

Pampa La Cruz: un estudio diacrónico de sus vasijas de cerámica y fuentes de materia prima mediante técnicas de rayos X

Pampa La Cruz: a diachronic study of its ceramic vessels and raw material sources using X-ray techniques

Elvira Zeballos-Velásquez¹, Gabriel Prieto², Leonardo Arrelucea³,
Mirian Mejía⁴, Miguel Andia¹, Frank Moya¹

¹Laboratorio de Cristalografía, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Calle Germán Amézaga N° 375, Ciudad Universitaria, Código Postal 15081, Lima, Perú.

²Departamento de Antropología, Universidad de Florida, 330 Newell Drive, Gainesville, Florida 32611, USA.

³Laboratorio de Arqueología y Conservación del Programa Arqueológico Huanchaco, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II, Código Postal 13011, Trujillo, Perú.

⁴Laboratorio de Análisis de Suelos, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Calle Germán Amézaga N° 375, Ciudad Universitaria, Código Postal 15081, Lima, Perú.

e-mail: ezeballosv@unmsm.edu.pe, gabrielprietobur@gmail.com; leoarrelucea@gmail.com; mmejiam@gmail.com; miguel.andia@unmsm.edu.pe; frank.moya@unmsm.edu.pe

RESUMEN

En este trabajo se presenta los resultados del estudio de materiales arqueológicos (fragmentos de cerámica) provenientes del sitio Pampa La Cruz y de muestras geológicas del valle de Moche y Virú (costa norte del Perú), con el objetivo de caracterizar la estructura de los componentes cristalográficos que conforman la matriz de dichos materiales, mediante las técnicas de Fluorescencia de Rayos-X por Energía Dispersiva y Difracción de Rayos-X por el método del polvo. Los perfiles de difracción fueron evaluados mediante el método de Rietveld para cuantificar la composición mineralógica de los materiales. Del análisis de los fragmentos de cerámica se determinó la presencia de fases de cuarzo y diversas arcillas. En las muestras geológicas fueron identificadas estas mismas fases, lo que sugiere que las cerámicas procederían de estos materiales geológicos. En base a estos resultados se presenta una propuesta para contrastar la composición mineralógica de muestras geológicas con la de muestras arqueológicas. Considerando que la región investigada ha probado ser uno de los asentamientos con uno de los usos más antiguos de vasijas de cerámica en la costa norte peruana, los resultados del presente estudio, junto a otros complementarios, podrían ser trascendentales, pues pueden ayudar a entender la dinámica de los antiguos pobladores en la obtención de las materias primas y producción de sus vasijas de cerámica, vitales para su alimentación y otros fines ceremoniales. Esto, a su vez, podría estar vinculado al modelo económico que se aplica actualmente en la región para épocas prehispánicas.

Palabras clave: Cerámica, arcilla, fluorescencia de rayos-X por energía dispersiva, difracción de rayos-X, método de Rietveld.

ABSTRACT

This paper presents the results of the study of archaeological materials (ceramic fragments) from the Pampa La Cruz site and geological samples from the Moche and Virú valley (north coast of Peru), with the aim of characterizing the structure of the crystallographic components that make up the matrix of said materials, using the techniques of X-ray fluorescence by dispersive energy and X-ray diffraction by the powder method. The diffraction profiles were evaluated using the Rietveld method to quantify the mineralogical composition of the materials. From the analysis of the ceramic fragments, the presence of quartz and various clays was determined. These same phases were identified in the geological samples, suggesting that the ceramics would have come from these geological materials. Based on these results, a proposal is presented to contrast the mineralogical composition of geological samples with those of archaeological samples. Considering

Autor Responsable: Elvira Zeballos-Velásquez

Fecha de envío: 17/01/2021

Fecha de aprobación: 01/02/2022

that the investigated region has proven to be one of the settlements with one of the oldest uses of ceramic vessels in the northern Peruvian coast, the results of the present study, together with other complementary studies, could be transcendental, since they can help to understand the dynamics of the ancient settlers in the obtaining of raw materials and production of their ceramic vessels, vital for their food and other ceremonial purposes. This, in turn, could be linked to the economic model currently applied in the region for pre-Hispanic times.

Keywords: Ceramics, clay, X-ray fluorescence by dispersive energy, X-ray diffraction, Rietveld method.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo han sido investigados fragmentos de vasijas de cerámica provenientes del sitio arqueológico “Pampa La Cruz”, ubicado en el distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad (Perú). El sitio está ubicado sobre una terraza marina junto al borde del cauce seco de la desembocadura de uno de los ramales de la Quebrada del río Seco y a escasos 200 metros de la orilla del mar. Cubre una ocupación desde el 400 a.C hasta el 750 d.C., es decir, poco más de 1,000 años de ocupación continua.

Pampa La Cruz, como sitio residencial doméstico, ha sido testigo de múltiples transformaciones sociales y políticas a lo largo de esos 1,000 años de ocupación continua [1-4]. Una de ellas tiene que ver con la continuidad o cambios en la obtención de vasijas de cerámica domésticas para uso cotidiano en el sitio. Estudios previos sugieren que, en su mayoría, las vasijas de cerámica domésticas fueron hechas con arcillas no locales y, por lo tanto, se asume que han sido obtenidas mediante otros mecanismos, posiblemente por procesos redistributivos o por intercambio directo con otras poblaciones contemporáneas que las producían. Esto último parecería ser el modelo más plausible en vista de los trabajos recientes sobre la etnografía de alfareros productores de vasijas domésticas en los Andes Centrales [5, 6]. Si es que esto último es aceptado, una de las preguntas de investigación que tenemos es ¿Qué tan cerca o lejos fueron producidas estas vasijas de cerámica domésticas y cómo se obtuvieron?. Una forma de aproximarnos a su proveniencia y con ello estimar distancias, es por medio de caracterizar la estructura de sus componentes mineralógicos en base a estudios como el que aquí se presenta. Trabajos similares (utilizando la técnica de difracción de rayos X y modelamiento estructural por el método de Rietvel) con fragmentos de vasijas finas provenientes del mismo sitio, han probado ser exitosos para proponer alternativas que expliquen su proveniencia y dinámicas de obtención. Para los Andes centrales, se han aplicado una serie de técnicas arqueométricas que también han ayudado a mejorar el entendimiento de la proveniencia de las arcillas, aunque, dependiendo de la técnica, estos resultados pueden resultar ambiguos si no se considera una serie de factores que se indica más abajo en esta contribución [7-9].

Los tradicionales estudios histórico-culturales han determinado una serie de estilos y alfares para los valles de Virú y Moche [10-18]. Posteriormente, estos trabajos han servido para realizar reconocimientos en diferentes sectores de los valles, asignando filiaciones temporales y estilísticas, lo que ha derivado en determinar la época y también la filiación política de varios asentamientos en la costa norte del Perú, pero puntualmente en los valles de Virú y Moche [15, 19]. Cabe precisar que, dado que los materiales cerámicos finos (cerámica fina o corporativa, por ejemplo, estilo “Moche IV”) han servido como los elementos clave para las identificaciones, poco o nada se ha hecho por caracterizar los materiales cerámicos domésticos, los que han sido interpretados como parte de una larga “tradicción” (entendida como la continuidad en forma y estilo por un largo tiempo), sin cambios significativos que ayuden a determinar a qué período o filiación política pertenecen [20, 21]. Esta perspectiva ha comenzado a cambiar con el estudio de la técnica de manufactura en las vasijas domésticas en los valles de Virú y Moche, determinándose que, además de varios elementos distintivos en forma y estilo, las vasijas de cerámica domésticas de las contemporáneas sociedades Virú y Moche, por ejemplo, son muy distintas a nivel de técnica de manufactura, predominando en las primeras el martillado y en las segundas el uso de moldes [22]. Si bien es cierto el uso de las filiaciones estilísticas y morfológicas de la cerámica fina y a veces doméstica ha ayudado a fechar y caracterizar varios sitios arqueológicos de estos valles, poco o nada se ha hecho para entender las dinámicas de producción detrás de ellas. Otro aspecto importante es que no hemos definido los mecanismos por los cuales llegaron de los productores a los usuarios, a pesar de existir modelos etnográficos disponibles e incluso aplicados para algunos casos arqueológicos para períodos más tardíos [5, 23, 24]. Una excepción a esto han sido los estudios poco conocidos de Jennifer Ringber, donde se ha logrado determinar la proveniencia de vasijas de cerámica domésticas de manufactura serrana y costeña en sitios del Intermedio Temprano en el valle Medio de Moche [19, 25]. Sin embargo, estos trabajos se han centrado específicamente en la petrografía de la cerámica más que en estudios estructurales como los que aquí son presentados. En consecuencia, poco se ha hecho por estudiar su procedencia, tipo de pasta y desgrasantes utilizados, así como la técnica de preparación; sin embargo, ver casos recientes [26]. Otro aspecto importante y que es superficialmente tocado en esta contribución, es el referente a la técnica de preparación de las materias primas para elaborar las vasijas de cerámica. Existen pocos trabajos al respecto, pero afortunadamente uno de nosotros ha realizado investigaciones entre alfareros contemporáneos, determi-

nando algunos patrones relevantes al momento de poder interpretar los resultados de las mediciones como los que aquí son presentados [27-34].

El presente trabajo, el cual tiene antecedentes en estudios previos [22, 26, 35, 36], pretende contribuir con la comprensión de estos aspectos, desarrollando el estudio en una perspectiva diacrónica, tratando de identificar las fuentes de arcilla [37] de estas vasijas de cerámica. De esta forma estamos comenzando a construir una base de datos de arcillas geológicas (BDA) que luego pueda ser contrastada con los materiales identificados en las muestras arqueológicas, lo cual posibilita no sólo determinar la composición de las cerámicas, sino inclusive su procedencia, de una manera eficiente y ágil. Para ello, en este trabajo presentamos los análisis de los muestreos geológicos realizados en la costa del valle de Moche, en el valle medio de Virú y en la quebrada de Río Seco, un cauce seco ubicado en el extremo norte del valle de Moche (cerca del sitio Pampa La Cruz) y que sólo presenta flujo esporádico de agua durante los meses de verano (producto de la lluvia en la sierra) y de una manera abundante durante eventos ENSO (El Niño Southern Oscillation). Estos muestreos tienen el objetivo de elaborar un muestrario comparativo de arcillas que se pueda contrastar con las fases identificadas en las muestras de cerámica y, de esta forma, determinar la proveniencia de las arcillas utilizadas en la producción de estas cerámicas.

Las muestras arqueológicas y geológicas fueron estudiadas por la técnica de fluorescencia de rayos-X por energía dispersiva (FRXED) [38, 39] y difracción de rayos-X por el método de polvo (DRX) [40-42]. Las medidas de DRX fueron analizadas a partir del modelamiento de la intensidad de los picos de difracción experimentales, aplicando el método de Rietveld [43-45], a fin de determinar cuantitativamente el porcentaje en peso de las fases presentes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo fue realizado con la recolección *in situ* (Figura 1) de las muestras de fragmentos de cerámica (Figura 2) (durante las excavaciones arqueológicas en el sitio Pampa La Cruz aprobadas por el Ministerio de Cultura del Perú) y las muestras geológicas (Figura 3) (debidamente georeferenciadas utilizando un GPS convencional), provenientes del valle medio de Virú (VI-1, VI-2, VI-3), Río Seco (RS-1, RS-2, RS-3) y valle bajo de Moche (MO-1, MO-2).



Figura 1: Ubicación del sitio arqueológico Pampa La Cruz (de donde provienen los fragmentos de cerámica aquí analizados) y de los puntos de muestreo de las muestras geológicas.

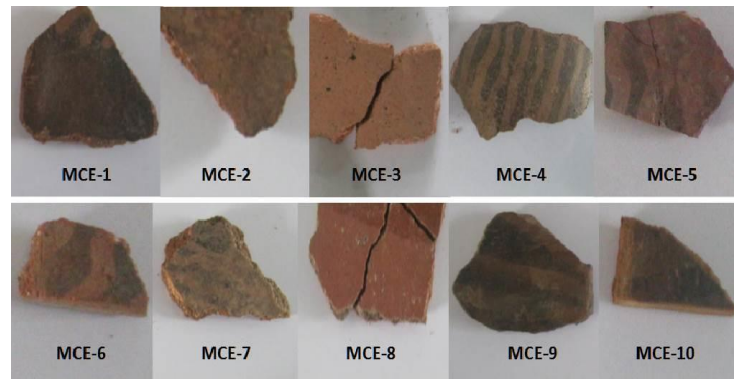


Figura 2: Muestras de fragmentos de cerámica de Pampa La Cruz.

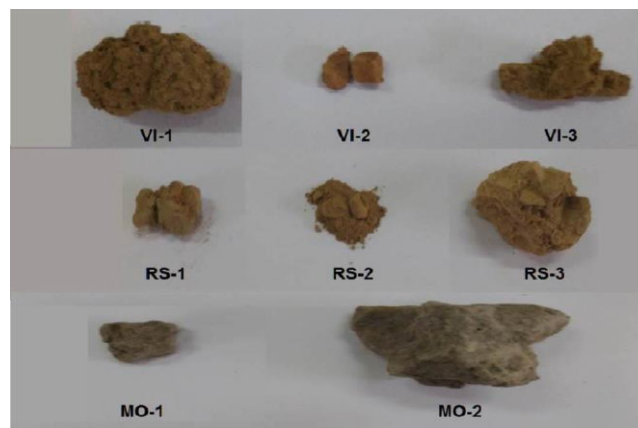


Figura 3: Muestras geológicas del valle medio de Virú (VI-1, VI-2, VI-3), Río Seco (RS-1, RS-2, RS-3) y Moche (MO-1, MO-2).

En la Tabla 1 presentamos la relación de las muestras de fragmentos de cerámica investigadas (correspondientes a los períodos Salinar, Virú y Moche), con su datación absoluta obtenida por el método de datación por radiocarbono [26]. La Tabla 2 contiene la ubicación de los puntos geográficos de donde fueron recolectadas las muestras geológicas para el estudio. Esta ubicación es dada en metros (m), según el sistema Universal Transversal Mercator (UTM), mostrando las latitudes este (E) y sur (S).

Tabla 1: Muestras de fragmentos de cerámica con datación absoluta en base a datos proporcionados por el Programa Arqueológico Huanchaco (PAHUAN).

MUESTRAS DE CERÁMICA	PERÍODO	DATACIÓN
MCE-1	Salinar	400-200 cal a.C.
MCE-2	Virú	100-450/500 cal. d.C.
MCE-3	Virú	100-450/500 cal. d.C.
MCE-4	Virú	100-450/500 cal. d.C.
MCE-5	Virú	100-450/500 cal. d.C.
MCE-6	Virú	100-450/500 cal. d.C.
MCE-7	Virú	100-450/500 cal. d.C.
MCE-8	Moche	450/500 – 750 cal. d.C.
MCE-9	Moche	450/500 – 750 cal. d.C.
MCE-10	Moche	450/500 – 750 cal. d.C.

Tabla 2: Ubicación de los puntos geográficos de recolección de las muestras geológicas (en metros, m), según el sistema Universal Transversal Mercator (UTM), con latitudes este (E) y sur (S).

MUESTRAS GEOLÓGICAS	COORDENADAS UTM	
RÍO VIRÚ		
VI-1	748805,97 m E	9071911,66 m S
VI-2	750433,30 m E	9076460,00 m S
VI-3	752450,00 m E	9072837,00 m S
RÍO SECO		
RS-1	708237,55 m E	9106615,05 m S
RS-2	708213,62 m E	9106505,14 m S
RS-3	708072,57 m E	9106524,57 m S
RÍO MOCHE		
MO-1	720931,91 m E	9100381,45 m S
MO-2	721195,31 m E	9100597,18 m S

Las medidas FRXED fueron obtenidas con un espectrómetro Amptek, con ánodo de oro (Au), operando con un voltaje de 30 kV y corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°.

Las medidas DRX fueron obtenidas con un difractor Bruker, modelo D8-Focus, geometría θ -2 θ y radiación de Cu ($K\alpha$) 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 $K\beta$. 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.

Todas las medidas DRX fueron analizadas por el Método de Rietveld, a fin de confirmar la composición mineralógica previamente identificada, así como determinar cuantitativamente el porcentaje en peso de cada fase.

3. RESULTADOS

En la Figura 4 presentamos los resultados de las medidas FRXED de las muestras de cerámica investigadas. Los picos característicos de Au presentes en los espectros corresponden al blanco de la fuente de RX.

En todas las muestras fueron identificados los mismos elementos: Si, Al y Fe (elementos mayoritarios), V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Ba, Sr, Zr, As, Y, Ti, Ca y Cl (elementos minoritarios). El Cl está presente en mayor concentración en la muestra MCE-1. En la Tabla 3 mostramos resultados cuantitativos para el caso de la muestra MCE-9, donde puede notarse que la mayor concentración (>28%) corresponde al Si.

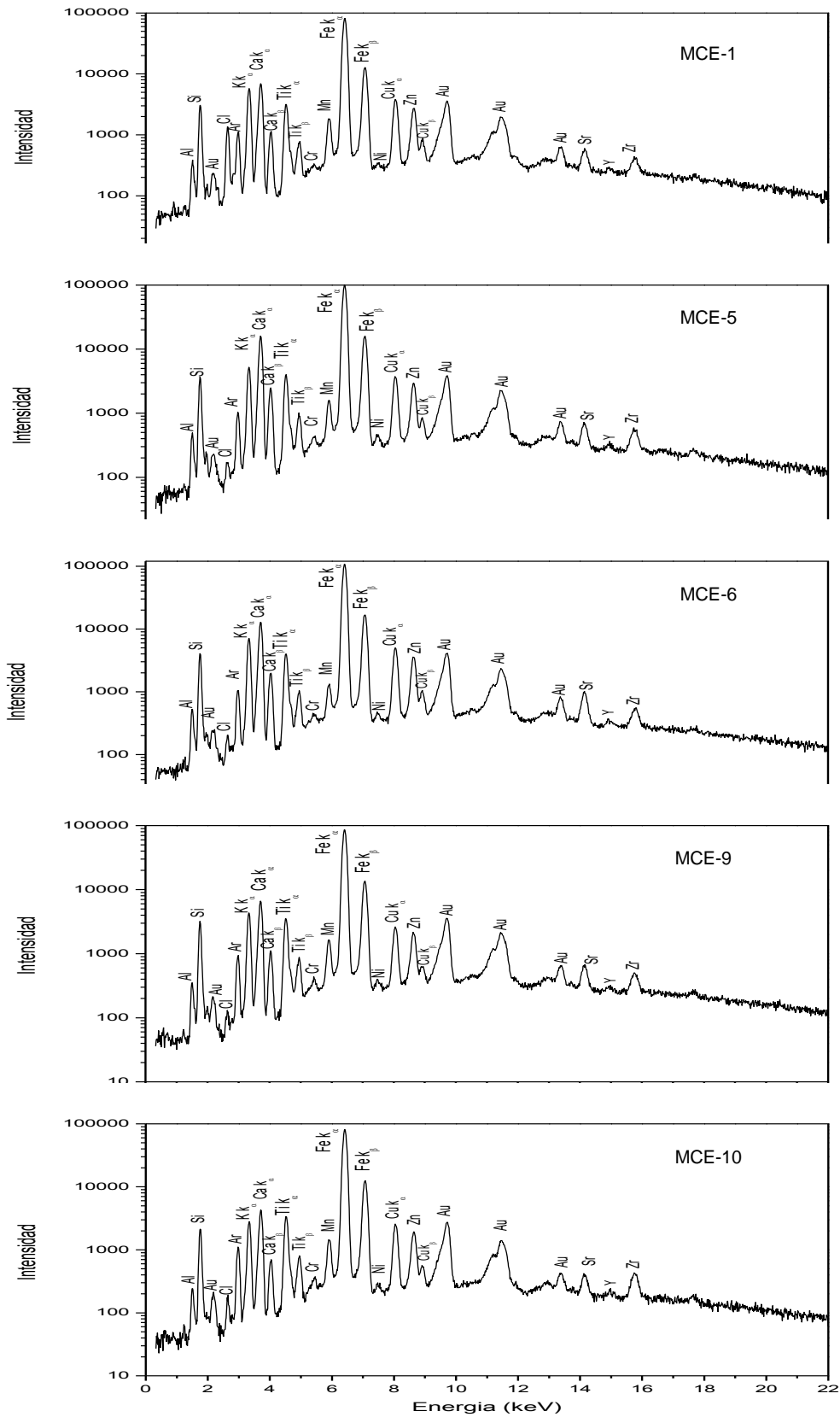


Figura 4: Resultados de medidas FRXED de las muestras de cerámica.

Tabla 3: Resultados de medidas FRXED de la muestra MCE-9 con la concentración de los elementos.

MUESTRA MCE-9			
Elementos	%	Elementos	%
Al	8,021	Fe	3,129
Si	28,574	Ni	0,004
Cl	0,077	Cu	0,059
K	1,015	Zn	0,045
Ca	1,065	As	0,002
Ti	0,293	Sr	0,019
V	0,011	Y	0,003
Cr	0,010	Zr	0,017
Mn	0,056	Ba	0,047

La Tabla 4 presenta la composición mineralógica de las muestras de cerámica y de las muestras geológicas, determinada a partir de las medidas de DRX. Para la identificación de fases fueron usados Diffracplus EVA [46] y QualX [47], con la base de datos PDF2 (2004) y COD (Crystallography Open Database). Fueron identificadas fases de cuarzo, arcillas y sales. En la Figura 5 se presenta el difractograma de la muestra de cerámica MCE-4, con la indicación de los picos de cada fase identificada. Estos resultados fueron confirmados por refinamiento estructural con el método de Rietveld, utilizando el programa TOPAS [48, 49]. El ajuste fue realizado según la función PV-TCHZ (pseudo-Voigt Thompson-Cox-Hastings), la cual es una variante de la función Pseudo-Voigt que considera funciones gaussiana y lorentziana para incluir la contribución del tamaño de grano cristalino y factores instrumentales en el ensanchamiento del pico de difracción.

Tabla 4: Composición mineralógica de las muestras investigadas.

FASES	FÓRMULA QUÍMICA	PDF N°
Albita	Na[AlSi ₃ O ₈]	89-6423
Cuarzo	SiO ₂	78-2315
Anortita	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	70-287
Riebeckita	Na ₂ Fe ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	19-1061
Illita	K _{0,88} Al ₂ [Al _{0,88} Si _{3,12} O ₁₀](OH) ₂	26-911
Hematita	Fe ₂ O ₃	85-599
Andalucita	Al ₂ [SiO ₅]	39-376
Ortoclasa	KAlSi ₃ O ₈	31-966
Halita	NaCl	75-0306
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	14-164
Montmorillonita-Ca	Ca _{0,5} Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ · H ₂ O	COD* 9002779

(*) COD: Crystallography Open Database. <http://www.crystallography.net/cod/index.php>. Accedido en noviembre de 2020.

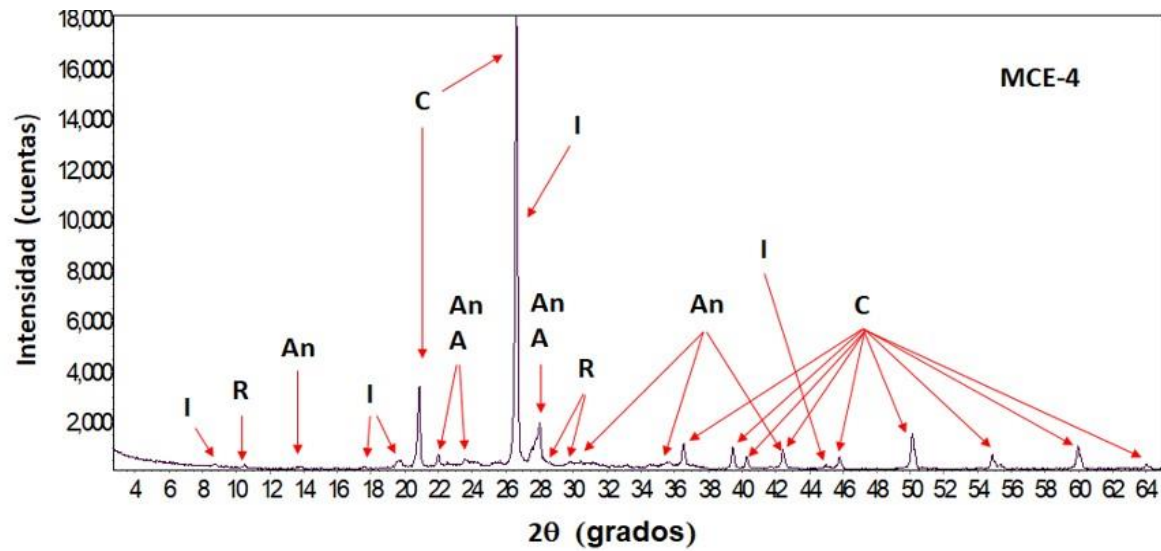


Figura 5: Fases identificadas en la muestra MCE-4 (C: cuarzo; A: albita; An: anortita; I: illita; R: riebeckita).

Las Figuras 6-8 presentan los resultados del refinamiento estructural por el método de Rietveld correspondientes a las muestras de cerámica y las Figuras 9-11 los correspondientes a las muestras geológicas. Se incluye los factores de ajuste del refinamiento: R_{exp} (factor residual esperado del perfil) y R_{wp} (factor residual ponderado del perfil). En general, los valores de estos factores son referenciales para decidir si un ajuste es o no satisfactorio (proceso que se hace más complejo cuando el número de fases es mayor), por lo que no puede llegar a sustituir el raciocinio crítico del analista [50].

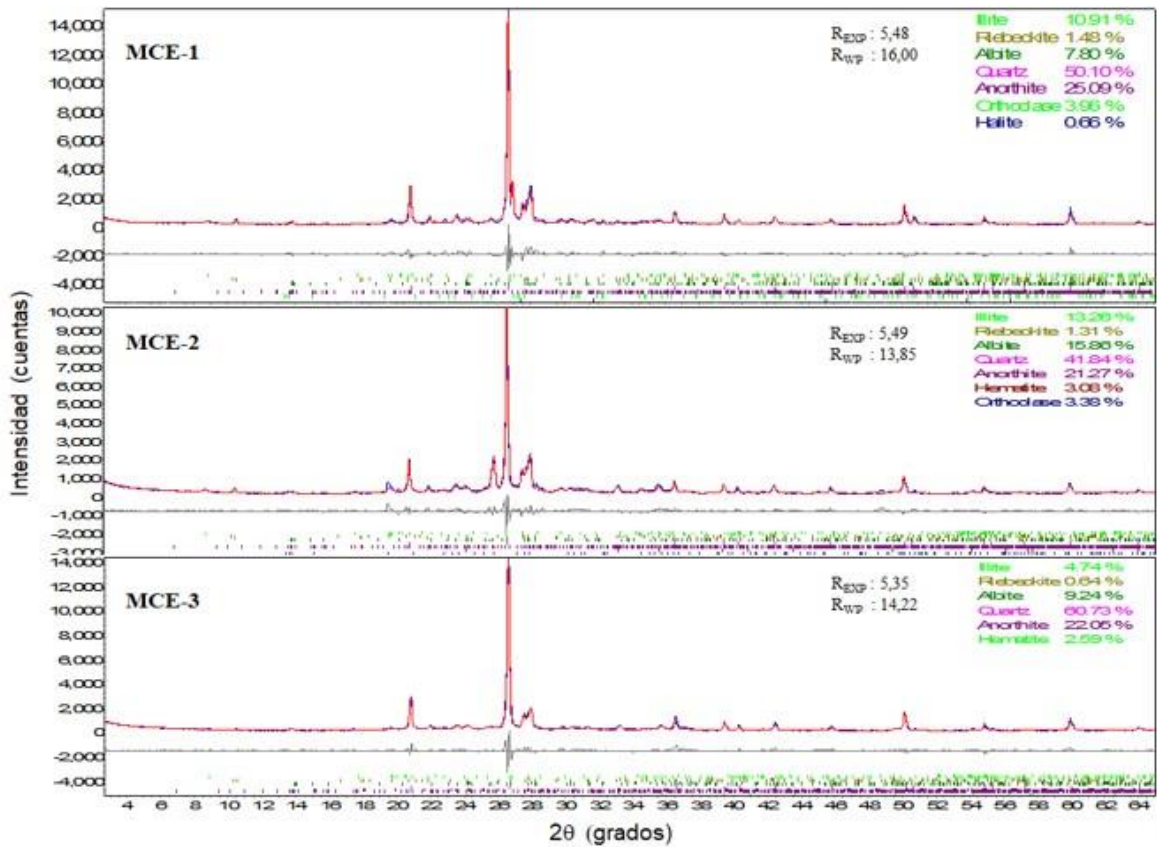


Figura 6: Resultados del refinamiento Rietveld correspondientes a las muestras de cerámica MCE-1, MCE-2 y MCE-3.

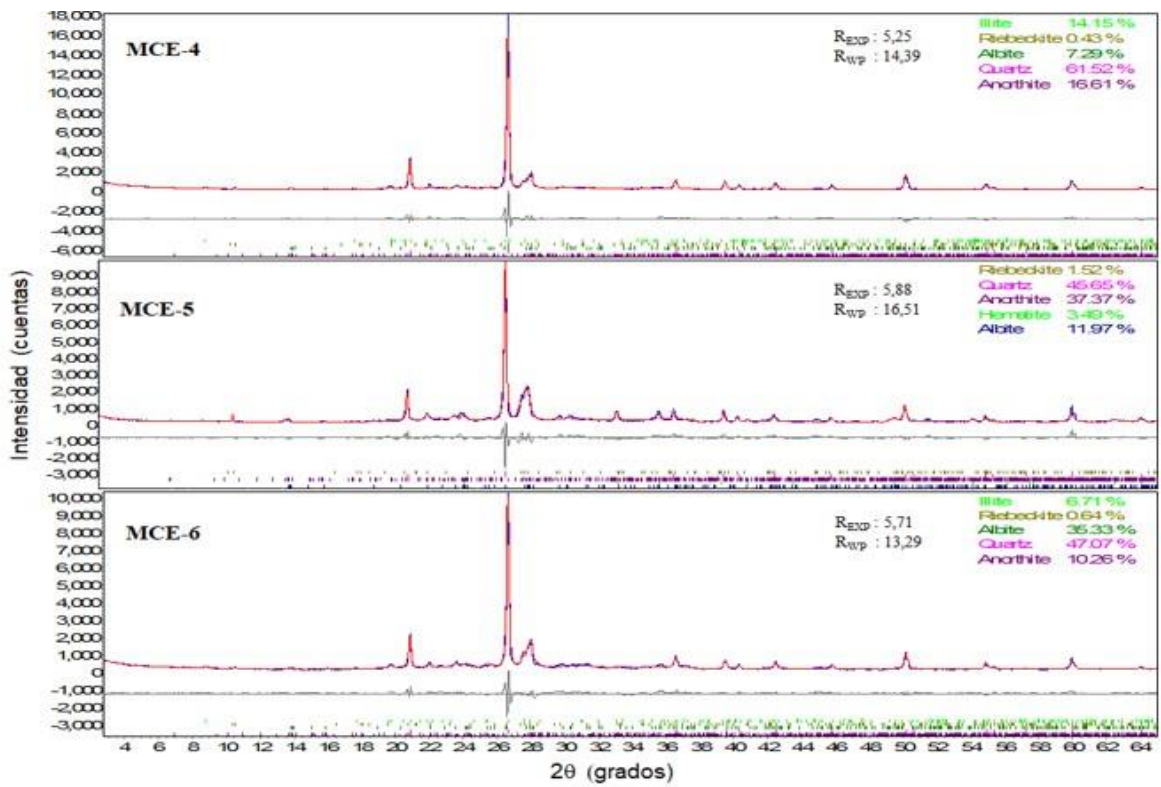


Figura 7: Resultados del refinamiento Rietveld correspondientes a las muestras de cerámica MCE-4, MCE-5 y MCE-6.

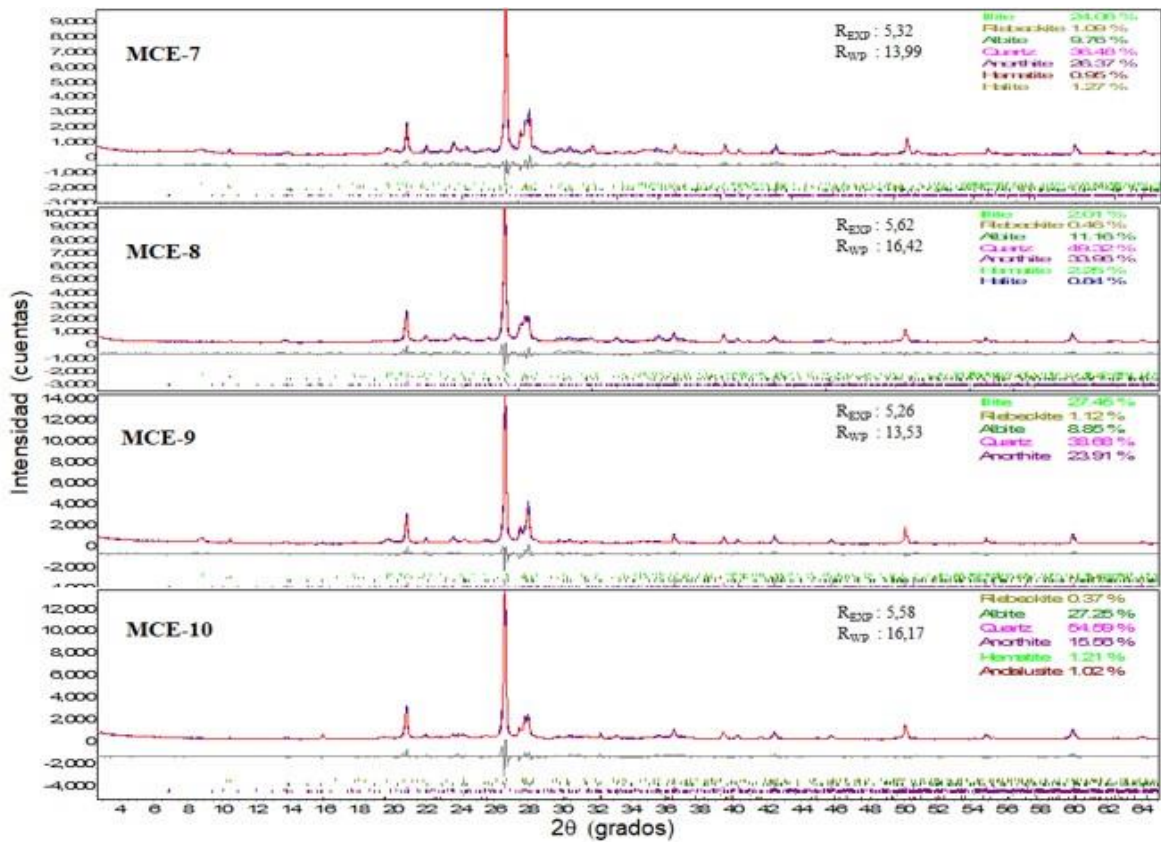


Figura 8: Resultados del refinamiento Rietveld correspondientes a las muestras de cerámica MCE-7, MCE-8, MCE-9 y MCE-10.

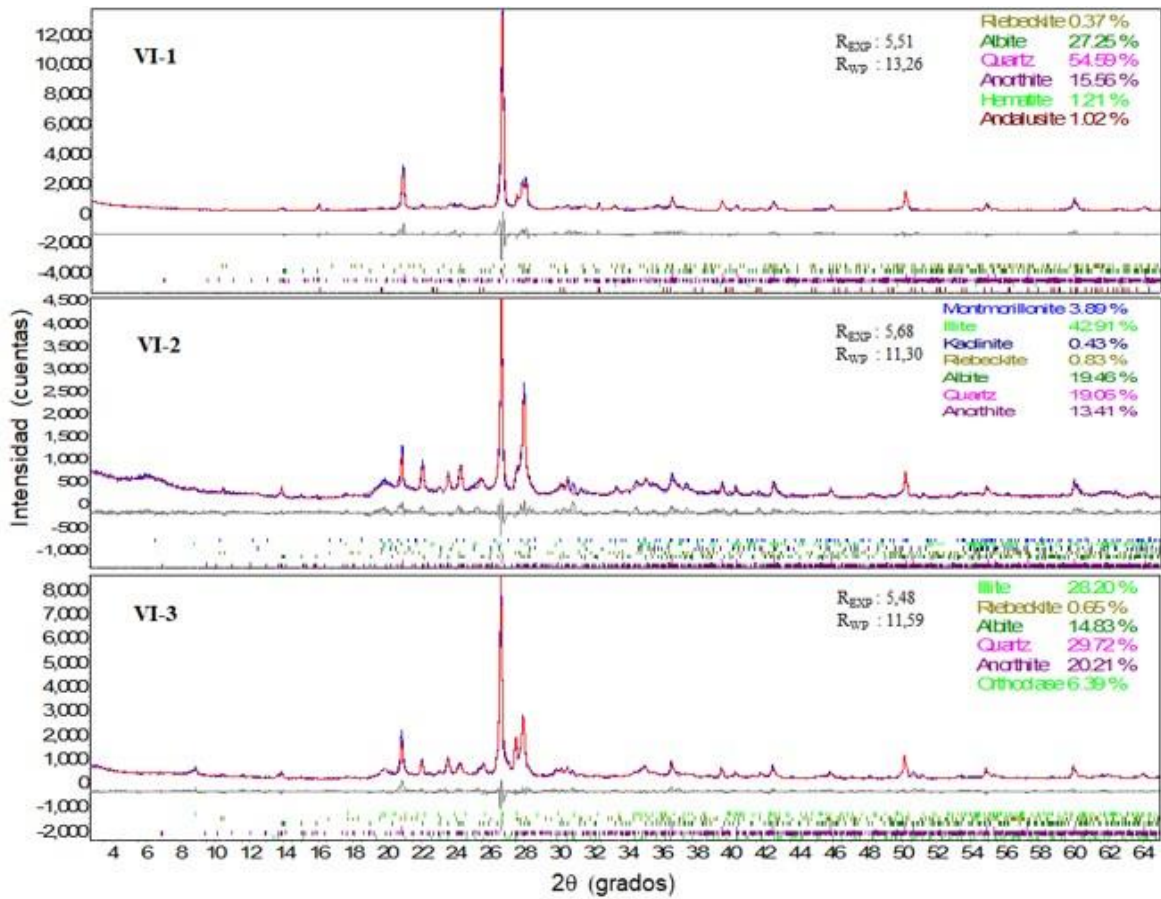


Figura 9: Resultados del refinamiento Rietveld correspondientes a las muestras geológicas de la región Río Virú.

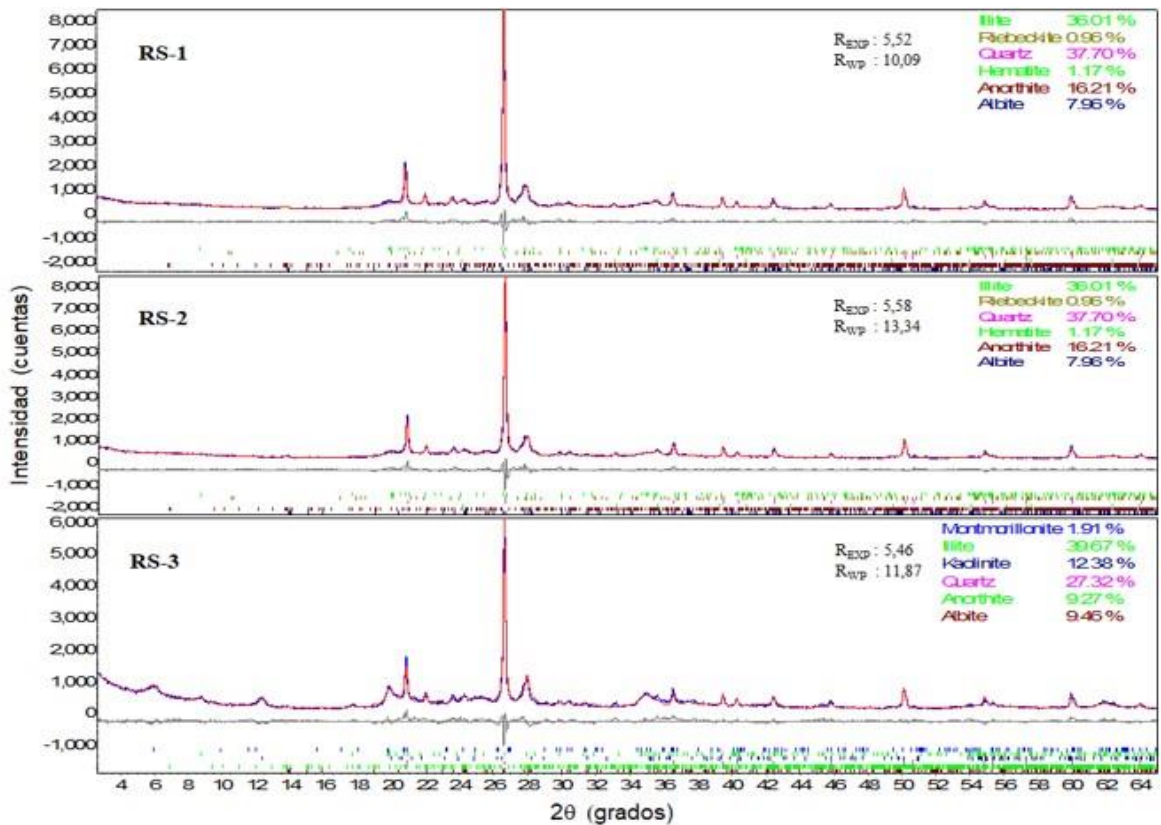


Figura 10: Resultados del refinamiento Rietveld correspondientes a las muestras geológicas de la región Río Seco.

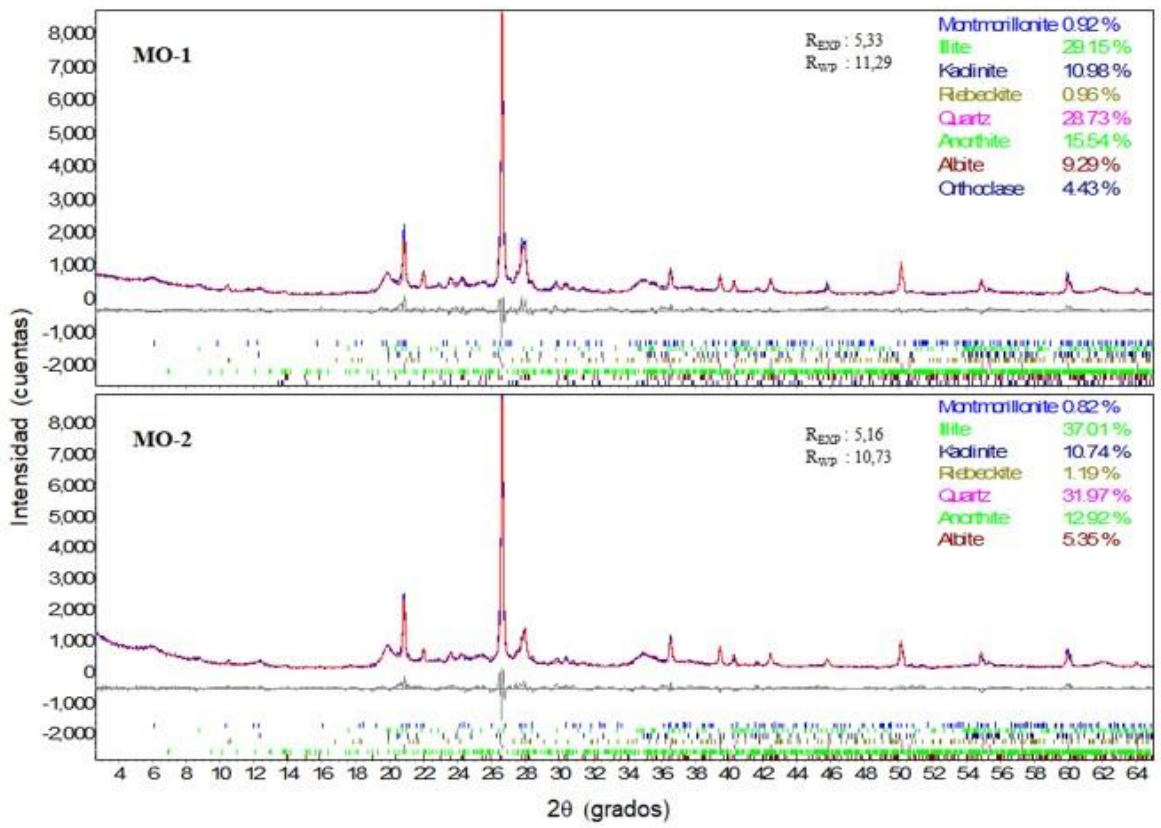


Figura 11: Resultados del refinamiento Rietveld correspondientes a las muestras geológicas de la región Río Moche .

En la Tabla 5 mostramos los porcentajes en peso de cada fase identificada, obtenidos por refinamiento Rietveld. Se incluye los errores del ajuste reportados por el programa.

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

MUESTRAS DE CERÁMICA	PORCENTAJE EN PESO DE LAS FASES IDENTIFICADAS (%)										
	Albita	Cuarzo	Anortita	Riebeckita	Illita	Hematita	Andalucita	Orto-clasa	Halita	Montmorillonita	Caolinita
MCE-1	7,802 ±0,028	50,097 ±0,179	25,092 ±0,090	1,480 ±0,005	10,910 ±0,039			3,959 ±0,014	0,660 ±0,002		
MCE-2	15,858 ±0,049	41,837 ±0,179	21,275 ±0,066	1,311 ±0,004	13,256 ±0,041	3,084 ±0,010		3,379 ±0,010			
MCE-3	9,237 ±0,034	60,734 ±0,146	22,051 ±0,082	0,643 ±0,002	4,740 ±0,018	2,595 ±0,010					
MCE-4	7,287 ±0,026	61,516 ±0,138	16,615 ±0,060	0,435 ±0,002	14,147 ±0,051						
MCE-5	11,968 ±0,044	45,649 ±0,198	37,372 ±0,136	1,519 ±0,006		3,493 ±0,013					
MCE-6	35,330 ±0,108	47,066 ±0,162	10,259 ±0,031	0,637 ±0,002	6,708 ±0,020						
MCE-7	9,761 ±0,028	36,481 ±0,182	26,368 ±0,076	1,093 ±0,003	24,080 ±0,069	0,952 ±0,003			1,265 ±0,004		
MCE-8	11,156 ±0,043	49,320 ±0,194	33,963 ±0,130	0,459 ±0,002	2,010 ±0,008	2,249 ±0,009			0,844 ±0,003		
MCE-9	8,851 ±0,022	38,676 ±0,149	23,907 ±0,058	1,116 ±0,003	27,449 ±0,067						
MCE-10	27,246 ±0,102	54,593 ±0,171	15,559 ±0,058	0,370 ±0,001		1,215 ±0,005	1,018 ±0,004				
MUESTRAS GEOLÓGICAS											
RÍO VIRÚ											
VI-1	21,309 ±0,051	34,377 ±0,158	9,481 ±0,023	1,814 ±0,004	22,477 ±0,054			4,960 ±0,012		0,749 ±0,002	4,835 ±0,012
VI-2	19,462 ±0,035	19,058 ±0,147	13,414 ±0,024	0,831 ±0,002	42,908 ±0,078					3,894 ±0,007	0,432 ±0,001
VI-3	14,834 ±0,031	29,720 ±0,147	20,206 ±0,042	0,653 ±0,001	28,200 ±0,059			6,387 ±0,013			
RÍO SECO											
RS-1	7,959 ±0,018	37,701 ±0,139	16,208 ±0,036	0,956 ±0,002	36,006 ±0,080	1,170 ±0,003					
RS-2	6,003 ±0,015	34,019 ±0,166	27,687 ±0,070	0,648 ±0,002	29,018 ±0,073					0,107 ±0,009	2,518 ±0,006
RS-3	9,459 ±0,276	27,316 ±0,190	9,265 ±0,036		39,669 ±0,152					1,906 ±0,007	12,384 ±0,048
RÍO MOCHE											
MO-1	9,292 ±0,018	28,733 ±0,141	15,541 ±0,031	0,958 ±0,002	29,146 ±0,058			4,434 ±0,009		0,917 ±0,002	10,978 ±0,022
MO-2	5,348 ±0,030	31,971 ±0,177	12,920 ±0,072	1,194 ±0,007	37,006 ±0,349					0,824 ±0,005	10,739 ±0,060

4. DISCUSIÓN

Como vemos en la Tabla 5, las muestras de cerámica contienen fases de cuarzo y diversas arcillas, tales como albita, anortita, riebeckita e illita. En la mayoría de las muestras, tanto en las del período Virú como Moche, las fases de cuarzo, anortita y albita son las más abundantes. En el caso de algunas muestras, como la MCE-9, las fases mayoritarias son cuarzo, anortita e illita, cuya composición química contiene Si, identificado como elemento de mayor concentración (>28%) en el análisis de FRXED (Tabla 3). Por otro lado, en las muestras MCE-1 (período Salinar) y en las muestras MCE-7 (Virú) y MCE-8 (Moche) se identificó fase de sal (halita) en pequeña proporción (~1%), probablemente debido a contaminación externa proveniente del mar.

En las muestras geológicas observamos una composición mineralógica similar a la de las cerámicas, aunque no en todos los casos. Puede notarse que la hematita está presente en la mayoría de las muestras de cerámica prehispánica (tanto de Virú como de Moche), aunque en pequeña proporción (<4%); esta fase no fue encontrada en las muestras geológicas, con excepción de la muestra RS-1 de Río Seco que contiene un pequeño porcentaje (~1%) de esta fase. La presencia de fases minoritarias (como hematita y andalucita) en las cerámicas y casi ausentes en las muestras geológicas, podría deberse a la preparación de las pastas antes de la cocción. En este sentido, deberá confirmarse, con estudios más específicos en un siguiente trabajo, si la hematita hallada en las muestras arqueológicas corresponde a engobes o pinturas y no necesariamente a parte estructural de las arcillas utilizadas. Debe indicarse, no obstante, que de todas las muestras arqueológicas que presentan hematita (MCE-2, MCE-3, MCE-5, MCE-7, MCE-8 y MCE-10), sólo la MCE-8 presenta un engobe de color rojizo que podría indicar la adición de hematita durante la fase de producción de la vasija. Por lo tanto, es probable que las otras muestras hayan sido manufacturadas utilizando una fuente de arcilla muy cerca al sitio de Pampa La Cruz en las canteras del Río Seco de Huanchaco. Estos resultados confirmarían lo observado por Arrelucea [26] para algunos casos de cerámica fina Virú del mismo sitio de Pampa La Cruz. Asimismo, los resultados de la Tabla 5 nos permiten sugerir, de manera muy preliminar, que al menos las vasijas correspondientes a las muestras de cerámica MCE-1 (Salinar) y MCE-2 (Virú) pueden haber sido manufacturadas con arcillas del valle de Virú (muestras VI-1 y VI-3), por la presencia de ortoclasa en porcentajes similares.

Aquí cabe precisar que, al comparar la decoración aplicada en los fragmentos de cerámica estudiados y las muestras geológicas, parecen surgir algunos patrones interesantes. Por ejemplo, los fragmentos MCE-1 y MCE-2, por la presencia de ortoclasa, parecen corresponder a las muestras geológicas de Virú. En ambos casos, parecen ser de vasijas sin decoración de uso doméstico, lo que sugeriría que MCE-1 del período Salinar y MCE-2 del período Virú vienen o fueron manufacturadas en otro valle, en este caso, en las inmediaciones de la margen derecha del valle medio de Virú, próximos al sitio Castillo de Tomabal. El caso de MCE-3, se trata de un fragmento también llano, pero sus valores son ligeramente distintos a los dos anteriores y presenta hematita, lo que sugiere que podría venir de la cantera de Río Seco de Huanchaco. Dado que es una vasija de cerámica de la ocupación Virú, sugeriría que durante ese período los pobladores de Pampa La Cruz se proveyeron de vasijas domésticas tanto del valle de Virú como de algunas producidas posiblemente localmente o con arcillas locales. MCE-4 se trata de un fragmento de cerámica con decoración negativa de acabado fino. Si bien no presenta ortoclasa, sus valores porcentuales respecto a las otras fases son muy similares a los de MCE-1 y MCE-2, que parecerían ser del valle de Virú (ver Tabla 5). En tal sentido, es posible que al haber sido parte de una vasija fina con la típica decoración Virú de elite (negativo), esta vasija provenga también del valle del mismo nombre. Alternativamente, pudo ser producida con arcillas aún por ubicar. Lo mismo se concluye de MCE-6 que tiene valores similares, pero se trata de una vasija doméstica sin decoración. MCE-5 y MCE-7 son extremadamente importantes porque ambos comparten decoración negativa, pero de acabado brusco, solo alisado, un estilo decorativo para vasijas domésticas de la ocupación Virú, únicamente observado hasta la fecha en Huanchaco [26]. Coincidentemente, la presencia de hematita sugeriría que provienen de la fuente local de Río Seco de Huanchaco. Bajo esta perspectiva, confirmaríamos que este típico estilo decorativo con pintura negativa fue producido localmente en Huanchaco durante la ocupación Virú (100-450/500 d.C.). MCE-8 podría ser también local por la presencia de hematita, aunque se trata de una vasija doméstica de la ocupación posterior Moche, lo que indica que la producción de vasijas domésticas continuó en el sitio, a pesar del cambio temporal y político de Virú a Moche. MCE-9 y MCE-10 tienen valores porcentuales similares a MCE-3 y MCE-6, lo que sugiere que fuentes no locales fueron también usadas para la manufactura de vasijas domésticas durante la ocupación Moche de Pampa La Cruz en Huanchaco, confirmando el patrón mixto en el uso de vasijas de diversas proveniencias o, al menos, de arcillas de otros valles u otras zonas más alejadas de Huanchaco durante el Intermedio Temprano en esta zona del litoral. Estos datos ofrecen una aproximación a las dinámicas sociales internas de asentamientos de pescadores debido a que muestran una posible producción local y, al mismo tiempo, la posible presencia de vasijas domésticas de otros valles (puntualmente del valle de Virú) u otras zonas del valle de Moche, confirmando que la producción de vasijas de cerámica doméstica durante fines del Horizonte Temprano Tardío y el Intermedio Temprano fue mucho más dinámica que lo previamente planteado. Queda ampliar este estudio para confirmar estos patrones y además ampliar la muestra para explorar otras zonas de proveniencia de las arcillas y, con ello, posiblemente de los alfareros que las manufacturaron.

Las fases de montmorillonita y caolinita presentes en las muestras geológicas, aunque en bajos porcentajes, no fueron observadas en las muestras de cerámica. Esto podría deberse a la baja estabilidad térmica de estas fases, las cuales tienden a colapsar estructuralmente en el proceso de cocción de la cerámica a altas temperaturas; por el contrario, las fases de albita y anortita se mantienen en las cerámicas, debido a su mayor estabilidad a altas temperaturas [51, 52]. El análisis no reportó presencia de halita en las muestras geológicas.

La evaluación anterior induce a asumir que las arcillas usadas en la manufactura de vasijas de cerámica domésticas de las ocupaciones Salinar, Virú y Moche fueron preparadas a partir de las muestras geológicas investigadas, a lo largo de los períodos determinados por el análisis de datación. En tal sentido, consideramos que la información contenida en la Tabla 5 constituye una inicial base de datos de arcillas geológicas, útil para determinar la composición mineralógica de cerámicas, así como su procedencia. Aún así, es recomendable la ampliación de este estudio con la incorporación de técnicas complementarias que podrían enriquecer los resultados obtenidos aquí.

5. CONCLUSIONES

Fueron investigadas muestras de vasijas de cerámica domésticas de los períodos Salinar, Virú y Moche halladas en el sitio de Pampa La Cruz; asimismo, fueron estudiadas muestras geológicas de arcillas del valle de Virú, Río Seco y Moche, a fin de analizar la procedencia de la materia prima (arcilla) de las vasijas de cerámica domésticas. El estudio fue realizado aplicando la técnica de Fluorescencia de Rayos-X por Energía Dispersiva y la técnica de Difracción de Rayos-X por el método de polvo; las medidas de difracción de rayos X fueron analizadas mediante el método de Rietveld.

En todas las muestras de cerámica fueron identificadas fases de cuarzo y diversas arcillas. En la mayoría de las muestras del período Virú y Moche, las fases de cuarzo, anortita y albita fueron identificadas como mayoritarias. En algunas muestras de cerámica (tanto de Virú como de Moche) adicionalmente se encontró hematita, aunque en bajos porcentajes (<4%); esta fase está prácticamente ausente en las muestras geológicas, lo que podría deberse a las condiciones de preparación de la pasta antes de la cocción. La presencia de halita en algunas muestras de cerámica, aunque en pequeña proporción (~1%), podría deberse a contaminación externa.

El análisis de las muestras geológicas, las cuales fueron exclusivamente recolectadas en la costa (valles bajos de Moche y valle medio de Virú) reportó una composición similar al de las cerámicas, lo que induce a concluir que la materia prima más importante en la composición de estas vasijas de cerámica domésticas procedería de las zonas bajas de los valles de Virú y Moche y no de otras regiones como la sierra o valles más distantes. Por lo tanto, consideramos que la información obtenida constituye una base de datos de arcillas geológicas que, contrastada con los materiales identificados en muestras arqueológicas, puede contribuir a determinar la composición mineralógica de cerámicas, así como su procedencia. No obstante, esta base de datos que estamos comenzando a construir deberá ser enriquecida con futuras investigaciones.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al FONDECYT-CONCYTEC, Banco Mundial, Contrato 007-2018–Universidad Nacional de Trujillo, por permitir las excavaciones arqueológicas en las que se ubicaron estos fragmentos de cerámica. Esta investigación fue realizada bajo el soporte financiero del Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MILLAIRE, J., PRIETO, G., SURETTE, F., *et al.* “Statecraft and expansionary dynamics: A Viru outpost at Huaca Prieta, Chicama Valley, Peru”, *PNAS* v. 113, n. 41, pp. 6016-6025, 2016.
- [2] PRIETO, G., CHAVARRIA, H. “La Ocupación Moche en Pampa La Cruz, Huanchaco”, *Revista Arkinka* n. 261, pp. 96-105, 2017.
- [3] PRIETO, G., “Las pequeñas Huacas también hablan. Investigaciones arqueológicas en pequeños sitios no-monumentales, distrito de Huanchaco, costa norte del Perú”, *Perú, Arqueología de los Andes*. P. Iberico (Edits), pp 125-155. Instituto de los Andes, Perú.
- [4] PARKER, B., PRIETO, G., OSORES, C., “Methodological advances in Household Archaeology: an application of microartifact analysis at Pampa la Cruz, Huanchaco, Peru”, *Nawpa pacha*, v. 38, n.1, pp.57-75.
- [5] RAMON, G., *Potters of the Northern Peruvian Andes: a palimpsest of technical styles in motion*, Tesis de doctorado, Universidad de East Anglia, Inglaterra, 2008.
- [6] RAMÓN, G., *Los Alfareros Golondrinos. Productores Itinerantes en Los Andes*, Instituto Francés de Estudios Andinos/Sequialao Editores, Lima, 2013.
- [7] CHAPDELAINE, C., KENNEDY, G., UCEDA, S., “Activación neutrónica en el estudio de la producción local de la cerámica ritual en el sitio Moche”, *Bulletin de l'institut français d'études andines*, v. 24, n. 2, pp. 183-212, 1995.

- [8] DRUC, I., BURGER, R., ZAMOJSKA, R., *et al.* "Ancon and Garagay Ceramic Production at the time of Chavin de Huantár". *Journal of Archaeological Science*, v. 28, n. 1, pp. 29-43, 2001.
- [9] MAKOWSKI, K., GHEZZI, I., NEFF, H., *et al.* "Networks of Pottery Production and Exchange in the Late Horizon: Characterization of Pottery Style and Clays on the Central Coast of Peru", en: *Ceramic Analysis in the Andes*, I. Druc (ed.), pp. 139-155, Deep. University Press, 2015.
- [10] LARCO, R. *Los Cupisnique*. La Crónica y Variedades, Lima, 1941.
- [11] LARCO, R. *Cronologías de la Costa Norte del Perú*, Sociedad Geográfica Americana, Buenos Aires, 1948.
- [12] LARCO, R. *Los Mochicas, II Tomos*, La Crónica y Variedades, Lima, 1939.
- [13] LARCO, R. *La Cultura Virú*, Sociedad Geográfica Americana, Buenos Aires, 1945.
- [14] LARCO, R. *La Cultura Salinar*, Sociedad Geográfica Americana, Buenos Aires, 1944.
- [15] WILLEY, G. *Prehistoric Settlement Patterns in the Viru Valley, Peru*, Smithsonian Institution Bureau of American Ethnology Bulletin 155, Government Printing Office, Washington D.C, 1953.
- [16] STRONG, W., EVANS, C. *Cultural Stratigraphy in the Viru Valley, Northern Peru: The Formative and Florescent Epoch*. Columbia University Press, New York, 1952.
- [17] FORD, J., "Cultural dating of prehistoric sites in Viru Valley, Peru", *Anthropological papers of American Museum of Natural History*, v. 43, n. 1, pp. 29-87.
- [18] BENNET, W. "Excavations in the Gallinazo Group", *Anthropological papers 56 Yale University*, New Haven, 1939.
- [19] BILLMAN, B., *The evolution of Prehistoric Organizations in the Moche Valley, Peru*, Tesis de doctorado, Universidad of California, California, 1996.
- [20] UCEDA, S., GAYOSO, H., GAMARRA, N. *The Gallinazo at Huacas de Moche: Style or Culture, Gallinazo an Early Tradition on the Peruvian North Coast*, J. Millaire y M. Morlion (edits), pp. 105-124, Cotsen Institute of Archaeology Press, California, 2009.
- [21] MILLAIRE, J., *Gallinazo and the Tradicion norcosteña, Gallinazo an Early Tradition on the Peruvian North Coast*, J. Millaire y M. Morlion (edits), pp. 1-16, Cotsen Institute of Archaeology Press, California, 2009.
- [22] ESPINOSA, A., PRIETO, G., ALVA, W., "Tradiciones técnicas y producción cerámica Virú-Gallinazo y Mochica: nuevas miradas sobre las relaciones entre dos grupos sociales del Período Intermedio Temprano en la Costa Norte del Perú", *Boletín de Arqueología PUCP*, n. 26, pp. 85-102, 2019.
- [23] SHIMADA, I., *La Producción cerámica en Morrope, Perú, Tecnología y Organización de la producción cerámica en los Andes*, I. Shimada (edits), pp. 295-320, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 1994.
- [24] PRIETO, G., "Cerámica Utilitaria en San José de Moro: Tipología de formas y modelos interpretativos", *Revista del Museo de Arqueología, Antropología e Historia de la Universidad Nacional de Trujillo*, n. 10, pp. 110-154, 2008.
- [25] RINGBERG, J., *Daily life at Cerro Leon, an Early Intermediate period highland settlement in the Moche Valley, Peru*, Tesis de doctorado, Universidad de Carolina del Norte.
- [26] ARRELUCEA MAFALDO, L.D., *Redes de Producción cerámica e Interacciones Sociales del 100 a.C al 400/550 d.C en Pampa la Cruz: Un asentamiento Virú del valle de Moche*, Tesis de Maestría en Arqueología Sudamericana, Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, 2019.
- [27] ZEBALLOS-VELÁSQUEZ, E., MELERO, P., TRUJILLO, A., *et al.* "Estudio estructural de arcillas de Chulucanas por difracción de rayos-X y método de Rietveld", *Revista Matéria*, v. 19, n. 2, pp. 159-170, 2014.
- [28] ZEBALLOS-VELÁSQUEZ, E., MELERO, P., MIÑANO, M., *et al.* "Estudio de la estabilidad térmica de arcillas de Chulucanas preparadas artesanalmente por Difracción de rayos-X y refinamiento Rietveld", *Internet Electron. J. Nanoc. Moletrón*, v. 12, n. 1, pp. 2067-2080, 2014,
- [29] TRUJILLO, A., ZEBALLOS-VELÁSQUEZ, E., MEJÍA, M., *et al.* "Arcillas de Chulucanas preparadas artesanalmente: evaluación de la estabilidad térmica por Espectroscopia Mössbauer", *Internet Electron. J. Nanoc. Moletrón*, v. 12, n. 2, pp. 2149-2160, 2014,
- [30] TRUJILLO, A., MEJÍA, M., ZEBALLOS-VELÁSQUEZ, E., *et al.* "Estudio del efecto de la temperatura en la estructura de arcillas aplicando Espectroscopia Mössbauer y Fluorescencia de Rayos-X", *Internet Electron. J. Nanoc. Moletrón*, v. 12, n. 2, pp. 2191-2204, 2014.
- [31] ZEBALLOS-VELÁSQUEZ, E., MIÑANO, M., MELERO, P., *et al.* "Caracterización de arcillas de Nazca por difracción de rayos X y refinamiento estructural por el Método de Rietveld", *Internet Electronic Journal, Nanociencia et Moletrónica*, v. 11, n. 1, pp. 2001-2018, 2013.
- [32] TRUJILLO, A., ZEBALLOS-VELÁSQUEZ, E., MIÑANO, M., *et al.* "Análisis del efecto térmico en arcillas de Nazca por Espectroscopia Mössbauer", *Internet Electronic Journal, Nanociencia et Moletrónica*, v. 11, n. 1, pp. 2041-2056, 2013.
- [33] ZEBALLOS-VELÁSQUEZ, E., TRUJILLO, A., MEJÍA, M., *et al.* "Evaluación de la estabilidad térmica de arcillas de Chulucanas por Difracción de Rayos-X y Método de Rietveld", *Internet Electronic Journal Nanociencia et Moletrónica*, v. 10, n. 2, pp. 1899-1914, 2012.
- [34] ZEBALLOS-VELÁSQUEZ, E., TRUJILLO, A., MEJÍA, M., *et al.* "Estudio de las reacciones térmicas de arcillas de Chulucanas por Espectroscopia Mössbauer", *Internet Electronic Journal Nanociencia et Moletrónica*, v. 10, n. 2, pp.

1945-1958, 2012.

[35] PRIETO, G., ARRELUCEA, L., COMECA, G., *et al.* “Nuevas perspectivas de la cerámica doméstica salinar, Viru y Moche de la Bahía de Huanchaco, costa norte del Perú”, *Simposio Internacional Avances en el análisis de cerámica y pigmentos*, Junio, 2018.

[36] ZEBALLOS-VELÁSQUEZ, E., PRIETO, G., ASTO, E., *et al.* “Prehispanic ceramics from the Pampa La Cruz archaeological site: investigating its composition and provenance”, *28th RAU Annual Users’ Meeting LNLS/CNPEM*, November 2018.

[37] MURRAY, H., *Applied Clay Mineralogy*, 1 ed., pp. 7-16, Amsterdam, Elsevier, 2007.

[38] TYKOT, R., “Using Nondestructive Portable X-ray Fluorescence Spectrometers on Stone, Ceramics, Metals, and Other Materials in Museums: Advantages and Limitations”, *Applied Spectroscopy*, v. 70, n. 1, pp. 42-56, 2016.

[39] HUNT, A., SPEAKMAN, R., “Portable XRF analysis of archaeological sediments and ceramics”, *Journal of Archaeological Science*, n. 53, pp. 626-638, 2015.

[40] 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.

[41] KLUG, H.P., ALEXANDER, L.E., *X-Ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Materials*, John Wiley & Sons USA, 1974.

[42] BISH, D.L., *Studies of Clays and Clay Minerals using X-Ray Powder Diffraction and the Rietveld Method*, Clay Minerals Society, Short Course on Computer Applications in Clay Mineralogy, 1993.

[43] RIETVELD, H.M., “A Profile Refinement Method for Nuclear and Magnetic”, *J.Appl. Cryst.*, v. 2, pp. 65-71, 1969.

[44] YOUNG, R.A., *The Rietveld Method*, International Union Crystallography, Oxford University Press, New York, 1993.

[45] BONETTO, R.D., ZALBA, P.E., CONCONI, M.S., *et al.*, “The Rietveld method applied to quantitative phase analysis of minerals containing disordered structures”, *Revista Geológica de Chile*, v. 30, n. 1, pp. 103-115, 2003.

[46] Bruker AXS. EVA 2, DIFFRACplus Evaluation Package. <https://www.bruker.com/content/bruker/int/en/products-and-solutions/diffractometers-and-scattering-systems/x-ray-diffractometers/diffrac-suite-software/diffrac-eva.html>. Accedido en noviembre de 2020.

[47] ALTOMARE, A., CORRIERO, N., CUOCCI C., *et al.* QualX, version 2.24. Institute of Crystallography (IC)-CNR-Bari, Italy. <http://www.ic.cnr.it/>. Accedido en noviembre de 2020.

[48] TOPAS User's Manual, Version 3.0, BRUKER AXS GmbH, Karlsruhe, West Germany, 2005.

[49] DIFFRACplus. TOPAS/TOPAS R/TOPAS P. Version 3.0. Technical Reference, BRUKER AXS GmbH, Karlsruhe, West Germany.

[50] TOBY, B.H., “R factors in Rietveld analysis: How good is good enough?”, *Powder Diffr.*, v. 21, n. 1, pp. 66-70, 2006.

[51] AVGUSTINIK, A.I., *Cerámica*. Editorial Reverté, Barcelona, 1983.

[52] LINARES, J., HUERTAS, F., CAPEL, J., “La arcilla como material cerámico”, <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cpag/article/download/1224/1415>. Accedido en noviembre de 2020.

ORCID

Elvira Zeballos-Velásquez	https://orcid.org/0000-0002-5957-1639
Gabriel Prieto	https://orcid.org/0000-0002-1718-4139
Leonardo Arrelucea	https://orcid.org/0000-0002-4636-987X
Mirían Mejía	https://orcid.org/0000-0002-2575-4568
Miguel Andía	https://orcid.org/0000-0001-9372-6297
Frank Moya	https://orcid.org/0000-0001-6320-3006