

ESTUDIO DE CERÁMICAS ARQUEOLÓGICAS. ANÁLISIS DE FRAGMENTOS CERÁMICOS DEL ASENTAMIENTO DE "LA ISABELA", SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA

A. DE ANDRES GOMEZ DE BARREDA *, P. MENENDEZ APARICIO *, J. L. BALCAZAR DEL PIÑAL ** y
J. M. PALACIOS LATASA ***

RESUMEN

Se aplican diversas técnicas analíticas a diez fragmentos de cerámicas arqueológicas, para obtener datos sobre la temperatura y la atmósfera de cocción, la mineralogía presente y la deducción de la composición mineralógica de la materia prima y de los desgrasantes utilizados en su manufactura. Estos fragmentos han sido recogidos en el asentamiento de «La Isabela», en Santo Domingo, República Dominicana, llegándose a la conclusión de que cinco de ellas son cerámicas indígenas, otra es también precolombina, pero foránea, y las restantes son españolas o con influencia española.

PALABRAS CLAVE

Cerámica arqueológica. Archeometría.

ABSTRACT

A study of ten fragments of prehistoric pottery retirement in "La Isabela"—, Republic Dominicana, has been carried out by X— ray diffraction, scanning, thermogravimeter and differential thermal analysis methods. The data obtained indicate on the mineralogy, temper and atmosphere of firing. It can also concluded that six the ancient potters were manufacture indigenous and the rest spanish.

KEY WORDS

Archaeometry. Prehistoric pottery.

* Instituto de Ciencias de Materiales. C.S.I.C., Madrid.

** Departamento de Geología. Universidad de Alcalá.

*** Instituto «Rocasolano». C.S.I.C., Madrid.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la Historia de la humanidad primitiva, principal objeto de la ciencia arqueológica, utiliza actualmente los resultados obtenidos de lo que se denomina «Archeometría», que se ocupa del estudio de la naturaleza, estructura y propiedades de los materiales utilizados en la antigüedad, mediante un variado número de técnicas, desde los análisis químicos y mineralógicos hasta el empleo de los más refinados métodos espectrométricos. Por ejemplo, para identificar las fases minerales presen-

tes en las cerámicas se utiliza la difracción de rayos X (DRX), el análisis térmico diferencial (ATD), el análisis termogravimétrico (TG) y las microscopias óptica y electrónica de barrido.

Sin embargo, la caracterización y estudio de las cerámicas es la que produce los más espectaculares resultados, dado que son materiales bastante resistentes a la acción del tiempo y del enterramiento (fig. 1). Ello implica el estudio de las propiedades de cerámicas de diferentes edades y orígenes, con el fin de establecer los criterios que se hayan de aplicar para conocer su posible manufactura y la

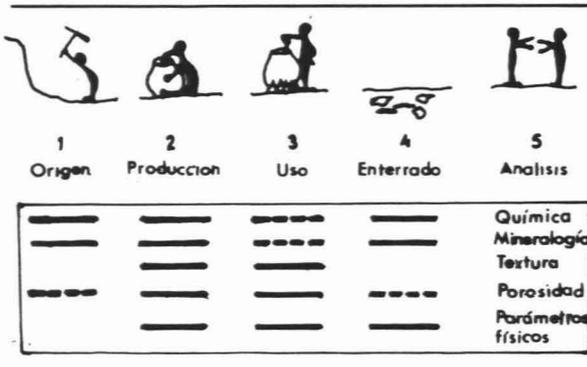


Fig. 1 Las cinco etapas de la vida de una cerámica, desde su cochura hasta el análisis de la cerámica descubierta.
The five steps in the life of a ceramic object and the types of information that can be found using a defined scientific method.

tecnología empleada (SCOTT, 1979). La información sobre la temperatura y la atmósfera de cocción [HEIMANN (1982) y PAYNE (1982)] es de gran interés en el contexto arqueológico, y todo ello puede estimarse a partir de los datos obtenidos de los fragmentos cerámicos; como ejemplo se puede estudiar la cantidad de vitrificación que hay al ser observada, bien en lámina delgada con el microscopio óptico, o con el microscopio electrónico de barrido, en el que se observa la vitrificación en relación con los intervalos de cocción [MANIATIS et al. (1981), TITE et al. (1982)]; o bien la variación en las propiedades macroscópicas, como la porosidad [MAGGETTI (1978)] o la construcción de la escala mineralógica, al tener en cuenta la presencia o ausencia de determinados componentes, entre los que se encuentran la calcita, gehlenita, wollastonita, spinales, mullita y sillimanita [SANDERS (1973), BRINDLEY et al. (1980)].

Como materia prima para la fabricación de las cerámicas se utilizan las arcillas, por las propiedades de plasticidad que presentan. Tienen una variabilidad mineralógica grande, como montmorillonita, illita, sepiolita y caolinita, además de mica, cuarzo y feldespatos, que en general la acompañan [BALCAZAR et al. (1983) y DE ANDRES et al. (1984)]; pero no sería posible mantener una consistencia y una resistencia adecuada de la pieza de cerámica si no llevase una carga específica para conseguir las propiedades necesarias al uso de ella. Para lo cual se utilizan materiales denominados desgrasantes o atemperantes, sustancias muy variadas, como pueden ser el cuarzo, los feldespatos, la calcita, las conchas de moluscos, fragmentos de cerámicas ya cocidas, etc., con unas características físicas orientadas a la manufactura de la cerámica. Cuando se realiza el estudio de una cerámica arqueológica, conocer la composición de los aditivos, su tamaño de grano y su forma, va a definir el comportamiento posterior de la pieza, desde su introducción en el horno hasta el acabado de la misma, permitiendo establecer su posible origen y su tratamiento térmico [HEIMANN (1982) y RICE (1982)].

Los componentes de la arcilla sufren una serie de transformaciones a las temperaturas a que se las somete, comenzando con una deshidratación,

sigue con una pérdida de agua reticular y al elevarse más la temperatura, la descomposición de carbonatos y sulfatos, que culmina con la destrucción de los minerales iniciales y la aparición de otras nuevas fases cristalinas o amorfas [PEACOCK (1970) y PERINET (1960)], donde cabe destacar la formación de óxidos de silicio y aluminio que, reaccionando en diversas proporciones, forman nuevos silicatos, generalmente a partir de los 800° C, como la gehlenita, piroxenos, olivinos y espinelas [MAGGETTI (1982) o partir de los 1.000° C, en que aparece la mullita y la sillimanita [BRINDLEY et al. (1980)], y que con los aditivos apropiados puede ayudarse a la formación de determinados nuevos compuestos.

En la figura 2 se muestran los rangos de estabilidad de algunos de estos minerales, en función de la temperatura de descomposición [HEIMANN (1928) y SANDERS (1973)], aunque se observa, a veces, algunas variaciones en casos particulares y según la composición de la cerámica.

El color de la cerámica está relacionado con varios factores interdependientes, como la naturaleza de la arcilla empleada, el contenido de óxidos de hierro, la materia orgánica presente o añadida, la textura, y para una cerámica determinada interviene también la temperatura y la atmósfera de cocción del horno, que según las proporciones de CO₂/CO y H₂O/H₂, incide sobre el grado de oxidación del catión hierro; si la atmósfera fue oxidante, hay presencia de óxido férrico, de color rojo vivo; si fue reductora, la presencia es de óxido ferroso, que favorece el color pardo, pardo oscuro o negro; hay que tener en cuenta, también, la presencia de pequeñas cantidades de otros elementos, como compuestos de titanio o manganeso, que pueden potenciar algún color, como ocurre con las soluciones sólidas de hierro-aluminio-calcio, de una coloración amarillo limón, que tiende a enrojecerse con la presencia de óxido de titanio, bastando un 2 por 100 de él para obtener un color rojo. El color de la cerámica ha sido tenido en cuenta y estudiado, a veces, para obtener información sobre las condiciones de cocción empleadas en la antigüedad [MATSON (1955)]; y una aproximación se conseguía calentando a diferentes temperaturas, con atmósferas reductora u oxidante o ambas, en un orden predeterminado, hasta que se producía un cambio de color, realizando la misma experiencia con arcillas del contorno, hasta conseguir resultados similares.

Otro factor que hay que tener en cuenta, al estudiar cerámicas arqueológicas, es el efecto de enterramiento, que produce numerosas reacciones, como fenómenos de disolución, deposición de material en los poros con posible cementación; descomposición, por el calor, de minerales primarios o secundarios [MAGGETTI (1982)]. Uno de los minerales más habituales, que está presente por este efecto, es la calcita secundaria, fácilmente identificable si coexiste con otros componentes que sólo aparecen cuando la cerámica ha sido cocida a alta temperatura. El origen de esta calcita puede ser totalmente aloctono, cristalización directa por invasión de una solución de carbonatos

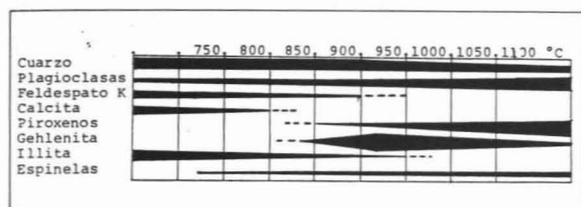


Fig. 2 Rangos de estabilidad de algunos minerales en función de la temperatura.

con contribución de la materia presente, o parcialmente aloctono, cuando hay reacción entre los minerales presentes y las soluciones que lo invaden [SANDERS (1973) y MAGGETTI (1982)]. Por ejemplo, la reacción de la gehlenita con una solución de calcita secundaria es muy llamativa, hecho que supuso un gran problema, a la hora de encontrar una explicación, sobre la ausencia de gehlenita y la presencia de calcita en una «terra sigillata», sabiendo que había sido cocida a alta temperatura [SANDERS (1973) y THEIMANN et al. (1979)].

Para la estimación de las temperaturas de cocción, se suele utilizar el método del recocido, que tiene su fundamento en que la estructura de la masa de la cerámica permanece inalterada, entre tanto no se vuelva a alcanzar la temperatura a que fue cocida. Por ejemplo, no varía la porosidad o el estado de vitrificación y no aparecen nuevas fases cristalinas. Si las piezas se someten a un nuevo calentamiento, a temperaturas controladas o pruebas de cocción intermitente, o recocido en horno de mufla al aire [GONZALEZ VILCHES et al. (1985)], se pueden apreciar cambios importantes que sugieren transformaciones químicas y mineralógicas. Estos cambios, junto con los datos de DRX de las muestras tratadas térmicamente, suministran la información sobre las probables temperaturas de cocción de las piezas originales.

El análisis químico ofrece sus resultados en porcentajes de óxidos de los elementos que contiene la cerámica. Estos elementos provienen de la arcilla y de los aditivos utilizados en su manufactura; por lo tanto tienen relación directa con la composición elemental de la materia prima y, por lo tanto, con su lugar de origen, dado que las arcillas de diferentes lugares contendrán minerales distintos y en proporciones también distintas, a los que el posterior tratamiento térmico, particular también de cada taller, conduce a una composición final de la cerámica que tendrá un aspecto propio. Es por ello que el estudio de las relaciones entre los porcentajes de determinados óxidos, como los de potasio, magnesio o de elementos escasos, pueden indicar la pertenencia a una cantera precisa [LASFARGUES, et al. (1982)], estableciendo el origen e incluso el taller de producción, si se tuvieran suficientes datos bibliográficos sobre la cerámica estudiada.

TRABAJO EXPERIMENTAL

Las muestras de cerámica estudiadas en este trabajo proceden de las excavaciones del yacimiento de «La Isabela», en la República Dominicana. Se trata de un asentamiento, varias veces reconstruido y removido últimamente, por lo que no presenta niveles definidos.

El primer asentamiento hispánico data de 1493, si bien se hizo sobre uno indígena más antiguo. Las muestras de cerámica, encontradas a una profundidad de 30-40 cm, han sido catalogadas por los arqueólogos como próximas a esta fecha y pueden ser tanto indígenas como españolas.

Se han estudiado diez fragmentos, arqueológicamente consideradas como cerámica española (PC3), españolas o indígenas con influencia española (PC5 y PC6) y las restantes como indígenas precolombinas, para comprobar estas aseveraciones.

Una parte de cada fragmento se ha molido en mortero de ágata, tomándose la fracción de 270 ASTM de la posterior tamización.

Se utilizó un difractómetro de rayos X Kristalloflex, mod. 810, con goniómetro D-500, monocromador de grafito para la radiación de Cu-K α , con una velocidad de barrido de un grado/minuto y una velocidad de registro de un grado/cm.

El análisis termogravimétrico se realizó con una termobalanza Stanton, mod. 780, con una velocidad de calentamiento de 10 grados por minuto, una velocidad de registro de 50 grados/pulgada y una sensibilidad de 0,5 mg/pulgada.

El tratamiento térmico se hizo en un horno eléctrico Chesa, a temperaturas de 600, 700, 800 y 1.000° C sucesivamente para cada muestra durante dos horas, en atmósfera oxidante, con termopar calibrado de Pt/Pt-Rh y una sensibilidad de $\pm 5^\circ$ C.

Las muestras se observaron con un estereomicroscopio Zeiss, mod. 130, con un microprocesador multicanal KEVEX 8.000 II, que permite el análisis cuantitativo por energía dispersiva de rayos X y espectrómetro de fluorescencia, SEM-EDX.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La tabla I indica la interpretación de los diagramas de rayos X de cada muestra. Se observa que todas ellas presentan como minerales comunes el cuarzo, las plagioclasas y las micas, todos ellos estables por encima de los 900° C; no hay minerales de la arcilla, por lo que la temperatura de cocción parece ser superior a 650° C. Hay que destacar que en la muestra PC1 el máximo de intensidad corresponde a 3,09 Å, hornblenda, rica en hierro, muy abundante en esta muestra, de procedencia de ambientes magmáticos o metamórficos.

En las muestras PC3, PC5, PC6 y PC8 hay calcita en cantidad, que no se observa con el microscopio óptico, y si su descomposición en ATD, y al interpretar sus resultados, se infiere que la temperatura de descomposición tiene un valor ligeramente inferior al bibliográfico, hecho que induce a pensar en una calcita secundaria [TODOR (1976)], formada durante enterramiento sufrido por las cerámicas.

TABLA 2
DATOS DE DRX Y COMPONENTES MINERALOGICOS DE LAS MUESTRAS SOMETIDAS A
DIFERENTES TEMPERATURAS (C)

Componentes	Muestra PC1					Muestra PC2				
	P	600	700	800	1000	P	600	700	800	1000
Cuarzo	++++	+++	++	++++	+++	X	X	X	X	X
Calcita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feldespatos	+++	+++	+++	++++	-	-	-	-	-	-
Plagioclasas	++++	++++	++++	++++	X	++++	++++	++++	+++	++++
Mica	+++	+++	-	-	+++	+	++	++	++	-
Corindon	-	+++	-	++	++++	-	++	+	-	-
α -Fe2O3	++++	+++	++++	++++	++++	+	++	+	++	++
γ -Fe2O3	+++	++++	+++	+++	-	+	-	-	-	-
FeO	+++	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Magnetita	++++	++++	+++	++++	-	+	-	++	-	-
Wollastonita	-	-	-	++	++++	+	++	++	++	+++
Gelhenita	-	-	++	+++	+++	+	+	+	+	+++
Hornblenda	X	X	X	++++	-	-	-	-	-	-
Fayalita	++	-	-	+++	+++	-	-	++	++	++
Componentes	Muestra PC9					Muestra PC10				
	P	600	700	800	1000	P	600	700	800	1000
Cuarzo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Calcita	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feldespatos	-	-	-	-	-	++	++	++	++	-
Plagioclasas	++	+++	+++	+++	+++	++	+++	++	++	++++
Mica	+	-	+	+	-	++	++	+	++	-
α -Fe2O3	++	++	++	++	++	+++	++++	+++	+++	++++
γ -Fe2O3	+	++	++	+	++	-	-	-	-	-
Gelhenita	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Hornblenda	-	-	-	+	-	+++	++++	++++	++	-
Talco	-	-	-	-	+	++	++	++	++	-
Piroxenos	+	-	+	++	-	-	-	-	-	-
Interestrat.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Componentes	Muestra PC4					Muestra PC7				
	P	600	700	800	1000	P	600	700	800	1000
Cuarzo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Calcita	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-
Feldespatos	-	-	-	-	-	++	++	++	-	-
Plagioclasas	+++	+++	++++	+++	++++	++	++++	++++	++++	++++
Mica	+	+	+	+	-	+	++	++	+++	-
Corindon	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
α -Fe2O3	++	+	-	-	-	-	+++	++++	-	+++
γ -Fe2O3	-	++	+	-	-	-	++	++	+++	+++
Wollastonita	-	-	-	-	-	++	+++	++	-	++++
Gelhenita	-	-	-	-	-	-	-	-	++	+++
Fayalita	-	-	-	-	-	++	-	-	-	++++
Talco	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Componentes	Muestra PC3					Muestra PC5				
	P	600	700	800	1000	P	600	700	800	1000
Cuarzo	X	++++	X	X	X	X	X	X	X	X
Calcita	+++	+++	-	-	-	+++	++++	-	-	-
Plagioclasas	++++	X	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++
Mica	++	++	++	+++	-	++	+++	++	++	-
Corindon	++	++	-	+++	++	+++	+++	+++	++	++
α -Fe2O3	+++	+++	++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++
γ -Fe2O3	-	-	-	-	-	+++	+++	+++	+++	++++
Wollastonita	++++	+++	++++	+++	-	+++	+++	+++	+++	++++
Gelhenita	++	+++	++	+++	-	-	-	-	-	-
Hornblenda	++	-	++	+++	++	-	-	-	-	-
Fayalita	++++	++++	+++	++++	++	-	-	-	-	-
Espinelas	++	++	++	-	-	++	++	-	++	-
Componentes	Muestra PC6					Muestra PC8				
	P	600	700	800	1000	P	600	700	800	1000
Cuarzo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Calcita	++++	++++	-	-	-	++++	++++	-	-	-
Feldespatos	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-
Plagioclasas	++++	+++	+++	+++	++++	+++	++++	+++	++++	++++
Mica	+	++	++	++	++	++	++	-	++	-
α -Fe2O3	-	++	++	++	++	++	++	++	++	+++
Wollastonita	++	-	++	++	++	-	-	-	-	-
Gelhenita	++	-	-	++	++	+++	-	++	++	++
Hornblenda	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++
Fayalita	++	++	++	++	+++	++	+++	++	++	+++

P-Temperatura ambiente

I/Io - + (0.5-2%); ++ (2-10%); +++ (10-25%); ++++ (>25%) y X (100%)

TABLA 1
DATOS DE DIFRACCION DE RAYOS-X Y COMPONENTES MINERALOGICOS.

Componentes	Muestra (I/II)									
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Cuarzo	++++	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Calcita	-	-	-	+++	+++	+++	-	+++	++	-
Feldespatos	++++	-	-	+++	+++	+++	-	+++	++	-
Plagioclasas	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++	++++	+++	++
Mica	-	-	++	++	++	++	-	++	++	++
Corindón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-Fe ₂ O ₃	++++	+++	++	+++	+++	+++	-	+++	++	+++
-Fe ₃ O ₄	+++	++	-	+++	+++	+++	-	+++	++	+++
FeO	+++	-	-	+++	+++	+++	-	+++	++	+++
Magnetita	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-
Wollastonita	-	-	-	+++	+++	+++	-	+++	++	+++
Gehlenita	-	-	++	++	++	++	-	++	++	++
Interstratificados	-	-	-	-	-	-	-	+++	++	+++
Hornblenda	X	-	++	++	++	++	-	++	++	+++
Espinelas	-	-	-	+++	+++	+++	-	+++	++	+++
Fayalita	-	-	-	+++	+++	+++	-	+++	++	+++

1/10 - - (10.5-28)*** (12-108)**** (10-258)***** (258) y X (100%)

cas [MAGGETTI (1982)]. En las muestras PC4 y PC9 hay también calcita, pero más escasa y sólo observable en sus ATG.

La cantidad de óxidos de hierro encontrados son variables, siendo la PC1 la que los contiene en mayor proporción y las muestras PC1, PC2 y PC6 lo contienen en estado ferroso.

Entre los componentes que se han podido formar en la cocción de la cerámica se encuentra la wollastonita, formada o incrementada en las muestras PC2, PC3, PC5, PC6 y la gehlenita, abundante también en la PC8, indica un valor elevado en la cocción, por encima de los 850° C. La muestra PC3 presenta también la formación de espinelas, fayalita y hornblenda en cantidad. Se observa talco en la PC7 y en la PC10. Las muestras PC2 y PC4 no los contienen, luego no han alcanzado esas temperaturas.

En la tabla II se expone la variación mineralógica sufrida por cada muestra con el tratamiento térmico, que consistió en calentar las muestras a 600, 700, 800 y 1.000° C, realizando un diagrama DRX cada vez, en los que se observa que la calcita desaparece, quizá a menor temperatura de la prevista, a causa de ser un mineral secundario, y la aparición de gehlenita, fayalita o aumento de wollastonita según se eleva la temperatura. Se observa que las muestras PC2, PC3, PC6 y PC8 contienen, desde un principio, estos minerales de alta temperatura; la PC5 mantiene el contenido en wollastonita y espinelas. La PC7 muestra la aparición de estos componentes a partir de los 800° C, desapareciendo el talco que contenía. La PC9 tiene piroxenos y hornblenda; el más rico en ella es la PC1 y es abundante en este último mineral la PC10, junto con espinelas y talco. La PC4 y la PC7 son las muestras de mineralogía más pobre.

TABLA 3
RESULTADOS DE ATD Y ATG

Muestras	Temperatura de transformación (°C)	Perdida de peso (%)
PC3	623 - 701	1.0
PC5	732 - 782	2.0
PC6	714 - 739	7.6
PC8	637 - 726	6.0
PC1	160	8.0
PC2	166	4.5
PC4	165	5.0
PC7	107	5.0
PC9	81	3.0
PC10	110	2.0

En la tabla III se refleja el análisis termogravimétrico de las muestras, observándose que los cambios entre los intervalos de temperatura, 623-728° C, se deben a la descomposición de la calcita. La pérdida de agua, tanto de hidratación como reticular, se observa en el intervalo entre los 80-160° C [TITE (1972)]. Las muestras PC1, PC2 y PC4 tienen una pérdida de agua, claramente señalada en el ATD, a la temperatura de 165° C, y la PC7, PC9 y PC10 presentan solamente pérdida de agua de hidratación.

TABLA 4
RESULTADOS DE LOS ANALISIS SEM-EDAX

Muestras	% en peso					
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO*
PC3	14.4	55.3	2.6	16.4	1.0	10.3
PC5	15.0	54.5	2.4	17.0	0.8	10.3
PC6	14.0	54.4	2.9	18.6	1.0	9.2
PC1	17.5	60.0	1.6	7.5	1.5	12.0
PC2	17.5	67.1	2.1	4.0	0.7	8.6
PC4	15.3	70.5	1.5	4.2	0.5	8.0
PC7	18.4	65.9	1.2	3.9	0.5	7.1
PC9	20.5	66.5	1.6	3.9	0.5	7.1
PC10	17.0	61.5	1.1	5.2	0.0	15.5

*El porcentaje de hierro dado como FeO no indica su estado de oxidación.

En la tabla IV se representan los resultados de los análisis con microscopio de barrido SEM-EDX, en el que el porcentaje en hierro está expresado en FeO, sin indicar su estado de oxidación. Se observa que en las muestras que contienen calcita también es mayor el porcentaje de K₂O y de óxidos de hierro, destacándose por su mayor cantidad las PC1 y PC10. En cuanto al contenido en titanio, la PC1 es la de mayor porcentaje y la PC10 no tiene este elemento.

Por la similitud en el contenido de óxidos de hierro se puede considerar que las muestras PC3, PC5, PC6 y PC8 puedan formar un grupo y las muestras PC2, PC4, PC7 y PC9 un segundo grupo, y la PC1 se diferencia de ellas por su alto contenido, tanto en óxidos de titanio como de hierro. Esta distribución parece estar de acuerdo con las características mineralógicas observadas en la tabla I y también con los supuestos arqueológicos.

En la tabla V se relaciona los resultados del examen petrográfico, observando principalmente el tamaño de grano y la homogeneidad, indicando también la temperatura de cocción estimada a partir del conjunto de resultados expuestos.

Por la presencia, principalmente, de wollastonita, gehlenita y espinelas, así como de los datos relacionados en la tabla II, de los tratamientos térmicos, se deduce la temperatura de cocción de las piezas de cerámica, expuestas en esta tabla.

CONCLUSIONES

La muestra PC1 destaca del resto, por contener una presencia en anfíboles y óxidos de hierro importante, silicatos con origen en ambientes magmáticos o metamórficos, además de su color y su posible temperatura de cocción, no superior a 700° C.

TABLA 5.
RESULTADOS DEL EXAMEN PETROGRAFICO DE LAS MUESTRAS Y OTRAS CARACTERISTICAS.

Muestra	Color	Tamaño de grano (mm)				Homogeneidad de la pasta	Temperatura (°C) de cocción estimada
		Cuarzo	Calcita	Mica	Otros		
PC3	rojo	0.6	-	-	0.06-0.6	homogenea	800-950
PC5	rojo	0.002	-	-	PN	muy homogenea	800-950
PC6	rojo (interior)/ paredes claras	0.04	-	-	-	muy homogenea fragmentos triturados	800-900
PC8	rojo (interior)/ paredes claras	0.1-0.6	-	-	alguno de 1.6	muy homogenea	800-950
PC1	gris-pardo	-	-	-	alguno de 0.5	muy homogenea	700
PC2	gris-pardo	-	-	-	1.2	fragmentos triturados	800-900
PC4	negro (interior) tipo sandwich	0.01-0.8	0.04-0.8	-	-	granulosa	650-750
PC7	gris-parda	0.04	-	-	PN	homogenea	750
PC9	negro	0.1-1.2	-	-	alguno de 1.2	-	750
PC10	paredes claras	0.8	-	variable	PN	-	750

PN (Partículas Negras)

El análisis químico con el SEM-EDAX refleja claramente su independencia mineralógica con el resto de las muestras, principalmente en el contenido de CaO, TiO₂ y FeO. Todo ello parece indicar un origen diferente a los del resto de las demás piezas.

Las muestras PC3, PC5, PC6 y PC8 contienen calcita en cantidad, y según indica el ATG se observa que las temperaturas de descomposición no llegan al máximo valor experimental de 800° C, por lo que pudiera ser una calcita secundaria o mezcla de ésta con cierta cantidad utilizada como desgrasante. Con

valores similares en el contenido de FeO y K₂O, todas ellas de color rojizo, pasta muy homogénea y temperatura de cocción comprendida entre los 800° y 950° C, parece indicar que es de manufactura española o con influencia española, y por tanto posterior a la fecha de 1493.

Las muestras PC2, PC4, PC7, PC9 y PC10 no contienen calcita. Los porcentajes de K₂O y CaO son similares entre sí e inferiores al conjunto anterior de muestras, y en cuanto al contenido de hierro se observa que en la PC10 es muy abundante, no encontrándose titanio, por lo que su materia prima bien pudiera ser de otro lugar respecto al resto de las muestras. Todas ellas tienen una coloración gris-parda, pasta muy heterogénea y las temperaturas de cocción no superan los 750° C, indicando con ello una tecnología menos avanzada y un tipo de horno de atmósfera reductora, clasificándolas como indígenas precolombinas.

Comparando los resultados obtenidos con los catalogados arqueológicamente, se observa que la muestra PC8 pertenece también al grupo de cerámica española o con influencia española, como las PC3, PC5 y PC6 y el resto son indígenas, posiblemente precolombinas, y la PC1 es foránea.

BIBLIOGRAFÍA

- DE ANDRES, A.; DE ANDRES, B.; BALCAZAR, J. L., y DOMINGUEZ, E. (1984): "Reconocimiento mineralógico de cerámicas ibéricas", *I Congreso Español de Geología*, t. II, 205-215.
- BALCAZAR, J. L.; GERONIMO, A., y DE ANDRES, A. (1983): "Reconocimiento Mineralógico de Cerámicas Precolombinas", *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 195-198.
- BRINDLEY, G. W., y BROWN, G. (1980): "Crystal Structures of clay minerals and their X-ray identification", *Mineralogical Society Monograph*, n. 5. London.
- GONZALEZ VILCHES, M. C.; GARCIA RAMOS, C., y GONZALEZ GARCIA, F. (1985): "Materias primas y datos tecnológicos de piezas de cerámicas antiguas del yacimiento arqueológico de Cerro Macareno", *Bol. Soc. Esp. Cerám. y Vidrio*, 24, 4, 219-232.
- HEIMANN, R. B. (1982): "Firing Technologists and their possible assessment by modern analytical methods", *Archaeological Ceramic*. Smithsonian Institution, USA, 89-96.
- LASFARGUES, J., y PIGON, M. (1982): "Die Chemischen untersuchungen", *Die unverzierte T. S. aus Haltern*. Westfalens 19.
- MAGGETTI, M. (1982): "Phase analysis and its significance for technology and origin", *Archaeological Ceramic*, 121-133. Smithsonian Institution. USA.
- MANIATIS, Y., y TITE, M. S. (1981): "Technological examination of Neolithic Bronze age Pottery from Central and Southeast Europe and from Near East", *Journal of Archaeological Science*, 8, 59-76.
- MATSON, F. R. (1955): "Ceramic archaeology", *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 34, 33-34.
- PAYNE, W. O. (1982): "Kilns and Ceramic Technology of ancient Mesoamerica", *Archaeological Ceramic*. Smithsonian Institution, USA, 189-192.
- PEACOCK, D. P. S. (1970): "The scientific analysis of ancient ceramics: a review", *World Archaeology*, vol. 1, n. 3, 375-389.
- PERINET, G. (1960): "Contribution de la diffraction des rayons X a l'évaluation de la temperature de cuisson d'une ceramic". *Trans. 7th Intern. Ceram. Congrès*, 371-6, London.
- RICE, P. M. (1982): "Pottery production; pottery classification and the role of physicochemical analysis archaeological ceramics", 47-56.
- SANDERS, H. P. (1973): "Pore-size distribution determinations in neolithic, iron age, roman and other pottery", *Archaeometry*, 159-161.
- SCOTT, L. (1979): *A History of Technology*. Oxford at the Clarendon Press, vol. 1, 376-409.
- THEIMANN, R., y MAGGETTI, M. (1979): "Von Gehlenit in romischen Feinkeramik", *Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 59, 3, 413-417.
- 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", *Archaeological Ceramic*, 109-120. Smithsonian Institution. USA.
- TITE, M. S. (1972): "Methods of physical examination in archaeology", *Seminar Press*. London.
- TODOR, D. N. (1976): *Thermal analysis of minerals*. Abacus Press. Kent.