

Caracterización arqueométrica de cuentas y cerámicas prehispánicas de Huanchaco mediante técnicas y métodos físicos

Archeometric characterization of pre-Hispanic beads and ceramics from Huanchaco by physical techniques and methods

Elvira Zeballos-Velásquez¹, Gabriel Prieto²,
Leopoldo Suescun³, Esteban Asto¹,
Frank Moya¹

¹ Laboratorio de Cristalografía. Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Calle Germán Amézaga N° 375, Ciudad Universitaria, Lima, Lima, Perú.

e-mail: ezeballosv@unmsm.edu.pe

² Proyecto Huanchaco, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II, Trujillo, Trujillo, Perú.

³ Cryssmat-Lab / DETEMA, Facultad de Química, Universidad de la República, Av. Gral. Flores 2124, 11800, Montevideo, Montevideo, Uruguay.

e-mail: gabrielprietobur@gmail.com, leopoldo@fq.edu.uv, elvis27anis@gmail.com, moyabonifacio@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio está referido a la caracterización de materiales arqueológicos de cuentas y cerámicas, provenientes de los sitios arqueológicos "Iglesia Colonial" y "Pampa La Cruz" de Huanchaco, respectivamente. Las cuentas de "Iglesia Colonial" fueron registradas en contextos funerarios del Período Chimú Inca (1450-1532 d.C.) y Colonial Temprano (1532-1650 d.C.). La importancia de estudiar este sitio radica en entender cómo se dio la ocupación humana entre la transición Inca y la llegada de los Españoles a la costa norte del Perú. En el sitio "Pampa La Cruz" fueron descubiertas tumbas conteniendo cuentas y vasijas de cerámica con la técnica decorativa del "negativo". En este trabajo fragmentos de cerámica de este sitio fueron investigados, su composición mineralógica fue determinada cualitativa y cuantitativamente. Esta información contribuiría a identificar la posible fuente de arcillas utilizadas para la preparación de las vasijas, lo que, a su vez, podría ayudar a determinar si es que las vasijas provenían de varios lugares, o si los mismos pobladores del sitio las procesaban.

La caracterización de las muestras fue realizada por la técnica de difracción de rayos X. Las medidas fueron analizadas a partir del modelamiento de la intensidad de difracción experimental, aplicando el método de Rietveld, a fin de determinar cuantitativamente el porcentaje en peso de las componentes minerales cristalinas de las muestras.

Palabras clave: cuenta, cerámica, arcilla, difracción de rayos X, método de Rietveld.

ABSTRACT

The present study is concerned with the characterization of archaeological materials of beads and ceramics, from the archaeological sites "Iglesia Colonial" and "Pampa La Cruz" of Huanchaco, respectively. The beads of "Iglesia Colonial" were recorded in funerary contexts of the Chimú Inca Period (1450-1532 A.D.) and Early Colonial Period (1532-1650 A.D.). The importance of studying this site lies in understanding the evolution of human occupation between the Inca transition and the arrival of the Spaniards to the north coast of Peru. In the "Pampa La Cruz" site, tombs containing beads and ceramic vessels prepared with the decorative technique of "the negative" were discovered. In this work fragments of the ceramics of this site were investigated, its mineralogical composition was determined qualitatively and quantitatively. This information would help to identify the possible source of clays used for the preparation of the vessels, which, in turn, could help determine if the vessels came from various places, or if the site's inhabitants themselves processed them.

The characterization of the samples was carried out by the X-ray diffraction technique. The measurements were analyzed by the modeling of the experimental diffracted intensity, applying the Rietveld method, in

order to quantify the weight percentage of the crystalline mineral components of the samples.

Keywords: Bead, ceramics, clays, X-ray diffraction, Rietveld method.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo han sido investigados materiales arqueológicos de cuentas (también conocidas como “chaquiras”) y cerámicas, provenientes de los sitios arqueológicos “Iglesia Colonial” y “Pampa La Cruz”, respectivamente. Ambos sitios están ubicados en el departamento de La Libertad, provincia de Trujillo, distrito de Huanchaco, en Perú.

El sitio “Iglesia Colonial” se encuentra sobre el lado este de Huanchaco, en una terraza marina que tiene una altura de 34 a 36 metros sobre el nivel del mar. Se trata de un sitio arqueológico doméstico/funerario del período Horizonte Temprano Tardío (400-200 a.C.), el cual fue abandonado alrededor del 200 a.C. Sobre esta ocupación se registró un cementerio del período Chimu-Inca y Colonial (1450-1650 d.C.) que tuvieron una serie de asociaciones como textiles, vasijas de cerámica, artefactos de metal y abundantes cuentas, entre ellas varias de minerales de color azul, verde y también de concha y metal, formando collares, pulseras y pectorales [1].

La importancia de estudiar este sitio radica en entender cómo se dio la ocupación humana entre la transición Inca y la llegada de los Españoles a la costa norte del Perú. En este contexto, información sobre el transporte de minerales semi-preciosos como lapislázuli, crisocola, malaquita y turquesa es de vital importancia para entender los mecanismos de intercambio comercial en esas épocas y cómo se vieron afectadas estas redes ante la llegada de los Españoles. Por ello, tiene especial importancia la investigación de las cuentas encontradas en varios sitios de la costa norte durante la secuencia prehispánica, de las cuales no sólo se desconoce su procedencia sino que, hasta el momento, su composición mineralógica ha sido muy poco investigada; es muy escasa la información que la literatura reporta al respecto. A fin de ampliar la investigación sobre estos materiales, en el presente trabajo se ha caracterizado estructuralmente muestras de cuentas arqueológicas de color azul y verde, encontradas en tumbas del sitio “Iglesia Colonial”.

El sitio “Pampa La Cruz” está ubicado en la zona sur de Huanchaco, sobre una terraza marina al borde del cauce seco de la desembocadura de uno de los ramales de la Quebrada del León y a escasos 200 metros de la orilla del mar. Se trata de un asentamiento con una rica estratigrafía que cubre casi 1700 años de ocupación humana ininterrumpida en la zona de Huanchaco. La ocupación más importante es la Viru o Gallinazo (100-550 d.E.C.), donde se da un gran asentamiento doméstico-productivo con zonas de cementerios y áreas para la producción artesanal. Aquí se ha reportado tumbas conteniendo cuentas hechas de minerales verdes y, sobre todo, vasijas de cerámica con una peculiar técnica decorativa: el negativo [1]. Esta técnica usa resinas vegetales para lograr sus decorados y es muy diagnóstica de la sociedad Viru o Gallinazo. Al parecer, la mayoría de estas vasijas fueron producidas en el sureño valle de Viru, al sur de Trujillo. En este contexto, en el presente estudio fue identificada la composición mineralógica de las cerámicas, analizando cristalográficamente estos materiales. Esta información permitiría identificar la posible fuente de arcillas y desgrasantes utilizados para la preparación de las vasijas, comparando estos resultados con muestras geológicas. Estos resultados podrían ayudar a determinar si es que las vasijas provenían de varios lugares, o si los mismo pobladores del sitio las procesaban.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización de las muestras, tanto cuentas como cerámicas, se hizo por la técnica de difracción de rayos X [2,3], según el método de polvo. Por razones de disponibilidad, la técnica fue aplicada usando radiación sincrotrón [4-6] para las cuentas y radiación convencional para las muestras de cerámica. El uso de radiación sincrotrón, como parte de la metodología aplicada en este trabajo y en anteriores [7,8], resulta particularmente conveniente para el estudio de materiales arqueológicos, ya que permite determinar los minerales presentes con mayor sensibilidad (menor límite de detección) y mayor precisión en el análisis cuantitativo.

Todas las medidas fueron analizadas por refinamiento estructural aplicando el método de Rietveld [9,10], utilizando el programa TOPAS [11,12], a fin de determinar cuantitativamente la composición de las muestras. Antes de las medidas, las muestras fueron pulverizadas y tamizadas.

2.1 Cuentas arqueológicas

En la Figura 1 presentamos cuatro de las cinco cuentas analizadas por difracción de rayos X sincrotrón (DRXS). Las medidas DRXS fueron obtenidas a temperatura ambiente, usando la línea de luz 11-BM del Advanced Photon Source, del Argonne National Laboratory (USA). Por razones instrumentales, fue usada

radiación de longitud de onda incidente de 0,414523 Å para unas medidas y de 0,412699 Å para otras. Las muestras en polvo fueron empaçadas en capilares de poliamida de 0,8 mm de diámetro, haciéndolos girar a 10 Hz durante la medida. Los datos fueron recolectados a través de doce cristales analizadores de Si (111) de la línea de luz, junto a doce detectores centelladores Oxford-Danfysik LaCl₃, dentro de un rango 2θ de 0,5 a 20 grados, con paso angular de 0,001° (2θ) y 0,1 s por paso.



Figura 1: Cuentas arqueológicas de “Iglesia Colonial”: CA-1 (azul); CA-2 (verde); CA-4 (verde); CA-5 (verde).

2.2 Muestras de cerámica

La Figura 2 muestra los fragmentos de cerámica investigados por difracción de rayos X convencional (DRXC). Las medidas DRXC fueron obtenidas con un difractómetro Bruker, modelo D8-Focus, geometría $\theta-2\theta$ y radiación de Cu (K α) de $\lambda = 1,5418$ Å; fue usado un voltaje de 40 kV y corriente de 40 mA. El equipo cuenta con un detector LYNXEYE XE que filtra la radiación de fluorescencia y la K β . Las medidas fueron realizadas a temperatura ambiente, en el intervalo de 2,7° a 65°, con paso de 0,02° y 2 s por paso.

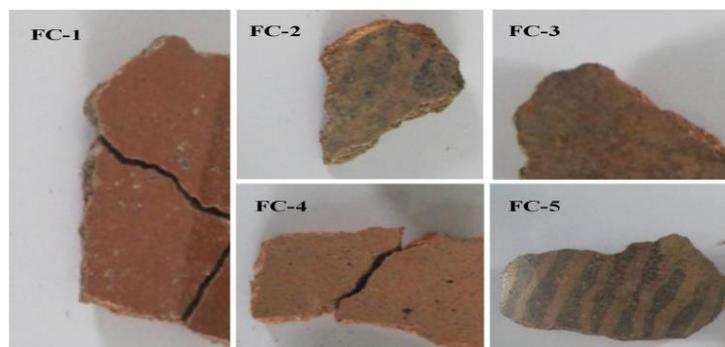


Figura 2: Fragmentos de cerámica de “Pampa La Cruz”: FC-1, FC-2, FC-3, FC-4 y FC-5 .

3. RESULTADOS

3.1 Cuentas arqueológicas

La composición mineralógica de todas las muestras fue determinada estructuralmente a partir de la evaluación de las medidas DRXS. Las fases identificadas son presentadas en la Tabla 1. La Figura 3 presenta el difractograma de la cuenta CA-5, donde se ha señalado los picos más intensos de las fases identificadas en esta muestra.

Tabla 1: Composición mineralógica de las muestras investigadas.

FASES	FÓRMULA QUÍMICA	PDF N°
Sodalita	$\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$	01-079-0091
Malaquita	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$	01-072-0075
Halita	NaCl	89-3615
Cuarzo	SiO_2	78-2315
Turquesa*	$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	01-073-0184

(*) Estructura tipo turquesa.

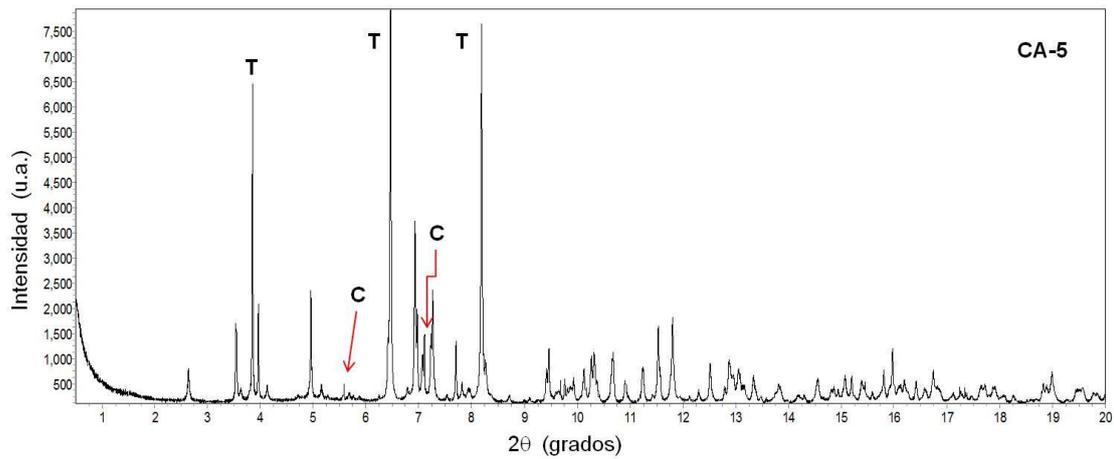


Figura 3: Fases identificadas en la muestra CA-5 (T: estructura tipo turquesa; C: cuarzo).

La identificación de fases fue confirmada por refinamiento Rietveld; el refinamiento fue realizado según la función PV-TCHZ (pseudo-Voigt Thompson-Cox-Hastings). Las Figuras 4 y 5 presentan los resultados del refinamiento.

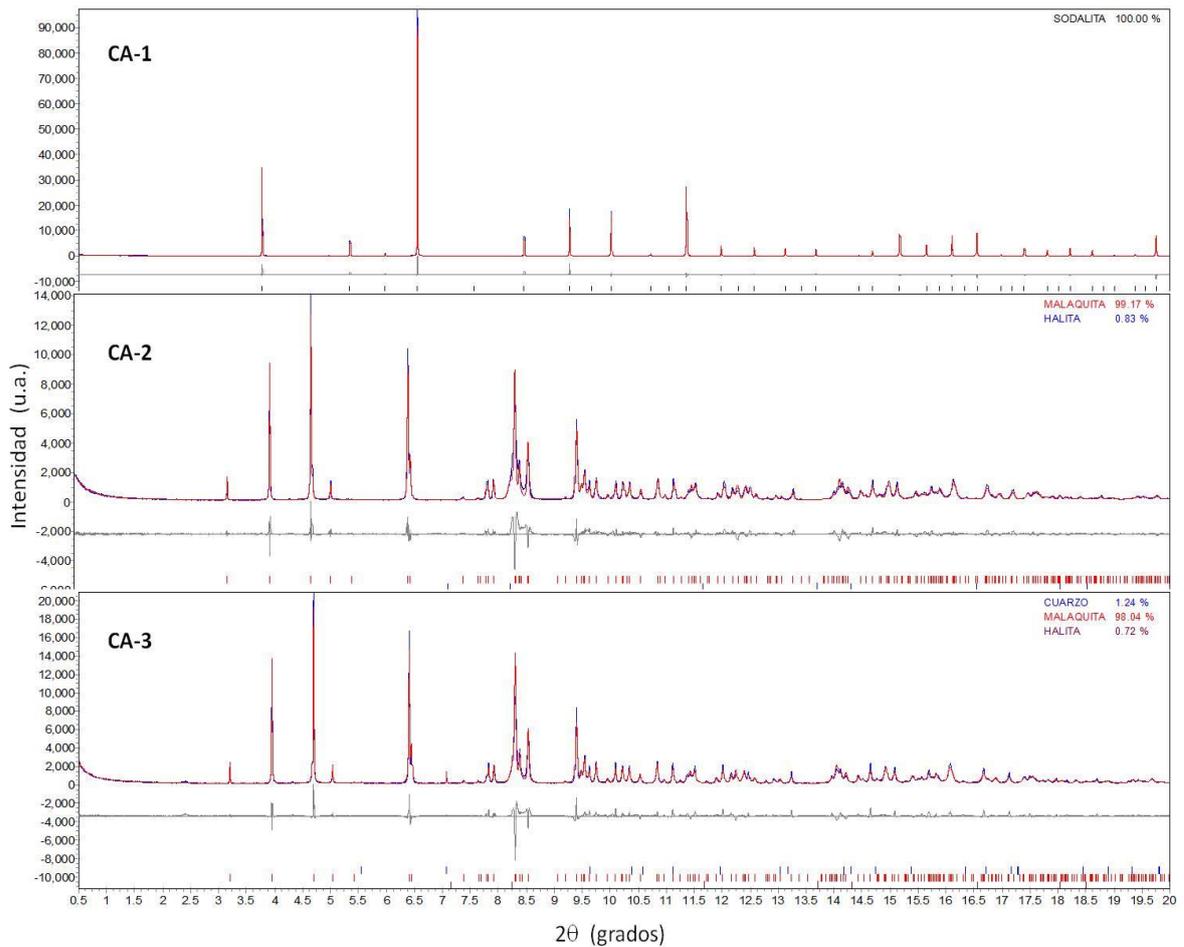


Figura 4: Refinamiento Rietveld correspondiente a las cuentas CA-1, CA-2 y CA-3.

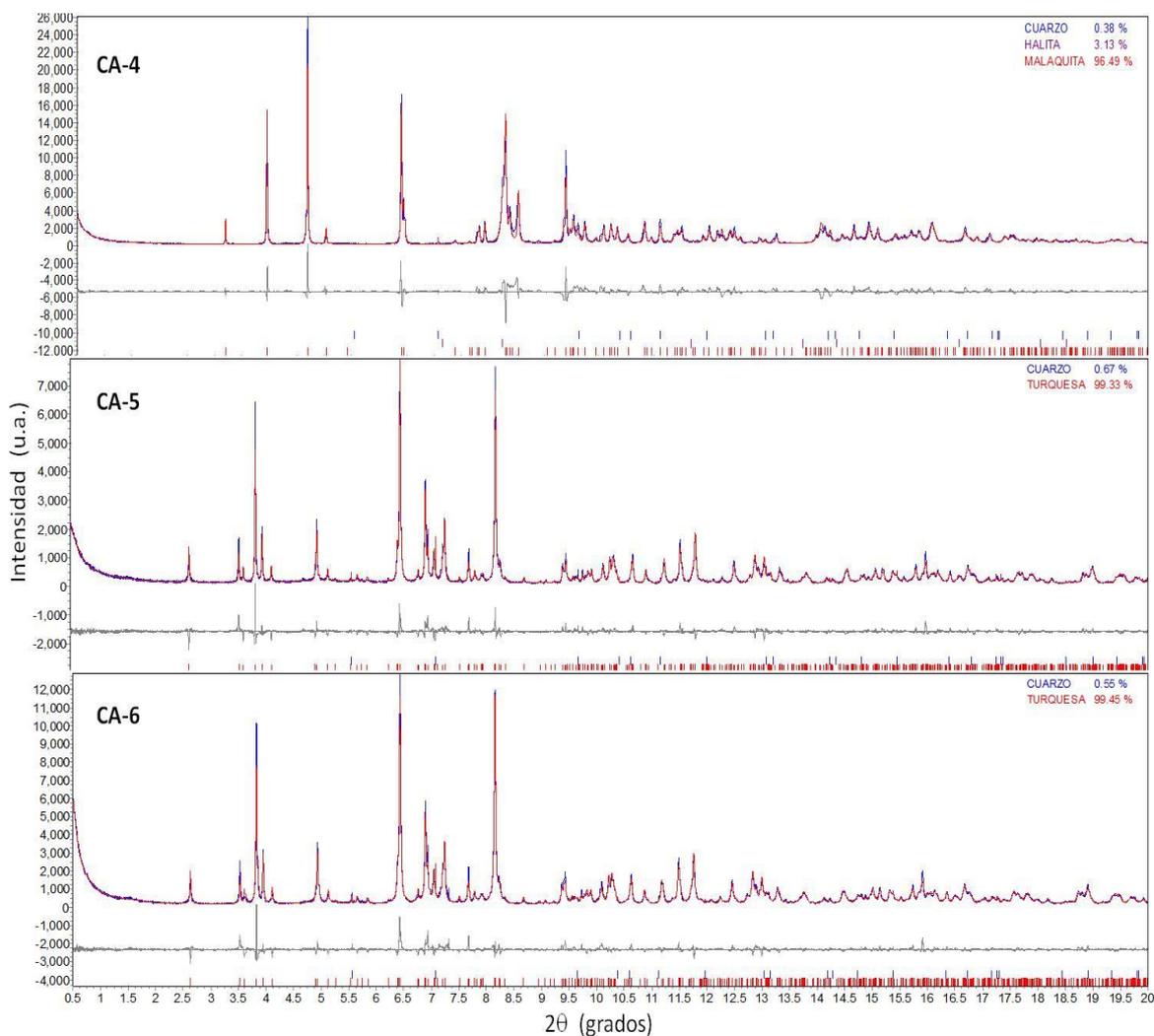


Figura 5: Refinamiento Rietveld correspondiente a las cuentas CA-4, CA-5 y CA-6.

Los índices de ajuste R_{exp} y R_{wp} del refinamiento son mostrados en la Tabla 2. La Tabla 3 presenta el porcentaje en peso [11,12] de cada fase, determinado por refinamiento Rietveld.

Tabla 2: Índices R de ajuste.

MUESTRAS	ÍNDICES DE AJUSTE (%)	
	R_{EXP}	R_{WP}
CA-1	5,99	12,17
CA-2	4,70	15,54
CA-3	4,15	15,34
CA-4	3,60	17,14
CA-5	5,32	11,03
CA-6	3,98	10,13

Tabla 3: Porcentaje en peso de las fases identificadas, determinado por refinamiento Rietveld.

Cuentas Arqueológicas	Porcentaje en peso de las fases identificadas (%)				
	Sodalita	Malaquita	Halita	Cuarzo	Turquesa
CA-1 (azul)	100,000±0,000				
CA-2 (verde)		99,174±0,001	0,826±0,001		
CA-3 (verde)		98,036±0,014	0,724±0,014	1,240±0,000	
CA-4 (verde)		96,492±0,007	3,130±0,006	0,378±0,001	
CA-5 (verde)				0,672±0,001	99,328±0,001
CA-6 (verde)				0,546±0,001	99,454±0,001

Como vemos en la Tabla 3, en la cuenta azul CA-1 fue identificada la gema sodalita. En las cuentas verdes CA-2, CA-3 y CA-4 fue determinado un alto porcentaje de malaquita (> 96%). En las cuentas verdes CA-5 y CA-6, el análisis condujo a la identificación de una estructura tipo turquesa en muy alto porcentaje (~100%). El cuarzo está presente en algunas cuentas en muy baja proporción (< 2%). La presencia de halita en las muestras CA-2, CA-3 y CA-4, en pequeña proporción (< 4%), podría deberse a contaminación externa.

Las fases mayoritarias identificadas (sodalita, turquesa, malaquita) son gemas con características y propiedades específicas; como puede verse, cada cuenta contiene una gema en su composición mineralógica. De acuerdo a la literatura consultada, la sodalita ($\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$) pertenece al grupo de los silicatos, según la clasificación de Strunz [13]; su estructura cristalina es cúbica con grupo espacial $P\bar{4}3n$ [14]. Su coloración generalmente es de tonos azules o lila claro. A este mineral le fue atribuido el nombre de sodalita, término que significa "piedra de sodio", debido a su alto contenido de sodio en su composición química. Es considerada una gema y se usa en la elaboración de collares y pendientes, entre otros accesorios. La sodalita se forma en las rocas ígneas efusivas o intrusivas ricas en sodio, asimismo en rocas calizas y en cavidades en bloques volcánicos. Dentro del continente americano, los principales yacimientos de sodalita están ubicados en lo que actualmente es Brasil, Bolivia y Estados Unidos [15].

La turquesa [$\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$] es un mineral de la clase de los fosfatos, de acuerdo a la clasificación de Strunz [13], con estructura cristalina triclínica y grupo espacial $P\bar{1}$ [14]; su color es azul verdoso. Se forma en las zonas de oxidación de los pórfidos de cobre. Es una de las gemas más antiguas, apreciada por muchas culturas importantes de la antigüedad, entre ellas las del continente americano, tales como la cultura inca, moche, chimú, maya, azteca, del suroeste norteamericano y posiblemente otras culturas mesoamericanas precolombinas. Antes de la década de 1990 fue descubierta una concentración de turquesas bajo la forma de cuentas al pie del sitio arqueológico "Huaca del Sol", en circunstancias en que se investigaba la existencia de talleres productivos en el sitio "Huacas de Moche", ubicado en la costa norte del Perú [16]. En Mesoamérica se han encontrado mosaicos, joyas, objetos rituales y decorativos realizados con turquesas, en importantes sitios arqueológicos, lo que refleja la estructura económica, social y organizativa de culturas indias actualmente extinguidas [17].

La malaquita [$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$] es un mineral del grupo de los carbonatos (clasificación de Strunz) [13], tiene estructura cristalina monoclinica con grupo espacial $P2_1/a$ [18] y se caracteriza por su color verde. Este mineral, considerado una gema, se forma en las zonas de oxidación de los filones de cobre que yacen en calizas; algunas variedades han sido utilizadas como material ornamental [19].

3.2 Muestras de cerámica

A partir de las medidas de DRXC fue determinada la composición mineralógica de las muestras de cerámica, identificándose fases de cuarzo y arcillas. Estos resultados fueron confirmados por refinamiento estructural con el método de Rietveld; las Figuras 6 y 7 presentan los resultados del refinamiento.

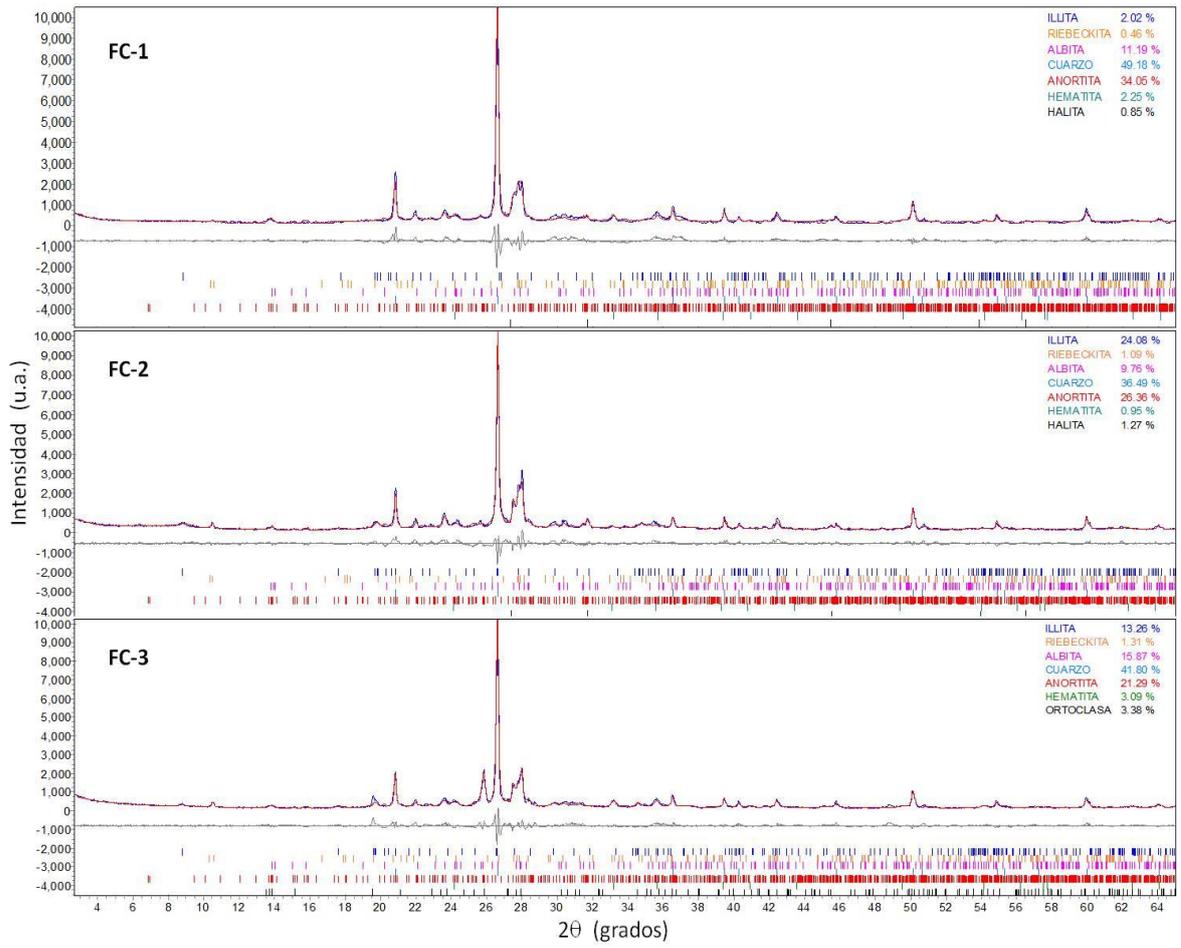


Figura 6: Refinamiento Rietveld correspondiente a las muestras de cerámica FC-1, FC-2 y FC-3.

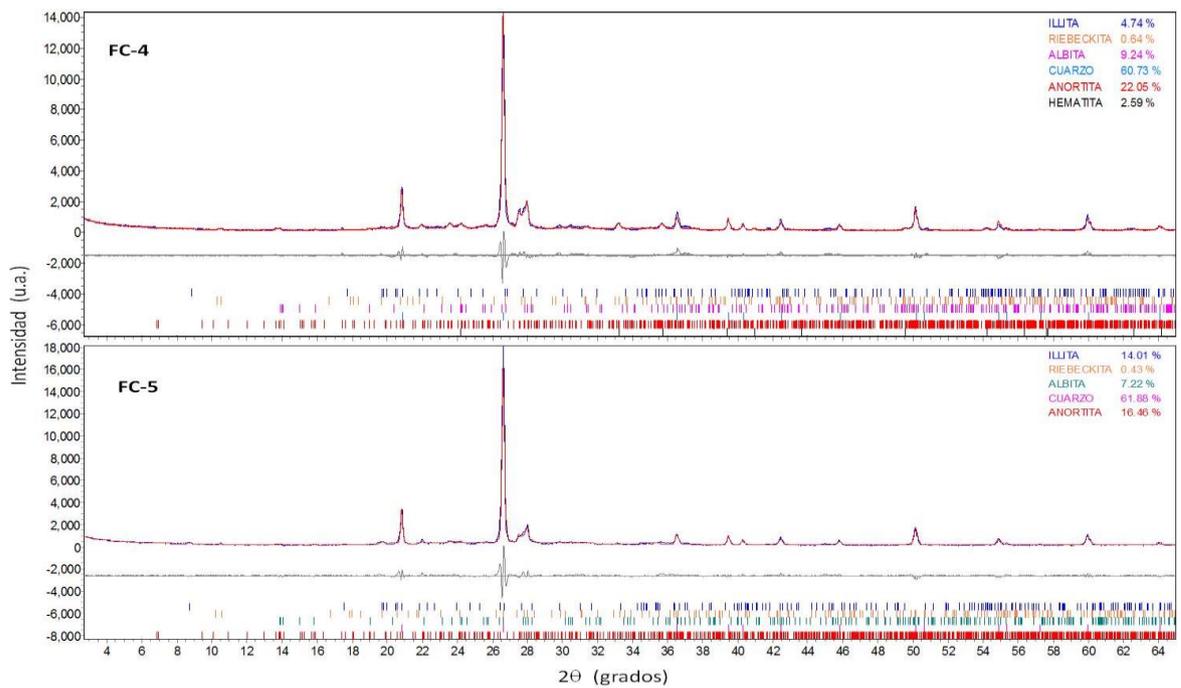


Figura 7: Refinamiento Rietveld correspondiente a las muestras de cerámica FC-4 y FC-5..

Los índices de ajuste R_{exp} y R_{wp} del refinamiento son mostrados en la Tabla 4. En la Tabla 5 mostramos las fases identificadas en todas las muestras, así como el porcentaje en peso de cada fase determinado por refinamiento Rietveld.

Tabla 4: Índices R de ajuste.

MUESTRAS	ÍNDICES DE AJUSTE (%)	
	R_{EXP}	R_{WP}
FC-1	5.63	16.42
FC -2	5.32	13.99
FC -3	5.49	13.85
FC -4	5.34	14.22
FC -5	5.25	14.40

Tabla 5: Porcentaje en peso de las fases identificadas, determinado por refinamiento Rietveld.

MUESTRAS	PORCENTAJE EN PESO DE LAS FASES IDENTIFICADAS (%)							
	Albita	Cuarzo	Anortita	Riebeckita	Illita	Hematita	Ortoclasa	Halita
FC-1	11,187 ±0,051	49,182 ±0,231	34,055 ±0,155	0,460 ±0,002	2,016 ±0,009	2,255 ±0,010		0,846 ±0,004
FC-2	9,759 ±0,028	36,491 ±0,183	26,364 ±0,076	1,093 ±0,003	24,076 ±0,069	0,952 ±0,003		1,265 ±0,004
FC-3	15,869 ±0,071	41,802 ±0,187	21,289 ±0,095	1,308 ±0,083	13,265 ±0,381	3,086 ±0,014	3,381 ±0,015	
FC-4	9,237 ±0,034	60,734 ±0,146	22,051 ±0,082	0,643 ±0,002	4,740 ±0,018	2,595 ±0,010		
FC-5	7,218 ±0,005	61,883 ±0,043	16,457 ±0,011	0,431 ±0,069	14,012 ±0,010			

Como mostramos en la Tabla 5, las muestras de cerámica contienen fases de cuarzo y arcillas; después del cuarzo, la arcilla más abundante en todas las muestras es la anortita con más del 30%, a diferencia de las fases minoritarias (< 4%) de riebeckita y hematita. La pequeña proporción de sales (~ 1% de halita) en las muestras FC-1 y FC-2 podría deberse a contaminación externa.

La detección de pequeños porcentajes en masa (< 1%) de fases cristalinas es posible siempre que el proceso de análisis por el método de Rietveld se haga correctamente, a partir de datos de difracción de alta calidad y utilizando un modelo estructural confiable para cada fase a ser cuantificada. Los difractómetros convencionales actuales, como el utilizado en el presente trabajo para las medidas de las cerámicas, permiten obtener datos de difracción de alta resolución, utilizando condiciones de medida apropiadas [20]. En este trabajo fueron establecidas condiciones de medida adecuadas (ver ítem 2.2), teniendo en cuenta esta última consideración.

4. CONCLUSIONES

Fueron caracterizadas cuentas arqueológicas de color azul y verde, por la técnica de difracción de rayos X sincrotrón y por el método de Rietveld. La cuenta azul está compuesta por sodalita, gema usada en la confección de joyas. Las cuentas verdes también contienen gemas como malaquita y tipo turquesa, fases dominantes en alto porcentaje (> 96%). La presencia de una pequeña proporción de sales en algunas de las cuentas verdes podría deberse a contaminación externa. Estos resultados podrían aportar importante información sobre el transporte de minerales semi-preciosos como turquesa, malaquita y sodalita, para entender los mecanismos de intercambio comercial en esas épocas y cómo fue afectada esta dinámica ante la llegada de los Españoles. Por ello, estudios de estos materiales aplicando técnicas físicas alternativas están en proyección, a

fin de complementar los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Las muestras de cerámica fueron caracterizadas utilizando radiación convencional. Fue determinada su composición mineralógica identificándose fases mayoritarias de albita, cuarzo, anortita e illita; riebeckita, hematita y ortoclasa están presentes como fases minoritarias. Como en las cuentas, en las cerámicas también fue identificada la presencia de sales en baja proporción, lo que se debería a contaminación externa. Esta información permitiría identificar la posible fuente de arcillas para la preparación de las vasijas, comparando los resultados obtenidos en el presente trabajo con resultados de muestras geológicas que están en proceso de evaluación. El conjunto de estos resultados podría ayudar a determinar si es que las vasijas provenían de varios lugares, o si los mismo pobladores del sitio las procesaban.

Cabe destacar que el uso de la radiación sincrotrón para la aplicación de la técnica de difracción de rayos X resulta particularmente conveniente para el estudio de materiales arqueológicos, no sólo por la alta calidad de las intensidades de difracción que se obtiene, sino además porque la cantidad de muestra que se requiere para el análisis es mucho menor que aquella cuando se usa radiación convencional, aspecto fundamental en la investigación arqueológica. Asimismo, el análisis de las medidas de difracción aplicando el método de Rietveld resulta indispensable para la determinación cuantitativa de la composición mineralógica de los materiales, aspecto decisivo para los objetivos de estudios arqueológicos.

5. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue realizada bajo el soporte financiero del Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. This research used resources of the Advanced Photon Source, a U.S. Department of Energy (DOE) Office of Science User Facility operated for the DOE Office of Science by Argonne National Laboratory under Contract No. DE-AC02-06CH11357.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] FALLA, A., MARTÍNEZ, J.A., POMA, A.J., *et al.*, *Secuencia ocupacional y actividades del sector norte de la Iglesia Colonial de Huanchaco, valle bajo de Moche*. Informe final de prácticas pre-profesionales, 2016.
https://www.academia.edu/35514457/SECUENCIA_OCUPACIONAL_Y_ACTIVIDADES_DEL_SECTOR_NORTE_DE_LA_IGLESIA_COLONIAL_DE_HUANCHACO_VALLE_BAJO_DE_MOCHE. (Accedido en Mayo de 2019).
- [2] MOORE, M. M., REYNOLDS Jr., R. C., *X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*, 2 ed., Oxford University Press, Oxford, 1997.
- [3] KLUG, H.P., ALEXANDER, L.E., *X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials*, John Wiley & Sons USA, 1974.
- [4] LEE, P.L., SHU, D., RAMANATHAN, M., PREISSNER, C., *et al.*, “A twelve-analyzer detector system for high-resolution powder diffraction”, *J. Synchrotron Rad.*, v. 15, pp. 427-432, 2008.
- [5] MOBILIO, S., BOSCHERINI, F., MENEGHINI, C., *Synchrotron Radiation: Basics, Methods and Applications*, Springer, Italy, 2015.
- [6] WILLMOTT, P., *An Introduction to Synchrotron Radiation: Techniques and Applications*, Wiley, United Kingdom, 2011.
- [7] PRIETO, G., WRIGHT, V., BURGER, R.L., *et al.*, “The Source, Processing and Use of Red Pigment based on hematite and cinnabar at Gramalote, an Early Initial Period (1500-1200 cal. B.C.) maritime community, north coast of Peru”, *Journal of Archaeological Science: Reports* 5, pp. 45-60, 2016.
- [8] WRIGHT, V., PACHECO, G., TORRES, H., *et al.*, “Mural Paintings in Ancient Peru: The Case of Tambo Colorado, Pisco Valley”, *Science and Technology of Archaeological Research*, v. 1, n. 2, 2016.
- [9] RIETVELD, H.M., “A Profile Refinement Method for Nuclear and Magnetic”, *J.Appl. Cryst.*, v.2, pp. 65-71, 1969.
- [10] RODRÍGUEZ-CARVAJAL, J., “FULLPROF: A Program for Rietveld Refinement and Pattern Matching Analysis”, In: *Satellite Meeting on Powder Diffraction of the XV Congress of the IUCr*, Abstracts, p. 127, Toulouse, 1990.
- [11] BRUKER AXS GMBH. TOPAS, User's Manual.
- [12] DIFFRACplus. TOPAS/TOPAS R/TOPAS P, Version 3.0. Technical Reference, BRUKER AXS GmbH, Karlsruhe, West Germany.

- [13] MINDAT.ORG, <https://www.mindat.org/strunz.php>. Accedido en Agosto de 2019.
- [14] AMERICAN MINERALOGIST CRYSTAL STRUCTURE DATABASE, <http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php>. Accedido en Agosto de 2019.
- [15] FORO DE MINERALES, <https://www.forodeminerales.com/2016/09/Sodalita-minerales-y-gemas.html>. Accedido en Agosto de 2019.
- [16] UCEDA, S., RENGIFO, C., “La especialización del trabajo: teoría y arqueología. El caso de los orfebres Mochicas”, *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, v. 35, n.2, 2006, <http://journals.openedition.org/bifea/4574>; DOI : 10.4000/bifea.4574. Accedido en Agosto de 2019.
- [17] VINDEL, E., LÓPEZ-ACEVEDO, M., SÁNCHEZ, E., *et al.*, Organización de Estados Iberoamericanos, https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/reportajes_515.htm. Accedido en Agosto de 2019.
- [18] SUSSE, P., “Verfeinerung der kristallstruktur des malachits, $Cu_2(OH)_2CO_3$ ”, *Acta Crystallographica*, 22, 146-151, 1967.
- [19] KLEIN, C., HURLBUT, C.S., Jr. *Manual de Mineralogía*. 4 ed., Barcelona, Editorial Reverté, S.A., 1997.
- [20] GUALTIERI, A.F., GATTA, G.D., ARLETTI, R., *et al.*, “Quantitative phase analysis using the Rietveld method: towards a procedure for checking the reliability and quality of the results”, *Period. Mineral*, v.88, pp. 147-151, 2019.

ORCID

Elvira Zeballos-Velásquez	https://orcid.org/0000-0002-5957-1639
Gabriel Prieto	https://orcid.org/0000-0002-1718-4139
Leopoldo Suescun	https://orcid.org/0000-0002-7606-8074
Esteban Asto	https://orcid.org/0000-0003-4366-6091
Frank Moya	https://orcid.org/0000-0001-6320-3006