

Estudio de procedencia de la cerámica del sitio arqueológico La Real, utilizando análisis por activación neutrónica y estadística multivariada

Patricia Bedregal*, Marco Ubillús, Pablo Mendoza, Eduardo Montoya

División de Técnicas Analíticas Nucleares, Dirección de Investigación y Desarrollo, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

Los estudios de procedencia, utilizando fragmentos arqueológicos, requieren de información sobre la composición elemental de la pasta de cerámica. El análisis por activación neutrónica instrumental ha sido utilizado para caracterizar 100 fragmentos cerámicos encontrados en la zona arqueológica La Real en Arequipa y, el análisis estadístico multivariado para determinar su pertenencia y procedencia, incluyendo una comparación del patrón de composición química de los cerámicos de estilos locales del sitio La Real con la composición química de grupos de cerámicos Wari de Ayacucho y Cusco, Tiwanaku de Puno y Cotahuasi de Arequipa. Se proponen y discuten algunas implicancias arqueológicas de los resultados del análisis estadístico multivariado.

Abstract

The provenance studies using archaeological fragments require elemental compositional information of the clay used by making pottery. Instrumental neutron activation analysis has been used in the characterization of one hundred samples from the archaeological site La Real in Arequipa and the multivariate analysis to determine its belonging and provenance, including a comparison of the results obtained for the local styles of La Real with those from Wari (Ayacucho and Cusco), Tiwanaku, Puno and Cotahuasi (Arequipa). Some archaeological implications of the results obtained are discussed and suggested.

1. Introducción

En el marco del proyecto desarrollado por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa [1], se ha recolectado un grupo de fragmentos arqueológicos para estudiar su procedencia. El componente arqueológico recuperado se ubicó dentro de las instalaciones del actual campo deportivo del anexo rural La Real, en la margen derecha del río Majes, valle de Majes, distrito de Aplao provincia de Castilla, ciudad de Arequipa (Figura 1).

La Real se perfila como una colección arqueológica complementaria para estudiar diversos materiales arqueológicos, teniendo un grupo de variables que dan indicios de la presencia de la cultura Wari en la zona [2]. Con la finalidad de determinar la procedencia de los cerámicos se estudiaron 100 fragmentos, analizándolos químicamente utilizando el análisis por activación neutrónica instrumental (AANI), basada en el método del *ksubcero*.

El AANI es una poderosa técnica analítica basada en reacciones nucleares que ocurren en el núcleo del átomo por la irradiación con

neutrones. Esta técnica es utilizada satisfactoriamente para aplicaciones arqueológicas, con la finalidad de caracterizar la cerámica y luego comparar este perfil composicional con otros, establecidos en una base de datos, para conocer su pertenencia y procedencia.

Como complemento de la caracterización química de los fragmentos encontrados en el sitio arqueológico también hemos aplicado el análisis estadístico multivariado, que es una herramienta útil para determinar la posible presencia y procedencia de cerámicos de estilos foráneos [3-5].

En este reporte se presenta el resultado del estudio de procedencia de un grupo de fragmentos de la época del Horizonte Medio encontrados en el sitio arqueológico La Real.

2. Experimental

2.1 Procesamiento de las muestras

Después de limpiar la superficie del fragmento con un pincel grueso, se extrajo polvo cerámico, haciendo pequeñas

* Correspondencia autor: pbedregal@ipen.gob.pe

incisiones utilizando un taladro con broca de carburo de tungsteno. El polvo (muestra) fue recolectado en pequeños frascos de vidrio limpios, para ser homogenizado y secado en una estufa a 105 °C por 24 horas.

2.2 Preparación de muestras y comparadores para irradiación

Aproximadamente se pesaron muestras de 200 mg en pequeños viales de polietileno limpios y rotulados. Los comparadores se prepararon depositando solución estándar primaria de sodio sobre pequeños discos de papel filtro Whatman 42, los cuales fueron colocados dentro de los viales de polietileno.

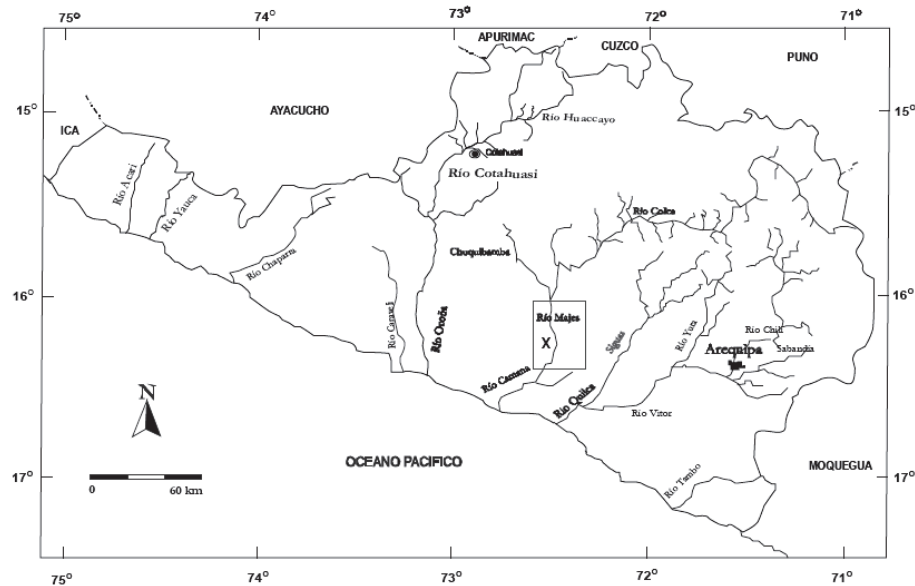


Figura 1. Mapa político de Arequipa, Perú, indicando la ubicación aproximada del sitio de La Real ("X" dentro del rectángulo).

2.3 Irradiación y medición

Muestras y comparadores de sodio fueron acondicionados en cápsulas de polietileno para ser irradiadas, enviándolas mediante un sistema neumático, a una determinada posición caracterizada del reactor RP-10 del Instituto Peruano de Energía Nuclear. La irradiación se realizó por 30 minutos a 10 MW de potencia, con un flujo nominal de neutrones térmicos de $1.9 \cdot 10^{13} \text{ n. cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ y un flujo de neutrones epitérmicos de $3.2 \cdot 10^{11} \text{ n. cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Después de 5 días de decaimiento se realizó una primera medición durante 5000 a 6000 segundos, utilizando un detector de Germanio hiperpuro GeHP (Canberra GC 1518; eficiencia relativa = 15%, FWHM = 1.8 keV en el pico 1332.5 keV ^{60}Co). Los comparadores se midieron por 1000 segundos después de 6 días de decaimiento a 58.2 mm

de distancia del detector, determinándose los siguientes nucleídos: ^{76}As , ^{42}K , ^{140}La , ^{24}Na , ^{239}Np , ^{122}Sb , ^{153}Sm e ^{175}Yb . Después de 15-17 días de decaimiento, se realizó una segunda medición por 10000 segundos, utilizando un detector GeHP (Canberra GC 7019; eficiencia relativa = 70%, FWHM = 1.9 keV en el pico de 1332.5 keV ^{60}Co). En este caso, los comparadores se midieron por 600 segundos, después de 10 días de decaimiento a una distancia de 12.5 mm. Se determinaron: ^{131}Ba , ^{141}Ce , ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{134}Cs , ^{152}Eu , ^{59}Fe , ^{181}Hf , ^{177}Lu , ^{147}Nd , ^{86}Rb , ^{46}Sc , ^{85}Sr , ^{182}Ta , ^{160}Tb y ^{233}Pa .

La evaluación de los espectros se realizó utilizando el programa Genie 2000 (v 2.1) de Canberra y para el cálculo de las concentraciones de los elementos se utilizó un programa desarrollado en el laboratorio, escrito en Visual Basic.

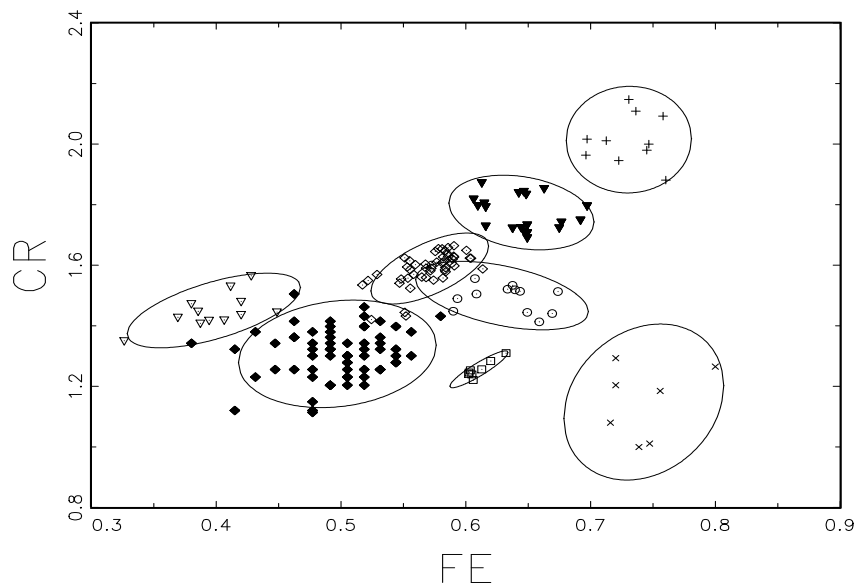


Figura 2. Representación de los grupos de cerámica estudiados en el plano composicional hierro – cromo.

3. Resultados y Discusión

Incluyendo los resultados en mg/kg del análisis multielemental de los fragmentos cerámicos analizados, se establecieron 08 grupos de referencia indicados en la Tabla 1.

Los resultados del análisis multielemental revelaron que los elementos cromo y hierro resultan útiles para diferenciar entre sí a los ocho grupos propuestos.

En la Figura 2 se muestra una separación nítida de casi todos los grupos. En ella, las elipses definen el espacio de los grupos, con un nivel de confianza del 90 % y las concentraciones están expresadas en unidades logarítmicas.

En el plano composicional, definido por los elementos hierro y cromo, se observa una superposición parcial entre la elipse que corresponde al grupo de La Real y la correspondiente al grupo de código CU3, de una cerámica de estilo Wari encontrada en Cusco. También es relevante que las cerámicas de estilo loro, que son parte de las muestras de La Real, conforman un grupo compacto y marcadamente distinto del resto, que podría sugerir que dichas cerámicas fueron manufacturadas con un alto grado de estandarización y control de los materiales empleados, así como de los procesos utilizados en su elaboración y quizás en un centro de producción específico.

Tabla 1. Grupos de cerámica y símbolos gráficos empleados.

<i>Estilo / sitio</i>	<i>Código</i>	<i>Número de muestras</i>	<i>Símbolo gráfico</i>
Varios / La Real	LR	48	Rombo vacío (◊)
Varios/ Loro	LOR	8	Cuadrado vacío (◻)
Varios / Cotahuasi	CH	67	Rombo lleno (◆)
Wari / Ayacucho	ACW	12	Triángulo invertido vacío (▽)
Tiwanaku / Tiwanaku	TW	14	Triángulo invertido lleno (▼)
Wari / Cusco	CU1	10	Cruz (+)
Wari / Cusco	CU2	7	Equis (X)
Wari/ Cusco	CU3	13	Círculo vacío (○)

Tabla 2. Muestras de cerámica del sitio de La Real asignadas a grupos de referencia foráneos.

<i>Código</i>	<i>Estilo</i>	<i>Asignada a (1):</i>	<i>Prob. %</i>	<i>Asignada a (2):</i>	<i>Prob. %</i>
6001	Ocros	ACW	5,4	CU2	0,35
6003	Loro	CU2	3,1	LR	0,46
6006	Loro	CH	8,9	CU2	2,9
6007	Loro	CU3	29,2	CU2	2,9
6008	Chakipampa	CU3	34,4	CU2	2,7
6016	Loro	TW	15,9	CU2	6,6
6019	La Ramada	CU1	7,6	CU2	0,38
6021	La Ramada	TW	10,5	CU2	5,0
6036	Loro	CU2	8,8	CU1	0,83
6041	Escalonados	ACW	2,6	CU2	0,47
6050	Ocros	ACW	21,7	CU2	0,35
6052	HM Local	TW	22,6	CU2	5,2
6058	Viñaque La Real	TW	60,9	CU2	5,2
6065	HM Local	CH	36,5	CU2	1,6
6071	Pullhuay	CH	3,8	CU2	2,7
6084	Chakipampa B	CU2	1,9	LR	0,01
6088	Atarco	CU2	6,3	LR	1,9
6091	HM Local	LR	23,5	TW	23,7
6094	Viñaque La Real	CU2	3,6	CH	0,56
6095	Atarco	CU2	5,7	LRO	1,6
6102	Cajamarca ¿?	CH	6,5	CU2	1,3

En la Tabla 2 se presenta un grupo de muestras de cerámica, colectadas en el sitio La Real, con sus respectivos estilos y cuya composición química nos sugiere que han sido elaboradas fuera de dicho sitio. Las últimas dos columnas de la tabla, contienen las segundas prioridades de asignación y sus respectivas probabilidades de pertenencia. Por ejemplo, la muestra 6058 de estilo Viñaque La Real tiene una significativa probabilidad de un 60.9 % de pertenecer al grupo de Tiwanaku (TW), incluido en la evaluación y sólo un 5.2 % de pertenecer al grupo CU2. Así hay otros casos, como los correspondientes a las muestras 6007, 6008, 6016, 6050, 6052 y 6065, que nos brindan evidencia clara de una presencia cerámica foránea en el contexto del sitio La Real.

4. Agradecimientos

Al Museo Arqueológico José María Morante de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa y al Royal Ontario Museum de Canadá, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

5. Bibliografía

- [1] Yépez Alvarez Willy J. Proyecto de investigación "Colección La Real" En custodia: Instituto Nacional de Cultura, filial Arequipa.
- [2] Jennings Justin, Yépez Willy. Collota, Tenahaha y el desarrollo Wari en el valle de Cotahuasi, Arequipa, Perú. Boletín de Arqueología PUCP. 2001; (5):13-29.
- [3] Vaughn K, Conlee C, Neff H, Schreiber K. Ceramic production. In ancient Nasca: provenance analysis of pottery from the early Nasca and Tiza cultures through INAA. Journal of Archaeological Science. 2006; 33(5):681-689.
- [4] Bedregal P, Mendoza P, Ubillús M, Montoya E. Tenahaha and the Wari State: A View of the Middle Horizon from the Cotahuasi Valley. Chapter 7: Chemical characterization of archaeological ceramics from Cotahuasi using neutron activation analysis. *University of Alabama Press, Tuscaloosa (aceptado para publicación)*.
- [5] Glascock MD, Neff H, Vaughn KJ. Instrumental neutron activation analysis and multivariate statistics for pottery provenance. *Hyperfine Interactions*. 2004; 154:95105.