

MUNIBE (Antropología-Arkeologia) 57	Homenaje a Jesús Altuna	365-388	SAN SEBASTIAN	2005	ISSN 1132-2217
-------------------------------------	-------------------------	---------	---------------	------	----------------

## El estudio arqueométrico de las producciones cerámicas

### *Archaeological inferences from pottery archaeometrical studies*

**PALABRAS CLAVE:** Arqueometría, cerámica, temperaturas de cocción, láminas delgadas, difracción de rayos X, análisis químicos

**KEY WORDS:** Archaeometry, ceramic, firing temperatures, petrography, X-ray diffraction, chemical analysis

L. A. ORTEGA\* M.C. ZULUAGA\*  
A. ALONSO\* C. OLAETXEA\*\*

#### RESUMEN

El estudio de la pasta de las cerámicas mediante lámina delgada, difracción de rayos x y su análisis químico permite profundizar en el conocimiento sobre el origen de las mismas y en su tecnología de elaboración, así como determinar las temperaturas mínimas o máximas de cocción alcanzadas. De igual modo permite poner de manifiesto las modificaciones posteriores sufridas por el uso continuado de la mismas y por procesos tardíos debidos al soterramiento de las piezas. Los resultados obtenidos cotejados con la información arqueológica, la contextualización de los yacimientos y el entorno cultural de cada época permite constatar en algunos casos pautas comerciales o de intercambio.

#### ABSTRACT

Petrography, x-ray diffraction and chemical analysis of pottery pastes allows to increase the degree of knowledge about the origin of raw materials and the technological features on ceramic handling and production, as well as the minimum or maximum firing temperatures. In the same way, it can reveal the subsequent mineralogical and/or chemical modifications caused by the continuous use of the potters and by late processes due to the pieces burial. In some cases, the obtained results compared with the archaeological evidences, the historical setting of the sites and the cultural scene of each age, allows to establish commercial guidelines or interchange paths.

#### LABURPENA

Ore zeramikoetaz egiten diren petrografia, x izpien difrakzio eta analisi kimikoen azterketek, oreen jatorri eta zeramikagintza-teknologiaren ezagutzan sakontzea ahalbidetzen du eta halaber, lortutako erreketa-temperatura minimoak edo maximoak ezarri. Era berean, zeramikaren etengabeko erabileraren ondorioz eta piezen lurperatzearen ondorioz jasaten dituzten prozesu berantiarren eraginez izaten dituzten aldaketak agerian jartzen dira. Lortutako emaitzak informazio arkeologiko, aztarnategien kokapen historiko eta garai bakoitzeko kultura-inguruneekin aldekatzen direnean, merkataritza-eredu edo elkartruke – ereduak egiazta daitezke zenbait kasutan.

#### INTRODUCCIÓN

La cerámica es el primer material sintético producido por el hombre por la cocción de la arcilla a una temperatura lo suficientemente alta como para cambiar las propiedades físicas y químicas del material original en una nueva sustancia que presenta muchas de las características de las piedras (RADO 1990).

Estas características hace que las cerámicas arqueológicas pervivan 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, así como para poner de manifiesto pautas o trazas de intercambio cultural y comercial.

\* L.A. ORTEGA, M.C. ZULUAGA, A. ALONSO, Dpto Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco, Apdo 644, 48080 Bilbao.

\*\* C. OLAETXEA, Sociedad de Ciencias Aranzadi. Alto de Zorroaga 20014 Donostia-San Sebastián.

El material de partida utilizado en la elaboración de cerámicas es una mezcla en proporciones variables de materia plástica (minerales de la arcilla) y materia no plástica denominada comúnmente desgrasantes. Estos desgrasantes pueden estar presentes de forma natural con la arcilla o pueden ser añadidos de forma voluntaria a fin de obtener de la mezcla unas características físicas determinadas. De esta manera, al estudiar las cerámicas lo primero que se debe valorar es si los barros utilizados para la elaboración de las mismas pudieron ser manipulados o no por parte del alfarero. En este sentido la petrografía de lámina delgada es una herramienta imprescindible porque permite analizar las cerámicas aportándonos información acerca de la naturaleza de los desgrasantes, de su posible origen y en ocasiones de la manipulación de los barros. Este tipo de manipulación también tiene reflejo en la composición química de los barros, de modo que las características químicas de los mismos se pueden ver fuertemente modificadas. Por otro lado, durante la cocción se produce una serie de reacciones en estado sólido que en algunos casos favorables nos va a permitir determinar un intervalo de temperaturas a la que se a llevado a cabo dicha cocción.

En este trabajo vamos a considerar únicamente el estudio de producciones cerámicas comunes y por tanto vamos a dejar fuera de esta consideraciones la cerámica esmaltada, vidriados y otros procesos de acabado que presentan otro tipo de problemáticas y se pueden utilizar otras técnicas de estudio adicionales tales como la microsonda electrónica (EMPA) o la espectrometría de masas para el estudio de las relaciones isotópicas (TIMS) y que pueden aportar gran información sobre orígenes, distribución e intercambios de materias primas así como de productos elaborados.

Por tanto, el estudio de las cerámicas nos puede aportar diferente información en casos favorables tal como origen de los barros, temperaturas de cocción o pautas comerciales o de intercambio. En algunos casos la totalidad de la información viene proporcionada por la pieza cerámica en sí misma (manipulación del barro, defectos de amasado, temperatura de cocción, ...), pero sin duda la mejor calidad de información se obtiene cuando las piezas cerámicas están bien contextualizadas en un yacimiento y este en un entorno cultural que permite estudiar y contrastar diversas hipótesis (modas tecnológicas o escuelas de elaboración, intercambios comerciales, rutas de distribución, ...). A continuación vamos a ilustrar algunos aspectos de interés en los que los autores de este

trabajo han contribuido a su estudio de los materiales arqueológicos y por ende de los mismos yacimientos.

## MANIPULACIÓN DE LOS BARROS

Los barros empleados en la elaboración de cerámicas comunes corresponden a una mezcla en proporciones variables de minerales de la arcilla que al ser humedecidos presentan propiedades plásticas y de materiales (minerales y fragmentos de rocas) no plásticos denominados desgrasantes. Estos barros en algunos casos se utilizaba tal y como aparecían en el área fuente que corresponden a los denominados barros brutos, mientras que en otros casos los barros han sido modificados previamente a la manufactura de las piezas. Entonces hablaremos de barros manipulados.

De esta manera, al estudiar las cerámicas lo primero que se debe hacer es valorar si los barros utilizados para la elaboración de las mismas pudieron ser manipulados o no por parte del alfarero; y cuando han sido manipulados establecer que tipo de manipulación efectuada. En este sentido, los barros han podido ser decantados, purgados o desgrasados.

### **Barros brutos**

Cerámicas elaboradas a partir de barros brutos, o sin otra manipulación que de la del amasado, se encuentran en un gran número de yacimientos arqueológicos y de diferentes épocas. El tipo de barro utilizado en la elaboración de las cerámicas es el que determinará las características petrográficas de las mismas.

Dentro de este grupo por un lado, se encuentran barros formados a partir de sedimentos muy finos, con un elevado grado de madurez, que con frecuencia proceden de cuencas fluviales de inundación. Por otro lado, están los barros con desgrasantes naturales de tamaño grueso, de diferentes geometría y de naturaleza diversa cuyo origen es más variado y a veces difíciles de establecer.

En el yacimiento de Castillo de Henayo (Alegria-Dulantzi, Álava) de la Edad del Hierro (LLANOS *et al.*, 1975), se han encontrado algunas piezas especiales (ollitas globulares bruñidas) que han sido elaboradas a partir de sedimentos muy cuarzo-feldespáticos de tamaño muy fino (OLAETXEA, 1998; 2000; LARREA *et al.*, 2001) que corresponden a cuencas fluviales de inundación. Estos sedimentos presentan las mismas características petrográficas que algunas arcillas que aparecen a techo de la formación Utrillas (AROSTEGUI *et al.*, 1999). Las

similitudes entre ambos tipos de materiales se pueden constatar en la comparación de las fotos 1A y 1B.

Barros finos sin manipular son también los que se han utilizado en diversos alfares de época medieval. Así, DOMINGUEZ & SAENZ DE URTURI (1998) interpretan que el yacimiento de Legar-dagutxi (Álava) corresponde a un horno de alfar donde varios sectores de la excavación deben corresponder a los lugares donde se amontonan los deshechos de las hornadas. Las características petrográficas de las cerámicas de este yacimiento pueden observarse en la fotos 1C. Algo equivalente ocurre con el taller encontrado en Ribavellosa (Álava) (SOLAUN, 2005). Sin embargo, en este caso la selección de granos en los barros es peor, llegando a aparecer cuarzos autigénicos con caras bien desarrolladas de hasta 1 cm de tamaño (Foto 1D).

No obstante, en la mayoría de los casos, los barros brutos no presentan tal grado de selección, es decir, los barros presentan un cierto número de desgrasantes naturales de mayor tamaño. En este sentido, existe un gran número de ejemplos correspondientes a diferentes épocas culturales con estas características. La presencia de estos desgrasantes naturales puede aportar información sobre la procedencia de dichos barros.

En las cerámicas neolíticas procedentes del yacimiento de Mendandía (Treviño, Burgos), excavado por A. ALDAY (1997), los desgrasantes son fragmentos de cuarzo policristalino de geometría angulosa (Foto 1E y 1F) a los que es muy difícil atribuirles un área fuente específico.

Otro caso corresponde a las cerámicas del poblado de Intxur (Tolosa, Guipúzcoa) de la Edad del Hierro (ALTUNA *et al.*, 1982, OLAETXEA *et al.*, 1990) presentan un gran número de cuarzos autigénicos y fragmentos de piroxenos (Foto 2A y 2B). Esta mineralogía indica que los barros proceden de algún diapiro del entorno más próximo al yacimiento (LARREA *et al.*, 1999). Características petrográficas similares presentan muchas de las cerámicas de yacimientos de la Edad del Hierro del entorno próximo (cf. OLAETXEA, 2000).

Cerámicas medievales encontradas en la excavación del sector conocido como Manzana II en Vitoria-Gasteiz están constituidas por arenas muy ricas en moscovita (Foto 2C y 2D), cuyo origen se puede atribuir a sedimentos procedentes de la degradación de edificios graníticos (DOMINGUEZ *et al.*, 1999) geográficamente muy alejados del entorno del yacimiento, muy probablemente en los sectores más occidentales del Macizo Ibérico.

Cabe mencionar otro ejemplo de la excavación de Santa María la Real en Zarautz de época romana (IBÁÑEZ, 2003). En algunas cerámicas se observan desgrasantes de diversa naturaleza y con diferente grado de redondez (Foto 2E). La presencia de estos dos tipos de desgrasantes naturales se interpreta que los barros están constituidos por sedimentos que proceden de diferentes áreas fuentes diferentes y distantes geográficamente entre sí, ya que los sedimentos sufren diferente grado de transporte sedimentario.

La presencia de fragmentos de rocas ígneas de diversa naturaleza también se constata en algunos yacimientos de la Edad del Hierro. En el caso de Moru (Elgoibar, Guipúzcoa) donde se encuentran piroxenos de gran tamaño (0.5 cm) aislados (Foto 3A) o englobados en fragmentos de plagioclasa (Foto 3B) y rocas volcánicas de diferente naturaleza (Fotos 3C, 3D y 3E). La presencia de estos desgrasantes ígneos naturales contrasta con los encontrados en los yacimientos de la cuenca de Pamplona (cf epígrafe siguiente).

### **Barros manipulados**

Se consideran barros manipulados aquellos que muestran algún tipo de preparación previa a la cocción, y que puede consistir tanto en la adición como en la eliminación de desgrasantes.

La tradición de la manipulación de los barros es tan antigua como la propia elaboración de cerámicas. El tipo de manipulación ha ido desarrollándose paralelamente a la evolución cultural y está regido por modas que en cierto modo reflejan un conocimiento empírico de la tecnología cerámica.

En primer lugar, se van a considerar aquellos que han sido desgrasados con alguna finalidad evidente, aunque ésta no sea forzosamente conocida, y posteriormente se describirán aquellos que han sido purgados y decantados.

### **Barros desgrasados**

La presencia de desgrasantes dentro de los barros que se utilizan en la elaboración de cerámicas pueden tener bien un origen primario, presentes en el barro; bien un origen secundario, añadidos durante la manipulación de dichos barros. Esta diferencia no siempre es fácil de establecer y en algunos casos no deja de ser interpretativo.

En estos casos, más que nunca hay que hacer una observación pausada de las características petrográficas de los minerales y de los fragmentos de roca presentes en las cerámicas: naturaleza, geometría, relación entre los componentes, y su estructuración dentro de la misma. Todos estos

criterios, ya sea de forma individual, ya de forma colegiada contribuyen a resolver el rompecabezas que, en ocasiones, constituyen los diferentes desgrasantes presentes de las cerámicas objeto de estudio. Así mismo, el estudio petrográfico es fundamental ya que, en casos favorables, puede aportar información sobre el área de aprovisionamiento o el entorno geológico y/o geográfico de procedencia de los barros.

Entre las cerámicas estudiadas se han observado desgrasantes añadidos de naturaleza diversa. En la historia de la producción cerámica, unos de los desgrasantes que con mayor profusión se han utilizado son fragmentos de carbonatos. La adición de este tipo de desgrasantes se extiende en el tiempo desde el Neolítico hasta al menos la Alta Edad Media y presenta una amplia distribución geográfica, desde el Oriente Medio (Israel) hasta la Península Ibérica (cf. OLAETXEA, 2000, SHOVAL *et al.*, 1993).

Los tipos de carbonato añadido son de diversa naturaleza. En cerámicas de varios yacimientos de la cuenca del Urola de la Edad del Hierro, (Foto 2F; ORTEGA *et al.*, 2000, OLAETXEA, 2000) se han observado fragmentos de romboedros de calcita bien cristalizada o calcita espática. Sin embargo, aún siendo lo más frecuente en la Edad del Hierro, no siempre se utiliza calcita espática como desgrasante. Así, en el yacimiento Neolítico de Mendandia (Fotos 4A y 4B; ORTEGA & ZULUAGA, 2005) se aprecian bien fragmentos de drusas calcáreas, que además proporcionan información de temporalidad, o bien fragmentos de calizas de diferentes naturaleza. Por otro lado, en las cerámicas procedentes de Castillo de Henayo (ORTEGA *et al.*, 2000) o Bourges (Francia) (OLAETXEA *et al.*, 1999) aparecen calizas peletoides y calizas fosilíferas (Fotos 4C, 4D, 4E y F). Diferentes tipos de calizas también se han observado en las cerámicas de cocina medievals de origen local (ORTEGA *et al.*, en prensa).

Otro tipo de desgrasante añadido son los fragmentos de rocas subvolcánicas que son frecuentes en algunas cerámicas de la Edad del Hierro. Este tipo de rocas presentan textura ofítica (Foto 3F) y en la cuenca Vasco-Cantábrica suelen aparecer asociados a diapiros salinos de edad Triásica. Estos desgrasantes aparecen abundantemente en los yacimientos situados en la cuenca de Pamplona (OLAETXEA, 2000).

Sin embargo, en otros casos este tipo de desgrasantes parecen ser primarios y no añadidos. Este tipo de casos son los castros de la Edad del

Hierro de la cuenca del Urola (Gipuzkoa) (OLAETXEA *et al.*, 1990) y el castro de Peñas de Oro (Vitoriano, Álava), este último cercano a unos diapiros (OLAETXEA, 2000). En estas cerámicas, el tipo de desgrasante añadido son carbonatos (Foto 6A y 6B) por lo que la presencia de fragmentos de ofita y de priroxenos, se interpretan como un hecho natural antes que a un hecho intencionado por el alfarero. Esta hipótesis queda reforzada por la presencia de jacintos de Compostela en los mismos barros (Foto 6C).

Otro tipo de desgrasante observado son las chamotas o fragmentos de cerámicas ya cocidas anteriormente que se machacan para ser utilizadas como desgrasantes. En el entorno arqueológico de este trabajo, la primera aparición de chamota corresponde al yacimiento Neolítico de Mendandia (Treviño, Burgos) (Foto 4B) aunque también en cerámicas más recientes del mismo yacimientos se constata la presencia de chamotas con las mismas características petrográficas (Fotos 5A y 5B).

No obstante, es en la Edad del Bronce donde la incorporación de chamotas alcanza su máximo esplendor como recurso técnico. En esta época se han encontrado, entre las cerámicas estudiadas, gran cantidad de chamotas, chamotas de diferente naturaleza e incluso presencia de varias generaciones de chamotas en una misma pieza cerámica (Fotos 5C, 5D, 5E y 5F). El uso de este tipo de desgrasante parece estar más bien relacionado con las cerámicas destinadas al almacenamiento o contenedores de alimentos, pero no con las cerámicas de cocina. De hecho las chamotas son muy abundantes tanto en las vajillas como en las queseras de los depósitos en hoyo, mientras que en otro tipo de yacimiento estos desgrasantes aparecen en un porcentaje muy escaso.

También se ha detectado la adición intencionada de arenas (Foto 6D). Aunque la presencia de cuarzo, como mineral mayoritario, no las hace muy apropiadas para la elaboración de cerámicas de cocina, debido a la expansión térmica de este mineral, no obstante, proporciona mayor consistencia a la arcilla de manera que permite elaborar piezas de mayor tamaño (RYE, 1981; TITE *et al.*, 2001). Este tipo de material ha sido encontrado en ánforas y otros materiales de gran tamaño de época romana recuperados del puerto romano de Oiaso en Irún (Guipúzcoa) (URTEAGA *et al.*, 2003).

### **Barros batidos**

Los estudios etnográficos son imprescindibles a la hora de hacer hipótesis razonables sobre la

tecnología, cultura y modo de vida de las poblaciones antiguas. En este sentido, se ha observado con cierta frecuencia que algunas poblaciones manipulan los barros brutos de modo diferente, que no se corresponde ni con la adición de desgrasantes ni con el purgado. Esta manipulación consiste en la reducción y homogeneización de tamaño de grano de los barros por el machacado o batido de los mismos (cf, MERCADER *et al.*, 2000).

Este hecho no es fácil de constatar a nivel petrográfico, pero en ocasiones se han podido encontrar indicios que sugieren este tipo de manipulación, tales como la presencia de granos que presentan geometrías redondeadas en forma de "L" (OLAETXEA *et al.*, 1999). Esta geometría sugiere que los clastos o desgrasantes naturales han sido fracturados fuera del ciclo erosivo (Fotos 6E y 6F), el cual provoca la redondez de los granos naturales en el barro.

### **Barros purgados y decantados**

Así mismo, la petrografía de lámina delgada también permite diferenciar otro tipo de manipulación de los barros por parte del alfarero, diferente y contrario al añadido intencionado de desgrasantes. Este tipo de manipulación consiste bien en el purgado de los barros o eliminación manual de los desgrasantes gruesos, bien en el decantado de los barros en balsas de decantación. Estos tipos de tratamiento dificultan e incluso imposibilitan determinar la procedencia de los barros porque provocan la eliminación de los desgrasantes naturales que son los elementos que mayor información petrográfica aportan. En este caso, la composición químico-mineralógica de la cerámica diferirá de la arcilla original (ÉCHALLIER, 1984) por tanto, los criterios químicos y mineralógicos resultan rara vez útiles en la discriminación de procedencias de estas cerámicas de pastas decantadas. La finalidad de este tipo de manipulación por parte del ceramista es la de obtener una arcilla más limpia y por tanto, más fácil para levantarla en el torno.

Existen múltiples ejemplos de cerámicas decantadas en diversas épocas. Se han encontrado barros purgados en el yacimiento de Ecce Homo (Foto 7A) y en cerámicas realizadas a torno de otros yacimientos de la edad del hierro (cf. OLAETXEA 2000). Las cerámicas decantadas también son abundantes, probablemente las más conocidas corresponden a la Terra Sigilata (Foto 7B), pero también son frecuentes en otro tipo de culturas y épocas. En la Foto 7C se muestra una cerámica medieval procedente de la excavación de Santa María de Vitoria.

### **Defectos de amasado**

En algunas cerámicas se han constatado que la técnica de elaboración de las mismas no era muy depurada ya que se ha podido advertir defectos en el amasado. Esto queda reflejado por diversos aspectos texturales observados en lámina delgada como puede ser la distribución heterogénea del barro (foto 7E).

### **PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES**

Otro de los objetivos que se plantean en el estudio de las cerámicas es intentar determinar la procedencia de los materiales utilizados en su elaboración. Si bien se debe ser conscientes de que es un objetivo difícil de alcanzar, aunque con frecuencia se puede deducir aproximaciones en este sentido.

Información acerca del origen de los materiales se puede extraer tanto desde la petrografía como desde de la geoquímica. Cada una de las disciplinas aportan diferentes datos que con frecuencia son complementarios.

A continuación se presentan algunos casos que hacen referencia sobre el origen y la procedencia de los barros cerámicos.

De la información que nos proporciona la petrografía sobre el origen de los materiales ya se ha hablado en el apartado del estudio de los desgrasantes. En este sentido, la presencia de ciertos minerales puede indicar una procedencia concreta, como es el caso de los cuarzos autigénicos o Jacintos de Compostela (Fotos 2A y 6A) y los piroxenos, y/o fragmentos de ofitas (Fotos 2B, 3F y 6B) todos ellos indicativos de un aprovisionamiento, al menos para los desgrasantes, de materiales relacionados con diapiros.

La continuidad en el área de aprovisionamiento también queda marcada por datos petrográficos, como es el caso de Mendandia (ORTEGA & ZULUAGA, 2005). En este caso, viene marcado por la presencia de chamotas en algunas cerámicas con desgrasantes formados por cristales de calcita formados por el crecimiento en drusa; y cerámicas con los mismos cristales todas ellas de niveles arqueológicos bien distantes en el tiempo (Fotos 3A y B).

Por otro lado, el tipo de sedimento (barro) utilizado en la elaboración de la cerámica también es indicativo en cierto modo del área de aprovisionamiento, o mejor dicho del tipo de sedimento que debería localizarse en el área de interés. Reacuérdesse los sedimentos de cuenca de inundación (Fotos 1A, 1B, 1C) o más ilustrativo, la pro-

cedencia de dos tipos de desgrasantes indicativos de la proximidad de aportes de dos cuencas hidrográficas diferentes (Foto 2E)

Sin embargo, los datos petrográficos no siempre nos dan información sobre el área de procedencia de los materiales estudiados. En estos casos, los datos químicos pueden ser muy interesantes a la hora de establecer orígenes u aportes de los materiales utilizados. Además, con frecuencia nos permiten hacer otro tipo de inferencias como son el de movilidad de piezas.

Los casos que se describen a continuación ejemplifican la relación existente entre los datos químicos y el área fuente de los materiales.

En el yacimiento de Neolítico de Mendandia (Treviño, Burgos) se observa como los barros presentan composición química diferente, marcada por la existencia de dos tendencias de variación paralela (Figura 1). El análisis de componentes principales ayuda a visualizar con mayor claridad esta doble tendencia (Figura 2). Estas dos pautas de variación composicional indican la existencia de dos lugares de aprovisionamiento de los barros diferentes (que llegan a tener correspondencia petrográfica en cuanto al tamaño de los minerales detríticos de la matriz) y donde además no existe diferencia temporal. Esto indica que se realizaba la recogida de los barros en ambos puntos de forma continuada al menos durante 700 años (ORTEGA *et al.*, 2003).

Una situación equivalente a la de la figura 2 se observa en la figura 3, en la que se representan los datos analíticos de las cerámicas procedentes de un taller del despoblado de Legardagutxi (Álava). En este caso se observan dos tendencias claramente diferentes en cuanto a la composición química, de materiales presumiblemente muy próximos al emplazamiento del propio taller. Esto puede estar relacionado con la selección de los materiales para la elaboración de cerámicas para uso al fuego o para el uso de mesa.

De hecho, un buen conocimiento químico de las pastas nos puede ayudar a establecer la finalidad para la que se elaboran las piezas cuando se encuentran únicamente fragmentos no reconocibles (Figura 4, diagrama inferior).

Otro caso interesante es el de las cerámicas medievales procedentes de la excavación de la Catedral de Santa María en Vitoria-Gasteiz (SOLAUN, en prensa). En base al estudio tipológico y mediante las observaciones a la lupa binocular se han diferenciado un gran número de grupos de pastas cerámicas. De estos grupos, algunos se

presume que son producciones locales (SOLAUN, en prensa; Ortega *et al.*, en prensa). Dentro de los grupos mayoritarios locales, destacan dos grupos (los grupos 4 y 10, ORTEGA *et al.*, 2005) que presentan características químicas específicas con tendencias de variación independientes (Figura 5).

Resulta interesante considerar sobre este diagrama otras muestras que también se supone deben corresponder a producciones locales, de modo que algunas se integran en la tendencia marcada por el grupo 4, mientras que otras lo hacen en la tendencia del grupo 10 (Figura 6). La interpretación de este fenómeno no dejar de ser complejo, ya que a tenor de los datos arqueológicos parece razonable pensar que la procedencia de materiales sea de dos entornos geológicos diferentes. No obstante, no todos los grupos o producciones integradas en una misma tendencia composicional deban proceder necesariamente de un mismo taller o de una misma área de producción.

En resumen, para poder determinar la procedencia de los materiales es necesario tener un buen conocimiento del entorno geológico del yacimiento estudiado. Esto permitirá, con frecuencia, determinar si las cerámicas son locales o foráneas.

En todo caso, debemos reflexionar sobre el conocimiento del entorno geológico y la posible procedencia de los materiales. Este tipo de interpretaciones se deben tomar con cautela, ya que pasta foráneas pueden tener las mismas características petrográficas que las locales, y de igual modo, un conocimiento preciso de todo el entorno geológico es imposible, ya que existen (o pueden existir) materiales geológicos que no afloran y por tanto no conocemos su naturaleza.

El estudio petrográfico es la herramienta de base para diferenciar o agrupar cerámicas con barros de naturaleza diversa. Sin embargo el análisis químico permite afinar y discriminar barros con aspectos petrográficos similares pero de procedencia diferente.

La asignación de un área fuente no siempre es posible porque ni los datos petrográficos ni los químicos resultan ser lo suficientemente discriminatorios ni existe suficiente información bibliográfica. Además, si se aprecia la presencia de desgrasantes añadidos voluntariamente pueden dar lugar a interpretaciones totalmente erróneas por proceder de un contexto geológico completamente distinto (BISHOP *et al.*, 1982).

#### Temperaturas de cocción

La determinación de las temperaturas alcanzadas durante la cocción es otro parámetro que tiene

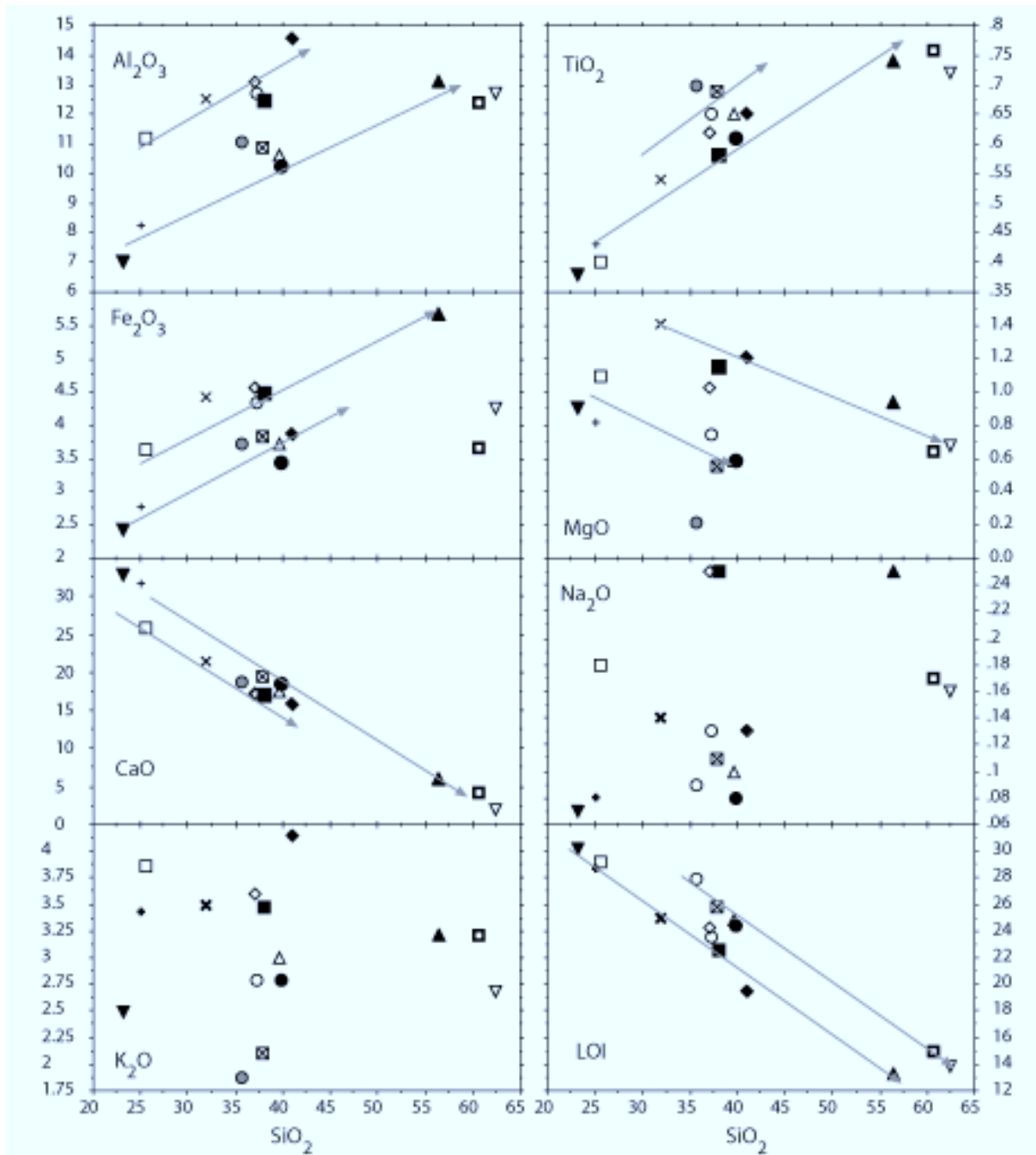


Figura 1. Diagramas de variación sílice frente a elementos mayoritarios donde se observan dos tendencias de composición. Datos procedentes del yacimiento neolítico de Mendandia (Treviño, Burgos)

cierto interés dentro del estudio arqueométrico de las cerámicas. Es obvio que en las diferentes épocas históricas y en las diferentes culturas el nivel técnico difiere notablemente, variando la manera de preparar las pastas y variando igualmente la forma cocer dichas pastas.

En este sentido, la mineralogía determinada mediante difracción de rayos x puede aportar información sobre las temperaturas de cocción en

base a las transformaciones en estado sólido que sufren los minerales presentes en el barro primario en función de las temperaturas alcanzadas. Así la presencia o ausencia de los mismos pueden ser en cada caso indicadores de la temperatura máxima o mínima que sufrieron las diferentes piezas. Además en los casos en que la composición química, es decir la mineralogía primaria, y las temperaturas alcanzadas sean las adecuadas se pueden

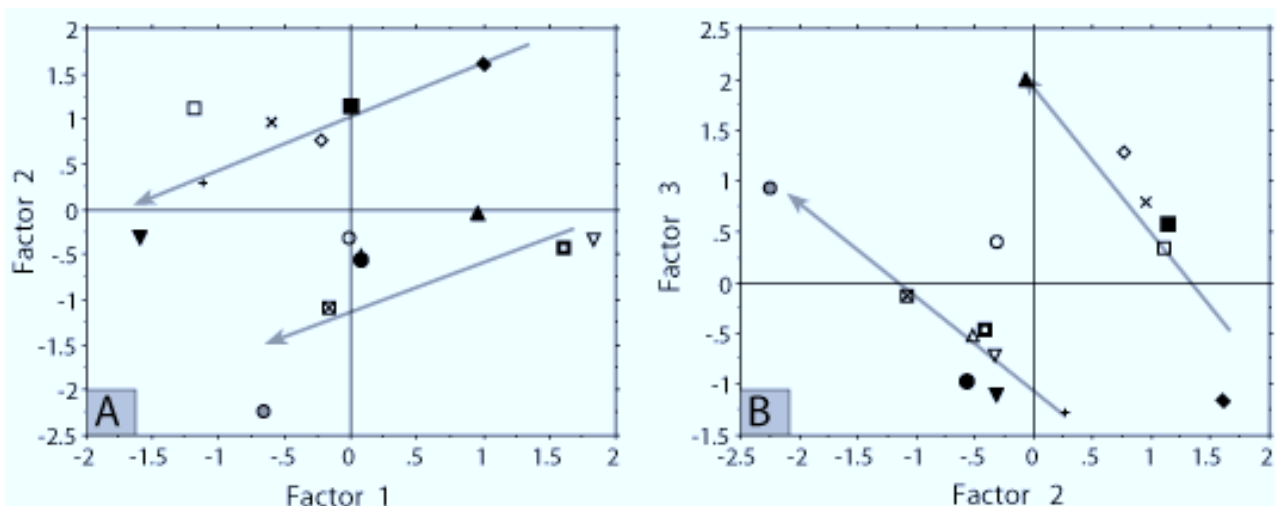


Figura 2. Los mismos datos que en la figura 1, a los que se les ha aplicado un análisis de componentes principales. Obsérvese las dos tendencias de variación composicional.

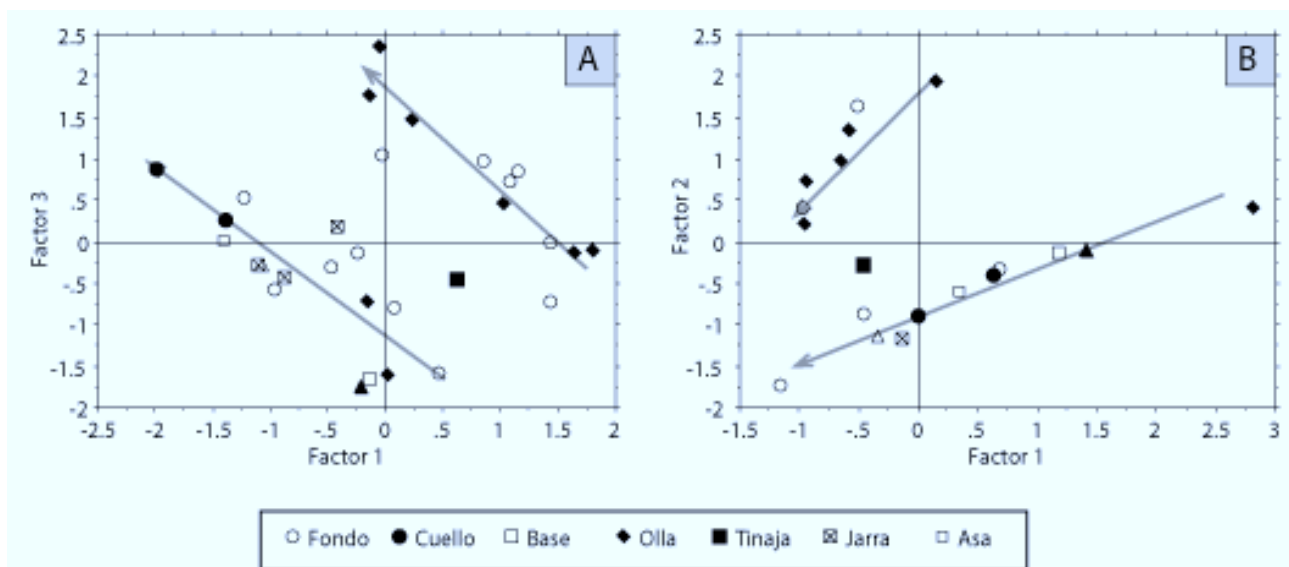


Figura 3. Análisis de componentes principales de las cerámicas procedentes del yacimiento correspondiente al despoblado de Legardagutxi. Obsérvese la existencia de dos pautas de variación composicional.

producir procesos de neoformación de minerales. Estos minerales neoformados también serán indicativos de temperatura de cocción.

A continuación se describen algunos casos de minerales indicativos de temperatura.

En las cerámicas carbonatadas los minerales significativos son los carbonatos, fundamentalmente la calcita que es el mineral más frecuente. Este mineral permanece estable hasta 750° C (MARITAN, 2004; CULTRONE *et al.*, 2001) si la cocción de la cerámica se ha realizado en condiciones de atmósfera oxidante, mientras que en condiciones de atmósfera reductora no se desestabiliza

hasta alcanzar los 1200° C (WEST, 1999; Figura 6). En algunas ocasiones se puede reconocer mediante el microscopio el comienzo de la reacción de desestabilización de la calcita, dando lugar a coronas de reacción tal y como se ha observado en el yacimiento de La Hoya, Castillo de Henayo o Peñas de Oro entre otros (7E y 7F) o como observa en sus trabajos experimentales SHOVAL *et al.* (1993). En este caso tendremos un indicador de temperatura de cocción mínima alcanzada.

No obstante, el reconocimiento de la existencia antigua de carbonatos y su desaparición, no significa necesariamente que la temperatura de



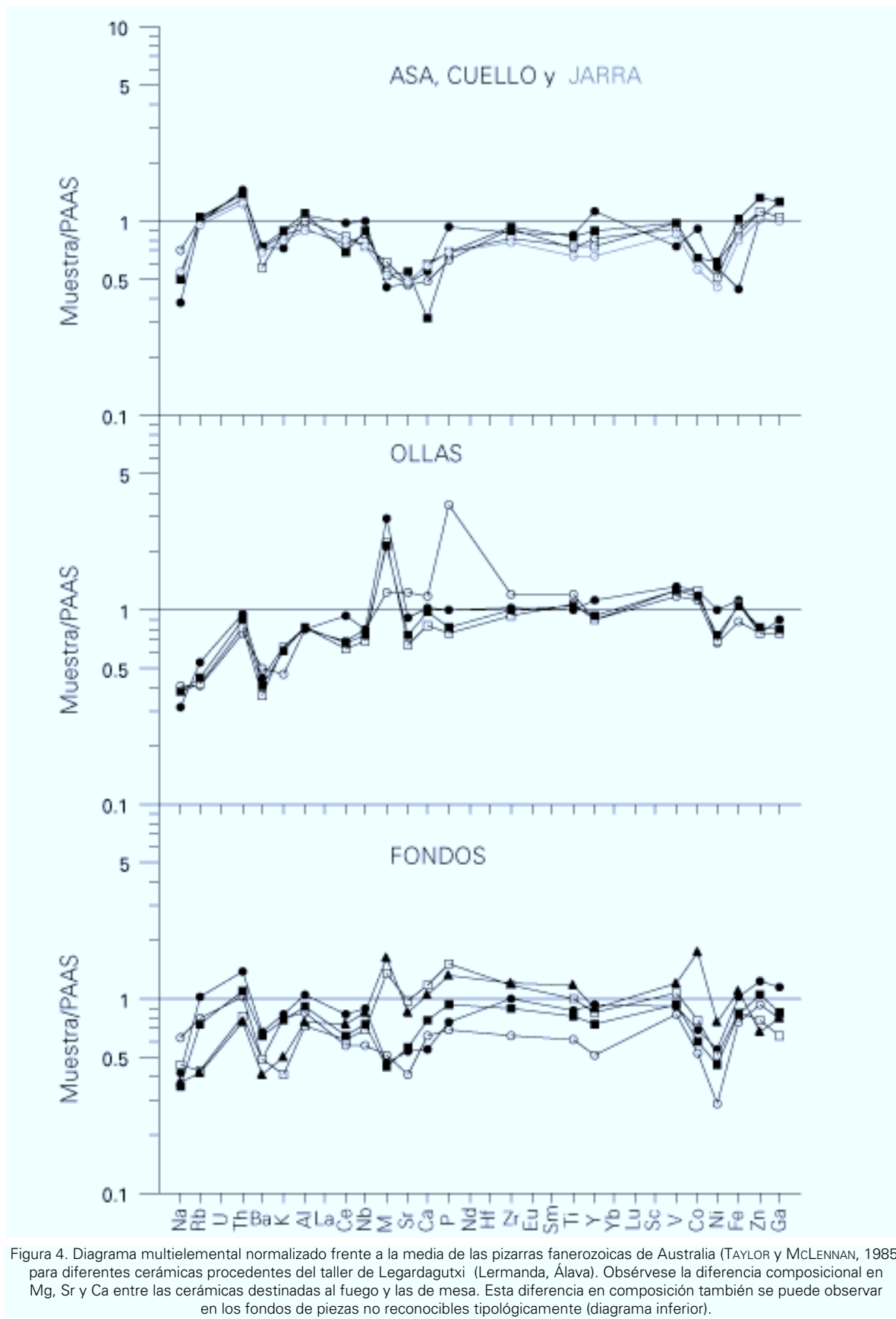


Figura 4. Diagrama multielemental normalizado frente a la media de las pizarras fanerozoicas de Australia (TAYLOR y MCLENNAN, 1985) para diferentes cerámicas procedentes del taller de Legardagutxi (Lermanda, Álava). Obsérvese la diferencia composicional en Mg, Sr y Ca entre las cerámicas destinadas al fuego y las de mesa. Esta diferencia en composición también se puede observar en los fondos de piezas no reconocibles tipológicamente (diagrama inferior).

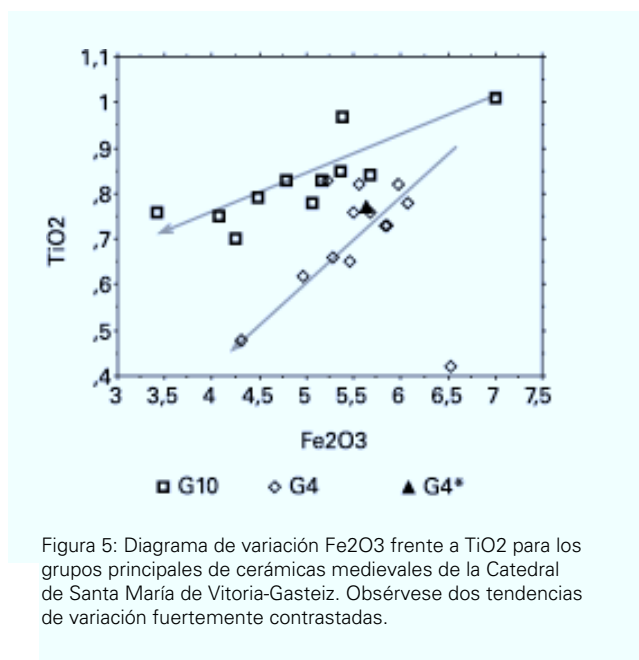


Figura 5: Diagrama de variación Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> frente a TiO<sub>2</sub> para los grupos principales de cerámicas medievales de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz. Obsérvese dos tendencias de variación fuertemente contrastadas.

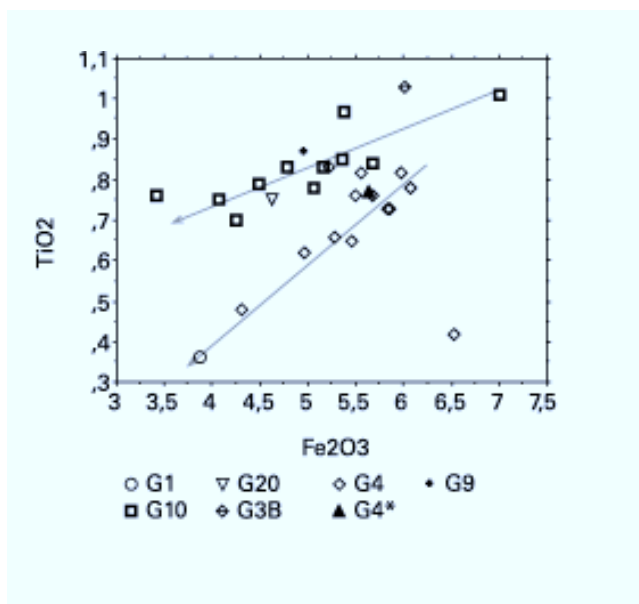


Figura 6: Diagrama de variación Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> frente a TiO<sub>2</sub> en el que se incluyen otros grupos de cerámicas del mismo yacimiento de la Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz (Álava). Obsérvese como los nuevos grupos de cerámicas se integran en las tendencias de variación marcadas por los grupos principales.

las piezas haya superado la temperatura de la decarbonatación de la calcita, o disgregación del CO<sub>3</sub>Ca en CaO + CO<sub>2</sub>. En ocasiones la existencia de estos fantasmas es debido a procesos relacionados con el soterramiento de las cerámicas (ver apartado Procesos secundarios).

Por otro lado, a alta temperatura la calcita puede reaccionar en estado con las micas y como consecuencia generar la neoformación gehlenita mediante la siguiente reacción: *illita + calcita* → *gehlenita*. La temperatura estimada para que esta reacción se verifique es a partir de los 800° C, por tanto la presencia de gehlenita es indicativa de que se ha superado esta temperatura (Figura 7). Las cerámicas del yacimiento de Los Cascajos (Los Arcos, Navarra) es un caso representativo de los muchos encontrados.

En cerámicas no carbonatadas se puede valorar la temperatura en base a distintos minerales. Entre estos están las micas cuya desestabilización total se produce a 850° o 925° C en función de la atmósfera de cocción reductora u oxidante respectivamente. La desestabilización de estos minerales se produce por la difusión de elementos situados en posición intercapa y queda reflejado por la ausencia del pico correspondiente al plano basal (001). Este hecho sería indicativo de que la temperatura mínima alcanzada durante la cocción de las piezas correspondería a 800° C (Figura 8). Este indicador es válido prácticamente para cualquier tipo de cerámica, ya que las micas están presentes en la mayor parte de los barros cerámicos. No obstante, las micas como mineral índice de temperatura deben ser consideradas con cierta precaución, ya que su ausencia no siempre es atribuible a la desestabilización por efecto de la cocción sino por la ausencia en los barros primarios (como es frecuente en las cerámicas de caolinitas)

Así mismo, los óxidos de hierro pueden utilizarse como minerales índice de temperatura ya que son muy frecuentes en la mayor parte de las muestras. Según como haya sido el tipo de cocción, en atmósfera oxidante o reductora, se formará hematites o maghemita respectivamente (Figura 8). La temperatura estimada para la formación de los mismos es a partir de 750° C (MARITAN, 2004; CULTRONE *et al.*, 2001). Las piezas estudiadas procedentes del yacimiento de Santa María de Estarraona de la Edad del Bronce son un ejemplo ilustrativo de este caso.

Otros indicadores mineralógicos de temperatura son las asociaciones minerales, es decir la presencia de varios minerales a la vez. En este sentido, la asociación diópsido (piroxeno)-anortita (plagioclasa) en las cerámicas constituye otro ejemplo de reacción en estado sólido (Figura 8). Esta asociación se forma a partir de aproximadamente 900° C y permanece estable hasta altas temperaturas, llegando hasta la fusión (DEER *et al.*, 1992).

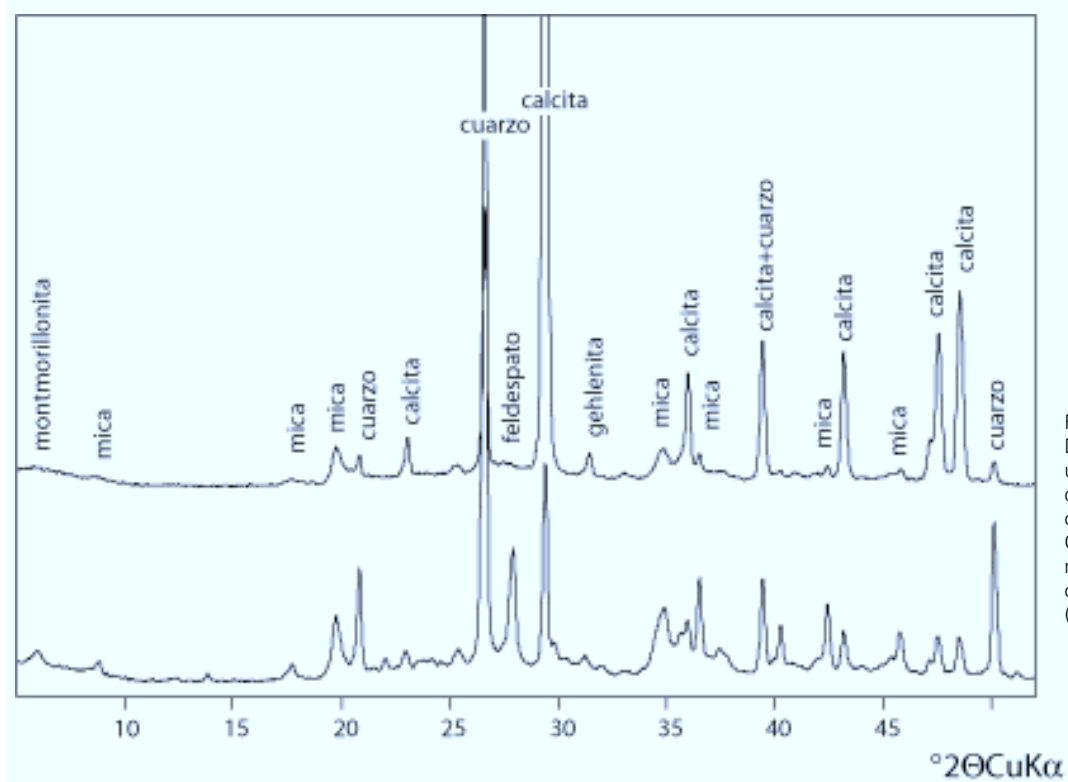


Figura 7. Difractograma tipo de una cerámica con desgrasantes carbonatados. (inferior). Cerámica con gehlenita neoformada durante la cocción de la pieza (superior).

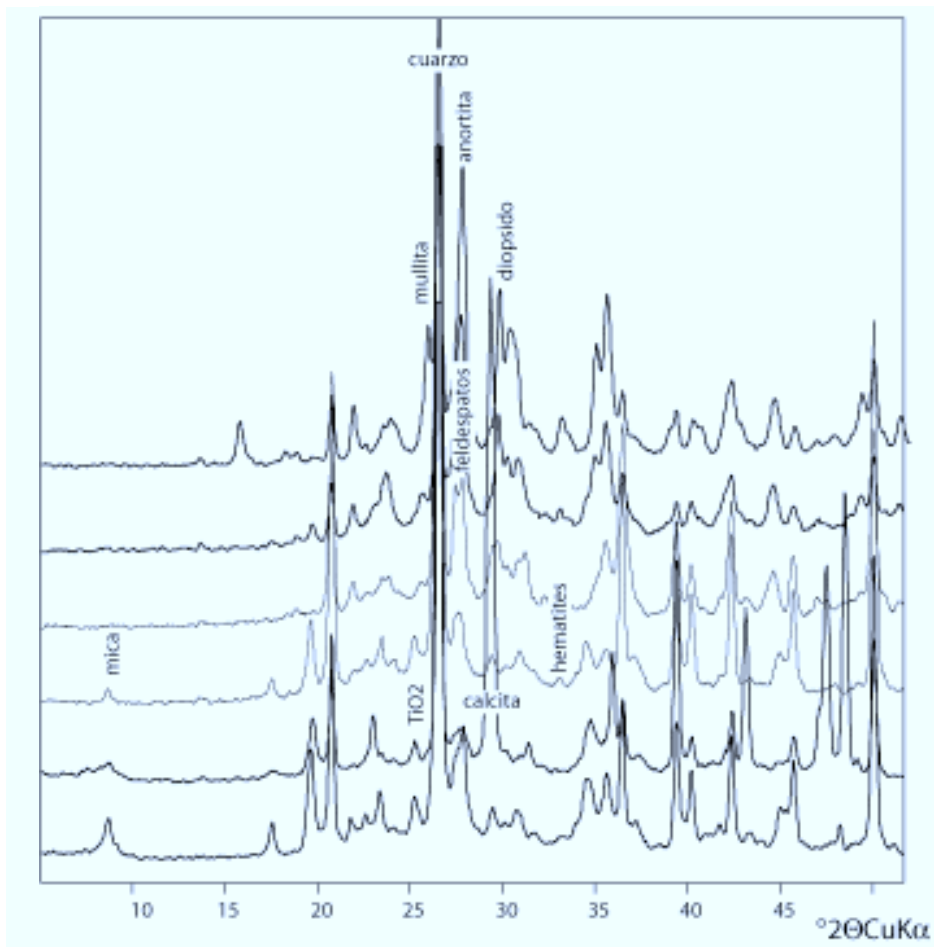


Figura 8. Difractogramas de cerámicas no carbonatadas vidriadas.

Este tipo de reacciones en estado sólido que son indicativas de temperaturas de cocción superiores 900° C han sido determinadas fundamentalmente en algunas cerámicas vidriadas. Se pueden reconocer dos asociaciones minerales diferentes (i) la asociación diópsido–anortita + micas, donde la desestabilización total de la mica no se ha completado, indicando temperaturas en el entorno de 950° C (MARITAN, 2004; CULTRONE *et al.*, 2001) y (ii) la asociación diópsido–anortita + mullita (con la ausencia total de micas), donde la presencia de mullita es clave por formarse a temperaturas superiores a 1100° C (MARITAN, 2004; CULTRONE *et al.*, 2001).

Estas dos asociaciones se han encontrado en diferentes muestras procedentes de la excavación la Catedral de Santa María en Vitoria-Gasteiz (Figura 9). En cualquier caso corresponde a cerámicas que tienen un origen foráneo (SOLAUN, en prensa), y que por las temperaturas estimadas y sobre todo por las características químico-mineralógicas corresponde a procedencias diferentes (ORTEGA *et al.*, en prensa).

### SELECCIÓN DE LOS BARROS CON FINES ESPECÍFICOS

La selección de los barros a la hora de elaborar cerámicas para diferentes usos, piezas en contacto con el fuego, vajilla de mesa o contenedores de líquidos, se ha constatado bien por estudios etnográficos (GARCIA, en prep) bien por estudios arqueológicos. Este hecho, se ha confirmado en varios yacimientos estudiados. Sin duda, es interesante cotejarlo en aquellos yacimientos que representan talleres de elaboración de cerámicas, y que por tanto presentan firmas no modificadas por la utilización intensiva de los materiales.

En este sentido, vamos a considerar los materiales procedentes del despoblado de Legardagutxi (Álava) y que proceden de un antiguo taller de elaboración de cerámica (DOMINGUEZ Y 1998). Dichos autores han descrito diferentes sectores, donde el sector O, donde se han encontrado fragmentos de cerámicas muy variadas, se ha interpretado como escombrera o lugar donde se apilaban los desechos de la producción, unas ve-

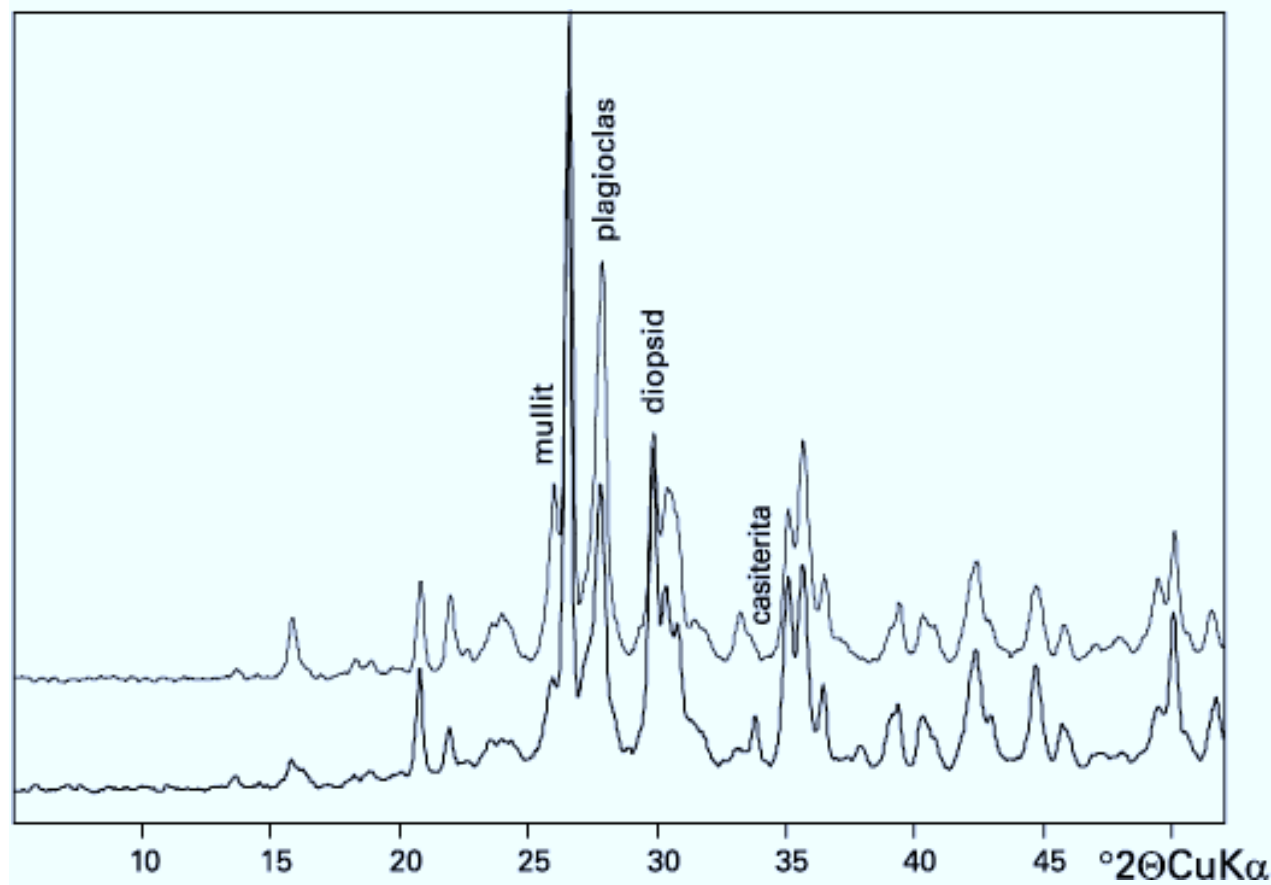


Figura 9. Difractogramas de cerámicas no carbonatadas. En sentido ascendente difractogramas representativos de cerámicas con mayor grado de temperatura de cocción en función de las fases que desestabilizan y/o se neoforman

ces porque se sobrepasan las piezas de cocción y otras veces porque se produce la rotura de las mismas. Las dos tendencias observadas en la figura 3 y asignadas a diferentes procedencias de los barros, se han interpretado como selección de barros con fines específicos.

Considerando las tendencias composicionales y la naturaleza de las piezas podemos establecer que una procedencia se utiliza preferentemente para la elaboración de las piezas que se destinan al fuego, mientras que en la otra tendencia se integran las cerámicas que son preferentemente utilizadas como contenedores de líquidos.

### PROCESOS SECUNDARIOS (SOTERRAMIENTO-ALTERACIÓN)

Dado que numerosas cerámicas y yacimientos aparecen bajo tierra, otro aspecto interesante a analizar es el estudio de las modificaciones texturales y mineralógicas producidas durante el soterramiento. Estas modificaciones no deben confundirse con ningún aspecto tecnológico, ni relacionados con la intencionalidad en su elaboración, ni del uso dispensado a dichas cerámicas. En algunos casos las transformaciones son tan importantes que si no se tienen en cuenta pueden alterar por completo las conclusiones del estudio.

Estos procesos se deben a la acción del agua del subsuelo que provoca la alteración y modificación de la textura y mineralogía de las cerámicas.

Uno de los procesos de soterramiento más frecuentemente reconocido corresponde a una carbonatación tardía debido a la precipitación de bicarbonato cálcico relacionado con reacciones de disolución-precipitación de carbonato. De modo que, con frecuencia, estos carbonatos no se pueden observar mediante el microscopio petrográfico, pero que sí se detecta mediante difracción de rayos x. Este tipo de proceso se han observado, entre otros, en el yacimiento de Santa María de Estarrona (Álava) que es un depósito en hoyo de la edad del Bronce (ORTEGA *et al.*, en prensa b).

Otros procesos secundarios corresponden a la alteración y modificación de la mineralogía primaria de los barros y de las pastas utilizadas en la elaboración de las cerámicas. OLAETXEA (1994) presenta cómo algunas cerámicas que han estado enterradas en suelos ácidos, con pH inferiores a 4.5 han sufrido procesos de alteración importantes provocando un grave problema en la conservación

de los materiales arqueológicos. En estos casos rara vez se encuentran huesos, cerámicas y otros materiales de interés. En el caso de las cerámicas tanto se encuentran fantasmas de calcita en las láminas delgadas (Foto 7F) resultado de la disolución de la misma.

La presencia y ausencia de estos carbonatos debe ser considerada detenidamente ya que tiene implicaciones sobre las temperaturas de cocción alcanzadas. En este sentido la presencia de carbonatos postdeposicionales nos puede hacer deducir que la temperatura no han sido superiores a 700 °C, o que sí han sido superadas.

Otro caso diferente lo constituye la presencia de montmorillonita en las cerámicas arqueológicas. Este mineral es un mineral de la arcilla frecuente en los suelos y su presencia en las cerámicas es impensable ya se destruye a temperaturas inferiores a 500° C. Estas temperaturas son siempre inferiores a las alcanzadas por la totalidad de las cerámicas y por tanto su presencia sólo puede ser explicada por un proceso de alteración postdeposicional. Un ejemplo de la presencia de este tipo de alteración lo encontramos en las cerámicas procedentes del yacimiento de Peracho (Cripán, Álava) (ORTEGA *et al.*, en prensa b).

### MODIFICACIÓN DE LA COMPOSICIÓN POR EL USO INTENSIVO

El uso intensivo de las cerámicas hace que en ocasiones la composición química de éstas se vea modificada por el efecto de lavado y precipitación de algún componente en los alimentos que contienen. Este es el caso de las cerámicas que se someten al fuego a la hora de elaborar la comida. Con frecuencia las cerámicas que se someten de forma continuada al hervor de agua presentan un significativo enriquecimiento en calcio y magnesio, cationes disueltos en abundancia en el agua y que son los que configuran la dureza de la misma. Del mismo modo, con frecuencia estas cerámicas se encuentran enriquecidas en fósforo como consecuencia de la cocción de carnes y pescados. Este hecho ha sido referido con frecuencia. Dentro de las cerámicas medievales estudiadas en las excavaciones de la Catedral de Santa María de Vitoria o en la Manzana II se han encontrado diferencias significativas para el mismo grupo de pastas según la morfología y el uso de las piezas (figura 10).

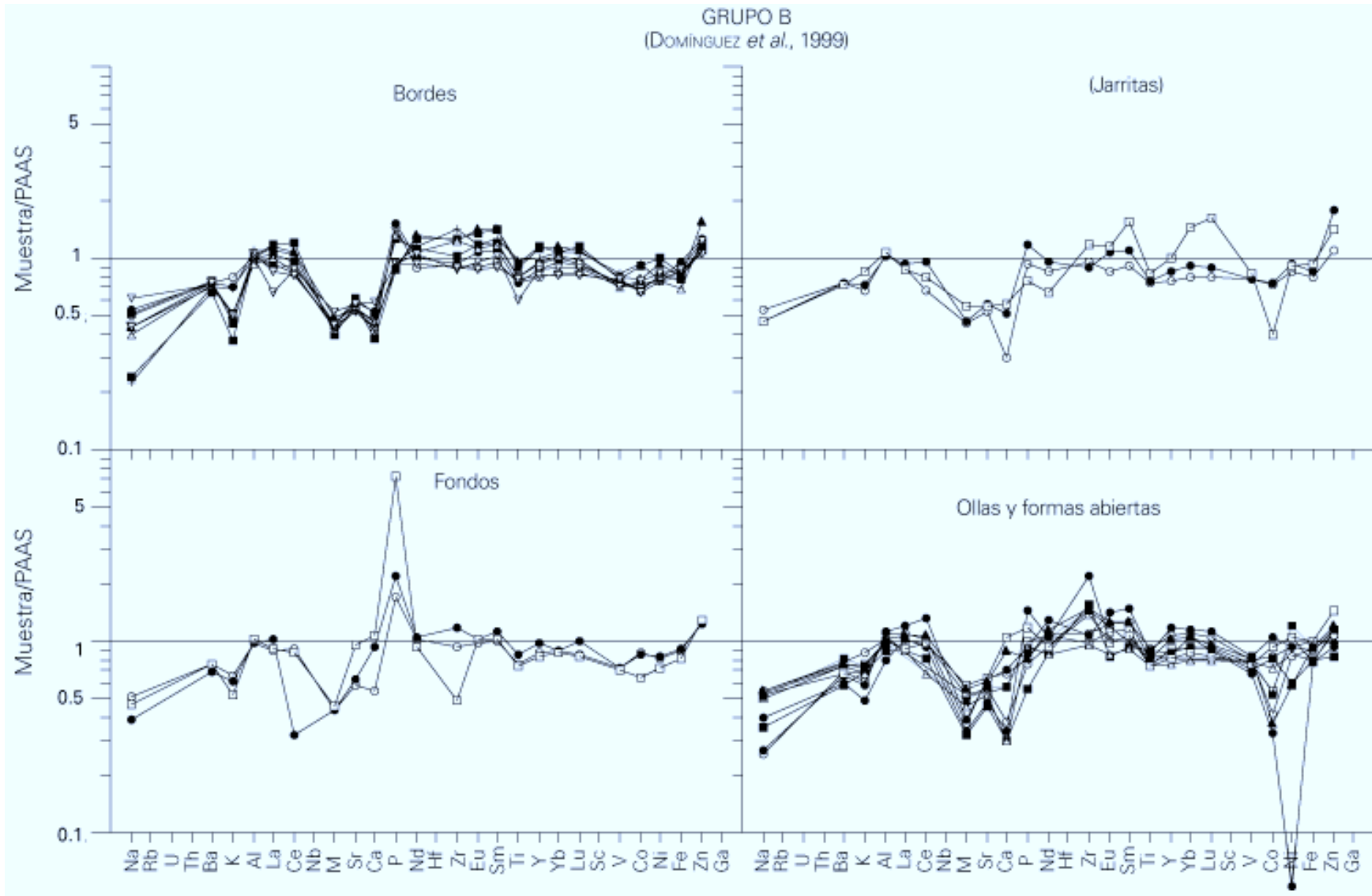
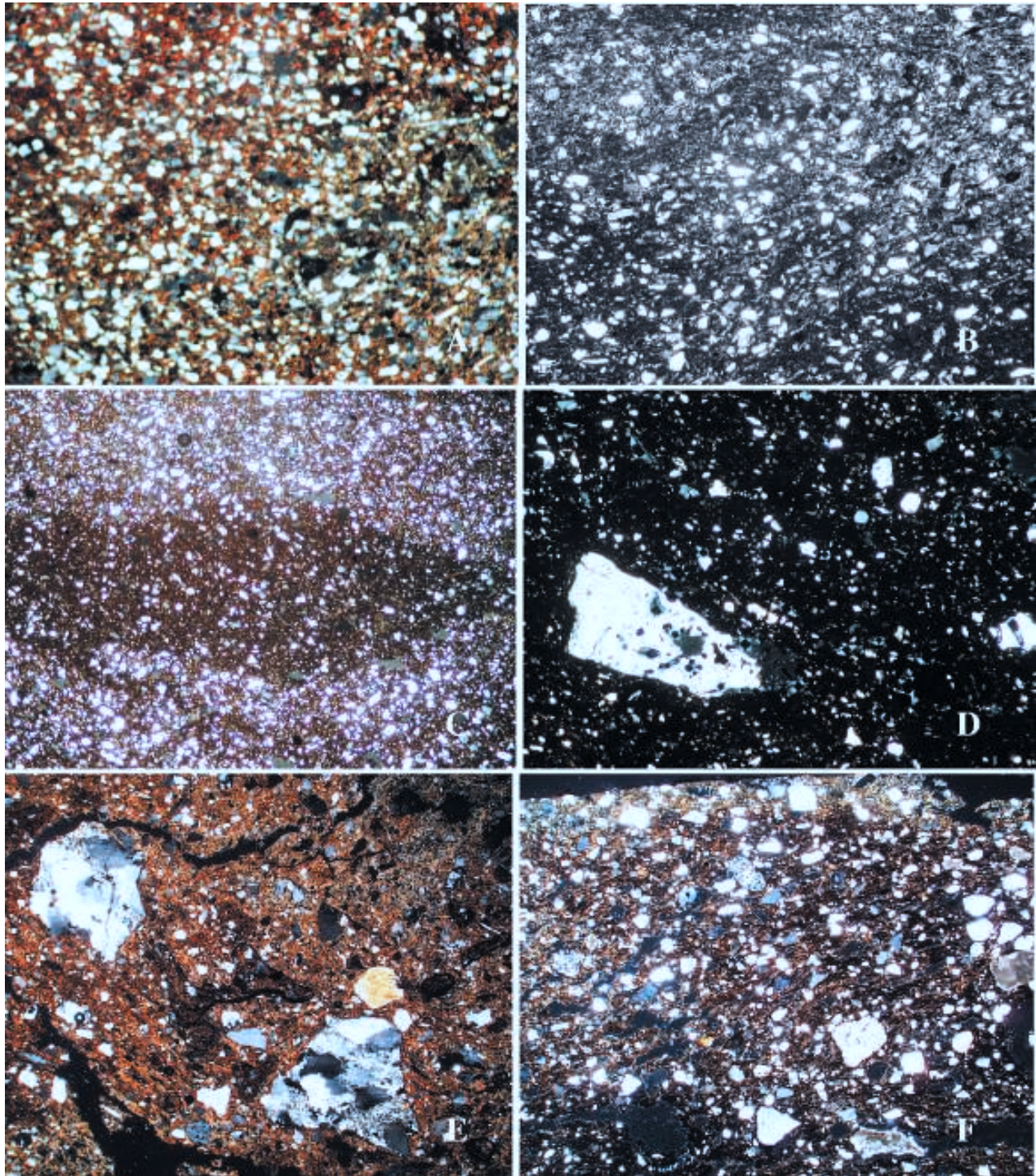
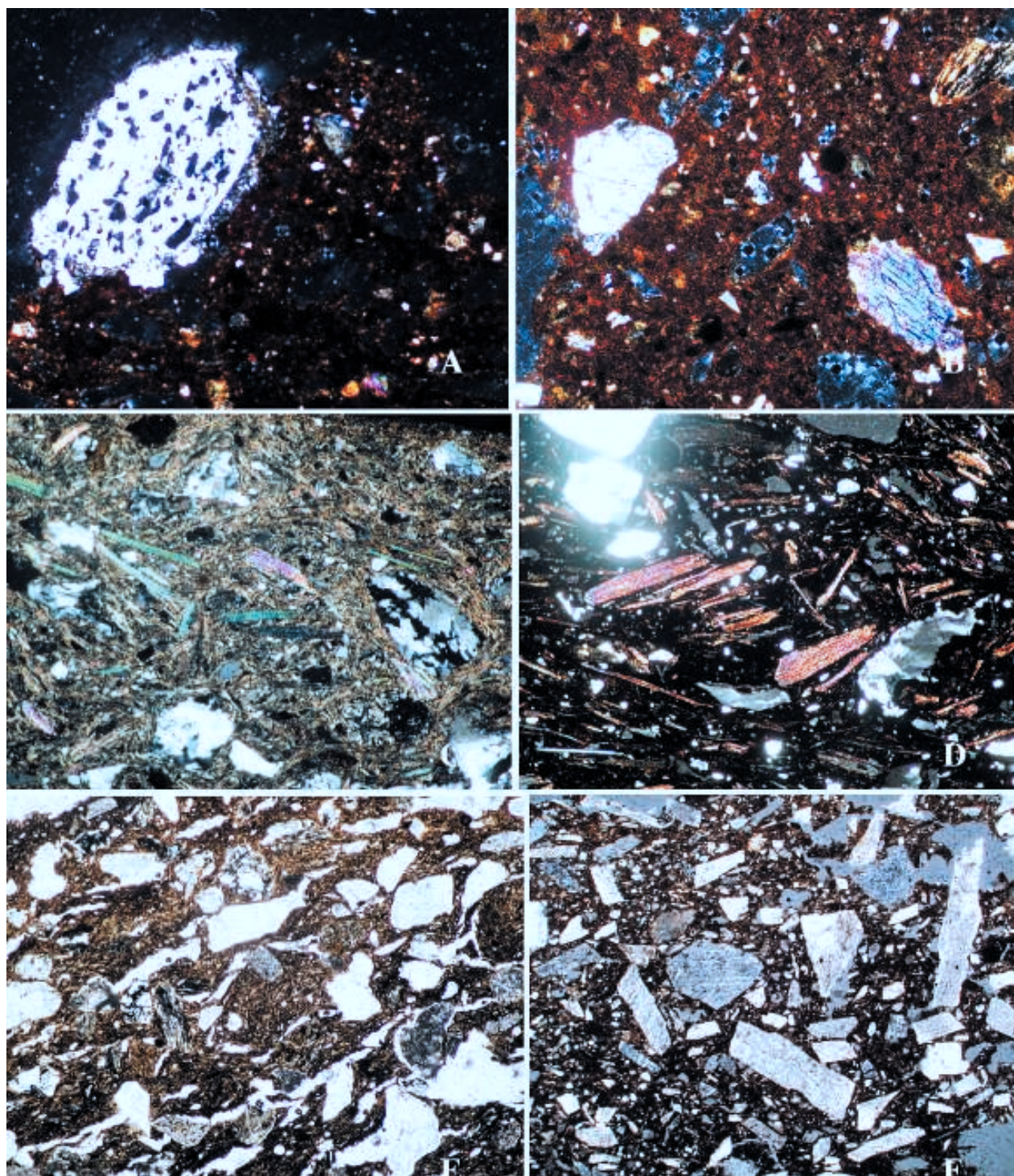


Figura 10. Diagrama multielemental normalizado frente a la media de las pizarras fanerozoicas de Australia (TAYLOR y McLENNAN, 1985) para diferentes cerámicas procedentes de la Catedral de Santa María de Vitoria (Álava). Obsérvese la diferencia composicional entre las cerámicas utilizadas para cocina al fuego y las de mesa. Estas diferencias son más significativas cuando se consideran los fondos.

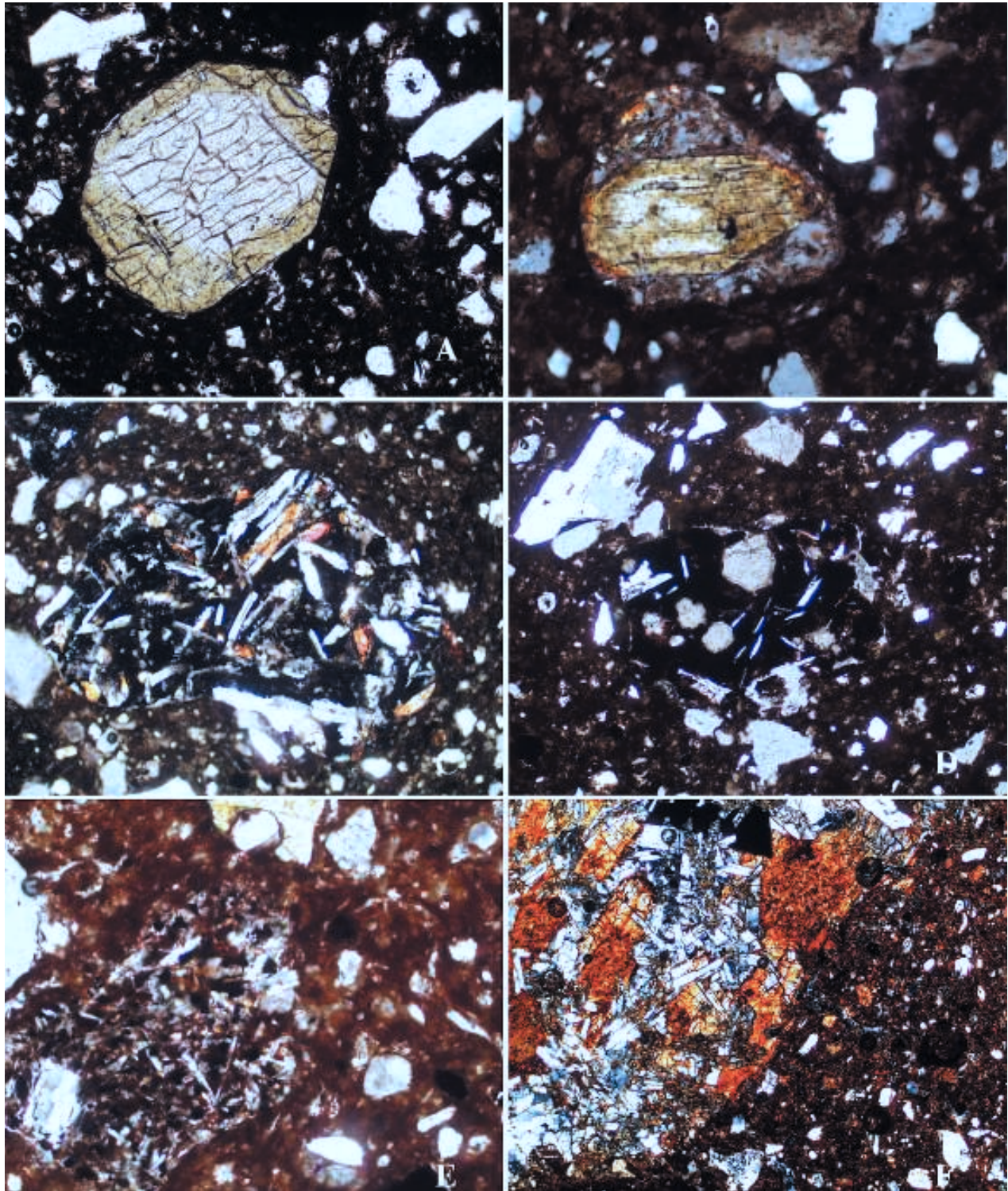


Plancha 1. Microfotografías de láminas delgadas de pastas cerámicas muy finas procedentes de diferentes yacimientos arqueológicos de épocas variadas. Se interpretan como barros procedentes de cuencas fluviales de inundación. **1A**: Cerámica de Castillo de Henayo (Alegría, Álava). **1B**: Arcilla procedente de la formación Utrillas (Cretácico medio) depositada en un ambiente fluvial. **1C**: Cerámica de Legardagutxi (Lermanda, Álava) con un cordón central reflejo de condiciones de cocción reductoras, donde la materia orgánica no se ha llegado a oxidar. **1D**: Cerámica de Rivavellosa (Álava) con cuarzos autigénicos de gran tamaño. **1E** y **1F**: Cerámicas de Mendandía (Treviño, Burgos), con desgrasantes gruesos en una matriz fina, y con desgrasantes naturales muy redondeados, respectivamente.

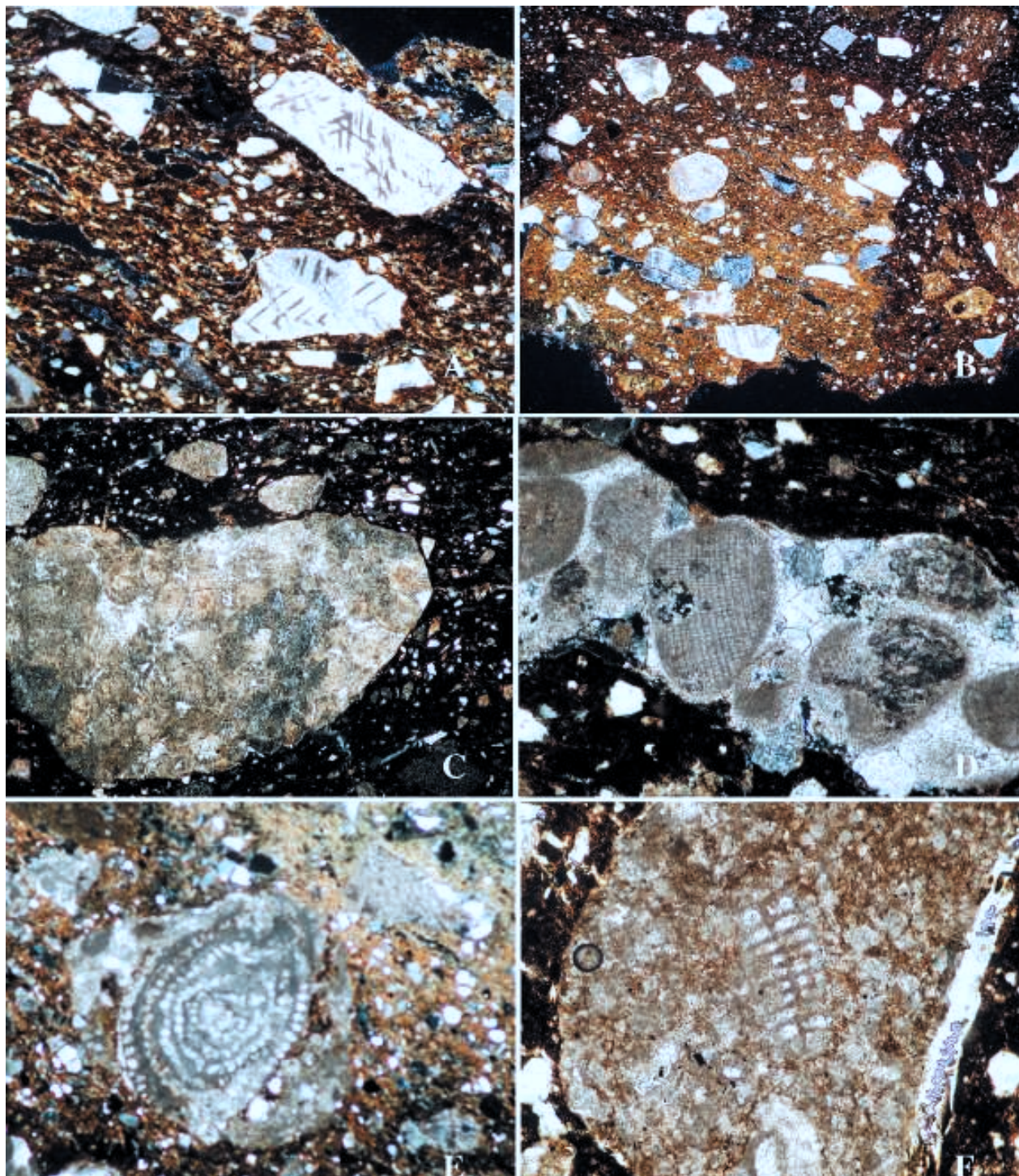


Plancha 2. Aspectos petrográficos de detalle de diferentes cerámicas **2A**: Cuarzo autigénico en cerámicas de Intxur (Tolosa-Albiztur, Guipúzcoa) procedente de materiales del Triás próximo al yacimiento. **2B**: Piroxenos procedentes de las ofitas presentes en el Triásico en cerámicas del yacimiento de Intxur. **2C**: Cerámicas del yacimiento Manzana II (Vitoria-Gasteiz) formadas por una pasta micácea muy rica en moscovita y fragmentos de milonitas. **2D**: Otra cerámica del mismo yacimiento de pasta micácea pero muy rica en biotita con fragmentos de milonitas y de rocas graníticas. **2E**: Cerámica de Santa María la Real (Zarautz, Guipúzcoa) con desgrasantes naturales muy redondeados y otros angulosos. **2F**: Desgrasantes carbonatados añadidos de calcita espática, en cerámica procedente de Castillo de Henayo (Alegria, Álava).

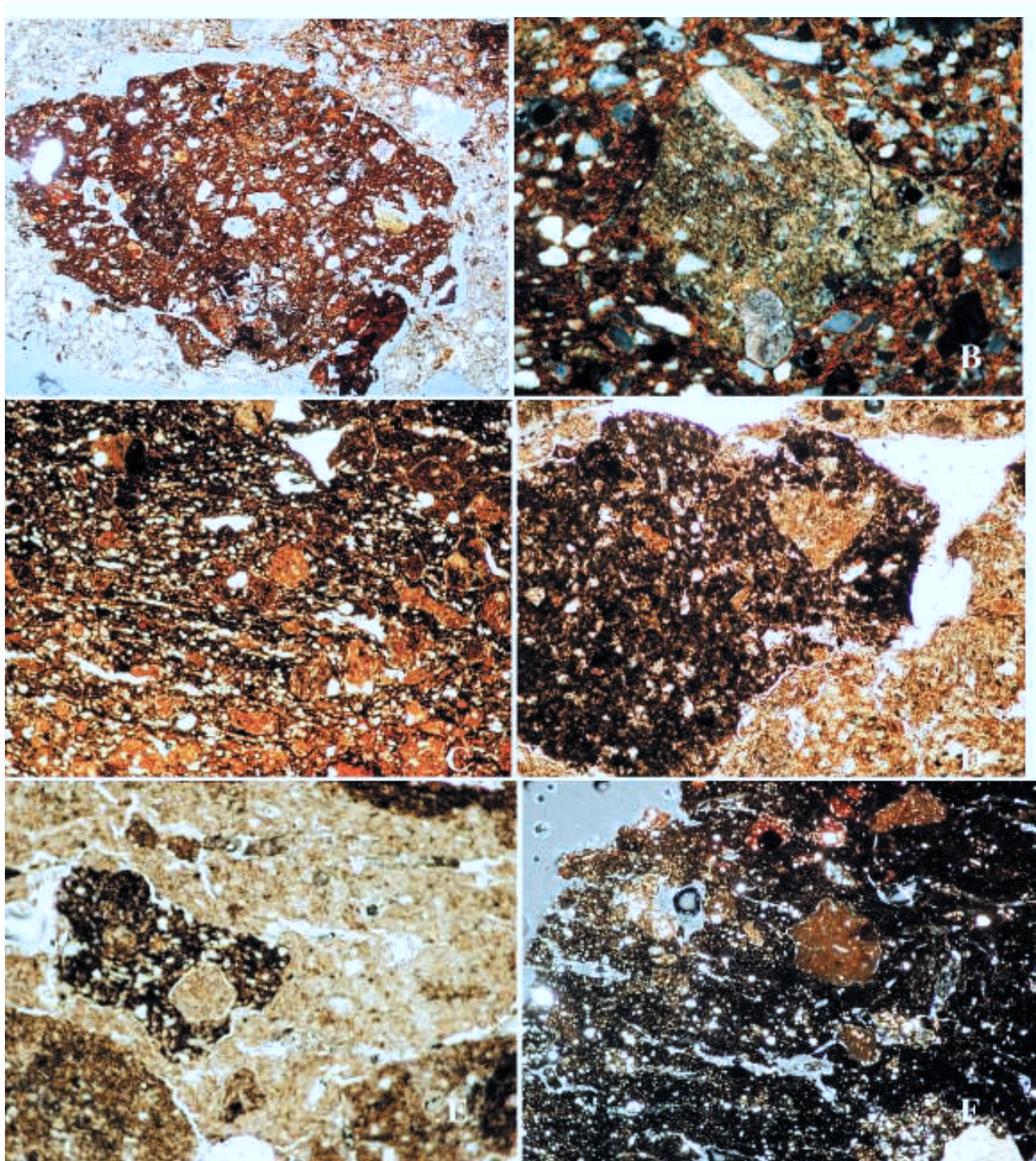




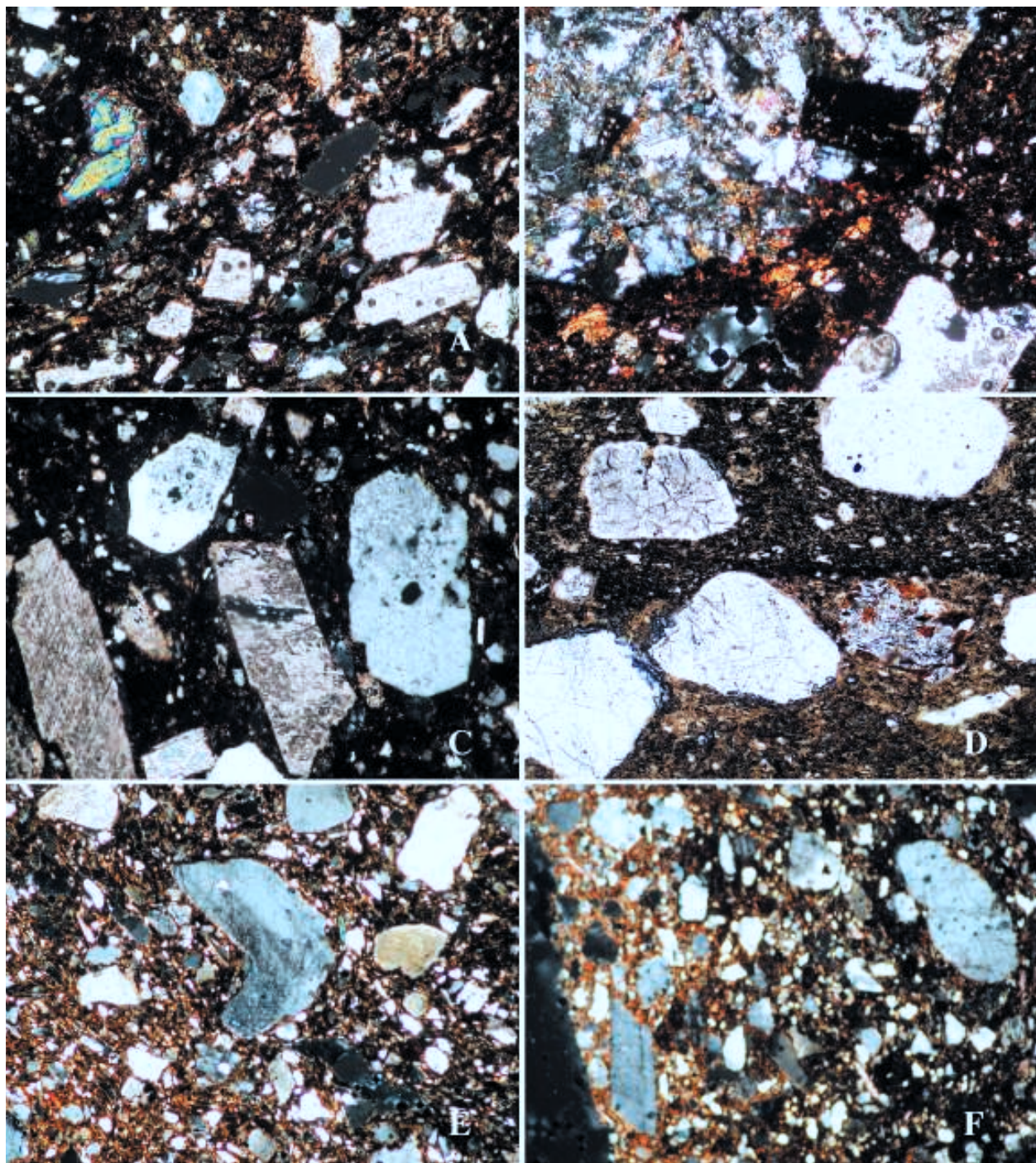
Plancha 3. Naturaleza de los diferentes tipos de desgrasantes ígneos. **3A** y **3B**: Piroxenos, en cerámicas del yacimiento de Moru (Elgoibar, Guipúzcoa), el segundo incluido en una plagioclasa **3C**, **3D** y **3E**: (mismo yacimiento) fragmentos de rocas volcánicas de diferente naturaleza, mostrando vidrio volcánico y texturas ígneas. **3F**: Fragmento de roca subvolcánica con textura ofítica en una cerámica procedente de Sansol (Muru Astrain, Navarra).



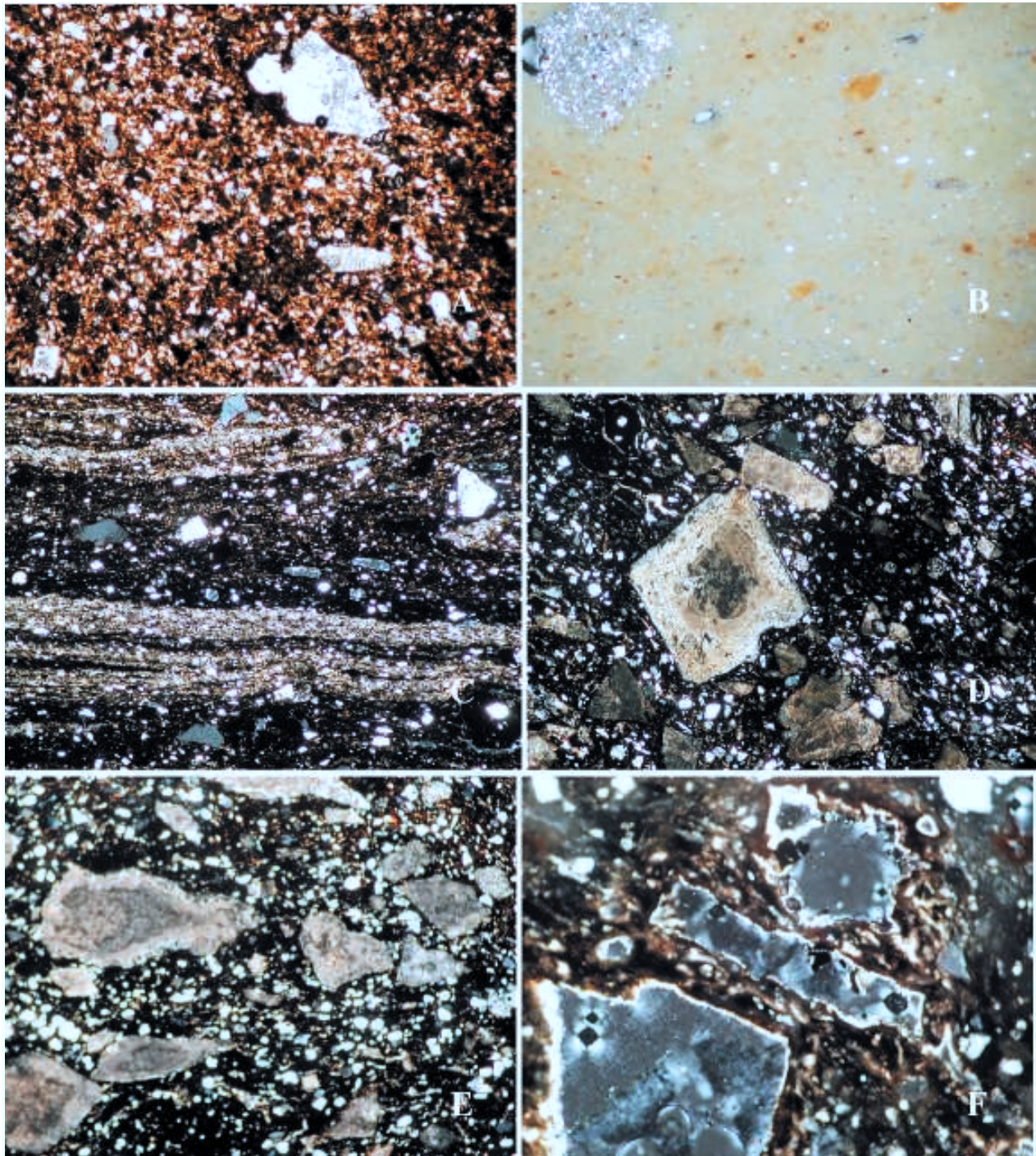
Plancha 4. Naturaleza de los desgrasantes carbonatados añadidos. **4A:** Granos de calcita con crecimiento en drusa en cerámicas del nivel 2 (ca. 6500 BP) del yacimiento de Mendandía (Treviño, Burgos). **4B:** En el mismo yacimiento fragmentos de calcita con el mismo crecimiento en el interior de una chamota en cerámica del nivel 3 (ca. 7200 BP). **4C:** Fragmento caliza peloidal en cerámica procedente de Castillo de Henayo (Alegria, Alava). **4D:** Fragmento de caliza con algas fósiles y micrita recristalizada en cerámica procedente de Castejón de Barbota (Navarra). **4E:** (mismo yacimiento) presencia de un foraminífero bentónico. **4F:** (mismo yacimiento) otro tipo de foraminífero bentónico.



Plancha 5. Aspectos petrográficos de cerámicas mostrando diferentes aspectos de chamotas. **5A**: Chamota correspondiente a una cerámica desgrasada con fragmentos de ofitas, Santa María de Tolosa (Tolosa, Guipúzcoa). **5B**: Chamota desgrasada con carbonatos, Castillo de Henayo (Alegría, Álava) **5C**: Obsérvese la gran densidad de chamotas en el interior de la cerámica, Santa María de Estarrona (Estarrona, Álava). **5D**: Chamotas que incluyen chamotas en el yacimiento de Peracho (Cripán, Álava) **5E**: Chamotas que incluyen chamotas en cerámicas de Santa María de Estarrona (Estarrona, Álava) **5F**: Cerámica con chamotas de diferente naturaleza, en Santa María de Estarrona (Estarrona, Álava).



Plancha 6. Microfotografías mostrando diversos aspectos petrográficos de cerámicas. **6A:** Pasta con piroxenos y como desgrasantes añadido carbonatos en una muestra del Castro de Peñas de Oro (Vitoriano, Álava), **6B:** (Mismo yacimiento) Cerámica con fragmentos de subofitas y como desgrasante añadido carbonatos. **6C:** (Mismo yacimiento) Cerámica con Jacintos de Compostela y como desgrasante añadido carbonatos. **6D:** Granos de arena muy redondeados en una cerámica de época romana (Oiasso, Irún, Guipúzcoa). **6E:** Feldespato con geometría redondeada adquirida durante el ciclo sedimentario y con geometría en forma de "L" posiblemente provocada por la trituration mecánica del barro (Ecce Homo, Alcala de Henares, Madrid). **6F:** (Mismo yacimiento) feldespatos y cuarzoes muy redondeados junto con un fragmento de feldespato muy anguloso, posiblemente fracturado por acción mecánica del batido del barro.



Plancha 7. Microfotografías mostrando diversos aspectos petrográficos de cerámicas. **7A**: Cerámica de la Edad del Hierro elaborada con un barro decantado (Ecce Homo, Alcalá de Henares, Madrid). **7B**: Pasta decantada correspondiente a una cerámica vidriada de importación del yacimiento de Santa María de Vitoria (Vitoria, Álava). **7C**: Defecto de amasado en una cerámica de Rivavellosa (Álava). **7D**: Desestabilización incipiente de los carbonatos añadidos en una cerámica de Castillo de Henayo (Alegria, Álava) **7E**: Otro ejemplo de desestabilización incipiente de los carbonatos añadidos en una cerámica del poblado de La Hoya (Laguardia, Álava). **7F**: Fantasmas o huellas dejadas por los carbonatos (calcita espática) tras su disolución (Castillo de Henayo, Alegria, Álava).

## CONSIDERACIONES FINALES

El estudio arqueométrico de las cerámicas nos aporta más información que la que se puede extraer directamente del estudio de los materiales. De modo que las inferencias culturales son posibles considerando el momento y lugar en el que las cerámicas han sido creadas, mediante el estudio de series productivas y el conocimiento de las producciones en amplias regiones y de diferentes épocas históricas.

En este sentido la determinación de algunos orígenes de cerámicas y su presencia en lugares más o menos distantes de su posible zona de producción es indicativo de una actividad comercial o de intercambio o bien de migración de poblaciones. Estas hipótesis deben ser evaluadas en función de varios parámetros arqueológicos y arqueométricos.

La presencia de cerámicas en áreas distantes de su producción se han encontrado en múltiples de los casos estudiados y desde épocas muy tempranas. En el yacimiento Eneolítico de Los Cascajos (Los Arcos, Navarra) se han encontrado cerámicas desgrasadas con ofitas, similares a las producidas en los yacimientos de la Cuenca de Pamplona.

De igual modo, se pueden establecer pautas de distribución de cerámicas por la presencia de algún tipo concreto de pieza en un amplio entorno

geográfico, y de la cual se ha podido establecer el origen probable. Este es el caso descrito por SOLAUN (en prensa) para las cerámicas del grupo 10.

Igualmente este autor señala piezas que corresponden a diferentes tipos de cerámicas, pero que han sido elaborados por pastas idénticas, tanto desde el punto de vista petrográfico como desde el punto de vista químico.

## CONCLUSIÓN

Hasta donde llega nuestro entender, el estudio de las cerámicas arqueológicas constituye una cierta labor detectivesca, donde es difícil tomar atajos, donde no se puede obviar ninguna técnica de estudio y por último y más importante, en el estudio de las cerámicas nunca sabemos que información (útil) podremos obtener, si es que al final podemos sacar alguna información de cierto interés.

En los apartados anteriores hemos hecho un bosquejo de cual es la información que se puede llegar a obtener del estudio de las cerámicas, pero debemos recordar que este tipo de información requiere un cierto grado de fortuna, un trabajo riguroso y una colaboración fluida entre especialistas de diferentes áreas de conocimiento; no sólo entre arqueólogos y geólogos, sino también dentro de estas ramas del saber entre miembros de sus respectivas especialidades.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALDAY, A & MUJICA, J. A.  
1997 Nuevos datos de cronología absoluta concerniente al holoceno medio en el area vasca. Actas del XXIV congreso Nacional de Arqueología. Pp. 95-106. Cartagena.
- ALTUNA, J., MARIEZKURRENA, K., ARMENDARIZ, A., BARRIO, L. DEL, UGALDE, TX. & PEÑALVER, X.  
1982 Carta arqueológica de Guipúzcoa. *Munibe* 34, 12-42 + cartografía. San Sebastián.
- AROSTEGUI, A; IRABIEN, M.J., SANGÜESA, J. & ZULUAGA, M.C.  
1998 La Formación Utrillas en el borde sur de la cuenca vasco-cantábrica: aspectos estratigráficos, mineralógicos y genéticos. *Estudios Geológicos*. 56, 215-267.
- BISHOP, R.L., RANDS, R.L. & HOLLEY, G.R.  
1982 Ceramic Compositional Analysis in Archaeological Perspective. In: SCHIFFER, ed.: *Advances in archaeological Methods and Theory* 5. Academic Press Inc. P: 275-330.
- CASTIELLA, A.  
1991 Consideraciones sobre el poblado y necrópolis de Sansol (Muru Astráin, Navarra, Navarra). Campaña de 1988. *Trabajos de Arqueología Navarra* 10. pp. 225-287.
- CULTRONE, G., RODRIGUEZ-NAVARRO, C., SEBASTIAN, E., CAZALLA, O. & DE LA TORRE, M.J.  
2001 Carbonate and Silicate Phase Reaction During Ceramic Firing. *European Journal of Mineralogy* 13, 621-634.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J.  
1992 *Rock forming minerals*, Logman Ed. Londres.
- DOMÍNGUEZ, A. & ORTEGA, L.A.  
2001 Caracterización ceramológica de las formas cerámicas de época medieval en el despoblado de Legardagutxi (Álava). *Isturiz* 11: 7-22,

- DOMÍNGUEZ, A., ZULUAGA, M.C. & ORTEGA, L.A.  
1999 Estudio preliminar de la cerámica bajomedieval en Vitoria, a través de la intervención practicada en la Manzana II. *III Congreso Nacional de Arqueometría*, Sevilla
- DOMÍNGUEZ, A., ZULUAGA, M.C. & ORTEGA, L.A.  
2001 Estudio de la cerámica bajomedieval en Vitoria, a través de la intervención practicada en la Manzana II. *Isturiz* 11:23-
- DOMÍNGUEZ, A. & SÁENZ DE URTURI P.  
1997 El despoblado de Legardagtxi (Lermanda, Álava). Aproximación a su estudio ceramológico. *Actas del XXIV Congreso Nacional de Arqueología*. Pp 197-204 Cartagena.
- ÉCHALIER, J.C.  
1984 Éléments de technologie céramique et d'analyse des terres cuites archéologiques. *Documents d'archéologie méridionale, serie "méthodes et techniques vol 3*, 40 pp.
- IBÁÑEZ, A.  
2003 *Entre Menosca e Ipuscua. Arqueología y territorio en el yacimiento de Santa María la Real de Zarautz* (Gipuzkoa), San Sebastián.
- KILKA, T.  
1988 Groupes de reference des poteries Romaines D'Aegerten (Canton de Berne-Suisse): Caracteristiques mineralogiques, Chimiques et techniques. *Revue d'Archeometrie* 12, 71-80.
- LARREA, F.J., OLAETXEA, C, ORTEGA, L.A. & TARRIÑO, A.  
1999 Cerámicas de la Edad del Hierro en Guipúzcoa: aportación de la petrografía acerca de la fuente de las arcillas. In: J CAPEL (Ed.) *Arqueometría y Arqueología* 159-171.
- LARREA, F.J.; OLAETXEA, C.; TARRIÑO, A. & ORTEGA, L.A.  
2000 Análisis petrográfico de cerámicas de la Protohistoria de Álava. *Isturiz* 11.
- LLANOS, A.; APELLANIZ, J.M.; AGORRETA, J.A. & FARIÑA, J.  
1975 El Castro del Castillo de Henayo. Alegria (Álava). Memoria de excavaciones. Campaña de 1969-1970. *Estudios de Arqueología Alavesa*. 8. 87-212.
- MAGGETTI, M.  
1982 Phase analysis and its significance for technology and origin. *Archaeological Ceramic*, 121-133. Smithsonian Institution. USA.
- MARITAN, L.  
2004 Archaeometric Study of Etruscan-Padan Type Pottery from the Veneto Region: Petrographic, Mineralogical and Geochemical-Physical Characterisation. *European Journal of Mineralogy*. 16, 297-307.
- MERCADER, J. GARCÍA-HERAS, M. GONZALEZ-ALVAREZ I.  
2000 Ceramic tradition in the African Forest: Characterisation analysis of ancient and modern pottery from Ituri. D.R. CONGO. *Journal of Archaeological Science* 27: 163-182
- OLAETXEA, C.  
1993 La disolución de los desgrasantes de calcita en las cerámicas de los poblados de la Edad del Hierro en Guipúzcoa. Análisis petrográficos. Implicaciones en cuanto a su conservación. *European Meeting on Ancient Ceramics* 76. Barcelona (Abstract)
- 1995 La disolución de los desgrasantes de calcita en las cerámicas de los poblados de la Edad del Hierro de Guipúzcoa. Análisis petrográficos. Implicaciones en cuanto a su conservación. In *Estudis sobre ceràmica antiga (Proceedings of European meeting on Ancient Ceramics)*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. pp. 95-98.
- 1998 *La tecnología cerámica en la protohistoria vasca*. Tesis doctoral Universidad Complutense de Madrid,
- 2000 La tecnología cerámica en la protohistoria vasca. *Munibe (Antropología - Arqueología)*. Suplemento nº12. Donostia-San Sebastián, 212 pp.
- OLAETXEA, C, LARREA, F.J. & ORTEGA, L.A.  
1999 Análisis tecnológico y petrográfico de cerámicas de Bourges I (Bourges, Francia). Complutum
- OLAETXEA, C., LARREA, F.J., ZULUAGA, M.C. & Y ORTEGA, L.A.  
2001 Caracterización petrográfica de cerámicas protohistóricas elaboradas a mano de Álava. *IV Congreso Nacional de Arqueometría*. Valencia
- OLAETXEA, C; PEÑALVER, X & VALDES, L.  
1990 El Bronce final y la Edad del Hierro en Guipúzcoa y Bizkaia. *Munibe (Antropología-Arqueología)* 42. Donostia San Sebastián. p.161-166.
- ORTEGA, L.A., LARREA, F.J., TARRIÑO, A. Y OLAETXEA, C  
2001a Análisis petrográfico de cerámicas protohistóricas de Guipúzcoa. *Isturiz* 11.
- 2001b Análisis mineralógico y geoquímico de cerámicas de la Protohistoria de Navarra. *Isturiz* 11, 73-91.
- ORTEGA, L.A.; OLAETXEA, C.; TARRIÑO, A. & LARREA, F.J.  
1999 Presencia de desgrasantes añadidos de naturaleza ígnea en cerámicas elaboradas a mano de la Edad del Hierro. In: J CAPEL (Ed.) *Arqueometría y Arqueología*. *Monografía de Arte y Arqueología* 47. pp. 133-142
- ORTEGA, L.A. & ZULUAGA, M.C.  
2005 Estudios petrográfico, mineralógico y geoquímico de materiales cerámicos del yacimiento arqueológico de Mendandia (Treviño). Aportación a la tecnología cerámica en la prehistoria. In: *El campamento prehistórico de Mendandia: Ocupaciones mesolíticas y neolíticas entre el 8500 y el 6400 b.P*
- ORTEGA, L.A. ZULUAGA, M.C & ALDAY, A.  
2003 Petrographic and geochemical evidence for long standing supply of raw materials in Neolithic pottery (Mendandia site, Spain)

ORTEGA, L.A., ZULUAGA, M.C. & ALONSO A.

- e.p. a Resultados de los análisis arqueométricos de laboratorio. En: La cerámica medieval en el País Vasco (siglos VIII-XIII). Sistematización, evolución y organización de la producción. *Colección de patrimonio cultural vasco*; 2.
- e.p. b Reciclado intensivo y movilidad de piezas cerámicas en la Edad del Bronce. Inferencias del estudio de los yacimientos de Santa María de Estarona y de Peracho (Álava)

RADO, P.

- 1990 *Introducción a la tecnología cerámica*. Omega, Barcelona.

RYE, O.S.

- 1981 *Pottery technology. Principles and reconstruction*. Taraxacum Inc. Manuals in Archaeology, Washington

SESMA, J.

- 1999-92 Monte Aguilar (Bardenas Reales). 1988-1989. *Trabajos de Arqueología Navarra* 10, 412-414.
- 1995 Diversidad y complejidad: Poblamiento de Navarra en la Edad del Bronce. *Cuadernos de Arqueología de la Universidad de Navarra* 3, 147-184.

SESMA, J. & GARCÍA, M.L.

- 1993-94 Monte Aguilar (Bardenas Reales de Navarra). Campañas de 1990-1991. *Trabajos de Arqueología Navarra* 11, 276-280.
- 1994 La ocupación desde el Bronce Antiguo a la Edad Media en las Bardenas Reales de Navarra. *Cuadernos de Arqueología de la Universidad de Navarra* 2, 89-217.

SHOVAL, S., GAFT, M., BECK, P. & KIRSH, Y.

- 1993 Thermal behaviour of limestone and monocrystalline calcite tempers during firing and their use in ancient vessels. *Journal of Thermal Analysis* 40, 263-273.

SOLAUN, J.L.

- e.p. La cerámica medieval en el País Vasco (siglos VIII-XIII). Sistematización, evolución y organización de la producción. *Colección de patrimonio cultural vasco* 2.

TAYLOR, S.R. & MCLENNAN, S.M.

- 1985 The continental crust: its composition and evolution. An examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks. Backwell, Oxford. 312 p. WEST, A.R. (1999). *Basic Solid State Chemistry*. 2ª Ed. WILLYE & SON, Ltd, Chichester, 480 pp.

TITE, M.S., KILIKOGLU, V. & VEKINIS, G.

- 2001 Strength, toughness and thermal shock resistance of ancient ceramics, and their influence on technological choice. *Archaeometry* 43, 3, 301-324.

URTEAGA, M.M., AMUNDARAY, M.L., ORTEGA, L.A. & ZULUAGA M.C

- 2003 Estudio de la cerámica procedente del puerto romano de Irún. Avance de las investigaciones. *Boletín Arkeolan* 11, 59-104.

ZULUAGA, M.C. ORTEGA, L.A. LARREA, F.J. OLAETXEA, C.

- 2001 Petrologia eta mineralogiaren erabilera zeramika arkeologikoaren azterketan, *Ekaia* 17, 19-33