestra BAZ001 9 un apéndice en forma de mamelón.

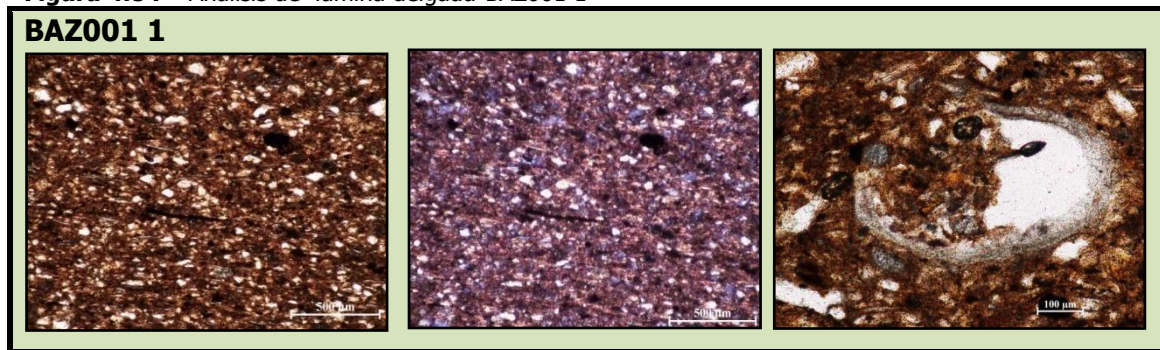
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 9. Otros Análisis

- Análisis de Lámina Delgada

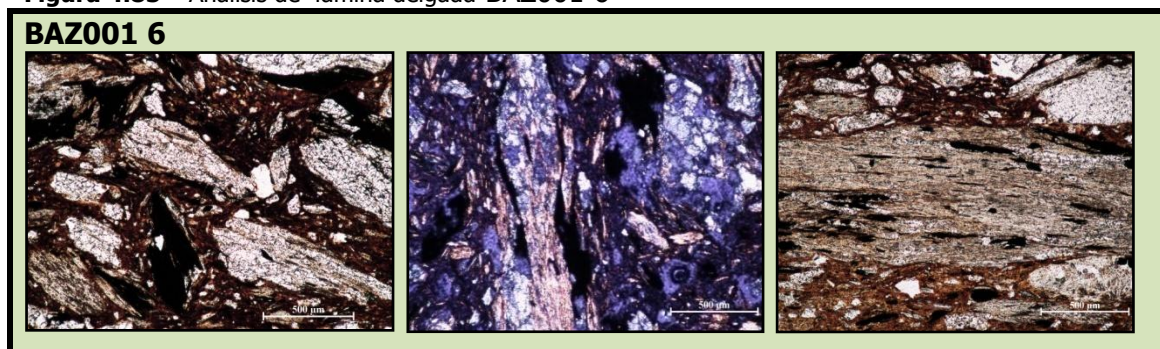
En los análisis de lámina delgada se puede encontrar: la muestra BAZ001 1 se caracteriza por presentar grano fino y homogéneo. Los gránulos de desgrasante consisten principalmente de cuarzo que varían en tamaño entre 50-100  $\mu\text{m}$ . En la matriz son abundantes los cristales de mica, a menudo desorientados, que todavía tienen propiedades ópticas. Todavía quedan restos de gránulos de calcita. Se observaron modestas reacciones en los bordes de los gránulos. La matriz tiene un color rojizo que indica un tipo de ambiente oxidante de cocción (Figura 4.84).

**Figura 4.84** – Análisis de lámina delgada BAZ001 1



En BAZ001 6 la muestra se caracteriza por una textura gruesa y desigual. Los gránulos más gruesos son de tamaño variable entre 100  $\mu\text{m}$  y 1 mm y están constituidos por fragmentos de roca atribuibles a micasesquistos. La pasta de la parte inferior se caracteriza por un color oscuro (negruzca) lo que indicaría un ambiente de cocción tipo reductor. Las micas abundantes todavía tienen propiedades ópticas (Figura 4.85).

**Figura 4.85** – Análisis de lámina delgada BAZ001 6

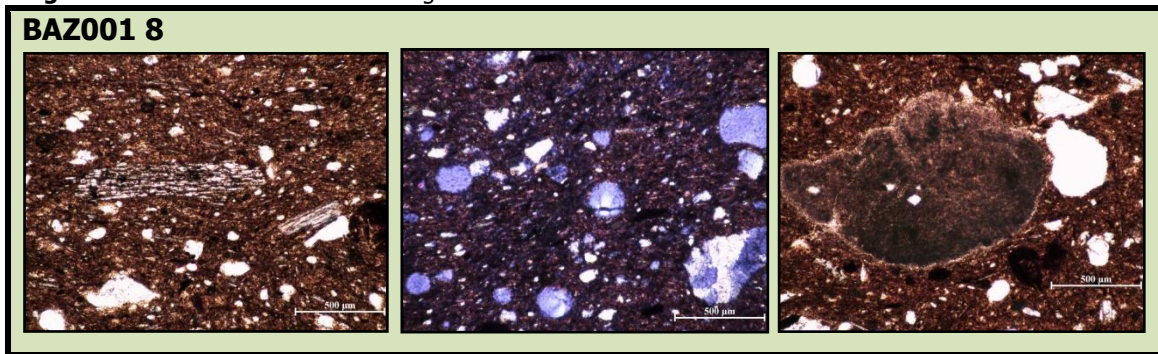


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

La muestra BAZ001 8 es bastante similar a la muestra BAZ001-01, incluso los gránulos de desgrasante son relativamente más gruesos y, a veces, consisten en fragmentos de roca. Se observan carbonatos y micas que conservan sus propiedades ópticas (Figura 4.86).

**Figura 4.86** – Análisis de lámina delgada BAZ001 8



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

### 4.17. Medina Bazta - MB

Localización: Sur

Cronología: Edad Media

Muestras: 5

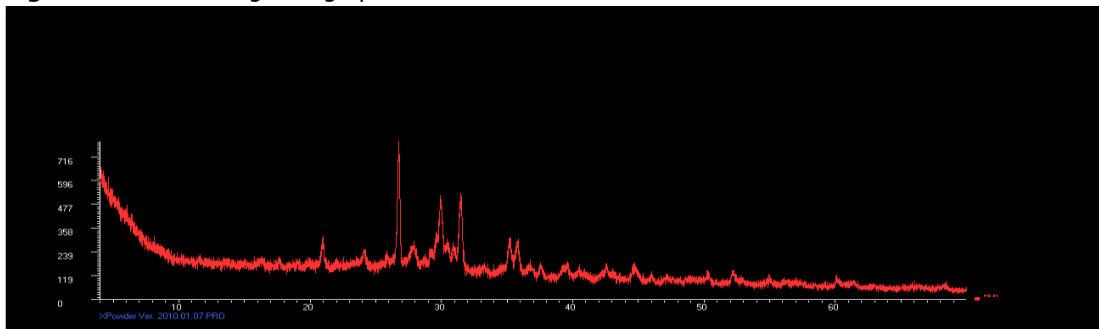
#### Análisis Mineralógico

##### 1. Grupos mineralógicos

Se distingue 2 grupos en función de su origen mineral:

- Grupo 1 con 1 muestra, donde se ve cuarzo, calcita, moscovita, dolomita, albita, diopsida y hematita. En las Figuras 4.87 y 4.88 se observan el difractograma y las características de ese grupo.

**Figura 4.87** - Difractograma grupo 1 de Medina Bazta



**Figura 4.88** - Caracterización de muestras



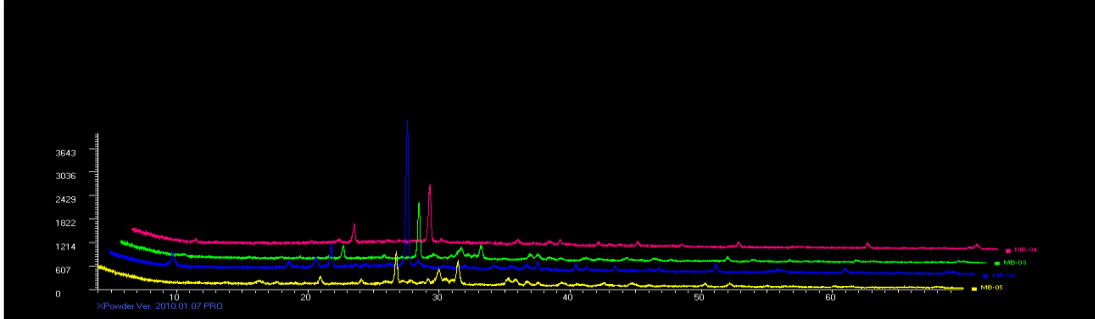
- Grupo 2 compuesto por 4 muestras, es menos homogéneo que el anterior, ya que solamente tiene en común el cuarzo; se diferencian en la presencia de moscovita,



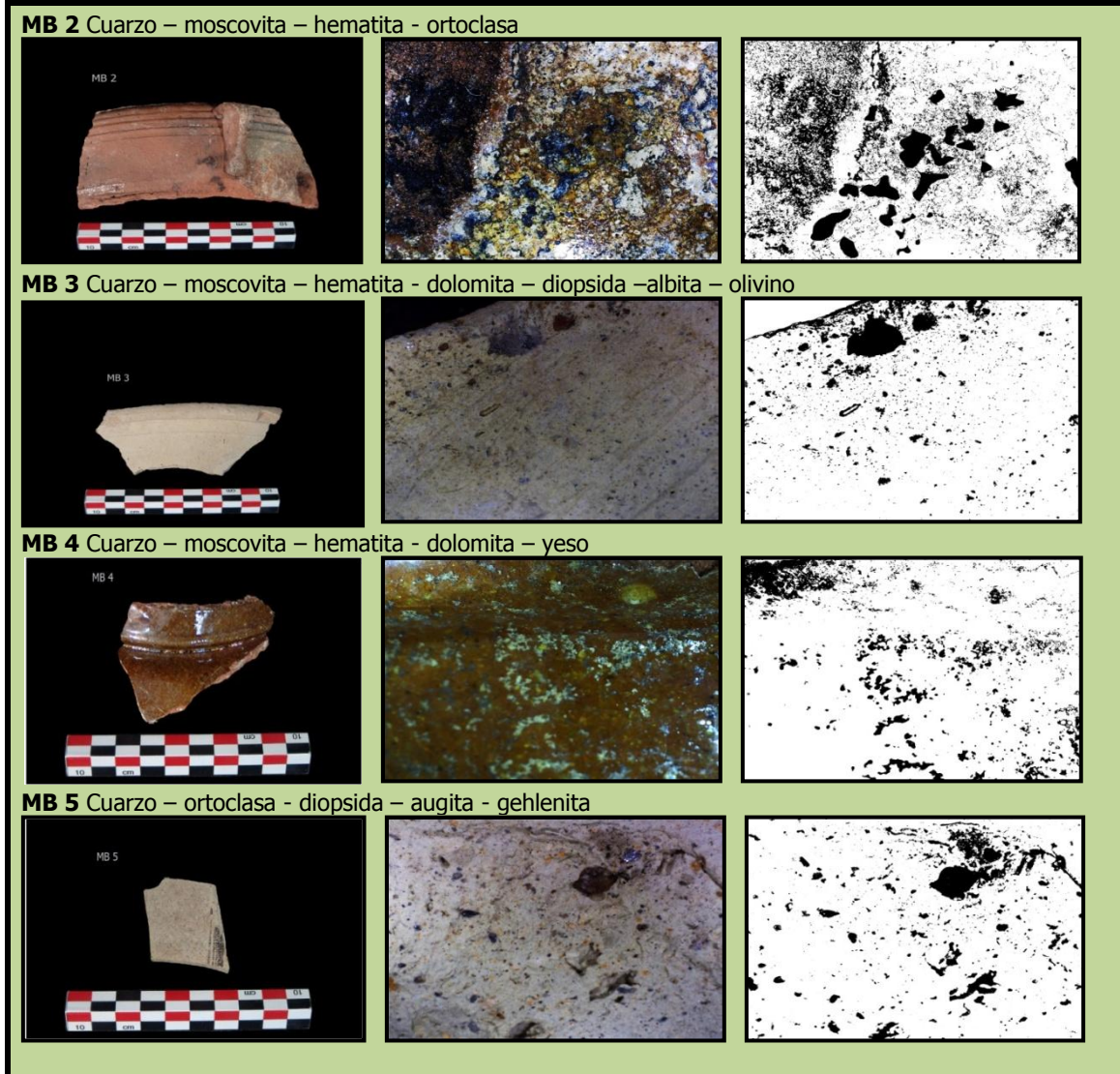
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

hematita, ortoclasa, dolomita, diopsida, albita, olivine, yeso, augita y gehlenita. Estas similitudes y diferencias se observan en las Figuras 4.89 y 4.90.

**Figura 4.89** - Difractograma grupo 2 de Medina Batza



**Figura 4.90** - Caracterización de muestras

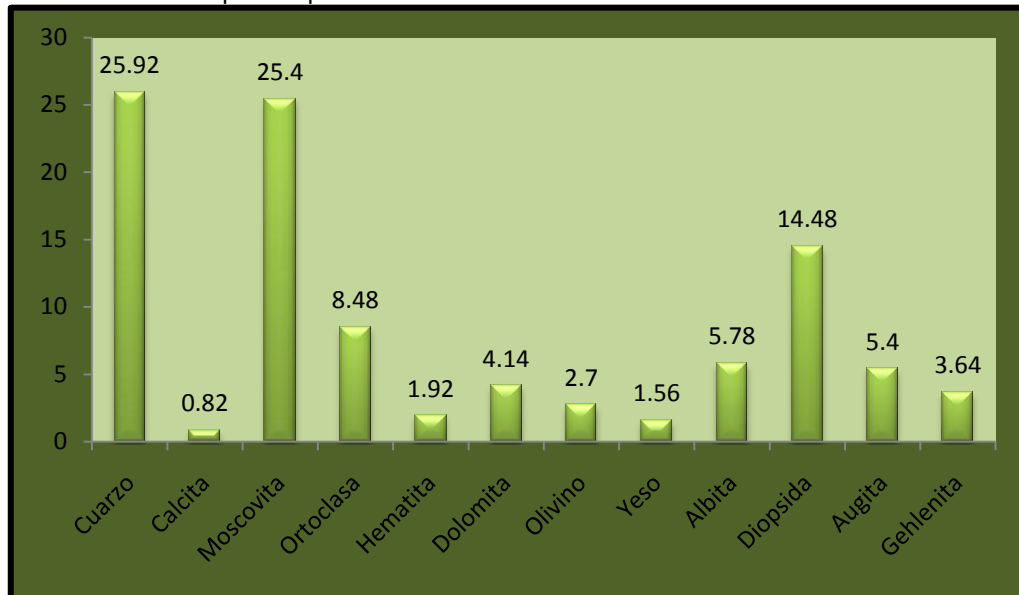


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Se resalta que estos 2 grupos mineralógicos sólo tienen en común cuarzo, aunque difieren en la proporción presente.

La proporción de cada mineral observado en las 5 muestras se presenta en la Tabla 4.109 y el promedio de estas proporciones por mineral se observa en el Gráfico 4.66. Se puede observar que el cuarzo y la moscovita son minerales predominantes en las muestras analizadas en el yacimiento de Medina Batza, con proporciones promedio superiores a 25%. Después están la diopsida y ortoclasa, seguidas de la albita, augita y dolomita, con proporciones promedio entre 4% y 14%. Como elementos minoritarios fueron encontrados gehlenita, olivino, hematita, yeso y calcita, con proporciones promedio inferiores a 4%.

**Gráfico 4.66** – Proporción promedio de minerales en Medina Batza



**Tabla 4.109** - Análisis semicuantitativo Medina Batza

Muestra	MB1	MB 2	MB 3	MB 4	MB 5
<b>Cuarzo (%)</b>	11.3	47.4	28.5	26.4	16.0
<b>Calcita (%)</b>	04.1	00.0	00.0	00.0	00.0
<b>Moscovita (%)</b>	22.4	32.9	15.4	56.3	00.0
<b>Ortoclasa (%)</b>	00.0	16.2	00.0	00.0	26.2
<b>Hematita (%)</b>	01.9	03.6	00.0	04.1	00.0
<b>Dolomita (%)</b>	09.8	00.0	05.5	05.4	00.0
<b>Olivino (%)</b>	00.0	00.0	13.5	00.0	00.0

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

(%) <b>Yeso</b>	00.0	00.0	00.0	07.8	00.0
(%) <b>Albita</b>	21.6	00.0	07.3	00.0	00.0
(%) <b>Diopsida</b>	28.9	00.0	29.9	00.0	13.6
(%) <b>Augita</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	27.0
(%) <b>Gehelenita</b>	00.0	00.0	00.0	00.0	18.2

### 2. Tipos de cocción

- Grupo 1 se encuentra una pasta de cocción tipo oxidante.
- Grupo 2 se observa también la totalidad de cocción oxidante.

### 3. Temperatura de cocción

- Grupo 1 presenta diopsida que surge a una temperatura de 850 grados. La dolomita limita a 700 grados, pero debido a cantidad de los elementos la curva de cocción sugerida es de 850-950 grados.
- Grupo 2 se observa la diopsida, pero la moscovita indica una temperatura inferior a 925 grados. La curva de cocción sugerida para el grupo es de 850-950 grados.

### 4. Tipos, tamaño y distribución del desgrasantes

Se encuentra como desgrasante principal la diopsida en MB 1 y MB 3; la moscovita en MB 4; en MB 2 el cuarzo predomina y en MB 5 se ve el predominio de la augita sobre los demás elementos.

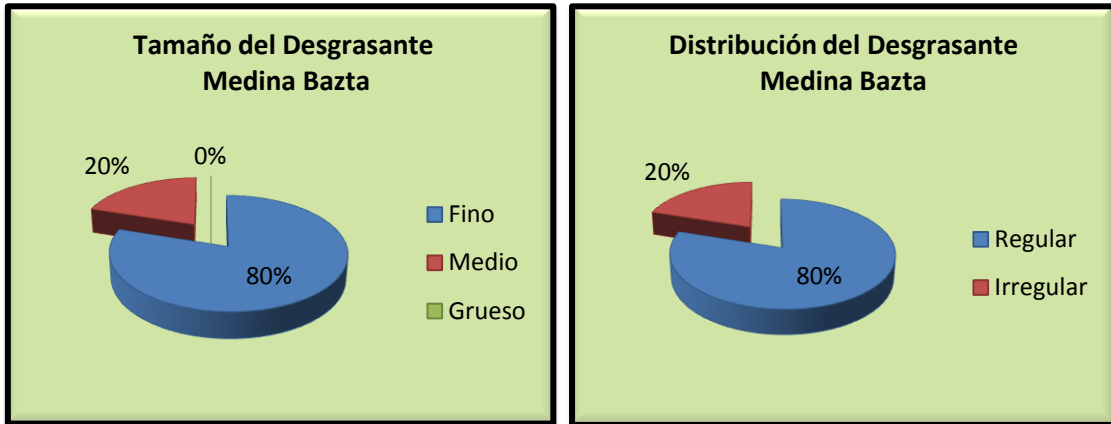
Los desgrasantes, en su mayoría son finos, sin embargo en MB 2 son medianos. Cuanto a distribución, están regularmente distribuidos en MB 1, MB 3, MB 4 y MB 5 y irregularmente en MB 2.

Se puede observar que hay predominio de desgrasantes finos, regularmente distribuidos (Gráfico 4.67).



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 4.67** – Tamaño y distribución del desgrasante Medina Bazta



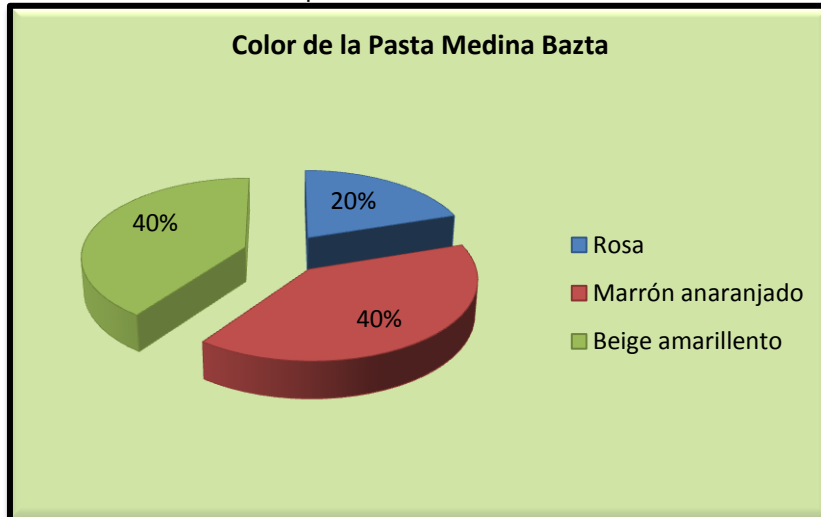
### 5. Técnica de fabricación

Se señala la totalidad de la técnica de fabricación a torno.

### 6. Color de la pasta

Se encuentran pastas de color marrón anaranjado en MB 2 y MB 4; beige amarillento en MB 1 y MB 5 y el color rosa en MB 3.

**Gráfico 4.68** – Color de la pasta Medina Bazta



Se puede observar una igualdad entre los colores marrón anaranjado y beige amarillento; el rosa aparece en una menor incidencia (Gráfico 4.68).

Como se puede ver en la Tabla 4.110, la muestra MB 2 presenta el valor de luminosidad ( $L = 30.66$ ) más bajo que le confiere un color oscuro y en MB 5 la

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

luminosidad alta ( $L = 83.18$ ) confiere un color más claro, que coincide con los valores de la tabla de Munsell.

**Tabla 4.110** – Valores de luminosidad (L) y cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ )

Muestras	L	$a^*$	$b^*$
<b>MB 1</b>	74.44	3.02	19.95
<b>MB 2</b>	30.66	6.21	14.36
<b>MB 3</b>	72.70	3.73	18.90
<b>MB 4</b>	33.41	7.70	10.09
<b>MB 5</b>	83.18	2.50	13.08

### Análisis Químico

#### 7. Composición Química

- Grupo 2

Las muestras del grupo tienen como elementos mayoritarios óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) con valores oscilando entre 50.59 y 61.71% en peso, óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con valores entre 14.68 y 21.38% en peso, óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con valores entre 5.77 y 9.44% en peso y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) con valores entre 1.24 y 15.40% en peso. En menor porcentaje se encuentra el óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) con valores entre 2.86 y 4.23% en peso y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) con valores entre 1.18 y 3.42% en peso. Los demás compuestos presentan baja concentración (Tabla 4.111).

**Tabla 4.111** - Composición química de los óxidos grupo 2 de Medina Batza

Composición química												
Óxidos	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	LOI
Muestras	%											
<b>MB2</b>	61.71	20.43	8.16	0.06	1.18	1.24	0.67	2.86	0.93	0.30	00	2.31
<b>MB3</b>	50.59	14.68	5.77	0.07	3.42	15.40	0.52	3.47	0.80	0.23	00	5.23
<b>MB4</b>	51.61	21.38	9.44	0.06	1.70	1.92	0.62	4.23	0.71	0.18	0.11	1.54

Los contenidos encontrados en los elementos traza analizados oscilan entre 43 y 58065 ppm, aunque no se detectaron en todas las muestras. Como elementos trazas se destacan estroncio (Sr), azufre (S), cromo (Cr), cobre (Cu) y circonio (Zr). Además se ve un altísimo contenido de plomo (Pb) en la muestra MB4 (Tabla 4.112).

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Tabla 4.112 - Composición química de los elementos trazas

Composición química			
Muestras	MB2	MB3	MB4
Elementos	PPM		
S	00	00	431
Cl	00	00	120
Cr	00	00	226
Ni	00	00	80
Cu	00	00	322
Zn	00	00	236
Rb	00	00	214
Sr	43	560	226
Zr	273	146	162
Ba	00	00	190
Pb	00	00	<b>58065</b>

### 8. Particularidades

La muestra MB 1 presenta una capa de engobe negro en el exterior sobre el que se esgrafía decoraciones geométricas lineares que se alternan con bandas de círculos.

En MB 2 la pieza se encuentra esmaltada en el interior y exterior. Presenta marcas de exposición directa al fuego y un asa que generalmente son dispuestas en pares.

Se observa en MB 4 un esmalte melado en el interior y exterior presenta un esmalte verde.

Se puede encontrar en MB 5 una decoración de engobe negro en el exterior.

### 9. Otros Análisis

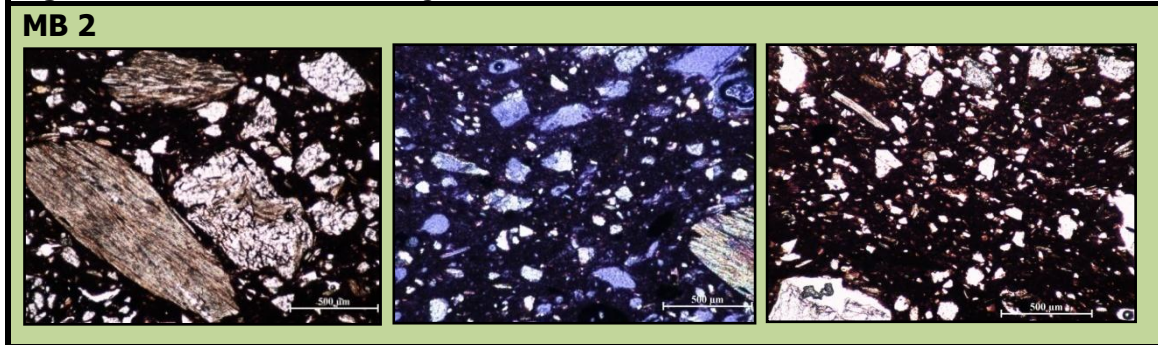
- Análisis de Lámina Delgada

En los análisis de lámina delgada se puede encontrar: en MB 2 se ve que la muestra está constituida por gránulos de desgrasante con dimensiones generalmente uniforme alrededor de 100  $\mu\text{m}$ , incluso los de mayores dimensiones son raros. Entre los

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

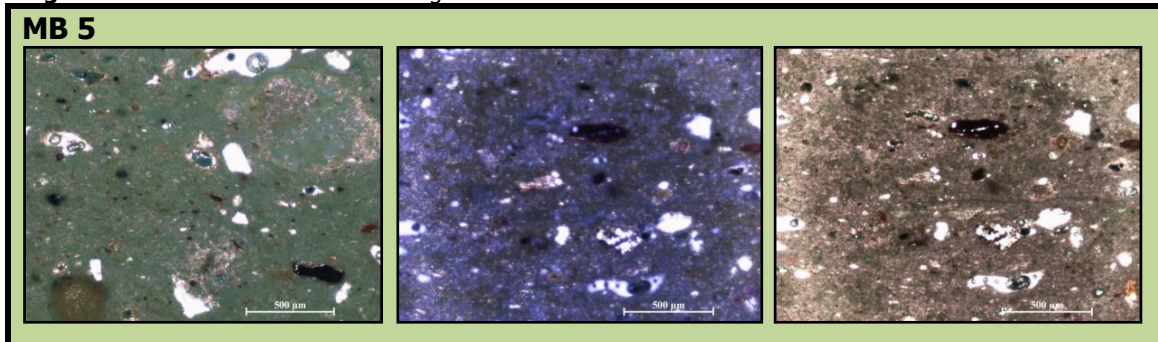
fragmentos más gruesos se identifica la mica. No son muy notables los bordes de reacción y las micas retienen parcialmente sus propiedades ópticas (Figura 4.91).

**Figura 4.91** – Análisis de lámina delgada MB 2

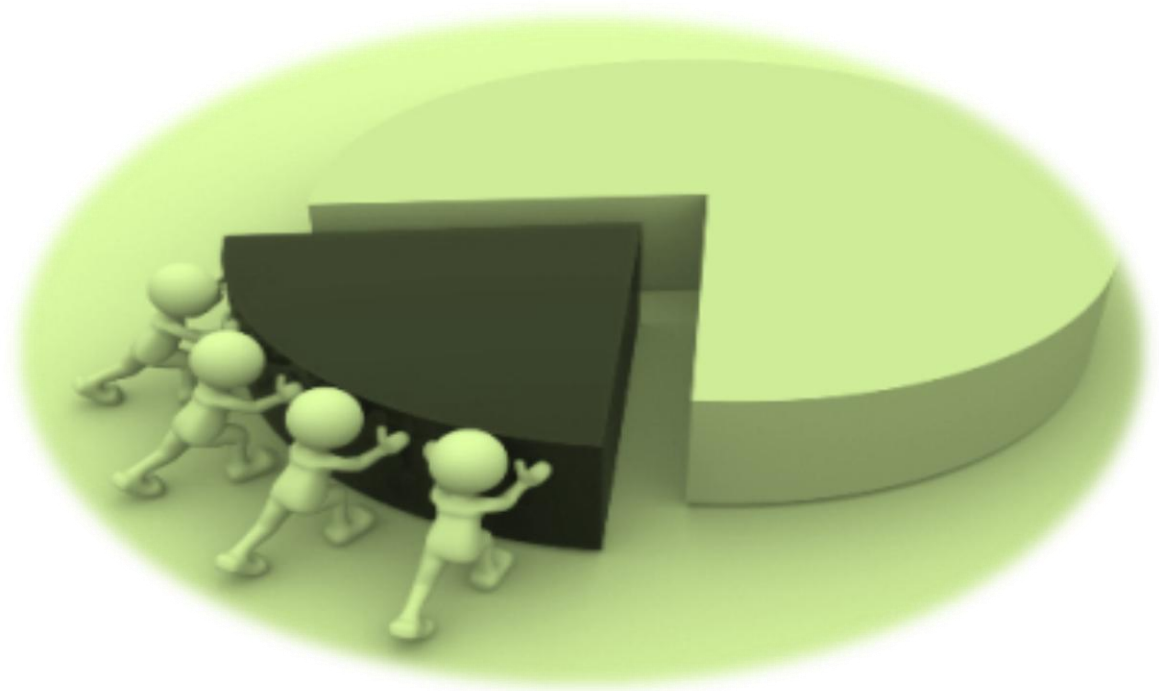


La muestra MB 5 está constituida por una masa vítrea en la que hay fases de alta temperatura, lo que obviamente no puede ser vista bajo el microscopio (pero identificado por XRD). Estas fases son el diópsido, augita y gehlenita. Estos minerales se forman por reacción de los silicatos (cuarzo, feldespato y arcilla minerales con la calcita, también del exceso de hierro que se incorpora en la estructura de estos minerales). Posee una coloración beige, en lugar de rojo (Figura 4.92).

**Figura 4.92** – Análisis de lámina delgada MB 5



# *DISCUSIÓN*



# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

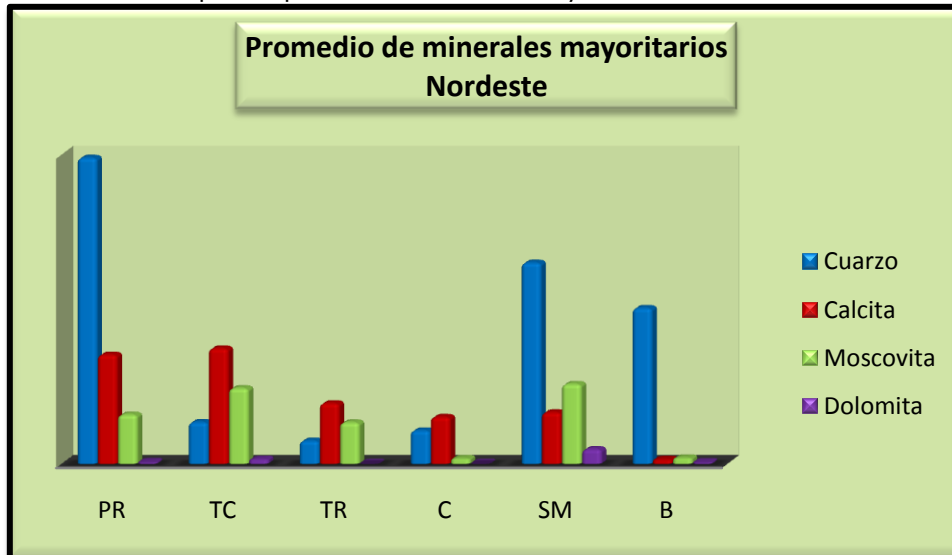
## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Estudio comparativo de las regiones

#### Análisis Mineralógico y Textural

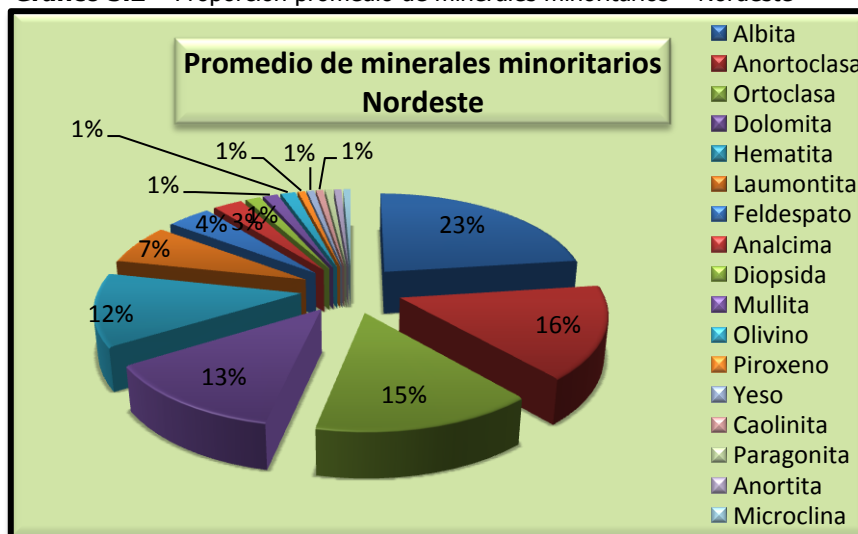
De los análisis mineralógicos de Difracción de Rayos X (XRD) en la región Nordeste, se han obtenido gráficos promedio de las fases minerales predominantes de cada yacimiento y de los minerales minoritarios en la región. En los gráficos 5.1 y 5.2 se recogen esos valores.

**Gráfico 5.1** – Proporción promedio de minerales mayoritarios - Nordeste



PR: Puig Roig; TC: Turó Calvari; TR: Tossal Redó; C: Castellons; SM: Sant Miquel; B: Barrugat

**Gráfico 5.2** - Proporción promedio de minerales minoritarios - Nordeste



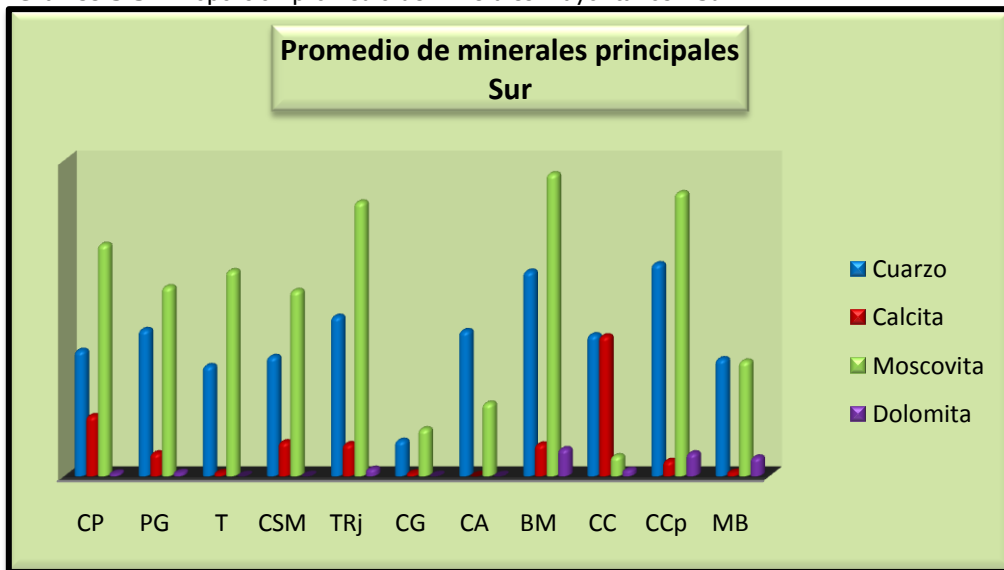
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

El promedio de minerales principales indica el predominio del cuarzo en Puig Roig, Sant Miquel y Barrugat. La calcita es mayoritaria en los demás yacimientos. La moscovita aparece como segundo elemento. En el gráfico 5.2 los minerales minoritarios aparecen en la siguiente secuencia: albita, ortoclasa, anortoclasa, dolomita, hematita y laumontita. A seguir se puede observar analcima, diopsida, mullita, olivino, piroxeno, yeso, caolinita, paragonita, anortita y microclina.

El tamaño mediano de los desgrasantes predomina en Puig Roig, Castellons, Turó Calvari y Barrugat, mientras que en Sant Miquel de Vinebre hay una prevalencia de los de tamaño fino, seguido de los medianos. Y se observa un claro predominio de los desgrasantes gruesos en Tossal Redó. En todos los yacimientos estos desgrasantes se encuentran, en su mayoría, regularmente distribuidos.

De los análisis mineralógicos de Difracción de Rayos X (XRD) en la región Sur se han obtenido gráficos promedio de las fases minerales predominantes de cada yacimiento y de los minoritarios en la región. En los gráficos 5.3 y 5.4 se recogen esos valores.

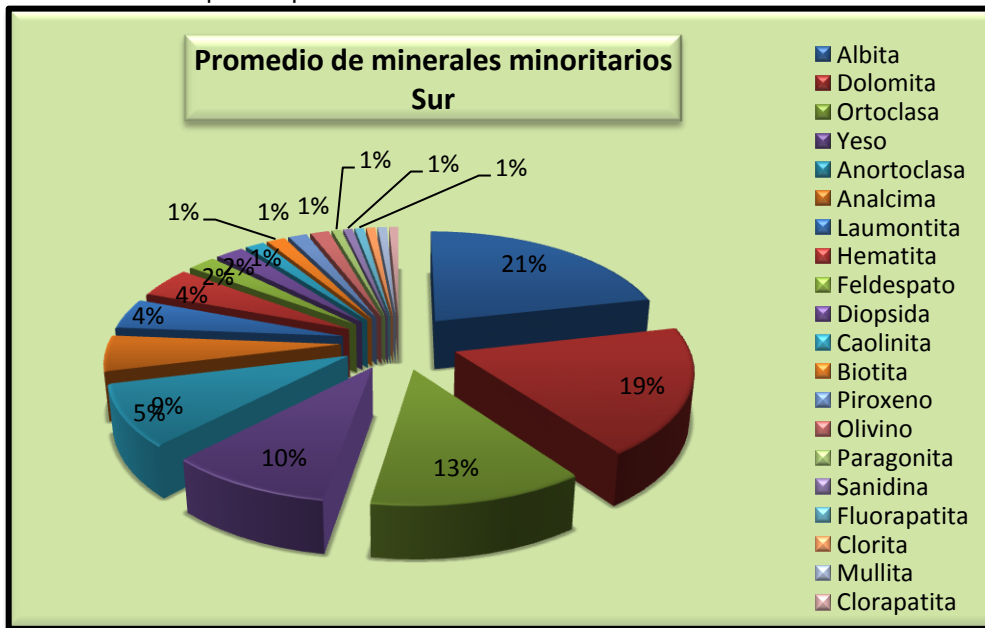
**Gráfico 5.3** - Proporción promedio de minerales mayoritarios - Sur



CP: Cueva de la Pastora; PG: Puntal de la Granja; T: El Tesorero; CSM: Cerro San Marcos; TRj: Terrera del Reloj; CG: Cortijo el Guarda; CA: Cerro de Alboroz; BM: Barranco del Moro; CC: Cortijo Cabrera; CCp: Cerro Cepero; MB: Medina Bazta

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 5.4** - Proporción promedio de minerales minoritarios - Sur



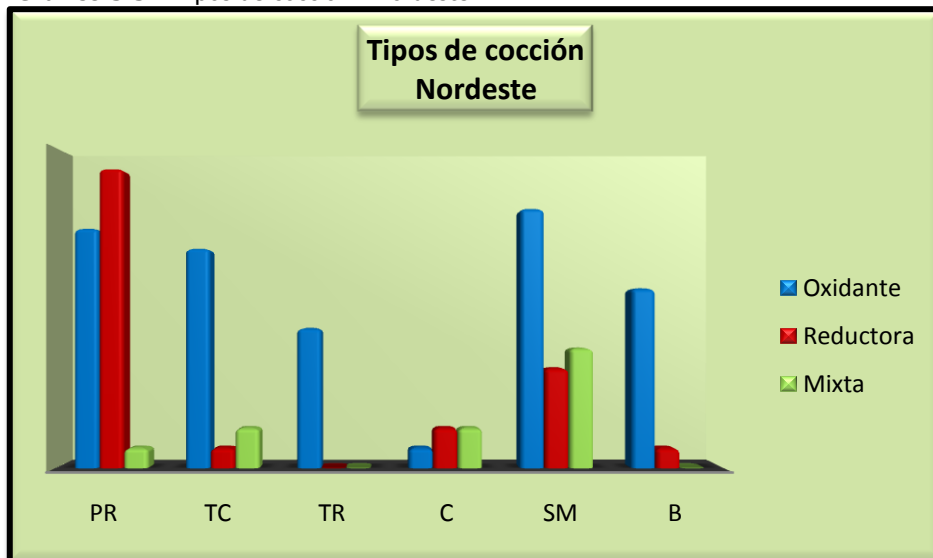
Se puede ver en el promedio de minerales principales que la moscovita es el mineral que predomina en casi todos los yacimientos, seguida del cuarzo. Solamente en Cortijo Cabrera y Cerro de Alboroz la situación es diferente, donde se observan calcita y cuarzo como predominantes en el primero y cuarzo como principal elemento en el segundo. Medina Batza el cuarzo y la moscovita se igualan. En el gráfico 5.4 los minerales minoritarios aparecen en la siguiente secuencia: albita, dolomita, ortoclasa, yeso, anortoclasa, analcima, laumontita y hematita. A seguir se puede observar feldespato, diopsida, caolinita, biotita, piroxeno, olivino, paragonita, sanidina, fluorapatita, clorita, mullita y clorapatita.

El tamaño medio de los desgrasantes prepondera en los yacimientos de Cueva de la Pastora, El Tesorero, Terrera del Reloj, Cortijo Cabrera y Cerro Cepero. Encontramos un predominio de desgrasantes finos en Puntal de la Granja, Barranco del Moro y Medina Batza. Finalmente vemos una pequeña predominancia de desgrasantes gruesos en Cerro de Alboroz. Observamos un equilibrio entre desgrasantes fino y medios en Cerro de San Marcos y Cortijo del Guarda. Hay un predominio del desgrasante bien distribuido, excepto en Cortijo del Guarda que encontramos una igualdad de distribución.



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

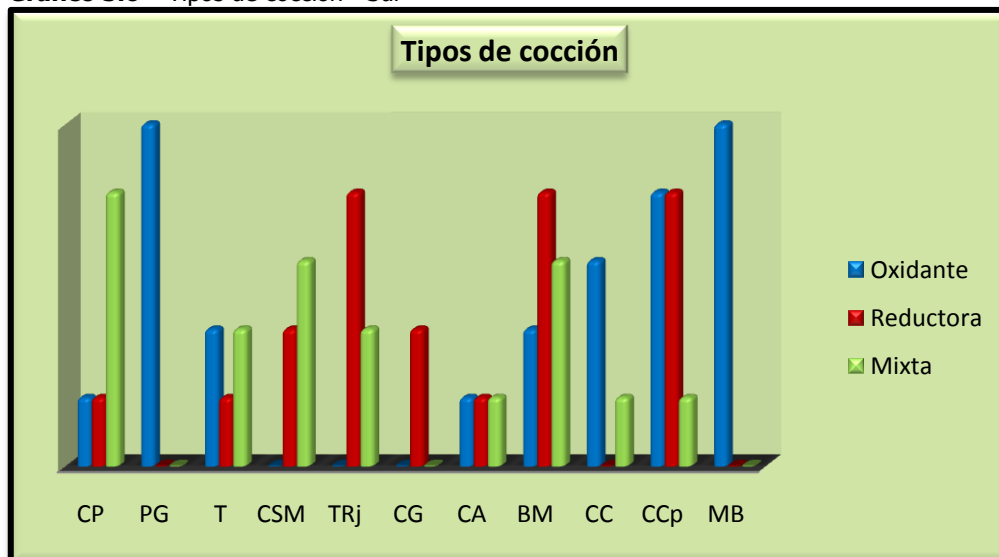
**Gráfico 5.5** – Tipos de cocción - Nordeste



PR: Puig Roig; TC: Turó Calvari; TR: Tossal Redó; C: Castellons; SM: Sant Miquel; B: Barrugat

Se puede observar en la región Nordeste (Gráfico 5.5) que la cocción oxidante predomina en Tossal Redó, Turo Calvari, Sant Miquel y Barrugat. En Puig Roig la cocción reductora prepondera, seguida de la oxidante. La cocción mixta se equipara con la reductora en Castellons y tiene buena incidencia en Sant Miquel.

**Gráfico 5.6** – Tipos de cocción - Sur



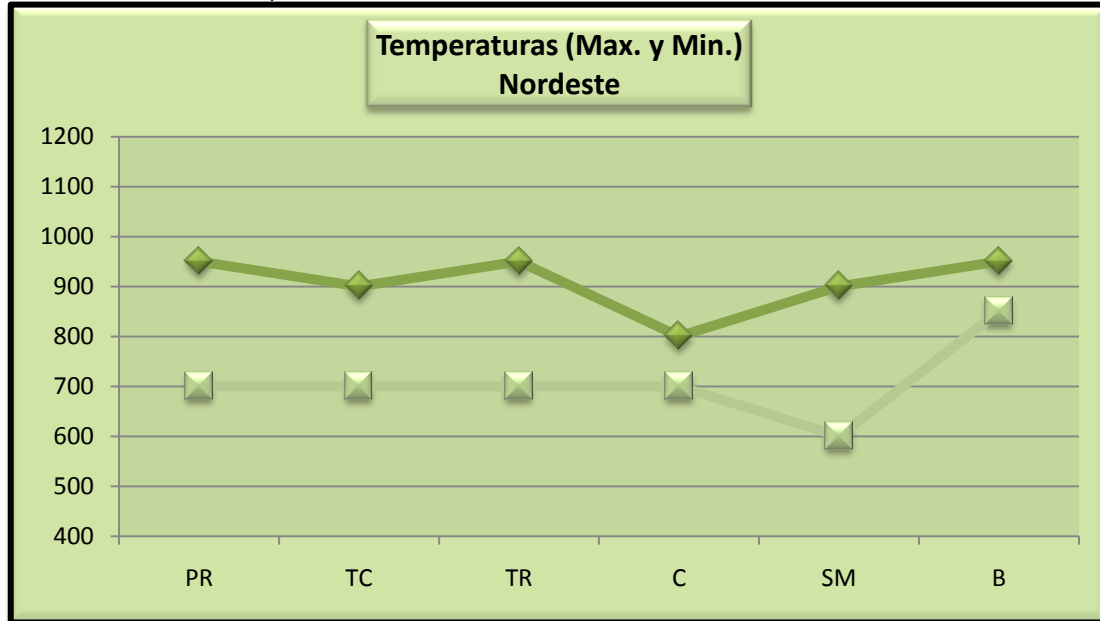
CP: Cueva de la Pastora; PG: Puntal de la Granja; T: El Tesorero; CSM: Cerro San Marcos; TRj: Terrera del Reloj; CG: Cortijo el Guarda; CA: Cerro de Alboroz; BM: Barranco del Moro; CC: Cortijo Cabrera; CCp: Cerro Cepero; MB: Medina Bazta

Se puede ver en el Sur, que la cocción oxidante (Gráfico 5.6) predomina en Puntal de la Granja, Cortijo Cabrera y Medina Bazta. La cocción reductora prepondera en Terrera del Reloj y Barranco del Moro y se iguala en Cerro Cepero con la cocción oxidante. La

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

cocción mixta es mayoría en Cueva de la Pastora y San Marcos, en Cerro de Alboroz se iguala con oxidante y reductora y en Tesorero con la oxidante.

**Gráfico 5.7** – Temperaturas de cocción - Nordeste



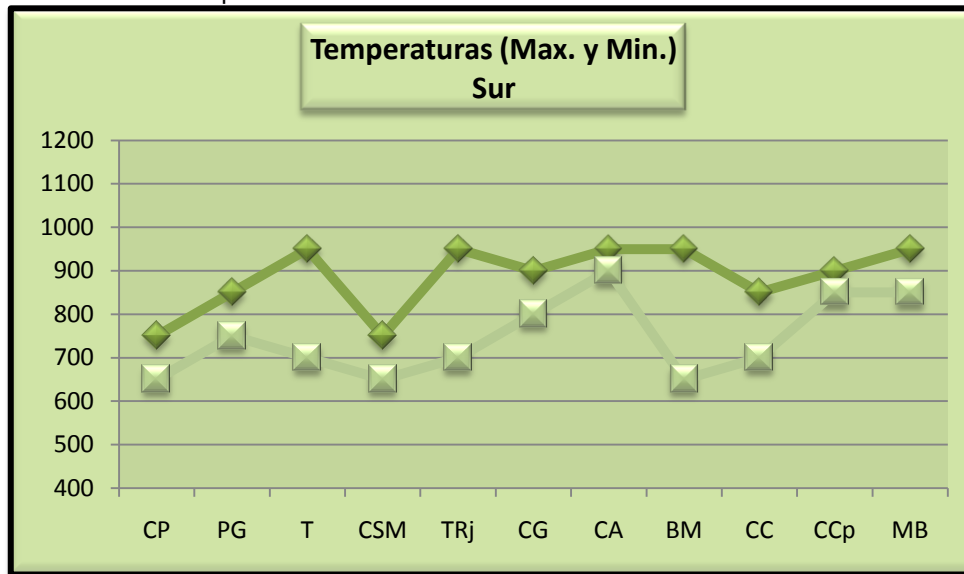
PR: Puig Roig; TC: Turó Calvari; TR: Tossal Redó; C: Castellons; SM: Sant Miquel; B: Barrugat

El gráfico 5.7 destaca los límites mínimos y máximos de temperaturas encontradas en cada yacimiento del Nordeste, donde se puede tener una visión general de las mismas. En Puig Roig la temperatura mínima está estimada en 700 grados y la máxima se sitúa alrededor de 950 grados. La temperatura en Turó Calvari ronda los 700 grados para la mínima y para la máxima los 900 grados y en Tossal Redó esta curva está estimada de 700 a 950 grados. En Castellons se observa una franja de cocción de 700 a 800 grados. Sant Miquel de Vinebre posee temperatura mínima de 600 grados mientras que la máxima se sitúa en 900 grados. En Barrugat, la franja de cocción tiene mínima de 850 grados y máxima de 950 grados.

Las temperaturas mínimas del Nordeste quedan estables desde Bronce Final hasta el Ibérico, donde empieza su aumento hasta el periodo romano. Las temperaturas máximas tuvieron pocas variaciones hasta la Edad del Hierro y se puede ver a partir de ese momento su ascensión constante hasta el período Romano. La temperatura máxima en Puig Roig puede ser explicada por el incendio que ocurrió en ese yacimiento (GENERA, 2014), ya que en ese periodo la cocción de las cerámicas normalmente no alcanzaba la temperatura observada en el gráfico.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Gráfico 5.8 – Temperaturas de cocción - Sur



CP: Cueva de la Pastora; PG: Puntal de la Granja; T: El Tesorero; CSM: Cerro San Marcos; TRj: Terrera del Reloj; CG: Cortijo el Guarda; CA: Cerro de Alboroz; BM: Barranco del Moro; CC: Cortijo Cabrera; CCp: Cerro Cepero; MB: Medina Bazta

El gráfico 5.8 destaca los límites mínimos y máximos de temperaturas encontradas en cada yacimiento del Sur, donde se puede tener una visión general de las mismas. En Cueva de la Pastora la temperatura de cocción está estimada en una mínima de 650 grados y máxima de 750 grados. En Puntal de la Granja la franja es de mínima de 750 grados y máxima sería de 850 grados. El Tesorero presenta temperatura mínima alrededor de 700 grados y máxima en torno de 950 grados. Ya en Cerro San Marcos se observa una curva de temperatura entre 650 y 750 grados. La temperatura de cocción estimada en Terrera del Reloj se sitúa en el rango de 700 a 950 grados y en Cortijo del Guarda entre 800 y 900 grados. Para el yacimiento de Cerro de Alboroz se puede ver que la curva de cocción tiene mínima de 900 grados y máxima en torno de 950 grados. Barranco del Moro presenta una franja más amplia de temperatura donde la mínima se sitúa en 650 grados y la máxima alrededor de 950 grados. Cortijo Cabrera tiene una franja de temperatura entre 700 y 850 grados. En Cerro Cepero, la temperatura mínima rondó los 850 grados y la máxima fue de 900 grados. Y en Medina Bazta la curva de cocción tiene una franja de temperatura entre 850 y 950 grados.

En Sur se observa una mayor variación de las temperaturas mínimas (Gráfico 5.8). Se puede ver una subida del periodo neolítico hasta la Edad del Cobre y un pequeño descenso hasta el inicio de la Edad del Bronce. Empieza a nuevamente a subir de ese periodo hasta el Bronce Final, con una fuerte caída hasta el periodo Ibérico Antiguo. Vuelve a una ascensión por los periodos Íbero-romano y Romano hasta periodo Medieval,

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

donde se mantiene estable. Las temperaturas máximas presentan aumento del Neolítico hasta el Cobre. Sufre un descenso hasta inicio del Bronce, con otra subida hasta el Bronce Pleno. De ahí tiene pequeñas variaciones hasta el período del Bronce Final donde empieza una estabilidad hasta inicio del Ibérico Antiguo. Pasa por otro descenso e inicia a recuperarse con aumentos constantes hasta el periodo Medieval.

En la región Nordeste la técnica de fabricación a mano aparece en la totalidad de las muestras en el yacimiento de Tossal Redó y su prevalencia, sobre la cerámica hecha a torno, ocurre en Puig Roig, Castellons y Turó Calvari. En Sant Miquel de Vinebre y Barrugat se puede ver que las cerámicas, en su mayoría, están hechas a torno.

En el Sur las muestras de cerámicas hechas con la técnica de fabricación a mano aparecen en su totalidad en los yacimientos de Cueva de la Pastora, El Tesorero, Cerro San Marcos, Terrera del Reloj, Cortijo del Guarda y Cerro de Alboroz. Se encuentra una predominancia de la técnica hecha a mano sobre la hecha a torno en Puntal de la Granja, Cortijo Cabrera y Cerro Cepero. Ya en Barranco del Moro se puede ver un claro predominio de la fabricación hecha a torno sobre la técnica hecha a mano. Y en Medina Bazta las muestras presentan en su totalidad la técnica de fabricación a torno.

El color de las pastas depende directamente de la composición mineralógica y química de las materias primas empleadas. La atmósfera de cocción empleada es normalmente evidente a partir del color de la cerámica. Así, las pastas cerámicas con tonos rojizos o beige indican una atmósfera oxidante, mientras los tonos negros o grises indican una atmosfera reductora o bien un tiempo de cocción insuficiente para que la materia orgánica sufra su quema (TITE, 2008).

El desarrollo del color rojo de las pastas cerámicas tiene correlación con la concentración de hierro. La presencia de cuarzo y feldespatos, que son minerales claros y pobres en hierro, contribuye para un color más aclarado o amarillento de los recipientes cerámicos (CULTRONE *et al*, 2011).

En la Tabla 5.1 se puede observar que en algunas muestras el óxido de calcio (CaO) tiene una concentración más grande que el óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), resultando que las mismas se vuelvan más claras. Se observa un arco de color que abarca desde el amarillo pardusco hasta gris oscuro.

En Puig Roig y Tossal Redó se ve que las muestras con una alta concentración de óxido de calcio (CaO) presentan tonos rosáceos. En Castellons esta incidencia ocurre sobre los tonos de gris. En las muestras de Sant Miquel y Barrugat se puede ver una baja concentración de óxido de calcio (CaO). Sin embargo, los tonos de marrón, gris y rojo, en

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

su mayoría, continúan más claros por influencia de otros elementos minerales. Turó Calvari presenta, en mayor numero, tonos amarronados claros debido a gran concentración de oxido de calcio (CaO). La cocción oxidante es preponderante en las muestras estudiadas, sin embargo se ve una pequeña incidencia de reductora y mixta.

**Tabla 5.1 – Color de las pastas - Nordeste**

Muestras	Tipo cocción	Color	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)
<b>Puig Roig</b>				
<b>PR-1</b>	Red	10YR 5/2 Marron grisaceo	4.65	1.44
<b>PR-3</b>	Oxi	7.5YR 7/4 Rosa	6.31	24.99
<b>PR-4</b>	Red	7.5YR 5/1 Gris	6.92	3.16
<b>PR-5</b>	Red	7.5YR 5/2 Marrón	6.61	5.89
<b>PR-6</b>	Oxi	10YR 6/2 Gris pardusco claro	5.77	2.43
<b>PR-7</b>	Oxi	5YR 7/3 Rosa	5.10	24.25
<b>PR-9</b>	Red	7.5YR 5/2 Marron	4.60	3.46
<b>PR-14</b>	Mix	7.5YR 7/2 Gris rosado	4.08	30.33
<b>PR-16</b>	Red	5YR 5/1 Gris	3.99	1.19
<b>PR-19</b>	Red	7.5YR 5/3 Marron	6.03	2.66
<b>PR-23</b>	Oxi	7.5YR 6/3 Marron claro	7.21	8.61
<b>PR-24</b>	Oxi	10R 7/4 Rojo palido	7.42	11.8
<b>PR-25</b>	Oxi	7.5YR 6/2 Gris rosado	6.61	7.66
<b>Turó Calvari</b>				
<b>TC-3</b>	Oxi	5YR 6/3 Rosa amarronado	6.78	17.42
<b>TC-5</b>	Mix	7.5YR 6/3 Marron claro	8.14	14.44
<b>TC-6</b>	Oxi	7.5YR 6/4 Marron claro	6.82	14.68
<b>TC-7</b>	Oxi	5YR 6/4 Marron claro rosado	6.26	9.63
<b>TC-8</b>	Red	10YR 5/1 Gris	3.94	28.81
<b>TC-9</b>	Oxi	5YR 6/4 Marron claro rosado	3.51	31.78
<b>TC-10</b>	Oxi	5YR 6/4 Marron claro rosado	3.32	33.12
<b>TC-11</b>	Mix	10YR 6/2 Gris pardusco claro	7.82	17.26
<b>TC-16</b>	Oxi	10R 6/6 Amarillo pardusco	7.44	6.99
<b>Tossal Redó</b>				
<b>TR-1</b>	Oxi	5YR 6/2 Gris rosado	6.46	6.87
<b>TR-2</b>	Oxi	2.5YR 6/4 Rosa amarronado	5.21	30.11
<b>TR-3</b>	Oxi	2.5YR 6/6 Rojizo claro	5.05	29.37
<b>TR-6</b>	Oxi	7.5YR 7/3 Rosa	4.50	27.76
<b>TR-7</b>	Oxi	5YR 7/3 Rosa	4.64	28.25
<b>Castellons</b>				
<b>C-1</b>	Mix	5YR 7/1 Gris claro	4.26	30.75
<b>C-2</b>	Mix	7.5YR 6/2 Gris rosado	7.61	8.04
<b>C-4</b>	Red	7.5YR 6/1 Gris	4.95	27.77
<b>C-5</b>	Red	7.5YR 6/2 Gris rosado	6.72	2.81
<b>Sant Miquel</b>				
<b>SM-2</b>	Mix	10YR 5/2 Marron grisaceo	5.79	3.77
<b>SM-3</b>	Mix	2.5Y 4/1 Gris oscuro	6.64	3.23
<b>SM-5</b>	Oxi	7.5YR 6/3 Marron claro	5.80	2.67
<b>SM-6</b>	Oxi	7.5YR 7/3 Rosa	6.19	8.86
<b>SM-7</b>	Oxi	5YR 6/4 Rosa amarronado	6.55	2.63
<b>SM-8</b>	Oxi	7.5YR 6/3 Marron claro	10.67	11.73
<b>SM-11</b>	Oxi	7.5YR 7/4 Rosa	6.29	7.39

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>SM-13</b>	Mix	7.5YR 5/2 Marron	6.83	2.83
<b>SM-15</b>	Mix	7.5YR 5/2 Marron	6.27	1.80
<b>SM-18</b>	Oxi	5YR 6/2 Gris rosado	5.75	7.27
<b>SM-24</b>	Red	10YR 4/1 Gris oscuro	5.97	1.76
<b>SM-25</b>	Oxi	7.5YR 7/4 Rosa	5.66	6.36
<b>Barrugat</b>				
<b>B-4</b>	Oxi	2.5YR 6/6 Rojizo claro	4.80	1.58
<b>B-5</b>	Oxi	2.5YR 6/6 Rojizo claro	4.91	4.98
<b>B-6</b>	Oxi	2.5YR 6/4 Rosa amarronado	4.74	0.52
<b>B-7</b>	Oxi	2.5YR 6/6 Rojizo claro	5.71	0.83
<b>B-8</b>	Oxi	2.5YR 6/6 Rojizo claro	5.10	0.87
<b>B-9</b>	Oxi	2.5YR 6/6 Rojizo claro	4.52	1.33
<b>B-10</b>	Oxi	10R 6/4 Rojo palido	5.02	0.69

En la Tabla 5.2 se puede ver que las muestras ricas en oxido de calcio (CaO) presentan, en su mayoría, una tonalidad más claras debido a su combinación con los minerales de hierro. Se observa un arco de color que abarca desde el amarillento rojizo hasta gris oscuro.

En Cerro Cepero y Medina Batza se puede ver que las muestras presentan tonos de rosa y marrón. En Cueva de la Pastora, Terrera del Reloj y Cerro de Alboroz presentan una concentración de oxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ) más alta en comparación con el oxido de calcio (CaO) y sus muestras, en su mayoría, tiene tonos grises. En Tesorero se ve una baja concentración de oxido de calcio (CaO), con tonos de gris y marrón. Cerro de San Marco y Cortijo Cabrera poseen muestras ricas en oxido de calcio (CaO) también con tono de gris y marrón. Barranco del Moro presenta una buena concentración de oxido de hierro ( $Fe_2O_3$ ) con tonos grises, rosáceos y amarillento. Cortijo del Guarda es rico en oxido de calcio (CaO) y tiene un color gris. Puntal de la Granja posee buena concentración de oxido de calcio (CaO) y tonos de gris y rojo. Se puede ver un predominio de la cocción oxidante, sin embargo hay un equilibrio entre los tres tipos de cocción en relación a región nordeste.

**Tabla 5.2** – Color de las pastas - Sur

<b>Muestras</b>	<b>Tipo cocción</b>	<b>Color</b>	<b>Fe2O3 (%)</b>	<b>CaO (%)</b>
<b>Cueva de la Pastora</b>				
<b>CNL105-2</b>	Oxi	10YR 7/1 Gris claro	3.90	16.36
<b>CNL105-3</b>	Mix	5YR 4/1 Gris oscuro	7.34	2.57
<b>CNL105-5</b>	Mix	7.5YR 5/1 Gris	7.18	1.52
<b>CNL105-6</b>	Red	10YR 4/1 Gris oscuro	6.07	1.25
<b>Puntal de la Granja</b>				
<b>BAZ011-2</b>	Oxi	7.5YR 6/2 Gris rosado	4.82	3.61
<b>BAZ011-3</b>	Oxi	10YR 6/2 Gris pardusco claro	4.85	20.35
<b>BAZ011-5</b>	Oxi	2.5YR 6/6Rojizo claro	6.87	8.92

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

<b>Tesorero</b>				
<b>BAZ190-1</b>	Oxi	10YR 6/2 Gris pardusco claro	7.59	0.90
<b>BAZ190-4</b>	Oxi	5YR 6/4 Marron claro rosado	8.33	0.90
<b>BAZ190-5</b>	Mix	7.5YR 5/3 Marron	7.97	1.12
<b>Cerro San Marco</b>				
<b>BNM016-1</b>	Red	10YR 5/1 Gris	8.56	1.57
<b>BNM016-3</b>	Mix	7.5YR 5/2 Marron	7.83	11.09
<b>BNM016-5</b>	Red	5YR 6/1 Gris	4.19	15.02
<b>Terrera del Reloj</b>				
<b>DDG013-3</b>	Mix	7.5YR 5/1 Gris	6.24	3.15
<b>DDG013-4</b>	Red	7.5YR 5/2 Marron	8.61	2.60
<b>DDG013-5</b>	Mix	7.5YR 6/2 Gris rosado	6.81	10.94
<b>DDG013-6</b>	Red	10YR 6/1 Gris	8.75	2.27
<b>Cortijo del Guarda</b>				
<b>DDG014-2</b>	Red	7.5YR 5/1 Gris	5.57	9.98
<b>Cerro de Alboroz</b>				
<b>BDG003-1</b>	Oxi	7.5YR 5/2 Marron	6.43	0.82
<b>BDG003-3</b>	Red	10YR 5/1 Gris	6.39	2.42
<b>Barranco del Moro</b>				
<b>ZJR003-1</b>	Oxi	5YR 7/4 Rosa	6.47	10.49
<b>ZJR003-2</b>	Oxi	5YR 6/6 Amarillento rojizo	5.76	1.34
<b>ZJR003-3</b>	Mix	5YR 6/2 Gris rosado	6.42	1.73
<b>ZJR003-5</b>	Red	GLE Y 1 6/N Gris	6.57	1.28
<b>Cortijo Cabrera</b>				
<b>DDG004-1</b>	Mix	7.5YR 7/2 Gris rosado	5.49	20.48
<b>DDG004-2</b>	Oxi	7.5YR 5/3 Marron	6.02	0.77
<b>DDG004-4</b>	Oxi	10YR 7/2 Gris claro	4.24	24.18
<b>Cerro Cepero</b>				
<b>BAZ001-1</b>	Oxi	7.5YR 7/4 Rosa	4.13	14.03
<b>BAZ001-4</b>	Oxi	10R 5/3 Rojizo pardo	9.31	12.17
<b>BAZ001-5</b>	Red	2.5YR 6/2 Rojo palido	5.31	2.36
<b>BAZ001-9</b>	Mix	7.5YR 5/3 Marron	10.62	3.16
<b>Medina Bazta</b>				
<b>MB-2</b>	Oxi	2.5YR 5/4 Marron anaranjado	8.16	1.24
<b>MB-3</b>	Oxi	7.5YR 8/3 Rosa	5.77	15.40
<b>MB-4</b>	Oxi	2.5YR 5/4 Marron anaranjado	9.44	1.92

### Análisis químico

En ese apartado se ha podido hacer un estudio comparativo entre los resultados obtenidos mediante los análisis a través de Fluorescencia de Rayos X (XRF). En un primer análisis, se expone las características de cada yacimiento y posteriormente se compara las dos regiones para confrontar sus semejanzas químicas<sup>46</sup>.

<sup>46</sup> Las informaciones sobre las concentraciones de cada elemento químico, aquí citado, están disponibles en el capítulo Resultado del respectivo yacimiento.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

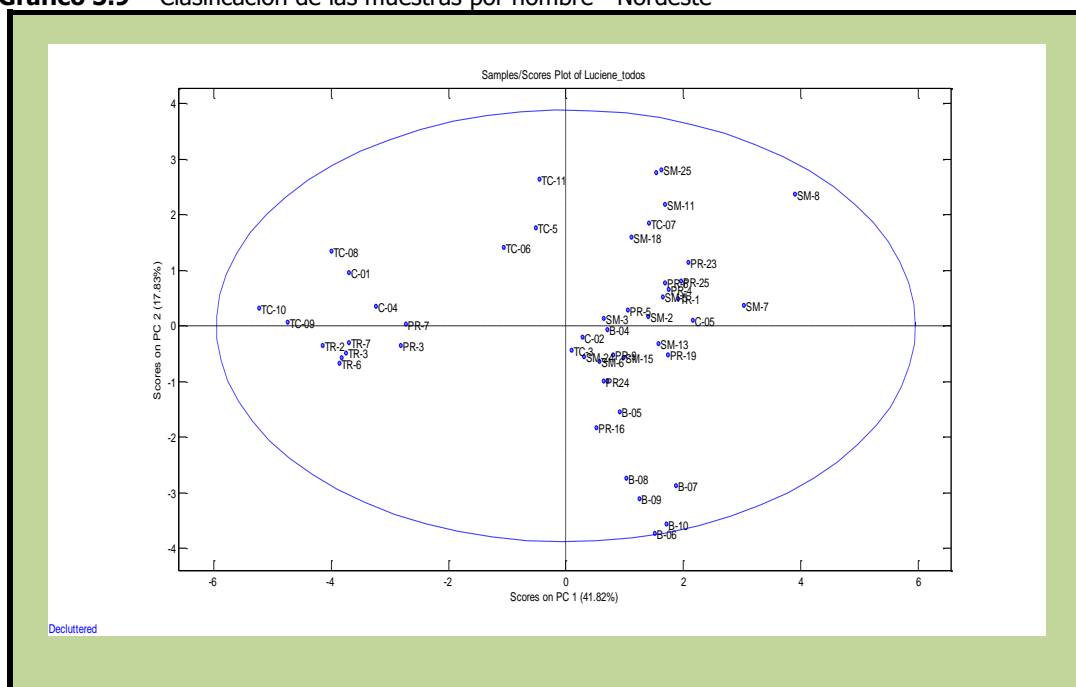
Los datos obtenidos con esta técnica sufrieron un tratamiento estadístico con el fin de comparar las variables químicas. Para eso se ha utilizado el análisis de componentes principales (PCA) para evaluación de los datos composicionales.

El análisis estadístico, se ha llevado a cabo con un total de 86 muestras cerámicas. De los 33 elementos determinados por XRF, solo 12 se han incluido en estos análisis. Cuando una variable presenta muchos ceros es aconsejable eliminarla, con el fin de reducir el conjunto de datos y simplificar el cálculo.

Para la construcción de las matrices de datos las muestras fueron ordenadas en las líneas y los elementos químicos en las columnas dando origen a otras matrices (86 x 12) donde se encuentran los respectivos componentes mayoritarios y las concentraciones de los elementos trazas. Fueron simulados modelos conteniendo entre 2 y 3 componentes principales cuya variancia total explicada ha oscilado de 11,98 a 57,55 %, con nivel de confianza de 95%. El procesamiento general utilizado fue el de "autoescalamiento" (autoscale).

- Componentes principales (Nordeste)

**Gráfico 5.9** – Clasificación de las muestras por nombre - Nordeste





## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Gráfico 5.10 – Clasificación de las muestras por yacimiento - Nordeste

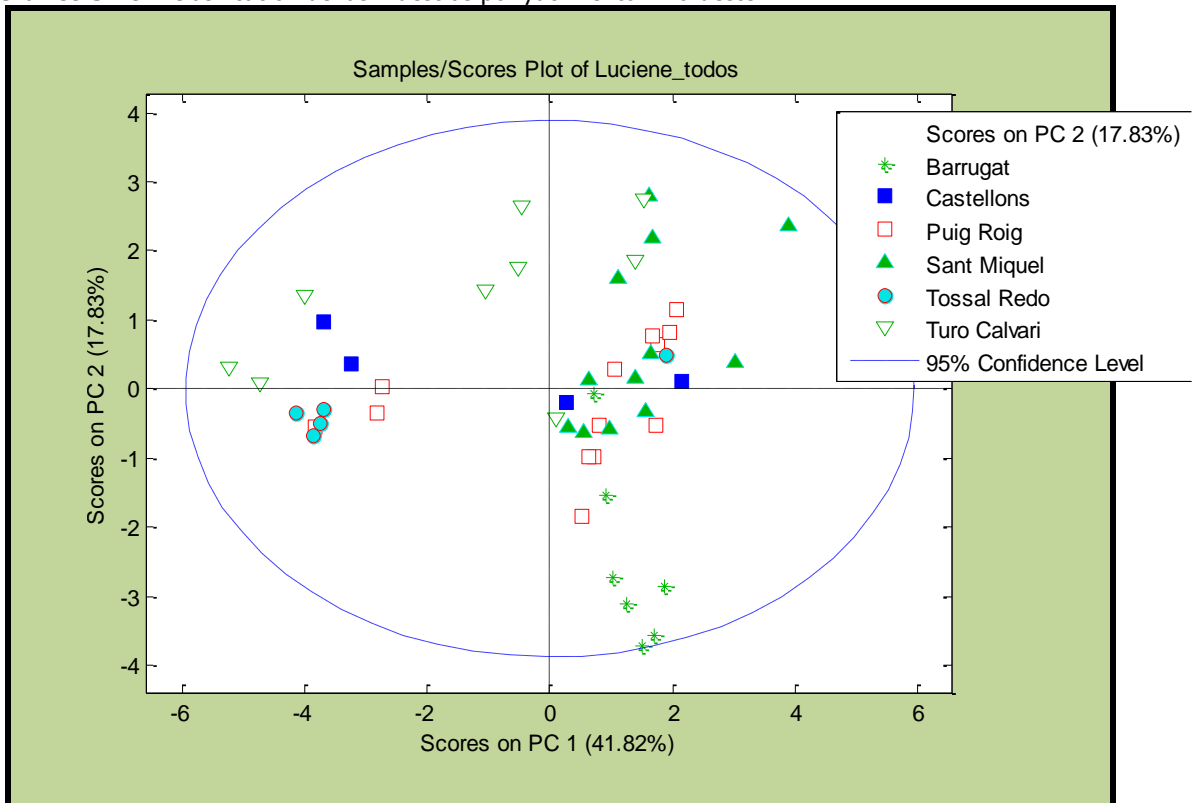
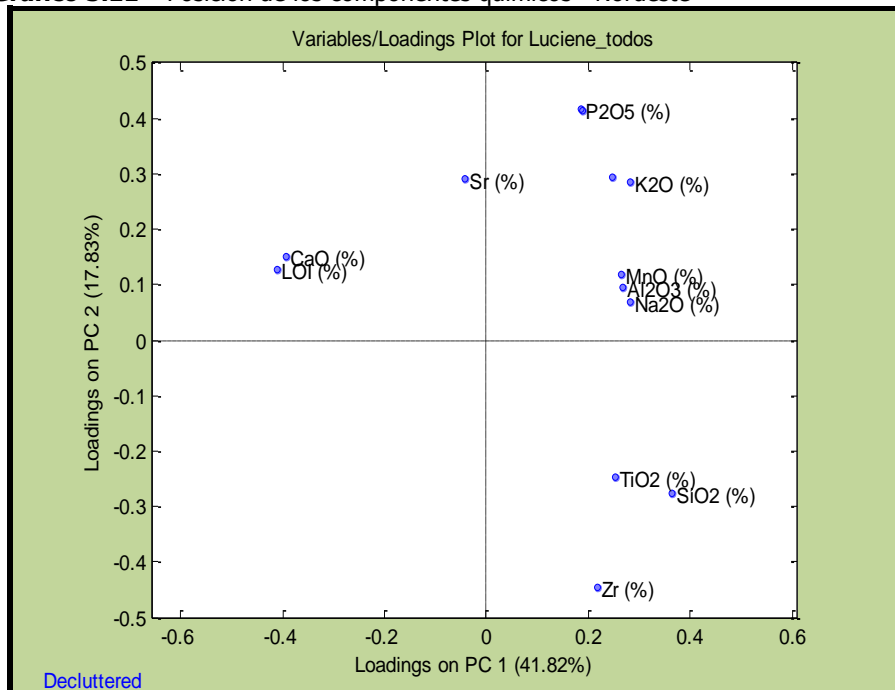


Gráfico 5.11 – Posición de los componentes químicos - Nordeste



Se puede observar en los gráficos (5.9, 5.10 y 5.11) el siguiente:

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Puig Roig (PR) tiene como componentes principales la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). El óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) crea un alejamiento en casi todas las muestras, como está reflejado en la tabla de resultados de estos grupos. Las muestras PR3 y PR7 se alejan del grupo por su alta concentración de cal ( $\text{CaO}$ ) y LOI.

En Turo del Calvari (TC) la cal ( $\text{CaO}$ ) es el componente principal de TC8, TC9 y TC10. Y en TC3, TC5, TC6, TC7, TC11 y TC16 se puede ver la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con presencia de óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ).

En Tossal Redó (TR) se puede ver que TR2, TR3, TR6 y TR7 tienen como componentes principales la cal ( $\text{CaO}$ ), formando un grupo en la izquierda en el gráfico. Solamente TR1 se aleja de las demás y sus componentes principales son la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

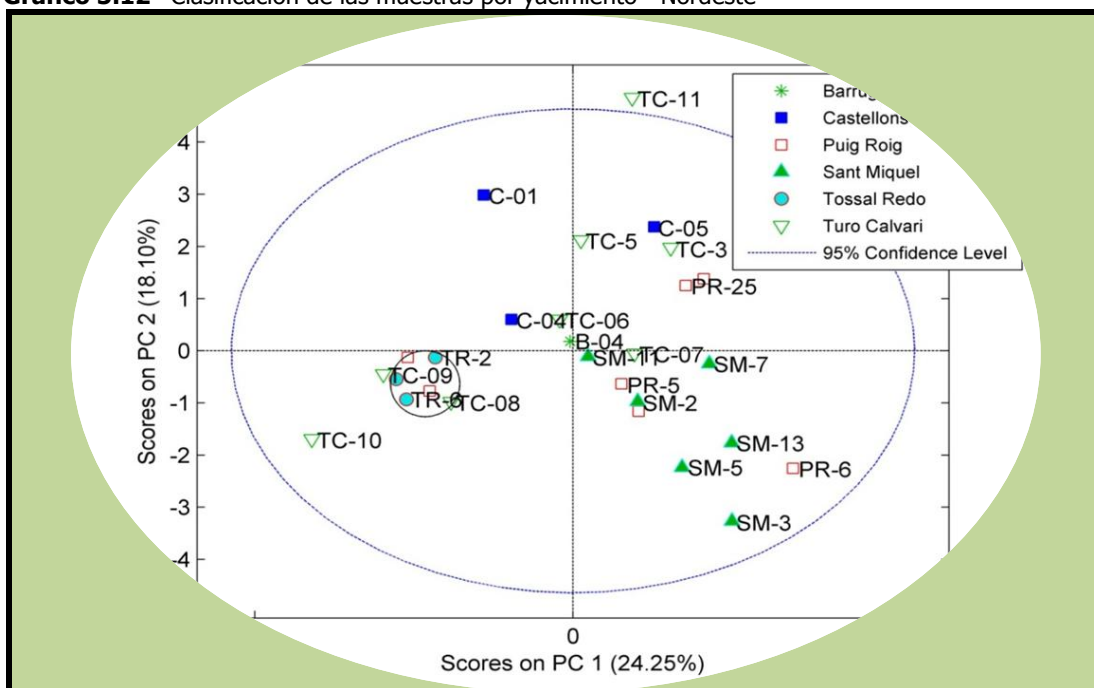
En Castellons (C), C1 y C4 tienen la cal ( $\text{CaO}$ ) como componente principal, seguida de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Las muestras C2 y C5 poseen la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) como componentes principales.

Sant Miquel (SM) poseen como componentes principales la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), con presencia de óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ).

En Barrugat (B) los componentes principales son la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), formando un grupo en el cuadrante inferior izquierdo.

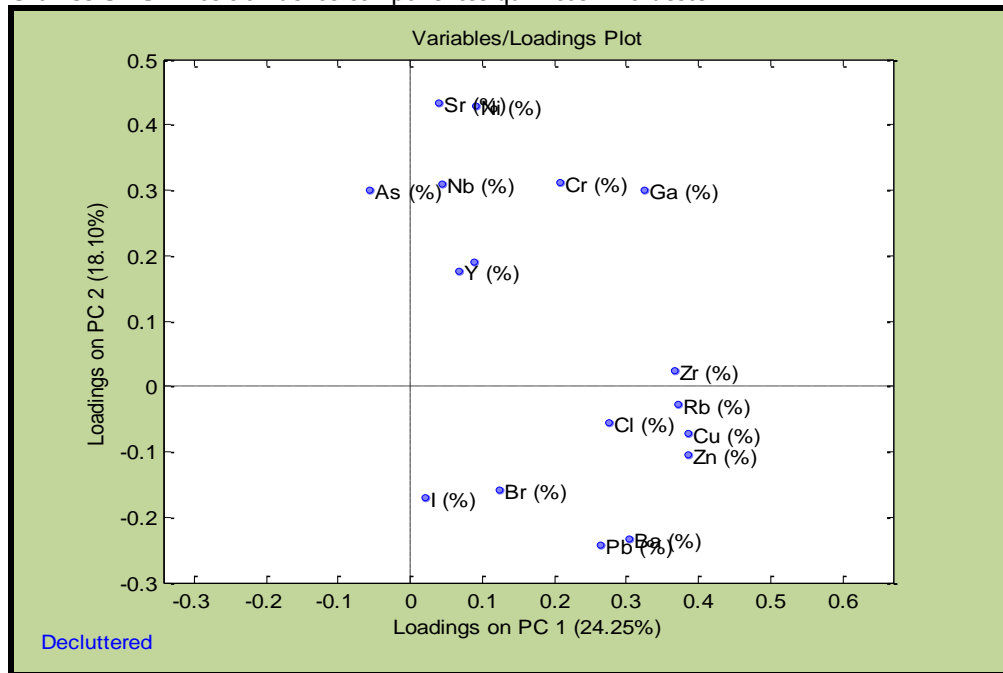
- Elementos traza (Nordeste)

**Gráfico 5.12**– Clasificación de las muestras por yacimiento - Nordeste



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 5.13** – Posición de los componentes químicos - Nordeste



En los gráficos (5.12 y 5.13) se observa que:

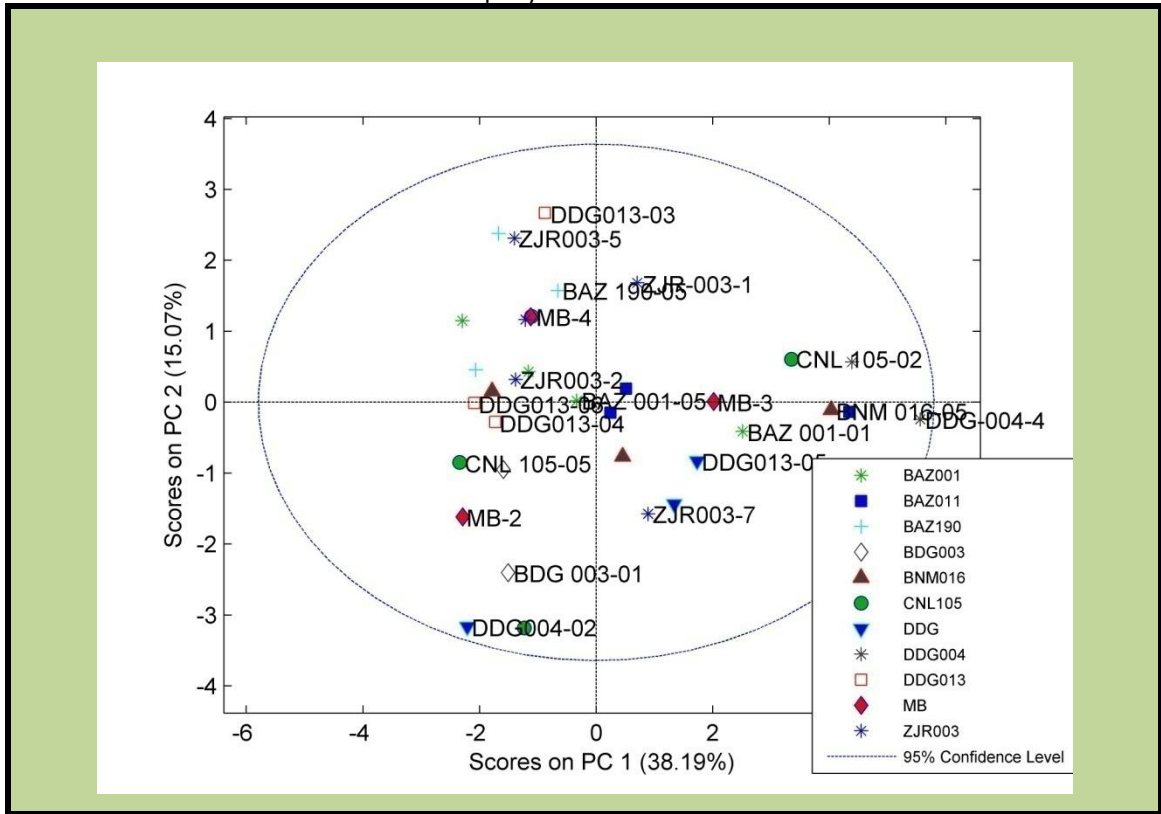
En Puig Roig (PR) las muestras PR4, PR5 y PR6 se particularizan por bario (Ba), cloro (Cl) y estroncio (Sr), con presencia de plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu) y rubidio (Rb). PR3, PR14 y PR23 se definen por bario (Ba), estroncio (Sr), azufre (S) y cobre (Cu), con presencia de zirconio (Zr), zinc (Zn) y cromo (Cr). Mientras que PR25 tiene bario (Ba), estroncio (Sr), azufre (S) y zirconio (Zr), con presencia de cobre (Cu), zinc (Zn), cromo (Cr), cloro (Cl) y rubidio (Rb).

En Turo del Calvari (TC) se puede ver las muestras TC3, TC5, TC6 y TC11 identificadas por el estroncio (Sr), el cromo (Cr), el zirconio (Zr), el galio (Ga) y el itrio (Y), con presencia de bario (Ba), azufre (S), cloro (Cl), rubidio (Rb), zinc (Zn) y cobre (Cu). En las muestras TC9, TC10 y TC8 los trazas que las particularizan son el cloro (Cl) y azufre (S), con presencia de bario (Ba), estroncio (Sr), cromo (Cr), cobre (Cu) y zinc (Zn). TC7 está identificada por la cantidad de bario (Ba), cloro (Cl), rubidio (Rb), zinc (Zn) y cobre (Cu), con presencia de azufre (S), estroncio (Sr) y cromo (Cr). TC16 tiene trazo fuerte de estroncio (Sr). Toda esa información está reflejada en la tabla de resultados de estos grupos.

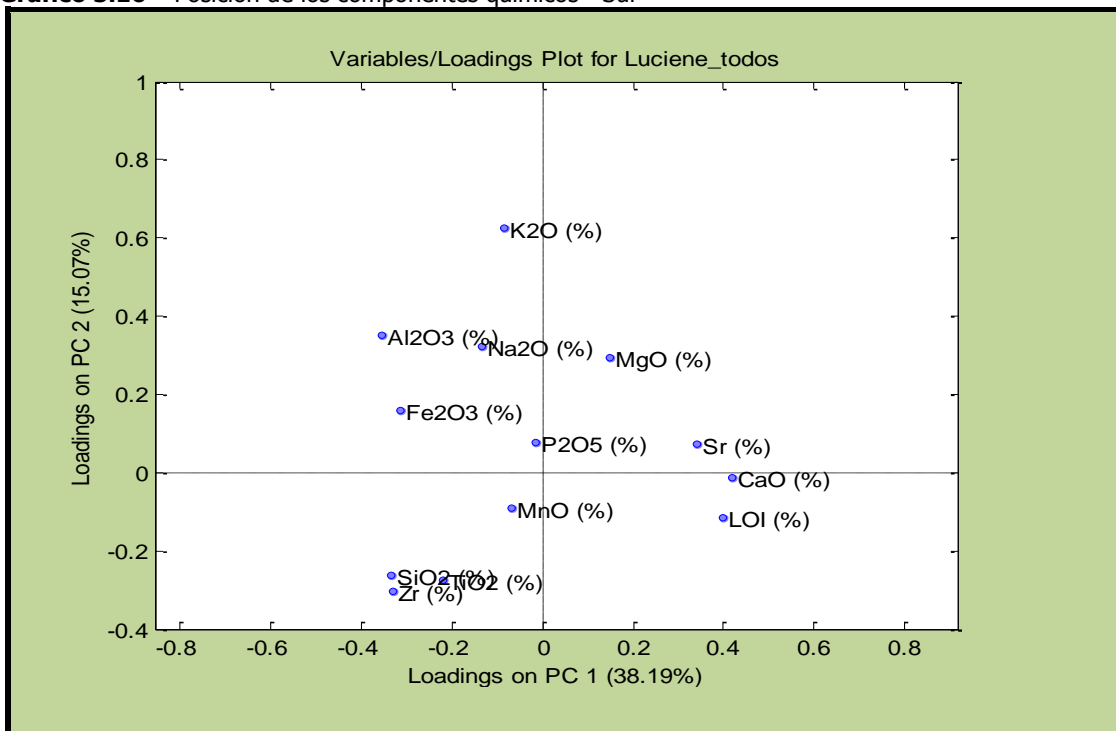


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 5.15** – Clasificación de las muestras por yacimiento - Sur



**Gráfico 5.16** – Posición de los componentes químicos - Sur



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

En los gráficos (5.14, 5.15 y 5.16) se percibe que:

En Cueva de la Pastora (CNL-105) los componentes principales son la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), con presencia de óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ). Sin embargo, CNL105-2 posee presencia de cal ( $\text{CaO}$ ).

Puntal de la Granja (BAZ011) posee como componentes principales la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), con fuerte presencia de cal ( $\text{CaO}$ ) en BAZ011-3. Información reflejada en la tabla de resultados de estos grupos.

El Tesorero (BAZ190) tiene como componentes principales la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), con presencia de óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ).

En Cerro San Marcos (BNM16) los componentes principales son la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ), con presencia de cal ( $\text{CaO}$ ) en BNM16-5, que está reflejado en la tabla de resultados de estos grupos.

En Terrera del Reloj (DDG013) los componentes principales son la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ), con presencia de cal ( $\text{CaO}$ ) en DDG013-5.

En Cortijo del Guarda (DDG014), DDG014-1 posee predominio de cal ( $\text{CaO}$ ) con fuerte presencia de óxido de fosforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Mientras que DDG014-2 tiene como componentes principales la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). La información está reflejada en la tabla de resultados de estos grupos.

En Cerro de Alboroz (BDG003) los componentes principales son la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con presencia de óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ).

Barranco del Moro (ZJR003) tiene como componentes principales la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), óxido de potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ), con presencia de cal ( $\text{CaO}$ ) en ZJR003-1 y ZJR003-7. La información está reflejada en la tabla de resultados de estos grupos.

Cortijo Cabrera (DDG004) tiene como componentes principales son la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con presencia de cal ( $\text{CaO}$ ).

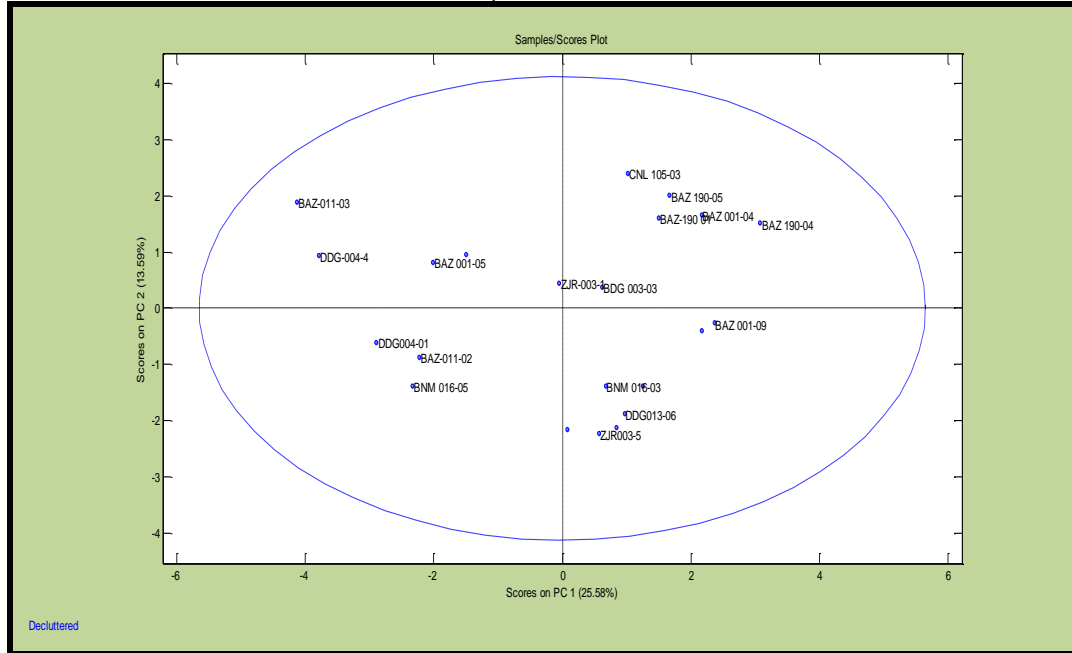
En Cerro Cepero (BAZ001) los componentes principales son la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con presencia de cal ( $\text{CaO}$ ) en BAZ001-1 y BAZ001-4. La información está reflejada en la tabla de resultados de estos grupos.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

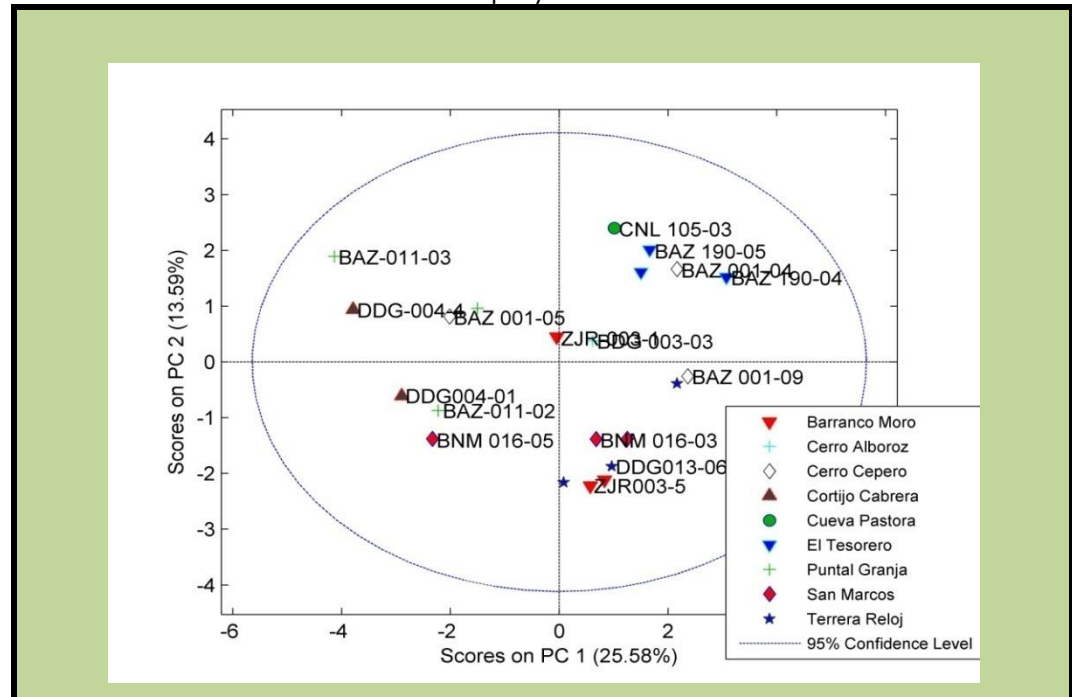
Medina Bazta (MB) tienen como componentes principales la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), el aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), con presencia de cal ( $\text{CaO}$ ) y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) en MB3. La información está reflejada en la tabla de resultados de estos grupos.

- Elementos traza (Sur)

**Gráfico 5.17** – Clasificación de las muestras por nombre - Sur



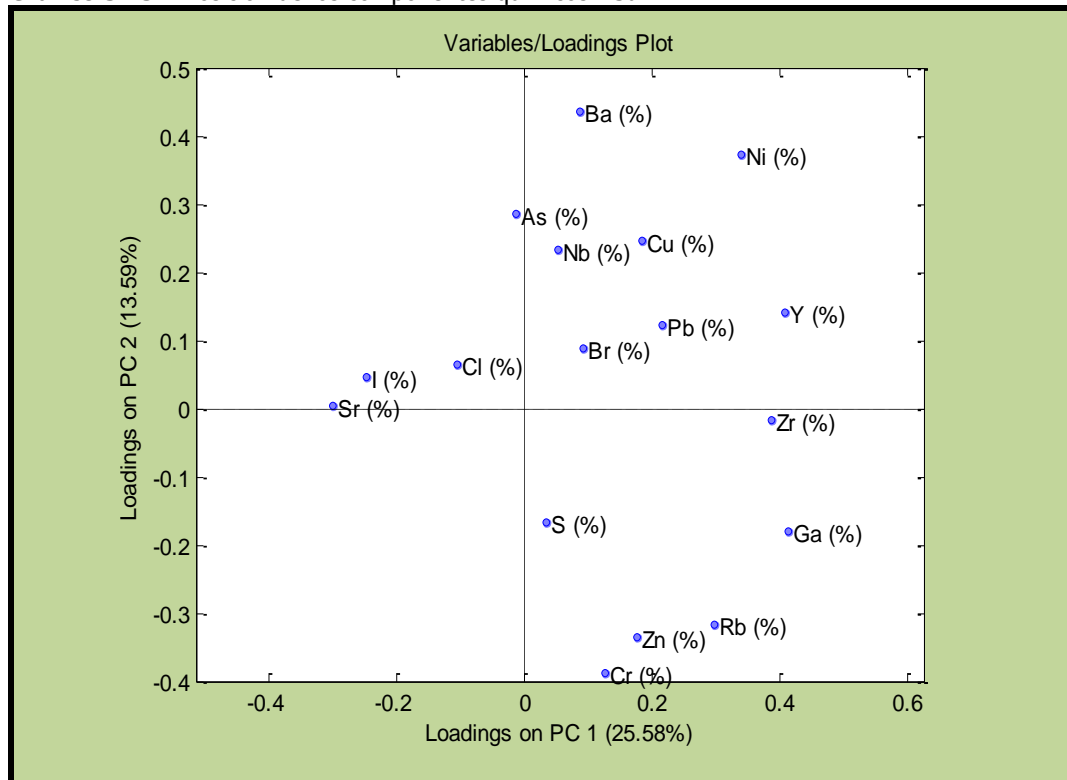
**Gráfico 5.18** – Clasificación de las muestras por yacimiento - Sur





## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Gráfico 5.19** – Posición de los componentes químicos - Sur



En los gráficos (5.17, 5.18 y 5.19) se puede ver que:

Cueva de la Pastora (CNL-105) está caracterizada por el zirconio (Zr). Sin embargo, CNL105-3 está particularizada por trazas de bario (Ba), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb) e itrio (Y).

En Puntal de la Granja (BAZ011) la muestra BAZ011-2 está particularizada por trazas de azufre (S), estroncio (Sr) y zirconio (Zr), con presencia de zinc (Zn), cromo (Cr) y rubidio (Rb). No obstante, las demás muestras poseen fuerte trazo de bario (Ba), con presencia de estroncio (Sr), cloro (Cl) e yodo (I). Como está reflejada en la tabla de resultados de estos grupos.

Las tres muestras de El Tesorero (BAZ190) son muy semejantes y están particularizadas por trazas de bario (Ba), plomo (Pb), cobre (Cu), níquel (Ni), galio (Ga) e itrio (Y).

En Cerro de San Marcos (BNM16) las muestras BNM16-1 y BNM16-3 son particularizadas por trazas de azufre (S), zirconio (Zr), rubidio (Rb) y zinc (Zn).

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Mientras BNM16-5 posee fuertes presencia de estroncio (Sr), cloro (Cl) e yodo (I). Información que se puede ver en la tabla de resultados de este grupo.

En Terrera del Reloj (DDG013) la muestra DDG013-5 está identificada por estroncio (Sr), pero las demás son particularizadas por trazas de azufre (S), zinc (Zn), zirconio (Zr), cromo (Cr), rubidio (Rb) y galio (Ga).

Cortijo del Guarda (DDG014) está caracterizado por estroncio (Sr) y zirconio (Zr). Sin embargo DDG014-1 se aleja por su gran cantidad de cloro (Cl), azufre (S), flúor (F), estroncio (Sr) y bromo (Br), con presencia de zinc (Zn) y bario (Ba). Estas informaciones están reflejadas en la tabla de resultados de estos grupos.

Cerro de Alboroz (BDG003) está particularizado por trazas de bario (Ba), cloro (Cl), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb) e itrio (Y).

Barranco del Moro (ZJR003) tiene ZJR003-1 que se particulariza por una fuerte presencia de bario (Ba), seguido de estroncio (Sr), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb) e itrio (Y). Mientras que ZJR003-3 y ZJR003-5 son definidas por trazas de zinc (Zn), azufre (S), cromo (Cr), zirconio (Zr), rubidio (Rb) y galio (Ga). Como se puede observar en la tabla de resultados de estos grupos.

En Cortijo Cabrera (DDG004) los trazas que particularizan las muestras son estroncio (Sr), cloro (Cl) y bario (Ba), con presencia de yodo (I).

En Cerro Cepero (BAZ001) la muestra BAZ001-1 posee estroncio (Sr); BAZ001- 4 está particularizada por bario (Ba), cobre (Cu), níquel (Ni), bromo (Br), arsénico (As) e itrio (Y), con presencia de zinc (Zn). BAZ001- 5 está definida por cloro (Cl). Mientras BAZ001- 9 tiene como trazas, azufre (S), bario (Ba), cromo (Cr), rubidio (Rb), zinc (Zn), galio (Ga) y plomo (Pb).

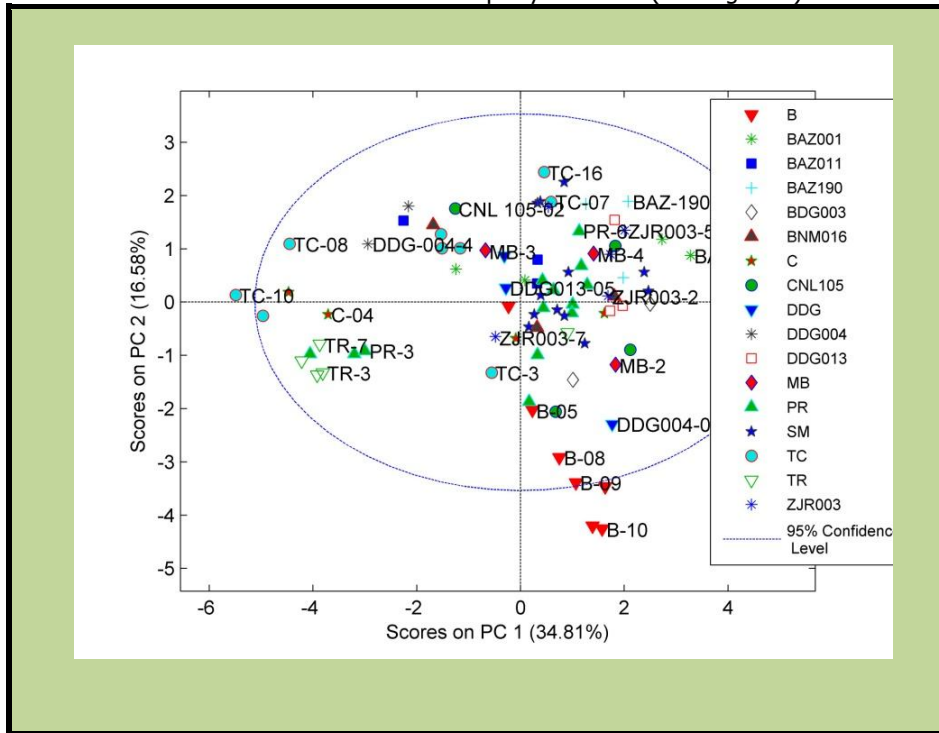
En Medina Bazta (MB) la muestra MB4 está particularizada por una gran cantidad de plomo (Pb) y cobre (Cu), con presencia de zinc (Zn), rubidio (Rb) y cromo (Cr). Mientras que las demás están centradas en estroncio (Sr) y zirconio (Zr). Estas informaciones están reflejadas en la tabla de resultados de estos grupos.

# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

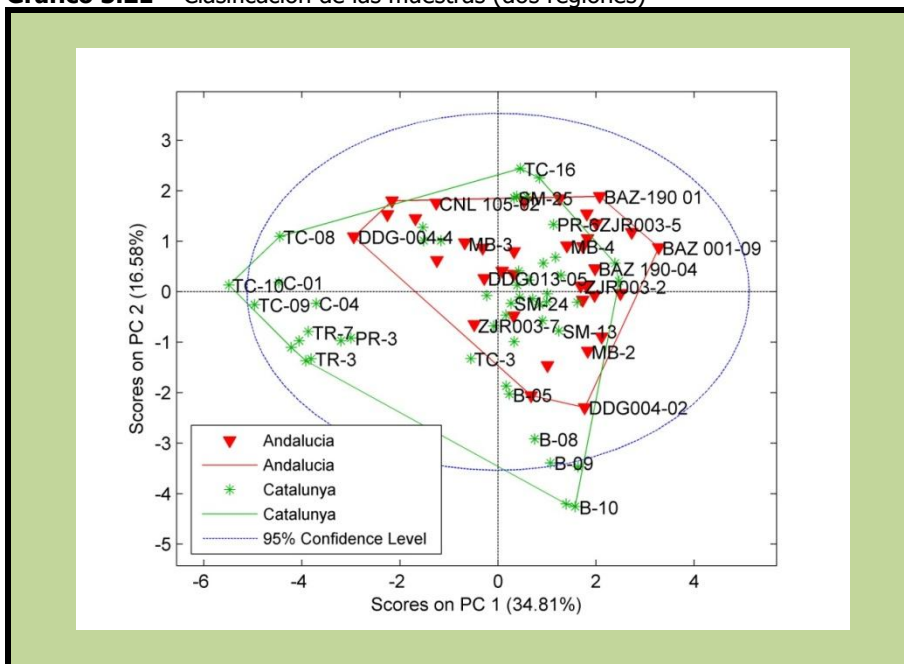
Comparativos de las dos regiones

- Componentes principales

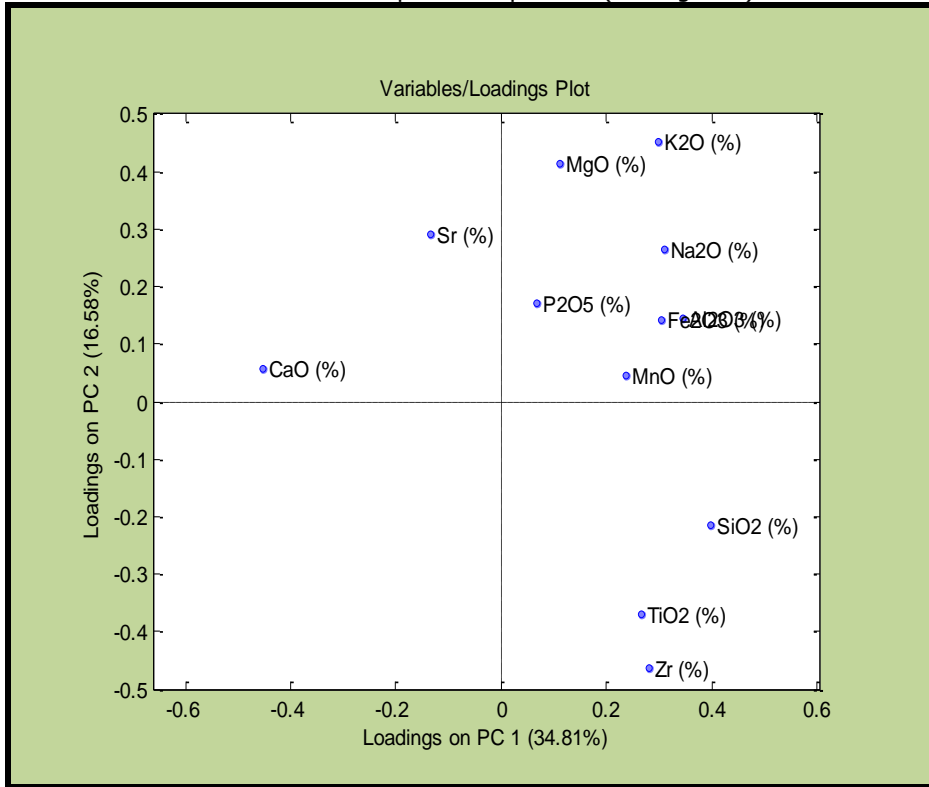
**Gráfico 5.20** – Clasificación de las muestras por yacimiento (dos regiones)



**Gráfico 5.21** – Clasificación de las muestras (dos regiones)



**Gráfico 5.22** – Posición de los componentes químicos (dos regiones)



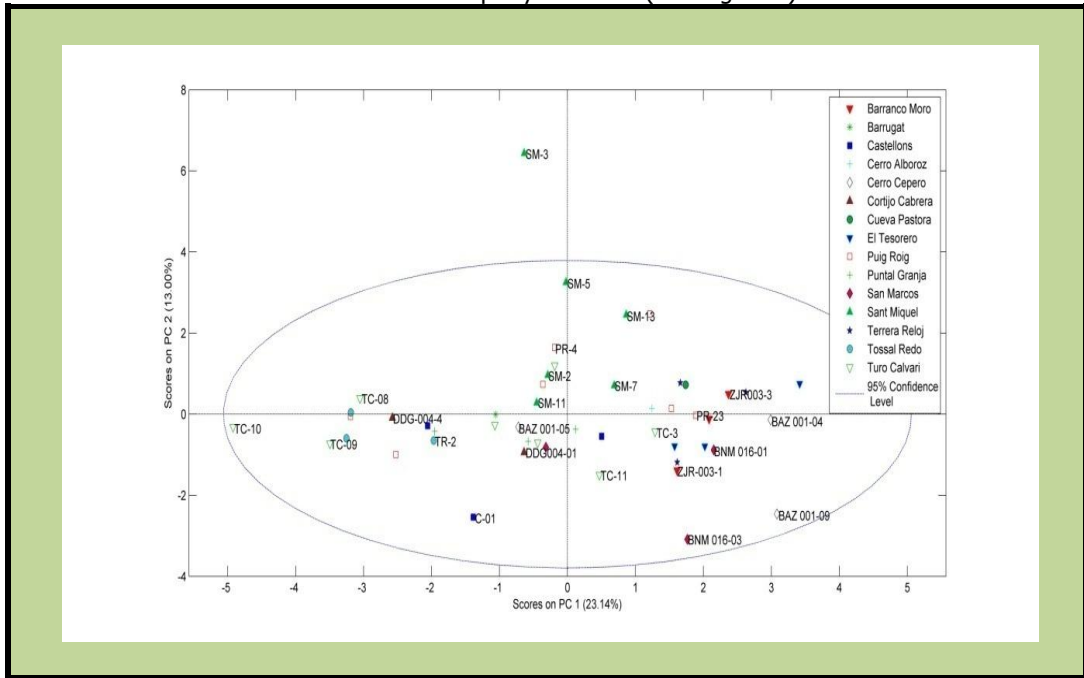
En los gráficos (5.20, 5.21 y 5.22) se puede ver que:

En la comparación entre los yacimientos con sus composiciones principales (Gráfico 5.20) se puede ver aproximaciones de composición química entre las muestras de Puig Roig y Sant Miquel. El Tesorero, Barrugat, Cerro Cepero y Cortijo del Guarda forman grupos ordenados según su composición. Las muestras de los demás yacimientos están dispersas y con pocas semejanzas químicas significativas.

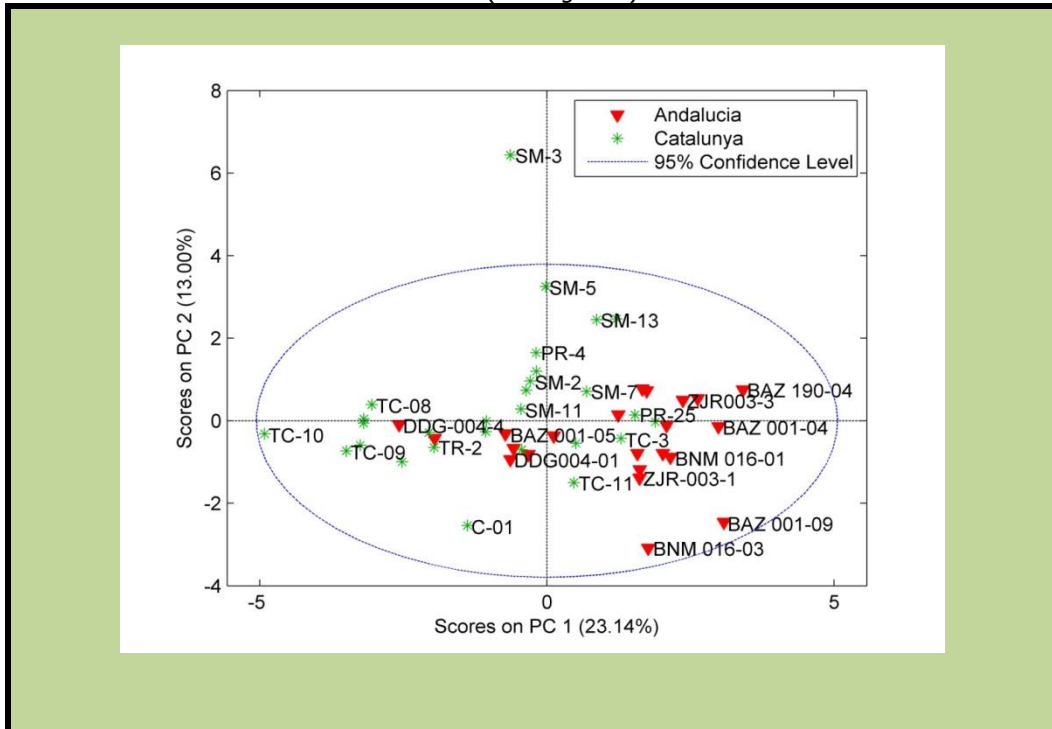
# Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

- Elementos traza

**Gráfico 5.23** – Clasificación de las muestras por yacimiento (dos regiones)

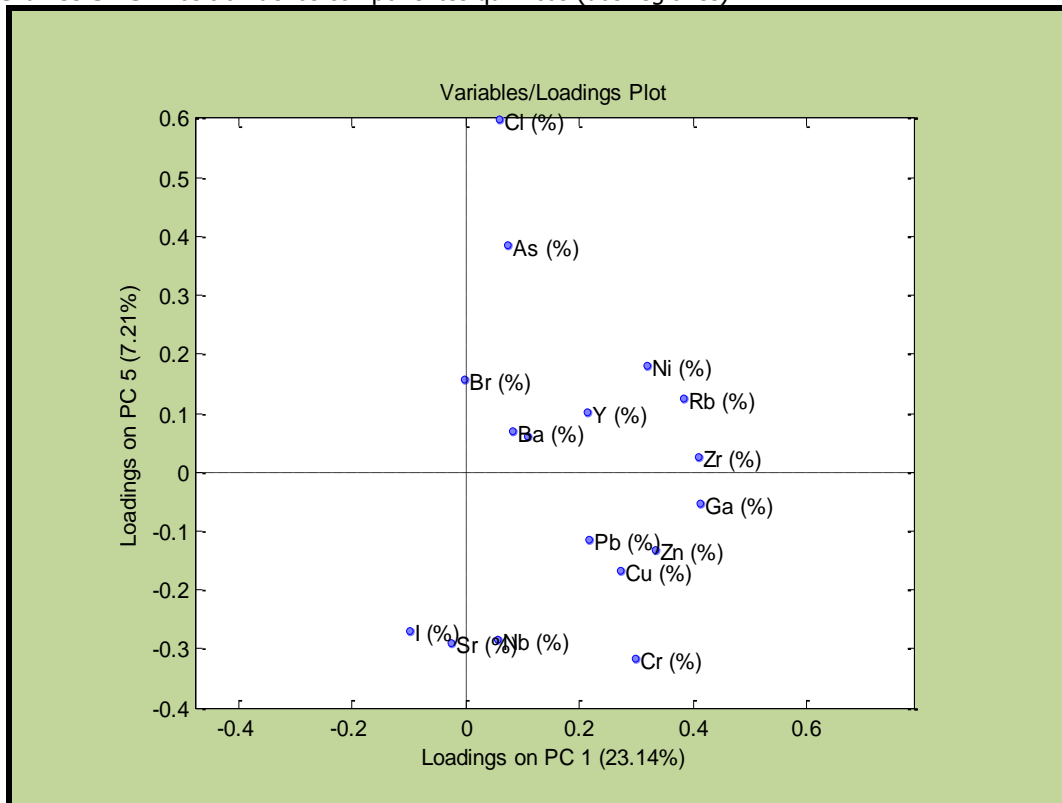


**Gráfico 5.24** – Clasificación de las muestras (dos regiones)



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

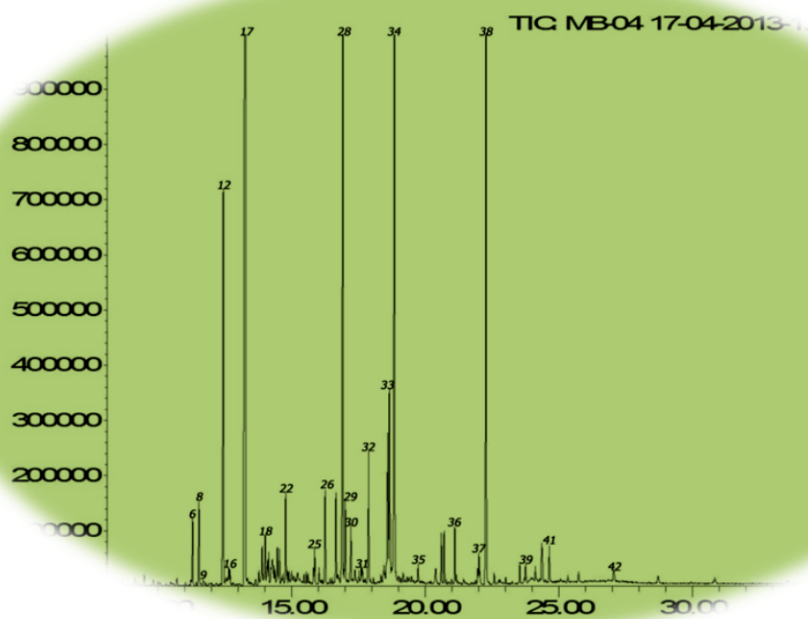
Gráfico 5.25– Posición de los componentes químicos (dos regiones)



En los gráficos (5.23, 5.24 y 5.25) se puede ver que:

En la comparación entre los yacimientos y los elementos traza (Gráfico 5.23), Barranco del Moro, Tossal Rodó y Puntal de la Granja forman grupos más ordenados. Hay aproximaciones entre Turo del Calvari y Tossal Rodó y Puig Roig y Sant Miquel. Las muestras de los demás yacimientos están dispersas y con pocas semejanzas químicas significativas.

# *Análisis de residuos orgánicos en cerámicas*





## **6. ANÁLISIS DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN CERÁMICAS**

### 6.1. Objetivo

El objetivo de este capítulo es el análisis de los residuos orgánicos que permanecen en la superficie e interior de las 19 cerámicas seleccionadas procedentes de yacimientos arqueológicos de las regiones nordeste y sur de la Península Ibérica, con cronología que abarca desde el Neolítico hasta la Edad Media.

La identificación mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS) de los compuestos orgánicos que se conservan en cada una de las vasijas, permitirá establecer una correlación entre su naturaleza química y el posible uso (o diferentes usos por reutilización) del recipiente. Así podremos aportar una base científica para la mejora del conocimiento sobre aspectos relacionados con las actividades culturales y sociales del pasado.

### 6.2. Aplicación de las Técnicas Analíticas actuales en el estudio de los residuos orgánicos en cerámica arqueológica

La aplicación de las Técnicas Analíticas actuales a la investigación del Patrimonio Histórico en todas sus manifestaciones, está suponiendo un cambio de paradigma en el enfoque de las estrategias y protocolos a seguir para su estudio. Así en el caso de los yacimientos arqueológicos, el espectacular progreso logrado por las Técnicas Analíticas en las tres últimas décadas está posibilitando la apertura de nuevos horizontes, hasta ahora impensables, por la gran información analítica que se puede obtener para el conocimiento de los hábitos y costumbres de sus antiguos moradores.

Tal es el caso del análisis de los residuos orgánicos absorbidos en los poros de las vasijas procedentes de estos yacimientos. De su estudio se puede obtener una información valiosísima acerca de su uso como recipiente arqueológico y su relación con la preservación de residuos alimentarios como lípidos, aceites, ceras, proteínas, etc; y también residuos no alimentarios como tinturas, resinas, alquitrán entre otros (DE LA FUENTE, 2007).

La aplicación de la cromatografía de gases y de líquidos acopladas a la espectrometría de masas (GC-MS, HPLC-MS) y más recientemente el análisis de la

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

relación de isótopos estables procedentes de la combustión de los residuos mediante cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas (GC-C-IRMS), se ha convertido en un campo de enorme interés ya que ha permitido la identificación de una amplia variedad de compuestos químicos presentes en la vasija así como la resolución de sus diferentes mezclas, justificadas por una posible reutilización del recipiente. Esta identificación, permite relacionarlo con la materia prima usada originalmente así como con el proceso de elaboración seguido, pudiendo de esta manera, junto con el resto de los datos arqueológicos disponibles, reconstruir muchos de los aspectos de la actividad humana acontecida en el pasado.

La microestructura porosa de los recipientes arqueológicos ha permitido preservar a lo largo del tiempo determinadas cantidades de biomoléculas derivadas del uso previo de la vasija, por ejemplo, del procesado de los alimentos por no estar biodisponibles, ya que el tamaño de los poros las hace inaccesibles a los microorganismos responsables de su biodegradación, pudiendo sufrir solo alteraciones químicas, procesos de oxidación o reducción según los ambientes químicos que la hayan envuelto. El contenido de estos recipientes arqueológicos involucra una serie de compuestos orgánicos (ácidos grasos, triacilgliceroles, esteroides, ceras, terpenoides, proteínas, carbohidratos) cuya identificación nos permite establecer una correlación entre la naturaleza química de estos componentes y el posible uso del recipiente. Así podemos profundizar en el conocimiento de muchos aspectos del pasado relacionados con las costumbres sociales, religiosas, ritos, dietas alimenticias, prácticas médicas, cosméticos así como con actividades laborales y artesanales de la época.

La mayor parte de los trabajos encontrados sobre análisis de residuos en la bibliografía científica abordan el estudio de la cerámica, una de las más habituales clases de recipientes encontrados en las excavaciones arqueológicas. Su naturaleza química favorece la absorción y adsorción de restos orgánicos procedentes del almacenamiento de aceite, vino, plantas, o bien de animales cocinados en el recipiente.

Los residuos orgánicos que permanecen en los materiales cerámicos arqueológicos son principalmente de naturaleza lipídica. Ello es debido a que los lípidos se encuentran habitualmente en los alimentos y presentan una alta estabilidad con el aumento de temperatura. Así, a temperaturas de cocción superiores a los 400°C los cambios químicos de los lípidos son mínimos si los comparamos con los que experimentan los carbohidratos y las proteínas. Esta estabilidad es relativa pues en el transcurso de la cocción (en el caso de los alimentos) los lípidos pueden degradarse por acción bacteriana, por pirolisis o auto-

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

oxidación. Por otra parte, los componentes solubles en agua como los azúcares o las proteínas, que por su tamaño molecular difícilmente penetran hacia el interior de la vasija, se eliminan fácilmente con el lavado, pudiendo a veces integrarse en el suelo del habitáculo en el que se encuentran. Por ello, la mayoría de los recipientes que han estado en contacto con plantas o tejido animal pueden retener lípidos que, en ocasiones, pueden incluso apreciarse de forma visible en su superficie o bien, quedar adsorbidos en la superficie y difundidos hacia el interior de los poros de la pieza. Además se ha constatado que dependiendo de la morfología de los recipientes, por el estudio de sus restos, la acumulación de lípidos varía incluso entre zonas (alturas) específicas de una misma cerámica. Todo esto nos proporciona datos acerca de los alimentos, de su procesamiento y de la temperatura de cocción a que ha sido sometido el recipiente (CHARTERS, EVERSHED, GOAD, LEYDEN, BLINKHORN y DENHAM, 1993).

La identificación de los componentes lipídicos en cerámica arqueológica se complica debido a su evolución por los procesos que se producen durante el entierro. Sin embargo, es posible la identificación de determinados componentes por la comparación con los perfiles de los lípidos originales y sus productos de degradación generados en estudios artificiales de envejecimiento en el laboratorio (EVERSHED, CHARTERS y QUYE, 1995; DUDD *et al*, 1999).

La estabilidad de los lípidos va a depender de su exposición a los agentes oxidantes tales como oxígeno, agua y radiación solar, siendo más vulnerables aquellos lípidos que se quedan absorbidos en la superficie de la cerámica que aquellos capaces de penetrar por los poros hacia el interior absorbidos por la matriz cerámica.

Por otra parte, es importante señalar la importancia que tiene evitar la introducción de contaminantes tanto en la manipulación de las piezas en el laboratorio como durante el protocolo de excavación en el yacimiento. Por ello se recomienda encarecidamente el uso de guantes de seda evitando en todo momento el contacto de las piezas con las manos, nunca lavar las piezas arqueológicas extraídas y conservarlas en recipientes adecuados en atmósfera inerte para su traslado al laboratorio. Así, habitualmente se detectan algunos derivados de ftalatos en los análisis de residuos arqueológicos cuya presencia se atribuye al uso de bolsas de plástico para el almacenaje de las piezas tras la excavación o incluso al empleo de pegamentos en su restauración. Evitar el lavado de las piezas es una precaución importante pues el uso del agua puede extraer alguno de los componentes lipídicos de estos residuos, y buena parte de los sacáridos y proteínas, sobre todo si se encuentran en la superficie de la vasija. La adición

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

de detergentes puede favorecer la solubilización de estos y muchos más. También se producen pérdidas de residuos sólidos cuando la limpieza se realiza con pincel.

6.3. Caracterización de los componentes lipídicos en los residuos de cerámica arqueológica. Criterios para elucidar el origen de las sustancias lipídicas.

La caracterización de los componentes lipídicos en los residuos arqueológicos proporciona una información analítica de primer orden para poder profundizar en los hábitos de la actividad humana a través del tiempo. En la bibliografía científica se proponen tres vías para este estudio:

- a) Composición en ácidos grasos
- b) Biomarcadores Arqueológicos
- c) El cálculo de los valores del cociente de los isótopos de carbono estables constituyentes de los lípidos

### a) Composición en ácidos grasos

La composición en ácidos grasos de los compuestos de naturaleza lipídica en el reino animal y vegetal es diferente. Este hecho permite que se pueda diferenciar el origen animal o vegetal de un residuo arqueológico procedente de una cerámica a partir de la caracterización de su contenido lipídico. Sin embargo, en la práctica no siempre es así y esta diferenciación puede verse seriamente dificultada, ya que los compuestos lipídicos pueden sufrir cambios químicos como consecuencia de los múltiples procesos degradativos que pueden tener lugar tanto por la manipulación de los alimentos originales (cocción, almacenamiento,...) como por las condiciones de su enterramiento durante el largo tiempo que ha permanecido en el yacimiento. Los cambios químicos que sufren los lípidos pueden originar nuevos compuestos oxidados, que en ocasiones pueden ser similares, independientemente de su procedencia animal o vegetal, lo que hace mucho más complicada su discriminación.

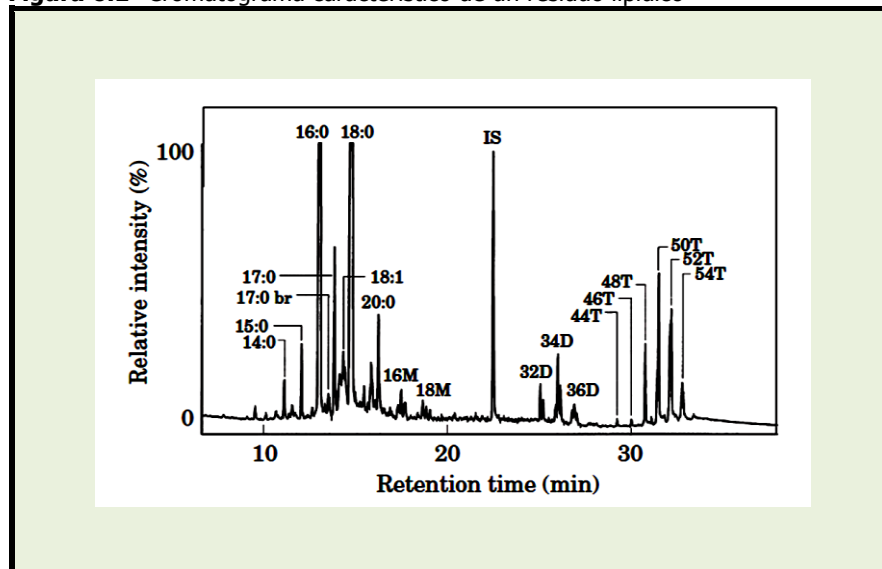
La mayoría de los residuos lipídicos existentes en cerámicas arqueológicas proceden de la grasa animal o vegetal degradada y se caracterizan por la presencia de ácidos grasos libres tanto saturados como insaturados de cadena par e impar, siendo los de longitud de cadena  $C_{16}$  y  $C_{18}$  los mayoritarios (FFA en figura 6.1: 14:0, 15:0, 16:0,...), también se observan una amplia distribución de triacilglicerolos (TAG) comprendidos entre 44-54 átomos de carbono (TAG: 44T, 46T,...) monoacilglicerolos (MAG) con 16 y 18

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

átomos de carbono (MAG en figura 6.1: 16M, 18M,...) y diacilgliceroles (DAG) con 32, 34 y 36 at de carbono (DAG en figura 6.1, 32D, 34D,...) procedentes de la degradación de los TAG. Los TAG son los principales constituyentes de las grasas animales frescas (DUDD *et al*, 1999).

Una cera se identifica por la distribución de sus alcanos que están comprendidos entre 23 y 33 átomos de carbono, así como la presencia de un pico importante de ácido palmítico (C<sub>16</sub>). Los esteroides son los componentes minoritarios más importantes de los lípidos pues su presencia permite caracterizar su procedencia. Así, los residuos de origen animal contienen colesterol y sus derivados mientras que los residuos de origen vegetal contienen sitoesterol y campesterol. No obstante, la identificación del tipo de animal del que procede la grasa es muy complejo debido a las alteraciones químicas y microbiológicas que tienen lugar en la molécula de triglicérido.

**Figura 6.1-** Cromatograma característico de un residuo lipídico



Fuente: DUDD, 1999

La oxidación de los lípidos conduce a la ruptura de los triglicéridos en la que se liberan los ácidos grasos, permitiendo la formación de nuevos productos oxidados. Desde hace algunos años, estos ácidos grasos identificados en los residuos son los que se han utilizado para elucidar el origen de la materia prima potencialmente utilizada en los recipientes cerámicos y por tanto responsable del residuo (EERKENS, 2005). La razón está en su relativa estabilidad que asegura, por tanto, su permanencia, con el paso de los siglos, en el recipiente enterrado. Así, algunos autores (DEAL y SILK, 1988) constatan que unos niveles altos en ácido esteárico (C<sub>18:0</sub>) sugieren que la cerámica ha contenido

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

materia prima animal, mientras que la presencia de ácido behénico ( $C_{22:0}$ ) indica aceite vegetal en el residuo analizado. La presencia de los ácidos palmítico ( $C_{16:0}$ ), palmitoleico ( $C_{16:1}$ ) y oleico ( $C_{18:1}$ ) sugieren que la vasija ha contenido pescado o productos derivados del pescado; la presencia de ácidos polinsaturados (ácido oleico  $C_{18:1}$ , ácido linoleico  $C_{18:2}$  y ácido linolénico  $C_{18:3}$ ), sugiere aceites vegetales. Diversos autores han aplicado el Análisis por Componentes Principales (PCA) a la composición en ácidos grasos (MALAINEY, PRZYBYLSKI y SHERRIFF, 1999b) con el fin de discriminar entre diferentes categorías de alimentos, incluso su procedencia animal o vegetal. Sin embargo, los resultados publicados muestran que la aplicación de esta herramienta estadística (PCA) a los ácidos grasos no permite extraer resultados concluyentes dado que la velocidad de oxidación de los distintos ácidos grasos es diferente. Así, por ejemplo, cuanto mayor es el número de dobles enlaces presentes en el ácido graso y mayor la longitud de su cadena hidrocarbonada, mayor es su velocidad de degradación. La temperatura también afecta a su estabilidad. Así, el cocinado, en el caso de los alimentos, somete a los lípidos a una elevada temperatura que favorece su degradación, lo que por otra parte, es el fin del cocinado: degradar estas moléculas grandes en otras más pequeñas que son más fáciles de digerir. En consecuencia, esa diferencia en la velocidad de degradación de los ácidos grasos limita el empleo de sus valores absolutos calculados en los residuos para discriminar entre diferentes categorías de alimentos. No obstante, Eerkens logra una buena diferenciación empleando cocientes del contenido en determinados ácidos grasos, pero para ello estos ácidos grasos deben seleccionarse de forma que sufran procesos degradativos a velocidad semejante (EERKENS, 2005).

Diferentes estudios realizados empleando técnicas de envejecimiento térmico artificial con lípidos, han constatado la utilidad del valor de los cocientes de ácidos grasos con velocidad de oxidación similar, como "marcador" para llevar a cabo la discriminación (MALAINEY, PRZYBYLSKI y SHERRIFF, 1999a). Sin embargo, el mayor inconveniente que presenta el empleo de estos cocientes de ácidos grasos radica en que aquellos compuestos que oxidan a una velocidad semejante, están también relacionados e implicados en reacciones biológicas semejantes tanto en vegetales como animales, por lo que están presentes en proporciones similares en diferentes especies. En consecuencia, el valor del cociente entre esos compuestos semejantes no es muy diferente entre especies, y por tanto, dificulta su discriminación. El dilema se presenta, por tanto, entre escoger como marcador aquellos cocientes de ácidos grasos que discriminen bien entre diferentes tipos de alimentos, (pero que a su vez se degraden a velocidades diferentes por lo que su

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

valor no es muy fiable), o bien emplear cocientes de ácidos grasos con menor capacidad discriminativa pero cuya velocidad de degradación sea muy similar. La mayor parte de la bibliografía consultada emplea como marcador este segundo caso, es decir, cocientes de ácidos grasos con velocidad de degradación similar. A título de ejemplo citamos un trabajo de Eerkens (EERKENS, 2005) en el que emplea como marcadores aquellos cocientes entre ácidos grasos similares (C15:0+C17:0)/C18:0; C16:1/C18:1; C16:0/C18:0; C12:0/C14:0), con los que logra discriminar entre diferentes alimentos: pescado, raíces, hojas verdes, semillas y frutos secos, y bayas (Tabla 6.1)

**Tabla 6.1** - Criterio de cocientes de ácidos grasos utilizados para diferenciar tipos de alimentos

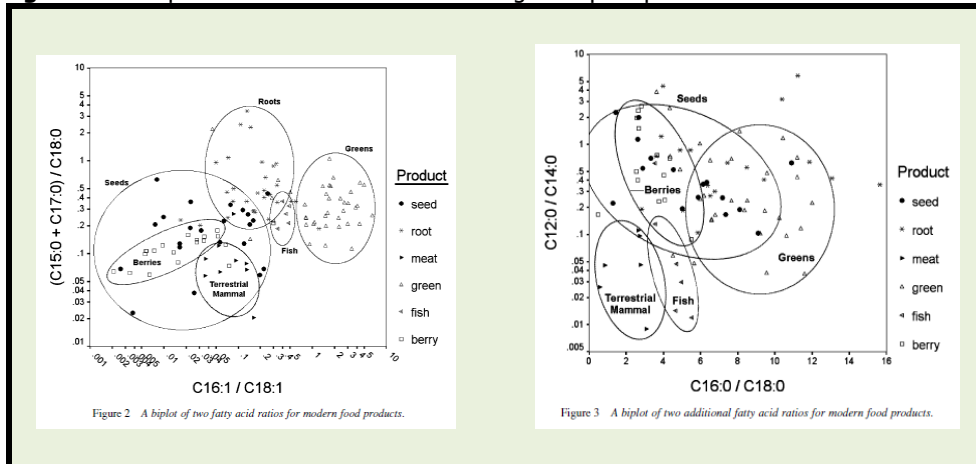
<i>Ratio</i>	<i>State</i>	<i>Terrestrial mammals</i>	<i>Fish</i>	<i>Roots</i>	<i>Greens</i>	<i>Seeds and nuts</i>	<i>Berries</i>
$\frac{(C15:0 + C17:0)}{C18:0}$	Fresh	<0.2	0.2–0.5	>0.2	0.1–1.0	<0.6	<0.2
	Degraded	<0.2	0.2–0.5	>0.2	0.1–1.0	<0.6	<0.2
$\frac{C16:1}{C18:1}$	Fresh	0.02–0.2	0.2–0.5	0.05–0.7	>0.7	<0.3	<0.08
	Degraded	0.08–0.8	0.8–2.0	0.2–2.8	>2.8	<1.2	<0.32
$\frac{C16:0}{C18:0}$	Fresh	<3.5	4–6	3–12	5–12	0–9	2–6
	Degraded	<7	8–12	6–24	10–24	0–18	4–12
$\frac{C12:0}{C14:0}$	Fresh	<0.15	<0.15	>0.15	>0.05	>0.15	>0.15
	Degraded	<0.15	<0.15	>0.15	>0.05	>0.15	>0.15

Fuente: EERKENS, 2005

En estudios más recientes se ha tratado de mejorar esta discriminación entre alimentos, usando, para ello, estos cocientes para lo que se emplean diferentes estrategias. Una de ellas consiste en el empleo de gráficos bidimensionales (Biplot) en cuyos ejes cartesianos se representan los valores de algunos de los cocientes (Marcadores) antes citados (EERKENS, 2005). En la Figura 6.2 puede observarse que es posible diferenciar en algunos casos entre los alimentos seleccionando para ello diferentes parejas adecuadas de cocientes de ácidos grasos.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 6.2** - Biplot de dos relaciones de ácidos grasos para productos alimenticios modernos



Fuente: EERKENS, 2005

Entre los marcadores más empleados en la bibliografía consultada es el cociente  $C_{16}/C_{18}$ , pues tanto el ácido palmítico ( $C_{16}$ ) como el ácido esteárico ( $C_{18}$ ) presentan similar susceptibilidad tanto a la lixiviación como a la oxidación. Tanto el cociente ( $C_{16}/C_{18}$ ) como los ácidos grasos libres han mostrado su utilidad como indicadores para diferenciar el origen de las grasas entre animales rumiantes y no rumiantes, dado el mayor contenido en ácido esteárico entre los primeros (ROMANUS, POBLOME, VERBEKE, LUYPAERTS, JACOBS, DE VOS y WAELEKENS, 2007; COPLEY, BERSTAN, STRAKER, PAYNE y EVERSLED, 2005).

A partir de estudios concretos publicados en bibliografía podemos establecer conclusiones de interés. Así: un valor de  $C_{16}/C_{18}$  de hasta 1.3 indica que la muestra procede del tejido adiposo graso de los rumiantes. Valores de 2.9 y 4.9, se atribuye a la leche de ganado bovino y ovino, respectivamente. Valores comprendidos entre 4.0 y 9.4 se relaciona con el aceite de oliva comercial. Sin embargo, en el caso de emplear ácidos grasos insaturados, como el ácido oleico en el cociente  $C_{16}/C_{18:1}$  o  $C_{18}/C_{18:1}$ , es mucho más complicado diferenciar entre alimentos cocinados, y por tanto degradados, pues los residuos de ácidos insaturados son más susceptibles de sufrir degradación y por tanto su composición varía con la temperatura.

También se ha empleado, como marcador, el porcentaje relativo de grasas saturadas (%S). Se define como el cociente de la suma de dos ácidos grasos saturados (ácido láurico ( $C_{12:0}$ ) y ácido mirístico ( $C_{14:0}$ )), entre la suma de estos dos más dos ácidos poliinsaturados: ácido linoleico ( $C_{18:2}$ ) y ácido linolénico ( $C_{18:3}$ ):

$$\%S = \frac{C_{12:0} + C_{14:0}}{C_{12:0} + C_{14:0} + C_{18:2} + C_{18:3}}$$



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

Algunos trabajos publicados en bibliografía (MARCHBANKS, 1989) han demostrado la utilidad de este cociente (%S) cuando se emplea como marcador para diferenciar entre algunos materiales modernos de referencia, sin embargo, en el caso de residuos lipídicos arqueológicos esta utilidad está siendo muy discutida. Ello es debido a que se ha constatado que, a pesar de que la distribución de los ácidos grasos sea muy diferente, los valores de %S pueden ser muy semejantes.

Se han obtenido resultados poco concluyentes cuando se emplea el Índice de Saturación (SI) (LOY, 1994):

$$SI = \frac{1 - C18:1 + C18:2}{C12:0 + C14:0 + C16:0 + C18:0}$$

### b) Biomarcadores Arqueológicos

Como acabamos de exponer, los estudios publicados a partir de los años 1970-1980 han constatado que la presencia de determinadas estructuras químicas, así como la distribución (*fingerprint*) de ciertos tipos de lípidos aportan información de interés acerca de la fuente o el origen de los residuos arqueológicos. Seguidamente comentamos estudios más recientes, desarrollados en los últimos 20 años, centrados en la aportación que ciertas moléculas, llamadas biomarcadores, realizan con este mismo objetivo.

Los Biomarcadores constituyen un concepto novedoso en Arqueología pues, aunque muy en consonancia con su uso en otros campos de la Ciencia como Bioquímica, Geoquímica Orgánica etc., en el caso de la Arqueometría, el objetivo específico de su uso es conocer la actividad humana en otros tiempos. Se definen los Biomarcadores Arqueológicos como aquellas sustancias que quedan retenidas como residuos orgánicos en recipientes arqueológicos y cuya huella dactilar o "*chemical fingerprint*" permite correlacionarlos con la materia prima que las origina o de la que provienen (EVERSHED, 2008a).

Se ha comprobado que la identificación de estas biomoléculas (DNA, proteínas, carbohidratos,...) proporciona un alto grado de precisión en el conocimiento de la actividad humana en el pasado (EVERSHED, 2008a).

Para que estas sustancias puedan servir como tales biomarcadores deben permanecer prácticamente inalterables durante el enterramiento o bien sufrir alteraciones químicas cuyo mecanismo de degradación debe de ser conocido, para facilitar su conexión

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

con la fuente o material original. Así Raven (RAVEN, VAN BERGEN, STOTT, DUDD y EVERSLED, 1997) ha estudiado algunos compuestos derivados específicos que se forman a partir del calentamiento a altas temperaturas de los ácidos grasos saturados e insaturados, y que se pueden usar como Biomarcadores. Concluye que los ácidos grasos (o triacilgliceroles) de las grasas animales pueden sufrir procesos de deshidratación y descarboxilación cetónica cuando el proceso de calentamiento de la materia prima supera los 300°C, lo que da lugar a la formación de ácidos grasos saturados y a la formación de cetonas de cadena larga. La procedencia de estas cetonas se atribuye a ceras vegetales, y son una mezcla de cetonas comprendida entre 29 y 35 átomos de carbono, siendo las C<sub>31</sub>, C<sub>33</sub> y C<sub>35</sub> las más abundantes, en una proporción 1:2:1. Si la temperatura supera los 800°C los productos de pirolisis, de pequeñas cadenas, no se detectan en los residuos arqueológicos.

En el caso de aceites vegetales o combustibles como aceite de ricino, aceite de rábano o grasa animal usados en lámparas de cerámica para iluminación, se forman diferentes productos de degradación, entre ellos los dihidroxiácidos, que se usan como biomarcadores para el diagnóstico del aceite original usado en la lámpara (COPLEY *et al*, 2005).

Por otra parte, la degradación térmica (por encima de 250°C) de los ácidos grasos poliinsaturados y conjugados, típicos de los animales marinos, da lugar a diferentes ácidos carboxílicos cíclicos en función del grado de insaturación del ácido graso original (uno, dos o tres dobles enlaces). Estos ácidos cíclicos se conservan bien en ambientes anaerobios, con bajo contenido en oxígeno, pues en presencia de oxígeno se degradan a ácidos di o tribenzoicos, reacción que es catalizada por la presencia de determinados iones metálicos que forman parte de las arcillas (EVERSLED, COPLEY, DICKSON y HANSEL, 2008b). Los ácidos carboxílicos cíclicos con 18, 20 y 22 átomos de carbono e incluso los ácidos grasos isoprenoides son biomarcadores útiles para establecer el origen marino de las muestras, pues los ácidos grasos poliinsaturados raramente se conservan en residuos antiguos.

En la Tabla 6.2 se muestran algunos lípidos biomarcadores y su origen.

**Tabla 6.2** - Algunos lípidos biomarcadores y origen del material

Biomarcador	Origen material
Colesterol	Producto animal
B-sitoesterol, stigmasterol y campesterol	Material vegetal
Ácidos carboxílicos de 16-20 at de carbono con ácidos grasos isoprenoides	Grasas de mamíferos marinos

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Altos niveles de C <sub>12:0</sub> y C <sub>14:0</sub> y bajos niveles de C <sub>16:0</sub> y C <sub>18:0</sub>	Lípidos de fruta de palma
n-dotriacontanol	Panicoid grasses , como el maíz
Nonacosano, nonacosan-15-ona, nonacosan-15-ol	Género <i>Brassica</i> , como nabo o repollo
Cedrol y cedreno	Madera de cedro
n-alcanos con 23-33 átomos de carbono, ésteres de ácido palmítico con cadenas de 40-52 o 54 átomos de carbono	Cera de abeja
Ácido morónico y 28-norolean-17-en-3-ona	Resina <i>Pistacea</i>
Ácido dehidroabiético y 7-oxo-dehidroabiético	Productos de coníferas
Betulin	Abedul
Esteranos y terpenos	Betún de petróleo para embalsamamiento
Ácido boswélico y sus o-acetil derivados	Incienso

Fuente: MALAINEY,2001

### c) Análisis Isotópico

Es una técnica muy versátil que emplea la razón de concentraciones de dos isótopos no radiactivos de un elemento, presentes en una muestra, para proporcionar información acerca de las condiciones bajo las cuales se formó. Puesto que ciertos procesos bioquímicos y geoquímicos favorecen la preconcentración de un isótopo, generalmente el más ligero, sobre el otro, es posible comparar las diferencias entre la composición isotópica de los compuestos iniciales (por ejemplo la comida que toma un animal) y los productos finales (es decir, el tejido animal formado a partir de esos alimentos). La técnica se puede aplicar a una amplia variedad de materiales, incluyendo los restos de plantas y animales, residuos orgánicos, metales, piedras y minerales. La información obtenida de ese proceso va desde la dieta ingerida por un animal y su movilidad al estudio del cambio climático global, o la fuente empleada en un material de construcción.

Los isótopos de los elementos más empleados en aplicaciones arqueológicas son carbono, nitrógeno, estroncio, plomo, oxígeno e hidrógeno.

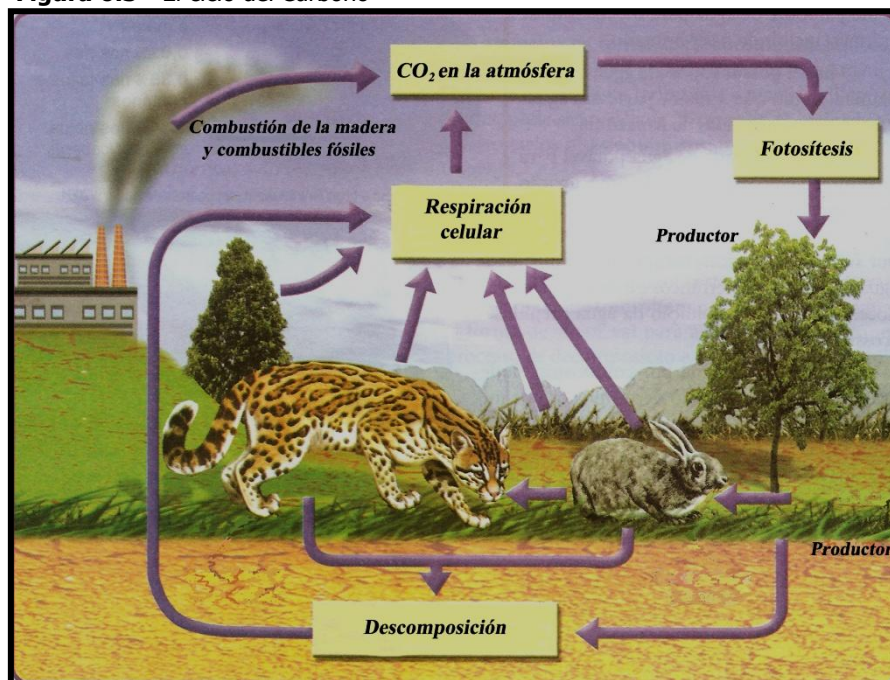
- Carbono

Dos de los tres isótopos de carbono son estables, <sup>12</sup>C y <sup>13</sup>C. El <sup>12</sup>C es casi 100 veces más abundantes que <sup>13</sup>C. La evolución del carbono a lo largo de diferentes partes

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

del medioambiente se representa en el ciclo de carbono (Figura 6.3). El Carbono inorgánico está presente en la atmósfera en forma de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ). Se produce en el suelo, las rocas carbonatadas, como la piedra caliza y la tiza, y los combustibles fósiles, como el petróleo, gas natural y carbón, y se disuelve en agua, bicarbonato,  $\text{HCO}_3^-$ . El carbono está presente en todas las moléculas orgánicas, incluyendo hidratos de carbono, grasas y proteínas; es un componente clave de los organismos vivos.

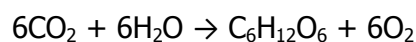
Figura 6.3 - El ciclo del Carbono



FUENTE: LAURENCE, 2005.

### Fotosíntesis

El Dióxido de Carbono se incorpora a los organismos vivos a través del proceso de la fotosíntesis (Ciclo de Calvin - Benson<sup>47</sup>). Las plantas verdes y ciertos microorganismos que contienen clorofila, carotenoides y otros pigmentos, transforman el dióxido de carbono inorgánico y agua en azúcares orgánicos. Debido a que todas las otras moléculas en el proceso se reciclan, la reacción de la fotosíntesis se puede expresar de una forma simplificada por la siguiente reacción:



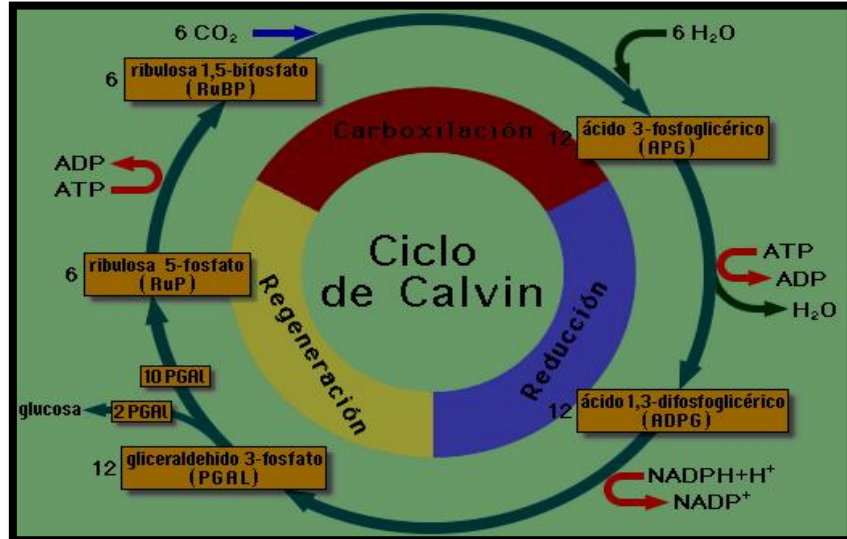
<sup>47</sup> Este mecanismo de la fotosíntesis fue descrita por primera vez por Melvin Calvin y Andrew A. Benson en 1950 y se conoce como el Ciclo de Calvin-Benson.

Ilustra la fotosíntesis de las plantas nativas de los ambientes templados, frutas, verduras, árboles y cultivos de Oriente Próximo. Este proceso también se produce en las plantas acuáticas, que producen el oxígeno utilizado por los peces y moluscos.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

La Figura 6.4 representa el Ciclo de Calvin-Benson, donde las reacciones provocadas por la luz solar producen el oxígeno como subproducto.

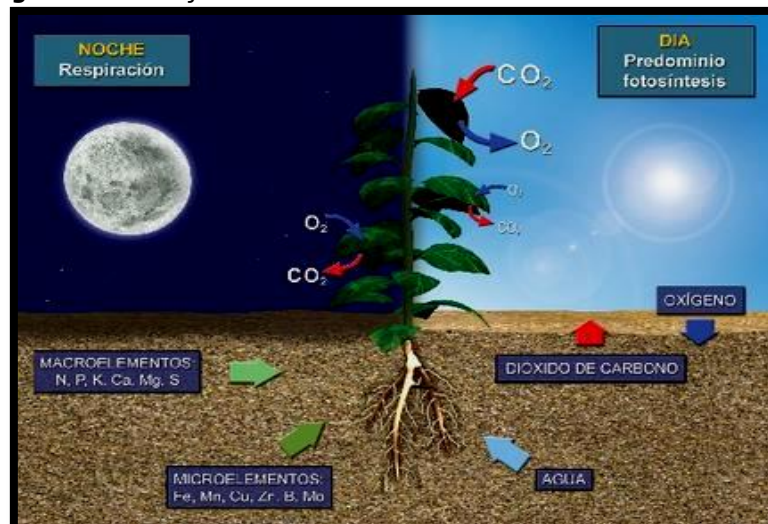
Figura 6.4 - Ciclo de Calvin



FUENTE: PEREIRA, 2014.

La fijación de carbono no requiere la luz solar. En su lugar, estas reacciones oscuras utilizan la energía almacenada en el ATP y NADPH (Figura 6.5).

Figura 6.5 - La fijación de carbono. Reacciones en la oscuridad del ciclo de Calvin

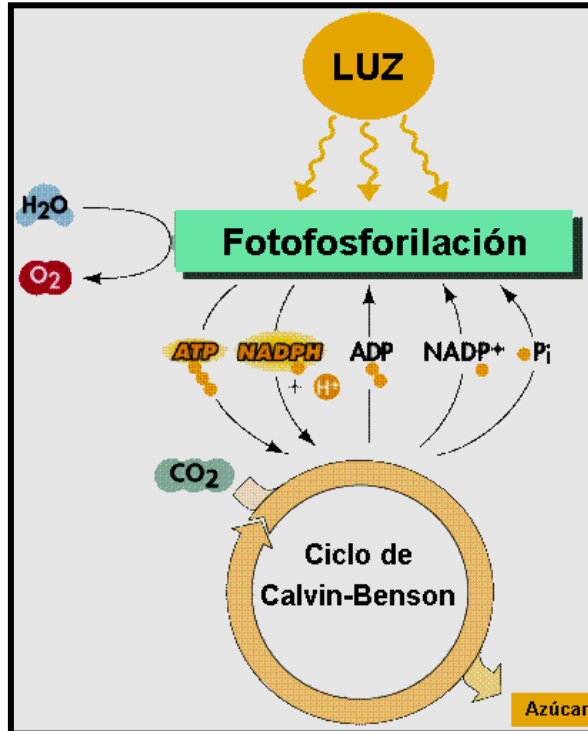


FUENTE: LODOÑO ZEA, 2011.

Las plantas que se someten a la fotosíntesis según el mecanismo que se resume en la Figura 6.6 se denominan plantas C3.

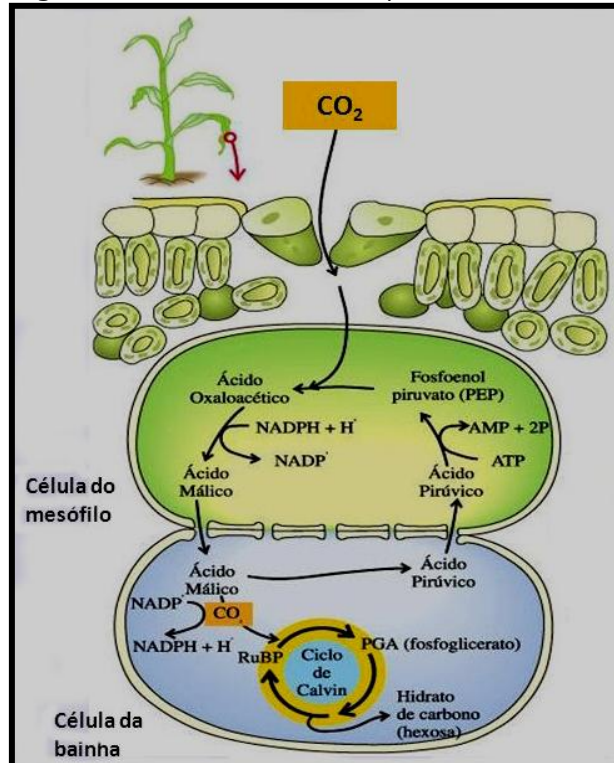


Figura 6.6 - Resumen de la fotosíntesis de plantas C3



FUENTE: CARRILLO, 2012.

Figura 6.7 - Ruta de Hatch-Stack para la Fotosíntesis en plantas C4



FUENTE: GONZÁLEZ, 2014.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

La fotosíntesis es diferente en ciertas plantas nativas de ambientes cálidos, como maíz, caña de azúcar, mijo y sorgo. Marshall Hatch y Slack Rodger describen, en la década de 1960, una vía C4 seguida de estas plantas (Figura 6.7) La fijación preliminar de carbono se produce cerca de la superficie de la hoja en células del mesófilo con fosfoenolpiruvato (PEP).

Además de celulosa y almidones, las plantas sintetizan lípidos y proteínas a partir de los hidratos de carbono producidos por fotosíntesis. Las plantas son los productores de alimentos; cualquier organismo que se alimenta de las plantas se denomina un consumidor primario. Los carnívoros que se alimentan de estos herbívoros consumidores primarios se denominan consumidores secundarios. Los consumidores terciarios comen consumidores secundarios y así sucesivamente. Cada eslabón de la cadena alimentaria se denomina nivel trófico. Una vez que las plantas y los animales mueren, los hongos y ciertas bacterias procesan el tejido produciendo la liberación de CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>, de nuevo en el medio ambiente, así mismo el fuego libera carbono como dióxido de carbono y monóxido de carbono a la atmósfera.

En algunas circunstancias, las moléculas orgánicas que contienen carbono no se degradan sino que se introducen en depositarios o "sumideros de carbono". Los organismos terrestres pueden llegar a ser incorporados en grandes depósitos de turba que en varios milenios formaran carbón, petróleo, o gas natural. Por otra parte, el dióxido de carbono en la atmósfera también se intercambia con el dióxido de carbono disuelto en agua. Si el nivel de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> es alto, puede precipitar como piedra caliza y otros sedimentos ricos en carbonato. El coral, las esponjas y los moluscos excretan carbonato de calcio que forman arrecifes, espículas, y las conchas que se degradan lentamente y pudiendo incluso ser incorporado en depósitos de piedra caliza.

### Fraccionamiento isotópico del carbono

Los isótopos estables de carbono existen en la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub>. Por cada 100 átomos de carbono, hay 99 de <sup>12</sup>C y uno de <sup>13</sup>C. Cuando se incorpora en el tejido vegetal a través de la fotosíntesis, se produce el fraccionamiento isotópico y la proporción de <sup>13</sup>C y <sup>12</sup>C cambia significativamente. Cuando un herbívoro come material vegetal, la proporción entre <sup>13</sup>C y <sup>12</sup>C de su tejido es ligeramente diferente a la de las plantas que consume. La proporción de <sup>13</sup>C a <sup>12</sup>C del tejido del carnívoro que se alimenta de los animales herbívoros es ligeramente diferente de la del tejido del herbívoro. En

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

lugar de relacionar estos cambios con respecto a los de la atmósfera, la proporción de  $^{13}\text{C}$  a  $^{12}\text{C}$  en una muestra se compara con un estándar internacional enriquecido en  $^{13}\text{C}$  denominado PDB o Viena PDB, Pee Dee Belemnite que es una piedra caliza de Carolina del Sur. Las diferencias en las proporciones entre las muestras, incluyendo el dióxido de carbono atmosférico, son muy pequeñas y por lo general negativo. Las diferencias se presentan como el valor por mil (‰), en lugar de por ciento (%).

Las plantas asimilan más fácilmente la molécula de  $^{12}\text{CO}_2$ , que es más ligera, durante la fotosíntesis, que, como hemos indicado, es donde se produce el fraccionamiento isotópico. En la primera etapa del ciclo de Calvin, la fijación de carbono con difosfato de ribulosa, avanza mucho más rápido con  $^{12}\text{CO}_2$  que con  $^{13}\text{CO}_2$ . Por tanto más  $^{12}\text{C}$  se incorpora a la planta, la relación media de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  en plantas C3 es muy diferente a la de la atmósfera. Los procesos fotosintéticos también se ven afectados por la temperatura en que las plantas que crecen en latitudes más altas tienen diferentes proporciones de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  de los que crecen más cerca del ecuador. Por el contrario, la proporción de  $^{13}\text{C}$  a  $^{12}\text{C}$  en Plantas C4 está mucho más próxima a la relación existente en la atmósfera. El Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM) en la fotosíntesis de las plantas suculentas produce valores intermedios, ya que pueden seguir los procesos fotosintéticos C3 durante el día, y C4 durante la noche, o bien una combinación de ambos. Por esta razón, la proporción de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  en las plantas CAM que fijan  $\text{CO}_2$  durante el día, se asemeja a los de las Plantas C3 mientras que las que realizan toda la fijación de  $\text{CO}_2$  durante la noche tienen proporciones de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  similares a las Plantas C4.

En el análisis de isótopos estables de carbono, la relación entre  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  medida en un hueso de animal puede servir para determinar su nivel trófico y la dieta, puede ayudar a identificar el origen de los residuos orgánicos recuperados de cerámica, herramientas, y otros artefactos. El análisis de isótopos estables en las rocas y minerales que contienen carbono se puede utilizar en estudios de procedencia para determinar su origen.

### **Análisis de la relación de isótopos estables del Carbono**

El análisis de isótopos estables de carbono se utiliza frecuentemente para tratar las cuestiones relacionadas con los alimentos consumidos y preparados, sin embargo, también se pueden aplicar a los estudios de procedencia rocas carbonatadas y minerales. La proporción de isótopos estables de carbono de una muestra está de alguna manera relacionada con el material del que se formó, pero es una cuestión complicada. El



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

fraccionamiento isotópico se produce debido a la existencia de ciertas reacciones químicas asociadas al isótopo más pesado  $^{13}\text{C}$ .

Las relaciones estables de carbono se expresan como valores del cociente  $\delta^{13}\text{C}$  que representa la relación de los isótopos  $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$  en una muestra con respecto al patrón internacional, Pee Dee belemnite (AP), una piedra caliza de Carolina del Sur, que puede quedar como:

$$\delta^{13}\text{C} = \left[ \frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{muestra}} - ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{patron}}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{patron}}} \right] \times 1000$$

$$\delta^{13}\text{C} = \left[ \frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{muestra}}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{patron}}} - 1 \right] \times 1000$$

El patrón contiene menos  $^{12}\text{C}$  y más  $^{13}\text{C}$  que la mayoría de los materiales naturales, por lo que los valores del cociente  $\delta^{13}\text{C}$  de muestras arqueológicas suelen ser negativos, oscilan entre -37 y -8. Durante la fotosíntesis, la relación entre  $^{13}\text{C}$  y  $^{12}\text{C}$  sufre cambios ya que las plantas utilizan el dióxido de carbono que contiene el isótopo más ligero,  $^{12}\text{CO}_2$ , con preferencia a las moléculas con el isótopo más pesado,  $^{13}\text{CO}_2$ . El fraccionamiento isotópico es más pronunciado en las plantas C3 que en las plantas C4. La fijación de carbono con difosfato de ribulosa, el primer paso del ciclo de Calvin para plantas C3, se produce mucho más rápido con  $^{12}\text{CO}_2$  que con  $^{13}\text{CO}_2$ . Puesto que se incorpora a la planta mayor proporción de  $^{12}\text{C}$ , el valor promedio de  $\delta^{13}\text{C}$  para las plantas C3 es de aproximadamente -26 ‰ con un rango entre -22 y -34 ‰. Los procesos fotosintéticos también se ven afectados por la temperatura así las plantas que crecen en latitudes más altas tienen diferentes valores de  $\delta^{13}\text{C}$  que las que lo hacen más cerca de la línea del ecuador. Por el contrario, la gama de valores de  $\delta^{13}\text{C}$  para las plantas C4 es -8 a -16 ‰, con un promedio de -13 ‰.

La composición isotópica de un animal depende de los alimentos que come (entrada de carbono) y la pérdida de carbono por la respiración (es decir, la exhalación de dióxido de carbono), y la excreción (salida de heces).

El valor  $\delta^{13}\text{C}$  del tejido muscular de un herbívoro es el 3 ‰ mayor (menos negativo) que el de las plantas, que consume pero su tejido adiposo es el 3 ‰ menor (más negativo) que su dieta. El pelo humano con uñas y queratina produce valores de  $\delta^{13}\text{C}$  similares, que son 1,41 ‰ menor que el del colágeno del hueso de la misma

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

persona (O'CONNELL, HEDGES, HEALEY y SIMPSON, 2001). La diferencia entre el colágeno y la queratina humana es menor en muestras arqueológicas, aproximadamente 0,5 ‰; la diferencia entre el colágeno y queratina en los animales está comprendida entre 2 y 4 ‰. Para los animales grandes, los valores  $\delta^{13}\text{C}$  de la apatita del hueso ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{apatita}}$ , principal mineral del hueso de los dientes) son 12-14 ‰ mayores que las de sus dietas a base de plantas; en el caso de los humanos, se conserva una diferencia de alrededor del 10-11 ‰ entre la apatita ósea humana y la de la dieta (SCHWARCZ, 2000,2006).

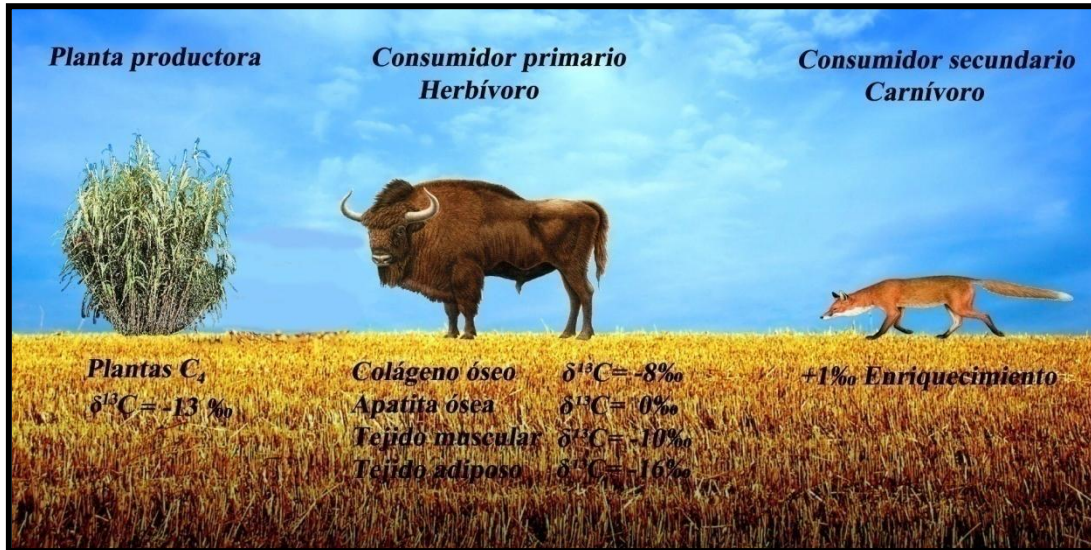
Los valores  $\delta^{13}\text{C}$  del colágeno óseo ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}$  o  $\delta^{13}\text{C}_{\text{colágeno}}$ ) de los herbívoros son 5‰ más altos que el de las plantas que consumen, un 5 ‰ de fraccionamiento entre la dieta y el hueso colágeno parece tener lugar en la mayoría de los animales y los seres humanos. A pesar de esta consistencia, los constituyentes de aminoácidos de colágeno óseo exhiben diferentes grados de enriquecimiento con respecto a la dieta.

Cuando los carnívoros comen herbívoros, se produce otro 1 ‰ en el enriquecimiento de los valores  $\delta^{13}\text{C}$ . Si un carnívoro se come la carne de un carnívoro, hay un 1 ‰ enriquecimiento. Ejemplos de cómo el proceso de enriquecimiento afecta el valor  $\delta^{13}\text{C}$  de los tejidos en diferentes trófica niveles se muestran en la Figura 6.8. Si un consumidor tiene una dieta mixta, en lugar de exclusivamente C3, C4, o plantas y animales marinos, el valor  $\delta^{13}\text{C}$  de su colágeno óseo se encuentra entre dos extremos. Interpolaciones lineales simples se han utilizado para estimar las cantidades relativas de los diferentes grupos de la dieta.

**Figura 6.8-** Fraccionamiento isotópico promedio entre las plantas, tejidos de herbívoros y carnívoros



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica



FUENTE: ARCHIVO PERSONAL.

Los valores  $\delta^{13}\text{C}$  de los peces de agua dulce son similares a los de las plantas y los herbívoros terrestres, pero los valores de las especies marinas son bastante diferentes. El carbono existe en ambientes marinos como dióxido de carbono disuelto y ácido carbónico, los cuales son menos negativos que el  $\text{CO}_2$  atmosférico. El valor  $\delta^{13}\text{C}$  promedio para las plantas marinas y fitoplancton es  $-19,5 \text{ ‰}$ , a medio camino entre la media de los valores de C3 y C4 para las plantas terrestres. Del mismo modo, los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de peces y mamíferos marinos que consumen plantas marinas o animales estarían entre los animales del mismo nivel trófico que consumen dietas basadas en C3 o dietas terrestres basadas en C4. El valor  $\delta^{13}\text{C}$  promedio para los animales marinos que viven en océanos templados es de unos  $-16 \text{ ‰}$  (SEALY, 2001). Los valores  $\delta^{13}\text{C}$  de organismos en ambientes cercanos a la costa se ven afectados por la materia orgánica, principalmente los restos de las plantas terrestres, lavados en los entornos costeros.

### Factores que afectan al valor de $\delta^{13}\text{C}$

Como se indica por Tieszen (1991), el valor  $\delta^{13}\text{C}$  de una planta puede ser modificado por componentes genéticos y ambientales. Los factores genéticos determinan la respuesta de la planta a las diferentes condiciones ambientales. La fotosíntesis puede verse afectada por factores tales como el agua, la disponibilidad de nutrientes, temperatura y altitud.

Los estudios de los isótopos de carbono estables en restos arqueológicos de animales proporcionan información sobre el medio ambiente que habitaban. Así, estudios actuales con herbívoros alimentados de forma natural en una determinada región se

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

pueden utilizar para estimar el valor isotópico para los herbívoros que habitaron ambientes similares en el pasado. Tanto la selectividad de la dieta como la variación estacional pueden afectar a los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (TIESZEN, 1991). En los casos en que tanto las plantas C4 como las C3 están disponibles en el medio ambiente, los animales pueden comer una u otra preferentemente. En consecuencia, el valor  $\delta^{13}\text{C}$  promedio de la vegetación local en el que se basa una dieta aleatoria será diferente de los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  reales de los herbívoros. Los valores  $\delta^{13}\text{C}$  de las plantas pueden variar a lo largo de un período de crecimiento por lo que el momento del consumo debe tenerse en cuenta.

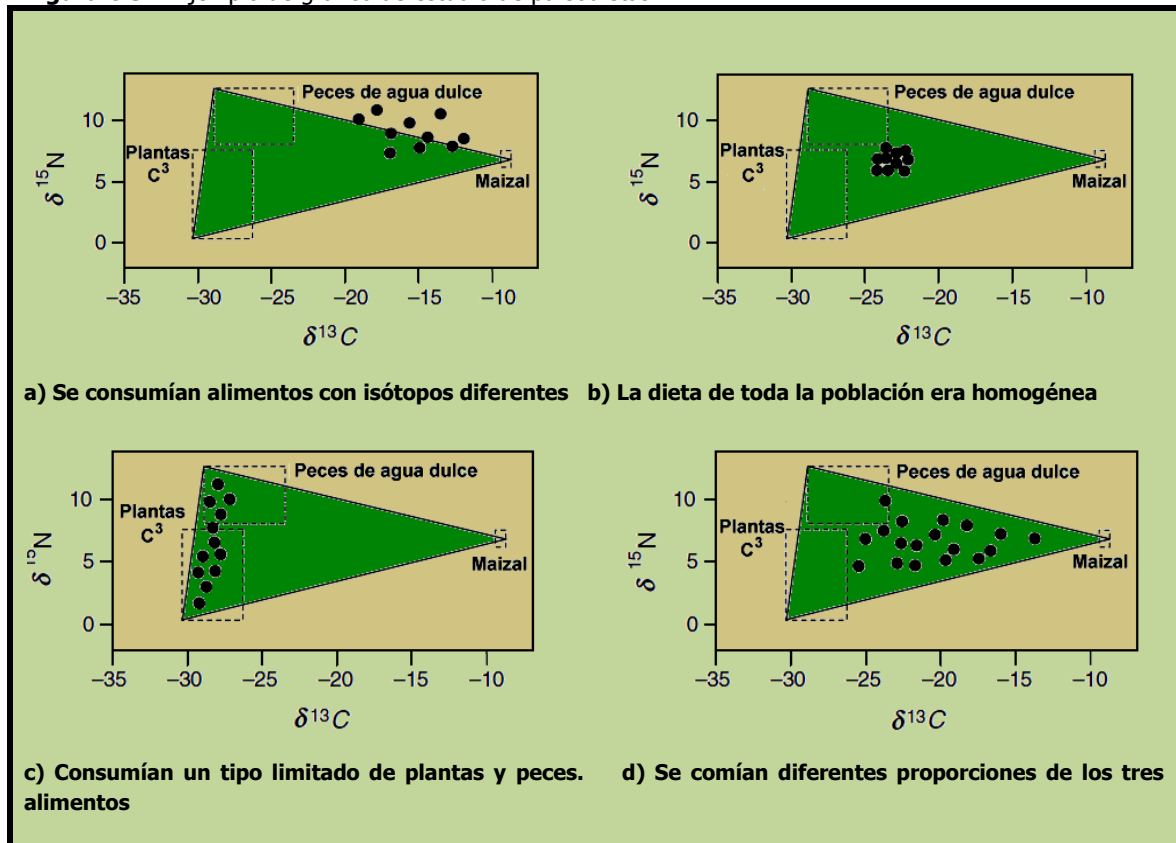
### Reconstrucción de Paleodietas

Para estudios de paleodietas se representan los resultados de los isótopos estables en un gráfico, con valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en el eje X y  $\delta^{15}\text{N}$  en el eje Y (Figura 6.9). A partir de los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de los consumidores y de los alimentos que comían, y la información sobre el fraccionamiento isotópico del tejido particular analizado, se puede establecer el aporte dietético de los diferentes alimentos (MORTON, LAMMERS y SCHWARCZ, 1991; SCHWARCZ, 1991). Si un animal come sólo un tipo de alimento, la diferencia entre el valor isotópico del alimento y el consumidor se deberá al fraccionamiento. Si se consumen alimentos con diferente contenido en isótopos, el fraccionamiento isotópico y la contribución proporcional de cada alimento de la dieta del animal afecta al valor de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de los consumidores.

El aporte dietético de los diferentes alimentos a una paleodieta puede reconstruirse mediante el uso de un modelo de mezcla lineal (MORTON *et al*, 1991; SCHWARCZ y SCHOENINGER, 1991). Como con cualquier modelo matemático, deben cumplirse ciertas condiciones a la vez que existen limitaciones. En primer lugar, si se recogieron los datos para un número N de isótopos, se puede explorar el aporte dietético de N +1 alimentos. En los casos en los que se determinaron los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ , N es igual a 2, por lo que se puede examinar el aporte dietético de tres alimentos. Si los datos se recogieron para cuatro isótopos estables diferentes, se puede realizar la modelización de la contribución de cinco alimentos. En segundo lugar, los alimentos seleccionados deben tener diferentes valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  (es decir, que no puede ser co-lineal en el plano  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ). Cuando esta condición se cumple, cambiando las proporciones dietéticas de los alimentos se desplaza la posición del tejido animal tanto en el eje X como en el eje Y.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Figura 6.9 – Ejemplo de grafico de estudio de paleodietas



FUENTE: SCHWARCZ,1991.

Los alimentos que aparecen en un modelo de mezcla lineal actualmente deben dar cuenta de la gran mayoría de la dieta del animal. La selección debe basarse en la información obtenida a partir de los materiales del lugar (artefactos, restos de fauna y restos vegetales) así como de cualquier otra fuente (relatos históricos y etnográficos, historias orales) que puedan estar disponibles. Un único punto en el espacio se utiliza para representar cada uno de los alimentos en el modelo de mezcla lineal, sin embargo, los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de los alimentos puede variar a lo largo del año. El modelo se mejora si determinados alimentos se consumían en un lugar en épocas del año específicas, con lo que el posible rango de valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  se estrecha. La precisión de los modelos de la paleodieta se incrementa aún más cuando los alimentos seleccionados tienen muy diferentes valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ . El grado de incertidumbre asociado con la medida de las relaciones isotópicas y la estimación del fraccionamiento isotópico también afecta a la precisión del modelo.

Cuando se obtienen los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ , el aporte dietético de tres alimentos (F1, F2, y F3) se puede investigar si la suma de las contribuciones dietéticas



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

proporcionales ( $X_1$ ,  $X_2$ , y  $X_3$ ) es igual a toda la dieta (MORTON *et al*, 1991; SCHWARCZ, 1991):

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1$$

Un valor teórico de  $\delta^{13}\text{C}$  para el consumidor  $\delta^{13}\text{C}_{\text{teorico}}$ , se puede calcular multiplicando el  $\delta^{13}\text{C}$  de cada alimento por su contribución proporcional a la dieta:

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{teorico}} = X_1\delta^{13}\text{C}(f_1) + X_2\delta^{13}\text{C}(f_2) + X_3\delta^{13}\text{C}(f_3)$$

Del mismo modo, un valor teórico  $\delta^{15}\text{N}$  para el consumidor  $\delta^{15}\text{N}_{\text{teorico}}$  puede calcularse así:

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{teorico}} = X_1\delta^{15}\text{N}(f_1) + X_2\delta^{15}\text{N}(f_2) + X_3\delta^{15}\text{N}(f_3)$$

Los valores teóricos se comparan con los valores de los isótopos estables de las muestras reales, con correcciones apropiadas para el fraccionamiento isotópico. Si las muestras quedan fuera de los límites del triángulo formado por los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de los tres alimentos, los alimentos seleccionados no representan todo el rango de variación isotópica de la dieta de los animales por lo que deben cambiarse los componentes de la dieta (Figura 6.10a)

La distribución de los puntos de muestreo en una representación de valores de  $\delta^{13}\text{C}$  frente a  $\delta^{15}\text{N}$  puede revelar determinados aspectos de las pautas de consumo de una población (SCHWARCZ, 1991). Un grupo compacto indica que la dieta de la población era homogénea (Figura 6.10b). Una distribución lineal entre dos alimentos indica que se consumen en cantidades variables de ellos mientras que el tercero no se comió (Figura 6.10c). Si los puntos están bastante uniformemente repartidos en la región definida por los tres alimentos, todos fueron consumidos en proporciones considerables (Figura 6.10d). Dependiendo de la naturaleza del conjunto de muestras analizadas, los modelos lineales se pueden utilizar para probar una variedad de diferentes hipótesis relacionadas con la dieta. Las diferencias en la distribución de las muestras examinadas se pueden considerar con respecto a la condición de un individuo, los cambios en los patrones de consumo en el tiempo o variaciones debido a la disponibilidad de recursos en las diferentes regiones geográficas.

Al utilizar los modelos de mezcla lineal, hay una premisa inherente: que un cambio en la proporción de la dieta se verá reflejado en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de la muestra de tejido animal corregida por el fraccionamiento. La relación entre la composición de la dieta y los isótopos estables es un tema muy complejo, lo que limita la utilidad de los modelos. Mientras que los valores de los isótopos estables obtenidos en los

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

análisis de la apatita ósea generalmente se consideran idóneos para reflejar la composición de la dieta total, el peso del fraccionamiento es variable (SCHWARCZ, 2000).

Las rutas isotópicas, obedecen a una distribución interna no homogénea de los constituyentes de la dieta, y dificultan el estudio de la relación existente entre la composición de los tejidos y la dieta (KATZENBERG y HARRISON, 1997; SCHWARCZ, 1991, 2000; SCHWARCZ y SCHOENINGER, 1991). Como se ha señalado anteriormente, el colágeno óseo se forma principalmente a partir de las proteínas de la dieta, pero existen algunos indicios de que el nivel de ingesta de proteínas también afecta a la composición de los isótopos carbono estables del colágeno (LEE-THORP, 2008; SCHWARCZ, 2000).

Schwarcz (2000) sugiere que los efectos provocados por el enrutamiento isotópico se disminuyen en el caso de poblaciones que toman una ingesta con bajos niveles de proteínas.

La exactitud con que los modelos dietéticos reflejen la paleodieta de los individuos muestreados depende en gran medida de la probabilidad con que los alimentos seleccionados representan la ingesta total. Su utilidad se reduce si los valores de los isótopos estables de los alimentos modelados son similares. Por ejemplo, es difícil modelar con precisión las proporciones alimentarias de los individuos que consumieron exclusivamente las plantas C3, no fijadoras de nitrógeno o herbívoros que comieron solo pastos C3. Mientras que los modelos de mezcla lineal involucran principalmente a los valores de isótopos estables obtenidos en el tejido humano. Morton et al. (1991) han tratado de interpretar los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  obtenidos tanto del colágeno óseo humano como los procedentes de residuos de cocina carbonizados empleando para ello un modelo que incluía maíz, peces de agua dulce, y plantas C3. Sin embargo, diferentes dificultades encontradas por Hart et al. (2007) debido al diferente contenido en carbono de los alimentos sugiere que este enfoque puede no ser válido para el caso de los residuos carbonizados.

En consecuencia, se puede concluir que el análisis de los isótopos estables de elementos diferentes que se encuentran en una amplia variedad de materiales y artefactos, son una fuente de información de gran interés para los arqueólogos. Las diferencias en los valores de los isótopos del carbono estables en la mayoría de los organismos son debidos a (1) las rutas fotosintéticas de las plantas, (2) la dieta, como consumidores de niveles tróficos primarios, secundarios o superior, (3) el fraccionamiento isotópico, y (4) la evolución isotópica.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

La utilidad de la información obtenida depende de la muestra, los isótopos medidos, y del conocimiento acerca de los procesos que afectan a fraccionamiento isotópico.

La aplicación del Análisis de Isótopos Estables, sin duda, seguirá mejorando nuestro conocimiento sobre la dieta, las pautas de movilidad, el clima, y las fuentes de materiales empleados por la humanidad a lo largo del tiempo.

### 6.4. Metodología de análisis de los residuos lipídicos

Se describe la metodología seguida para la identificación de los residuos orgánicos en la cerámica arqueológica bajo estudio. Las etapas requeridas previas a la obtención de la muestra analítica (la que se inyecta en el cromatógrafo de gases) comprende la toma de muestra, preparación y tratamiento de la misma. Una vez inyectada en el cromatógrafo, los diferentes componentes de la misma son separados secuencialmente en la columna cromatográfica. A continuación entran sucesivamente en el espectrómetro de masas donde son fragmentados por impacto electrónico conformando de esta manera su espectro de masas.

#### 6.4.1.- Parámetros cromatográficos y parámetros instrumentales del espectrómetro de masas.

Los parámetros instrumentales utilizados en la experimentación se han optimizado previamente (MANZANO, GARCÍA, ALARCÓN, CANTARERO, CONTRERAS y VÍLCHEZ, 2015) y se resumen en una tabla los valores tanto de Cromatografía de Gases como de Espectroscopía de masas (Tabla 6.4).

**Tabla 6.3** – Parámetros instrumentales para GC - MS

<b>Parámetros Instrumentales</b>			
<b>GC</b>		<b>MS</b>	
Tª inyector (°C)	250	Tª interfase (°C)	230
Tª inicial columna (°C)	70	Rango m/z (uma)	50 - 520
Flujo de gas (ml min <sup>-1</sup> )	1	Voltaje (V)	2235
Modo	Splitless	Tª cuadrupolo (°C)	150
Columna	HP - 5	Modo	Scan



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Gradiente T <sup>a</sup> (°C min <sup>-1</sup> )	12 (hasta 250°C)		SIM
	20 (hasta 250°C)	Velocidad Scan (scan s <sup>-1</sup> )	2.12
Volumen inyección (μl)	1.5	Factor ganancia (EV)	3

La temperatura del inyector del equipo de GC debe ser suficiente para asegurar que todos los compuestos de la muestra se volatilizan, es decir, debe ser ligeramente más elevada que la temperatura de ebullición del compuesto menos volátil.

El rango *m/z* elegido para el Modo SCAN es 50-520 uma. El límite inferior se sitúa en 50 uma para evitar las masas 18, 28, 32 y 34 correspondientes a H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, ya que si existieran trazas de humedad o aire se produciría un ruido de fondo a lo largo del cromatograma que afectaría a la reproducibilidad del análisis. El límite superior, 520 uma, es suficiente ya que abarca holgadamente los pesos moleculares de los compuestos que se espera identificar (ácidos grasos).

### 6.4.2. Toma de muestra

Mediante raspado de la superficie interna de cada fragmento de cerámica se obtiene una muestra (inferior a 1 gramo) que posteriormente debe pulverizarse y homogeneizarse en un mortero. En la tabla 6.5 se recoge información sobre las 19 muestras seleccionadas para este análisis, relacionadas con el yacimiento del que proceden, cronología y naturaleza de las mismas. Para la selección de estas muestras el criterio básico seguido han sido las características externas del recipiente que justificaban su posible uso para el almacenado o procesado (cocción) de alimentos.

Los criterios adoptados en la selección de las muestras para ese tipo de análisis, son:

- 1º - Tipología - olla, carena, cálato, ánfora, cuenco, galbo, etc.
- 2º - Morfología – cuerpo, borde, pared, base, etc.
- 3º - Apéndices – mamelón, asas, perforaciones.
- 4º - Tamaño de las muestras – muy pequeñas, pequeñas, medianas y grandes.
- 5º - Tipos de acabado – bruñido, pulido.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.4** – Descripción de las muestras para el análisis mediante GC-MS

Procedencia	Signatura	Cronología	Tipología	Morfología
Puig Roig	PR-14	Bronce Final	Olla	Cuerpo-pared
Castellons	C-2	Bronce Final	Galbo	
Tossal Rodó	TR-7	Hierro	Galbo	Cuerpo-pared
Turó Calvari	TC-5	Hierro	Cuenco	Cuerpo-pared
Sant Miquel de Vinebre	SM-1	Ibérico Antiguo	Olla	Borde
Barrugat	B-2	Íbero-romano/Romano	Olla	Cuerpo-pared
Cueva de la Pastora	CNL 105-1	Neolítico	Olla	Perforación superior p suspensión
Puntal de la Granja	BAZ 011-1	Cobre	Cuenco	Cuerpo-pared
El Tesorero	BAZ 190-3	Cobre	Carena	Cuerpo-pared
Cerro San Marcos	BNM 016-4	Bronce	Cuenco	Borde-pared
Terrera del Reloj	DDG 013-6	Bronce Pleno	Olla	Borde-pared Mamelón
Cortijo del Guarda	DDG 014-2	Bronce	Galbo	
Cerro de Alboroz 1	BDG 003-1	Bronce Final	Olla	Borde-pared Mamelón
Barranco del Moro 1	ZJR 003-8	Ibérico Antiguo	Olla	Cuerpo-pared Mamelón
Cortijo Cabrera	DDG 004-1	Ibérico Antiguo	Cuenco	Cuerpo-pared
Cerro Cepero	BAZ 001-6	Romano	Olla	Borde-pared Mamelón
Cerro Cepero	BAZ 001- 8	Romano	Olla	Base
Medina Bazta	MB-2	Media	Cazuela	Borde-pared Esmaltada Asas
Medina Bazta	MB-4	Media	Olla	Borde-pared Esmaltada

### 6.4.3. Extracción de los componentes orgánicos

Para la extracción de los componentes orgánicos se ha empleado el método estándar propuesto por Evershed (EVERSHED, HERON y GOAD, 1990), y posteriormente optimizado en nuestro laboratorio (MANZANO *et al*, 2015). Las muestras (aproximadamente 1g) se mezclan con 15 mL de diclorometano: metanol (2:1 (v/v), durante 15 minutos en un baño de ultrasonidos. Las fases líquida y sólida se separan mediante centrifugación a 3500 rpm durante 5 minutos. El proceso de extracción y centrifugación se repitió dos veces, mezclándose los sobrenadantes obtenidos. Se transfiere a continuación a un pequeño vial y se evapora el disolvente en corriente de

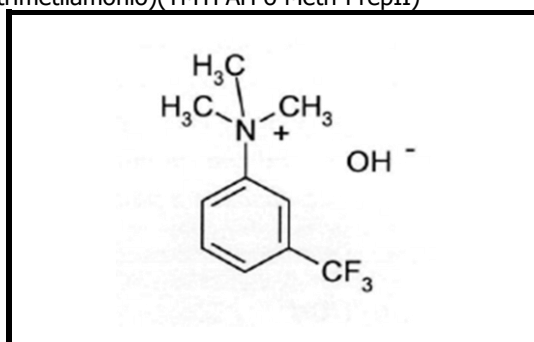
## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

nitrógeno para obtener el extracto lipídico total (TLE). El extracto lipídico total se someterá posteriormente al proceso de derivatización que se describe seguidamente.

### 6.4.4. Derivatización

Algunos de los compuestos lipídicos necesitan ser adecuadamente derivatizados previamente a su inyección en el Cromatógrafo de Gases, y de esta forma generar derivados más volátiles. Se ha seleccionado como agente derivatizante el hidróxido de (m-trifluorometilfenil) trimetilamonio (TMTFAH ó Meth-PrepII) (Figura 6.10) atendiendo a las buenas propiedades atribuidas en la bibliografía consultada (DRECHSEL, DETTMER y ENGEWALD, 2003).

**Figura 6.10** - hidróxido de (m-trifluorometilfenil) trimetilamonio (TMTFAH ó Meth-PrepII)



TMTFAH permite un eficiente y limpio proceso de derivación a la temperatura usual de inyección de un cromatógrafo de gases, con mínimas reacciones colaterales. Una ventaja a destacar del empleo del TMTFAH es que puede realizar metilaciones tanto con los ácidos libres como con los ésteres unidos a glicéridos sin necesidad de una hidrólisis previa del éster (transesterificación), originando en ambos casos los derivados más volátiles: ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME's).

### 6.5. Resultados

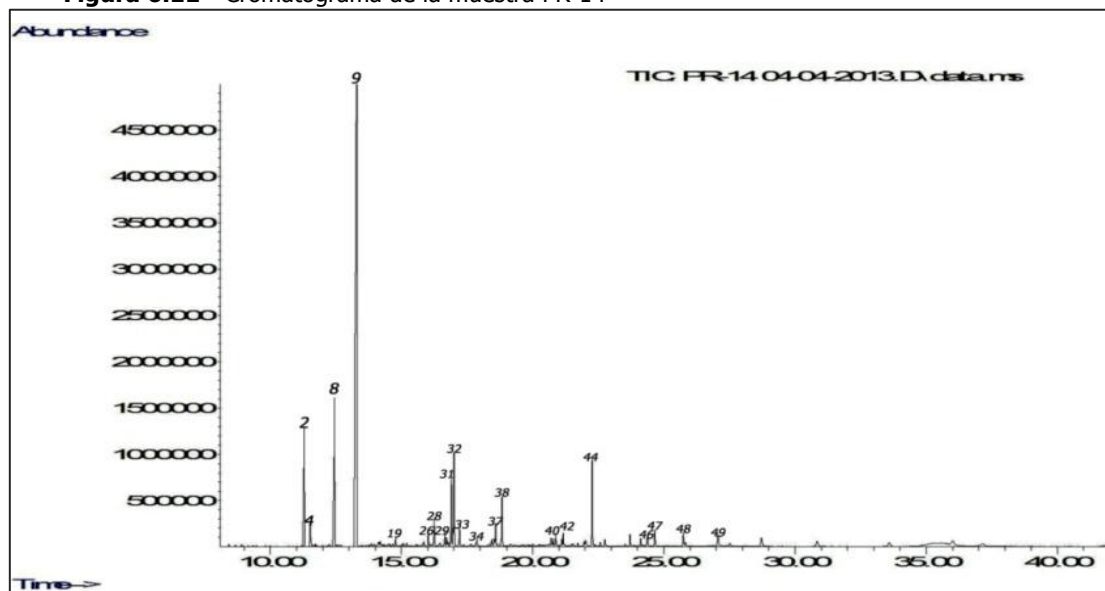
Los cromatogramas obtenidos para cada una de las 19 muestras analizadas que se muestran en las figuras 6.12-6.30, revelan un elevado número de picos estrechos e intensos, que ponen de manifiesto una correcta separación de los componentes en todos los casos. A partir de estos resultados se elabora una tabla para cada muestra (Tablas 6.6a-6.24a) en la que se recoge: número de orden de compuesto (#), tiempo de

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

retención (tR), relación  $m/z$  de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje de probabilidad en la asignación del compuesto (QUAL %). En estas tablas se recogen aquellos compuestos cuyo porcentaje en la asignación sea superior a 78%, aunque para la discusión de los resultados solo hemos considerado aquellos cuyo porcentaje es superior a 90%.

Para conocer la identidad de cada compuesto se ha realizado su espectro de masas y se ha comparado con los espectros almacenados en la espectroteca del PC (WILEY 275). Se ha asignado a cada pico el compuesto cuyo espectro de masas sea más parecido, esto es, el que presenta un mayor índice de probabilidad en la asignación (%QUAL).

**Figura 6.11** - Cromatograma de la muestra PR-14



**Tabla 6.5a** - Compuestos identificados en muestra PR-14. Tiempos de retención (tR), relación  $m/z$  de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	$m/z$	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
2	11276	205.1, 220.1	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate	220	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	83
3	11528	163.0, 194.0	methyl phthalate	194	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	86
4	11559	135.0, 180.0	ethyl anisate	180	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	80
5	11732	135.0, 177.0, 220.1	2,6-di-tert-butyl-p-benzoquinone	220	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	93
7	12423	149.0, 163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	90
8	12596	207.1, 263.1	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8-hexamethylperhydro-3a,4a,7a,8a-tetraazacyclopentano[def]fluorene	278	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> N <sub>4</sub>	78
9	13264	149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	94

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

10	13759	200.2, 221.1, 236.1	4-methoxy-2,6-di-tert-butylphenol	236	C15H24O2	87
11	13845	179.0, 235.2, 290.1	4-hydroxy-3',4',5'-trimethoxybut-2-ynophenone 4-hydroxy-3',4',5'-trimethoxybut-2-ynophenone	250	C13H14O5	90
16	14363	199.1, 249.1, 281.1	(trimethylsilyl)ethynyl)pentafluoro benzene	264	C11H9F5Si	78
22	15078	115.0, 129.0, 216.1	alpha.hexylcinnamic aldehyde	216	C15H20O	93
23	15204	191.0, 219.1	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxybenzaldehyde	234	C15H22O2	94
27	16147	213.1, 243.1, 258.0	galaxolide	258	C18H26O	94
28	16249	104.0, 149.0, 223.1	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	90
30	16728	149.0, 175.1, 205.1	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro [4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione	276	C17H24O3	96
32	16893	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester ester	270	C17H34O2	93
33	17215	149.0, 205.1, 223.1	butyl phthalate	278	C16H22O4	91
36	18590	111.1, 222.2, 264.2	8-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	95
37	18645	111.0, 222.3, 264.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	87
38	18825	143.1, 255.2, 298.3	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	93
39	18998	207.0, 289.1, 304.1	benzo[b]cyclopropa[1m]fluornone	304	C21H20O2	90
40	20789	239.1, 314.2	dehydroabietic acid	314	C21H30O2	99
42	21166	128.1, 252.2, 295.3	mecambrine	295	C18H17NO3	83
44	22266	149.0, 279.1	di-(2-ethylhexyl)phthalate	390	C24H38O4	83
45	23240	207.0, 280.9, 438.4	2,3-didecyl-1,4naphthoquinone	438	C30H46O2	83
46	24371	137.0, 207.0, 351.3	squalen	410	C30H50	91

Para facilitar la interpretación de los resultados se ha elaborado además una tabla para cada muestra (Tablas 6.6b-6.24b) donde se recogen, junto a la numeración de cada compuesto y su tiempo de retención, otras dos columnas con el nombre común del compuesto (en caso de ser posible), número de átomos de carbono e insaturaciones (en los ácidos grasos) así como el porcentaje de área de cada pico.

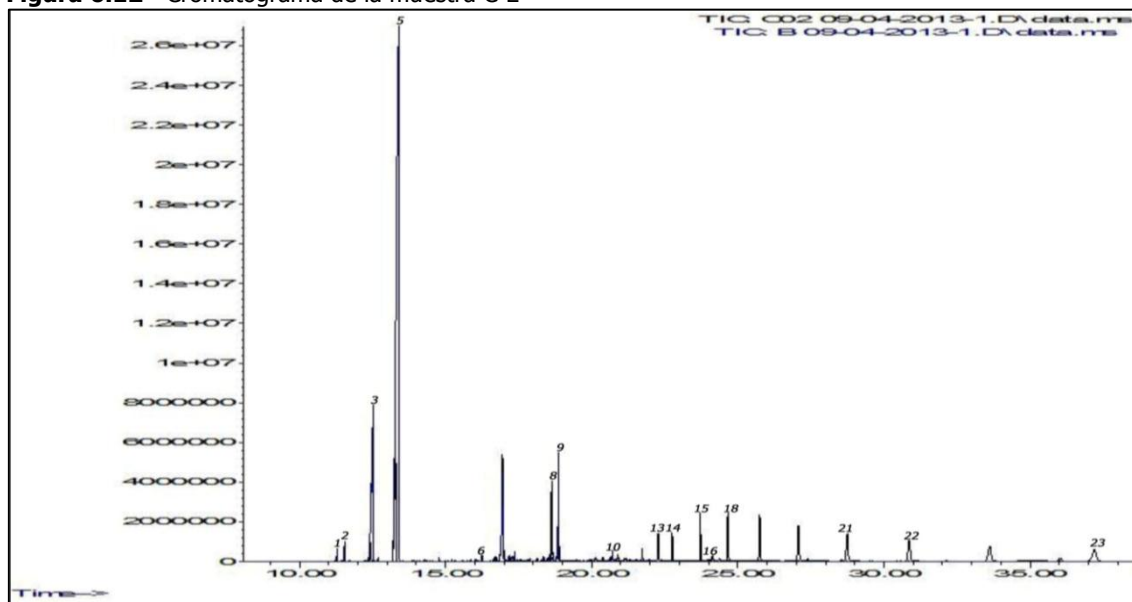
**Tabla 6.5 b** - Compuestos identificados en muestra PR-14. Porcentaje de área.

≠#	tR	compuesto identificado	nombre común	área %
2	11276	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate		6.17
3	11528	methyl phthalate	ftalato (derivados)	1.52
4	11559	ethyl anisate	anisato de etilo	1.52
5	11732	2,6-di-tert-Butyl-p-benzoquinone		0.10
7	12423	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	8.74
8	12596	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8-hexamethylperhydro-3a,4a,7a,8a-tetraazacyclopentano[def]fluorene		0.13
9	13264	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	53.65

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

10	13759	4-methoxy-2,6-di-tert-butylphenol		0.10
11	13845	4-hydroxy-3',4',5'-trimethoxybut-2-ynophenone		0.21
16	14363	(trimethylsilyl)ethynyl)pentafluorobenzene		0.08
22	15078	alpha.hexylcinnamic aldehyde	α-hexilcinamaldehido	0.17
23	15204	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxybenzaldehyde		0.18
27	16147	galaxolide		1.43
28	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	1.43
30	16728	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro [4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione		0.36
32	16893	hexadecanoic acid, methyl ester ester	ac palmítico (C16:0)	3.09
33	17215	butyl phthalate	ftalato (derivados)	0.94
36	18590	8-octadecenoic acid, methyl ester	ac 8-octadecenoico	1.07
37	18645	9-octadecenoic acid, methyl ester	ac oleico (C18:1)	0.09
38	18825	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	2.35
39	18998	benzo[b]cyclopropa[1m]fluornone		0.15
40	20789	dehydroabietic acid	ac dehidroabiético	0.29
42	21166	mecambrine		0.49
44	22266	di-(2-ethylhexyl)phthalate	ftalato (derivados)	3.97
45	23240	2,3-didecyl-1,4naphthoquinone		0.12
46	24371	squalen	escualeno	0.72

**Figura 6.12** - Cromatograma de la muestra C-2



**Tabla 6.6a** -Compuestos identificados en muestra C-2. Tiempos de retención (tR), relación m/z de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	m/z	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	11292	143.1, 205.1, 220.1	2,3-.mu-trimethyl germyl-cc'-dimethyl-4,5-dicarba-nido-	222	C7H20B4Ge	86

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

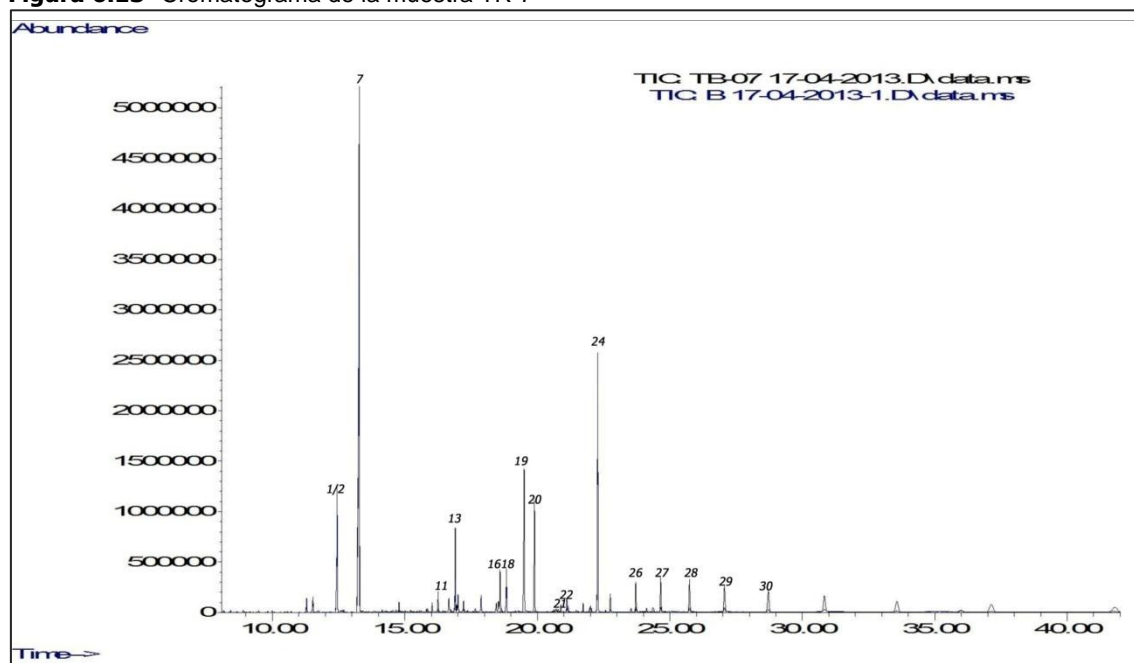
			hexaborane(8)			
3	12439	149.0, 163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	90
4	12690	111.0, 152.0, 185.1	nonanedioic acid	216	C11H20O4	90
5	13256	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	94
6	16249	104.0, 149.0, 223.0	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	91
7	18621	111.1, 222.2, 254.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	95
8	18660	110.0, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid (Z)	296	C19H36O2	95
9	18849	143.1, 255.2, 298.3	octadecanoic acid	298	C19H38O2	93
10	20600	143.1, 283.2, 326.3	eicosanoic acid	326	C21H42O2	81
11	20640	147.0, 221.1, 355.1	3-(4-n,n dimethylaminophenyl) propenoic acid, 2- (diethoxyphosphinyl)-,ethyl ester	355	C17H26NO5 P	91
12	20789	141.0, 239.2, 299.2	dehydroabiatic acid	314	C21H30O2	97
13	22274	104.0, 149.0, 279.1	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83
17	24379	109.0, 149.0, 221.1	squalene	410	C30H50	86
20	28534	174.1, 269.2, 382.3	cholesta-3,5-dien-7-one	382	C27H42O	99
23	37207	147.0, 221.1, 355.1	bistrimethylsilyln-acetyl eicosasphinga-4,11-dienine	511	C28H57NO3 Si2	86

**Tabla 6.6b** - Compuestos identificados en muestra C-2. Porcentaje de área.

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	11292	2,3-.mu-trimethyl germyl-cc'- dimethyl-4,5-dicarba-nido- hexaborane(8)		0.43
3	12439	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	3.11
4	12690	nonanedioic acid	ac azelaico (2C9)	0.52
5	13256	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	34.03
6	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	1.05
7	18621	9-octadecenoic acid,methyl ester	ac oleico (C18:1)	12.18
8	18660	9-octadecenoic acid (Z)	ac oleico (C18:1) Z	7.65
9	18849	octadecanoic acid	ac esteárico (C18:0)	7.65
10	20600	eicosanoic acid	ac esteárico (C18:0)	0.52
11	20640	3-(4-n,n dimethylaminophenyl) propenoic acid,2- (diethoxyphosphinyl),ethyl ester		0.52
12	20789	dehydroabiatic acid	ac dehidroabiético	0.21
13	22274	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	3.69
17	24379	squalene	escualeno	0.67
20	28534	cholesta-3,5-dien-7-one	colesterol (derivado)	0.45
23	37207	bistrimethylsilyln-acetyl eicosasphinga-4,11-dienine		8.87

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 6.13-** Cromatograma de la muestra TR-7



**Tabla 6.7a** - Compuestos identificados en muestra TR-7. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	12423	149.0, 163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	83
2	12565	263.2, 280.7, 327.7	2-bis(methylthio)methylene-1-phrenyl-4-methyl-4-penten-1-one	278	C15H18OS2	78
5	12690	111.1, 152.0, 185.0	3-methylamino-thixo-2,5-dimethyl-thiophene	185	C8H11NS2	78
6	12816	113.1, 141.2, 169.1	octadecane	254	C18H38	83
7	13240	149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	95
8	14143	163.0, 181.0, 206.8	methyl 2-ethylhexyl phthalate	292	C17H24O4	78
11	16249	149.0, 167.0, 223.0	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	78
12	16901	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	93
13	16963	147.1, 277.1, 293.2	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl) propionate	292	C18H28O3	98
14	17003	187.1, 291.2, 307.2	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo [3.2.1]octan-7-one	306	C16H18O4S	83
15	17215	149.0, 223.1	butyl phthalate	278	C16H22O4	90
18	18825	143.1, 255.2, 298.2	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	90
19	19485	155.0, 183.0, 226.0	9H-Xanthen-9-one,3 methoxy	226	C14H10O3	94
20	19886	165.0, 255.1, 272.1	4-benzyloxy-6-methoxy-o-toluic acid	272	C16H16O4	83
23	22038	111.1, 207.0, 320.3	erucic acid methyl ester	352	C23H44O2	87
24	22266	149.0, 279.2	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83

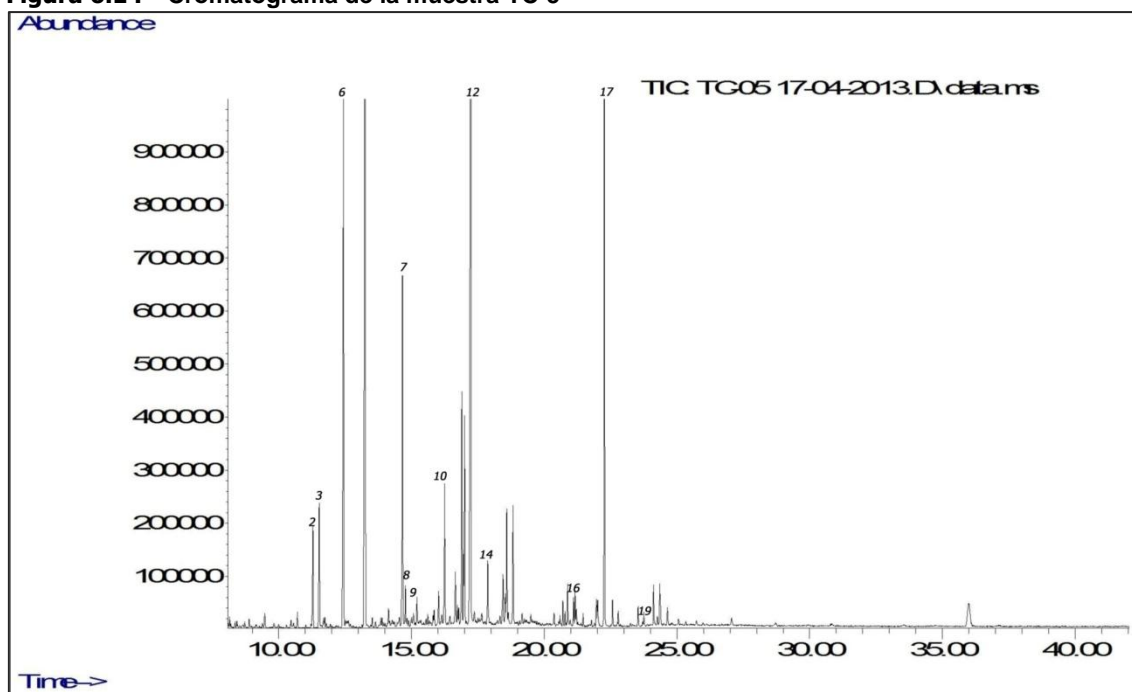


## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.7b** - Compuestos identificados en muestra TR-7. Porcentaje de área.

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área %
1	12423	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	5.34
2	12565	2-bis(methylthio)methylene-1-phrenyl-4-methyl-4-penten-1-one		0.06
5	12690	3-methylamino-thixo-2,5-dimethyl-thiophene		0.05
6	12816	octadecane	octadecano (C18H38)	31.62
7	13240	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	31.62
8	14143	methyl 2-ethylhexyl phthalate	ftalato (derivados)	0.10
11	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	0.83
12	16901	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	3.04
13	16963	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl) propionate		0.28
14	17003	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo [3.2.1]octan-7-one		0.61
15	17215	butyl phthalate	ftalato (derivados)	0.49
18	18825	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	1.64
19	19485	9H-Xanthen-9-one, 3-methoxy-		6.69
20	19886	4-benzyloxy-6-methoxy-o-toluic acid		4.27
23	22038	erucic acid methyl ester	ac erúxico (C22:1)	0.10
24	22266	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	9.89

**Figura 6.14** - Cromatograma de la muestra TC-5



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.8a** - Compuestos identificados en muestra TC-5. Tiempos de retención (tR), relación m/z de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

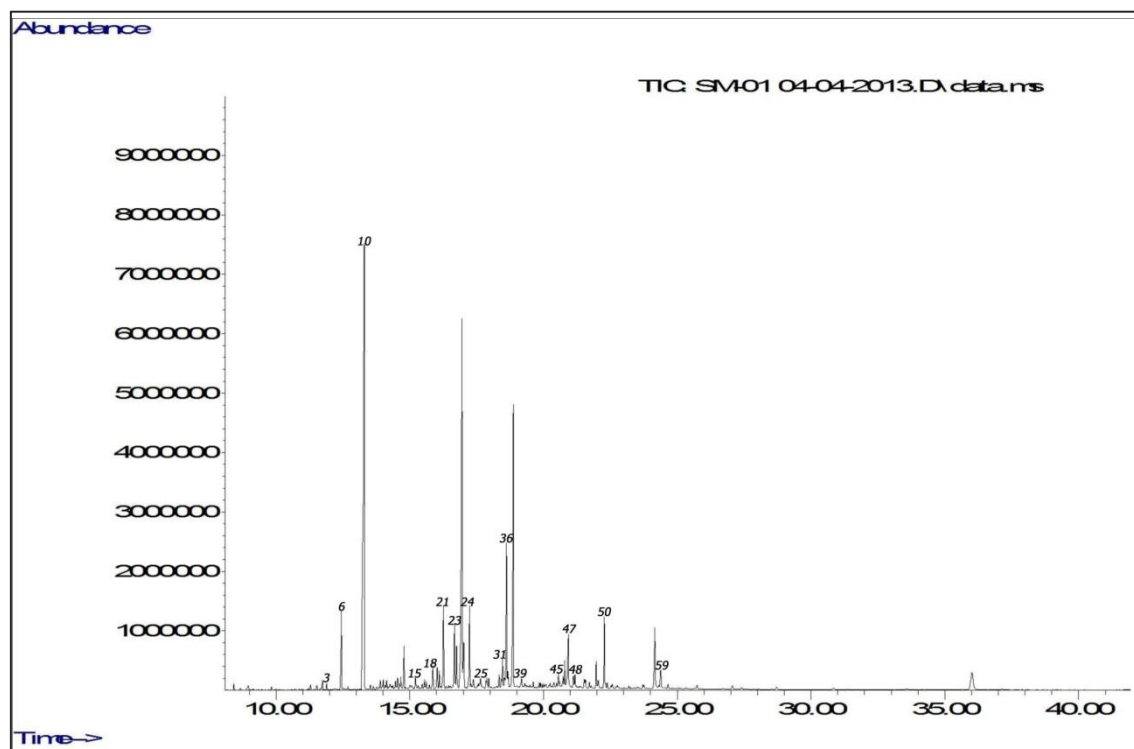
№	tR	m/z	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	10703	167.1, 207.0, 236.0	benzothieno[2,3-c]-1,5-naphthyridine	236	C14H8N2S	83
2	11284	205.1, 220.1	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate	220	C14H20O2	83
3	11520	163.0, 177.0, 194.0	methyl phthalate	194	C10H10O4	90
5	11732	177.1, 220.0, 281.1	2,6-di-tert-butyl-p-benzoquinone	220	C14H20O2	95
6	12423	163.0, 208.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	90
7	14654	104.0, 163.0	methyl 2-ethylhexylphthalate	292	C17H24O4	78
9	15204	175.0, 219.1	7-tert-butyl-4-methyl-5-nitrobenz(D)oxazole	234	C12H14N2O3	90
10	16249	149.0, 223.0	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	78
11	16437	191.0, 207.0, 222.1	methyl 3,4-dimethoxycinnamate	222	C12H14O4	96
12	17199	149.0, 223.0	butyl phthalate	278	C16H22O4	91
14	17749	221.0, 237.0, 252.1	cinnamic acid, 3,4,5-trimethoxy-, methyl ester	252	C13H16O5	90
17	22274	149.0, 279.1	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83

**Tabla 6.8b** - Compuestos identificados en muestra TC-5. Porcentaje de área.

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	10703	benzothieno[2,3-c]-1,5-naphthyridine		0.41
2	11284	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate		2.66
3	11520	methyl phthalate	ftalato (derivados)	3.40
5	11732	2,6-di-tert-butyl-p-benzoquinone	2,6-di-tert-butyl-p-benzoquinona	0.22
6	12423	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	15.10
7	14654	methyl 2-ethylhexylphthalate	ftalato (derivados)	8.35
9	15204	7-tert-butyl-4-methyl-5-nitrobenz(D)oxazole		0.80
10	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	3.72
11	16437	methyl 3,4-dimethoxycinnamate	ac 3,4-dimetoxicinámico	0.31
12	17199	butyl phthalate	ftalato (derivados)	44.43
14	17749	cinnamic acid, 3,4,5-trimethoxy-, methyl ester	ac 3,4,5-trimetoxicinámico	1.70
17	22274	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	14.37

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 6.15-** Cromatograma de la muestra SM-1



**Tabla 6.9a** -Compuestos identificados en muestra SM-1. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	11292	205.1, 220.1	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate	220	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	83
2	11732	177.1, 205.1, 220.1	2,6-di-tert-butylquinone	220	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	99
3	11889	151.0, 166.0	3,4-dimethoxybenzaldehyde	166	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	91
4	12172	134.9, 163.0, 194.0	dimethyl terephthalate	194	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	93
5	12234	205.1, 281.0	butylated hydroxytoluene	220	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	95
6	12431	149.0, 163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	80
9	12690	111.0, 152.0, 185.1	nonanedioic acid, dimethyl ester	216	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub>	78
10	13256	149.0, 177.0, 222.1	ethyl phthalate	222	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	94
12	13853	149.1, 179.1, 250.1	4-hydroxy-3',4',5'-trimethoxybut -2-ynophenone	250	C <sub>13</sub> H <sub>14</sub> O <sub>5</sub>	90
13	15054	149.0, 207.0, 233.1	2,2,4-trimethyl-4,5-dihydro-1,3,8H-azulene-6,7-dicarboxylic anhydride	248	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	83
14	15078	115.0, 129.0, 216.1	alpha-hexylcinnamic aldehyde	216	C <sub>15</sub> H <sub>20</sub> O	97
15	15212	191.1, 219.1	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxybenzaldehyde	234	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O <sub>2</sub>	94
16	15549	143.1, 199.1, 213.1	methyl pentadecanoate	256	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	87
17	15738	233.1, 248.1	ethanone, 1-(5-hydroxy-8-methoxy-2,2-dimethyl-2H-1-benzopyran-6-yl)-	248	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> O <sub>4</sub>	83
18	15864	143.1, 213.2, 256.2	methyl pentadecanoate / normal chain	256	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	93

**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica:  
aportación al estudio de las pastas cerámica**

20	16146	213.1, 243.1, 258.2	galaxolide 1 and 2	258	C18H26O	90
21	16248	149.0, 223.1	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	90
23	16743	149.0, 175.1, 205.0	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro [4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione	276	C17H24O3	99
24	17230	149.0, 223.1	butyl phthalate	278	C16H22O4	91
25	17521	143.1, 241.2, 284.2	3-(2,4-dimethoxyphenyl)-3- methylphthalide	284	C17H16O4	83
29	17882	143.1, 241.2, 284.3	homofascaplysin C	284	C19H12N2O	83
31	18346	133.0, 241.1	benzene, 1,1'-(1-methylethylidene) bis[4-methoxy-	256	C17H20O2	90
34	18605	110.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	95
35	18652	111.1, 222.2, 264.2	methyl 9-octadecenoate	296	C19H36O2	96
37	18841	143.1, 255.2, 298.0	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	93
38	19014	298.2, 305.2	benzocyclopropafluornone	304	C21H20O2	86
42	19948	121.1, 149.0, 180.0	1-Phenanthrenecarboxylic acid, 7- ethenyl-1,2,3,4,4a, 4b,5,6,7,9,10,10adodecahydro - 1,4a,7-trimethyl-, methyl ester	316	C21H32O2	99
44	20561	178.0, 290.1	2-ethylhexyl ester of 4- methoxy- cinnamic acid	290	C18H26O3	95
45	20600	143.1, 283.2, 326.3	eicosanoic acid, methyl ester	326	C21H42O2	94
46	20789	239.1,299.2	dehydroabiatic acid	314	C21H30O2	99
47	20899	100.1, 126.1, 281.2	9-octadecenamamide, (Z)	281	C18H35NO	92
48	21229	114.0, 256.1, 316.1	methyl abietate	316	C21H32O2	78
49	22046	111.1, 278.3, 320.2	4-(o-methylphenyl)-2,6- diphenylpyridine	321	C24H19N	83
50	22273	149.0, 279.1	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83
51	22572	111.1, 162.0, 309.3	ethyl 2-{ -2'[1''-(6-formyl-3,4- dimethoxyphenyl)vinyl]-4',5'- dimethoxyphenyl}acetate	414	C23H26O7	90
52	22713	253.1, 328.2	dehydroabiatic acid, methyl ester	328	C22H32O2	96
54	23248	207.0, 438.3	4,4'-dihydroxy-7,7'-dimethoxy-5,5'- dimethyl-6,8'-bicooumarin	438	C24H22O8	90
55	23389	207.0, 281.0, 424.3	3,5-di-o-methyl-gartanin	424	C25H28O6	83
56	23530	207.0, 410.3, 454.2	(+)-dimethyl (3.alpha.,15.beta. ,16.alpha.,2o.beta.H)-17 -oxoyohimban-16 -carboxylate	410	C23H26N2O5	80
58	23758	143.1, 339.3, 382.4	tetracosanoic acid, methyl ester	382	C25H50O2	94
59	24379	100.1, 137.1, 351.3	squalen	410	C30H50	95
61	25337	143.1, 206.9, 410.4	4-[.beta.-[p'-(di-n-butylamino)-p- stilbenyl]vinyl]pyridine	410	C29H34N2	78

**Tabla 6.9b** -Compuestos identificados en muestra SM-1. Porcentaje de área.

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	11292	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7- dihydroindan-6-carboxylate		0.28
2	11732	2,6-di-tert-butylquinone	2,6-di-tert-butylquinona	0.38
3	11889	3,4-dimethoxybenzaldehyde	3,4- dimethoxibenzaldehido	0.26

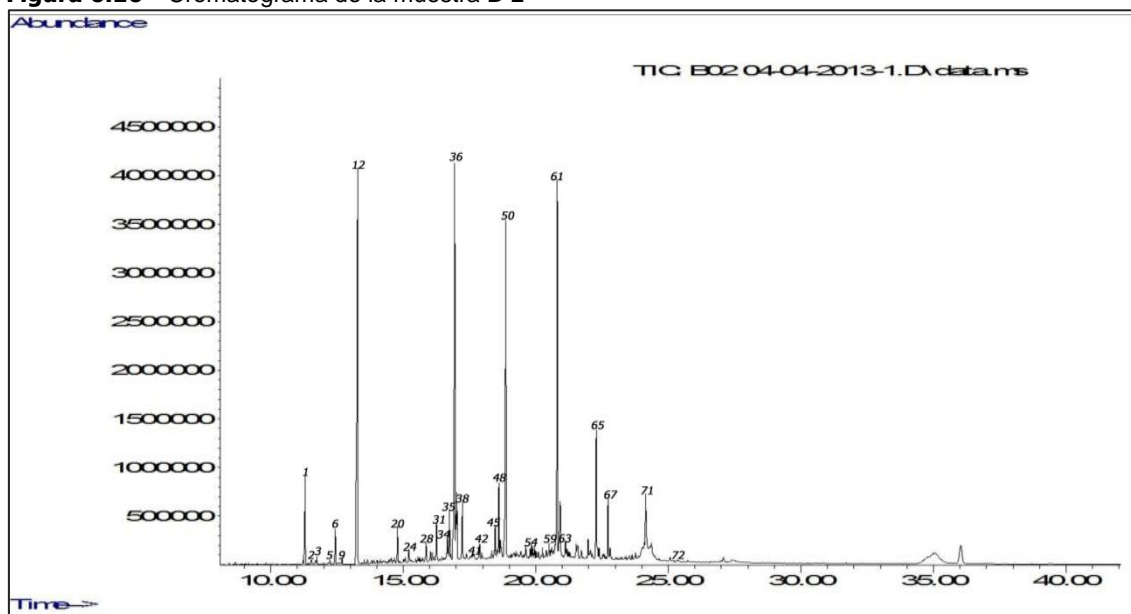
**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica:  
aportación al estudio de las pastas cerámica**

4	12172	dimethyl terephthalate	ftalato(derivados)	0.11
5	12234	butylated hydroxytoluene		3.51
6	12431	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	3.51
9	12690	nonanedioic acid, dimethyl ester	ac.azelaico	0.14
10	13256	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	34.30
12	13853	4-hydroxy-3',4',5'trimethoxybut -2- ynophenone		0.49
13	15054	2,2,4-trimethyl-4,5-dihydro-1,3,8H- azulene-6,7-dicarboxylic anhydride		0.23
14	15078	alpha-hexylcinnamic aldehyde	aldehído hexilcínámico	0.23
15	15212	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxybenzaldehyde		0.62
16	15549	methyl pentadecanoate	ac pentadecanoico (C15:0)	0.44
17	15738	ethanone, 1-(5-hydroxy-8-methoxy- 2,2-dimethyl-2H-1-benzopyran-6-yl)-		0.17
18	15864	methyl pentadecanoate / normal chain	ac pentadecanoico (C15:0)/cadena normal	1.11
20	16146	galaxolide 1 and 2		3.70
21	16248	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	3.70
23	16743	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro [4.5]deca- 6,9-diene-2,8-dione		2.06
24	17230	butyl phthalate	ftalato (derivados)	3.40
25	17521	3-(2,4-dimethoxyphenyl)-3- methylphthalide		0.21
29	17882	homofascaplysin C		0.40
31	18346	benzene, 1,1'-(1-methylethylidene)		0.55
34	18605	9-octadecenoic acid, methyl ester	ac 9-octadecenoico	6.53
35	18652	methyl 9-octadecenoate	ac oleico Z(C18:1)	0.81
37	18841	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	12.62
38	19014	benzo[b]cyclopropa[1m]fluorone		0.55
42	19948	1-phenanthrenecarboxylic acid,7- ethenyl-1,2,3,4,4a,4b,5, 6,7,9, 10, 10adodecahydro-1,4a,7-trimethyl, methyl ester		0.13
44	20561	2-ethylhexyl ester of 4- methoxy- cinnamic acid		0.50
45	20600	eicosanoic acid, methyl ester (CAS)	ác araquídico (C20:0)	0.54
46	20789	dehydroabietic acid	ac dehidroabiético	1.05
47	20899	9-octadecenamido, (Z)	9-octadecenamida	3.58
48	21229	methyl abietate	ac abiético	0.43
49	22046	4-(o-methylphenyl)-2,6- diphenylpyridine		0.40
50	22273	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	3.05
51	22572	ethyl 2-{2'[1''-(6-formyl-3,4- dimethoxyphenyl)vinyl]-4',5'- dimethoxyphenyl}acetate		0.20
52	22713	dehydroabietic acid,methyl ester		0.11
54	23248	4,4'-dihydroxy-7,7'-dimethoxy-5,5'- dimethyl-6,8'-bicoumarin		0.18
55	23389	3,5-di-o-methyl-gartanin		0.18

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

56	23530	(+)-dimethyl (3.alpha.,15.beta,16.alpha.,2o.beta.H)-17-oxoyohimban-16-carboxylate		0.18
58	23758	tetracosanoic acid, methyl ester	ac lignocérico C24:0	0.15
59	24379	squalen	escualeno	1.14
61	25337	4-[.beta.-[p'-(Di-n-butylamino)-p-stilbenyl]vinyl]pyridine		0.27

**Figura 6.16** - Cromatograma de la muestra B-2



**Tabla 6.10a** -Compuestos identificados en muestra B-2. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	11276	175.1, 205.1, 220.1	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate	220	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	83
3	11732	135.0, 177.1, 220.1	2,6-di-tert-butylquinone	220	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	94
4	12172	134.9, 163.0, 194.0	dimethyl terephthalate	194	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	90
7	12572	113.1, 169.1, 263.2	7,8,9,10-tetrahydro-5,6-dimethyl-5H-benzo[b]carbazol-7-on	263	C <sub>18</sub> H <sub>17</sub> NO	78
8	12596	205.8, 263.2, 278.1	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8-hexamethylperhydro-3a,4a,7a,8a-tetraazacyclopentano[def]fluorene	278	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> N <sub>4</sub>	78
10	12690	111.1, 152.1, 185.0	nonanedioic acid, dimethyl ester	216	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub>	78
12	13232	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	94
13	13751	121.0, 221.1, 236.1	4-methoxy-2,6-di-tert-butylphenol	236	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	93
14	13821	105.0, 152.0, 182.0	diphenyl ketone	182	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub> O	80
15	14096	121.0, 135.1, 163.1	3,5-diisopropylphenol	178	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O	90
19	14835	155.1, 197.1, 212.1	3-ethyldibenzothiophene	212	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> S	83
21	15055	115.0, 233.1, 248.1	1-[3-(1,1-dimethylethyl)-2-hydroxy-6-methyl-5-(1-methylethyl)phenyl]-	248	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	83

**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica:  
aportación al estudio de las pastas cerámica**

			ethanone			
22	15078	117.0, 145.1, 216.1	alpha.-hexylcinnamaldehyde	216	C15H20O	97
23	15149	104.0, 165.0, 210.2	9,10-dimethyl-1,2,3,4-tetrahydroanthracene	210	C16H18	80
24	15204	191.1, 219.1, 234.1	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxybenzaldehyde	234	C15H22O2	94
25	15550	143.1, 199.1, 213.1	methyl pentadecanoate / anteiso chain	256	C16H32O2	89
30	16147	213.1, 243.1, 258.2	galaxolide 1 and 2	258	C18H26O	93
31	16249	104.0, 149.0, 223.1	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	90
33	16626	111.1, 208.1, 236.1	6-methoxy-1-phenyl-3,4-dihydronaphthalene	236	C17H16O	80
35	16736	149.0, 175.1, 205.1	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione	276	C17H24O3	99
36	16908	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	94
37	17026	161.1, 187.1, 291.2	2,7,8-trimethoxy-3-methyl-5,6-methylenedioxy-naphtho-1,4-quinone	306	C15H14O7	90
38	17223	149.0, 205.0, 223.1	butyl phthalate	278	C16H22O4	91
39	17411	111.1, 127.1, 266.1	12H-7,8,9-tetrahydrobenzo[b]thioxanthen-12-one	266	C17H14OS	90
40	17521	111.1, 143.1, 241.1	as-indacene, 1,2,3,6,7,8-hexahydro-1,1,6,6-tetramethyl-4-(1-methylethyl)-	256	C19H28	83
41	17608	111.0, 143.1, 284.2	2,5-bisdimethylamino-3,9-dimethyl-3H-1,3,4,6-tetrazacyclopent(E)azulene	284	C15H20N6	90
42	17883	143.1, 163.0, 241.2	2-(4-methoxyphenyl)pyrido[2,3-b][1,5]thiazepin-4(5H)-one	284	C15H12N2O2S	90
43	18338	111.1, 241.1, 280.2	bisphenol C	256	C17H20O2	92
46	18597	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	95
49	18668	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	296	C19H36O2	89
50	18833	143.1, 255.2, 296.2	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	94
51	19006	111.1, 281.3, 304.2	methyl-3,3-diphenyl-6-azatricyclo[3.2.0.0(2,4)]heptane-6-carboxylate	305	C20H19NO2	83
54	19784	189.0, 219.1, 255.2	e,e)-2,5-diphenyl-2,4-hexadiene	234	C18H18	91
55	19948	121.1, 257.2, 316.2	methyl sandaracopimarate	316	C21H32O2	96
57	20459	121.1, 215.1, 309.3	2-nonadeca-4,10,13-trienyl-4,4-dimethyloxazoline	359	C24H41NO	90
58	20490	105.1, 187.1, 241.2,	methyl isopimarate	316	C21H32O2	97
59	20498	105.0, 187.1, 241.1	sandaracopimaric acid methyl ester	316	C21H32O2	98
60	20608	143.1, 283.2, 326.3	16-selena-5.alpha.-androstane	326	C18H30Se	83
61	20663	199.0, 243.2, 303.2	methyl 13.beta.-abiet-8-en-18-oate	318	C21H34O2	96
62	20765	197.1, 237.1, 312.2	methyl 6-dehydrodehydroabietate	312	C21H28O2	99
63	21174	140.1, 168.1, 295.3	mecambrine	295	C18H17NO3	83
64	21237	111.1, 256.1, 316.2	methyl abietate	316	C21H32O2	95
65	22274	113.1, 149.0, 279.1	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

67	22721	187.1, 253.1, 328.2	dehydroabiatic acid, methyl ester	328	C22H32O2	99
72	25337	111.1, 148.9, 410.3	rotenalone	410	C23H22O7	83

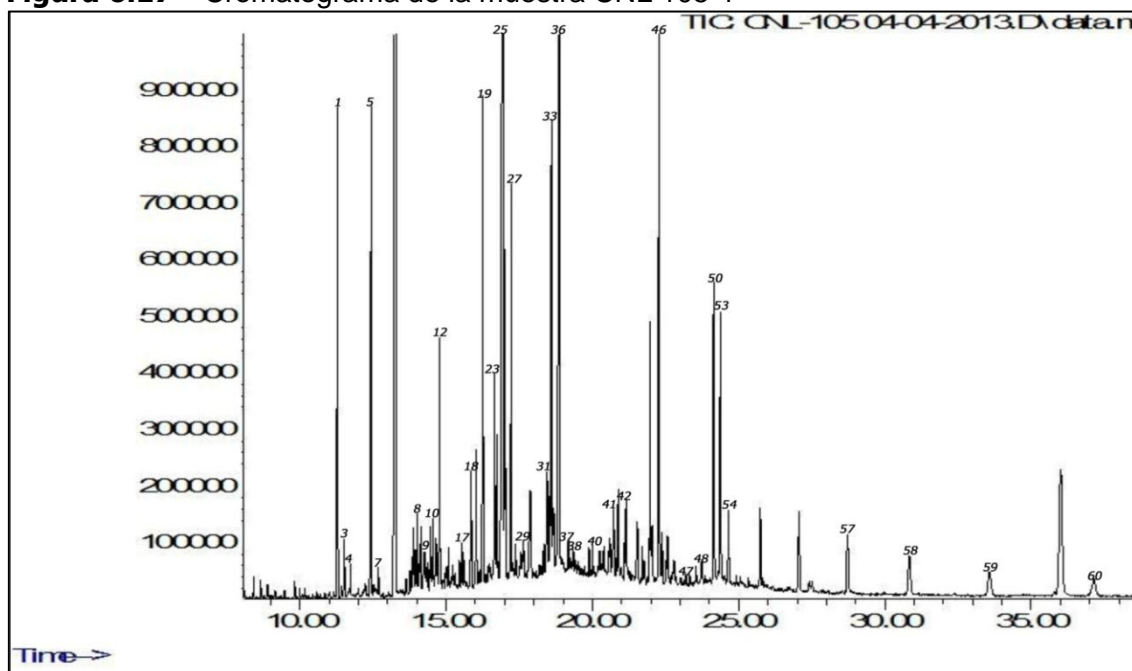
**Tabla 6.10b** -Compuestos identificados en muestra B-2. Porcentaje de área.

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	11276	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate		2.58
3	11732	2,6-di-tert-butylquinone	2,6-di-tert-butylquinona	0.20
4	12172	dimethyl terephthalate	ftalato (derivados)	0.16
7	12572	7,8,9,10-tetrahydro-5,6-dimethyl-5H-benzo[b]carbazol-7-on		0.11
8	12596	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8-hexamethylperhydro-3a,4a, 7a,8a-tetraazacyclopentano[def]fluorene		0.11
10	12690	nonanedioic acid, dimethyl ester	ácido azelaico (2C9)	0.13
12	13232	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	15.67
13	13751	4-methoxy-2,6-di-tert-butylphenol		0.11
14	13821	diphenyl ketone	difenilcetona	0.11
15	14096	3,5-diisopropylphenol		0.08
19	14835	3-ethyldibenzothiophene		0.10
21	15055	1-[3-(1,1-dimethylethyl)-2-hydroxy-6-methyl-5-(1-methylethyl)phenyl]-ethanone		0.20
22	15078	alpha.-hexylcinnamaldehyde	α-hexilcinaldehído	0.20
23	15149	9,10-dimethyl-1,2,3,4-tetrahydroanthracene		0.50
24	15204	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxybenzaldehyde		0.50
25	15550	methyl pentadecanoate / anteiso chain	ac pentadecanoico (C15:0)	0.15
30	16147	galaxolide 1 and 2		0.10
31	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	1.19
33	16626	6-methoxy-1-phenyl-3,4-dihydronaphthalene		0.81
35	16736	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione		1.14
36	16908	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	13.36
37	17026	2,7,8-trimethoxy-3-methyl-5,6-methylenedioxy-naphtho-1,4-quinone		1.75
38	17223	butyl phthalate	ftalato (derivados)	1.50
39	17411	12H-7,8,9-tetrahydrobenzo [b]thioxanthen-12-one		0.19
40	17521	as-Indacene, 1,2,3,6,7,8-hexahydro-1,1,6,6-tetramethyl-4-(1-methylethyl)-		0.09
41	17608	2,5-bisdimethylamino-3,9-dimethyl-3H-1,3,4,6-tetrazacyclopent (E) azulene		0.09
42	17883	2-(4-methoxyphenyl)pyrido[2,3-b][1,5]thiazepin-4(5H)-one		0.54

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

43	18338	bisphenol C		0.24
46	18597	9-octadecenoic acid, methyl ester	ac 9-octadecenoico (C18:1)	1.77
49	18668	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	ac oleico (C18:1) Z	0.31
50	18833	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	11.92
51	19006	methyl-3,3-diphenyl-6-azatriciclo 3.2.0.0(2,4)]heptane-6-carboxylate		0.10
54	19784	e,e)-2,5-Diphenyl-2,4-hexadiene		0.24
55	19948	methyl sandaracopimarate	ac sandaracopimárico	0.31
57	20459	2-nonadeca-4,10,13-trienyl-4,4-dimethyloxazoline		0.40
58	20490	methyl isopimarate	ac isopimárico	0.40
59	20498	sandaracopimaric acid methyl ester	ac sandaracopimárico	0.40
60	20608	16-selena-5.alpha.-androstane		0.22
61	20663	methyl 13.beta.-abiet-8-en-18-oate		0.22
62	20765	methyl 6-dehydrodehydroabietate	ac 6-dehidroabiético	11.81
63	21174	mecambrine		0.22
64	21237	methyl abietate	ac abiético	0.17
65	22274	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	3.72
67	22721	dehydroabietic acid, methyl ester	ac dehidroabiético	1.57
72	25337	rotenalone		0.23

**Figura 6.17** - Cromatograma de la muestra CNL 105-1



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.11a** -Compuestos identificados en muestra CNL105-1. Tiempos de retención (tR), relación m/z de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

№	tR	m/z	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	11276	177.1, 205.1	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol	220	C15H24O	86
2	11425	111.0, 138.0, 171.1	octanedioic acid, dimethyl ester	202	C10H18O4	87
4	11732	135.0, 177.1, 220.1	2,5-cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)	220	C14H20O2	99
5	12172	135.0, 163.0, 193.9	dimethyl isophthalate	194	C10H10O4	87
6	12415	105.0, 136.0, 163.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	90
12	14764	143.1, 199.1	tetradecanoic acid, methyl ester	242	C15H30O2	81
15	15000	121.0, 1631, 235.2	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethylchromanone	250	C14H18O4	83
16	15463	143.1, 213.1, 256.2	(benzene)ethylene(trimethylphosphine)ruthenium(0)	284	C11H19PRu	90
17	15549	143.1, 199.1, 213.2	methyl pentadecanoate / anteiso chain	256	C16H32O2	83
18	15840	102.0, 211.2, 228.2	tetradecanoic acid, 1-methylethyl ester	270	C17H34O2	83
19	16146	213.1, 243.1, 258.2	galaxolide 1 and 2	258	C18H26O	94
20	16241	104.0, 149.0, 223.1	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	90
21	16461	111.1, 140.1, 207.0	2-Tetradecene, (Z)	196	C14H28	81
24	16736	149.0, 175.1, 205.0	7,9-di-tert-butyl-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione	276	C17H24O3	98
25	16901	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	97
26	17011	161.1, 187.1, 291.2	2,7,8-trimethoxy-3-methyl-5,6-methylenedioxy-naphtho-1,4-quinone	306	C15H14O7	90
27	17207	104.0, 149.0, 223.1	butyl phthalate	278	C16H22O4	90
29	17608	143.1, 241.2, 284.2	2,5-bis(dimethylamino)-3,9-dimethyl-3H-1,3,4,6-tetraazacyclopent(E)azulene	284	C15H20N6	90
30	18244	111.1, 148.9, 257.3	3,6-bis(N,N-dimethylamino)-9-methylcarbazole	267	C17H21N3	93
31	18338	111.1, 206.9, 241.1	benzene, 1,1'-(1-methylethylidene)bis[4-methoxy-	256	C17H20O2	83
33	18542	111.0, 191.1, 336.2	biphenyldiyl)-2-propene	336	C22H15F3	83
34	18589	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	296	C19H36O2	95
35	18652	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	97
37	19179	133.1, 161.0, 178.0	2-ethylhexyl ester of 4-methoxy-cinnamic acid	290	C18H26O3	87
40	20082	111.0, 207.0, 295.2	9-(2,6-diethylphenyl)-2,8-dimethyl-9-h-purin-6-amine	295	C17H21N5	83
41	20789	207.0, 239.1, 314.1	1-phenanthrenecarboxylic acid, 1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-, methyl ester, [1R (1.alpha.,4a.beta.,10a.alpha.)]-	314	C21H30O2	97
42	21166	100.1, 140.1, 295.2	mecambrine	295	C18H17NO3	83
46	22250	104.0, 149.0, 279.1	isooctyl phthalate	390	C24H38O4	90

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

48	23719	147.0, 221.0, 355.0	bistrimethylsilyl n-acetyl eicosasphinga-4,11-dienine	511	C28H57NO3Si2	80
49	23978	149.0, 207.0, 281.0	5,6,8,9-tetramethoxy-2-methylpepero(3,4,5-JK)-9,10-dihydrophenanthracene	355	C21H25NO4	80

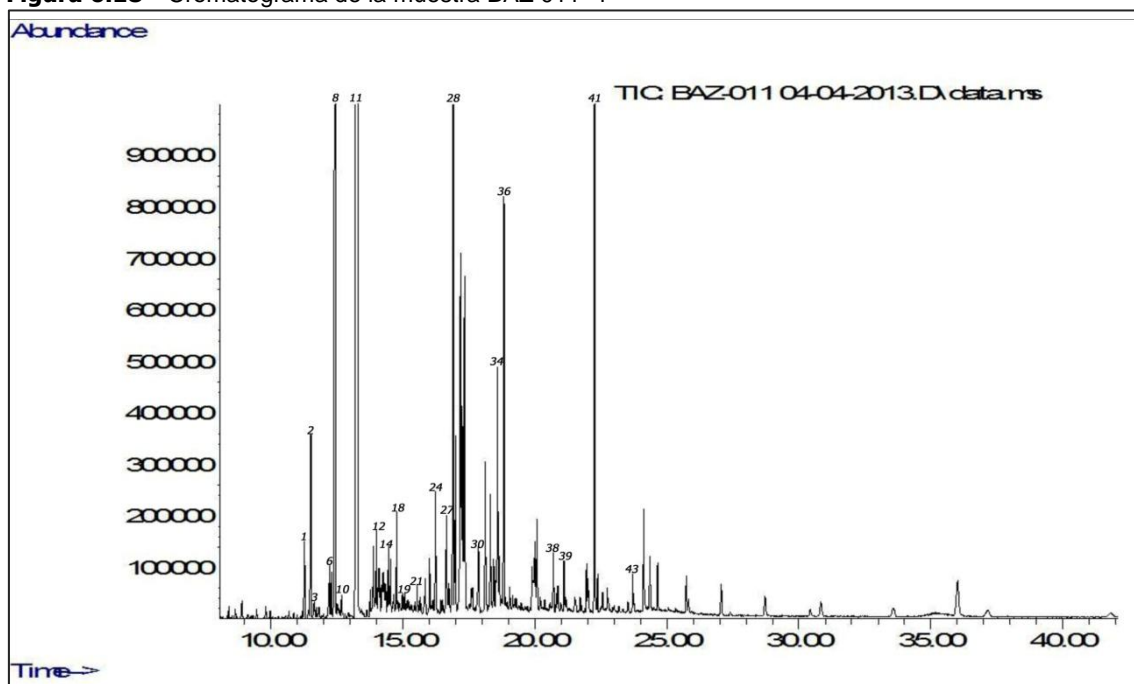
**Tabla 6.11b** -Compuestos identificados en muestra CNL105-1. Porcentaje de área.

≠#	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	11276	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol		4.19
2	11425	octanedioic acid, dimethyl ester	ac subérico (2C8)	0.51
4	11732	2,5-cyclohexadiene-1,4-dione,2,6-bis(1,1-dimethylethyl)		0.22
5	12172	dimethyl isophthalate	ftalato (derivados)	0.14
6	12415	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	4.06
12	14764	tetradecanoic acid, methyl ester	ac mirístico (C14:0)	1.67
15	15000	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethylchromanone		0.27
16	15463	(benzene)ethylene(trimethylphosphine)ruthenium(0)		0.18
17	15549	methyl pentadecanoate / anteiso chain	ac pentadecanoico (C15:0)	0.31
18	15840	tetradecanoic acid, 1-methylethyl ester	ac isopropil tetradecanoico	1.15
19	16146	galaxolide 1 and 2		3.77
20	16241	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	3.77
21	16461	2-Tetradecene, (Z)	2-tetradeceno (Z) (C14H28)	0.29
24	16736	7,9-di-tert-butyl-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2, 8-dione		0.91
25	16901	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	21.68
26	17011	2,7,8-trimethoxy-3-methyl-5,6-Methylenedioxynaphtho-1,4-quinone		2.68
27	17207	butyl phthalate	ftalato (derivados)	2.64
29	17608	2,5-bisdimethylamino-3,9-dimethyl-3H-1,3,4,6tetrazacyclopent (E) azulene		0.16
30	18244	3,6-bis(N,N-dimethylamino)-9-methylcarbazole		0.10
31	18338	benzene, 1,1'-(1-methylethylidene)bis[4-methoxy-		0.26
33	18542	biphenyldiyl)-2-propene		0.59
34	18589	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	ac oleico (C18:1) Z	2.81
35	18652	9-octadecenoic acid, methyl ester	ac octadecenoico (C18:1)	0.25
37	19179	2-ethylhexyl ester of 4- methoxy-cinnamic acid		0.19
40	20082	9-(2,6-diethylphenyl)-2,8-dimethyl-9-h-purin-6-amine		0.15

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

41	20789	1-phenanthrenecarboxylic acid, 1,2,3,4,4a,9,10,10a-octahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethyl)-, methy ester		0.10
42	21166	mecambrine		0.44
46	22250	isooctyl phthalate	ftalato (derivados)	7.49
48	23719	bistrimethylsilyl N-acetyl eicosasphinga-4,11-dienine		0.17
49	23978	5,6,8,9-tetramethoxy-2-methylpepero(3,4,5-JK)-9,10-dihydrophenanthracene		2.71

**Figura 6.18** - Cromatograma de la muestra BAZ 011- 1



**Tabla 6.12a** -Compuestos identificados en muestra BAZ011-1.Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	11276	115.0, 205.1, 220.1	2-methyl-1-phenyl-3-trimethylsilylpropan-1-one	220	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> OSi	80
2	11512	133.0, 163.0, 194.0	methyl phthalate	194	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	86
3	11645	137.1, 165.0, 193.1	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadien-1-one	236	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	96
4	11732	135.1, 177.1, 220.1	2,6-di-tert-butylquinone	220	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	93
6	12219	153.0, 205.1, 220.1	phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-	220	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	96
7	12305	105.1, 219.1, 234.1	10b,10c-dimethyl-1,2,10b,10c-tetrahydrodicyclopenta[ef,kl]heptalene	234	C <sub>18</sub> H <sub>18</sub>	90
8	12431	149.0, 163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	90
9	12627	103.9, 120.0, 178.0	m-n,n,n-trimethylanilinium carboxylate	179	C <sub>10</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>2</sub>	90

**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica:  
aportación al estudio de las pastas cerámica**

11	13256	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	94
16	14764	143.1, 199.1, 242.2	methyl tetradecanoate / normal chain	242	C15H30O2	91
17	14772	143.1, 199.1, 243.1	tetradecanoic acid, methyl ester	242	C15H30O2	90
18	14835	149.0, 197.1, 212.2	1-ethylthiobenzothiophene	212	C14H12S	78
19	15078	115.0, 135.0, 216.1	alpha.-hexylcinnamic aldehyde	216	C15H20O	96
20	15212	113.1, 141.0, 219.1	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethyl-2H-chromene	234	C14H18O3	80
21	15549	143.1, 199.1, 213.1	methyl pentadecanoate / anteiso chain	256	C16H32O2	87
22	15856	143.1, 213.2, 256.2	tetrahydrobenz[a]aceanthrylene	256	C20H16	83
23	16154	213.1, 243.1, 258.1	galaxolide 1 and 2	258	C18H26O	81
24	16241	104.0, 149.0, 223.0	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	90
27	16728	149.0, 175.1, 205.0	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione	276	C17H24O3	98
28	16869	143.1, 227.1, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	97
29	16995	161.1, 187.1, 291.2	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one	306	C16H18O4S	83
31	17953	111.0, 233.1, 279.0	3-phenyl-1,2,4-triazolo[3,4-b][1,3]benzothiazin-5-one	279	C15H9N3OS	90
32	18542	191.0, 279.0, 336.2	2-[m-(perfluoromethyl)phenyl]-3,3-(2,2'-biphenyldiyl)-2-propene	336	C22H15F3	90
33	18582	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	95
34	18644	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	296	C19H36O2	91
35	18809	143.1, 185.1, 298.3	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	86
38	20789	207.0, 239.2, 299.0	dehydroabiatic acid	314	C21H30O2	96
41	22266	113.1, 149.0, 279.1	dioctyl phthalate	390	C24H38O4	83
42	22384	199.0, 242.1, 386.2	5.beta.-cholestane-3.alpha.,25-diol	404	C27H48O2	83
44	26947	207.0, 281.0, 355.1	5,6,8,9-tetramethoxy-2-methylpepero (3,4,5-JK)-9,10-dihydrophenanthracene	355	C21H25NO4	86

**Tabla 6.12b** -Compuestos identificados en muestra BAZ011-1. Porcentaje de área.

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	11276	2-methyl-1-phenyl-3-trimethylsilylpropan-1-one		0.62
2	11512	methyl phthalate	ftalato (derivados)	1.60
3	11645	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadien-1-one		0.21
4	11732	2,6-di-tert-butylquinone	2,6-di-tert-butylquinona	0.13
6	12219	phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-		0.59
7	12305	10b,10c-dimethyl-1,2,10b,10c-tetrahydrodicyclopenta[ef,kl]heptalene		0.34
8	12431	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	13.73

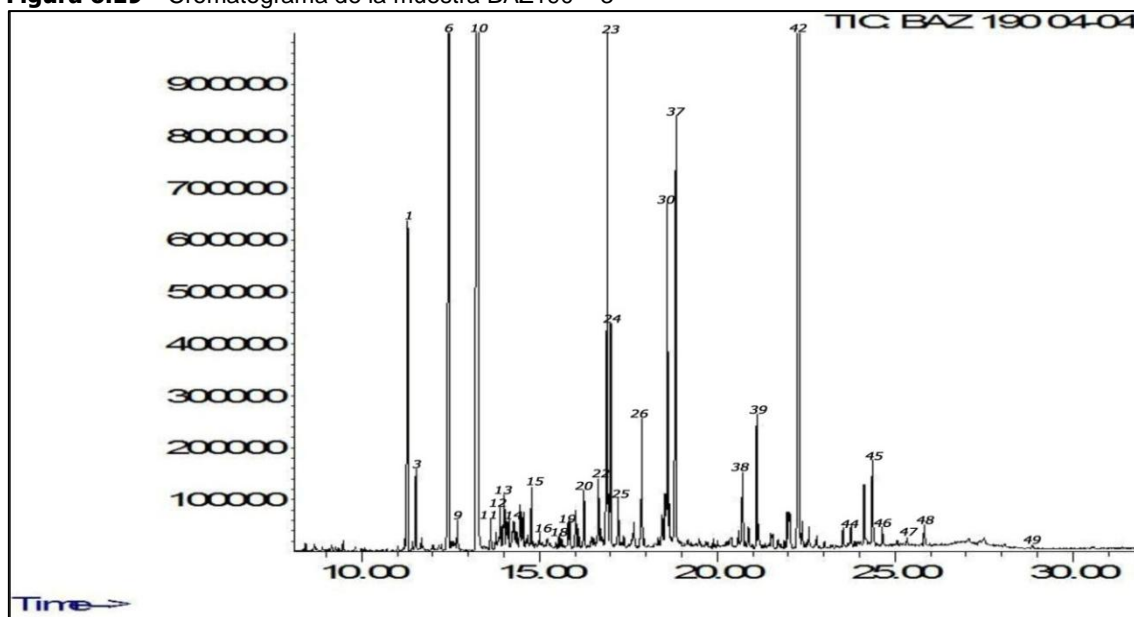
**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica:  
aportación al estudio de las pastas cerámica**

9	12627	m-n,n,n-trimethylanilinium carboxylate		0.21
11	13256	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	55.39
16	14764	methyl tetradecanoate / normal chain	ac mirístico (C14:0)/cadena normal	0.75
17	14772	tetradecanoic acid, methyl ester	ac mirístico (C14:0)	0.75
18	14835	1-ethyldibenzothiophene		0.75
19	15078	alpha.-hexylcinnamic aldehyde		0.12
20	15212	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethyl-2H-chromene		0.12
21	15549	methyl pentadecanoate / anteiso chain	ac pentadecanoico (C15:0)	0.20
22	15856	tetrahydrobenz[a]aceanthrylene		0.28
23	16154	galaxolide 1 and 2		0.08
24	16241	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	1.05
27	16728	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione		0.20
28	16869	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	5.01
29	16995	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one		1.14
31	17953	3-phenyl-1,2,4-triazolo[3,4-b][1,3]benzothiazin-5-one		1.30
32	18542	2-[m-(perfluoromethyl)phenyl]-3,3-(2,2'-biphenyldiyl)-2-propene		0.31
33	18582	9-octadecenoic acid, methyl ester	ac 9-octadecenoico	1.70
34	18644	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	ac oleico Z (C18:1)	0.45
35	18809	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	3.01
38	20789	dehydroabietic acid	ac dehidroabiético	0.13
41	22266	dioctyl phthalate	ftalato (derivados)	4.25
42	22384	5.beta.-cholestane-3.alpha.,25-diol	colesterol (derivado)	0.27
44	26947	5,6,8,9-tetramethoxy-2-methylpepero (3,4,5-JK)-9,10-dihydrophenanthracene		0.41



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 6.19** - Cromatograma de la muestra BAZ190 – 3



**Tabla 6.13a** -Compuestos identificados en muestra BAZ190-3. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	11276	175.0,205.1, 220.1	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate	220	C14H20O2	83
2	11425	111.0,138.1, 171.1	octanedioic acid, dimethyl ester	202	C10H18O4	86
3	11520	133.0,163.0, 194.0	methyl phthalate	194	C10H10O4	86
6	12415	149.0,163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	83
8	12619	148.1, 178.0, 206.9	m-n,n,n-trimethylanilinium carboxylate	179	C10H13NO2	80
9	12690	111.1, 152.0, 185.0	nonanedioic acid, dimethyl ester	216	C11H20O4	78
10	13201	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	94
11	13625	121.0, 179.0, 210.1	benzoic acid, 2,4-dimethoxy-6-methyl-,methyl ester	210	C11H14O4	94
15	14772	143.1, 199.2, 242.2	methyl tetradecanoate / anteiso chain	242	C15H30O2	87
16	15007	161.1, 235.1, 250.1	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethylchromanone	250	C14H18O4	78
17	15047	149.0, 207.1, 233.0	4-(2'-ethyl-5'-phenyl-pyrrol-3'-yl)pyridine	248	C17H16N2	78
18	15549	143.0,199.1, 213.2	methyl pentadecanoate / anteiso chain	256	C16H32O2	95
19	15856	143.1, 213.1, 256.2	methyl pentadecanoate / normal chain	256	C16H32O2	90
20	16099	221.0, 249.1, 254.1	1-methoxy-3-methyl-3,4-diazafluoranthene-2(3H)-one	264	C16H12N2O2	78
22	16728	148.9,175.0, 205.0	7,9-di-tert-butyl-1-	276	C17H24O3	95

**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica:  
aportación al estudio de las pastas cerámica**

			oxaspiro[4.5] deca-6,9-diene-2,8-dione			
23	16885	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	93
24	17003	161.1, 187.1, 291.1	endo-3,4-isopropylidenedioxy -exo-2-phenylthio -6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one	306	C16H18O4S	83
25	17215	149.0, 205.0, 223.1	butyl phthalate	278	C16H22O4	90
29	18519	109.1, 263.2, 294.2	methyl 3-chloro-7-methoxy-5-methyl-1,4-naphthoquinone-6-carboxylate	294	C14H11ClO5	86
30	18542	109.1, 279.1, 336.2	1Acetyl3[2bis(methylthio)ethenyl]-5-(4-methoxyphenyl)-2-pyrazoline	336	C16H20N2O2S2	83
31	18581	111.1, 222.2, 254.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	94
32	18597	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	296	C19H36O2	95
35	18817	143.1, 255.2, 298.2	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	93
38	20600	143.0,283.2, 326.2	eicosanoic acid, methyl ester	326	C21H42O2	94
39	21103	129.0, 241.1,	hexanedioic acid, mono(2-ethylhexyl) ester	258	C14H26O4	83
42	22258	104.0, 149.0, 279.1	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83
43	23012	143.1, 325.2, 368.3	garvin B	368	C21H20O6	78
44	23758	143.1, 339.2, 382.3	tetracosanoic acid, methyl ester	382	C25H50O2	89
47	25337	149.0, 207.0, 410.4	rotenalone	410	C23H22O7	83

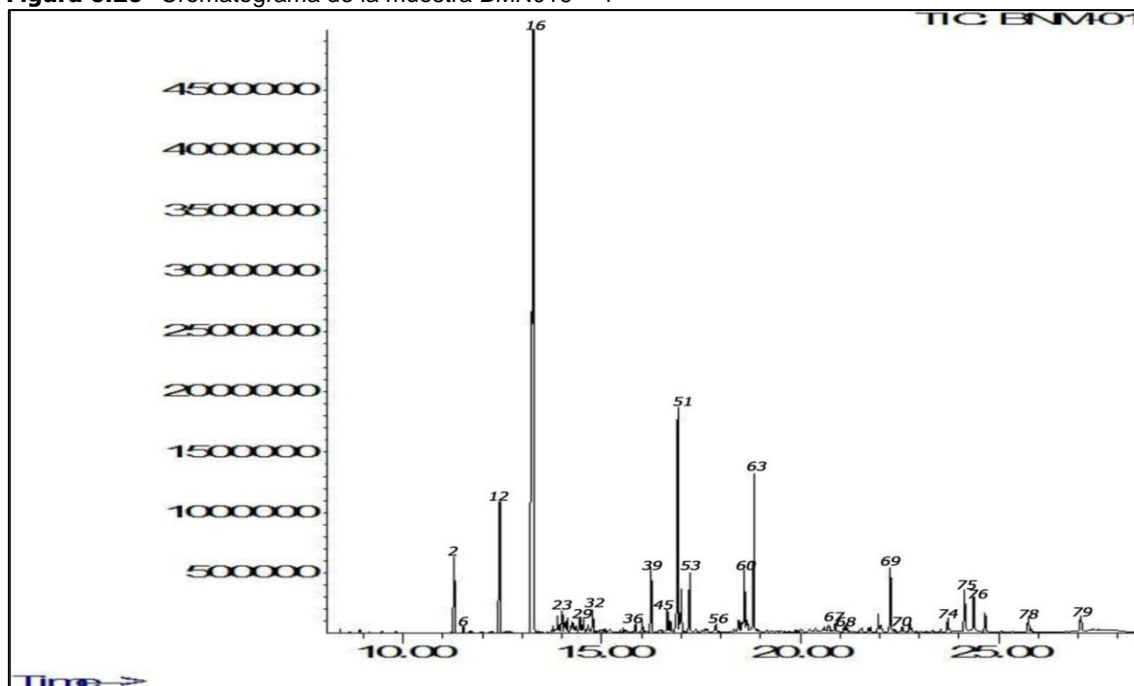
**Tabla 6.13b-** Compuestos identificados en muestra BAZ190-3. Porcentaje de área.

≠#	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	11276	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate		2.61
2	11425	octanedioic acid, dimethyl ester	ac subérico (2C8)	0.06
3	11520	methyl phthalate	ftalato (derivados)	0.65
6	12415	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	6.18
8	12619	m-n,n,n-trimethylanilinium carboxylate		0.24
9	12690	nonanedioic acid, dimethyl ester	ac.azelaico (2C9)	0.24
10	13201	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	35.05
11	13625	benzoic acid, 2,4-dimethoxy-6-methyl-,methyl ester		0.26
15	14772	methyl tetradecanoate / anteiso chain	ac mirístico (C14:0)	0.39
16	15007	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethylchromanone		0.13
17	15047	4-(2'-ethyl-5'-phenyl-pyrrol-3'-yl)pyridine		0.12
18	15549	methyl pentadecanoate / anteiso chain	ac pentadecanoico (C15:0)	0.09
19	15856	methyl pentadecanoate / normal chain	ac pentadecanoico (C15:0)/cadena normal	0.16

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

20	16099	1-methoxy-3-methyl-3,4-diazafluoranthren-2(3H)-one		0.11
22	16728	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione		0.07
23	16885	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	4.21
24	17003	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one		1.65
25	17215	butyl phthalate	ftalato (derivados)	0.41
29	18519	methyl 3-chloro-7-methoxy-5-methyl-1,4-naphthoquinone-6-carboxylate		0.48
30	18542	1acetyl3[2bis(methylthio)ethenyl]-5-(4-methoxyphenyl)-2-pyrazoline		0.48
31	18581	9-octadecenoic acid, methyl ester	ac 9-octadecenoico	2.22
32	18597	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	ac oleico (C18:1) Z	2.22
35	18817	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	3.34
38	20600	eicosanoic acid, methyl ester	ac araquidónico (C20:0)	0.16
39	21103	hexanedioic acid, mono(2-ethylhexyl) ester		0.87
42	22258	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	12.78
43	23012	garvin B		0.06
44	23758	tetracosanoic acid, methyl ester	ac lignocérico (C24:0)	0.17
47	25337	rotenalone		0.06

**Figura 6.20-** Cromatograma de la muestra BMN016 – 4



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.14a** -Compuestos identificados en muestra BMN016-4. Tiempos de retención (tR), relación m/z de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

№	tR	m/z	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	10703	167.0, 207.0, 236.1	[1]benzothieno[2,3-c][1,5]naphthyridine	236	C14H8N2S	78
2	11260	205.1, 220.1	6-methyl-2,4-di-tert-butylphenol	220	C15H24O	90
4	11284	205.1, 220.1	3-(2,2-dimethylpropylidene)bicyclo[3.3.1]nonane-2,4-dione	220	C14H20O2	83
7	11520	163.0, 177.0, 194.0	methyl phthalate	194	C10H10O4	90
9	11724	135.0, 177.1, 220.0	2,6-di-tert-butylquinone	220	C14H20O2	95
12	12376	149.0, 163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	90
16	13185	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	95
19	13428	120.9, 149.0, 234.1	1-methyl-2-cyano-3-ethyl -4-pivaloyl-2-piperidene	234	C14H22N2O	78
26	14442	121.0, 149.0, 163.0	phenol, 2-methyl-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-	220	C15H24O	80
29	14560	121.0, 135.0, 163.1	p-tert-butylbenzoic acid	178	C11H14O2	78
31	14662	135.0, 163.0, 181.0	methyl butyl phthalate	236	C13H16O4	80
33	15204	135.0, 191.0, 219.1	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxybenzaldehyde	234	C15H22O2	90
35	15549	143.0, 199.1, 213.1	methyl pentadecanoate /anteiso chain	256	C16H32O2	93
36	15848	143.1, 213.2, 256.2	methyl pentadecanoate /normal chain	256	C16H32O2	93
39	16241	104.0, 149.0, 223.1	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	90
42	16437	111.1, 255.0, 280.1	4-amino-5-tert-butyl-4'-methoxybiphenyl-3-carbonitrile	280	C18H20N2O	78
45	16657	110.1, 194.1, 236.2	2-(2-phenylethenyl)benzothiazol	237	C15H11NS	90
47	16720	149.0, 175.1, 205.0	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione	276	C17H24O3	98
48	16846	143.1, 227.1, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	95
50	16924	143.1, 227.2, 270.2	pentadecanoic acid, 14-methyl-,methyl ester	270	C17H34O2	83
51	16963	147.1, 219.1, 277.2	methyl ester of 3-(3,5-di-tert-butyl-4 hydroxyphenyl)-propionic acid	292	C18H28O3	99
52	17003	161.1, 187.1, 291.2	2,7,8-trimethoxy-3-methyl-5,6-methylenedioxy-naphtho-1,4-quinone	306	C15H14O7	83
53	17215	149.0, 205.1, 223.0	butyl phthalate	278	C16H22O4	91
56	17882	143.1, 163.0, 241.1	homofascaplysin C	284	C19H12N2O	83
57	18338	111.1, 241.1, 256.1	2-methoxy-10-oxo-5,11a-dimethyl-6,7,8,9-tetrahydrophenanthrene	256	C17H20O2	80
58	18542	191.1, 279.0, 336.2	2-propenoic acid, 3-[2,3-dihydro-3-[(4-methoxyphenyl) methylene]-2-oxo-5 benzofuranyl] -, methyl ester	336	C20H16O5	78

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

59	18589	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	95
60	18644	111.1, 222.2, 264.1	9-octadecenoic acid	296	C19H36O2	95
61	18676	111.0, 222.2, 264.1	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	296	C19H36O2	81
62	18833	143.1, 255.2, 298.3	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	93
64	18966	207.1, 251.0, 293.0	4-acetyl-2-isopropyl-3-methoxy-7-methyl-1H-phenalen-1-one	308	C20H20O3	86
65	20600	143.1, 283.2, 326.3	eicosanoic acid, methyl ester	326	C21H42O2	94
66	20789	149.0, 207.0, 239.2	methyl dehydroabietate	314	C21H30O2	92
68	21166	100.1, 140.1, 295.2	mecambrine	295	C18H17NO3	78
69	22266	104.0, 149.0, 279.1	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83
71	23255	125.1, 207.0, 438.3	2,3-didecyl-1,4naphthoquinone	438	C30H46O2	78
74	23758	143.1, 205.9, 382.4	tetracosanoic acid, methyl ester	382	C25H50O2	90

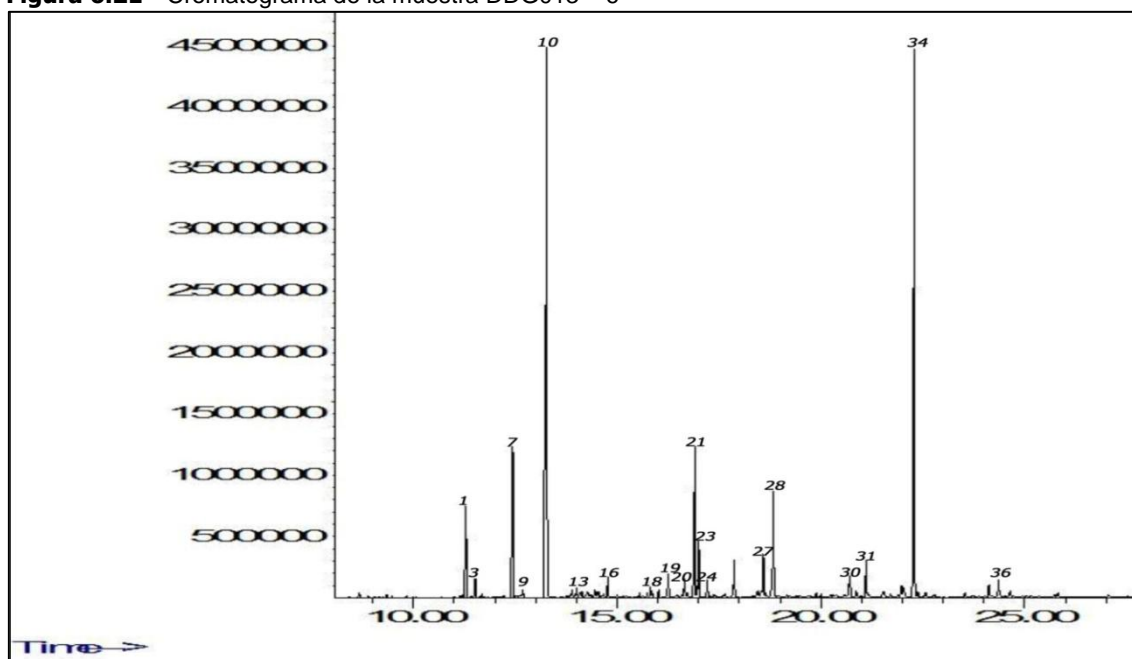
**Tabla 6.14b** -Compuestos identificados en muestra BMN016-4. Porcentaje de área.

≠#	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	10703	[1]benzothieno[2,3-c][1,5]naphthyridine		1.01
2	11260	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol		1.01
4	11284	3-(2,2-dimethylpropylidene)bicyclo [3.3.1]nonane-2,4-dione		1.01
7	11520	methyl phthalate	ftalato (derivados)	0.10
8	11535	methyl phthalate	ftalato (derivados)	0.03
9	11724	2,6-di-tert-Butylquinone		0.02
12	12376	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	1.82
16	13185	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	17.49
18	13256	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	17.49
19	13428	1-methyl-2-cyano-3-ethyl -4-pivaloyl-2-piperidene		0.03
26	14442	phenol, 2-methyl-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-		0.23
29	14560	p-tert-Butylbenzoic acid	ac butilbenzoico	0.20
31	14662	methyl butyl phthalate	ftalato (derivados)	0.18
33	15204	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxybenzaldehyde		0.06
35	15549	methyl pentadecanoate /anteiso chain	ac pentadecanoico (C15:0)	0.04
36	15848	methyl pentadecanoate /normal chain	ac pentadecanoico (C15:0)/cadena normal	0.14
39	16241	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	0.78
42	16437	4-amino-5-tert-butyl-4'-methoxybiphenyl-3-carbonitrile		0.03
45	16657	2-(2-phenylethenyl) benzothiazol		0.28
47	16720	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione		0.11
48	16846	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0), (m.e.)	2.53

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

50	16924	pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	ac 14-metil pentadecanoico	2.53
51	16963	methyl ester of 3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)-propionic acid		0.15
52	17003	2,7,8-trimethoxy-3-methyl-5,6-methylenedioxy-naphtho-1,4-quinone		0.47
53	17215	butyl phthalate	ftalato (derivados)	0.64
56	17882	homofascaplysin C		0.15
57	18338	2-methoxy-10-oxo-5,11a-dimethyl-6,7,8,9-tetrahydrophenanthrene		0.04
58	18542	2-propenoic acid, 3-[2,3-dihydro-3-[(4-methoxyphenyl)methylene]-2-oxo-5-benzofuranyl]-, methyl ester		0.14
59	18589	9-octadecenoic acid, methyl ester	ac 9-octadecenoico (m.e.)	0.61
60	18644	9-octadecenoic acid	ac octadecenoico	0.08
61	18676	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	ac oleico (C18:1) Z	1.62
62	18833	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	1.62
64	18966	4-acetyl-2-isopropyl-3-methoxy-7-methyl-1H-phenalen-1-one		0.02
65	20600	eicosanoic acid, methyl ester	ac araquidónico (C20:0)	0.07
66	20789	methyl dehydroabietate	ac dehidroabiético	0.12
68	21166	mecambrine		0.06
69	22266	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	0.74
71	23255	2,3-didecyl-1,4-naphthoquinone	derivado quinona	0.03
74	23758	tetracosanoic acid, methyl ester	ac lignocérico (C24:0)	0.56

**Figura 6.21** - Cromatograma de la muestra DDG013 – 6



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.15a** -Compuestos identificados en muestra DDG013-6.Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

№	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	11284	205.1, 220.1	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate	220	C14H20O2	83
2	11425	111.0, 129.0, 171.1	octanedioic acid, dimethyl ester	202	C10H18O4	90
3	11520	133.0, 163.0, 194.0	methyl phthalate	194	C10H10O4	86
4	11732	177.1, 205.0, 220.1	2,6-di-tert-butylquinone	220	C14H20O2	92
5	12172	135.0, 163.0, 193.9	dimethyl terephthalate	194	C10H10O4	80
7	12423	149.0, 163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	90
9	12682	111.0, 152.1, 185.1	nonanedioic acid, dimethyl ester	216	C11H20O4	90
10	13201	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	95
12	13892	121.1, 149.1, 234.2	1-Methyl-2-cyano-3-ethyl-4-pivaloyl-2-piperidene	234	C14H22N2O	83
17	15549	143.1, 199.1, 213.1	methyl pentadecanoate / anteiso chain	256	C16H32O2	81
19	16249	104.0, 149.0, 223.1	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	78
21	16901	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	94
22	16963	147.1, 219.1, 277.1	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl)propionate	292	C18H28O3	90
23	17003	161.1, 187.1, 291.2	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo [3.2.1]octan-7-one	306	C16H18O4S	83
24	17215	149.0, 205.0, 223.0	butyl phthalate	278	C16H22O4	91
25	18338	133.0, 207.0, 241.1	benzene, 1,1'-(1-methylethylidene)bis[4-methoxy-	256	C17H20O2	90
26	18589	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	296	C19H36O2	95
27	18644	111.0, 222.2, 264.2	13-octadecenoic acid, methyl ester, (z)-(cas) cis-13-octadecenoic methyl ester	296	C19H36O2	90
28	18833	143.1, 255.2, 298.3	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	94
29	19171	127.1, 161.0, 178.0	2-ethylhexyl ester of 4-methoxy-cinnamic acid	290	C18H26O3	95
30	20600	143.1, 283.2, 326.2	eicosanoic acid, methyl ester	326	C21H42O2	91
31	21111	129.0, 185.0, 241.1	hexanedioic acid, dioctyl ester	370	C22H42O4	90
32	21158	100.1, 140.1, 295.2	mecambrine	295	C18H17NO3	83
34	22258	104.0, 149.0, 279.1	isooctyl phthalate	390	C24H38O4	86
35	22281	113.1, 149.0, 279.1	dioctyl phthalate	390	C24H38O4	83

**Tabla 6.15b** -Compuestos identificados en muestra DDG013-6.Porcentaje de área

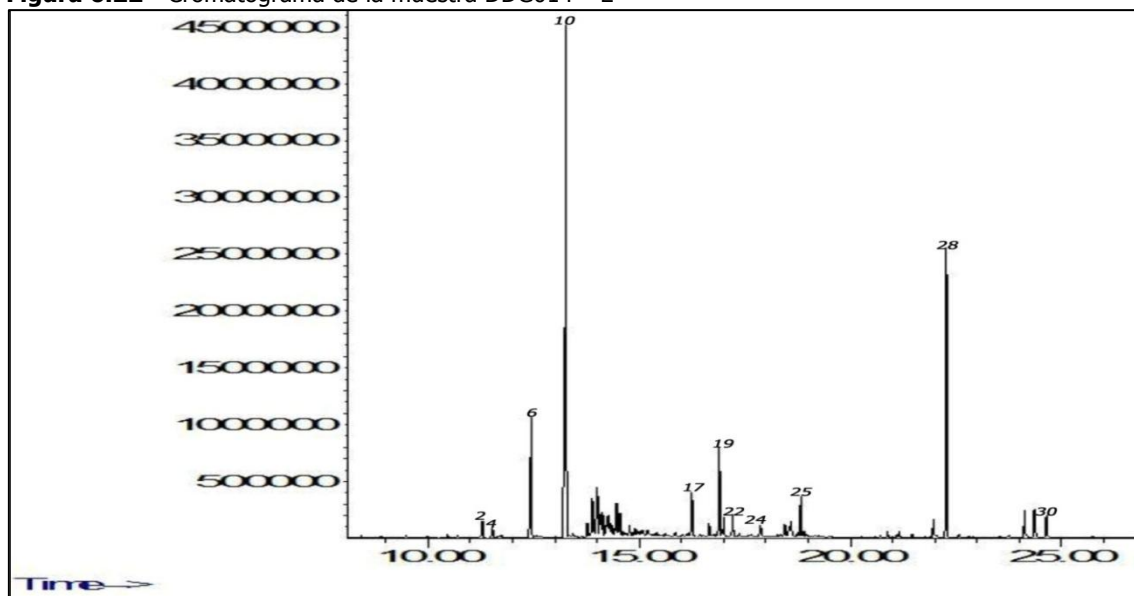
№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	11284	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate		2.80
2	11425	octanedioic acid, dimethyl ester	ac subérico (2C8)	0.07
3	11520	methyl phthalate	ftalato (derivados)	0.58
4	11732	2,6-di-tert-butylquinone	derivado quinona	0.04



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

5	12172	dimethyl terephthalate	ftalato (derivados)	0.05
7	12423	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	4.88
9	12682	nonanedioic acid, dimethyl ester	ac. azelaico (2C9)	0.26
10	13201	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	22.68
12	13892	1-methyl-2-cyano-3-ethyl-4-pivaloyl-2-piperidene		0.18
17	15549	methyl pentadecanoate / anteiso chain	ac pentadecanoico (C15:0)	0.13
19	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	0.81
21	16901	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	4.07
22	16963	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl)propionate		1.61
23	17003	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo [3.2.1]octan-7-one		1.61
24	17215	butyl phthalate	ftalato (derivados)	0.49
25	18338	benzene, 1,1'-(1-methylethylidene)bis[4-methoxy-		0.08
26	18589	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	ac oleico (C18:1) (Z)	1.06
27	18644	13-octadecenoic acid, methyl ester, (z)-(cas)\$ cis-13-octadecenoic methyl ester		0.06
28	18833	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	3.20
29	19171	2-ethylhexyl ester of 4-methoxycinnamic acid		0.07
30	20600	eicosanoic acid, methyl ester	ac araquidónico (C20:0)	0.79
31	21111	hexanedioic acid, dioctyl ester	ac adípico (2C6)	0.95
32	21158	mecambrine		0.08
34	22258	isooctyl phthalate	ftalato (derivados)	14.28
35	22281	dioctyl phthalate	ftalato (derivados)	14.28

**Figura 6.22** - Cromatograma de la muestra DDG014 – 2



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.16a** -Compuestos identificados en muestra DDG014-2.Tiempos de retención (tR), relación m/z de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

№	tR	m/z	compuesto identificado	W	fórmula	Qual %
1	11284	205.1, 220.1	6-methyl-2,4-di-tert-butyl phenol	220	C15H24O	90
3	11528	133.0, 163.0, 194.0	methyl phthalate	194	C10H10O4	90
5	12431	149.0, 163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	83
6	12565	113.1, 155.2, 263.2	2-bis(methylthio)methylene-1-phrenyl-4-methyl-4-penten-1-one	278	C15H18OS2	78
7	12596	175.1, 263.1, 278.1	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8-hexamethylperhydro-3a,4a,7a,8a-tetraazacyclopentano [def]fluorene	278	C16H30N4	78
9	12690	111.1, 152.0, 185.0	3-methylamino-thixo-2,5-dimethyl-thiophene	185	C8H11NS2	78
10	13240	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	95
14	14835	111.0, 155.0, 197.0	1-ethylidibenzothiophene	212	C14H12S	78
17	16249	103.9, 149.0, 223.0	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	78
18	16445	191.0, 207.0, 222.0	methyl 3,4 dimethoxycinnamate	222	C12H14O4	94
19	16901	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid,methyl ester	270	C17H34O2	93
20	16956	147.0, 219.1, 277.2	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl)propionate	292	C18H28O3	97
21	17003	161.1, 187.1, 291.2	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one	306	C16H18O4S	83
22	17215	104.0, 149.0, 223.1	n-butyl isobutyl phthalate	278	C16H22O4	91
23	17749	221.0, 237.0, 252.1	3,4,5-trimethoxycinnamic acid methyl ester \$	252	C13H16O5	90
25	18825	143.1, 255.2, 298.2	octadecanoic acid,methylester	298	C19H38O2	90
28	22266	104.0, 148.0, 279.2	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83

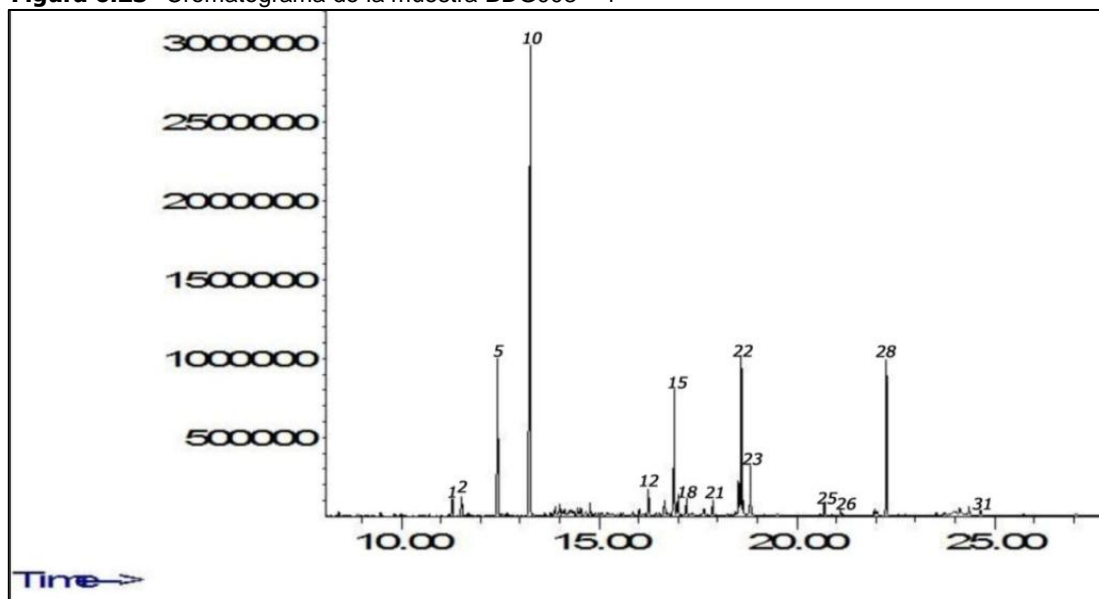
**Tabla 6.16b** -Compuestos identificados en muestra DDG014-2.Porcentaje de área

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	11284	6-methyl-2,4-di-tert-butyl phenol		0.92
3	11528	methyl phthalate	ftalato (derivados)	0.57
5	12431	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	6.15
6	12565	2-bis(methylthio)methylene-1-phrenyl-4-methyl-4-penten-1-one		0.13
7	12596	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8-hexamethylperhydro-3a,4a,7a,8a-tetraazacyclopentano [def]fluorene		0.13
9	12690	3-methylamino-thixo-2,5-dimethyl-thiophene		0.09
10	13240	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	32.06
14	14835	1-ethylidibenzothiophene		0.19
17	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	2.19
18	16445	methyl 3,4 dimethoxycinnamate		0.12
19	16901	hexadecanoic acid,methyl ester	ac palmítico (C16:0)	3.65
20	16956	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl)propionate		0.23

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

21	17003	endo-3,4-isopropylidenedioxy -exo-2-phenylthio-6- oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one		0.74
22	17215	n-butyl isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	1.10
23	17749	3,4,5-trimethoxycinnamic acid methyl ester		0.68
25	18825	octadecanoic acid,methylester	ac esteárico (C18:0)	1.81
28	22266	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	12.38

**Figura 6.23-** Cromatograma de la muestra BDG003 – 1



**Tabla 6.17a** -Compuestos identificados en muestra BDG003-1. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

№	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	11284	115.0, 205.1, 220.1	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol	220	C15H24O	90
3	11528	133.0, 163.0, 194.0	methyl phthalate	194	C10H10O4	90
5	12431	149.0, 163.0, 176.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	83
6	12565	113.1, 155.2, 253.2	2-bis(methylthio)methylene- 1-phrenyl-4-methyl-4- penten-1-one	278	C15H18OS2	78
7	12596	175.1, 263.1, 278.1	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8- hexamethylperhydro3a,4a,7a,8 a- tetraazacyclopentano [def]fluorene	278	C16H30N4	78
8	12690	111.1, 152.0, 185.0	3-methylamino-thixo-2,5 -dimethyl-thiophene	185	C8H11NS2	78
9	12816	113.1, 141.2, 169.1	octadecane	254	C18H38	83
10	13240	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	95
11	15078	115.0, 129.1, 207.0	alpha hexylcinnamic aldehyde	216	C15H20O	95
12	16249	103.9, 149.0, 223.0	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	78
13	16437	191.0, 207.0, 222.1	methyl3,4dimethoxycinnamate	222	C12H14O4	96

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

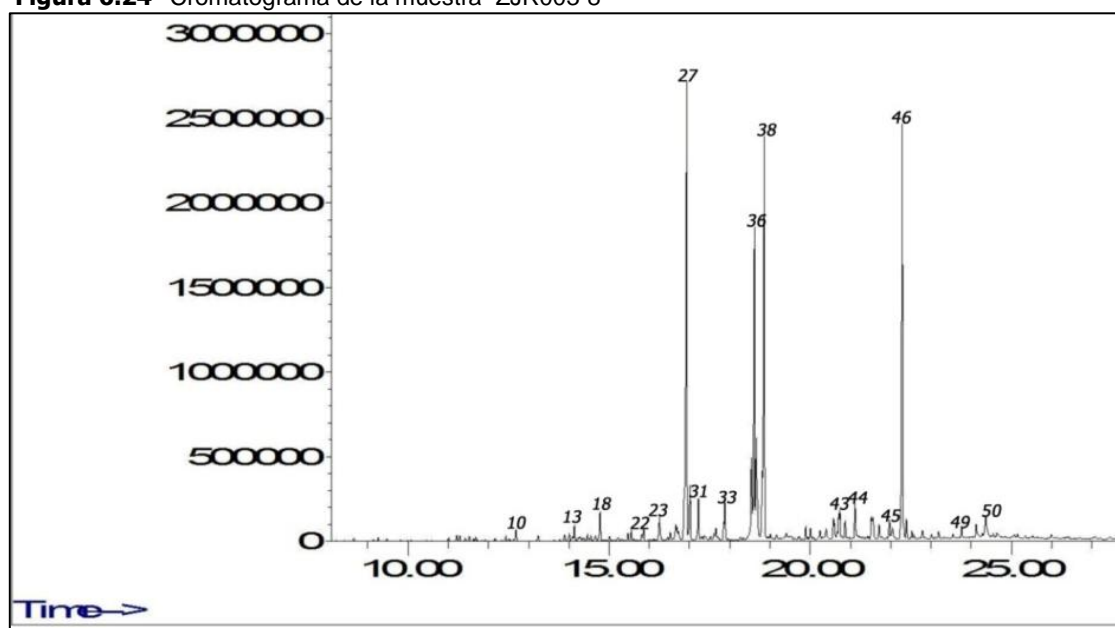
15	16893	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	94
16	16963	147.1, 219.1, 277.1	methyl-3(3,5ditertbutyl -4-hydroxyphenyl)propionate	292	C18H28O3	98
17	17003	161.1, 187.1, 291.2	endo-3,4-isopropylidenedioxy- exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo [3.2.1]octan-7-one	306	C16H18O4S	83
18	17215	104.0, 149.0, 223.1	n-butyl isobutyl phthalate	278	C16H22O4	91
20	17749	221.0, 237.0, 252.1	3,4,5trimethoxycinnamic acid methyl ester	252	C13H16O5	90
22	18825	143.1, 255.2, 298.2	octadecanoic acid,methylester	298	C19H38O2	90
25	20593	143.1, 283.3, 326.3	methyl eicosanoate	326	C21H42O2	81
27	22038	111.0, 207.0, 320.2	13-docosenoic acid, methyl ester, (Z)-	352	C23H44O2	93
28	22266	104.0, 149.0, 279.2	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83

**Tabla 6.17b** -Compuestos identificados en muestra BDG003-1.Porcentaje de área

≠#	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	11284	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol		1.05
3	11528	methyl phthalate	ftalato (derivados)	1.29
5	12431	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	9.35
6	12565	2-bis(methylthio)methylene- 1-phrenyl-4-methyl-4- penten-1-one		0.13
7	12596	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8- hexamethylperhydro3a,4a,7a,8 a- tetraazacyclopentano fluorene		0.13
8	12690	3-methylamino-thixo-2,5 -dimethyl-thiophene		0.17
9	12816	octadecane	octadecano	31.05
10	13240	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	31.05
11	15078	alpha hexylcinnamic aldehyde	α-amilcinamaldehido	0.24
12	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	1.68
13	16437	methyl3,4dimethoxycinnamate		0.23
15	16893	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	6.16
16	16963	methyl-3(3,5ditertbutyl -4-hydroxyphenyl)propionate		0.39
17	17003	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2- phenylthio-6-oxabicyclo [3.2.1]octan-7-one		0.95
18	17215	n-butyl isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	1.06
20	17749	3,4,5trimethoxycinnamic acid methyl ester		0.83
22	18825	octadecanoic acid,methylester	ac esteárico (C18:0)	2.47
25	20593	methyl eicosanoate	ac araquídico (C20:0)	0.20
27	22038	13-docosenoic acid, methyl ester, (Z)-	ac erúcico (C22:1) Z	0.23
28	22266	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	7.65

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 6.24-** Cromatograma de la muestra ZJR003-8



**Tabla 6.18a** -Compuestos identificados en muestra ZJR003-8. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
2	11284	205.1, 220.1	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol	220	C15H24O	87
4	11520	163.0, 177.1, 194.0	ftalato	194	C10H10O4	80
7	12172	135.0, 163.0, 193.9	dimethyl p-phthalate	194	C10H10O4	78
8	12431	143.0, 171.1, 183.1	dodecanoic acid, methyl ester	214	C13H26O2	90
10	12682	111.0, 152.1, 185.1	nonanedioic acid, dimethyl ester	216	C11H20O4	86
11	13232	149.0, 177.0, 196.1	phthalic acid, diethyl ester	222	C12H14O4	87
12	13240	149.0, 177.1, 195.9	diethyl phthalate	222	C12H14O4	90
13	14136	149.0, 163.0, 181.0	butyl methyl phthalate	236	C13H16O4	83
18	14772	143.1, 199.1, 242.2	methyl tetradecanoate	242	C15H30O2	81
19	15007	161.1, 235.1, 250.1	7-ethoxy-6-methoxy-2,2-dimethylchromanone	250	C14H18O4	83
21	15549	143.1, 199.1, 256.2	methyl pentadecanoate	256	C16H32O2	91
23	16249	149.0, 223.1	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	83
25	16681	110.1, 194.1, 236.2	9-hexadecenoic acid, methyl ester	268	C17H32O2	81
27	16901	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	93
29	17011	187.1, 291.2, 307.2	O,O-dimethyl ether of nepenthone-A	306	C15H14O7	90
31	17215	149,0	butyl phthalate	278	C16H22O4	91
36	18637	110.1, 222.2, 264.2	methyl oleato	296	C19H36O2	95
38	18825	143.1, 255.2, 298.3	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	93
39	19006	289.1, 304.1	1-((2-hydroxycarbonyl-3-methoxy-phenyl)methyl)-6-methyl-5,6-dihydro-naphthalene	304	C20H16O3	80
40	19155	275.1, 291.1	benzo[b]cyclopropa[1m]fluorenone	290	C20H18O2	86
41	19399	137.1, 155.0, 294.2	trans-1,3,4,5,5a,6,7,8,9,9a	294	C17H26O4	83

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

			-decahydro-5-oxo-6,6,9a -trimethyl-1,3-dimethoxynaphtho [1,2-c]furan			
42	20600	143.1, 283.2, 326.3	methyl eicosanoate	326	C21H42O2	90
43	20789	149.0, 239.2, 299.2	dehydroabiatic acid	314	C21H30O2	95
44	21158	184.9, 213.0, 295.2	1,2-dimethyl-4-(4'-methylphenyl (sulfonyl-5- nitroimidazole	295	C12H13N3O4S	90
45	22046	111.1, 320.3, 352.3	13-docosenoic acid, methyl ester, (Z)	352	C23H44O2	81
46	22274	149.0, 279.1	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83
47	23012	143.1, 325.3, 368.3	tricosanoic acid, methyl ester (CAS)	368	C24H48O2	90
48	23106	257.2, 325.1, 355.4	cholest-24-ene	370	C27H46	78
49	23758	143.1, 339.3, 382.4	tetracosanoic acid, methyl ester	382	C25H50O2	87
50	24505	111.1, 353.3, 396.4	2,8-diacetyl-peri- xanthenoxanthene-4,10-quinone	396	C24H12O6	78
52	25345	111.1, 207.0, 410.4	rotenalone h][1]benzopyran- 6(6aH)-one, 1,2,12,12	410	C23H22O7	78

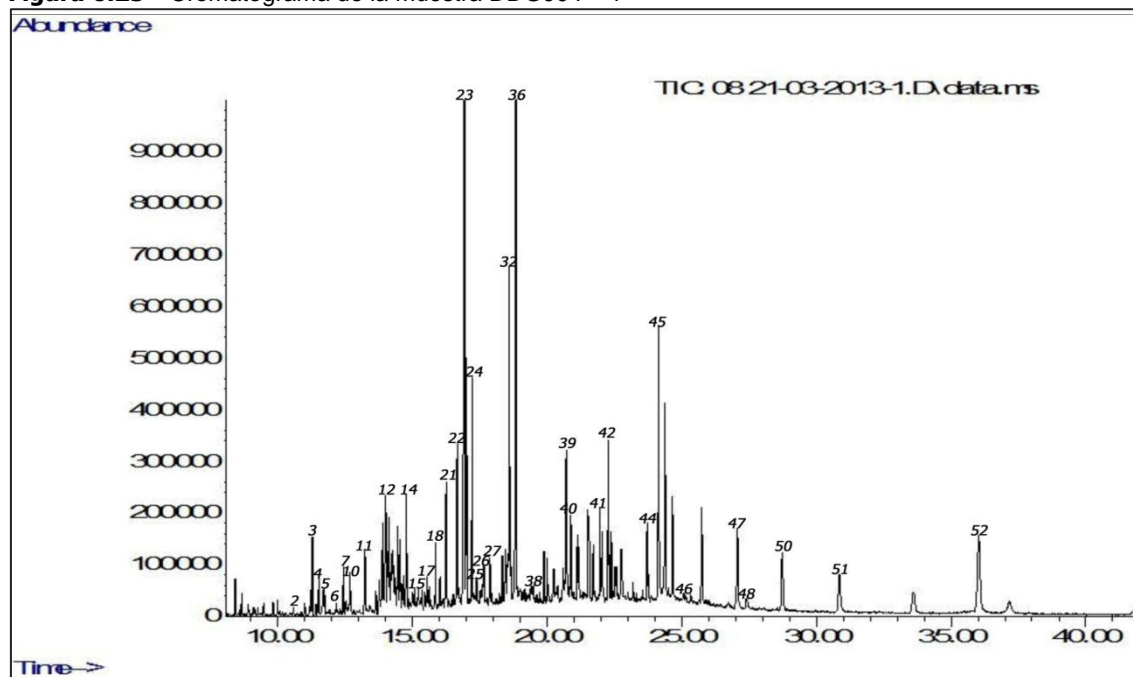
**Tabla 6.18b** -Compuestos identificados en muestra ZJR003-8.Porcentaje de área

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
2	11284	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol		0.93
4	11520	ftalato	ftalato (derivados)	0.48
7	12172	dimethyl p-phthalate	ftalato (derivados)	0.18
8	12431	dodecanoic acid, methyl ester	ac laurico (C12:0)	0.58
10	12682	nonanedioic acid, dimethyl ester	ac. azelaico (2C9)	0.53
11	13232	phthalic acid, diethyl ester		0.95
12	13240	diethyl phthalate	ftalato (derivados)	0.95
13	14136	butyl methyl phthalate		0.90
18	14772	methyl tetradecanoate	ac mirístico (C14:0)	1.26
19	15007	7-ethoxy-6-methoxy-2,2- dimethylchromanone		0.30
21	15549	methyl pentadecanoate	ac pentadecanoico (C15:0)	0.35
23	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	1.81
25	16681	9-hexadecenoic acid, methyl ester	ac palmitoleico (C16:1)	2.13
27	16901	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	15.10
29	17011	O,O-dimethyl ether of nepenthone-A		3.05
31	17215	butyl phthalate	ftalato (derivados)	2.56
36	18637	methyl oleato	ac oleico (C18:1)	0.56
38	18825	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	13.33
39	19006	1-((2-hydroxycarbonyl-3 -methoxy-phenyl)methyl)-6 -methyl-5,6-dihydro-naphthalene		0.22
40	19155	benzo[b]cyclopropa[1m] fluorenone		0.22
41	19399	trans-1,3,4,5,5a,6,7,8,9,9a -decahydro-5-oxo-6,6,9a		0.27

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

		-trimethyl-1,3-dimethoxynaphtho [1,2-c]furan		
42	20600	methyl eicosanoate	ac araquídónico (C20:0)	0.47
43	20789	dehydroabietic acid	ac dehidroabiético	0.19
44	21158	1,2-dimethyl-4-(4'-methylphenyl (sulfonyl-5- nitroimidazole		0.65
45	22046	13-docosenoic acid, methyl ester, (Z)	ac erúxico (C22:1) Z	0.92
46	22274	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	1.96
47	23012	tricosanoic acid, methyl ester	ac tricosanoico (C23:0)	0.19
48	23106	cholest-24-ene	colesterol(derivado)	0.19
49	23758	tetracosanoic acid, methyl ester	ac lignocérico (C24:0)	3.62
50	24505	2,8-diacetyl-peri-xanthenoxanthene- 4,10-quinone		1.51
52	25345	rotenalona h][1]benzopyran-6(6aH)- one, 1,2,12,12		1.50

**Figura 6.25** - Cromatograma de la muestra DDG004 – 1



**Tabla 6.19a** -Compuestos identificados en muestra DDG004-1. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
3	11284	205.1, 220.1	3-(2,2-dimethylpropylidene) bicyclo[3.3.1]nonane-2,4dione	220	C <sub>14</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	83
4	11418	111.0, 129.0, 171.0	octanedioic acid, dimethyl ester	202	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>4</sub>	90
5	11520	135.0, 163.0, 177.0	methyl phthalate	194	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	80
6	12164	135.0, 163.0, 194.0	dimethyl isophthalate	194	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	91
9	12682	111.0, 152.0, 185.1	nonanedioic acid, dimethyl ester	216	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub>	83
10	12745	148.9, 167.0, 182.2	1-phenylethynylcyclohex-1-ene	182	C <sub>14</sub> H <sub>14</sub>	83



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

11	13232	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate hthalic acid, diethyl ester	222	C12H14O4	91
13	14780	143.1, 199.1, 242.2	methyl tetradecanoate / anteiso chain	242	C15H30O2	83
15	15007	161.0, 213.1, 236.1	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethylchromanone	250	C14H18O4	83
17	15549	143.0, 199.1, 213.1	methyl pentadecanoate / anteiso chain	256	C16H32O2	93
18	15856	143.1, 213.1, 256.2	methyl pentadecanoate / normal chain	256	C16H32O2	91
22	16869	143.1, 227.1, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	94
24	17011	161.0, 187.1, 291.2	2,7,8-trimethoxy-3-methyl-5,6-methylenedioxy-naphtho-1,4-quinone	306	C15H14O7	90
25	17215	149.0, 223.0	butyl phthalate	278	C16H22O4	90
26	17608	143.0, 241.2, 284.2	2,5-bisdimethylamino-3,9-dimethyl-3H-1,3,4,6-tetrazacyclopent(E) azulene	284	C15H20N6	90
27	17875	163.0, 241.1, 284.2	5-hydroxy-1,4-dimethoxyanthraquinone	284	C16H12O5	83
29	18338	133.0, 241.1, 256.1	benzene,1,1'-(1-methylethylidene)bis(4-methoxy	256	C17H20O2	93
31	18597	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	95
32	18644	111.1, 222.1, 264.2	8-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	94
33	18684	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	296	C19H36O2	94
35	18841	143.1, 255.2, 298.2	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	94
37	19398	109.0, 150.0, 294.2	9,12-octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	294	C19H34O2	90
39	20600	143.1, 283.2, 326.3	eicosanoic acid, methyl ester	326	C21H42O2	90
40	20789	197.1, 239.1, 299.2	dehydroabietic acid	314	C21H30O2	99
41	21967	185.0, 213.0, 340.2	methyl 4-(1-ethyldecyl)benzenesulfonate	340	C19H32O3S	80
42	22266	104.0, 149.0, 279.1	bis(2-ethylhexyl) phthalate	390	C24H38O4	83
44	23758	143.1, 339.3, 382.3	tetracosanoic acid, methyl ester	382	C25H50O2	92
46	25156	109.0, 149.0, 368.4	4-chloro-2-[(E)-6',7'-dihydroxy-3',7'-dimethyl-2'-octenyl] orcinol-6',7'-acetone	368	C20H29ClO4	80
48	27395	109.1, 275.2, 386.3	cholesterol	386	C27H46O	95
50	28534	174.0, 207.1, 382.3	cholesta-3,5-dien-7-one	382	C27H42O	89

**Tabla 6.19b** -Compuestos identificados en muestra DDG004-1. Porcentaje de área

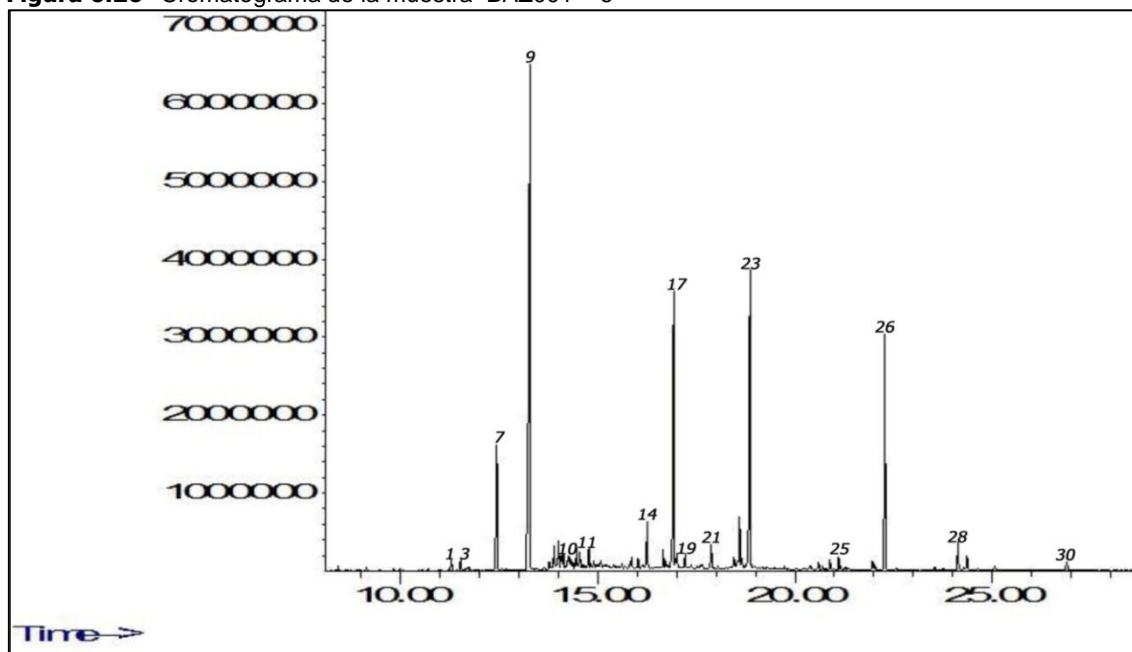
≠#	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
3	11284	3-(2,2-dimethylpropylidene) bicyclo[3.3.1]nonane-2,4dione		0.15
4	11418	octanedioic acid, dimethyl ester	ac subérico (2C8)	0.07
5	11520	methyl phthalate	ftalato (derivados)	0.11
6	12164	dimethyl isophthalate	ftalato (derivados)	0.08
9	12682	nonanedioic acid, dimethyl ester	ac. azelaico (2C9)	0.28
10	12745	1-phenylethynylcyclohex-1-ene		0.28
11	13232	ethyl phthalate hthalic acid, diethyl	ftalato (derivados)	0.18

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

		ester		
13	14780	methyl tetradecanoate / anteiso chain	ac mirístico (C14:0)	0.59
15	15007	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethylchromanone		0.10
17	15549	methyl pentadecanoate / anteiso chain	ac pentadecanoico (C15:0)	0.23
18	15856	methyl pentadecanoate / normal chain	ac pentadecanoico (C15:0)/cadena normal	0.24
22	16869	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	11.67
24	17011	2,7,8-trimethoxy-3-methyl-5,6-methylenedioxy-naphtho-1,4-quinone		1.21
25	17215	butyl phthalate	ftalato (derivados)	0.86
26	17608	2,5-bisdimethylamino-3,9-dimethyl-3H-1,3,4,6-tetrazacyclopent(E) azulene		0.10
27	17875	5-hydroxy-1,4-dimethoxyanthraquinone		1.04
29	18338	benzene,1,1'-(1-methylethylidene)bis(4-methoxy)		0.04
31	18597	9-octadecenoic acid, methyl ester	ac 9-octadecenoico	6.79
32	18644	8-octadecenoic acid, methyl ester	ac 8-octadecenoico	2.75
33	18684	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	ac oleico (C18:1) Z	2.75
35	18841	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	9.55
37	19398	9,12-octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	ac linoleico (C18:2) Z,Z	0.11
39	20600	eicosanoic acid, methyl ester	ac araquidónico (C22:0)	0.69
40	20789	dehydroabietic acid	ac dehidroabiético	0.34
41	21967	methyl 4-(1-ethyldecyl)benzenesulfonate		0.40
42	22266	bis(2-ethylhexyl) phthalate	ftalato (derivados)	8.28
44	23758	tetracosanoic acid, methyl ester	ac lignocérico (C24:0)	0.20
46	25156	4-chloro-2-[(E)-6',7'-dihydroxy-3',7'-dimethyl-2'-octenyl]orcinol-6',7'-acetonide		0.15
48	27395	cholesterol	colesterol	1.11
50	28534	cholesta-3,5-dien-7-one	colesterol (derivado)	1.11

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 6.26-** Cromatograma de la muestra BAZ001 – 6



**Tabla 6.20a** -Compuestos identificados en muestra BAZ001-6. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

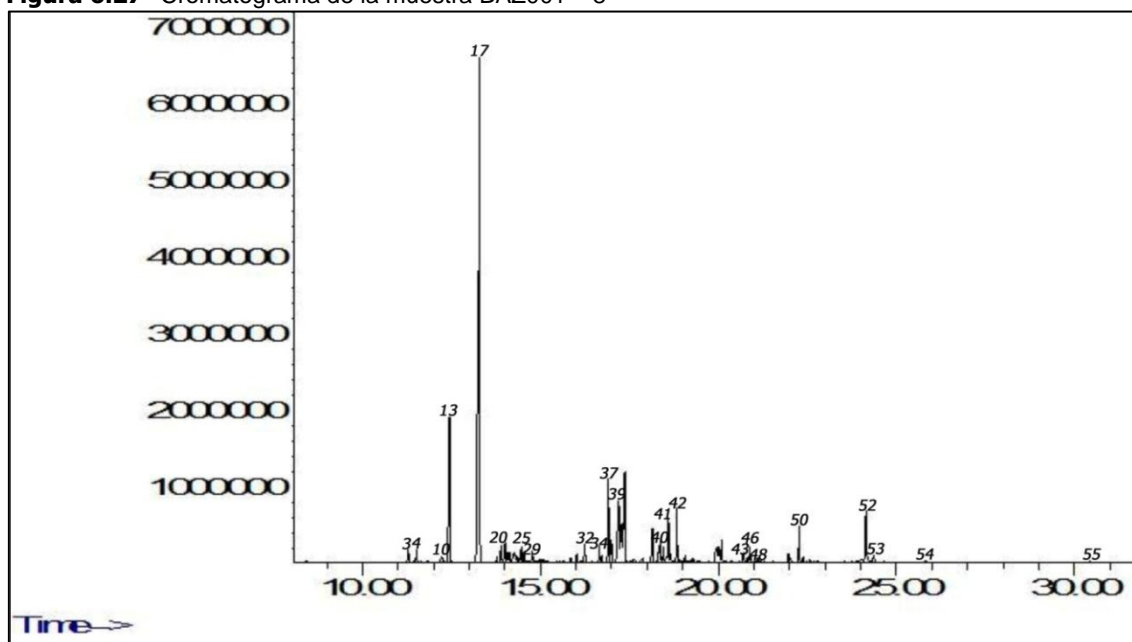
#	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	11284	115.0, 205.1, 220.1	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol	220	C15H24O	90
3	11528	133.0, 163.0, 194.0,	methyl phthalate	194	C10H10O4	90
5	11897	166.0, 206.9, 356.3	3,4-dimethoxybenzaldehyde	166	C9H10O3	80
6	12172	135.0, 163.0, 194.0	dimethyl p-phthalate	194	C10H10O4	81
8	12690	111.1, 152.0, 185.0	3-methylamino-thixo-2,5-dimethyl-thiophene	185	C8H11NS2	78
9	13240	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	95
11	14780	143.1, 199.2, 242.2	tetradecanoic acid, methyl ester	242	C15H30O2	80
13	16146	213.1, 243.1, 258.1	galaxolide 1 and 2	258	C18H26O	91
14	16249	103.9, 149.0, 223.0	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	78
15	16445	191.0, 207.0, 222.0	methyl 3,4-dimethoxycinnamate	222	C12H14O4	94
16	16901	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	93
17	16963	147.1, 219.1, 277.1	methyl-3-(3,5ditertbutyl-4-hydroxyphenyl)propionate	292	C18H28O3	98
18	17003	161.1, 187.1, 291.2	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one	306	C16H18O4S	83
19	17215	104.0, 149.0, 223.1	n-butyl isobutyl phthalate	278	C16H22O4	91
22	18825	143.1, 255.2, 298.3	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	95
23	18833	143.1, 255.2, 298.3	heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester	298	C19H38O2	87
26	22266	104.0, 149.0, 279.1	isooctyl phthalate	390	C24H38O4	83

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.20b** -Compuestos identificados en muestra BAZ001-6.Porcentaje de área

№#	tR	compuesto identificado	nombre común	área %
1	11284	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol		0.53
3	11528	methyl phthalate	ftalato (derivados)	0.55
5	11897	3,4-dimethoxybenzaldehyde		0.11
6	12172	dimethyl p-phthalate	ftalato (derivados)	0.11
8	12690	3-methylamino-thixo-2,5-dimethyl-thiophene		0.09
9	13240	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	31.99
11	14780	tetradecanoic acid, methyl ester	ac mirístico (14:0)	0.83
13	16146	galaxolide 1 and 2		0.15
14	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	2.15
15	16445	methyl 3,4-dimethoxycinnamate		0.08
16	16901	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	12.92
17	16963	methyl-3-(3,5ditertbutyl-4-hydroxyphenyl)propionate		0.34
18	17003	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one		0.56
19	17215	n-butyl isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	0.62
22	18825	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	13.14
23	18833	heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester	ac 16-metil, heptadecanoico	13.14
26	22266	isooctyl phthalate	ftalato (derivados)	9.57

**Figura 6.27-** Cromatograma de la muestra BAZ001 – 8



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.21a** -Compuestos identificados en muestra BAZ001-8.Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

№	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
1	10577	107.0, 134.9, 166.1	methyl 4-methoxybenzoate	166	C9H10O3	78
3	11260	174.9, 205.1, 220.1	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate	220	C14H20O2	83
4	11520	135.0, 163.0, 194.0	methyl phthalate	194	C10H10O4	90
5	11645	137.0, 165.1, 221.0	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadien-1-one	236	C15H24O2	87
7	11732	177.1, 205.1, 220.1	2,6-di-tert-Butylquinone	220	C14H20O2	91
10	12195	126.0, 153.0, 205.1	2-naphthalenecarbonitrile	153	C11H7N	83
11	12235	145.0, 177.1, 205.1	4-methyl-2,6-di-tert-butylphenol	220	C15H24O	95
12	12305	147.1, 219.1, 234.2	10b,10c-dimethyl-1,2,10b,10c-tetrahydrodicyclopenta[ef,kl]heptalene	234	C18H18	90
13	12423	136.0, 163.0, 208.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	90
15	12627	103.9, 178.0, 207.9	m-n,n,n-trimethylanilinium carboxylate	179	C10H13NO 2	80
17	13248	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	94
25	14465	121.0, 149.1, 234.2	phenol, 2-methyl-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-	220	C15H24O	78
30	15204	135.0, 219.1, 234.2	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethyl-2H-chromene	234	C14H18O3	90
31	15549	111.1, 143.0, 198.1	methyl pentadecanoate / anteiso chain	256	C16H32O2	90
32	16249	104.0, 149.0, 223.1	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	90
34	16728	149.0, 177.1, 205.0	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione	276	C17H24O3	96
36	16901	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	93
37	16971	147.1, 219.1, 277.1	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl)propionate	292	C18H28O3	98
38	17011	161.1, 187.1, 291.2	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one	306	C16H18O4 S	83
41	18597	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	296	C19H36O2	95
42	18833	143.1, 255.2, 298.2	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	93
43	20600	143.0, 283.2, 326.2	eicosanoic acid, methyl ester	326	C21H42O2	89
44	20789	207.1, 239.2, 314.1	methyl dehydroabietate	314	C21H30O2	95
45	20828	129.0, 180.1, 261.1	1,1-diphenylethene	180	C14H12	80
46	20891	100.1, 126.1, 281.2	9-octadecenamide, (Z)-	281	C18H35NO	92
48	21158	100.1, 140.1, 295.3	ethyl 6-Acetyl-1-methyl-9H-carbazole-2-carboxylate	295	C18H17NO 3	90
49	22266	104.0, 149.0, 279.1	isooctyl phthalate	390	C24H38O4	83
50	22384	178.0, 207.0, 385.2	3-thiophenecarboxylic acid, 2-[4-[4-(methoxycarbonyl)-5-methyl-2-thienyl]phenyl]-5-methyl-,methyl ester	386	C20H18O4 S2	80
51	22761	207.0, 311.2, 355.1	1,2,3,4,4a,10b-Hexahydro-5-(4-methylphenyl)-5.lambd.(4)-	311	C19H21NO S	83

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

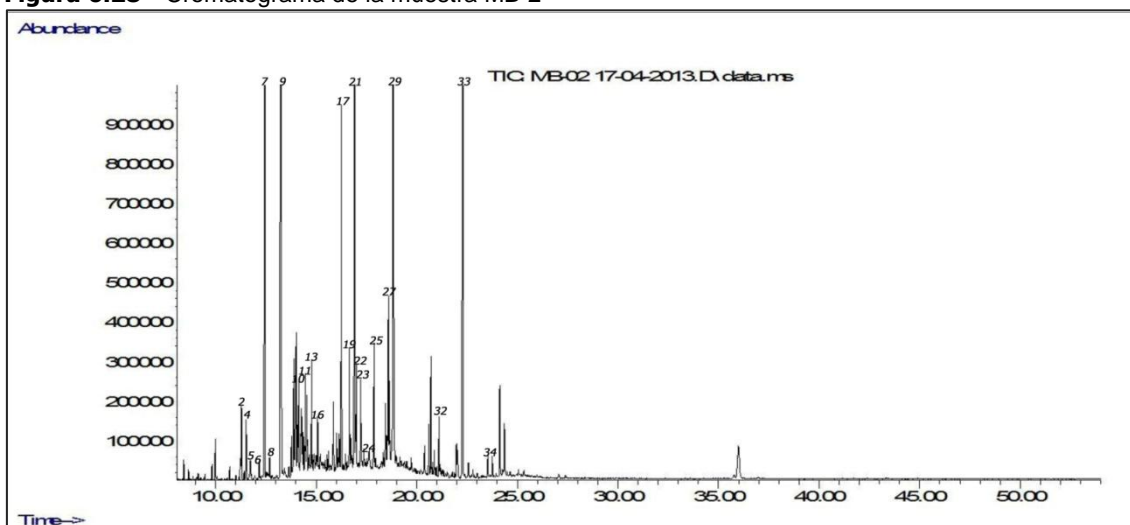
		dibenzo[c,e][1,2]thiazine 5-Oxide		
--	--	-----------------------------------	--	--

**Tabla 6.21b**-Compuestos identificados en muestra BAZ001-8.Porcentaje de área

≠#	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
1	10577	methyl 4-methoxybenzoate		0.05
3	11260	methyl 4,4,7-trimethyl-4,7-dihydroindan-6-carboxylate		0.52
4	11520	methyl phthalate	ftalato (derivados)	0.61
5	11645	2,6-di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadien-1-one		0.10
7	11732	2,6-di-tert-Butylquinone		0.10
10	12195	2-naphthalenecarbonitrile		0.41
11	12235	4-methyl-2,6-di-tert-butylphenol		0.41
12	12305	10b,10c-dimethyl-1,2,10b,10c-tetrahydrodicyclopentaheptalene		0.06
13	12423	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	6.80
15	12627	m-n,n,n-trimethylanilinium carboxylate		0.06
17	13248	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	31.67
25	14465	phenol, 2-methyl-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)-		0.68
30	15204	7-ethoxy-8-methoxy-2,2-dimethyl-2H-chromene		0.12
31	15549	methyl pentadecanoate / anteiso chain	ac pentadecanoico (C15:0)	0.07
32	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	0.83
34	16728	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro[4.5]deca-6,9-diene-2,8-dione		0.21
36	16901	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	2.95
37	16971	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl)propionate		0.79
38	17011	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one		0.59
41	18597	9-octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	ac oleico (C18:1) Z	1.87
42	18833	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	1.73
43	20600	eicosanoic acid, methyl ester	ac araquidónico (C20:0)	0.05
44	20789	methyl dehydroabietate	ac dehidroabiético	0.23
45	20828	1,1-diphenylethene		0.23
46	20891	9-octadecenamide, (Z)-	9-octadecenamida (Z)	0.53
48	21158	ethyl 6-Acetyl-1-methyl-9H-carbazole-2-carboxylate		0.05
49	22266	isooctyl phthalate	ftalato (derivados)	1.26
50	22384	3-thiophenecarboxylic acid, 2-[4-[4-(methoxycarbonyl)-5-methyl-2-thienyl]phenyl]-5-methyl-,methyl ester		0.23
51	22761	1,2,3,4,4a,10b-Hexahydro-5-(4-methylphenyl)-5.lambda.(4)-dibenzo[c,e][1,2]thiazine 5-Oxide		0.08

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 6.28** - Cromatograma de la muestra MB-2



**Tabla 6.22a** -Compuestos identificados en muestra MB-2. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

№	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
2	11284	205.1, 220.1	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol	220	C15H24O	90
4	11528	133.0, 163.0, 194.0	methyl phthalate	194	C10H10O4	90
5	11685	147.0, 281.1, 326.9	tetradecamethylcycloheptasiloxane	518	C14H42O7Si	87
6	12172	135.0, 163.0, 194.0	dimethyl terephthalate	194	C10H10O4	95
7	12423	105.0, 136.0, 163.0	ethylmethylphthalate	208	C11H12O4	83
8	12690	111.1, 152.0, 185.0	3-methylamino-thioxo-2,5-dimethyl-thiophene	185	C8H11NS2	78
9	13240	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C12H14O4	94
13	14835	111.0, 155.0, 197.0	1-ethylidibenzothiophene	212	C14H12S	78
16	15078	115.1, 129.0, 145.0	alpha-hexylcinnamic aldehyde	216	C15H20O	98
17	16249	103.9, 149.0, 223.0	isobutyl phthalate	278	C16H22O4	78
18	16437	191.0, 207.0, 222.1	methyl 3,4-dimethoxycinnamate	222	C12H14O4	96
19	16877	143.1, 227.2, 270.2	pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	270	C17H34O2	94
20	16901	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C17H34O2	93
21	16963	147.1, 219.1, 277.1	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl) propionate	292	C18H28O3	98
22	17003	161.1, 187.1, 291.2	endo-3,4-isopropylidenedioxy-exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one	306	C16H18O4S	83
23	17215	104.0, 149.0, 223.1	n-butyl isobutyl phthalate	278	C16H22O4	91
24	17749	221.0, 237.0, 252.1	3,4,5-trimethoxycinnamic acid methyl ester	252	C13H16O5	90
26	18047	111.1, 241.2, 313.2	methamino,imide derivative of 4-O-carbomethoxylamellicolic anhydride	313	C17H19N3O3	83
27	18589	111.1, 222.2, 264.2	9-octadecenoic acid, methyl ester	296	C19H36O2	95
29	18825	143.1, 255.2, 298.2	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	90



## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

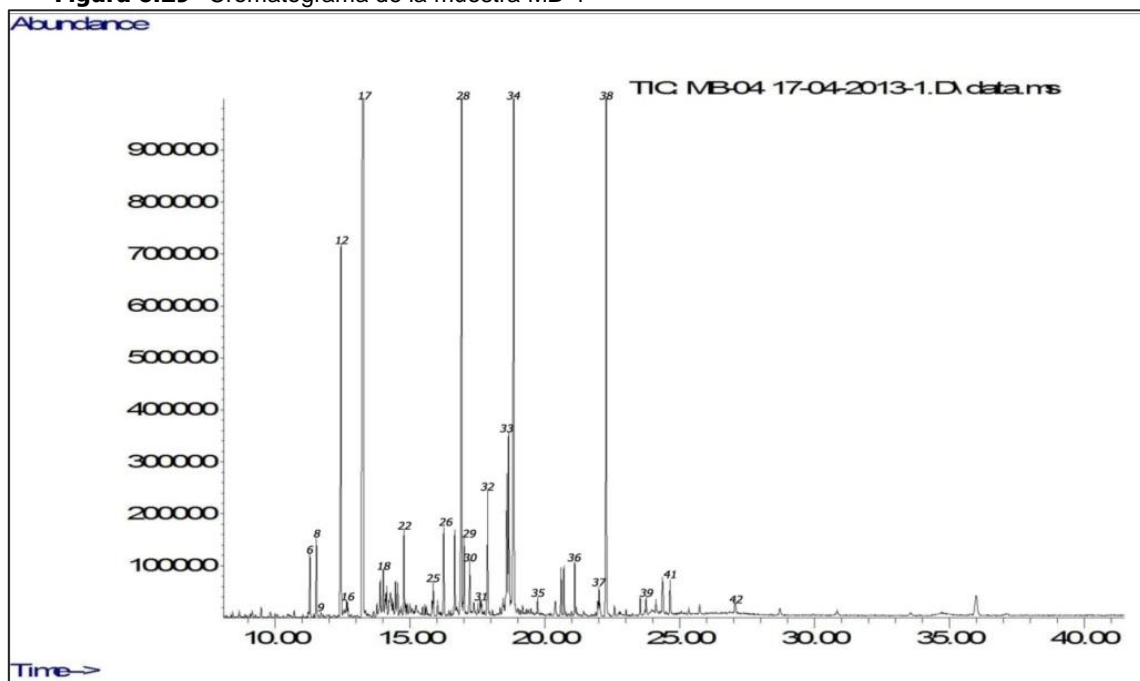
32	21111	101.0, 129.0, 241.1	hexanedioic acid, mono(2-ethylhexyl)ester	258	C14H26O4	83
33	22274	104.0, 149.0, 279.1	di-(2-ethylhexyl)phthalate	390	C24H38O4	83

**Tabla 6.22b** -Compuestos identificados en muestra MB-2.Porcentaje de área

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
2	11284	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol		0.78
4	11528	methyl phthalate	ftalato (derivados)	0.66
5	11685	tetradecamethyl cycloheptasiloxane		0.32
6	12172	dimethyl terephthalate	ftalato (derivados)	0.24
7	12423	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	6.35
8	12690	3-methylamino-thixo-2,5-dimethyl-thiophene		0.20
9	13240	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	24.51
13	14835	1-ethylidibenzothiophene		0.15
16	15078	alpha-hexylcinnamic aldehyde	α-hexilcinamaldehido	0.56
17	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	3.87
18	16437	methyl3,4dimethoxycinnamate		0.19
19	16877	pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester		12.81
20	16901	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	12.81
21	16963	methyl-3-(3,5-ditertbutyl -4-hydroxyphenyl) propionate		0.50
22	17003	endo-3,4-isopropylidenedioxy -exo-2-phenylthio-6-oxabicyclo[3.2.1]octan-7-one		0.88
23	17215	n-butyl isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	0.96
24	17749	3,4,5-trimethoxycinnamic acid methyl ester		1.37
26	18047	methamino,imide derivative of 4-O-carbomethoxylammellicolic anhydride		0.21
27	18589	9-octadecenoic acid, methyl ester	ac oleico (C18:1)	1.77
29	18825	octadecanoic acid,methyl ester	ac esteárico (C18:0)	11.83
32	21111	hexanedioic acid, mono(2-ethylhexyl)ester		0.54
33	22274	di-(2-ethylhexyl)phthalate	ftalato (derivados)	11.79

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Figura 6.29-** Cromatograma de la muestra MB-4



**Tabla 6.23a** -Compuestos identificados en muestra MB-4. Tiempos de retención (tR), relación *m/z* de los fragmentos más abundantes de cada compuesto, compuesto identificado, peso molecular (MW), fórmula química y porcentaje en la asignación del compuesto (QUAL %).

#	tR	<i>m/z</i>	compuesto identificado	MW	fórmula	Qual %
4	10593	107.0, 135.0, 166.0	benzoic acid, 4-methoxy-, methyl ester	166	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	83
6	11284	115.0, 205.1	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol	220	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	90
8	11520	133.0, 163.0, 194.0	methyl phthalate	194	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	90
10	11897	166.0, 206.9, 356.3	benzaldehyde, 3,4-dimethoxy-dimethoxybenzenecarbal	166	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	80
12	12423	105.0, 136.0, 163.0	ethylmethylphthalate	208	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	83
13	12596	175.1, 263.1, 278.1	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8-hexamethylperhydro-3a,4a,7a,8a-tetraazacyclopentano [def]fluorene	278	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> N <sub>4</sub>	78
16	12690	111.1, 152.0, 185.0	3-methylamino-thixo-2,5-dimethyl-thiophene	185	C <sub>8</sub> H <sub>11</sub> NS <sub>2</sub>	78
17	13201	105.0, 149.0, 177.0	ethyl phthalate	222	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	95
21	14780	143.1, 198.2, 242.2	tetradecanoic acid, methyl ester	242	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	80
22	14835	111.0, 155.0, 197.0	1-ethyl dibenzothiophene	212	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> S	78
25	15864	143.0, 213.1, 256.2	methyl pentadecanoate/normal chain	256	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	90
26	16249	103.9, 149.0, 223.0	isobutyl phthalate	278	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	78
27	16437	191.0, 207.0, 222.1	methyl 3,4-dimethoxy cinnamate	222	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	96
28	16893	143.1, 227.2, 270.2	hexadecanoic acid, methyl ester	270	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	94
29	16963	147.1, 219.1, 277.1	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl) propionate	292	C <sub>18</sub> H <sub>28</sub> O <sub>3</sub>	98
30	17215	104.0, 149.0, 223.1	n-buthyl isobuthyl phthalate	278	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	91
31	17749	221.0, 237.0, 252.1	3,4,5-trimethoxycinnamic acid methyl ester	252	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O <sub>5</sub>	90

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

34	18825	143.1, 255.2, 298.2	octadecanoic acid, methyl ester	298	C19H38O2	90
37	22046	110.0, 207.1, 320.4	4-(o-Methylphenyl)-2,6-diphenylpyridine	321	C24H19N	78
38	22266	104.0, 149.0, 279.1	dioctyl phthalate	390	C24H38O4	83

**Tabla 6.23b** -Compuestos identificados en muestra MB-4.Porcentaje de área

№	tR	compuesto identificado	nombre común	área%
4	10593	benzoic acid, 4-methoxy-, methyl ester		0.11
6	11284	6-methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol		0.90
8	11520	methyl phthalate	ftalato (derivados)	1.09
10	11897	benzaldehyde, 3,4-dimethoxy-dimethoxybenzenecarbonal		5.33
12	12423	ethylmethylphthalate	ftalato (derivados)	5.33
13	12596	4,8-cis-8b,8c-cis-2,2,4,6,6,8-hexamethylperhydro-3a,4a, 7a,8a-tetraazacyclopentano fluorene		0.11
16	12690	3-methylamino-thixo-2,5-dimethyl-thiophene		0.15
17	13201	ethyl phthalate	ftalato (derivados)	26.08
21	14780	tetradecanoic acid, methyl ester	ac mirístico (C14:0)	1.04
22	14835	1-ethylidibenzothiophene		0.16
25	15864	methyl pentadecanoate/ normal chain	ac pentadecanoico (C15:0)	0.40
26	16249	isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	1.29
27	16437	methyl 3,4-dimethoxy cinnamate		0.09
28	16893	hexadecanoic acid, methyl ester	ac palmítico (C16:0)	10.64
29	16963	methyl-3-(3,5-ditertbutyl-4-hydroxyphenyl) propionate		0.96
30	17215	n-butyl isobutyl phthalate	ftalato (derivados)	0.76
31	17749	3,4,5-trimethoxycinnamic acid methyl ester		1.55
34	18825	octadecanoic acid, methyl ester	ac esteárico (C18:0)	15.84
37	22046	4-(o-Methylphenyl)-2,6-diphenylpyridine		0.14
38	22266	dioctyl phthalate	ftalato (derivados)	12.79

Para discriminar entre las materias primas de las que proceden los residuos en las cerámicas se ha utilizado frecuentemente el cociente de aquellos ácidos grasos cuya velocidad de degradación sea similar (EERKENS, 2005). Los ácidos palmítico y esteárico cumplen esa condición y por ello a partir de los valores de área obtenidos para cada ácido en las 19 muestras (Tablas 6.6b-6.24b), se ha elaborado la tabla 6.30 en la que se recoge el valor de este cociente C16:0/C18:0.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

A continuación, y con el objetivo para sistematizar la discusión de resultados, se han agrupado los anteriores compuestos identificados (cuyo porcentaje de probabilidad en la asignación sea superior al 90%) atendiendo a su naturaleza química y se recogen en tablas 6.25-6.29.

Tabla 6.24 – Compuestos identificados en las muestras PR-14, C-2, TR-7 y TC-5

	PR-14	C-2	TR-7	TC-5
<b>ac graso sat/insat</b>	ac palmítico ac esteárico ac 8-octadecenoico ac 9-octadecenoico	ac esteárico ac araquidónico ac 9-octadecenoico ac oleico (Z)	ac palmítico ac erúcido ac esteárico	
<b>ac dicarboxílico</b>		ac azelaico		
<b>colesterol y derivados</b>		colest-3,5-dien-7-ona		
<b>ac terpénicos</b>	ac dehidroabiético	ac dehidroabiético		
<b>ac cinámico y derivados</b>	hexilcinamaldehido			ac 3,4-dimetoxicinámico
<b>cetona y derivados</b>	-2,6-di-tert-butil-p-benzoquinona -2,3-didecil-1,4-naftoquinona			2,6-diterbutil p-benzoquinona
<b>varios</b>	mecambrine galaxolide escualeno	escualeno	octadecano	

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

**Tabla 6.25** – Compuestos identificados en las muestras SM-1, B-2, CNL105-1 y BAZ011-1

	<b>SM-1</b>	<b>B-2</b>	<b>CNL105-1</b>	<b>BAZ011-1</b>
<b>ac graso sat/insat</b>	ac metilpentadecanoico ac araquidónico ac lignocérico ac oleico	ac palmítico ac esteárico ac pentadecanoico ac oleico (Z) ac 9-octadecenoico	ac mirístico ac isopropil tetradecanoico ac palmítico ac metilpentadecanoico ac oleico (Z) ac 9-octadecenoico	ac palmítico ac esteárico ac pentadecanoico ac mirístico ac 9-octadecenoico ac oleico (Z)
<b>ac dicarboxílico</b>	ac azelaico	ac azelaico	ac subérico	
<b>colesterol y derivados</b>				colestán-25-diol
<b>ac terpénicos</b>	ac dehidroabiético ac abiético	ac sandaracopimánico ac abietic-8-en-18 oico ac isopimánico ac dehidroabiético ac abiético		ac dehidroabiético
<b>ac cinámico y derivados</b>	aldehído cinámico ac 4-metoxicinámico derivado ac cinámico	$\alpha$ -hexilcinamaldehído	derivado ac cinámico	aldehído cinámico
<b>cetona y derivados</b>	7,9-di-tert-butyl-1-oxaspiro [4.5] deca-6,9-diene-2,8-dione	derivado quinona	derivado quinona	
<b>varios</b>	9-octadecenamida (Z) gartanin 3,4-dimetoxibenzaldehído galaxolide escualeno	difenilcetona rotenalona galaxolide mecambrine (alcaloide) 2,6-di(t-butil)-4-hidroxibenzaldehído	mecambrine galaxolide 6-metil-2,4-di-tert-butilfenol 2-tetradeceno (Z)	galaxolide



**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica:  
aportación al estudio de las pastas cerámica**

**Tabla 6.26** – Compuestos identificados en las muestras BAZ190-3, BMN16-4, DDG13-6 y DDG14-2

	<b>BAZ190-3</b>	<b>BMN16-4</b>	<b>DDG13-6</b>	<b>DDG14-2</b>
<b>ac graso sat/insat</b>	ac palmítico ac esteárico ac mirístico ac pentadecanoico ac araquidónico ac lignocérico ac 9-octadecenoico ac oleico (Z)	ac palmítico ac esteárico ac 14-metil pentadecanoico ac lignocérico ac 2-metil pentadecanoico ac araquidónico ac 1-metil pentadecanoico ac 9-octadecenoico ac oleico(Z)	ac palmítico ac esteárico ac araquidónico ac metilpentadecanoico ac oleico ac 13-octadecenoico	ac palmítico ac esteárico
<b>ac dicarboxílico</b>	ac azelaico ac subérico ac etilhexilhexanedioico		ac azelaico ac subérico ac adipico	
<b>colesterol y derivados</b>				
<b>ac terpénicos</b>		ac dehidroabiético		
<b>ac cinámico y derivados</b>			ac 4-metoxinámico	ac 3,4-dimetoxicinámico ac 3,4,5- trimetoxicinámico
<b>cetona y derivados</b>		2, 6-di-tert-butilquinona derivado lactona derivado quinona		
<b>varios</b>	rotenalona ac 2,4-dimetoxi-e-metil benzoico	6-Metil-2, 4-di-tert-butilfenol macambrine ac butilbenzoico		1-etilbenzotiofeno 6-metil-2,4-di-tert-butilfenol



**Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica:  
aportación al estudio de las pastas cerámica**

**Tabla 6.27** – Compuestos identificados en las muestras BDG003-1, ZJR003-8, DDG004-1 y BAZ001-6

	<b>BDG003-1</b>	<b>ZJR003-8</b>	<b>DDG004-1</b>	<b>BAZ001-6</b>
<b>ac graso sat/insat</b>	ac palmítico ac esteárico ac eicosanoico ac 12-docosenoico (Z)	ac palmítico ac mirístico ac eicosanoico ac esteárico ac tricosanoico ac lignocérico ac pentadecanoico ac oleico ac erúxico	ac palmítico ac esteárico ac araquidónico ac 1 metilpentadecanoico ac lignocérico ac mirístico ac oleico ac oleico (Z) ac linoleico (Z,Z)	ac palmítico ac esteárico ac mirístico ac 16-metil heptadecanoico
<b>ac dicarboxílico</b>		ac azelaico	ac azelaico ac subérico ac 9,15- ac 8- octadecenoico	
<b>colesterol y derivados</b>		colest-24-ona	Colesterol colest-3,5-dien-7- ona	
<b>ac terpénicos</b>		ac dehidroabiético	ac dehidroabiético	
<b>ac cinámico y derivados</b>	aldehido cinámico ac metil 3,4-dimetoxicinámico ac 3,4,5-trimetoxicinámico			acido 3,4- dimetoxicinámico
<b>cetona y derivados</b>		derivado quinona	derivado quinona	
<b>varios</b>	6-Metil-2,4-di-tert-butilfenol octadecano	6-Metil-2,4-di-tert-butilfenol rotenone	6-Metil-2,4-di-tert-butilfenol galaxolide	

Tabla 6.28 – Compuestos identificados en las muestras BAZ001-8, MB-2 y MB-4

	BAZ 001-8	MB-2	MB-4
<b>ac graso sat/insat</b>	ac palmítico ac esteárico ac pentadecanoico ac araquidónico ac oleico (Z)	ac palmítico ac esteárico ac 14-metilpentadecanoico ac oleico	ac palmítico ac mirístico ac esteárico ac metil pentadecanoico
<b>ac dicarboxílico</b>		ac mono(2-etilhexil) hexanedioico	
<b>colesterol y derivados</b>			
<b>ac terpénicos</b>	ac dehidroabiético		
<b>ac cinámico y derivados</b>		hexilcinamaldehido ac 3,4,5-trimetoxicinámico ac 3,4,4-dimetoxicinámico	ac 3,4-dimetoxicinámico ac 3,4,5-trimetoxicinámico
<b>cetona y derivados</b>	derivado quinona		
<b>varios</b>	9-octadecenamida(Z) 4-Metil-2,4-di-tert-butilfenol	1-etilbenzotiofeno 6-Metil-2,4-di-tert-butilfenol	1-etilbenzotiofeno (PASH) 6-Metil-2,4-di-tert-butilfenol

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

Tabla 6.29 - Valores de los cocientes C16:0/C18:0

Muestras	C16:0/C18:0
PR-14	1.31
C-2	-
TR-7	1.85
TC-5	-
SM-1	-
B-2	1.12
CNL 105-1	-
BAZ 011-1	1.66
BAZ190-3	1.26
BMN016-4	1.56
DDG013-6	1.27
DDG014-2	2.01
BDG003-1	2.49
ZJR003-8	1.13
DDG004-1	1.22
BAZ001-6	0.98
BAZ001-8	1.70
MB-2	1.08
MB-4	0.67

### 6.6. Discusión

El análisis mediante cromatografía de gases con detección de masas (GC-MS) se ha empleado para la separación e identificación de los residuos lipídicos extraídos en la mezcla disolvente empleada en el tratamiento de las muestras bajo estudio. Los compuestos orgánicos identificados proceden de la degradación de la materia prima (aceite vegetal, cera, grasa animal, vino, miel,...) por la acción de los diferentes ambientes a los que se ha visto sometida a lo largo del tiempo (enterramiento, humedad, pH, Temperatura, microorganismos,...), así como los posibles empleos en relación con los alimentos: culinario (cocción, asado,...), almacenamiento, transporte, etc...

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Nuestro objetivo es atribuir un origen a los compuestos identificados, cuya naturaleza y contenido relativo se recoge en las tablas correspondientes (Tablas 6.6a-6.24a), y sugerir la materia prima de la que podrían proceder cuya composición sea compatible con los restos generados tras su degradación.

Una adecuada interpretación de los resultados obtenidos de este estudio, requiere tener en cuenta dos aspectos.

Por una parte, la existencia de compuestos contaminantes en las muestras. Es el caso de los ftalatos y derivados (dioctil ftalato), que se relacionan con el uso de plásticos y que no son atribuibles por tanto a los usuarios de los recipientes. Su contenido es mayoritario en las muestras estudiadas, reduciendo de esta forma la sensibilidad relativa del resto de componentes. La presencia de este tipo de compuestos exógenos, obliga a establecer en un futuro las precauciones necesarias en el protocolo de recogida y tratamiento arqueológico de las cerámicas.

Por otra, es importante también indicar que para la interpretación de los resultados obtenidos se han considerado solamente aquellos compuestos asignados con un porcentaje de probabilidad superior al 90% (QUAL %). Por esta razón, algunos de los compuestos presentes en los cromatogramas no han podido ser identificados debido a que no aparecen en la espectroteca disponible.

Además de estos compuestos no identificados por las limitaciones de la espectroteca consultada, hay otros compuestos asignados con alto porcentaje de probabilidad que se recogen en las tablas correspondientes (Tablas 6.6a-6.24a) pero cuya presencia no es posible relacionar con sus materiales originarios de forma inequívoca, por no disponer de información suficiente para ello. La presencia y el contenido relativo del resto de compuestos separados, identificados y cuantificados constituyen la base en la que se sustentan las estrategias y criterios que se han empleado para caracterizar el origen del material que los genera.

Para ello, a partir de las tablas de compuestos identificados para cada muestra se evalúa la presencia y composición en ácidos grasos (saturados, insaturados y dicarboxílicos), así como el contenido proporcional en los ácidos palmítico y esteárico a través del valor de su cociente de áreas (C16:0/C18:0), que puede ser empleado como marcador.

De la observación de las tablas 6.25-6.29 en las que se recoge de forma ordenada esta información, se puede extraer una primera conclusión de carácter global acerca de la composición de todas las muestras analizadas. Los ácidos grasos saturados, insaturados y

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

dicarboxílicos identificados confirman restos de materia orgánica de naturaleza lipídica en los residuos. Si se observan los porcentajes de área encontrados (Tablas 6.6b-6.24b) se puede constatar que los componentes mayoritarios en todos los residuos analizados son los ácidos grasos palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0), que son constituyentes característicos de las grasas de origen tanto animal como vegetal (EVERSHED, 2008).

En las muestras C-2, SM-1, BAZ190-3, BMN016-4, DDG013-6, ZJR003-8, DDG004-1 y BAZ001-8 de los yacimientos de Castellons, Sant Miquel de Vinebre, El Tesorero, Cerro de San Marcos, Terrera del Reloj, Barranco del Moro y Cerro Cepero), se han encontrado además el ácido mirístico (C14:0) y los dos ácidos grasos de cadena larga araquidónico (C20:0) y lignocérico (C24:0) característicos de aceite vegetal, siendo éste último un marcador de las ceras. Los ácidos grasos insaturados (ácido oleico C18:1 y/o ácido erúcido C22:1) identificados en esas 6 muestras, también forman parte de la composición de un aceite vegetal por lo que su presencia en estas muestras corrobora esta contenido en los recipientes en el pasado. Esta hipótesis también es apoyada por la presencia de los ácidos dicarboxílicos procedentes de su oxidación (ácidos adípico (2C6), azelaico (2C9) y subérico (2C8)), encontrados en la mayoría de las muestras antes citadas. Aunque en dos de las muestras no se detectan ácidos dicarboxílicos (BMN016-4 y BAZ001-8), sí se encuentra el ácido insaturado que los originaría (ácido oleico), que ha podido sobrevivir a la oxidación posiblemente encapsulado en la matriz cerámica. Al mismo tiempo, el hecho de no encontrar estos compuestos polares en el residuo podría ser consecuencia de su mayor solubilidad en las condiciones de enterramiento a las que haya estado sometida la cerámica.

En consecuencia, un gran número de muestras procedentes de estos yacimientos, exceptuando las dos provenientes de Medina Batza, tienen una composición en ácidos grasos muy parecida y compatible con grasa de origen vegetal, con ácidos saturados de alta longitud de cadena en su composición, o bien, ácidos grasos insaturados, o bien ácidos dicarboxílicos procedentes de su oxidación, y apoyado en casos de muestras con resultados no muy concluyentes por la ausencia de colesterol y derivados del colesterol en el análisis GC. En las muestras BMN016-4 y BAZ001-8, cuyo contenido relativo en ácido araquidónico es muy bajo (inferior a 0.07% en ambas muestras) y ácido lignocérico, hace pensar, además, en la presencia de algún tipo de cera. Aunque no se detectan otros componentes característicos de la misma como los hidrocarburos de cadena impar, sí aparecen compuestos cetónicos (RAVEN, 1997) y en menor medida, los flavonoides y ácidos terpénicos que se relacionan con material ceroso en la muestra.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

En consecuencia, la información hasta ahora obtenida mediante GC-MS permite confirmar que los recipientes estudiados, excepto los provenientes de Medina Bazta (MB-2 y MB-4) pudieron contener algún tipo materia grasa vegetal en el pasado. No obstante, en las cerámicas de Castellons (muestra C-2), del Barranco del Moro 1 (muestra ZJR003-8) y Cortijo Cabrera (muestra DDG004-1), se identifica, además de los restos provenientes de aceite vegetal, algún derivado del colesterol, un biomarcador de grasa animal, lo que pudiera atribuirse a una mezcla en los residuos de este tipo de grasa animal con aceite vegetal. Esta mezcla de residuos en un mismo recipiente se justifica claramente por su uso multifuncional de los recipientes en el pasado tanto para el almacenaje de alimentos como para la preparación de ungüentos y procesado de otras materias primas.

Además de la composición en ácidos grasos de cada muestra, para la discusión de los resultados se emplea también el cociente marcador C16:0/C18:0. En la Tabla 6.30 queda patente un valor del mismo superior a 1 en todas las muestras excepto para las dos que provienen de cerámicas del yacimiento de Medina Bazta. Un contenido superior en C16:0 respecto a C18:0 es característico en los aceites de origen vegetal aunque es preciso considerar también que el exceso de C16:0 podría provenir de las ceras (palmitato de miricilo), cuya presencia se ha sugerido en algunas de estas muestras (EVERSHED, 2008).

El contenido relativo en estos ácidos grasos (C16:0/C18:0 de 0.98 y 0.67) así como del resto de compuestos encontrados en las muestras de cerámica del yacimiento de Medina Bazta, está más próximo al que compone una materia grasa animal degradada. No obstante, no se han identificado compuestos biomarcadores en estos últimos residuos, lo que no nos permite extraer conclusiones más precisas y rigurosas acerca del origen del material graso manipulado concretamente en esos recipientes. Debido a esta información no concluyente obtenida mediante GC-MS para algunas de las muestras, se ha iniciado un estudio complementario en el que se amplía las características de la mezcla disolvente. Con ello se pretende, a través de una extracción fraccionada, incrementar el número de compuestos solubilizados. Además, con el posterior estudio por espectrometría de masas de isótopos estables (GC-C-IRMS) se propone avanzar en esta caracterización (BARNARD, AMBROSE, BEEHR, FORSTER, LANEHART, MALAINEY y YOHE, 2007).

Los valores más altos encontrados en la relación C16:0/C18:0 corresponden a las muestras procedentes de los yacimientos del Cortijo del Guarda y Cerro de Alboroz 1, con valores superiores a 2. En general, un contenido alto en ácido palmítico se atribuye a la



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

presencia de aceite vegetal, aunque su procedencia puede tener también otros orígenes como la cera de abeja, con un contenido importante en palmitato de miricilo (EVERSHED, 1997). En la muestra BAZ011-1 procedente del yacimiento del Puntal de la Granja en la que se encuentra una relación de cocientes C16:0/C18:0 igual a 1.66, se identifica también un derivado oxidado del colesterol, dos isómeros de posición del ácido octadecenoico que junto con la ausencia de ácidos dicarboxílicos (aunque sí se conservan restos de ácido oleico) sugiere que en el pasado se ha manipulado en esta cerámica además de grasa vegetal una de origen animal, que pudieron mezclarse directamente o bien procede de sucesivas reutilizaciones del recipiente.

En la grasa de rumiante el valor del cociente C16:0/C18:0 es inferior a 1,3 [KIMPE, 2003]. En las muestras analizadas en las que el material graso se ha atribuido a un animal, este cociente es inferior a este valor propuesto por Kimpe, por lo que se puede sugerir la presencia de restos de animal rumiante en estas cerámicas. En las muestras PR-14, B-02, CNL105-1, BAZ011-1, BAZ190-3, BMN016-4, DDG13-6, ZJR003-8 y DDG004-1 están presentes los ácidos grasos de átomos de carbono impar (ácido pentadecanoico, ácido heptadecanoico), de cadenas ramificadas (ácidos metilpentadecanoico y metilheptadecanoico) y los isómeros ópticos del 9-octadecenoico (Z) y de posición (8-octadecenoico). Los animales rumiantes tienen un alto contenido en ácidos grasos saturados a pesar de que en su dieta ingieren grasas insaturadas. Los microorganismos del rumen sintetizan una amplia gama de ácidos de cadena impar, de cadena ramificada y modifican la configuración Z a configuración E así como la posición de los dobles enlaces. Los compuestos antes citados permiten concluir que esas cerámicas, muchas de las cuales tienen residuos de origen vegetal, también han contenido en algún período del pasado grasa de animal rumiante.

Los ácidos abiético y dehidroabiético, marcadores de resina de pino, están presentes en muchas de las muestras analizadas (C-2, SM-1, B-2, BAZ011-1, BMN016-4, ZJR003-8, DDG004-1, BAZ001-8). La muestra B-02 además de los abietanos, contiene los ácidos sandaracopimárico e isopimárico, que resultan ser marcadores de la presencia de resinas diterpénicas, características de las coníferas. Estas resinas podrían haberse empleado mezcladas con la cera, para impermeabilizar el recipiente, como se ha descrito en ocasiones en la bibliografía (RIBECHINI, MODUGNO, COLOMBINI y EVERSHED, 2008).



# *CONCLUSIONES*



## **7. CONCLUSIONES**

En esta Tesis Doctoral se estudian un total de 147 fragmentos de cerámicas arqueológicas procedentes de 17 yacimientos de las regiones del Nordeste y Sur de la Península Ibérica, que abarcan una secuencia crono cultural que va desde la época neolítica hasta la medieval.

Las técnicas de análisis empleadas para establecer la naturaleza y composición de los materiales inorgánicos utilizados en la pasta cerámica han sido la Difracción de Rayos X (XRD) y la Fluorescencia de Rayos X (XRF). Para analizar los residuos orgánicos retenidos en los recipientes cerámicos se emplean la Cromatografía de Gases acoplada a la Espectrometría de Masas (GC-MS).

El estudio comparativo de cada región pone de manifiesto la existencia de similitudes en el estudio mineralógico y texturales, así como en los resultados del análisis cromatográfico de los restos orgánicos en las cerámicas.

1. A partir del análisis de las imágenes captadas por la Lupa Electrónica se puede ver que la cocción oxidante predomina en las dos regiones. Y también que este mismo tipo de cocción es más abundante en los yacimientos del Nordeste, pues en el Sur hay un casi equilibrio entre los tres tipos de cocción. Se observa una tendencia evolutiva desde las cocciones reductoras y mixtas hacia cocciones oxidantes conforme va avanzando el tiempo y la técnica de cocción se depura y se controla en mayor medida, dicho control se verá también reflejado en la evolución del arco de temperatura.

1.1. Ambas regiones se caracterizan por un predominio de las cerámicas modeladas a mano. Y conforme van avanzando las cronologías se ve una fuerte tendencia hacia la fabricación a torno, que señala cambios tecnológicos, evolutivos y culturales. Eso se puede ver a partir del periodo Ibérico Antiguo donde las cerámicas a torno empiezan a predominar. Quizá estas diferencias puedan responder a una posible necesidad de satisfacer un consumo creciente de un tipo de cerámica más refinada.

1.2. El cuarzo y la calcita son los desgrasantes principales en las muestras del Nordeste mientras que la moscovita prevalece en el Sur, teniendo en su mayoría tamaño mediano y regularmente distribuido.

1.3. El color de las cerámicas depende de la composición mineralógica y química de las arcillas y también del proceso de cocción. Se identifican 18 colores distintos distribuidos en tonos de gris, marrón, rosa y amarillo. Se puede observar que

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

las muestras del Nordeste presentan una tonalidad más rosácea comparadas con las del Sur que son más grises.

2. El análisis de las fases minerales por Difracción de Rayos X, ha permitido observar el predominio de la moscovita en los yacimientos del Sur de la Península Ibérica, mientras que en el Nordeste el cuarzo divide la presencia con la calcita. Comparando las dos regiones se puede ver que la ortoclasa aparece como predominante, acompañada de la albita, la anortoclasa y la dolomita. Del grupo de las zeolitas se puede ver la analcima en ambas regiones. El yeso es más abundante en el Sur. La laumontita y la hematita aparecen con incidencias similares. Representando también los feldespatos se puede ver la microclina y la anortita presentes en muestras del Nordeste y sanidina en muestras del Sur. Las arcillas, caolinita y mullita, aparecen en pequeñas cantidades en las dos regiones. Entre las micas, se observa la paragonita en muestras de las dos regiones y ausencia de biotita en el Nordeste. En el grupo de los piroxenos se puede ver el mineral que da nombre al grupo y la diopsida en las dos regiones. El olivino está presente en las dos regiones y la clorita solamente en muestras del Sur. Finalmente en las muestras del Sur se encuentran los fosfatos fluorapatita y clorapatita. Se puede concluir que hay una semejanza con pocas variaciones entre las composiciones mineralógicas de las muestras, que no depende de su posición geográfica o su periodo cronológico.

3. Las temperaturas mínimas alcanzadas en la mayoría de los casos de la cronología estudiada, han tenido una pequeña constancia de evolución y muestran un arco de temperatura desde 600°C hasta 850°C. A partir de la Edad del Bronce se observa un claro aumento en la temperatura máxima que se mantienen constantes hasta los últimos periodos estudiados, con una franja de temperatura de 650°C hasta 950°C. El aumento de las temperaturas de cocción puede ser un reflejo de la mejoría de las técnicas de fabricación cerámica, dado que las temperaturas observadas en las vasijas modeladas a torno es superior respecto a las modeladas a mano.

3.1. En este estudio se logran ordenar los registros encontrados elaborándose una secuencia cronológica de la evolución de la tecnología de cocción y elaboración de las pastas cerámicas, ya sea por la creciente evolución de los hornos y/o los tipos de combustibles; o sea por la evolución de la tecnología de cocción propiamente dicha.

3.2. El tratamiento estadístico de los resultados obtenidos mediante Fluorescencia de rayos X (XRF), ha permitido agrupar las muestras en función de su composición elemental. Estas semejanzas químicas entre muestras de un mismo

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

yacimiento se ha observado sobre todo en las provenientes del Sur de la Península Ibérica en relación a las del Nordeste. En consecuencia, estos resultados han permitido caracterizar una misma procedencia agrupando así las muestras de cada yacimiento.

4. Las muestras con alta concentración de  $\text{CaO}_2$  presentan una temperatura de cocción no superior a  $800^\circ\text{C}$ , confirmando las características de las pastas cerámicas carbonatadas.

4.1. La concentración elevada de Pb en algunas muestras de yacimientos situados en zonas ricas en galena (yacimientos con características mineras) demuestra que las pastas cerámicas fueron elaboradas con materia prima de su entorno. En la muestra MB-4 se puede ver un altísimo contenido de ese elemento debido a presencia de esmalte vidriado verde a base de plomo.

4.2. El Cl no suele formar parte de la composición de las arcillas y pastas cerámicas, pues se volatiliza por encima de los  $700^\circ\text{C}$ , por lo que su presencia en la mayoría de las muestras se interpreta como una posible contaminación, pues de otra forma no debería estar presente después de la manipulación (cocción) de las vasijas.

4.3. Las muestras de Sant Miquel y Castellons poseen una similitud química que indica un posible uso de materia prima de la misma cantera, a pesar de la diferencia de cronología.

4.4. La medida del Loss on Ignition (LOI), se sitúa en la mayoría de las muestras por debajo del 10% lo que significa que la pérdida por calcinación es pequeña y en consecuencia demuestra presencia de materia orgánica en poca cantidad en estas pastas cerámicas. Las muestras en las que se observa un LOI por encima de los 15% presentan una técnica de fabricación a mano que, por su menor sofisticación tecnológica, indica una presencia mayor de elementos de naturaleza orgánica.

5. El análisis de los residuos orgánicos mediante Cromatografía de Gases acoplada a la Espectrometría de Masas (GC-MS), permite identificar una variedad de compuestos orgánicos en el interior de las matrices arcillosas. Entre estos componentes se caracterizan ácidos grasos saturados, insaturados y dicarboxílicos, hidrocarburos saturados e insaturados, ácidos abiético y dehidroabiético, benzoquinonas, colesterol y derivados oxidados del ácido cinámico así como otros minoritarios a nivel de trazas.

5.1. A partir de estos compuestos orgánicos se establece una correlación entre su estructura química y el posible uso (o diferentes usos por reutilización) que pudo tener en el pasado el recipiente que los contiene. La estrategia seguida consiste en la evaluación de la presencia y la concurrencia de determinados ácidos grasos (saturados,

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

insaturados y dicarboxílicos), así como el contenido proporcional en los ácidos palmítico y esteárico a través del valor de su cociente de áreas (C16:0/C18:0), que se emplea como marcador. Los compuestos biomarcadores que se identifican en algunas de las muestras, como el colesterol o el ácido dehidroabiético, resultan de gran utilidad para la confirmación de las hipótesis que se sugieren sobre el origen del materia prima.

5.2. En las muestras analizadas la presencia de ácidos saturados de cadena larga, ácidos grasos insaturados y/o dicarboxílicos (procedentes de su oxidación), constatan el almacenamiento o manipulación con aceite de origen vegetal en esos recipientes en el pasado. Sin embargo, en dos muestras (MB-2 y MB-4) provenientes del yacimiento de Medina Bazta en Andalucía, los resultados no son concluyentes aunque la composición del residuo se aproxima más al que proviene de una materia grasa animal degradada.

5.3. En las muestras BMN016-4 y BAZ001-8 el ácido lignocérico y araquidónico, los compuestos cetónicos y en menor medida, los flavonoides y ácidos terpénicos identificados se relacionan con material ceroso. Estas muestras presentan un contenido relativo superior de C16:0 respecto al C18:0 (C16:0/C18:0 de 1.56 y 1.70) característico en los aceites de origen vegetal. No obstante, es preciso considerar también la posible procedencia del C16:0 de las ceras, con un alto contenido el palmitato de miricilo, y cuya presencia se ha sugerido en estas muestras. Los ácidos abiético y dehidroabiético, marcadores de resina de pino, están presentes en muchas de las muestras analizadas y podrían haberse empleado mezclado con la cera para impermeabilizar el recipiente. Este uso se ha puesto de manifiesto que otras ocasiones.

5.4. Los restos orgánicos identificados en las cerámicas de Castellons (muestra C-2), del Barranco del Moro 1 (muestra ZJR003-8) y Cortijo Cabrera (muestra DDG004-1), pueden atribuirse a una mezcla de los residuos de grasa animal y aceite vegetal. La existencia de esta mezcla se justifica por la multifuncionalidad de estos recipientes en el pasado.

5.5. En las muestras PR-14, B-2, CNL105-1, BAZ011-1, BAZ190-3, BMN016-4, DDG13-6, ZJR003-8 y DDG004-1 además de algunos residuos de origen vegetal, se han encontrado ácidos grasos de átomos de carbono impar (ácido pentadecanoico, ácido heptadecanoico), de cadenas ramificadas (ácidos metilpentadecanoico y metilheptadecanoico) y los isómeros ópticos del 9-octadecenoico (Z) y de posición (8-octadecenoico), característico de grasa de animal rumiante.

# *Glosario*



## **8. GLOSÁRIO**

### **A**

**Absorción:** Proceso de toma de líquido por parte de un cuerpo permeable y poroso.

**Acabado de superficie:** Resultado de la aplicación o ausencia de las distintas técnicas de tratamiento de las superficies cerámicas (alisado, pulido, bruñido, etc.).

**Acabado de superficie:** Resultado de la aplicación o ausencia de las distintas técnicas de tratamiento de las superficies cerámicas (alisado, pulido, bruñido...).

**Acanalado:** Decoración de surcos o depresiones anchas y continuas, poco profundas y de fondo curvo, realizadas con punzón de punta ancha y roma o con el dedo, en la pasta aún blanda (ver incisión).

**Aditivo:** Ver desgrasante.

**Adorno:** Aditamento añadido al objeto cerámico, sin carácter utilitario, cuyo fin es conseguir un mayor atractivo hoy considerado estético.

**Agujero:** Perforación, generalmente redondeada, que se realiza sobre las paredes, cuello, borde o base de la vasija con varios fines.

Amarre: Orificio que se practica en los bordes de los recipientes para unir vasijas.

Restauración: Casi siempre en número par, su finalidad es unir, mediante grapas u otro similar, partes resquebrajadas de una vasija.

Suspensión: Orificios realizados en el borde de la vasija o cerca de éste, atravesados por una cuerda que sirve para colgar el recipiente.

**Alfarería:** Arte o industria de la fabricación de objetos de barro endurecidos mediante cocción. Lugar donde se fabrica y vende cerámica.

**Alfarero:** Persona que fabrica cerámica.



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

**Alisado:** Efecto resultante de la acción de eliminar las imperfecciones o irregularidades de la superficie de un objeto, producto de su manufactura, cuando la arcilla tiene una consistencia coriácea. El alisado se lleva a cabo con un abrasivo, hojas de plantas, cortezas o incluso la mano, alternativamente mojando y frotando contra el objeto.

**Amasado:** Acción de formar una masa maleable y homogénea mezclando la arcilla seleccionada con agua y un material antiplástico, sometiéndola a una constante manipulación hasta que presente la plasticidad suficiente para ser trabajada.

**Amoldar:** Moldear, ajustar una masa arcillosa en el molde.

**Ánfora:** Vasija de base prolongada en forma de cono, cuello cilíndrico alargado plano o ligeramente cóncavo.

**Antropomorfo:** De forma o apariencia humana.

**Apéndice:** Añadido o prolongación de una vasija u otro objeto sin un carácter un carácter utilitario.

**Asa:** Parte del objeto cerámico que sirve para agarrar éste y cuya característica principal es estar unida a la pieza por dos o más puntos. Recibe nombres específicos de acuerdo a las características intrínsecas: de forma, posición, orientación u otra utilidad.

**Atmósfera de cocción:** Gases que rodean a la cerámica durante la cocción. La presencia mayor o menor de oxígeno y otros gases está condicionada por la complejidad del horno.

**Atmósfera oxidante:** Medio atmosférico con una gran cantidad de oxígeno que actúa libremente permitiendo la combustión y oxidación de los minerales y demás materiales de la cerámica. De este tipo de cocción se obtienen los colores rojizos, cremas y cafés.

**Atmósfera reductora:** Predominio del monóxido de carbono por la restricción de la entrada de oxígeno, ahogándose el fuego, no permitiendo la combustión completa. Y por lo tanto, su oxidación, obteniéndose colores blancos, grises y negros.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### B

**Bajorrelieve:** Labor de talla en que los motivos resaltan poco del plano. En cerámica este aspecto se obtiene mediante el raspado, excavado, moldeado o sellado.

**Baño:** Adición, mediante inmersión o impregnación, de una película de una sustancia determinada (arcilla, material colorante...), diluida en agua. Esta acción se ejecuta normalmente antes de la cochura, aunque también se da después de ésta.

**Barbotina:** Barro diluido en agua, a manera de engobe, con una textura muy fina y pastosa, usado en el revestimiento y decoración de objetos, al que se puede añadir algún tipo de pigmento.

**Barbotina decorativa:** Se denomina de esta manera a la cerámica a la que se han añadido pequeñas incrustaciones, cubiertas o no, en la superficie de la vasija a fin de obtener un efecto decorativo. Cuando estas incrustaciones se cubren con un baño de «barbotina» presentan una característica superficie de «gotas» más o menos modeladas.

**Base:** Parte inferior-exterior de un recipiente sobre la que éste se asienta. Puede presentar o no soportes. Y se define, normalmente, atendiendo a sus atributos formales (plana, cóncava, convexa, rectangular...).

**Boca:** Orificio de apertura de una vasija que permite el acceso y la extracción del contenido de la misma. Su clasificación atiende a motivos formales (circular, elíptica, asimétrica, ancha...).

**Borde:** Contorno de la parte superior de una vasija. Su clasificación atiende generalmente a atributos de dirección y forma, aunque algunos, dado otro atributo claramente diferenciador, se clasifican a través de éste (borde biselado, lobulado). La parte terminal del mismo recibe el nombre de labio.

**Bruñir:** Obtener brillo por frotación en la cerámica.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

**Bruñido:** Tratamiento caracterizado por el aspecto brillante de las superficies, sometidas a un pulimento intenso y uniforme. El frotamiento se realiza generalmente con un objeto blando y sin alteraciones de superficie (cuero, por ejemplo) sobre la pasta casi seca. Cuando el efecto es muy logrado se denomina «bruñido de espejo». Si el efecto es discontinuo o en partes se habla de «líneas de bruñido» o «bruñido zonal», respectivamente.

### **C**

**Campaniforme:** Vasijas, soportes, etc., que tienen forma o figura de campana. Denominación también de los vasos cerámicos para beber, hondo en proporción a su diámetro y normalmente sin asas.

**Carena:** línea que marca un cambio brusco de la dirección en la curva del perfil de una vasija cerámica, modificada mediante un ángulo de inflexión y que condiciona la forma de la misma. Puede haber una o más y su descripción sigue siempre un análisis formal partiendo de la zona superior de la vasija en el caso de encontrarnos ante dos o más carenas.

**Cocción:** Acción y efecto del fuego sobre la pasta arcillosa, endureciéndola y transformando químicamente sus componentes, convirtiéndola en cerámica. También recibe el nombre de cochura. Existen varias técnicas de cocción de materiales arcillosos atendiendo a las características del horno donde se lleva a cabo esta cochura.

### **D**

**Decoración:** Conjunto de técnicas y procedimientos mediante los que se atiende al cerámico o una serie de elementos típicos con una finalidad decorativa, estética o simbólica. A veces se modifican elementos funcionales adaptándolos con nuevos rasgos a una significación estética (agarraderas zootnorfas, patas mzuniformes, etc).

**Depósito:** Ocurrencia natural de un mineral útil en una medida y concentración suficientes para ser rentable.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

**Decoración:** Conjunto de técnicas y procedimientos mediante los que se añaden al cerámico una serie de elementos no típicos con una finalidad decorativa, estética o simbólica. A veces se modifican elementos funcionales adaptándolos con nuevos rasgos a una significación estética (agarraderas zootórficas, patas mzmiformes. etc).

**Desgrasante:** Sustancia no plástica que se agrega intencionalmente a la pasta, o que ya está contenida en la arcilla, cuya función es facilitar la desecación y dar una mayor cohesión, evitando que se produzca el agrietamiento de la pieza, durante la cocción, por tensiones del cuerpo al producirse la pérdida de agua y, por tanto, de volumen. Puede servir como desgrasante cualquier material que no pierda volumen durante la cocción. Mica, calcita, cuarzo, concha triturada, ceniza volcánica, tiestos machacados, fibras vegetales, etc., son algunos de los desgrasantes más utilizados. Otros términos para designar al desgrasante son antiplásticos, aditivos o atemperantes.

**Difracción:** Dispersión de la energía irradiada (por ejemplo, por rayos X), actuando sobre un material que, según su composición, refracta la onda energética, que puede ser medida mediante los picos, puntos y planos resultantes en su gráfica, identificando los distintos componentes de su sustancia.

**Dureza:** Resistencia del material cerámico, de acuerdo a sus cualidades físico-químicas, a ser rallado por otros materiales. Generalmente se usa la escala de Mohs para medir su dureza (o resistencia al rallado).

### **E**

**Engobe:** Finísima capa de arcilla muy diluida cuyo fin primordial es cubrir las pequeñas fallas en el material producidas por su propia porosidad. Su aplicación llevada a cabo con la misma pasta arcillosa con la que se está fabricando la pieza puede ser, o no, intencional. El engobe nunca lleva pigmentos de otro color, como apuntan algunos autores. Puede utilizarse la «técnica de engobe» con pigmento colorante para decorar una pieza por inmersión, pero esto no es engobe *sensu stricto*.

**Escisión:** Tendencia de algunos minerales de partirse en planos determinados según su estructura cristalina.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

**Esgrafiado:** Decoración mural que se obtiene dando el enfoscado y el enlucido de un muro de distinto color, y raspando luego en parte del enlucido, hasta que aparece el enfoscado.

**Esmalte:** Decoración lograda por fusión de materias vivas y coloreadas.

**Espectrometría:** Método de caracterización química basada en el análisis del espectro lumínico electromagnético de energía emitido por la muestra (emisión espectrométrica) o absorbido por ella (absorción espectrométrica) bajo condiciones específicas

**Estarcido:** Técnica decorativa consistente en la aplicación de pintura a mano o pulverizada sobre plantillas perforadas con los dibujos a reproducir. La pintura impregna la zona perforada y al retirar dicha plantilla el motivo queda patente.

**Excisión:** Técnica decorativa consistente en excavar determinadas partes de la superficie de una vasija, cuando la arcilla está aún maleable, para obtener un diseño plano contrastado, no procediéndose al modelado de los contornos del diseño.

### **F**

**Figurilla:** Representación antropomorfa o zoomorfa hecha de barro u otros materiales. En su vertiente cerámica. La manufactura puede deberse a un modelado, moldeado o realizada mediante aplicación, aunque suele ser normal presentar más de una. Puede ser tanto sólida como hueca.

**Fundente:** Silicato o borosilicato alcalino que se agrega a los óxidos colorantes o al orn u otros metales para facilitar la adherencia de los mismos sobre las piezas de cerámica y otros materiales.

### **G**

**Galbo:** Fragmento cerámico, o tiesto, correspondiente al cuerpo de la vasija.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### I

**Impresión:** Técnica decorativa basada en la presión de un elemento sobre la arcilla aún fresca, o coriácea, a fin de dejar marcada la impronta, que se corresponde con el motivo decorativo. Hay impresión de textiles, vegetales, dedos, uñas, concha, etc.

**Incisión:** Técnica decorativa consistente en trazar diseños mediante cortes, líneas o rayas, en la superficie de un recipiente, previamente a la cocción, mediante la aplicación de un instrumento cortante de punta angosta o fina. Los aparatos utilizados para llevar a cabo esta labor de incisión definen las distintas variedades de la misma.

**Incrustado:** Técnica decorativa consistente en ahuecar en la pasta una serie de motivos para posteriormente rellenarlos con otra materia distinta.

### L

**Lámina delgada:** Sección delgada. Pieza de cerámica (o roca) cortada muy delgada (0,03 mm.), montada sobre un soporte de cristal para ser estudiada con un microscopio polarizado.

**Loza:** Barro fino cocido y barnizado.

**Lustre:** Brillo que presentan las superficies de algunas cerámicas producto de la frotación continua sobre ellas.

### M

**Manufactura:** Conjunto de procedimientos considerados primarios mediante los que se lleva a cabo la realización de una pieza, y los complementarios, aquellas técnicas por medio de las cuales se refina y decora esta misma pieza.

**Mayólica:** Cerámica cubierta con una fina capa opaca de vidriado, muy conocida en Europa entre los siglos xv al xix. El nombre viene de la isla de Mayorca (España), de la

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

cual obtuvo Italia estos tiestos por comercio. Generalmente se utiliza como término de clasificación tecnológica. sin referencia a sus orígenes

**Modelado:** Técnica de manufactura cerámica consistente en trabajar con las manos sobre una pella de barro hasta conseguir la forma deseada para la pieza. El torno alfarero es un instrumento de apoyo de esta técnica. Cuando el modelado es imperfecto se habla de modelado burdo o tosco.

**Molde:** Pieza, generalmente hueca, caracterizada por presentar en su parte interna una forma o motivo que al ser impresionado contra una pella de barro reproduce sus rasgos. Su fabricación requiere la realización de un primer positivo, del cual se obtiene este negativo o molde.

**Moldeado:** Técnica de fabricación cerámica por medio de la cual se reproducen objetos idénticos mediante la presión o el colado de la pasta arcillosa, que se separará del molde una vez que la arcilla esté endurecida.

**Munsell:** Son una serie de tablas publicadas por la *Munsell Color Company* para la identificación estandarizada y descripción de los colores.

### **P**

**Pared:** Parte que rodea y cubre al núcleo de una vasija. Cuerpo de la vasija, excluyendo la base, el borde y el cuello.

**Pasta:** Masa mezcla de arcilla y desgrasante empleada en la confección de vasijas y objetos cerámicos. Cualidades de la composición de un tiesto.

**Peinado:** Técnica de decoración consistente en una serie de incisiones paralelas no muy profundas realizada con un instrumento de varias puntas a modo de peine.

**Pellizado:** Técnica de modelado a mano con la cual se forma una vasija de una sola pella de barro, que se va pellizando para ahuecarla e irle dando forma.



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

**Perforado:** Técnica que consiste en agujerear una cosa, atravesándola de lado a lado. Puede ser con fines decorativos.

**Porcelana:** Cerámica muy fina, de masa vitrificada, translúcida, compacta, blanca, impermeable y fractura conoidal. La pasta es un compuesto de caolín con un mineral feldespático como fundente

**Porosidad:** Propiedad que presentan algunos cuemplos para la absorción de fluidos a través de sus huecos intermoleculares.

**Pulido:** Aspecto liso y brillante que se obtiene por frotamiento de un objeto contra la pieza cerámica previamente a su cocción. El pulido se clasifica, generalmente, atendiendo al objeto pulidor o al resultado obtenido. Así encontramos, por ejemplo: el pulido con guijarro, en el que una piedra rodada o la extremidad de un cuerno de venado se aplican sobre una arcilla coriácea, dejando tenues surcos, durante el pulido, perceptibles al tacto o visibles, incidiendo la luz en un determinado ángulo; el pulido de estrías, consistente en pasar un pulidor de forma discontinua sobre la pieza, resultando una alternancia de estrías pulidas sobre un fondo más opaco; esta técnica recibe también el nombre de pulido de palillos, en la que los palillos alternativamente colocados inciden sobre la pasta produciendo el efecto de estrías descrito.

**Punteado:** Técnica decorativa consistente en la impresión, mediante un punzón. De puntos. Estos pueden aparecer ordenada o desordenadamente y limitados o no por pintura o incisión.

### **R**

**Relieve:** Realce o labor que sobresale, en alto, medio o bajo, sobre una superficie plana.

**Rollo:** Tira cilíndrica de pasta arcillosa utilizada en la manufactura de vasijas, ya sea en la técnica anular o espiral.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### T

**Temperatura:** Grado de calor bajo el cual se cuece una cerámica. Puede ser tie variado gradiente.

**Terracota:** Nombre genérico para designar esculturas de barro cocido y, en general, a cualquier cerámica porosa.

**Textura:** Composición granutométrica de la pasta (forma, dimensión, calidad, tamaño, etc.) y de sus componentes.

**Torneado:** Técnica de construir cerámica utilizando una base giratoria montada sobre un eje.

### V

**Vaciado:** Técnica de reproducción de objetos cerámicos consistente en el vertido de barro líquido en un molde. En escultura, molde de cera o diseño preparatorio para la obra.

**Vidriado:** Protección y embellecimiento de las superficies de una vasija con sustancias vitrificantes.

### Y

**Yacimiento:** Todo lugar en donde se ha acumulado una cantidad apreciable de restos arqueológicos

# *Bibliografía*



## **9. BIBLIOGRAFÍA**

### **A**

ADROHER AUROUX, A. M.; LÓPEZ MARCOS, A. y PACHÓN ROMERO, J. A. (2002). La Cultura Ibérica. En *Granada Arqueológica*. Diputación de Granada. pp. 128-139.

ADROHER AUROUX, A. M. (2008). La geografía del centro de la bastetania ibérica. En *Bastetania Ibérica Viaje arqueológico por las Altiplanicies Granadinas*. Baza. pp. 45.

AGUADO VILLALBA, J. (1983). La Cerámica Hispanomusulmana de Toledo. Centro Superior de Investigación Científica. Madrid. pp. 32-33

AGUAYO, P. y CONTRERAS, F. (1981). El poblado argárico de la Terrera del reloj (Dehesas de Guadix, Granada). En *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada*. Nº 6, pp. 257-286.

AGUILERA MARTÍN, A. (1998). Análisis multivariable: una nueva vía para la caracterización cerámica. En *Pyrenae*. Vol. 29, pp. 117-134.

AINSE (2015). Australian Institute of Nuclear Science and Engineering. Disponible en <http://www.ainse.edu.au/>

ALMAGRO GORBEA, M. (1994). Ritos y cultos funerarios en el mundo ibérico. En *Anales de prehistoria y arqueología*. Nº 9, pp. 107-134.

ALTUNA, J. (1995). Visió històrica de l'arqueozoologia a la Península Ibérica. En *Cota Zero: revista d'arqueologia i ciència*. Nº 11, pp. 8-12.

APPOLONI, C. y PARREIRA, P. (2007). Doze anos de atividades em arte e Arqueometria no Laboratorio de Física Nuclear Aplicada da Universidade Estadual de Londrina. En

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

*Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*. Vol.1, nº 06, pp. 301-304.

ARC (2015). *Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação*. Disponible en <http://www.restaurabr.org/siterestaurabr/revistaarc.html>

ARMENTEROS ROMAN, V.; COSTA, D.; GIMENO, A.; PEÑA, J. y ROYO, D. (2005). La química aplicada a la cerámica. En *Meridies* 9.

### **B**

BAHN, P. (2007) *Arqueología. Teorías, Métodos y Prácticas*. Ed. AKAL. 3ª ed. Madrid. pp. 329.

BARNARD, H., AMBROSE, S. H., BEEHR, D. E., FORSTER, M. D., LANEHART, R. E., MALAINEY, M. E. y YOHE, R. M. (2007). Mixed results of seven methods for organic residue analysis applied to one vessel with the residue of a known foodstuff. En *Journal of Archaeological Science*. Vol. 34, nº1, pp.28-37.

BARREIROS, A. (2011). Cerâmica grega. Disponible en <http://pt.slideshare.net/abaj/ceramica-grega>

BEA, D.; DILOLI, J. y VILASECA A. (2000). El jaciment protohistoric Del Turó del Calvari (Vilalba dels Arcs, Terra Alta. En *Centre d'Estudis de la Ribera d'Ebre*. Disponible en <http://usuaris.tinet.cat/jjdm/vilalba.html>

BEA, D.; DILOLI, J. y VILASECA A. (2002). El Turó del Calvari (Vilalba dels Arcs, Terra Alta). Un recinte singular de la primera edat del ferro al curs inferior de l'Ebre. En *Ilercavònia 3. I Jornades d'Arqueologia. Ibers a l'Ebre. Recerca i interpretació*. Tivissa, pp. 75-88.

BEA, D.; DILOLI, J. y VILASECA A. (2004). Espacio religioso y/o espacio de poder: Yacimiento protohistórico del " El Turó del Calvari"(Vilalba dels Arcs, Terra Alta,

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

Tarragona). En *Actas del XXVII Congreso Internacional Girea-Arys IX: " Jerarquías religiosas y control social en el mundo antiguo": Valladolid*. pp. 51-62

BEA, D. y DILOLI, J. (2005). Elements de representació durant la Primera Edat del Ferro al curs inferior de l'Ebre: el recinte del Turó del Calvari (Vilalba dels Arcs, Terra Alta). En *Revista d'Arqueologia de Ponent*. Nº 15, pp. 179-198.

BEA, D.; DILOLI, J. y VILASECA A (2005). El Turó del Calvari (Vilalba dels Arcs, Terra Alta). Un edifici cultural de la primera edat del ferro al curs inferior de l'Ebre. En *Tribuna D'Arqueologia 2002-2003*. Generalitat de Catalunya. Departament de Cultura. Direcció General del Patrimoni Cultural. Barcelona. pp. 23-52.

BISHOP, R. y LANGE, F. (1991). *The ceramic Legacy of Anna O. Shepard*. University Press of Colorado. Niwot.

BISHOP, R. (2008). Archeological Ceramics and Scientific Practice. En *VII Congreso Ibérico de Arqueometria*. Madrid. pp 236-249.

BLANCAS, R.; CORREDOR, A. y ESPEJO, L. (2015). El en Mesopotamia. En *El espacio arquitectónico en la Historia*. Editor Pedro Marfil. Universidad de Córdoba – España.

BOZARTH, S. R. y GUDERJAN, T. H. (2004). Biosilicate analysis of residue in Maya dedicatory cache vessels from Blue Creek, Belize. En *Journal of Archaeological Science*. Vol. 31, nº 2, pp. 205-215.

BRERETON, R. G. (2007). *Applied chemometrics for scientists*. John Wiley y Sons

BUXEDA i GARRIGÓS, J. (1999). Problemas en torno a la variación composicional. En *Arqueometría y Arqueología*. J. Capel Martínez (ed.). Universidad de Granada. pp. 305-322.

BUYS, S. y OAKLEY, V. (2011). *The conservation and restoration of ceramics*. Routledge, Oxford.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### C

CABALLERO COBOS, A. (2008a). Basti ibérica. En *Actas I Congreso Internacional de Arqueología Ibérica Bastetana*. Vol. 1, pp. 299-316.

CABALLERO COBOS, A. (2008b). Guía de Yacimientos. Basti. En *Bastetania Ibérica Viaje arqueológico por las Altiplanicies Granadinas*. Baza. pp. 122-127.

CABALLERO COBOS, A.; PIERNAS, E. M. y AYAS, M. R. (2009). Poblamiento y Territorio en el Curso Bajo del Río Castril. En *Pêndulo Papeles de Bastitania*. Nº 10, pp. 9-34.

CABALLERO COBOS, A.; SÁNCHEZ QUIRANTE L. y AUROUX, A. M. (2014). Minería Metálica Durante la Edad del Cobre en Sierra De Baza (Granada): los cortijillos como estudio de caso. En *Preactas del VIII Congreso sobre minería y metalurgia históricas en el sudoeste europeo*. pp. 25-28.

CABALLERO COBOS, A. (2010). Informe de hallazgo del yacimiento Cortijo del Guarda. Centro de Estudios de Arqueología Bastetana.

CABEZAS, E. C. (2014). La Real Fábrica del conde de Aranda en Alcora: El programa ilustrado reflejado en sus piezas. Universitat Jaume I.

CALEY, E. R. (1967). The early history of chemistry in the service of archaeology. En *Journal of Chemical Education*. Vol. 44, nº 3, pp.120.

CALVO REBOLLAR, M. (2004). La ciencia y la tecnología de los alimentos: algunas notas sobre su desarrollo histórico. En *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*. Nº 350, pp. 19-34.

CALVO TRIAS, V. M.; FORNES BISQUERRA, J., GARCIA ROSSELLÓ, J. y JUNCOSA VECCHIERINI, E. (2004). Propuesta de cadena operativa de la producción cerámica



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

prehistórica a mano. En *Pyrenae: revista de prehistòria i antiguitat de la Mediterrània Occidental*. Vol. 35, nº. 1, pp. 75-92.

CAPEL MARTÍNEZ, J. y CALVO-FLORES, R. D. (1978). Aplicación de métodos ópticos al estudio de cerámicas arqueológicas. En *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*. Vol. 3, pp. 343-356.

CAPEL MARTÍNEZ, J. GONZÁLEZ, J. L. y GARCÍA, F. H. (1979). Métodos analíticos aplicados a cerámicas de la edad del Bronce. En *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada*. Nº 4, pp. 345-360.

CAPEL MARTÍNEZ, J. (1986). Estudio Mineralógico y Geoquímico de Sedimentos y Cerámicas Arqueológicas de algunos Yacimientos de la Mancha. En *Oretum II*. pp 55-153.

CAPEL MARTÍNEZ, J.; CALVO-FLORES, R. D.; PÁRRAGA, J. y PEÑA, J. A. (1990). Modelo de una ficha descriptiva para el estudio de cerámicas arqueológicas por lámina delgada. En *Cuadernos de prehistoria y arqueología de la Universidad de Granada*. Nº 14-15, pp 315-320.

CAPEL MARTÍNEZ, J. (2005). Ciencias de la Tierra y Arqueología. En *Arqueometría y arqueología medieval*. Coord. por Raffaella Carta, 2006. pp. 37-56.

CARDELL, C.; GUERRA, I.; ROMERO-PASTOR, J.; CULTRONE, G. y RODRIGUEZ, A. (2009). Innovative Analytical Methodology Combining Micro-X-Ray Diffraction, Scanning Electron Microscopy-Based Mineral Maps, and Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy to Characterize Archeological Artifacts. En *Analytical Chemistry*. Vol. 81, nº2, pp.604-611.

CARDELLACH. E.; CORREIG, T. M.; CUEVAS, M. Á. y FONT-ALTABA, M. (1975). Síntesis por reacción en estado sólido del clorapatito de plomo (Piomorfita). En *Acta Geologica Hispanica*. Vol. 10, nº 4, pp. 134-137.

CARR, C. (1990). Advances in ceramic radiography and analysis: Applications and potentials. En *Journal of Archaeological Science*. Vol. 17, nº1, pp. 13-34.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

CARRILLO, J. P. (2012). Estrategia basada en investigación orientada para la enseñanza del tema oxidación. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Programa de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales Bogotá, D.C

CARRASCOSA MOLINER, B. (2007). Iniciación a la Conservación Y Restauración de Objetos Cerámicos. Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de publicación.

CARVALHO MAGALHAES, R. (2005). El pequeño gran libro del arte. Editorial Ma Non Troppo. Barcelona. pp.36-61

CASCUDO, L. C. (2007). Arte e rituais do fazer, do servir e do comer no Rio grande do Norte. Senac editorial. pp.130

CERÁMICA (2008). Cerámica. En *Gran Enciclopedia Aragonesa*. Disponible en [http://www.encyclopediaragonesa.com/voz.asp?voz\\_id=13441](http://www.encyclopediaragonesa.com/voz.asp?voz_id=13441)

CERÁMICA y CULTURA (2003). La Historia de la Mayólica Española y Mexicana. Disponible en <http://www.internationalfolkart.org/mayolica/origins-es.html>

CHARTERS, S.; EVERSLED, R. P.; GOAD, L. J.; LEYDEN, A.; BLINKHORN, P. W.; DENHAM, V. (1993). Quantification and Distribution of Lipid in Archaeological Ceramics: Implications for Sampling Potsherds for Organic Residue Analysis and the Classification of Vessel Use. En *Archaeometry*. Vol. 35, nº 2, pp. 211–223,

CHARTERS, S.; EVERSLED, R. P.; QUY, A.; BLINKHORN, P.W. y REEVES, V. (1997). Simulation experiments for determining the use of ancient pottery vessels: The behaviour of epicuticular leaf wax during boiling of a leafy vegetable. En *Journal of Archaeological Science*. Vol. 24, nº 1, pp. 1-7.

CLOP, X. (2003). Las primeras cerámicas del nordeste de la Península Ibérica: Estudios de caracterización. En *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica: Santander*. pp.297-304.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

CLOP, X. (2008). L'estudi de les ceràmiques prehistòriques des de l'arqueometria. En *Cota Zero, revista d'arqueologia i ciència*. Nº 23, pp. 25-37

COLOMER, L. (1996). Condicionadores cerámicos y procesamiento de alimentos en la prehistoria. En *Cota Zero, revista d'arqueologia i ciència*. Nº 12, pp 47-60.

COLOMER, L. (1999). Arqueología y teoría feminista: estudios sobre mujeres y cultura material en arqueología. Icaria editorial y Antrazyt. Barcelona. pp. 218.

COLL CONESA, J. (2009). La cerámica valenciana. Asociación Valenciana de Cerámica.

CONTRERAS CORTÉS, F.; ONORATO, M. A. y ALARCÓN GARCÍA, E. (2012). La metalurgia y otras actividades de mantenimiento en una casa argárica. El complejo estructural XVIa de Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén). En *ANTIQUITAS*. N.º 24, pp. 95-116.

COOPER, E. (1999). Historia de la Cerámica. Barcelona: Ediciones CEAC, S.A.

COPLEY, M.S.; BERSTAN, R.; STRAKER, V.; PAYNE, S. y EVERSLED, R.P. (2005). Dairying in antiquity. II. Evidence from absorbed lipid residues dating to the British Bronze Age. En *Journal of Archaeological Science*. Vol.32, pp. 505–521.

CRADDOCK, P. (1991). The emergence of scientific inquiry into the past. En *Science and the Past. British Museum Press, Sheridan Bowman (ed.)*, Londres. pp. 9-15.

CRESPO PASCUAL, A. (2001). Cerámica esgrafiada: estado de la cuestión. – En *Anales de Arqueología Cordobesa* 12. pp. 353-370

CULTRONE, G.; RODRÍGUEZ, C.; SEBASTIÁN, E. CAZALLA, O. y DE LA TORRE; M. J. (2001). Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. European. En *Journal of Mineralogy*. Nº 13, pp.621–634.

CULTRONE, G.; CAZALLA, O.; RODRÍGUEZ, C.; DE LA TORRE; M. J. y SEBASTIÁN, E. (2005). Técnicas no destructivas aplicadas a la conservación del patrimonio arquitectónico. Colorimetría. En *PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*. Nº 53, pp. 6-

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

10.

CULTRONE, G; DE ROSA, B; RENDELI, M. (2011). Estudio arqueométrico y tecnológico de la cerámica procedente del poblado nurágico de Sant'Imbenia (Cerdeña, Italia). En *Actas XVIII Congreso Internacional, Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Granada. pp. 451-454.

### D

DEAL, M. y SILK, P. (1988). Absorption Residues and Vessel Function: A Case Study from the Maine-Maritimes Region. En *A Pot For All Reasons: Ceramic Ecology Revisited*. pp. 105-125.

DE LA FUENTE, G. A. (2007). Proteínas, Aminoácidos y Vasijas Arqueológicas: comprendiendo los procesos. En *Boletín del Laboratorio de Petrología y Conservación Cerámica*. Vol.1, nº1.

DE OLIVEIRA, A. P.; NETO, J. G. y FERREIRA, M. M. (2006). Uso da análise exploratória de dados na avaliação de modificadores químicos para determinação direta e simultânea de metais em álcool combustível por GFAAS. En *Eclética Química*, Vol. 31, n. 1, pp. 7-12,

DI MAIO, G.; BALASSONE, G.; FERROW, E.; BARCA, D.; MORMONE, A.; PETTI, C. y MONDILLO, N. (2011). Mineralogical and geochemical characterization of the concotto artefacts from firing places of Longola protohistoric settlement (Naples). En *Periodico di Mineralogia*. Vol. 80, pp. 351-367.

DOVAL, M.; GARCIA, E. DEL VILLAR, J.; MARTIN-VIVALDI J. y RODAS, M. (1991). Arcillas Industriales: Yacimientos y Aplicaciones. En: *Yacimientos Minerales*. Editores: R. Lunar y R. Oyarzun. Editorial Centro de Estudios Ramon Areces, S. A. Madrid. pp. 582-608.

DRECHSEL, D.; DETTMER, D. K. y ENGEWALD, W. (2003). Studies of Thermally Assisted Hydrolysis and Methylation - GC-MS of Fatty Acids and Triglycerides Using Different Reagents and Injection Systems. En *Chromatographia*. Vol. 57, S-283-S289.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

DUDD, S.; EVERSLED, R. P. y GIBSON, A. M. (1999). Evidence for varying patterns of exploitation of animal products in different prehistoric pottery traditions based on lipids preserved in surface and absorbed residues. En *Journal of Archaeological Science*. Vol. 26, nº 12, pp.1473-1482.

DUTROW, B. y CLARK, C. (2012). X-ray Powder Diffraction (XRD). Disponible en [http://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/techniques/XRD.html](http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRD.html)

### **E**

EDAFOLOGÍA UGR (2015). Disponible en <http://edafologia.ugr.es/>

EERKENS, J. W. (2005). Gc–Ms Analysis and Fatty Acid Ratios of Archaeological Potsherds from the Western Great Basin of North America. En *Archaeometry*. Vol. 47, nº1, pp. 83–102.

EIROA GARCIA, J. J. (2010). Prehistoria del Mundo. Sello editorial. Barcelona. p. 323

ELERT, K.; CULTRONE, G.; NAVARRO, C. R. y PARDO, E. S. (2003). Durability of bricks used in the conservation of historic buildings-influence of composition and microstructure. En *Journal of Cultural Heritage*. Vol. 4, pp 91–99.

ESCARPA, A. (2000). Historia de la ciencia y de la técnica. Ed. Akal. Madrid. Vol. 5.

EVERSLED, R. P.; HERON, C. y GOAD, L. J. (1990). Analysis of organic residues of archaeological origin by high-temperature gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. En *Analyst*. Vol. 115, nº10, pp. 1339-1342.

EVERSLED, R., CHARTERS, S. y QUYE, A. (1995). Interpreting lipid residues in archaeological ceramics: Preliminary results from laboratory simulations of vessel use and burial. En *Materials issues in art and archaeology IV: Symposium*. Materials Research Society. Vol. 352, pp. 85-95

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

EVERSHED, R. P., VAUGHAN, S. J., DUDD, S. N. y SOLES, J. S. (1997). Fuel for thought? Beeswax in lamps and conical cups from Late Minoan Crete. En *Antiquity*. Vol.71, nº274, pp. 979-979.

EVERSHED, R. P., VAUGHAN, S. J., DUDD, S. N. y SOLES, J. S. (2000). Organic residue, petrographic and typological analyses of late Minoan lamps and conical cups from excavations at Mochlos in East Crete, Greece. En *Paleodiet in the Aegean* (S. J. Vaughan & W. D. E. Coulson, eds.). pp. 37-54.

EVERSHED, Richard P. (2008a). Organic Residue Analysis in Archaeology: the Archaeological Biomarker Revolution. En *Archaeometry*. Vol. 50, nº6, pp. 895-924.

EVERSHED, R. P.; COPLEY, M. S.; DICKSON, L. y HANSEL F. A. (2008b). Experimental Evidence for the Processing of Marine Animal Products and Other Commodities Containing Polyunsaturated Fatty Acids in Pottery Vessels. En *Archaeometry*. Vol.50, nº1, pp.101-113.

### **F**

FERNÁNDEZ, N. (2006). La Cerámica del Neolítico Antiguo en Aragón. En *Caesaraugusta*. Nº 77, pp. 9-353.

FILORAMO, G. (2001). *Diccionario Akal de las Religiones*. Ed.Akal. Madrid. Vol. 28, pp. 425

FLEMING, J. y HONOUR, H. (2004). Historia mundial del arte. Ediciones Akal S. A. Madrid, España. pp.149-160

FLORES ALÉS, V. y GUIRAÚM PÉREZ, A. (1999). Caracterización de ladrillería tradicional producida en la Vega del Guadalquivir, en zonas próximas a Sevilla. En *Boletín Sociedad Española de Cerámica Vidrio*. Vol. Nº 38 [1]. Sevilla. pp. 29-34.

FONTANELLA BALLESTA, S., GÓMEZ MARTÍNEZ, J. A. y MIRAS GARCÍA, M. (2004). Lorca, poblado más extenso y primigenio de la cultura del Argar. En *Alberca: Revista de la Asociación de Amigos del Museo Arqueológico de Lorca*. Nº2, pp. 39-52.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

FONDECYT (2015). Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Disponible en <http://www.fondecyt.cl/578/channel.html>

FUENTES, R.; MEJÍA, O. y CLAUDILLO, B. (2008). Introducción a las pastas y esmaltes cerámicos.

### **G**

GALLART, M. D. y AGUAYO, F. L. (1988). Mineralogía de cerámicas de Edad del Bronce de la cueva del moro (Olvena, Huesca). En *Bolskan: Revista de arqueología del Instituto de Estudios Altoaragoneses*. Nº 5, pp. 27-38

GARCÍA-HERAS, M.; BLACKMAN, M.; FERNANDEZ-RUIZ, R y BISHOP, R.L. (2001). Assessing ceramic compositional data: a comparison of total reflection x-ray fluorescence and instrumental neutron activation analysis on Late Iron Age Spanish Celtiberian ceramics. En *Archaeometry*. Vol. 43, nº 3, pp. 325-347.

GARCÍA-ARIAS, M. y CORRETGÉ, L. G (2010). Modelos termodinámicos y petrología experimental: el caso de la fusión anhidra del gneis «Ollo de Sapo». En *Estudios Geológicos*. Vol. 66, pp 57-64

GARCÍA ROSSELLÓ, J. y CALVO TRIAS, M. (2006). Análisis de las evidencias macroscópicas de cocción en la cerámica prehistórica: una propuesta para su estudio. En *Mayurqa*. Vol. 31, pp. 83-112.

GENERA, M. (1979). XXIII Reunión científica: El paleolítico inferior en Italia (Florenca, mayo de 1980). En *Pyrenae*, Nº 15, pp. 377.

GENERA, M. (1980). Notícia sobre l'home de l'Aragó, Talteüll (Rosselló): un dels primers vestigis humans europeus. En *Fonaments: prehistòria i món antic als Països Catalans*. Nº2, pp 237-244.



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

GENERA, M. (1984). El jaciment de Barrugat: noves dades per al coneixement de la Tortosa d'època romana. En *Pyrenae*. 19-20. pp. 287-288

GENERA, M. (1994). Sant Miquel de Vinebre (Vinebre, Ribera d'Ebre): els darres vestigis ibèrics a la part final de l'Ebre. En *Tribuna D'arqueologia 1992/93*. Generalitat de Catalunya. Departament de Cultura. Direcció General del Patrimoni Artístic. Servei d'arqueologia. Barcelona. pp. 85-94.

GENERA, M. (1995). El poblament protohistòric de Puig Roig del Roget. En *Memòries d'Intervencions Arqueològiques a Catalunya*. Barcelona. Nº 17.

GENERA, M. y BRULL, C. (2002). La adecuación de yacimientos arqueológicos: una vía de protección y difusión del patrimonio cultural. Su aplicación en asentamientos protohistóricos en el tramo final del valle del Ebro. En *Bolskan: Revista de arqueología del Instituto de Estudios Altoaragoneses*. Nº 19, pp. 393-403.

GENERA, M. (2005). Metodología per a l'estudi i classificació de les ceràmiques: Possibles aplicacions en el camp de l'arqueologia. En *Actas del I Congreso de Analíticas Aplicadas a la Arqueología*. Igualada. pp 47-61

GENERA, M.; BRULL, C. y ADELL, S. (2006). El Pas de l'Ase (la Ribera d'Ebre). De la investigació a la museïtzació d'un conjunt d'interès històric i paisatgístic. En *Tribuna D'arqueologia 2004/5*. Generalitat de Catalunya. Departament de Cultura. Direcció General del Patrimoni Artístic. Barcelona. pp. 123-156.

GENERA, M.; ÁLVAREZ, A.; GÓMEZ, A.; RAMÍREZ, B. y GALINDO, J. (2006). Patrimoni arqueològic i medi natural: propostes de protecció integral en jaciments del Riberal de l'Ebre. En *Tribuna D'arqueologia. 2003-2004*. Generalitat de Catalunya. Departament de cultura. Direcció General del Patrimoni Cultural. Barcelona. pp. 269-299.

GENERA, M. y MELÉNDEZ, G. (2009). Orígenes y Evolución de la Especie Humana. Generalitat de Catalunya. pp. 78 - 88

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

GENERA, M. (2010). L'establiment del Puig Roig del Roget, el Masroig (SS. X-VI aC): Apunts sobre alimentació i dieta d'un grup d'antics miners i metal·lúrgics de la Conca del Priorat. En *SAGVNTVM Extra*. Vol. 9, pp. 243-248.

GENERA, M. y JÁRREGA DOMÍNGUEZ, R. (2010). Aproximació a L'AgerDertasanus: La Villa romana de Barrugat, Bitem, Tortosa (El BaixEbre). Resultats de les investigacions de l'any 1984. Ed. M. Genera i Monells.

GENERA, M. (2011). Investigación y Arqueología experimental. Una aproximación al repertorio ceramológico del yacimiento protohistórico del Puig Roig del Roget, el Masroig, Tarragona. En *La investigación experimental aplicada a la arqueología*. Ed Antonio Morgado, Javier Baena Preysler y David García Gonzalez. Universidad de Granada y Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. pp. 425-429.

GENERA, M.; LÓPEZ GALINDO, A.; VÍLCHEZ, J. L.; MANZANO, E.; BLANC, M. R.; CANTARERO, A. S.; GARCÍA, A.; DIAS COELHO, L. J. y FERNANDES VIEIRA, G. (2014). Nuevos datos arqueométricos acerca de la cerámica del asentamiento protohistórico del Puig Roig del Roget, Masroig, Priorat: estudio mineralógico, análisis textural y de los residuos orgánicos. En *XV Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà. Congrés Nacional d'Arqueologia de Catalunya*. pp. 697-710

GENERA, M. (2015). Retrobant els pobles ibers. Dades per a la seva interpretació. Diputació de Tarragona. pp. 367

GHOSH, P. (2012). La cerámica más antigua del mundo. En *BBC-Mundo*. Disponible en [http://www.bbc.co.uk/mundo/movil/noticias/2012/06/120628\\_ceramica\\_antigua\\_china\\_cocina\\_alcohol\\_jgc.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/movil/noticias/2012/06/120628_ceramica_antigua_china_cocina_alcohol_jgc.shtml)

GIL JULIÁ, S.; CABALLERO COBOS, A. y BRAO GONZÁLEZ, F. J. (2008). *Intervención arqueológica en la Casa Cervantes, Arco de la Magdalena, Baza (Granada)*. En *Péndulo: papeles de bastitania*. Nº.9, pp. 9-34

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

GLASCOCK, M.; NEFF, H. y VAUGHN, K. J. (2004). Instrumental neutron activation analysis and multivariate statistics for pottery provenance. En *Hyperfine Interactions*. Vol. 154, nº 1-4, pp. 95-105.

GÓES, V. L. (2014). Estudo Comparativo da Azulejaria em duas Igrejas de São Paulo – Levantamentos Preliminares. En *IX Colóquio Luso-Brasileiro de História da Arte*. Belo Horizonte.

GOMES, C. (1988). Argilas: O que são e para que servem. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

GOMES, C. (1990). Minerais Industriais. Matérias Primas Cerâmicas. Instituto Nacional de Investigação Científica. Aveiro. pp 166-173.

GÓMEZ ESPELOSIN, F. J. (2001). Historia de Grecia antigua. Ediciones Akal. Madrid.

GÓMEZ, L.; DE MEATZA, I.; MARTIN, M.; BOYANO, I.; CANTERO, I. y RABANAL, M. (2010). Síntesis de partículas nanoestructuradas para materiales catódicos y anódicos obtenidos mediante Spray Prólisis. En *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica*. Vol. 49, nº, pp. 61-66.

GÓMEZ, M. C. M y; GONZÁLEZ, M. B. (2010). Espectrometría de masas y análisis de biomarcadores. En *Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia*.

GÓMEZ, M. (2012). El Madrid islámico en el Museo Arqueológico Regional. Un paseo por los siglos X y XI. Arte en Madrid. Disponible en <http://artedemadrid.wordpress.com/2012/08/27/el-madrid-islamico-en-el-museo-arqueologico-regional-un-paseo-por-los-siglos-x-y-xi/>

GONZÁLEZ-PARTIDA, E.; REYES, R. M. y ESCOBEDO, R. V. (1992). Distribución y condiciones de formación de los minerales de arcilla en un campo geotérmico. El caso de los humeros. Estado de Puebla. En *Revista mexicana de ciencias geológicas*. Vol. 10, nº1. pp. 47-53.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

GONZÁLEZ, C. A. (2014). Organelos transductores de energía, cloroplastos y fotosíntesis. Departamento de Biología. Universidad de Buenos Aires. Disponible en <http://www.botanica.cnba.uba.ar/Pakete/6to/Fotosintesis/Fotosintesis6to.htm>

GOODWAY, M. (1990). Archaeometallurgy: evidence of a paradigm shift? En *Materials Research Society Symposium Proceedings*. Cambridge University Press. Vol. 185, pp.705-712.

GUALIS, G.; LORENTE, J. y ZAMORA, M. I. (1996). Introducción General al Arte: Arquitectura, Escultura, Pintura, Artes Decorativas. Ediciones Istmo. Madrid. pp.410.

GÜETO, J. M. (2005). Tecnología de los Materiales Cerámicos. Ediciones Diaz de Santos. Madrid. pp. 22-24.

GUGGENHEIM S. y KOSTER VAN GROOS, A. F. (1987). Dehydration of a Ca- and a Mg-exchanged montmorillonite (SWy- 1) at elevated pressures. En *American Mineralogist*. Vol. 72, pp. 292-298.

GUTIÉRREZ, A. P. (2010). La espectroscopia NIR en la determinación de propiedades físicas y composición química de intermedios de producción y productos acabados. Tesis. Director Dr. Marcelo Blanco Romia. Departamento de Química. Universidad Autónoma de Barcelona

GUTIÉRREZ, M. C. y DROGUET, M. (2002). La Cromatografía de Gases y la Espectrometría de Masas: Identificación de Compuestos Causantes de Mal Olor. En *Boletín Intexter (upc)*. Nº 122.

GUZMÁN PALOMINO, L. (2004). Los primeros poblados y los orígenes de la civilización andina. En *Revista Runapacha – Mundo indígena*. Peru. Disponible en <http://miguel.guzman.free.fr/Runapacha/primerospobla.htm> 10-09-12

## **H**

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

HATCHER, H.; TITE, M. y WALSH, J. N. (1995). A comparison of inductively-coupled plasma emission spectrometry and atomic absorption spectrometry analysis on standard reference silicate materials and ceramics. En *Archaeometry*. Vol. 37, nº 1, pp. 83-94.

HERAS, C. M. (1992). Glosario terminológico para el estudio de las cerámicas arqueológicas. *Revista española de antropología americana*. Nº 22, pp9-34

HERRANZ, D.; RUIZ, S. y MEDINA, N. (2014). Calibración de medidores de presión parcial mediante un sistema de expansión dinámica .Centro Español de Metrología Área de Masa. En *e- medida Revista Española de Metrología*. Nº6. Disponible en <http://www.e-medida.es/documentos/Numero-6/calibracion-medidores-presion>

HIDALGO DE LA VEGA, M. J.; ABENGOCHEA, J. J. y HERVÁS, J.M. (2008). Historia de la Grecia antigua. Ediciones de la Universidad de Salamanca.

HUERTA, A. C. (2007). Cerámica: Origen, Evolución y Técnicas. 48. Universitat per a Majors Vilafranca, Seudels Ports, Universitat Jaume I.

### **I**

IFUNAM (2015). Laboratorio de Arqueometría del Instituto de Física de la UNAM. Disponible en <http://www.fisica.unam.mx/>

IPCE (2015). Instituto del Patrimonio Cultural de España. Disponible en <http://ipce.mcu.es/>

IRWIN, R. (2008). Arte Islámico. Ediciones Akal. Madrid. Vol.12

### **J**

JAS, (2010). Journal of Archaeological Science. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03054403>.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

JENKINS, R.; MANNE, R.; ROBIN, R. y SENEMAUD, C. (1991). Nomenclature system for X-ray spectroscopy. En *X-Ray Spectrometry*. Vol. 20, Nº 3, pp. 149–155.

JIMENEZ SALAS, J. y ALPAÑES, J. L. (1975). Propiedades de los Suelos y de las Rocas. En *Geotécnica y Cimientos*. 2ª Edición. Editorial Rueda. Vol. I, pp. 466.

JOLIET, W. (2006). La cultura del azulejo en el mediterráneo durante los siglos XVII, XVIII y XIX. En *XI Congreso de Ceramología*.

### **K**

KATZENBERG, M. A. y HARRISON, R. (1997). What's in a bone? Recent advances in archaeological bone chemistry. En *Journal of Archaeological Research*. Vol. 5, nº 3, pp. 265-293.

KIMPE, K. (2003). Chemical analysis of the lipid fraction from ancient ceramics of Sagalassos (Southwest Turkey).

KLEIN, C. y HURLBUT, C. (2008). Manual de mineralogía - basado en la obra de J. D. Dana. Barcelona. Editorial Reverté.

KOTZ, J.; TEICHEL, P. y WEAVER, G. (2012). Química Geral e Reações Químicas 6º. Vol. 1, Rio de Janeiro.

KUSAFU, K. (2005). La Cerámica Japonesa a Través de las Épocas. En *NIPPONIA* Nº.32. Disponible en [webjapan.org/nipponia/nipponia32/es/feature/feature01.html](http://webjapan.org/nipponia/nipponia32/es/feature/feature01.html)

### **L**

LARA, M. (2009). Tejar Arzúa en Ares. En *Buxa*. Asociación Galega de Patrimonio Industrial. Disponible en <http://www.asociacionbuxa.com/2009/03/tejar-arzua-en-ares/>

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

LARQUEOC (2010). Laboratorio de Arqueometria do Occidente. Historia de la Arqueometría en México En: *UGM*, R. A. (Ed.), 2008.

LARQUEOC, (2015). Laboratorio de Arqueometria do Occidente. México. Disponible en <http://www.geofisica.unam.mx/divulgacion/notas/prensa/files/pdf/mimorelia18112009.pdf>

LAUNAM (2012). Laboratorio de Arqueozoología de la Universidad Autónoma de Madrid. Disponible en <http://www.uam.es/departamentos/ciencias/biologia/arqueozoo/>

LAURENCE, J. (2005). *Biologia: ensino médio*. Ed. Nova Geração. 1ª Ed. São Paulo.

LEE-THORP, J. A. (2008). On isotopes and old bones. En *Archaeometry*. Vol. 50, nº 6, pp. 925-950.

LEUTE, U. (1987). *Archaeometry: an introduction to physical methods*. En *Archaeology and the History of Art*. VCH eds., New York. pp.2.

LFNA/UDEL (2015). Laboratorio de Física nuclear Aplicada de la Universidade Estadual de Londrina. Disponible en <http://www.fisica.uel.br/gfna/>

LODOÑO ZEA, L. F. (2011). Proceso de fotosíntesis departamento de ciencias naturales. I.E. Leon XIII El Peñol. Disponible en <http://slideplayer.es/slide/3358208/>

LÓPEZ-COLMENAR, J.M. (1992). Caolín y arcillas caoliníferas. En *Recursos minerales de España*. Coordinadores García Guinea y Martínez Frías. Editores CSIC. pp. 27-44

LÓPEZ GARCÍA, P.; LÓPEZ SAÉZ, J. y MACÍAS ROSADO, R. (2002). La Paleopolinología en el Laboratorio de Arqueobotánica del Departamento de Prehistoria. Instituto de Historia, CSIC: 1977-2002. En *Trabajos de Prehistoria*. Vol. 59, nº 1, pp. 143-156.

LÓPEZ, T. y MARTÍNEZ, A. (2012). *El Mundo Mágico del Vidrio*. México, D.F.

LEROY-GOURHAN, A. (1971). *El gesto y la palabra*. Publicaciones de la Universidad Central de Venezuela, Caracas.



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

LONG, J. (2008). Tecnología alimentaria prehispánica. En *Estudios de cultura Náhuatl*. N° 39, pp. 127-136.

LUMBRERAS, L. G. (Ed) (1999). Historia de América Andina. En *Las sociedades aborígenes*. Libresa. Vol. 1, pp. 128.

### **M**

MAGGETTI, M., (1982). Phase analysis and its significance for technology and origin. In: *Archaeological ceramics* (J. S. Olin & A. D. Franklin, eds.). Smithsonian Institution Press. pp. 121-133

MALAINÉY, M. E., PRZYBYLSKI R. y SHERRIFF B. L. (1999a). The Effects of Thermal and Oxidative Decomposition on the Fatty Acid Composition of Food Plants and Animals of Western Canada: Implications for the Identification of Archaeological Vessel Residues. En *Journal of Archaeological Science*. Vol.26, n°1, pp.95–103.

MALAINÉY, M. E., PRZYBYLSKI R. y SHERRIFF B. L. (1999b). The Fatty Acid Composition of Native Food Plants and Animals of Western Canada. En *Journal of Archaeological Science*. Vol.26, n°1, pp. 83–94.

MALLMANN, G.; CUPERTINO, J. A. y CHEMALE JUNIOR, F. (2002). Caracterização por microsonda eletrônica dos teores de cloro de apatitas e sua importância nos estudos de traços de fissão. En *Pesquisas em Geociências*. Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre, Brasil. Vol. 29, n° 2, pp.31-36.

MANNONI, T. (2005). Arqueología, Arqueometría e Historia de la Cultura Material. En *Arqueometría y Arqueología Medieval*. Editorial Al-Baraka. Colección Nakla. Granada, España pp. 17-35.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

MANZANO, E.; GARCÍA, A.; ALARCÓN, E.; CANTARERO, S.; CONTRERAS, F. y VÍLCHEZ, J. L. (2015). An integrated multi analytical approach to the reconstruction of daily activities at the Bronze Age settlement in Peñalosa (Jaén, Spain). En *Microchemical Journal*. Vol. 122, pp. 127-136.

MARCHBANKS, M. L. (1989). Lipid Analysis in Archaeology: An Initial Study of Ceramics and Subsistence at the George C. Davis Site. Máster. University of Texas at Austin, Austin, TX.

MARCINIAK, A. y RACZKOWSKI, W. (2001). Archaeology and archaeological science: past, present and future. En *Archaeologia Polona*. Vol. 39. pp.5-16.

MARCO, F. y SANTOS, N. (1980). Textos para la Historia Del Próximo Oriente Antiguo. Universidad de Oviedo. Vol. 1, pp.9.

MARTÍNEZ, D. B.; BARÓN GONZÁLEZ A. J. y GIL NOVOA, O. D. (2006). Espectrometría de fluorescencia de rayos X. En *Revista de la Sociedad Colombiana de Física*. Vol. 38, nº. 2, pp. 790-793.

MARTÍN DE LA CRUZ, J. (2011). Arqueometría: su futuro en Andalucía. En *La tutela del patrimonio prehistórico. Congreso de Prehistoria de Andalucía*. Antequera. pp. 113-120.

MARTÍNEZ CAVIRÓ, B. (1984). Cerámica de Talavera. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

MARTÍNEZ-JACQUET, E. y SERRA, D. (2007). Arte y barro: Cerámica de África negra. Ed. Kumbi Saleh Ethic Art Primitiu.

MASCA (2015). Massachusetts School Counselors Association. Disponible en <http://www.masca.org/>

MASVIDAL FERNÁNDEZ, C. (2003). El conjunto cerámico de Bóbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona). Bases para su estudio funcional y contextual. En *Actas de. III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica: Santander*. pp. 305-316.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

MELGAREJO, J. (2003). Atlas de Asociaciones Minerales en Lámina Delgada. Universitat de Barcelona. Vol. 1.

MIDDLETON, A. y LANG, J. (2005). Radiography of cultural material. Oxford: Butterworth, Heinemann. pp. 60-81.

MIDGLEY, B. (1993). Guía completa de escultura, modelado y cerámica: técnicas y materiales. Tursen Hermann y Blume Ediciones. Madrid.

MOLÉNAT, J. P. (2013). Cristianos arabizados (mozárabes) del Occidente peninsular (Garb al-Andalus) del siglo IX al XII. En *Hesperia culturas del Mediterráneo*, Nº.17, pp. 45-66. (Ejemplar dedicado a: Portugal II).

MONCAYO, H. S. (2009). Como se Poblaron los Territorios Pasto. Monografía. Madrid. pp. 18.

MONTERO RUIZ, I.; GARCÍA HERAS, M. y LÓPEZ-ROMERO, E. (2007). Arqueometría: cambios y tendencias actuales. En *Trabajos de prehistoria*. 64, Nº 1, pp. 23-40.

MONTESINOS i MARTÍNEZ, J. (2004). Terra sigillata: Antigüedades Romanas I. Real Academia de la Historia. En *Catalogo del gabinete de antigüedades*. Real Academia de la Historia. Madrid. pp. 21-23.

MONTOYA, C. P. (1997). Historia de la cerámica en el Museo Arqueológico Nacional. Fundación Caja de Madrid. Ministerio de Educación y Cultura. Madrid.

MOORE, D. M. y REYNOLDS, R. (1997). X-ray Diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford University Press. pp. 204.

MORENO, F. G. (1999). Una Breve História de la Cerâmica Tavalerana a través de los libros de viaje de extranjeros desde el siglo XII hasta el siglo XIX. En *Cuaderna: Revista de Estudios Humanísticos de Talavera y su Antigua Tierra*. Nº 7, pp. 221-238.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

MORENO, F. G. (2008). Tradición vs. Industrialización en la azulejería de Talavera de la Reina. En *Actas del XI Congreso Anual de la Asociación de Ceramología*. El azulejo, evolución técnica: del taller a la fábrica. pp. 143-162.

MORENO RAMÓN, H.; GISBERT BLANQUER, J. M. y IBAÑEZ ASENSIO, S. (2009). Determinación del color del suelo. Universidad Politécnica de Valencia.

MORLEY-FLETCHER, H. (1985). Técnica de los Grandes Maestros de la Alfarería y Cerámica. Hermann Blume. Madrid. pp. 08-20.

MORTON, J. D.; LAMMERS, R. B. y SCHWARCZ, H. P. (1991): Estimation of paleodiet: A model from stable isotope analysis. En *Archaeometry*. Vol.90, pp. 807-820.

MUÑOZ, J. A.; ANDRADE, M. Z. y GRISAA, A. (2009). Aplicación de herramientas de software al análisis del relleno sanitario de São Giácomo de Caxias do Sul. En *Tumbaga*. Vol. 1, n. 4, pp. 169-184.

MUSEO BOYMANS VAN BEUNINGEN (2015). Disponible en [http://collectie.boijmans.nl/nl/collection/b-19-\(kn-v\)](http://collectie.boijmans.nl/nl/collection/b-19-(kn-v))

MUSEO NACIONAL DE CERÁMICA ARTES SUNTUARIAS GONZÁLEZ MARTÍ (2015). Pintura cerámica religiosa: paneles de azulejos y placas: fondos del Museo Nacional de Cerámica y Artes Suntuarias González Martí. pp. 322-323;

MUSEO ORIENTAL VALLADOLID, (2015). Disponible en [http://www.museo-oriental.es/ver\\_pieza.asp?clave=11](http://www.museo-oriental.es/ver_pieza.asp?clave=11)

MUSEO NACIONAL DE ARQUEOLOGÍA SUBACUÁTICA (2015). Disponible en [http://museoarqua.mcu.es/exposicion/galeria\\_de\\_piezas/index22.html](http://museoarqua.mcu.es/exposicion/galeria_de_piezas/index22.html).

## **N**

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

NASCIMENTO FILHO, V. (1999). Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF) e por reflexão total (TXRF). Piracicaba: Depto. de Ciências Exatas; CENA, Laboratório de Instrumentação Nuclear. pp. 32.

NAVARRO LIZANDRA, J. L. (2005). Maquetas, modelos y moldes: materiales y técnicas para dar forma a las ideas. Col·lecció Treballls d'Informàtica i Tecnologia. Editora Universitat Jaume I. Vol. 4, pp. 278

NEVADO, T. M. (2011). La Colección de cerámica de reflejo metálico. En *Catalogo del Museo Sorolla*. Disponible en [http://museosorolla.mcu.es/pdf/piezames\\_mayo2011.pdf](http://museosorolla.mcu.es/pdf/piezames_mayo2011.pdf).

### **O**

O'CONNELL, T.; HEDGES, R. E.; HEALEY, M. A. y SIMPSON, A.H. (2001). Isotopic comparison of hair, nail and bone: modern analyses. En *Journal of archaeological Science*. Vol. 28, nº 11, pp. 1247-1255.

OGASAWARA, T.; FONSECA, M. D.; PINTO, V. B.; SANTOS, S. F.; FRANÇA, S. C. y COSTA, F. P. (2010). Leucita a partir de analcima por meio de troca iônica em solução aquosa potássica em autoclave: análise termodinâmica. En *Tecnologia em metalurgia, Materiais e Mineração*. São Paulo. Vol. 6. pp. 220-224.

OLAETXEA, C. (1999). Tecnología Cerámica en la Protohistoria Vasca. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

OLIN, J. (1982). Future directions in archaeometry: a round table. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. pp. 42.

OROSCO, P.; RUIZ, M. C.; TÚNEZ, F. y GONZÁLEZ, J. (2009). Estudio termodinámico de la purificación de talco mediante cloración a alta temperatura. En *XVI Congreso Argentino de Fisicoquímica y Química Inorgánica*. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina. Disponible en [http://labmem.unsl.edu.ar/Congresos/Orosalta\\_09.pdf](http://labmem.unsl.edu.ar/Congresos/Orosalta_09.pdf)

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

ORIOLO, V. (2008). Avaliação de eficiência do termofosfato magnesiano potássico para o capim-marandu. Disertación de Máster. Unesp. São Paulo, Brasil. pp.6.

ORTEGA, L. A.; ZULUAGA, M.C.; ALONSO, A. y OLAETXEA, C. (2005). El Estudio Arqueométrico de las Producciones Cerámicas. En *Munibe Antropología – Arkeologia*. Nº 57, pp.365-388.

ORTEGA, L. A.; ZULUAGA, M. C.; ALONSO, A. y SOLAUN, J. L. (2006). Cerámica común de época Bajo Medieval (S. IX-XIII) procedentes de la excavación de la catedral de Santa Maria de Vitoria – Gasteiz. En *Macla 6* .Bilbao. pp. 333-336.

ORTON, C.; TYERS, P. y VINCE, A. (1993). Pottery in archaeology. Cambridge: Cambridge University Press. pp.269.

### **P**

PADILLA, C., MAICAS, R., y CABRERA, P. (2002). Diccionario de materiales cerámicos. *Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Madrid*.

PAQUET, J. y DERCOURT, J. (1984). Geología. Editorial Reverté. Barcelona. pp. 74.

PAREJA LÓPEZ, E. (1976). Geografía Argárica Granadina. En *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*. Vol. 1, pp. 125-137.

PARRA ORTIZ, J. M. (2010). Momias: La derrota de la muerte en el Antiguo Egipto. Editorial Critica. Barcelona. pp.31.

PEREIRA, G. A. (2014). Fotosíntesis. Fotóns: luz, síntesis: síntesis, composición. Disponible en <http://es.slideshare.net/profegerald/fotosntesis-1-medio>

PÉREZ ARANTEGUI, J.; AGUAROD OTAL, C.; LAPUENTE MERCADAL, M.; FELIÚ ORTEGA, M. y PERNOT, M. (1996). Arqueometría y Caracterización de Materiales Cerámicos. *Cuadernos del Instituto Aragonés de Arqueología IV*. Teruel. Universidad de Teruel. pp. 3-7.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

PERNICKA, E. (1998). Whiter metal analysis in archaeology. *L'atelier du bronzier en Europe du XX au VIII siècle avant notre ère*. En *Actes du colloque international Bronze '96 Neuchâtel et Dijon, I: Les analyses de composition du métal: leur rapport à l'archéologie de l'Âge du Bronze*. Paris, pp.259-267

PIEDRA, C. y CARDENETE, J. L. (2004). La cerámica en Granada. *Los Libros de la Estrella*. Nº 23.

PITARCH MARTI, A. (2010). Caracterización de estucos y pigmentos del establecimiento romano republicanos de Can Tacó-Turó d'en Roina (Montmeló-Montornès del Vallès, Barcelona). En *VIII Congreso Ibérico de Arqueometría*. pp. 319-326.

PITTHAN FILHO, E. (2013). Filmes de SiO<sub>2</sub> depositados e crescidos térmicamente sobre SiC: Caracterização Físico-Química e Elétrica. Máster. Director Dr<sup>a</sup> Fernanda Chiarello Stedile. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

POLLARD, M.; BATT, C. M.; STERN, B. y YOUNG, S. M. (2007). *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge University Press.

POLVORINOS DEL RÍO, A. (2001). Contribución de la granulometría del desgrasante a la clasificación de texturas cerámicas arqueológicas. En *Actas del III Congreso Nacional de Arqueometría*. pp. 349-357.

POLVORINOS DEL RÍO, A.; GARCÍA SANJUÁN, L.; HURTADO PÉREZ, V. y HERNÁNDEZ ARNEDO, M. J. (2005). Bronze age ceramics in southwest Spain: An exploratory archaeometric study of technology and function. En *Geoarchaeology*. Vol. 20, nº 3, pp. 263-284.

PORCEL, M. (2001). Aplicación de técnicas quimiométricas para el desarrollo de nuevos métodos cinético-espectrofotométricos de análisis. Tesis Doctoral. Directores Dra. Hortensia Iturriaga Martínez y Dr Jordi Coello Bonilla. Departamento de química. Universidad Autónoma de Barcelona.



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

POZNER, P. (2011). Arqueometría aplicada al estudio y conservación de bienes culturales. En *Boletín sobre conservación y restauración*. Vol. IV – Nº XII. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Buenos Aires, Argentina.

### **Q**

QUESADA OSES, K. (2011). El Torno. Memoria de arcilla. Disponible en <http://memoriadearcilla.blogspot.com.es/2011/09/el-torno.html>

### **R**

RADO, P. y GIRAL, M. D. (1990). Introducción a la tecnología de la cerámica. Editorial Omega.

RAMIREZ AYAS, M. (2008). Guía de Yacimientos. En *Bastetania Ibérica. Viaje arqueológico por las Altiplanicies Granadinas*. Baza. pp.133

RAMOS, M. L. (2001). Historia de la tecnología cerámica: ensayo experimental de su manufactura. En *Arqueología experimental*. Universidad de Cantabria. Disponible en <http://personales.unican.es/ramosml/philologica.html>

RAVEN, A. M.; VAN BERGEN, P. F.; STOTT, A. W.; DUDD, S. N. y EVERSLED, R. P. (1997). Formation of Long-chain Ketones in Archaeological Pottery Vessels by Pyrolysis of Acyl Lipids. En *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Vol.40–41, pp.267–285.

READE, J. (1998). Mesopotamia. Ediciones Akal . Vol. 2

REBER, E. A.; DUDD, S.; VAN DER MERWE, N. y EVERSLED, R. P. (2004). Direct detection of maize in pottery residues via compound specific stable carbon isotope analysis. En *Antiquity*. Vol. 78, nº 301, pp. 682-691.

REQUENA, A.; QUINTANILLA, R.; BOLARÍN, J. M.; VÁZQUEZ A., BASTIDA, A.; ZÚÑIGA. J. y TOMÁS, L. M. (2015). Nuevas Tecnologías y Contaminación de Atmósferas, para PYMEs. Universidad de Murcia.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

REYES LÓPEZ, S. y SERRATO RODRÍGUEZ, J. (2007). Caracterización de caolinita, cuarzo y anortoclasa mediante espectroscopias infrarrojo y raman. En *Foro de Ingeniería e Investigación en materiales*. Vol. 4, pp. 276-282.

RIBECHINI, E.; MODUGNO, F.; COLOMBINI, M. P. y EVERSLED, R. P.(2008). Gas chromatographic and mass spectrometric investigations of organic residues from Roman glass unguentaria. En *Journal of Chromatography*. Vol. 1183, nº 1, pp.158-169.

RIEDERER, J. (2004). Thin section microscopy applied to the study of archaeological ceramics. En *Hyperfine Interactions*. Vol. 154, nº1, pp.143-158.

RINCÓN-ORTÍZ, R. J.; VALENCIA-RÍOS, J. S.; PEIRÓ, M. C.,; NUÑEZ, I. y CARDACASTELÓ, J. B. (2009). Síntesis y caracterización de a-cristobalita, b-espodumeno, diópsido e indialita mediante una ruta mixta sol-gel. En *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y vidrio*. Vol. 48, pp. 5-10.

RIVAS MERCURY, J. M.; COSTA PEREIRA, D. J.; VASCONCELOS, N. S.; CABRAL, A. A y ANGÉLICA, R. S. (2010). Caracterização Mineralógica de Azulejos Portugueses do Centro Histórico de São Luis do Maranhão. En *19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECiMat*. Campos do Jordão, SP, Brasil.

RHODES, D. (1987). Hornos para ceramistas. Ediciones CEAC. Barcelona.

RICE, P. (1987). Pottery analysis. A sourcebook. University of Chicago Press, Chicago and Londres.

RODRIGUEZ-NAVARRO, C.; CULTRONE, G.; SANCHEZ-NAVAS, A. y SEBASTIAN, E. (2003). TEM study of mullite growth after muscovite breakdown. En *American Mineralogist*. Vol. 88, pp. 713–724.

RODRIGUEZ, J. (2010). Seminario de Espectrometría de Masas para usuario del SUIC. Agilent Technologies. Disponible en [https://www.um.es/sai/actividades/2010/sic\\_seminario\\_em\\_usuarios\\_2010.pdf](https://www.um.es/sai/actividades/2010/sic_seminario_em_usuarios_2010.pdf)

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

ROLANDELLI, J. (2011). Vajilla En *Boletín informativo digital Ciclo 2013*. Universidad Nacional de la Plata.

ROM (2015). Royal Ontario Museum. Disponible en <http://www.rom.on.ca/>

ROMANUS, K.; POBLOME, J.; VERBEKE, K.; LUYPARTS, A.; JACOBS, P; DE VOS, D.; y WAELKENS, M. (2007). An evaluation of analytical and interpretative methodologies for the extraction and identification of lipids associated with pottery sherds from the site of Sagalassos, Turkey. En *Archaeometry*. Vol.49, nº4, pp. 729–747.

ROMERO, E. G. y BARRIOS, M. S. (2010). Las Arcillas: Propiedades y Usos. Universidad Complutense de Madrid y Universidad de Salamanca. Disponible en <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/arcillas.htm>

ROUX, G. (1987). Mesopotamia. Historia política, económica y cultural. Ediciones Akal. Madrid.

RUIZ CRUZ, M. D. (2001). Mineralogía y aplicaciones de las arcillas. Universidad de Málaga.

RUIZ, T.; GARCÍA SANJUÁN, L.; HURTADO PÉREZ, V.; MARTÍN RAMÍREZ, J.; POLVORINOS DEL RÍO, A. y TAILOR, R. (2006). La Arqueometría de materiales cerámicos: una evaluación de experiencia andaluza. En *Trabajos de Prehistoria*. Vol. 63, nº 1, pp. 9-35.

RYE, O. (1981). Pottery technology. Washington, D.C.: Taraxacum. pp 150.

RYE, O. y DUERDEN, P. (1982). Papuan pottery sourcing by PIXE: Preliminary studies. En *Archaeometry*. Vol. 24, nº 1, pp. 59-64.

RYE, O. (1988). Pottery technology. Principles and reconstruction, Manuals on archaeology, 4, Taraxacum, Washington D. C.

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

### S

SÁNCHEZ, M. Y. y BAENA, O. J. (2008). Síntesis y caracterización colorimétrica de un pigmento negro tipo espinela. CONAMET/SAM.

SÁNCHEZ QUIRANTE, L. (1991). Prospección arqueológica superficial del río Bodurria-Gallego, Sierra de Baza. En *Anuario Arqueológico de Andalucía 1989, II Actividades Sistemáticas*. pp. 57-62.

SÁNCHEZ QUIRANTE, L. (1992). El poblamiento en la Sierra de Baza entre el IV y II milenios a.C. y la metalurgia del cobre. En: *Baza y su comarca durante la época romana*. Universidad de Granada, pp. 165-220.

SANCHEZ QUIRANTE, L.; MARTÍNEZ, C.; ROMÁN, M. P.; CASSINELLO, S. y PÉREZ, A. D. (1995). Comunidades neolíticas de montaña: Las Sierras de Baza y los Filabres. En *Rubricatum*. Vol. 1, pp. 607-611

SAND GRAIN SIZING FOLDER (2005). En *Elvis Acevedo. Estudio Analítico de la Cerámica como Materia prima en los Contextos Arqueológicos Precolombinos de Puerto Rico: El caso de Paso del Indio. Puerto Rico*. Tesis de Master. Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y el Caribe – San Juan, Puerto Rico.

SAN ROMÁN MARTÍN, M. E. (2007). La cerámica de Palenque: Buscando una metodología para su estudio y clasificación. Reporte entregado a FAMSI. Disponible en <http://www.famsi.org/reports/03097es/03097esSanRoman01.pdf>

SAPaC (2015). Sociedad de Arqueometría Aplicada al Patrimonio Cultural. Disponible en <https://www.sapac.es/>

SCHWARCZ, H. (1991). Some theoretical aspects of isotope paleodiet studies. En *Journal of Archaeological Science*. Vol. 18, nº. 3, pp. 261-275.

SCHWARCZ, H. y SCHOENINGER, M. (1991). Stable isotope analyses in human nutritional ecology. En *American Journal of Physical Anthropology*. Vol.34, pp. 283-321.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

SCHWARCZ, H. (2000). Dating bones and teeth: The beautiful and the dangerous. En *Humanity from African Naissance to Coming Millennia*. Florence, Firenze University Press. pp. 249-256.

SCHWARCZ, H. (2006). Stable Carbon isotope analysis and human diet: a synthesis. En *Histories of Maize*. (ed. R. Tykot et al.). Amsterdam, Elsevier. pp. 315-324.

SEALY, J. (2001). Body tissue chemistry and paleodiet. En *Handbook of Archaeological Sciences*. Editado por D. Brothwell, M. Pollard. John Wiley & Sons, LTD, West Sussex.

SEIA (2015). Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Disponible en <http://www.sea.gob.cl/contenido/que-es-el-sistema-de-evaluacion-de-impacto-ambiental>

SEMPERE, E. F. (1999). Catalogación de Arcillas - técnicas y acabados de la alfarería Hispano Portuguesa. En *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. Cataluña, pp.369-376.

SEMPERE, E. F. (2006). Historia y arte en la cerámica de España y Portugal. De los orígenes a la Edad Media. Barcelona, Les Puntxes.

SENTANCE, B. (2005). Cerámica sus técnicas tradicionales en todo el mundo. Editorial Nerea S.A. San Sebastián.

SETTI, M.; LANFRANCHI, A.; CULTRONE, G. y MARINONI, L.(2012). Estudio arqueométrico y evaluación del deterioro de los materiales cerámicos de la fachada de la iglesia de Santa Maria del Carmine (Pavía, Italia). En *Materiales de Construcción*. Vol. 62, nº 305, pp. 79-98.

SHALABY, E. A. (2013). Biofuel: Sources, Extraction and Determination. INTECH Open Access Publisher.

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

SKIBO, J. (1992). Pottery Function: a Use-Alteration Perspective. En *Archaeologia Polona. Journal of Archaeology*. New York. Vol. 31, pp.273-276.

SUÁREZ SOSA , E. (2007). La cerámica de "Cuerda Seca" del antiguo convento de San Francisco de Asís de las Palmas de Gran Canaria. En *Cuadernos de prehistoria y arqueología*. Nº 33, pp. 155-174

SPEAKMAN, R. y NEFF, H. (Eds.) (2005). Laser ablation ICP-MS in archaeological research. Albuquerque: University of New Mexico Press. pp. 200.

STALLER, J. E. y THOMPSON, R. G. (2002). A multidisciplinary approach to understanding the initial introduction of maize into coastal Ecuador. En *Journal of Archaeological Science*. Vol. 29, nº 1, pp. 33-50.

STANJEK, H. y HÄUSLER, W. (2004). Basics of x-ray diffraction. En *Kluwer Academic Publishers. Hyperfine Interactions*. Vol. 154, nº 1-4, pp.107–119.

### **T**

TAZZER, M. M. (2014). Mayólica. Breve reseña. Su historia y su técnica. En *Revista Interiorgráfico de la División de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad de Guanajuato*. Nº 14. Disponible en <http://www.interiorgrafico.com/edicion/segunda-edicion-interiorgrafico/mayolica-breve-resena-su-historia-y-su-tecnica>.

TIESZEN, L. (1991). Natural variations in the carbon isotope values of plants: implications for archaeology, ecology, and paleoecology. En *Journal of Archaeological Science*. Vol. 18, nº. 3, pp. 227-248.

TITE, M. S. (1972). *Methods of Physical Examination in Archaeology*. Seminar Press, London.

TITE, M. S.; FREESTONE, I. C.; MEEKS, N. D. y BIMSON, M. (1982). The use of scanning electron microscopy in the technological examination of ancient ceramics. En *Archaeological ceramics*. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press. pp 109-120;

## Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica

---

TITE, M. S. (1991). Archaeological Science – Past achievements and future prospects. En *Archaeometry*. Vol. 33, Nº 2, pp.139-151.

TITE, M. S. (1999). Pottery production, distribution, and consumption. The contribution of the physical sciences. En *Journal of Archaeological Method and Theory*. Vol. 6, nº 3, pp. 181-233

TITE, M. S. (2008). *Ceramic Production, Provenance and Use - A Review*. En *Archaeometry*. Vol. 50, nº 2, pp. 216-231.

TRACHTENBER, M. y HYMAN, I. (1986). Arquitectura. De la prehistoria a la postmodernidad. Akal ediciones. Madrid. p. 49.

TSANTINI, E.; GARRIGÓS, J. B.; ONTIVEROS, M. y PONS, M. O. (2004). Caracterización arqueométrica de la cerámica común producida en la villa romana de Sa Mesquida (Mallorca). En *Pyrenae: revista de prehistòria i antiguitat de la Mediterrània Occidental*. Vol. 35, pp. 157-186.

### U

URREA MÉNDEZ, J. (2009). Los ritos funerarios: Iberia y Grecia. El uso del vino en el mundo antiguo: un ejemplo en una tumba hallada en la necrópolis ibérica de Lorca. En *Alberca: Revista de la Asociación de Amigos del Museo Arqueológico de Lorca*. Nº. 7, pp. 25-53

### V

VARELA, J. M. (2003). Aproximación etnoarqueologica a la temperatura de cocción de la cerámica. En *Gallaecia*. Nº 22. pp 407-411.

VALVERDE, P. (2010). Hacerse un torno alfarero de pie. Terra Ecología Práctica. Disponible en [http://www.terra.org/hacerse-un-torno-alfarero-de-pie\\_2461.html](http://www.terra.org/hacerse-un-torno-alfarero-de-pie_2461.html)



## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

VELHO, J.; GOMES, C. y ROMARIZ, C. (1998). *Minerais Industriais. Geologia, propriedades, tratamentos, aplicações, especificações, produções e mercados.* Gráfica de Coimbra. 1998

VENDRELL-SAZ, M.; PRADELL, T.; MOLERA, J. y GARCIA, M. (1995). *Studies on Ancient Ceramics.* En *Proceedings of the European Meeting on Ancient Ceramics (Barcelona, 1993).* Barcelona.

VIDAL, S. (2007). Desde la otra orilla: presencia de la arqueometria en Latinoamerica y su reacción con España. En *VII Congreso Ibérico de Arqueometria.* pp. 52-62.

VIEIRA, C.; FEITOSA, H. y MONTEIRO, S. (2003). Avaliação da Secagem de Cerâmica Vermelha Através da Curva de Bigot. En *Revista Cerâmica Industrial.* Universidade Estadual do Norte Fluminense UENF. Vol.8, Nº1, pp.42-46.

VIEIRA, G. F. y JOUAN DIAS, L. (2012). Arqueometría: Mirada Histórica de una Ciencia en Desarrollo. En *Revista do Centro de Preservação Cultural (CPC),* Universidade de São Paulo. Nº 13, São Paulo, Brasil, pp. 107-133.

VV.AA. (2007). Torno árabe de pie. En *Foro de cerámica.* Disponible en [http://www.manises.com/forum/topic.asp?TOPIC\\_ID=3744](http://www.manises.com/forum/topic.asp?TOPIC_ID=3744)

VV.AA. (2008a) Ayuntamiento de Gogichaishvili. *Taller sobre perspectivas y futuro de la arqueometría mexicana.* En *Geos.* Vol. 28, nº 02, pp. 298-301.

VV. AA. (2009). *Cerámica en el Neolítico.* En Ciencias sociales. 1º ESO. Disponible en <http://melkart.wikispaces.com/Ciencias+ Sociales+1%C2%BA+ESO>

VV.AA. (2013). Arqueología Experimental. En *Cota Cero.* Disponible en <http://www.cota0.com/?p=3305>

## **W**

## **Técnicas Analíticas Aplicadas a la Investigación Arqueológica: aportación al estudio de las pastas cerámica**

---

WAGNER, U.; WAGNER, F. E.; HÄUSLER, W. y SHIMADA, I. (2000). The use of Mössbauer spectroscopy in studies of archaeological ceramics. En *Radiation in art and archaeometry* (D. C. Creagh & D. A. Bradley, eds.). Amsterdam: Elsevier Science. pp. 417-443

WAGNER, F. E. y KYEK, A. (2004). Mössbauer spectroscopy in archaeology: Introduction and experimental considerations. *Hyperfine interactions*. Vol.154, nº 1-4, pp. 5-33.

WEERD, J.; SMITH, G. D.; FIRTH, S. y CLARK, R. J. (2004). Identification of black pigments on prehistoric southwest American potsherds by infrared and Raman microscopy. En *Journal of Archaeological Science*. Vol.31, nº 10, pp.1429-1437.

WESTFALL, C. y SERGUEI, R. (2006). Aqueometría: Actuales Aportes de la Geología, Química, Física y Biología al Estudio y Conservación del Patrimonio Arqueológico. En *XVII Congreso Nacional de Arqueología Chilena*, Valdivia, Kultrún. U. A. Chile. Vol.02, pp. 755-788.

WALSH, J. (1997). Obras maestras del J. Paul Getty Museo – Artes decorativas. Los Angeles, California.

WHISTON, C. (1987). X Ray Methods. Analytical Chemistry by Open Learning. Ed. John Wiley & Sons.

WU, X.; ZHANG, C.; GOLBERG, P.; COHEN, D.; PAN, Y.; ARPIN, T. y BAR-YOSEF, O. (2012). Early Pottery at 20,000 Years Ago in Xianrendong Cave, China. En *Science*. Vol. 336, nº. 6089, pp. 1696-1700.

**10. ANEXOS**