

Estudio sobre la autenticidad y la temperatura de cocción de fragmentos cerámicos de la cultura Nasca*

Javier Alcalde Gonzáles

Jorge Bravo Cabrejos

Yeseña Huaypar

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Luisa María Vetter Parodi

Museo Nacional Sicán

Susana Petrick

Universidad Nacional de Ingeniería

Alcides López Milla

Paula Olivera de Lescano

Julio César Santiago Contreras

Instituto Peruano de Energía Nuclear

Resumen

Se ha estudiado un conjunto de fragmentos de cerámica de la cultura Nasca (Ica - Perú) mediante diferentes técnicas analíticas para obtener información sobre la tecnología utilizada en su preparación. Por medio de Espectroscopía Mössbauer hemos obtenido datos que evidenciarían que la temperatura de cocción de los ceramios estuvo entre 700°C y 900°C. La aplicación de Difracción de Electrones selectivamente, sobre minerales en granulometría muy fina, determinó la presencia de Illita en todas las muestras, lo que sugiere que éstas no superaron los 800°C durante la cocción. La presencia de otros minerales en la composición de estos fragmentos se realizó por Difracción de Rayos X.

Debido a que los fragmentos estudiados provienen del Museo de Arqueología y Antropología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y no de excavaciones, se aplicó Termoluminiscencia y Luminiscencia Ópticamente Estimulada para verificar la autenticidad de las piezas.

* Agradecemos al Museo de Arqueología y Antropología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por ceder los fragmentos cerámicos de la cultura Nasca y al Organismo Internacional de Energía Atómica por el financiamiento parcial de este trabajo, a través de los proyectos CRP 13058 y ARCAL RLA8043.

Introducción

El arte y la tecnología de la cerámica fueron algunas de las manifestaciones culturales más destacadas de muchas culturas prehispánicas. Algunas de ellas realizaron y decoraron su cerámica de modo tal que reflejaron en ella su modo de vida y sus costumbres. Así, a través de esas representaciones se ha llegado a conocer mucho más de ellos que lo que se podría descubrir sólo a través de estudios arqueológicos rigurosos. Para el análisis de cerámica tradicionalmente se tomaron en cuenta la forma, el acabado de la superficie y la iconografía. Adicionalmente, en algunos casos se utilizó el análisis mineralógico de la composición de la pasta, utilizando microscopía óptica, lo que dio la posibilidad de un mejor diagnóstico y amplió los criterios de comparación entre los períodos y usos de la cerámica. Sin embargo, algunas veces las diferencias halladas entre las pastas usadas por los ceramistas son tan sutiles que se hace necesario el uso de técnicas que proporcionen resultados más precisos.

Las técnicas analíticas hacen posible encontrar características específicas de los ceramios que correlacionan la pertenencia a una cultura o su procedencia, dando información de los intercambios culturales y comerciales ocurridos¹.

Para los estudios de procedencia, generalmente se analizan las diferencias encontradas en la composición elemental de las pastas de un grupo suficientemente representativo de ceramios, para ello se emplea además de las herramientas analíticas la herramienta estadística (análisis multivariado), basando la identificación en la cuantificación de ciertos elementos presentes en las muestras analizadas². Entre las herramientas analíticas que permiten la caracterización elemental de la pasta de ceramios tenemos el Análisis por Activación Neutrónica,³ la Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Inductivamente Acoplado⁴ y la Espectrometría de Masas de Plasma Inductivamente

-
- 1) L.Sanhueza, F.Falabella, E.Fonseca, O.Andonje, *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*, Estudios Atacameños N° 28, Argentina, 2004, pp. 121-132.
 - 2) Cfr. G. Barone, A. Lo Giudice, P.Mazzoleni, A. Pezzino, D. Barilaro, V. Crupi, M. Triscari, "Chemical characterization and statistical multivariate analysis of ancient pottery from Messina, Catania, Lentini and Siracusa (Sicily)", *Archaeometry* N° 47, 2005, pp. 745-762 y K. Vaughn, H. Neff, "Moving beyond iconography: Neutron activation analysis of ceramics from Marcaya, Perú, an early domestic Nasca site", *J. Field Archaeol* N° 27, 2000, pp. 75-90.
 - 3) Cfr. U. Vinagre, R. Latini, A. Bellido, A. Buarque, A. Borges, "Ancient Ceramic Analysis by Neutron Activation in Association with Multivariate Methods", *Braz. J. Phys.* N° 35, 2005, pp. 779-781 y K. Vaughn, H. Neff, "Moving beyond iconography".
 - 4) Cfr. M. Feliu, M. Edreira, J. Martín, Application of physical-chemical analytical techniques in the study of ancient ceramics, *Anal. Chim. Acta* 502, 2004, pp. 241-250 y J. Pérez-Arategui, M. Uruñuela, J. Castillo, "Roman Glazed Ceramics in the Western

Acoplado⁵. De otro lado, gracias al avance de la tecnología en láser y detectores, la espectroscopía de descomposición inducida por láser (*Laser-induced breakdown spectroscopy*, LIBS) está siendo recientemente utilizada en el estudio de diferentes matrices, incluyendo los cerámicos y pinturas⁶. Estas técnicas tienen la ventaja de ser multielementales y de tener alta sensibilidad por lo que permiten el análisis cuantitativo de los elementos traza.

Para obtener información sobre la tecnología de preparación, y específicamente sobre la temperatura de cocción de los cerámicos, es necesario determinar la composición mineralógica de la pasta, ya sea por Difracción de Rayos X (DRX) o por Microscopía Electrónica de Transmisión (MET) en su forma de difracción de electrones de áreas selectas. Así, basándonos en la presencia o alteración de determinados minerales de los que se conocen las temperaturas a las cuales desaparecen o se transforman, es posible hacer un estimado de la temperatura máxima alcanzada por la pasta generalmente durante la cocción. El MET, por ser una técnica que analiza áreas muy pequeñas de muestra, detecta los minerales que por su escasez relativa no pueden ser descubiertos por Difracción de Rayos X.

Por otro lado, la Espectroscopía Mössbauer (EM) puede ser utilizada para la determinación de la temperatura de cocción de cerámicos. El fundamento fenomenológico del efecto Mössbauer es la emisión sin retroceso de fotones gamma por los núcleos radiactivos en la fuente y la subsiguiente absorción resonante de esos fotones por otros núcleos del mismo isótopo en la muestra. En el caso de estudio de arcillas y cerámicas por EM sólo se obtiene información de la presencia de un tipo de isótopo, el ⁵⁷Fe.

El espectro Mössbauer está constituido de subespectros, cada uno de ellos asociado a un sitio estructural, que pueden ser dobletes o sextupletes, que son caracterizados por un conjunto de parámetros hiperfinos. Los dobletes están asociados a átomos de Fe en estado paramagnético y los sextupletes a sitios con ordenamiento magnético. Los parámetros hiperfinos incluyen el corrimiento isomérico, el desdoblamiento cuadrupolar y el campo magnético hiperfino. Cada mineral que contiene

Mediterranean: Chemical Characterization by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry of Ceramic Bodies", *J. Archaeol. Sci.* N° 23, 1996, 903-914.

- 5) Cfr. W. James, E. Dahlin, D. Carlson, "Chemical compositional studies of archaeological artifacts: Comparison of LA-ICP-MS to INAA measurements", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* N° 263, 2005, pp. 697-702 y A. Pillay, "Analysis of archaeological artefacts: PIXE, XRF or ICP-MS?", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* N° 247, 2001, pp. 593-595.
- 6) Cfr. A. Giakoumaki, K. Melessanaki, D. Anglos, "Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS)" in *Archaeological science - applications and prospects*, *Anal. Bioanal. Chem.*, 387(3), 2007, pp. 749-760 y Alexcei Pérez B., Análisis elemental semi-cuantitativo de la composición química de cerámicas arqueológicas usando la técnica LIBS, Tesis de Diploma en Física, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2009.

hierro, ya sea como catión principal o por sustitución, está caracterizado por un conjunto de parámetros hiperfinos que dan información sobre su presencia y las áreas de absorción resonante asociadas a dichos sitios dan información sobre sus abundancias en la pasta de estudio. Es decir, en el espectro Mössbauer se puede evidenciar las variaciones de la vecindad química de los isótopos, la misma que se puede alterar mediante calentamiento.

El método se basa en medir el espectro Mössbauer de una muestra de cerámica en polvo luego de someterla a tratamientos térmicos a diferentes temperaturas. Las características de los espectros obtenidos serán similares para los casos en los que no se superó la temperatura de cocción (T_c) original. Pero, teóricamente, a temperaturas mayores a la T_c el entorno de los núcleos de ^{57}Fe se modifica produciendo espectros Mössbauer diferentes⁷.

En este trabajo presentamos los resultados obtenidos del estudio de fragmentos de 10 ceramios de la cultura Nasca, aplicando DRX, MET y EM para obtener información sobre la temperatura de cocción las mismas.

Se sabe que la cultura Nasca se desarrolló a 49 km de la actual ciudad de Nasca, 500 km al sur de Lima, sobre la cuenca del río Grande, entre los años 100 a.c. y 750 d.c. Es particularmente conocida por los grandes geoglifos, líneas encontrados en las pampas de Nasca⁸. Los principales sitios arqueológicos encontrados se encuentran en Cahuachi, centro religioso, Marcaya y Los Molinos⁹. La cerámica producida por los alfareros de esta cultura se caracterizó por el policromismo y su buen acabado.

Debido a que las muestras estudiadas provenían del Museo de Arqueología y Antropología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, y no de una excavación, se les realizaron pruebas dosimétricas por termoluminiscencia y luminiscencia ópticamente estimulada, para determinar su autenticidad. La emisión de luz por el material, estimulado térmicamente (TL) u ópticamente (OSL), se produce con posterioridad a la absorción de energía proveniente del fondo radioactivo del ambiente en el que el material estuvo inmerso. Si la intensidad de la emisión

7) Cfr. U. Wagner, "The Application of Mössbauer Spectroscopy to Archaeology", *Hyperfine Interactions* N° 134, 2004, pp. 1-253 y R. Venkatachalapathy, T. Sridharan, S. Dhanapandian, C. Manoharan, *Determination of firing temperature of ancient potteries by means of infrared and Mossbauer studies*. Spectr. Letters, [http://www.informaworld.com/smpp/title%7Edb=all%7Econtent=t713597299%7Etab=issueslist%7Ebranches=35-v3535\(6\)](http://www.informaworld.com/smpp/title%7Edb=all%7Econtent=t713597299%7Etab=issueslist%7Ebranches=35-v3535(6)), 2002, pp. 769-779.

8) K. Vaughn, "Van Gijsegem H., "A compositional perspective on the origins of the "Nasca cult" at Cahuachi", *J. Archaeol. Sci.* N° 34, 2007, pp. 814-822.

9) Cfr. Helaine Silverman, *Cahuachi in the Ancient Nasca World*, University of Iowa Press, Iowa City, 1993 y M. Reindel, J. Isla, "Los Molinos y La Muña, Dos centros administrativos de la cultura Nasca en Palpa, costa sur del Perú", *Sonderdruck aus Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* N° 21, 2001, pp. 289-319.

de luz es proporcional a la energía absorbida y al tiempo transcurrido desde que el material se calentó por última vez, es posible determinar si una muestra es antigua o “moderna” a través de las pruebas de TL u OSL¹⁰.

Parte experimental

Material cerámico

Las muestras cedidas fueron estudiadas en forma de fragmentos de vasijas cerámicas (antiguamente restauradas). Estos fragmentos fueron separados por el personal del museo utilizando alcohol o acetona y colocados en bolsas de polietileno con sus respectivas etiquetas. Para la obtención de las muestras de pastas, se retiraron las capas de pigmentos y engobes de los fragmentos con la ayuda de un taladro con brocas de carburo de tungsteno y una fresa de acero.

Análisis por termoluminiscencia

Para obtener las muestras se utilizó un taladro de baja velocidad con una broca diamantada. Las muestras fueron taladradas hasta una profundidad de 2 mm, antes de obtener el material para dosimetría (Figura 1). El equipo utilizado en los registros de TL y OSL es una lectora de *Risø National Laboratories*, modelo TL-DA-15, con una fuente IR de 875 nm y una fuente de luz azul de 470 nm. Este equipo también está provisto de una fuente de radiación beta (135,5 mGy/s) para las irradiaciones de laboratorio necesarias en la calibración de la dosis acumulada. Los datos fueron obtenidos y analizados según el protocolo *Single Aliquot Regeneration* (SAR)¹¹.

Análisis por Microscopía electrónica de transmisión

Los fragmentos cerámicos se limpiaron con aire comprimido para eliminar el polvo y el material contaminante de la superficie, luego fueron fracturados. Una vez elegida la zona representativa se procedió a hacer un decapado de aproximadamente 0,5 mm de espesor con ayuda de una fresa carburada

-
- 10) Cfr. L. Vetter, S. Petrick, Y. Huaypar, M. Mac Kay, “Los hornos metalúrgicos del sitio Inca de Curamba (Perú): estudio por DRX, espectroscopia Mössbauer y datación por métodos de luminiscencia”, *Bull. Inst. Fr. d’Études Andines* N° 37 (3), 2008, pp. 451-475 y Gloria Santana, “La datación por termoluminiscencia en los materiales cerámicos prehistóricos de Gran Canaria”, *Vector plus* N° 16, 2000, pp. 47-55 y M. Aitken, *Termoluminiscence Dating*, London Pulitzer, 1985.
- 11) Cfr. L. Bøtter-Jensen, S. McKeever, A. Wintle, “Optically Stimulated Luminescence Dosimetry”. *Elsevier Science*, 2003 y M. Takanono, T. Yawata, T. Hahimoto, “Luminescence dosimetry of archaeological and ceramic samples using a single-aliquot regenerative-dose method”, *J. Radioanal. Nuc. Chem.* N° 255 (2), 2003, pp.365-368.



Figura 1. Fragmento de cerámica Nasca mostrando las zonas, superficie (s) o al interior (d), de donde se obtuvieron las muestras para su medición por OSL o TL.

de forma esférica de 2 mm de diámetro, montado sobre un minitaladro de velocidad variable. El polvo obtenido de la parte interna se puso en una suspensión acuosa para decantar las partículas más grandes, una gota de esta suspensión fue colocada sobre una rejilla portamuestras estándar, de 300 mesh con membrana de soporte de parlodion, para microscopía electrónica. Las muestras preparadas se dejaron secar por espacio de una hora a temperatura ambiente. Una vez secas se procedió a su análisis haciendo uso del Microscopio Electrónico de barrido transmisión, STEM EM 400 Philips operando a 80 kV, mediante la técnica de Difracción Electrónica de Área Selecta.

En el análisis de los patrones de difracción de electrones obtenidos se buscaron las distancias interplanares correspondientes a las fases cristalinas presentes en cada muestra, luego se analizaron y compararon con las distancias interplanares características de las fases minerales tabuladas en las bases de datos cristalográficos.

Análisis por Difracción de Rayos X

Para facilitar la pulverización de las piezas, se las sumergió individualmente en un vaso de precipitación con nitrógeno líquido por espacio de 5 minutos, luego con unas pinzas se colocó la muestra en un mortero de porcelana y se procedió a la homogenización del grano con un pilón del mismo

material. La muestra ya pulverizada fue colocada en frascos de vidrio con tapa y puestos a secar en una estufa por espacio de 24 horas.

Análisis por Espectroscopía Mössbauer

Para el análisis por EM se utilizó 250 mg del mismo material en polvo preparado para DRX. Se utilizaron dos espectrómetros convencionales, uno de 512 canales y modalidad de aceleración constante, y otro de 1024 canales en la modalidad de velocidad sinusoidal, utilizando una geometría de transmisión. El criterio de selección de las muestras se basó en el mayor contenido de hematita cristalizada, que puede estar asociado a una temperatura de cocción más elevada y a una atmósfera oxidante.

Para el tratamiento térmico se utilizó una atmósfera oxidante y un rango de temperatura de 300 a 1000°C. En cada caso, la alícuota de la muestra fue sometida a tratamiento térmico durante 12 h y los espectros Mössbauer se acumularon con la alícuota a temperatura ambiente. Para cada temperatura se utilizó alícuotas diferentes.

Resultados y discusión

Pruebas de autenticidad por dosimetría termoluminiscencia

Las piezas de cerámica que están guardadas en los museos no pueden ser datadas de manera confiable aplicando las técnicas dosimétricas basadas en medidas de intensidad de sus señales de TL y OSL, sin embargo es usual aplicar las técnicas de dosimetría TL y OSL para determinar su autenticidad haciendo un estimado grueso de su antigüedad.

Los valores obtenidos a partir de las curvas de OSL obtenidas por estimulación de las muestras con luz azul, Figura 2, son proporcionales a la dosis arqueológica calculada por interpolación de la señal natural, como se muestra en la Figura 3.

Los resultados obtenidos se muestran resumidos en la Tabla 1. Se observa que las muestras tomadas cerca de la superficie (s) dan valores muy por debajo de los obtenidos al interior del fragmento (d) debido a la mayor interacción de la muestra con la luz del medio ambiente. Entre las muestras analizadas se colocaron tres muestras “modernas”, las que no dieron ninguna señal residual de luminiscencia. Esto prueba que la metodología utilizada funciona bien para diferenciar muestras originales de las muestras de manufactura reciente.

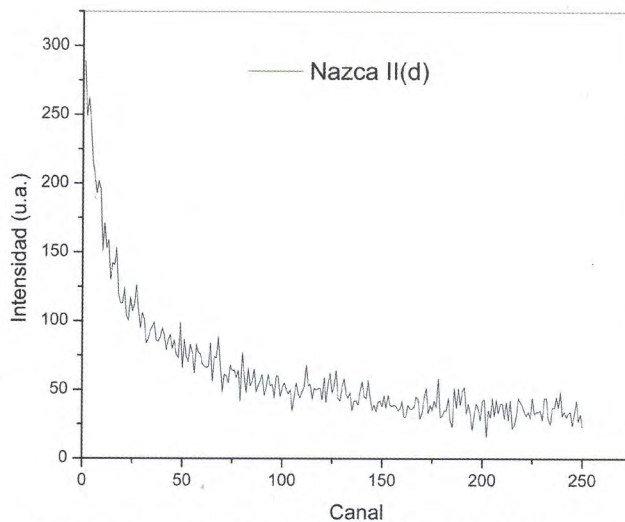


Figura 2. Señal OSL obtenida estimulando un fragmento de cerámica Nasca, fase II, con luz azul.

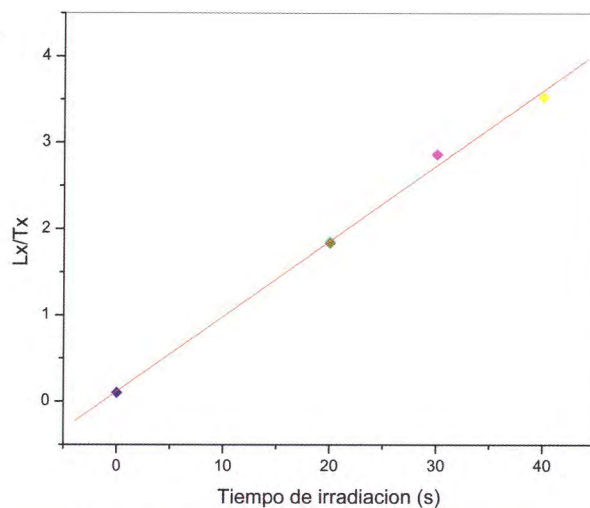


Figura 3. Proporcionalidad entre la señal obtenida luego de la irradiación de un fragmento de la fase Nasca III en función del tiempo de irradiación.

Los resultados muestran además que las dosis acumuladas calculadas varían mucho, lo cual no debe sorprender puesto que las muestras provienen de un rango de tiempo de 800 años. Sin embargo, notamos que la dosis “arqueológica” tiende a disminuir conforme aumenta la fase de evolución de esta cultura, es decir de la más antigua a la más moderna.

Muestras	Dosis (mGy)	Error (mGy)	% (2 sigma)
Nazca II 5204(s)	3688,34	104,33	100
Nazca II 5204(d)	7723,50	395,66	100
Nazca III 5169	7859,08	364,50	100
Nazca III 3794	8441,73	363,14	100
Nazca IV 5209(s)	1417,34	40,65	100
Nazca IV 5209(d)	4376,65	131,44	100
Nazca V 2109(s)	3712,74	481,03	100
Nazca V 2109(d)	4159,85	440,38	100
Nazca VII 2147	6246,61	334,69	100
Nazca VIII 2582	4173,44	229,00	100

Tabla 1. Dosis “arqueológica” calculada en los fragmentos de cerámicos Nasca después de aplicar el análisis SAR sobre las curvas de OSL vs tiempo.

Estudio por Microscopía Electrónica de Transmisión

La MET en su modo de Difracción de Electrones de Áreas Selectas (DEAS) permitió obtener patrones de difracción de polvo policristalino y monocristalino en cada una de las muestras. La Figura 4 muestra los patrones de difracción observados para la muestra 2210. Dada la variedad de distancias interplanares obtenidas por medio de la difracción de electrones muchas no pudieron ser identificadas con fases minerales conocidas, sin embargo algunos minerales si se han podido identificar plenamente, como se observa en la Tabla 2. La presencia de Illita en todas las muestras analizadas sugiere que en el proceso de cocido de dichas cerámicas no se alcanzaron los 800°C, porque a esta temperatura la illita cambia de fase¹². Sin

12) Cfr. A. López, J. Santiago, “Estudio fractográfico y microcristalino de la pasta de la cerámica Nasca”, *Rev. Soc. Quím. N°4(1)*, Perú, 2008, pp. 24-29 y M. Jordán, T. Sanfeliú, De la Fuente C., “Firing transformations of tertiary clays used in the manufactu-

embargo, cuando los artefactos cerámicos se cuecen en hornos artesanales la temperatura que se alcanza es bastante variable, se pueden encontrar diferencias hasta de más de 250°C en un solo proceso, lo que hace que no todos los artefactos tengan las mismas condiciones de cocción ni los mismos resultados¹³.



Figura 4. Patrones de difracción obtenidos a partir de la muestra 2210.

Muestra	Período	Materiales cristalinos
765	VIII	Cuarzo, Illita, $Pb_8Bi_6S_{17}$, CaO, $CaFeO_2$, $3K_2S_2O_3 \cdot H_2O$, Mn_3GaNO_5 , $MgCl_2 \cdot 6H_2O$
490	VII	Cuarzo, Illita, Ferripirofilita, Nontronita, $Pb_3FeSi_3O_{10}(Cl,OH)$, $(Pb,Mo)_8O_8C_{12}$
2210	VII	Cuarzo, Illita, Lepidolita, $NaMgAlSiO_2(OH)H_2O$, Montmorillonita
3918	V	Cuarzo, Illita, Lepidolita
452	V	Cuarzo, Illita, Lepidolita, Hg_2OCl , Fucalita
1584	IV	Cuarzo, Illita, Nontronita, Ferripirofilita, Lepidolita
2385	IV	Cuarzo, Illita, Lepidomelana, Lepidolita
5085	III	Cuarzo, Illita, Lepidomelana
2445	III	Cuarzo, Illita, Lepidomelana, $2MgHBO_3$, $Ca_4B_{10}Si_2O_{23} \cdot 5H_2O$, Be_2SiO_4
2213	II	Cuarzo, Illita, Lepidomelana, $2MgHBO_3$, $Ca_4B_{10}Si_2O_{23} \cdot 5H_2O$, Be_2SiO_4

Tabla 2. Minerales presentes en las muestras estudiadas e identificados por comparación con la base de datos JCPDF.

ring of ceramic tile bodies", *Appl. Clay Sci.* N° 20, 2001, pp. 87-95.

- 13) J. Salazar, J. Vreeland, "Medida de las temperaturas de un horno artesanal de Mórrope, departamento de Lambayeque, utilizado para la fabricación tradicional de alfarería", *Bull. Inst. Fr. Études Andines* N° 22, 1993, pp. 685-699.

Análisis por Difracción de Rayos X

La Figura 5 muestra uno de los difractogramas obtenidos de tres muestras seleccionadas por poseer características contrastantes, relativas a su color y su composición mineralógica. La muestra 2385 es de color grisáceo y contiene hematita en menor concentración que las otras dos muestras, que presentan color rojizo anaranjado. La Tabla 3 muestra los resultados del análisis por DRX. Como se puede apreciar todas estas muestras contienen cuarzo en alto porcentaje y en menor concentración albita, muscovita, micas y hematita. Este análisis no permite detectar la presencia de hematita en la muestra 2385; que si se observa por EM. La presencia de clorita indica que la temperatura de cocción original no superó los 650°C en el caso de la muestra 5169¹⁴.

La aparente discrepancia entre los minerales observados por DRX y MET puede explicarse por el hecho de que en la técnica aplicada (MET-DEAS) se analizan zonas muy pequeñas, especialmente aquellas zonas que presentan buena cristalización, mientras que por DRX se obtienen todos los minerales presentes y muchas veces los que se encuentran en pequeñas proporciones son encubiertos por aquellos que son mayoritarios.

Periodo	Muestras	Color	Minerales Identificados
Nazca III	5169	Naranja/rojo	Cuarzo
			Albita
			Hematita
			Muscovita
			Clorita
Nazca IV	2385	Gris	Cuarzo
			Albita
			Muscovita

14) Cfr. M. Maggeti, "Rossmannith, Archaeometry of kaolinitic clays", *Revue d'archaeometry* III, suppl., 1981, pp. 185-194 y M. Gallart, M. Mata, "Análisis mineralógico de las cerámicas", *Bolskan: Revista de arqueología del Instituto de Estudios Altoaragoneses* N° 12, 1995, pp. 171-180.

Nazca V	2461	Naranja claro	Cuarzo
			Albita
			Hematita
			Mica

Tabla 3. Resultados de los análisis por Difracción de rayos X de las muestras Nasca.

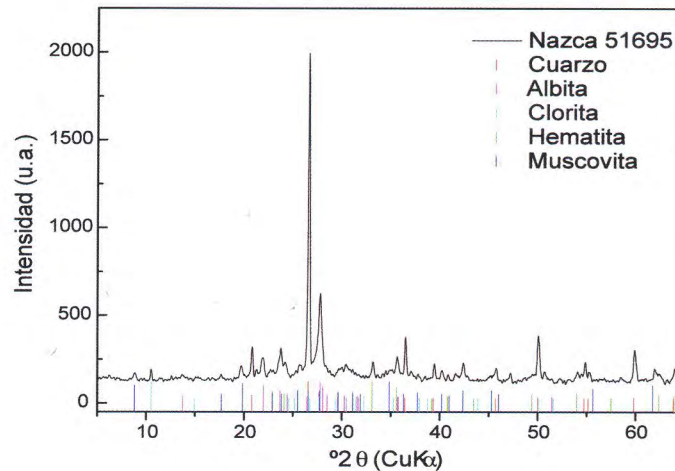


Figura 5. Difractograma de Rayos X de la muestra Nasca 5169.

Análisis por Espectroscopia Mössbauer

La Figura 6 presenta el espectro Mössbauer de la muestra 5169 como representativo de los espectros obtenidos. Todos los espectros muestran curvas que han sido desdobladas en seis curvas individuales utilizando el software PCMOSS; tres de estas curvas presentan dobletes y las otras tres están constituidas de sextupletes magnéticamente desdoblados. Este mismo software calcula la contribución individual de las diferentes especies de hierro Fe(II), Fe(III), y fases magnéticas), encontrándose una contribución mayor de Fe(II) en las muestras de color oscuro, lo que sugiere que esta cerámica fue confeccionada en una atmósfera reductora. El ancho exagerado de los sextetos observados está

asociado a fases amorfas; lo que implicaría que la temperatura que se alcanzó en la cocción no fue ni lo suficientemente alta ni lo suficientemente prolongada para alcanzar buena cristalización.

A partir de las curvas individuales utilizadas en el ajuste se pudo determinar el desdoblamiento cuadrupolar promedio para los sitios ocupados por Fe(III) y Fe(II) en estado paramagnético para cada una de las muestras, Figura 7.

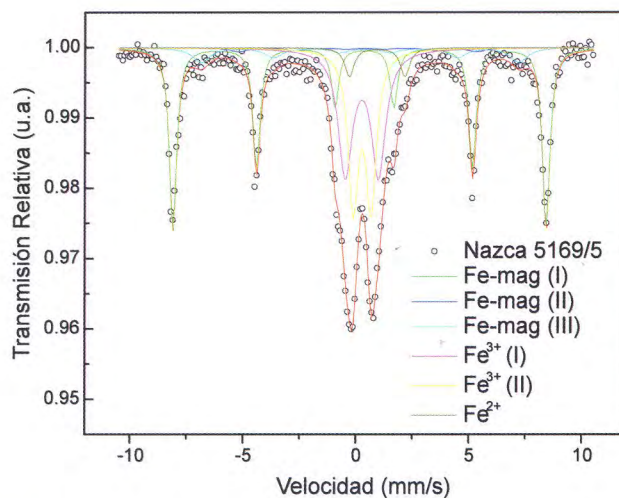


Figura 6. Espectro de la muestra Nasca 5169 a temperatura ambiente.

La muestra 5169 fue seleccionada para un tratamiento térmico en atmósfera oxidante a temperaturas de 300°C a 1000°C, con intervalos de 50°C, 100°C y 150°C, con el objetivo de medir la variación con la temperatura de cocción de los parámetros hiperfinos. Esta muestra fue seleccionada por cumplir con dos criterios: i) por su mayor contenido de hematita bien cristalizada, que puede ser consecuencia de una mayor temperatura de cocción original, y ii) por contar con la cantidad de muestra requerida para realizar los procesos de recocido. Para este fin, las muestras fueron sometidas a tratamientos térmicos durante intervalos de 12 h, en cada temperatura. Los espectros fueron tomados a Temperatura Ambiente (TA), obteniéndose por ajuste el desdoblamiento cuadrupolar de los sitios

paramagnéticos, que luego se tabuló y graficó en función de la temperatura de calentamiento.

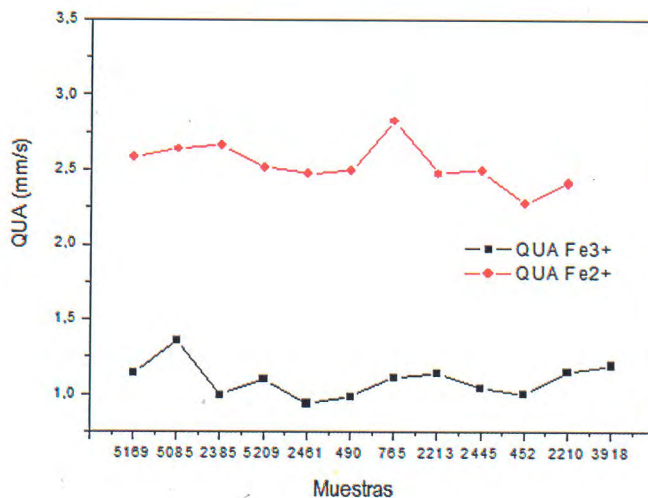


Figura 7. Desdoblamiento cuadrupolar de los sitios paramagnéticos en las muestras.

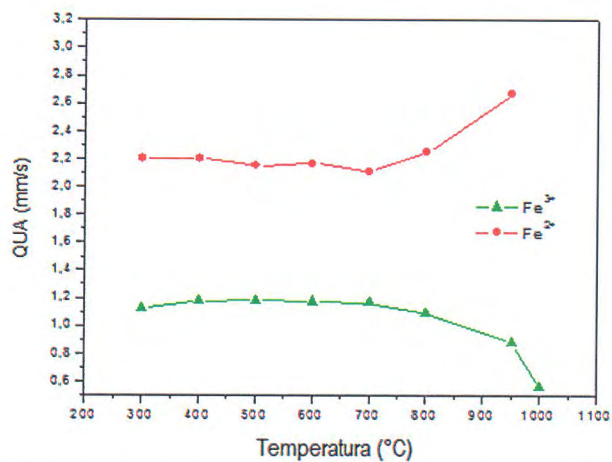


Figura 8. Variación del desdoblamiento cuadrupolar de los sitios paramagnéticos en función de la temperatura para la muestra 5169.

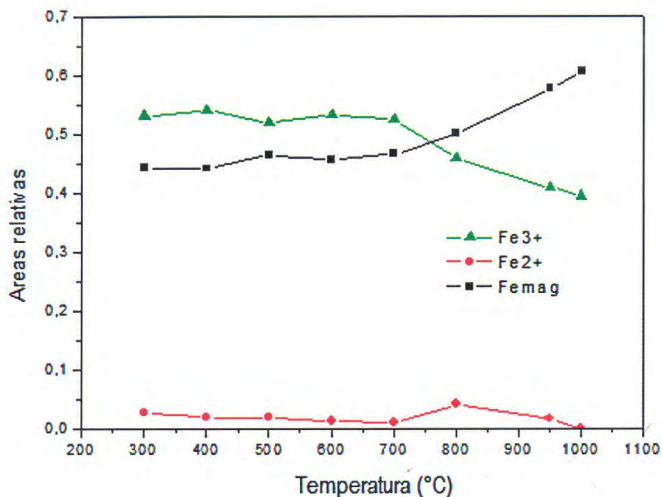


Figura 9. Variación de la ocupación de los sitios de Fe en función de la temperatura para la muestra 5169.

De la Figura 8, sobre la base de la variación del desdoblamiento cuadrupolar de los sitios de Fe(III), en el caso de la muestra 5169 se observa que a partir de 700°C se inicia una tendencia a la disminución del valor del desdoblamiento cuadrupolar. En la Figura 9 se evidencia un incremento en la proporción de sitios ocupados por Fe(III) en estado magnético a partir de 700°C. También se observa un aumento en el desdoblamiento cuadrupolar del sitio de Fe(II), lo cual estaría relacionado al colapso de las estructuras que soportan los cationes ferrosos. Este resultado parece indicar que la temperatura de cocción original para esta muestra fue próxima a 700°C. A partir de 800°C se nota una redistribución de los cationes Fe(III) magnéticos entre los tres sextetos, lo cual parece indicar que el mineral asociado a este sexteto es el más estable a mayores temperaturas. A 1000°C, para ajustar el espectro, sólo fue necesario utilizar dos dobletes, asociados a Fe(III), y dos sextetos, debido a que ya no se observa material en estado amorfo o pobremente cristalizado.

La presencia de varias fases de hematita, que se manifiestan por la necesidad de utilizar de 2 a 4 sextetos para ajustar la componente magnética de los espectros Mössbauer de las muestras estudiadas puede estar relacionada al tratamiento térmico al que fueron sometidas estas muestras durante su cocción.

Conclusiones

Se ratificó la autenticidad de las muestras cedidas por el Museo de Arqueología y Antropología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Esta confirmación, realizada por termoluminiscencia y luminiscencia ópticamente estimulada fue necesaria como paso previo a la realización de las otras pruebas, debido a que por la belleza de la cerámica producida por los alfareros nasca ha sido objeto de copia o falsificación desde tiempos coloniales.

La DRX y la MET en su forma DEAS, permitieron identificar la mayoría de los componentes de las pastas de los fragmentos de ceramios estudiados. La presencia de algunas arcillas, observadas e identificadas por DRX, indicaría que ninguna de las muestras alcanzó temperaturas mayores a 900°C durante su elaboración.

En todas las muestras se determinó la presencia de Illita, lo que sugiere que durante la cocción estas pastas no superaron los 800°C por tiempos suficientemente prolongados. Los resultados hallados por espectroscopia Mössbauer sugieren igualmente que la temperatura de cocción original de la cerámica 5169 fue próxima a los 700°C.

Bibliografía

- Aitken, M., *Thermoluminescence Dating*, London Pultizer, 1985.
- Barone, G., Lo Giudice, A., Mazzoleni, P., Pezzino, A., Barilaro, D., Crupi, V., Triscari, M., "Chemical characterization and statistical multivariate analysis of ancient pottery from Messina, Catania, Lentini and Siracusa (Sicily)", *Archaeometry* N° 47, 2005, pp. 745-762.
- Bøtter-Jensen, L., McKeever, S., Wintle, A., "Optically Stimulated Luminescence Dosimetry", *Elsevier Science*, 2003.
- Feliu, M., Edreira, M., Martín, J., Application of physical-chemical analytical techniques in the study of ancient ceramics, *Anal. Chim. Acta* 502, 2004, pp. 241-250.
- James, W., Dahlin, E., Carlson, D., "Chemical compositional studies of archaeological artifacts: Comparison of LA-ICP-MS to INAA measurements", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* N° 263, 2005, pp. 697-702.
- Gallart, M., Mata, M., "Análisis mineralógico de las cerámicas", *Bolskan: Revista de arqueología del Instituto de Estudios Altoaragoneses* N° 12, 1995, pp. 171-180.
- Giakoumaki, A., Melessanaki, K., Anglos, D., "Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS)" in *Archaeological science - applications and prospects*, *Anal. Bioanal. Chem.*, 387(3), 2007, pp. 749-760.
- Jordán, M., Sanfeliú, T., De la Fuente, C., "Firing transformations of tertiary clays used in the manufacturing of ceramic tile bodies", *Appl. Clay Sci.* N° 20, 2001, pp. 87-95.
- López, A., Santiago, J., "Estudio fractográfico y microcristalino de la pasta de la cerámica Nasca", *Rev. Soc. Quím.* N°4(1), Perú, 2008, pp. 24-29.
- Maggeti, M., "Rossmannith, Archaeometry of kaolinitic clays", *Revue d'archaeometry* III, suppl., 1981, pp. 185-194.
- Melessanaki, K., Mateo, M., Ferrence, S., Betancourt, P., Anglos, D., "The application of LIBS for the analysis of archaeological ceramic and metal artifacts", *Applied Surface Science*, 2002, pp. 197-198; 156-163.
- Pérez-Arategui, J., Uruñuela, M., Castillo, J., "Roman Glazed Ceramics in the Western Mediterranean: Chemical Characterization by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry of Ceramic Bodies", *J. Archaeol. Sci.* N° 23, 1996, 903-914.
- Pérez B., Alexcei, Análisis elemental semi-cuantitativo de la composición química de cerámicas arqueológicas usando la técnica LIBS, Tesis de Diploma en Física, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2009.
- Pillay, A., "Analysis of archaeological artefacts: PIXE, XRF or ICP-MS?", *J. Radioanal. Nucl. Chem.* N° 247, 2001, pp. 593-595.
- Reindel, M., Isla, J., "Los Molinos y La Muña, Dos centros administrativos de la cultura Nasca en Palpa, costa sur del Perú", *Sonderdruck aus Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* N° 21, 2001, pp. 289-319.
- Salazar, J., Vreeland, J., "Medida de las temperaturas de un horno artesanal de Mórrope, departamento de Lambayeque, utilizado para la fabricación tradicional de alfarería", *Bull. Inst. Fr. Études Andines* N° 22, 1993, pp. 685-699.
- 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*, Estudios Atacameños N° 28, Argentina, 2004, pp. 121-132.
- Santana, Gloria, "La datación por termoluminiscencia en los materiales cerámicos prehistóricos de Gran Canaria", *Vector plus* N° 16, 2000, pp. 47-55.
- Silverman, Helaine, *Cahuachi in the Ancient Nasca World*, University of Iowa Press, Iowa City, 1993.
- Speakman, R., Neff, H., "The Application of Laser Ablation-ICP-MS to the Study of Archaeological Materials-An Introduction", en *Laser Ablation-ICPMS in Archaeological Research*, R. Speakman, H. Neff Editors, University of New Mexico Press, Albuquerque, 2005, pp. 1-14.
- Takano, M., Yawata, T., Hahimoto, T., "Luminescence dosimetry of archaeological and ceramic samples using a single-aliqout

- regenerative-dose method", *J. Radioanal. Nuc. Chem.* N° 255 (2), 2003, pp. 365-368.
- Vaughn, K., Neff, H., "Moving beyond iconography: Neutron activation analysis of ceramics from Marcaya, Perú, an early domestic Nasca site", *J. Field Archaeol.* N° 27, 2000, pp. 75-90.
- Vaughn, K., "Van Gijseghem H., "A compositional perspective on the origins of the "Nasca cult" at Cahuachi", *J. Archaeol. Sci.* N° 34, 2007, pp. 814-822.
- Vinagre, U., Latini, R., Bellido, A., Buarque, A., Borges, A., "Ancient Ceramic Analysis by Neutron Activation in Association with Multivariate Methods", *Braz. J. Phys.* N° 35, 2005, pp. 779-781.
- Vásquez, J., "Aproximación etnoarqueológica a la temperatura de cocción de la cerámica", *Gallaecia* N° 22, 2003, pp. 407-411.
- Venkatachalapathy, R., Sridharan, T., Dhanapandian, S., Manoharan, C., *Determination of firing temperature of ancient potteries by means of infrared and Mossbauer studies.* Spectr. Letters, 35(6), 2002, pp. 769-779.
- Vetter, L., Petrick, S., Huaypar, Y., Mac Kay, M., "Los hornos metalúrgicos del sitio Inca de Curamba (Perú): estudio por DRX, espectroscopia Mössbauer y datación por métodos de luminiscencia", *Bull. Inst. Fr. d'Études Andines* N° 37 (3), 2008, pp. 451-475.
- Wagner, U., "The Application of Mössbauer Spectroscopy to Archaeology", *Hyperfine Interactions* N° 134, 2004, pp. 1-253.

SIGLAS

AAN	Análisis por Activación Neutrónica
AAS	Atomic Absorption Spectroscopy
AANI	Activación Neutrónica Instrumental
ARCAL	Acuerdo Regional de Cooperación Técnica para América Latina y el Caribe
CChEN	Comisión Chilena de Energía Nuclear
CDTN	Centro de Desarrollo de Tecnología Nuclear
CEADEN	Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear
CICANUM-UCR	Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares, Universidad de Costa Rica
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica
DEAS	Difracción de Electrones de Áreas Selectas
DRX	Difracción de Rayos X
EAA	Espectroscopía de Absorción Atómica
EEO	Espectroscopía de Emisión Óptica
EM	Espectroscopía Mössbauer
EEP	Espectroscopía de Emisión con Plasma
ERX	Espectroscopía de Rayos X
FRX	Fluorescencia de Rayos X
ICP-MS	Espectrometría de Masas con Fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo
INNA	Instrumental Neutron Activation Analysis
ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
INPC	Instituto Nacional de Patrimonio Cultural
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPEN	Instituto Peruano de Energía Nuclear
LIBS	Laser-Induced Breakdown Spectroscopy
MET	Microscopía Electrónica de Transmisión
MURR	Missouri University Research Reactor Center
NIST	National Institute of Standard and Technology
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
PIXE	Proton-Induced X-Ray Emission
RLAHA	Research Laboratory for Archaeology and the History of Art
TA	Temperatura Ambiente
TLD	Termo-luminiscencia

Instituciones de contacto y perfil de los autores

Institución: **ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA**

Dirección: Centro Internacional de Viena. PO Box 100 A-1400

Viena - Austria

Teléfono: +43 1260028244

Página web: <http://www.iaea.org>

Persona de contacto: Román Padilla

R.Padilla-Alvarez@iaea.org

Román Padilla. Físico, graduado en la Universidad Estatal de Bielorusia en 1985 y Doctor en Ciencias por la Universidad de Amberes (Bélgica, 2005). Trabajó desde 1985 como investigador en el Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN, La Habana, Cuba) y desde el 2008 trabaja en el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) como especialista en instrumentación nuclear. Durante veinticinco años se ha dedicado a la implementación, desarrollo y aplicación de técnicas analíticas nucleares en los campos de la salud, el medioambiente, la agricultura, la prospección de minerales radioactivos, la caracterización de obras de arte y hallazgos arqueológicos, así como de materias primas y productos industriales. Es autor de más de treinta publicaciones científicas y ha presentado cerca de cincuenta ponencias en eventos científicos.

ARGENTINA

Institución: **COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA**

Dirección: Av. del Libertador 8250

Buenos Aires - Argentina

Teléfono: +54 11 6779-8572

Fax: +54 11 6779-8126

Página web: <http://www.cnea.gov.ar>

Persona de contacto: Rita R. Plá

rpla@cae.cnea.gov.ar

Verónica Aldazabal. Doctora en Antropología de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires. Es investigadora adjunta del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET), en el Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas (IMHICIHU). Sus principales líneas de investigación abarcan la arqueología de ambientes costeros y de las regiones de la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires) y de Norpatagonia y también la arqueología naval. Es directora y/o colaboradora de varios proyectos de investigación relacionados con estos temas y autora de numerosos trabajos científicos, publicados y presentados en congresos.

Rodrigo Invernizzi. Técnico de laboratorio y estudiante avanzado de Química en la Universidad de Buenos Aires. Ingresó al Grupo Técnicas Analíticas Nucleares de la Comisión Nacional de Energía Atómica en 2002. Tiene experiencia en la caracterización de muestras biológicas y geológicas mediante Análisis por Activación Neutrónica Instrumental y también en el empleo de separaciones radioquímicas para la determinación de metales pesados en matrices biológicas. Participa en la evaluación de resultados analíticos empleando Análisis Multivariado.

Mónica Moreno. Técnica de laboratorio, miembro del Grupo Técnicas Analíticas Nucleares de la Comisión Nacional de Energía Atómica desde 1987. A partir de 1995, trabaja en la caracterización de muestras arqueológicas, especialmente cerámicas y muestras líticas, empleando la técnica de Análisis por Activación Neutrónica.

Rita R. Plá. Graduada en Química en la Universidad de Buenos Aires. Desde 1995 se desempeña como Jefe del Grupo Técnicas Analíticas Nucleares de la Comisión Nacional de Energía Atómica. A partir de 1980, trabaja en Análisis por Activación Neutrónica (AAN) y ha participado y/o coordinado numerosos proyectos de investigación nacionales e internacionales de aplicación de la técnica, especialmente en las áreas de contaminación ambiental, geología y arqueología. Se ha desempeñado como experta en aplicaciones ambientales de las técnicas nucleares y en evaluación e interpretación de datos de tales estudios, en diversos países de Latinoamérica y dictado numerosos seminarios, talleres y cursos. Es autora de numerosos trabajos publicados y presentados en congresos.

BRASIL

Institución: **INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**

Dirección: Av Prof. Lineu Prestes 2242, CEP 05508-000

São Paulo-Brasil

Teléfono: +55 11 3133-9984 (Cidade Universitária, USP)

Página web: www.ipen.br

Persona de contacto: Casimiro Munita

camunita@ipen.br

Casimiro S. Munita. Licenciado y Bachiller en Química. Magíster y Doctor en Tecnología Nuclear, con Pos Doctorado en Suiza (1988) y Bélgica (1991). Investigador nuclear en el Instituto de Investigaciones Energéticas y Nucleares, IPEN-CNEN/SP, desde 1975. Profesor titular en la Universidad de São Paulo, USP, en el área de Tecnología Nuclear, desde 1986 y en el Museo de Arqueología y Etnología de la USP, a partir de 2007. Profesor guía de alumnos de maestría, doctorado y pos doctorado en la Universidad de São Paulo, USP, desde 1986. Asesor científico del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, CNPq, Fundación de Amparo a la Investigación del Estado de São Paulo, FAPESP, Fundación de Amparo a la Investigación del Estado de Minas Gerais, FAPEMIG, Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA. Tiene experiencia en Química, radioquímica, uso de trazadores radioactivos, en muestras geológicas, arqueológicas y ambientales e interpretación de resultados por medio de métodos estadísticos avanzados.

Eduardo G. Neves. Formado en Historia por la Universidad de São Paulo y Doctor en Arqueología por la Universidad de Indiana, USA. Profesor a nivel de Graduación y Pos Graduación en el Museo de Arqueología y Etnología de la Universidad de São Paulo y en Ciencias del Ambiente de la Universidad del Estado de Amazonas. Es asesor de proyectos en la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Sus estudios de investigación se focalizan en la Amazonia brasileña.

Kelly P. Nunes. Bachiller y Licenciada en Química por la Universidad Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. Magister en Tecnología Nuclear y estudiante de Doctorado en Tecnología Nuclear en la Universidad de São Paulo. Su tesis de doctorado se relaciona con la caracterización físico química de cerámicas Marajoara.

Paulo M.S. Oliveira. Bachiller, Magister y Doctor en Estadística por la Universidad de São Paulo. Actualmente cursa Pos Doctorado en el Grupo de Estudios Arqueométricos del Instituto de Investigaciones Energéticas y Nucleares. Sus proyectos están direccionados en el área de probabilidad y estadística multivariada.

Eduardo K. Tamanaha. Graduado en Historia en la Pontificia Universidad Católica de São Paulo, 2006. Forma parte del Proyecto Amazonía Central que coordina el profesor Eduardo Góes Neves de la Universidad de São Paulo. Tiene experiencia en el área de Arqueología, con énfasis en Arqueología Amazónica. Actualmente cursa el Posgrado en el Museo de Arqueología y Etnología de la Universidad de São Paulo y realiza investigaciones vinculadas a la ocupación de grupos cerámicos policromos en el centro y sur del río Solimões.

ECUADOR

Institución: **INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL**

Dirección: Av. Colón Oe-1-93 y Av. 10 de Agosto "La Circasiana"

Quito-Ecuador

Telefax: (593 2) 2227 297 / 2549 257 / 2227 969 / 2543 527

Página web: www.inpc.gob.ec

Persona de contacto: Martha Romero

mromero@inpc.gob.ec

María del Carmen Molestina. Licenciada en Historia Antigua por la Universidad de Navarra (España). Doctora en Historia Antigua, Universidad de Gaywood (Gran Bretaña). Candidata al Doctorado en Historia del Arte de la Universidad Nacional a Distancia (España)-Universidad de Navarra. Profesora asistente de Historia Antigua y Arqueología en la Universidad de Navarra. Fue Directora Nacional de los Museos del Banco Central del Ecuador, Jefe Nacional de Arqueología e Historia del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural y asesora de la Presidencia de la República y el Ministerio de Cultura. Catedrática de la Universidad San Francisco, Universidad del Pacífico y Universidad Internacional. Es autora de varios artículos publicados en revistas nacionales y extranjeras.

Martha Romero. Graduada en Química, en la Universidad Central de Ecuador en 1997. Investigadora responsable del Laboratorio de Química del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural desde 2002. Ha trabajado en el desarrollo e implementación de técnicas analíticas aplicadas a la caracterización físico-química de bienes arqueológicos como: textiles, metales y cerámica con el fin de conocer los materiales compositivos, técnicas de elaboración y origen de las materias primas.

MÉXICO

Institución: **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES.**

Dirección: Carretera México-Toluca s/n, La Marquesa Ocoyoacac, México C.P. 52750

Teléfono: +52(55) 53297200

Página web: www.inin.gob.mx

Persona de contacto: Dolores Tenorio

dolores.tenorio@inin.gob.mx

Luis Carlos Longoria. Doctorado en Física Nuclear Imperial College, University of London, Inglaterra. Magíster en Tecnología Nuclear University of Surrey, Inglaterra. Dentro de sus estancias de investigación se destaca el Instituto Nuclear de Japón. Sus principales áreas de investigación: son la Física de las radiaciones, Ingeniería Nuclear, Técnicas Nucleares. Pertenece al sistema nacional de investigadores. Ha publicado treinta artículos científicos a nivel internacional. Ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y de Ingeniería de México. Director de la división de Investigación Científica del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

Fabiola Monroy. Investigadora del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares desde 1999. Realizó estudios de Ingeniería Química, Posgrado y Maestría en Ciencias Nucleares, en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), así como de doctorado en la Universidad de Paris XI, Francia. Es miembro de la Sociedad Química de México y presidenta de la División de Química Nuclear de dicha Sociedad desde 2002. Ha publicado numerosos artículos internacionales y nacionales sobre temas relacionados con la arqueometría, producción de radioisótopos y procesos radioquímicos útiles en ciencias ambientales, salud y química analítica. Ha formado recursos humanos en el ámbito de las Ciencias Nucleares y actualmente se desarrolla proyectos enfocados a la gestión de desechos radiactivos y al uso de técnicas nucleares en el análisis de diversos materiales.

María Dolores Tenorio. Magíster en Química Analítica y Control del Medioambiente, Doctorado en Ciencias Físicas y Doctorado en Química Analítica en la Universidad Louis Pasteur, Strasbourg Francia. Licenciada en Química por la Universidad Autónoma de Puebla México. Sus principales áreas de investigación son: Radioquímica, Colisiones Atómicas y Arqueometría. Ha publicado artículos científicos internacionales y nacionales y ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Participa en proyectos de investigación subvencionados por el

Consejo Técnico de Ciencia y Tecnología de México, Organismo internacional de Energía Atómica y la United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. Es investigadora y responsable de proyecto en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

PERÚ

Institución: **INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR**

Dirección: Av. Canadá 1470, Lima 41

Lima-Perú

Teléfono: 0051-1-4885050 Anexo 235

Página web: <http://www.ipen.gob.pe/site/index/index.htm>

Persona de contacto: Julio Santiago Contreras

jsantiago@ipen.gob.pe

Javier Alcalde. Licenciado en Arqueología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Magíster en Arqueología Social Iberoamericana, Universidad Internacional de Andalucía, España. Fue Director del Museo de Arqueología y Antropología (UNMSM). Director General y Consultor Principal de Willca: investigación, evaluación y desarrollo en Patrimonio y Cultura. Asesor y ejecutor de proyectos relacionados a temas sociales, educativos y patrimoniales. Entre sus publicaciones se destaca: *El Reposo del Badilejo: Reflexiones sobre conceptos, aplicaciones y realidades de la arqueología actual*. Actualmente es docente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Jorge Bravo. Magíster en Ingeniería Nuclear por la Universidad de California, Berkeley en 1964. Doctorado en Física, Universidad de Carolina del Norte, Raleigh en 1971. Profesor principal del Departamento Académico de Física Nuclear, Atómica y Molecular en la Facultad de Ciencias Físicas en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Responsable del Laboratorio de Arqueometría y del Laboratorio de Análisis de Suelos, Facultad de Ciencias Físicas. Sus líneas de investigación se relacionan a las Interacciones hiperfinas en sólidos, Estructura electrónica de átomos, Difractometría de Rayos X, Espectroscopía Mössbauer, Análisis Cuantitativo por Fluorescencia de Rayos X, Análisis mineralógico de suelos, Aplicaciones arqueométricas en suelos, metalurgia, pigmentos, entre otros.

Yeseña Huaypar. Licenciada en Física, Candidata a la Maestría en Física y Docente contratada, Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Fue asistente de investigación del Laboratorio de Arqueometría. Sus líneas de investigación son: Física de la materia condensada, Cambios estructurales en arcillas, Aplicaciones en Arqueometría. Actualmente se desempeña como Especialista en técnicas analíticas en la Empresa Buenaventura Ingenieros, Inc.

Alcides López. Físico y Doctor en Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería. Actualmente es Profesor de Física, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería. Investigador, especialista en microscopía electrónica, de la División de Materiales de la Dirección de Investigación y Desarrollo del Instituto Peruano de Energía Nuclear.

Entre sus publicaciones recientes con otros especialistas se destacan: Caracterización de pigmentos aplicados en material arqueológico de la cultura Chincha por fluorescencia de rayos X y microscopía electrónica de transmisión. Análisis morfológico y microcristalino de la pasta de cerámicas de la Cultura Nasca, Informe científico Tecnológico 2006 IPEN. Nanostructured low crystallized titanium dioxide thin films with good photocatalytic activity. Estudio fractográfico y microcristalino de la pasta de la cerámica Nasca.

Paula Olivera de Lescano. Ingeniera Química. Estudios concluidos de la Maestría en Ciencias con mención en Energía Nuclear de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú. Investigador analista de la División de Materiales de la Dirección de Investigación y Desarrollo del Instituto Peruano de Energía Nuclear. Especialista en Análisis por Fluorescencia de Rayos X. Miembro del Staff de profesores especializados en Técnicas Nucleares del Centro Superior de Estudios Nucleares.

Sus líneas de investigación se relacionan con la Aplicación de Técnicas Analíticas Nucleares en Arqueometría. Entre sus publicaciones se destacan: Building a bridge to the past: archaeometry at the ipen reactor. Identificación de pigmentos empleados en cerámica nasca ornamental por Difracción y Fluorescencia de Rayos X. Informe Científico Tecnológico 2008 Instituto Peruano de Energía Nuclear. Estudio arqueométrico de piezas metálicas provenientes del museo inka-UNSAAC, Informe Científico Tecnológico 2008 Instituto Peruano de Energía Nuclear, 2009.

Susana Petrick. Licenciada en Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería. Doctora en Física del Centro Brasileiro de Investigaciones Físicas. Profesora asociada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. Jefa del laboratorio de Física. Entre sus líneas de Investigación se destacan: Autenticación y fechado de cerámicas arqueológicas, Estudio estratigráfico de capas de pintura mural y de caballete, Estudios de Física aplicada en arqueología y restauración de bienes del patrimonio cultural.

Julio César Santiago. Químico por la Universidad de Neuchatel, Suiza, (1990), Doctor en Ciencias, Universidad de Neuchatel-Suiza (1995). Pos Doctorado en el Osaka National Research Institute, Japón, 1995-1998. Actualmente es Profesor Principal de Química Orgánica en la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Director del Instituto de Investigación de Ciencias Químicas. Investigador de la División de Materiales de la Dirección de Investigación y Desarrollo del Instituto Peruano de Energía Nuclear. Publicaciones recientes: Nanostructured low crystallized titanium dioxide thin films with good photocatalytic activity. Actividad antioxidante de tres ecotipos de maca (*Lepidium meyenii walp*) tratada con radiación gamma. Efecto del isopropanol en la síntesis de nanopartículas de plata mediante radiación gamma. Fotodegradación de

azul de metileno usando hidrogeles de alcohol polivinílico con nanopartículas de TiO_2 . Estudio fractográfico y microcristalino de la pasta de la cerámica Nasca.

Luisa María Vetter. Arqueóloga por la Pontificia Universidad Católica del Perú en 1993. Con estudios de posgrado en Ciencia de los Materiales en la Comisión Nacional de Energía Atómica CNEA en Argentina, 1996. Diplomada en Arqueometría por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la Universidad Nacional de Ingeniería en 2005, y Magíster en Historia por la PUCP, 2007. Actualmente cursa el Doctorado en Historia con mención en Estudios Andinos en la PUCP. Investigadora asociada al Museo Nacional Sicán. Realiza diversos estudios sobre metalurgia precolombina y colonial temprana, con el fin de determinar los procesos de manufactura de objetos de metal. Participa en congresos internacionales con ponencias relacionadas a su especialidad. Ha publicado una treintena de artículos sobre arqueología y arqueometría peruana. Es coeditora del libro *Puruchuco. Un homenaje a Arturo Jiménez Borja* (Lima, 2004), autora de los libros *Oro del Perú Antiguo* (Lima, 2006), *Plateros indígenas en el Virreinato del Perú: siglos XVI y XVII* (UNMSM, 2008) y *El Tupu: símbolo ancestral de identidad femenina* (Lima, 2009).