

Análisis morfológico y microcristalino de la pasta de cerámicas de la Cultura Nasca

Alcides López ^{a,b} alopez@ipen.gob.pe Julio Santiago ^{a,c} jsantiago@ipen.gob.pe

^a Dirección de Investigación y Desarrollo, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Lima 41, Perú

^b Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú

^c Facultad de Química e Ing. Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima 1, Perú

Resumen

Se ha realizado un estudio morfológico y microscópico de fragmentos de 10 vasijas cerámicas provenientes de la Cultura Nasca. El estudio morfológico de la pasta fue realizado utilizando un microscopio estéreo de 20X y una cámara digital, mientras que el estudio microcristalino fue hecho por microscopía electrónica de transmisión y difracción de electrones. Se ha podido establecer los principales componentes de la pasta y tener información sobre la calidad del proceso de preparación y de la calcinación.

Abstract

A morphological and microscopic study of the paste from Nasca pottery has been performed. A stereo microscope (x20) and a digital camera were used to study the morphology of the paste while a transmission electron microscope and electron diffraction were used for the study of the microcrystal presents in the paste. The main component of the paste were determined and also some insight about the quality of the paste preparation and calcinations.

1 Introducción

La caracterización de materiales arqueológicos resulta de gran importancia tanto para la autenticación y/o restauración o interpretación histórica. Muchas veces, las semejanzas formales no permite, por si sola, discriminar si estamos frente a una copia o frente a un objeto trasladado desde su lugar de origen. Para discriminar estas opciones hay que recurrir al análisis de las materias primas con que fueron elaboradas los artefactos. En muchas ocasiones se conoce qué materiales eran los más usados en la época y el lugar al cual pertenecía el objeto en estudio, lo que permite la identificación de éstos en una obra, el conocimiento de su origen, autenticidad o incluso revelar la presencia de trabajos de restauración posteriores a su creación [1].

El carácter no destructivo, la facilidad de su manejo y los bajos costos de la microscopía de luz [1,2] permiten realizar análisis de muestras o fragmentos de ellas. Se puede observar las características de la matriz, pero sobretodo la naturaleza y características de los agregados presentes en ella. Un especialista incluso puede llegar a realizar una caracterización mineralógica de gran parte de ellos, así como poder estimar el tamaño de partícula, densidad, permeabilidad, porosidad, calidad de mezclado, calidad del

calcinado, entre otras. Esta técnica ha permitido emplearse con éxito en numerosos estudios de identificación de restos arqueológicos [3].

La Microscopía Electrónica de Transmisión (MET) da información tanto morfológica en la identificación granular así como de la microestructura cristalina aprovechando la difracción de los electrones [4-9]. Es una técnica costosa pero en cambio requiere de muestras pequeñísimas, del orden de los μg y permite obtener información sobre los compuestos cristalinos presentes en los materiales estudiados.

La cultura Nasca se desarrolló a 49 km de la actual ciudad de Nazca (500 km al sur de Lima), sobre la cuenca del río Grande. Esta cultura floreció ente los años 200 a 800 D.C. Es particularmente conocida por los grandes geoglifos (líneas de Nazca) encontrados en las Pampas de Nazca. Su cerámica se caracterizó por el policromismo y su buen acabado. Se ha identificado hasta nueve fases en el desarrollo de esta cultura. En este trabajo se presenta el estudio morfológico de 10 fragmentos de vasijas cerámicas de la cultura Nasca y el estudio microcristalino de la pasta de dichos fragmentos.

2 Parte Experimental

2.1 Origen de las muestras arqueológicas

Las muestras provienen del Museo de Arqueología y Antropología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Dichas muestras corresponden a fragmentos de vasijas cerámicas que fueron halladas en la región costera del valle de Nazca, en el litoral peruano al sur de Lima y corresponden a la Cultura Nasca.

2.2 Análisis morfológico y fractográfico por microscopía de luz

Las zonas fragmentadas de las muestras fueron limpiadas con aire comprimido, lavadas con un chorro de agua destilada, y finalmente secadas. Se observaron estas zonas mediante un microscopio estéreo MEIJI EMT de 20X y se tomaron fotografías con una cámara digital.

2.3 Preparación de las muestras para análisis por MET

Las muestras fueron limpiadas con aire comprimido para eliminar el polvo y material contaminante, la parte fracturada fue la zona elegida para la extracción de la muestra. Una vez elegida la zona representativa se hizo un decapado de aproximadamente 0,5 mm de espesor con ayuda de una fresa carburada de forma esférica de 2 mm de diámetro, montado sobre un taladro miniatura de velocidad variable. La muestra a ser estudiada por MET fue preparada a partir del polvo obtenido con la fresa en la zona decapada de la muestra. Posteriormente se añadió agua para formar una suspensión acuosa y decantar las partículas más grandes. Una gota de esta suspensión fue colocada sobre una rejilla portamuestras estándar para microscopía electrónica de 300 mesh con membrana de soporte de parlodion, dejándolo secar por espacio de una hora a temperatura ambiente. Luego se procedió a su análisis haciendo uso del Microscopio Electrónico de barrido y transmisión, STEM EM 400 Philips, operando a 80 kV,

Los análisis fueron realizados tanto en el modo *Imagen* como en el modo de *Difracción de Electrones de Área Selecta (DEAS)*. En el análisis se miden las distancias interplanares de los componentes cristalinos de cada muestra y se relacionan con el tipo de fases cristalinas presentes [10].

3 Resultados y Discusión

3.1 Análisis morfológico y fractográfico por microscopía de luz

Las imágenes de las secciones transversales de los fragmentos de la cerámica Nasca pertenecientes a las fases II-VIII son mostradas en las figuras 1 y 2.

La muestra 2213 (fase II) presenta granos oscuros de aprox. 0,5mm de diámetro promedio y también granos oscuros de aprox. 0,05 mm. La pasta muestra ser porosa y poco homogénea en su preparación que sugiere un pobre dominio de la técnica alfarera.

Las muestras 2445/7/8 y 5085/6, pertenecientes a la fase II, presentan abundancia de granos oscuros que se encuentran en un rango muy marcado entre 0,05 y 0,1 mm. Se nota también la presencia de granos incoloros con aspecto de cuarzo de aprox. 1mm de diámetro. La pasta muestra ser homogénea en su preparación y en la calcinación.

Las muestras 2385/14 y 1584/9, pertenecientes a la fase IV, presentan granos oscuros aglomerados de hasta 3 mm, característica que indica una baja homogeneidad y consecuente baja calidad de la pasta, sin embargo la forma predominante es la abundancia de granos oscuros que se encuentran en un rango muy marcado entre 0,05 y 0,1 mm. Se nota también la presencia de granos incoloros con aspecto de cuarzo de aprox. 0,5 mm de diámetro. La pasta muestra ser poco homogénea en su preparación y en la calcinación.

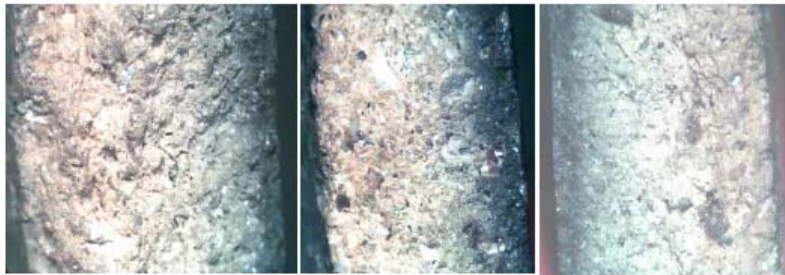
Las muestras 452/18 y 3918/1, de la fase V, presentan aglomerados de granos finos oscuros de menos de 1 mm, abundancia de granos claros y oscuros que se encuentran en un rango muy marcado entre 0,05 y 0,1mm. La pasta muestra ser muy homogénea y cuidadosa en su preparación, la calcinación es muy homogénea y la porosidad muy baja. Estas cualidades y la fineza del trabajo demuestran un alto desarrollo de la técnica alfarera.

Las muestras 2210/24 y 490/22, de la fase VII, presentan aglomerados de amplio rango (mayores a 5 mm) mostrados con tonalidades diferentes al de la matriz, los mismos que sugieren indicar poco cuidado en la homogenización de la pasta al momento de su preparación. Se nota abundancia de granos claros y oscuros que se encuentran en un rango muy marcado entre 0,05 y 0,1 mm. La

calcinación es muy homogénea y la porosidad alta. Estas cualidades de la pasta demuestran poco dominio o cuidado de la técnica alfarera.

La muestra 765/26, de la fase VIII, presenta abundancia de granos claros y oscuros que se encuentran en un rango muy marcado entre 0,05 y 0,2 mm. No se aprecian aglomerados

de rango amplio, los mismos que sugieren indicar mucho cuidado en la homogenización de la pasta al momento de su preparación. La calcinación es muy homogénea y la porosidad baja. Estas cualidades de la pasta demuestran buen dominio de la técnica alfarera.



Muestra 2213
Periodo II



Muestra
2445/7/8
Periodo
III



Muestra
5085/6
Periodo
III



Muestra
2285/14
Periodo
IV

4 mm

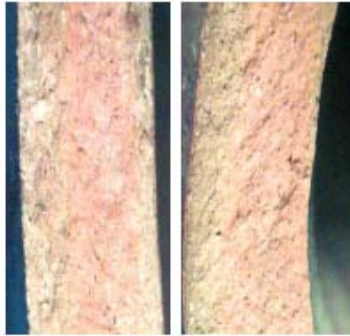


Muestra
1584/9
Periodo
IV

Figura 1. Fractografías, obtenidas a la misma amplificación con microscopio de luz, de fracturas diversas correspondientes a 5 fragmentos de cerámicas Nasca de las fases II-IV.



Muestra
452/18
Periodo
V



Muestra
3918/1
Periodo
V



Muestra
2210/241
Periodo
VII



Muestra
490/22
Periodo
VII

4 mm



Muestra
765/26
Periodo
VIII

Figura 2. Fractografías, obtenidas a la misma amplificación con microscopio de luz, de fracturas diversas correspondientes a 5 fragmentos de cerámicas Nasca de las fases V-VIII.

3.2 Análisis de las muestras por MET

Los patrones de difracción muestran un gran número de distancias interplanares coincidentes con las del cuarzo, silicio y dos tipos de arcillas, tal como se muestra en la Tabla 1.

En el análisis de la muestra en el modo imagen, se pudo apreciar una gran cantidad de partículas de aspecto inorgánico de tamaño muy pequeño y algunos de forma

acicular. La cristalinidad de estas partículas ha sido confirmada mediante la difracción de electrones de área selecta practicada en ellos. Los resultados del análisis de los patrones de difracción, figura 3, coinciden con las estructuras cristalinas [10].

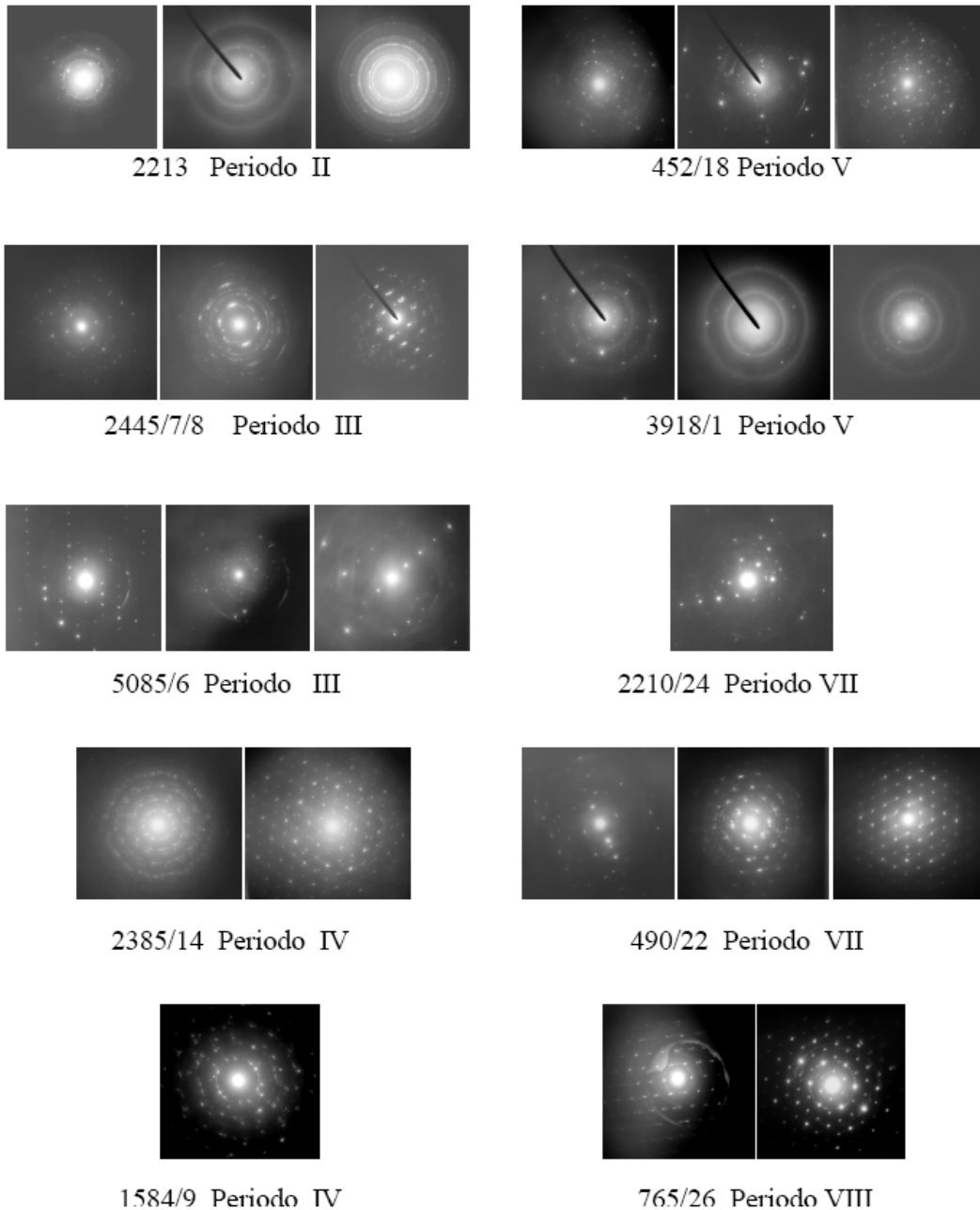


Figura 3. Patrones de difracción de electrones de área selecta de las diez muestras indicadas debajo de cada grupo de patrones. Las correspondientes imágenes del área difractada se muestran en la figura 4.

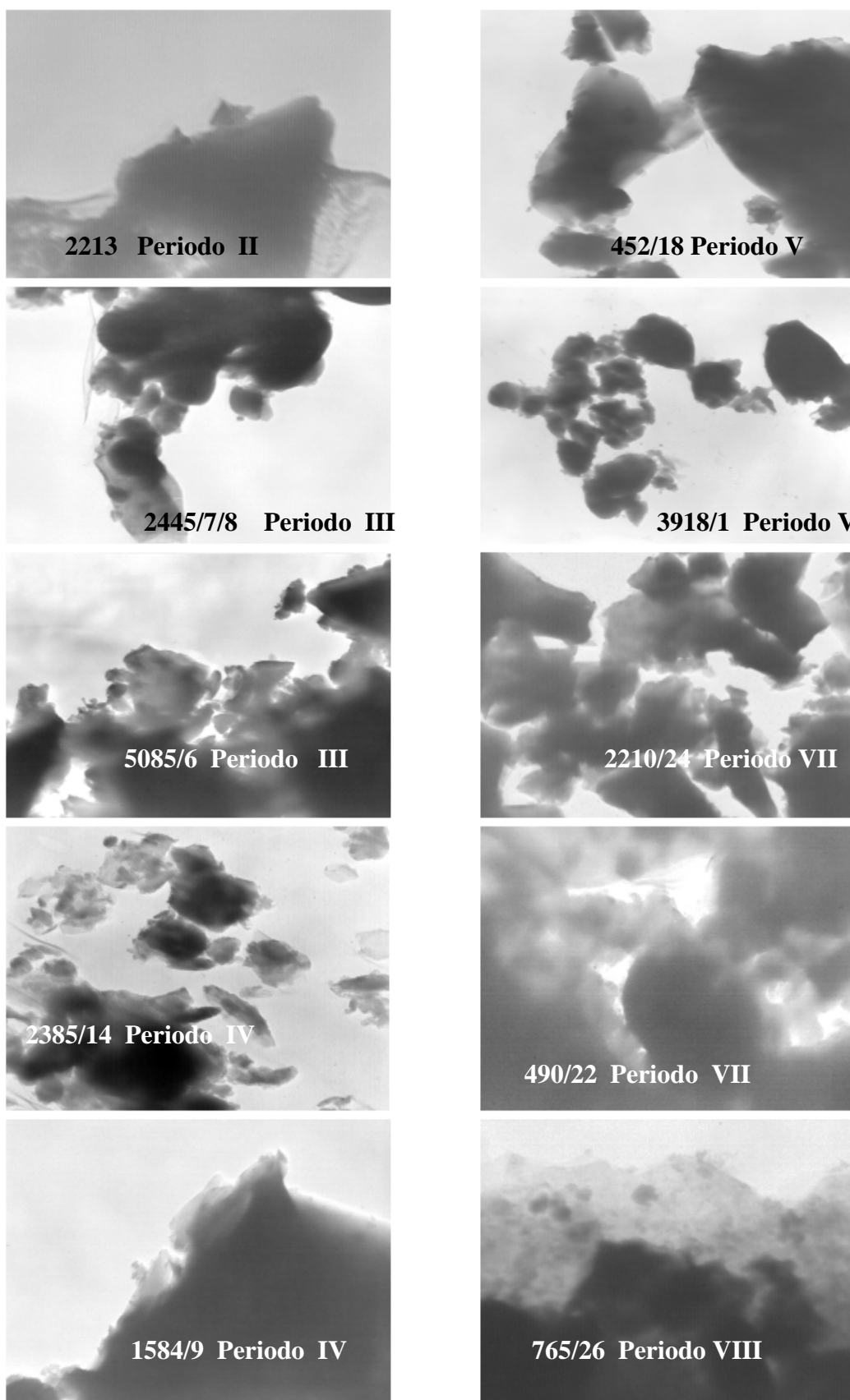


Figura 4. Micrografías obtenidas por MET a 50000X en modo Imagen de Campo Brillante de las diez muestras. Estas imágenes corresponden a los patrones de difracción de la figura 3.

Las distancias interplanares, obtenidas a partir de los patrones de difracción, tabla 1, permitieron determinar, con la ayuda de la base de datos JCPDF [10], la presencia de cuarzo, silicio, y de las arcillas nontronita y montmorillonita, tabla 2.

Tabla 1. Distancias interplanares principales de las muestras analizadas.

<i>Muestra</i>	<i>Período</i>	<i>Distancias interplanares (Å)</i>
765/26	VIII	3,26; 3,34; 3,64; 3,84; 4,18; 4,29; 4,41
490/22	VII	3,11; 3,27; 3,66; 3,60; 3,79; 3,87; 4,37; 6,20
2210/24	VII	3,21; 3,27; 3,71; 4,34
3918/17	V	3,19; 3,59; 3,64; 3,80; 4,30; 4,41
452/18	V	2,50; 2,90; 3,34; 4,14
1584/9	IV	3,23; 3,55; 3,62; 3,89; 5,86
2385/14	IV	3,00; 3,74; 3,85; 4,31
5085/6	III	3,27; 3,39; 3,89; 4,07; 4,16; 4,27; 4,35; 4,40
2445/7/8	III	3,10; 3,29; 3,49; 3,58; 3,64; 3,86; 4,07; 4,18; 4,47; 4,79; 5,18
2213	II	3,13; 3,38; 3,48; 3,56; 4,73

Tabla 2. Compuestos identificados al introducir las distancias interplanares de la tabla 1 en la base de datos PCPDF.

<i>Material identificado</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Referencia JCPDF</i>
Cuarzo	SiO ₂	461045
Cuarzo	a:SiO ₂	030419
Silicio	Si	170901
Nontronite	Fe ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·4H ₂ O	030180
Montmorillonite	CaMg ₂ AlSiO ₄ (OH) ₂ ·H ₂ O	020239

4 Conclusiones

A partir de las muestras analizadas se puede apreciar rasgos característicos que nos indican una tendencia morfológica estrechamente vinculada al dominio de la técnica alfarera ya sea en los criterios para la elaboración de la pasta como en la determinación de la calidad de las materias primas.

La cerámica proveniente de la fase V es la que presenta una pasta más homogénea y tamaño de granos pequeños en comparación con la cerámica de las otras fases de esta cultura, lo que evidencia del amplio dominio de la técnica alfarera alcanzado en esta fase.

Las distancias interplanares cristalinas seleccionadas en la tabla 1 vienen a constituirse en los rasgos característicos de

cada muestra, mientras más altos sean sus valores son más discretos entre ellos y pueden servir para compararlos con alguna otra muestra que quiera correlacionarse desde el punto de vista de sus características o componentes cristalinos. En todas las muestras se han encontrado componentes comunes como el cuarzo, el silicio, arcillas Nontronite y Montmorillonite, toda esta valiosa información servirá para dar luces en la explicación o validación de procesos o hipótesis de interés desde el punto de vista arqueológico.

5 Agradecimientos

Al Arqueólogo Javier Alcalde del Museo de Arqueología y Antropología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por proporcionar las muestras. Al Ing. Javier Gago del Laboratorio de Microscopía Electrónica de Transmisión del IPEN por calcular las distancias interplanares. Al Organismo Internacional de Energía Atómica por el financiamiento parcial a este proyecto: CRP PER13058.

6 Referencias

- [1] Sanhueza L, Falabella F, Fonseca E, Andonie O. Aplicación de análisis de pastas microscópicas, petrográficos y de composición de elementos químicos al problema de la procedencia de cerámica en el periodo alfarero temprano de Chile central y Cuyo, Argentina. Estudios Atacameños. 2004; 28:121-132.
- [2] Domínguez S, Sánchez M. Mineralogía y petrología de la industria lítica tallada y los cantos termoalterados en el yacimiento del embarcadero del río Palmones. Aportación de la arqueometría al estudio de las materias primas minerales y sus áreas fuente Palmones. Universidad de Cádiz, pp. 138-162, 2005.
- [3] López A, Olivera de Lescano P. Caracterización de pigmentos de material arqueológico de la Cultura Chíncha por fluorescencia de rayos X y microscopía electrónica de transmisión. Rev. Soc. Quím. Per. 2007; 73: 3-17.
- [4] Deeb C, Walter P, Castaing J, Penhoud P, Veyssiére P. Transmission electron microscopy (TEM) investigations of ancient Egyptian cosmetic powders.

- Appl. Phys. A: Mater. Sci. Proces. 2004; 79:393-396.
- [5] Lambert J, McLaughlin Ch, Shawl C, Xue L. Analytical Chemistry News & Features. American Chemical Society. 1999: 614A-620A
- [6] Ciliberto E, Spoto G. Editors. Modern Analytical Methods in Art and Archaeology. Canada: Wiley Interscience; Vol 155; 2000.
- [7] Liu K, Chan H, Notis M, Pigott V. Analytical electron microscopy of early steel from the Bacqah valley, Jordan. Microbeam Analysis. 1984: 1-3.
- [8] Ownby M, Ownby C, Miksa E. Use of scanning electron microscopy to characterize schist as a temper in Hohokam pottery. J. Arch. Sc. 2004; 31:31-38.
- [9] Campos G, Malheiros M, Solorzano G. Microanalytical study of a ferrous agricultural tool recovered from a historical site in Rio de Janeiro. Appl. Phys. A: Mater. Sci. Proces. 2004; 79: 315-318.
- [10] Joint Committee on Powder Diffraction Standards, Powder Diffraction File, International Center for Diffraction Data, Swarthmore, PA, 1995.