



Bulletin de l'Institut français d'études andines

ISSN: 0303-7495

secretariat@ifea.org.pe

Institut Français d'Études Andines

Organismo Internacional

Vetter Parodi, Luisa; Petrick Casagrande, Susana; Huaypar Vásquez, Yezeña; Mac Kay Fulle, Martín
Los hornos metalúrgicos del sitio Inca de Curamba (Perú): estudio por DRX, espectroscopia
Mössbauer y datación por métodos de luminiscencia
Bulletin de l'Institut français d'études andines, vol. 37, núm. 3, 2008, pp. 451-476
Institut Français d'Études Andines
Lima, Organismo Internacional

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12613739003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Los hornos metalúrgicos del sitio Inca de Curamba (Perú): estudio por DRX, espectroscopia Mössbauer y datación por métodos de luminiscencia*

*Luisa Vetter Parodi***

*Susana Petrick Casagrande****

*Yezeña Huaypar Vásquez*****

*Martín Mac Kay Fulle******

Resumen

Los cronistas desde el siglo XVI y los viajeros del siglo XIX e inicios del siglo XX, identificaron al sitio inca de Curamba, departamento de Apurímac, sierra sur del Perú, como un centro metalúrgico relacionado al procesamiento de plata. En este artículo se trata de estimar la temperatura que alcanzaron estos hornos y saber si fueron usados solamente en tiempos prehispánicos. Con este fin se aplicaron diferentes técnicas a muestras consistentes en terrones extraídos de las paredes interiores de cuatro hornos. La composición mineralógica de las muestras se determinó mediante difracción de rayos X. Asimismo, aplicando espectroscopia Mössbauer se realizaron estudios térmicos de recalcinación bajo una atmósfera oxidante para determinar la máxima temperatura de calentamiento a la cual fue sometido el material. Finalmente, para fechar el último uso de los hornos, se aplicaron técnicas de luminiscencia para determinar la posibilidad de la continuidad de su uso en época colonial temprana.

Palabras clave: hornos, metalurgia, inca, termoluminiscencia, luminiscencia ópticamente estimulada, espectroscopia Mössbauer, difracción de rayos X, plata

* Este trabajo ha sido presentado en el 52º Congreso Internacional de Americanistas en Sevilla, España, en julio del 2006, en la Mesa de Arqueometría en Latinoamérica.

** Pontificia Universidad Católica del Perú. E-mail: luchivetter@hotmail.com

*** Universidad Nacional de Ingeniería. E-mail: spetrick@uni.edu.pe

**** Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E-mail: yhuaypar@yahoo.es

***** Pontificia Universidad Católica del Perú. E-mail: martinmackayfulle10@hotmail.com

Fours métallurgiques du site inca de Curamba (Pérou) : étude par DRX, spectroscopie Mössbauer et datation par la méthode de luminescence

Résumé

Les chroniqueurs, dès le XVI^e siècle, et les voyageurs du XIX^e et du début du XX^e siècle ont identifié le site inca de Curamba, dans le département de l'Apurímac (Andes méridionales péruviennes), comme un centre métallurgique où l'on traitait l'argent. Cet article a pour objet d'estimer la température qui a pu être atteinte dans ces fours et de savoir s'ils ont été utilisés uniquement pendant la période préhispanique. À cette fin ont été étudiés, en appliquant différentes techniques, des échantillons provenant des parois intérieures de quatre fours. Par diffraction des rayons X la composition minéralogique des échantillons a été déterminée. Par spectroscopie Mössbauer ont été réalisées des études thermiques de récalcination en atmosphère oxydante afin de déterminer la température de chauffe maximale subie par le matériel. Finalement, des techniques de luminescence ont été utilisées pour dater la dernière utilisation des fours et, notamment, au début de la période coloniale.

Mots clés : *fours, métallurgie, inca, thermoluminescence, luminescence optimalement stimulée, spectroscopie Mössbauer, diffraction des rayons X, argent*

Metallurgical furnaces from the Inka site of Curamba (Peru): an study using X-Ray Diffraction, Mössbauer spectroscopy and dating by luminiscence methods

Abstract

The Inka site of Curamba is located at Apurímac, in the southern sierra of Peru. Chroniclers from 16th century and voyagers from 19th and early XXth centuries have identified it as a metallurgical center where silver was processed. This paper tries to define the highest temperature reached by these furnaces and if they were in use only during prehispanic times. In this work we report the results obtained from the study of clay pellets, extracted from the inside walls of four of these furnaces. Mineralogical composition of the samples was established by X-ray diffraction. Mössbauer Spectroscopy was used to perform thermal recalcination analysis under an oxidizing atmosphere to determine the maximum increase in temperature to which material was subjected. Finally, luminescence techniques were applied to date the last use of the furnaces, and to determine if they were used also in Early Colonial times.

Key words: *furnaces, metallurgy, Inka, termoluminescence, optimum stimulated luminescence, Mössbauer Spectroscopy, X-ray diffraction, silver*

INTRODUCCIÓN

Los estudios arqueológicos a sitios relacionados con actividades metalúrgicas para la zona andina han sido muy escasos. Así, para la costa norte del Perú podemos contar con las investigaciones realizadas por el Proyecto Arqueológico Sicán dirigido por Izumi Shimada en el sitio de Cerro de los Cementerios en Lambayeque, lugar donde fueron excavados

una serie de hornos de fundición de minerales de cobre y arsénico de la cultura Sicán (750-1375 d. C.) y Chimú (1000-1460 d. C.) (Shimada & Merkel, 1991). Para la zona del altiplano boliviano se encuentran los estudios del Proyecto Arqueológico Porco-Potosí dirigido por Van Buren, donde han encontrado evidencia de guayras incas para fundir minerales de plomo, plata y cobre; además se han realizado estudios etnográficos del proceso de fundición en dichas estructuras (Van Buren & Mills, 2005). Otra investigación de este tipo la tenemos en el noroeste argentino, en el sitio de Quillay, en la provincia de Catamarca, donde fue hallado un centro metalúrgico inca con 14 hornos usados para la fundición de minerales de cobre y estaño (Raffino *et al.*, 1996). Por último, podemos mencionar los trabajos en el norte de Chile, en la región de Atacama, en el valle del Copiapó, donde se han encontrado 26 hornos de fundición de minerales de cobre de la cultura Diaguita (900-1500 d. C.) durante la ocupación inca (Niemeyer *et al.*, 1983).

Estos estudios, en su mayoría para la época incaica, han ayudado a entender mejor el proceso metalúrgico que se dio en los Andes antes de la llegada de los europeos a América. No solo se han realizado excavaciones arqueológicas en los centros metalúrgicos donde se han identificado minerales, escoria, toberas y algunos otros elementos relacionados con dicha actividad, sino también se han elaborado análisis arqueométricos de los restos hallados para lograr un mejor entendimiento del proceso que se llevó a cabo en cada uno de los sitios arriba mencionados. Es en este contexto que decidimos estudiar los hornos del sitio inca de Curamba para contribuir con datos históricos, arqueológicos y arqueométricos al escaso registro arqueológico que se tiene sobre centros de fundición prehispánicos en el área andina.

1. EL SITIO DE CURAMBA

1. 1. Ubicación

Curamba es un sitio con ocupación inca localizado en el departamento de Apurímac, sierra sur del Perú, a 3 646 msnm. Se llega a este sitio desde Andahuaylas, capital departamental, por la carretera que va hacia Abancay y Cusco, o viniendo de Abancay por la carretera troncal que va a Huancarama y Pacobamba. Se encuentra a 68 km de la ciudad de Andahuaylas, en el distrito de Kishuará, a 10 km de Matapuquio y a 28 km de Abancay. La localización por GPS es 18L 0701832 E – 8493222 N (fig. 1).

Curamba se encuentra enclavado en una meseta en las alturas de la margen izquierda del río Pachachaca, afluente del Apurímac. Con una orientación noroeste-sureste, está estratégicamente ubicado y expuesto a fuertes vientos (fig. 2). La ubicación de Curamba además concuerda según «El Inventario de Minas Inactivas del Departamento de Apurímac» (Ministerio de Energía y Minas, Proyecto Prodes, 1998) con su estratégica posición dentro de una antigua zona de extracción minera básicamente de cobre y oro. Las minas inactivas más cercanas a nuestra área de investigación son las de oro de Cavira, Totorajocha y Layampata y la de cobre de Sojllagasa.

1. 2. Las descripciones y los estudios del sitio de Curamba

Curamba se encuentra en el antiguo camino prehispánico que va desde Tumbes hasta Cusco. Fue descrito por cronistas y viajeros desde el siglo XVI hasta inicios del siglo XX y tiene como elementos característicos una estructura piramidal incaica y un conjunto

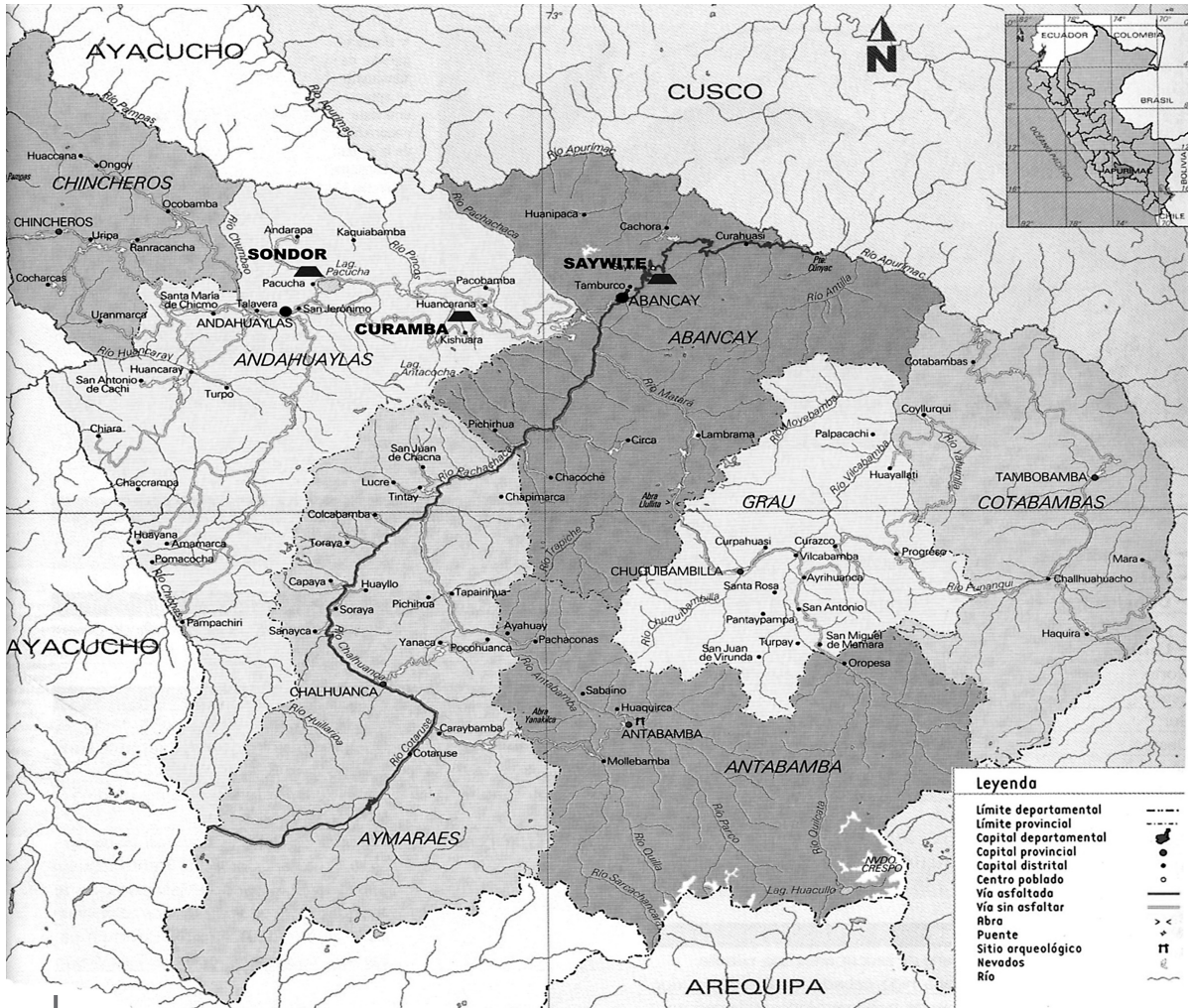


Figura 1 – Plano de ubicación del sitio de Curamba
(Peñaherrera, 2004)

de posibles hornos metalúrgicos asociados (fig. 3). Respecto de la estructura piramidal, muchos investigadores la denominan *Ushnu*, como consta en los informes disponibles en el INC-Cusco, pero Zuidema (1989) indica que es un error asumir que todas las estructuras de tales características sean *Ushnu*. En el caso de Curamba, preferimos no adelantar comentarios, ya que dicha estructura no ha sido parte de nuestra investigación y por lo tanto no tenemos datos suficientes para inferir su uso, pero lo que sí podemos indicar es que definitivamente es una estructura importante dentro de la arquitectura incaica.

En cuanto al siglo XVI, podemos mencionar que Francisco Pizarro en su marcha hacia el Cusco pasó por Curamba. De hecho en 1534 Pedro Sancho de la Hoz relata que viniendo de «Bilcas» (Vilcashuamán) pasaron los españoles por Andahuaylas y llegaron al pueblo de «Airabamba» (Curamba) (Sancho de la Hoz, 1968 [1534]: 303-304).

Vaca de Castro en sus *Ordenanzas de Tambos* señala que en el camino real, viniendo de Vilcashuamán hacia el Cusco se encuentra el «Tambo» de «Vramarca», el «Pueblo» y «Tambo Andaguaylas», luego el «Pueblo» de «Curamba» o «Curimba» servido por indios de «los Pueblos Curamba Guaguayacongo o Guayllabamba y Pongo y los Mitimaes Quichuas que estan allí cerca de Curamba con todos los otros Poblezueros o Ingas del repartimiento de Alonso Dalba que es agora de Plaza» (Vaca de Castro, 1908 [1543]: 444).



Figura 3 – Vista de la estructura piramidal desde la colina donde se ubican los hornos



Figura 2 – Vista de la colina donde se encuentran los hornos

Pedro Cieza de León en la segunda parte de su *Crónica del Perú* también menciona Curamba en el marco de la conquista de esta zona por los chancas y de la guerra que tuvieron con los incas. Cuando los chancas decidieron enfrentar a los incas:

«Salió Hastu Guaraca y un hermano suyo muy valiente, llamado Oma Guaraca, y partieron de su provincia con muy gran soberbia camino del Cuzco, y anduvieron hasta llegar a Curanba, donde asentaron su real y hizieron gran daño en los naturales de la comarca. Mas como en aquellos tiempos muchos de los pueblos estuviesen en los altos y collados de las sierras, con grandes cercas, que llaman «pucaraes», no se podía hazer muchas muertes ni querían cativos ni más que robar los canpos. Y salieron de Curanba y fueron al aposento de Cochacaxa y al río de Abancay destruyendo todo lo que hallavan... » (Cieza de León, 1996 [1550]: 130).

Cieza de León vuelve a mencionar *Curanba* (Curamba) y *Cochacaxa* en el marco de su relación de la Guerra de las Salinas. Relata cómo Alonzo de Alvarado en 1537 había asentado su real en los altos cerros en *Cochacaxa*, cómo *Almagro lo enfrentó y lo tomó prisionero y mandó quemar a estos aposentos*.

Pedro Pizarro trata en su *Relación del Descubrimiento y Conquista de los Reinos del Perú* en 1571, unos casi cuarenta años después de Pedro Sancho de la Hoz, de lo que aconteció cuando los españoles acompañaban a Pizarro en el camino hacia Cusco «y de unos tablones de plata que hallamos bajando de Curamba, en un llano donde estaua un pueblo de mamaconas», que debía ser el de Abancay. Y sigue contando que:

«Llegados pues a este llano (donde estaba este pueblo de mamaconas), que estaua desierto por auerse huydo toda la gente dél, en un llano que allí se haze delante de las casas, el Marqués paró a comer, y a mí me mandó entrase en aquellas casas, a uer si auía (algo) qué comer. Pues andando (yo) buscando maíz (otras cosas para comer), acaso entré en un buhío donde hallé estos tablones de plata que tengo dicho, que eran hasta diez (y); de largo tenían ueinte pies, y de anchor de uno, y de grosor (gordor) de tres dedos. Di notiçia dello al Marqués, y él y todos los demás que allí (con él) estauan entraron a uerlos (vello). Estos tablones dixeron yndios que los lleuauan a Truxillo para hazer (allí) una casa para su ydolo, que se llamaua Achimo. La portada desto se halló después, que balió nouenta mill castellanos» (Pizarro, 1978 [1571]: 80-81).

Es de notar que el Inca Garcilaso de la Vega menciona en el marco de la conquista inca de los chancas a *Cochacassa* donde Inca Roca mandó hacer un gran depósito y a *Curampa*, desde el cual pasaron a *Antahuaila* (1985: 150).

Saltando al siglo XIX, Gibbon —en su informe de misión de 1824— visita Curamba considerándolo como una fortaleza (Gibbon, parte II, cap. II: 33, in: Wiener, 1993 [1880]: nota p. 313). Asimismo, pasa por Curamba y describe el sitio Castelnau (1851).

Antonio Raimondi en su *Historia de la Geografía del Perú* compila datos sobre Curamba a partir de los textos de Cieza de León y Herrera (Raimondi, 1876, II: 62-64).

Algunos años más tarde, Charles Wiener pasó por Curamba y escribe en su relato de viajes sobre Perú y Bolivia que:

«... Luego de una larga y penosa subida, a la meseta de Curamba, donde se hallan en buen estado de conservación un terraplén de dos terrazas y una gran cantidad de casas y de fortificaciones. Cuando se llega al altiplano de Curamba se está en una plataforma nivelada con gran cuidado. A los dos lados está bordeada por construcciones de piedra que forman por el norte y por el este muros de fortificación. A lo largo de esos muros, al norte, se ven casas, y al sur de la plataforma se levanta, sobre una primera grada, un terraplén de dos terrazas. Una amplia rampa, que quizás sostenía una escalera, conduce a la terraza superior, en la que los sacerdotes españoles construyeron un pequeño santuario, miserable edificación que contrasta singularmente con la poderosa estructura antigua que le sirve de pedestal. Por esos dos lados, y por el lado sur, dominado por un fortín, la montaña cae en abrupta pendiente a hondos valles que los señores indios dominaban desde ese punto estratégico. El lado oeste está dominado a su vez por un pico poderoso que se eleva derecho a varios centenares de metros más arriba de la meseta. Al fondo de cavernas cavadas en el flanco de la montaña duermen los autores de las construcciones de Curamba» (Wiener, 1993 [1880]: 296).

En una nota, Wiener agrega:

«Se me han señalado muchos hornos de fundición antiguos en las pendientes que, al oeste, dominan el altiplano. Los he indicado en la carta que levanté del sitio. Sin embargo, y digan lo que digan los arqueólogos del Perú, puedo asegurar que se trata de vestigios de trabajos europeos. Los mineros españoles, quizás incluso portugueses, llegados a esos parajes, al remontar en busca de oro el río Amazonas y sus afluentes, debieron explotar estas minas hasta mediados del siglo XVIII» (Wiener, 1993 [1880]: 313-314).

No hemos encontrado las referencias a los arqueólogos del Perú y la entrada a esta zona por el Amazonas en busca de oro nos parece poco probable. En cuanto al plano que ofrece sobre la ubicación de los hornos, ha sido criticado por Teodorico Olaechea en base a las observaciones de otros estudiosos como «Castelnau, Raimondi y Middendorf y por las informaciones de los Sres. Valdizán, Trellez y Samané» (Olaechea, 1901: 4) (fig. 4).

En 1888, el ingeniero Valdizán visitó Curamba y en base a su descripción del sitio Teodorico Olaechea redacta, en 1901, sus *Apuntes sobre el Castillo y Fundición de Curamba*. Opina que Curamba fue construido para «servir de baluarte contra las invasiones tan frecuentes en los primeros tiempos del Imperio peruano» (Olaechea, 1901: 5); pero que,

«no debió de ser este, sin embargo, el único fin á que se destinó aquel soberbio monumento, á juzgar por los numerosos hornos que se observa[n] en los andenes, en los que se ha encontrado restos de minerales y de combustible, lo que indicaría que otro de los objetos fué el tratamiento de los minerales y, á nuestro juicio, dicho lugar, elegido de preferencia por los indios sin duda por sus excepcionales condiciones, era uno de los centros donde se efectuaba en más vasta escala el beneficio de plata» (Olaechea, 1901: 6).

Es en base a esta publicación que el geólogo Georg Petersen en su estudio sobre *Minería y Metalurgia en el Antiguo Perú* no duda en considerar este sitio como un centro de producción de plata (Petersen, 1970; 1998).

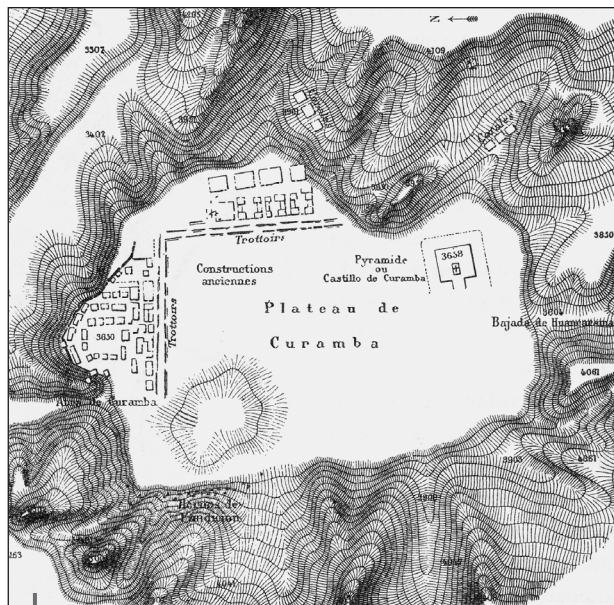


Figura 4 – Plano de Curamba elaborado por Wiener (1993 [1880])

Hay que señalar que en 1912 José de la Riva-Agüero y Osma viniendo del Cusco pasa por «Cochacasa», el pueblo de «Huancarama» y llega a «Curampa». En sus *Paisajes Peruanos* escribe que Huancarama, situada entre Abancay y Curampa, debía ser el pueblo de Mamaconas donde Pedro Pizarro había encontrado las tablas de plata. Sabemos, gracias a la crónica de Sancho de la Hoz, que por estar a dos días de camino de Curamba, pasando un río grande, este pueblo debe haber sido Abancay. Consta que:

«Lo más notable, en las ruinas de Curampa es el monumento cuadrangulado, con escalones y terraplenes, que debió de ser altar de sacrificios. Debajo hay como una celda o cueva... Se yergue la pirámide a mano derecha de la senda, en una plazoleta

o llano pequeño que, como la azotea de un mirador, descubre buena parte de la campiña y el arroyo afluente al Pachachaca... En los cerros de la izquierda hay huecos que servían de tumbas y enterramientos, y de los que han sacado muchas momias. Próxima se ve la ermita moderna; y siguiendo el camino, hay cercos de piedra o sea pircas incaicas. No falta quien sostenga que eran oficinas para el laboreo de vetas pobres, trabajadas antes de la Conquista» (De la Riva Agüero, 1995: 67).

Regal en su estudio sobre *Los caminos del Inca en el antiguo Perú y Las minas incaicas*, hace mención del sitio de Curamba donde describe las ruinas en base a las observaciones de algunos cronistas, así como de Raimondi, Wiener y otros viajeros del siglo XIX. También menciona los hornos según lo descrito por Olaechea (Regal, 1936; 1946).

En los últimos tiempos, Von Hagen visitó Curamba (in Lechtman, 1976), y Heather Lechtman realizó un estudio de las huellas de la actividad metalúrgica en este lugar (1976), las que presentaremos a lo largo de esta investigación.

Finalmente el INC inició investigaciones en los años noventa y estableció un plan de restauración y puesta en valor del lugar, sobre todo en cuanto a la estructura piramidal se refiere. Además de ello, otros investigadores como Barreto Flores (INC, 2002a; 2002b) y Huamaní (INC, 2003), en el marco del Proyecto Qhapac Ñan, han realizado una serie de estudios sobre la cerámica local e Inca hallada tanto en superficie como en excavaciones, en donde los aríbalos son el tipo característico a destacar. También se hallaron una gran cantidad de artefactos líticos, entre los que destacan instrumentos de obsidiana y batanes con sus respectivas manos de moler, estos últimos son clásicos en contextos de áreas de trabajo en metal (fundición y orfebrería).

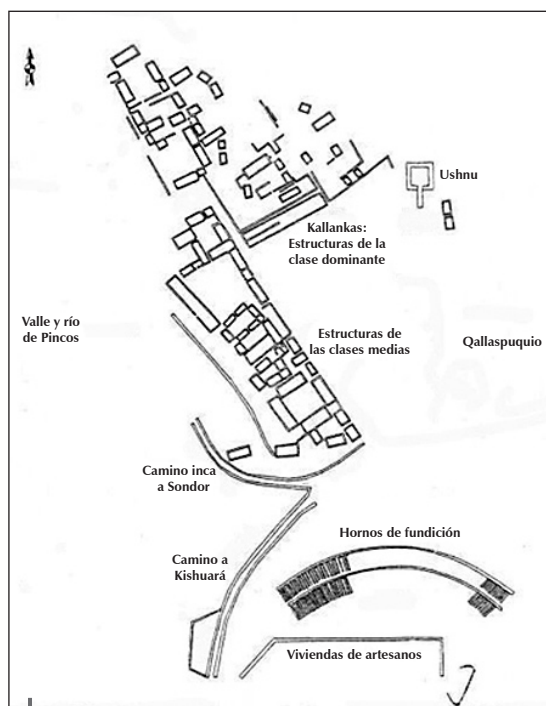


Figura 5 – Plano de Curamba elaborado por el Proyecto Qhapac Ñan

Gracias al esfuerzo por parte del INC Cusco-Abancay (Instituto de Investigaciones Arqueológicas Marcavalle-Cusco, 1998), hoy podemos observar restaurada la estructura piramidal de Curamba. Además de esta estructura, el sitio comprende otro tipo de edificaciones tales como recintos ortogonales, plazas, y según los reportes del Proyecto Qhapac Ñan hay evidencias de kallankas, canales y estructuras habitacionales de diversos tipos (por ende se concluye de diversos status). Una de estas estructuras habitacionales se encuentra en la cumbre de la colina donde se hallan los hornos, haciendo suponer que podrían haber pertenecido a las personas dedicadas a la actividad metalúrgica (fig. 5). Se suma a ello diversos ramales de caminos empedrados y con muros laterales que conectarían el sitio de Curamba con lugares importantes de la zona tales como Sondor y Carhuacahua en el entorno más próximo, y rutas hacia Vilcabamba y el propio Cusco en un contexto mayor. Según Del Mar (2006), Curamba fue en época inca un centro de control administrativo intermedio. Este centro, ubicado entre Cusco y Ayacucho, fue ocupado por los incas luego de expulsar a

los chancas de la zona, logrando así el control territorial de explotación minera y agrícola a lo largo del camino del Chinchaysuyo, lo que sustentó el dominio político, económico, social y religioso del Estado inca en dicho territorio.

1. 3. Los hornos metalúrgicos

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los sectores importantes de Curamba es el conjunto de centenares de huayras u hornos metalúrgicos existentes en las laderas al sur y suroeste de la estructura piramidal, en una colina.

Olaechea proporciona una descripción detallada del sitio. En cuanto a las terrazas donde se ubican los hornos menciona:

«Todo el morro está circundado por andenes en número de tres ó cuatro que tienen, por término medio 5,00 m de ancho por 1,60 m de alto; y mientras que una parte del ancho está excavada en el macizo mismo, la restante, menor, se ha formado con relleno sostenido por muros bien contruidos de piedra caliza; en los andenes existen numerosos hornos de fundición» (Olaechea, 1901: 3) (fig. 6).

La extensión de los hornos se daba hasta casi 5 km de Curamba, en las laderas vecinas, terminando cerca de las minas de gentiles que fueron descubiertas (o ¿redescubiertas?) en 1873.

Según las investigaciones de Lechtman (1976), estas terrazas empiezan en la cara norte de la colina y continúan alrededor hasta el oeste, flanqueando todo el lado oeste y suroeste de la colina. Se ubicaron tres terrazas, encontrándose en todas evidencias de restos de instalaciones enrojecidos por el fuego. Además parece que existen rasgos similares más allá de la plaza principal en unas pequeñas terrazas al este. Las terrazas fueron cortadas dentro de las laderas, pero reconstruidas y rellenadas luego con arcilla densa y compacta, la cual no es del lugar según los lugareños. Al parecer fue puesta allí por sus propiedades térmicas.

Según los dibujos que presenta Olaechea (1901) en su estudio, el número de cámaras o baterías de hornos eran más de cuarenta, siendo dispuesto en grupos de tres. El horno del medio era de forma rectangular, largo y estrecho, aproximadamente de 1 x 0,7 x 0,3 m; los otros dos eran de tamaño similar pero terminaban en un espacio oval, con forma de domo, abierto en la cima, dando a todo la forma de una cerradura vista de planta. Un extremo de esta estructura terminaba en la cara vertical de la terraza en donde podía entrar aire a la estructura. El dibujo indica que ambos tipos de estructuras se encuentran totalmente debajo de la superficie de la terraza en la cual se ubican (figs. 7 y 8).

Estos hornos, según nuestras observaciones en el lugar, fueron contruidos con piedra caliza desbastada y mortero de barro (fig. 9, a y b). La boca de los hornos se encuentra orientada hacia



Figura 6 – Vista de la terraza donde se ubican los hornos

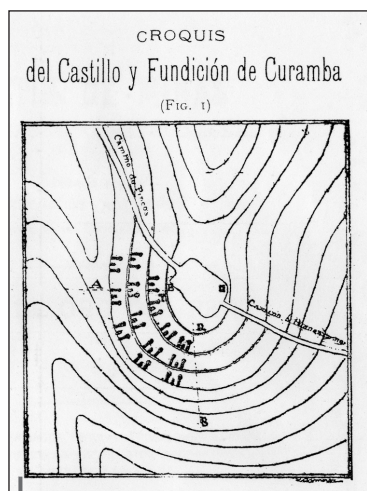


Figura 7 – Plano de Curamba elaborado por Olaechea (1901)

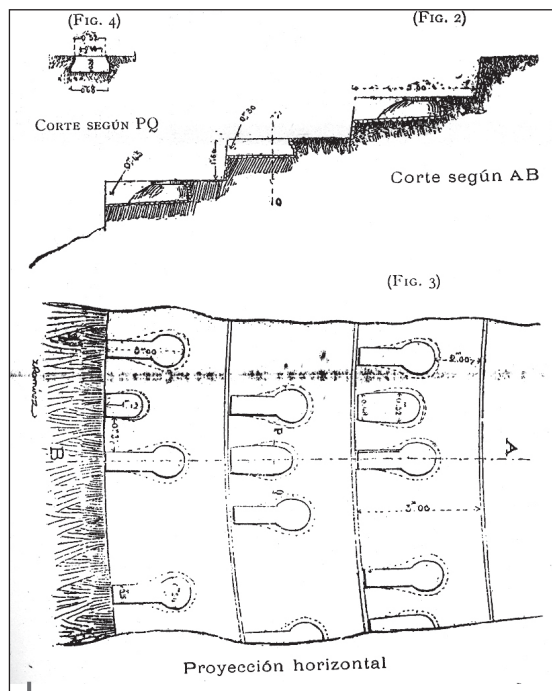


Figura 8 – Croquis de la ubicación de los hornos elaborado por Olaechea (1901)

el norte, noroeste y noreste. La forma difiere de los hornos de huayra inca para fundir minerales de plata y de los hornos de Sicán (costa norte del Perú, 900 d. C.) usados para fundir minerales de cobre y arsénico, ya que las huayras eran transportables y colocadas sobre la superficie, y los de Sicán eran de arcilla refractaria y de forma de pera. Los hornos de la época inca estudiados por Niemeyer en el norte de Chile difieren en forma con los de Curamba, ya que los cimientos son circulares o elípticos de 2 a 3 m de diámetro y 10 cm de altura, formados por emplastados de piedra o adobe que sobresalen de la superficie (Niemeyer *et al.*, 1983). Mientras que los hornos estudiados por Raffino, según la reconstrucción hipotética de los mismos, tienen una altura de 220 cm y la base un diámetro de 1 m aprox. Las paredes son de adobe de 10 cm de espesor y se van cerrando hacia la parte superior. Según el investigador, es probable que en el tercio superior de los hornos hubiera orificios para introducir sopladores para avivar la combustión (Raffino *et al.*, 1996). En el caso de los estudios de Van Buren & Mills (2005), los hornos son las típicas guayras incas descritas por los cronistas.

Existe otro tipo de horno de la cultura Sicán (Shimada *et al.*, 2003b; Shimada & Wagner,

2007; Shimada *et al.*, 2007), estudiado por el Proyecto Arqueológico Sicán en Huaca Sialupe en Lambayeque, costa norte, que se asemeja a las huayras incas y fue usado para la orfebrería (recalentamiento de las piezas para el proceso de laminado). Estos hornos tienen una forma básicamente cilíndrica y una apertura en la cima (que funciona como una chimenea), y aprovechan el viento natural que es dirigido por medio de un conducto o muretes hacia la apertura en la base de los hornos. Aunque las huayras incas tienen además orificios laterales que facilitan la entrada del aire, se podría decir que el principio

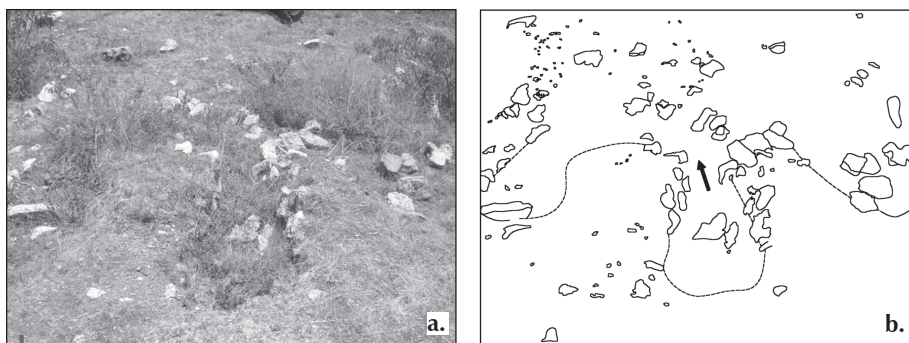


Figura 9 – (a) Batería o cámara de tres hornos, y (b) Dibujo de la forma original, inferida de los hornos de la fig. 9a

Se ha señalado con una flecha el lugar de la toma de muestra de los mismos

de funcionamiento es básicamente el mismo. Para el caso moche, Chapdelaine (2003) menciona un horno encontrado en el conjunto arquitectónico 7 de Huacas de Moche en La Libertad, costa norte, pero según el investigador aún no está del todo demostrada su función para uso metalúrgico.

En la colina donde se ubican los hornos de Curamba corre un viento sumamente fuerte, lo que indica que la construcción de estas estructuras fue realizada en esa ubicación para aprovechar las condiciones del viento para avivar el fuego, al igual que en el caso de los otros hornos. Agregaremos, que según los pobladores de la zona, lo que denominaríamos la temporada de vientos ocurre durante la estación seca (mayo-octubre) y en mayor incidencia en las horas de la tarde.

Siguiendo con la descripción de los hornos y su ubicación, Olaechea manifiesta que:

«La situación de los hornos de Curamba en lugares altos donde el viento sopla con fuerza y de un modo constante, manifiesta que en su funcionamiento se aprovechaba, tan sólo, de las corrientes naturales de aire y la simétrica disposición de ellos en series de tres en tres, en cada una de las cuales el central es menor y más ancho que los otros, para provocar así el acceso de mayor cantidad de aire, hace presumir que la primera y segunda fundición del mineral argentífero, se efectuaba en los hornos extremos y que una tercera, conducente á la afinación de la plata, se realizaba en el central» (Olaechea, 1901: 14).

Los últimos trabajos del «Proyecto de Levantamiento de Información del Sistema Vial Inka Proyecto Qhapac Ñan» han descrito el sector de los hornos (Sector III) de la siguiente manera:

«En tercer el sector están los hornos de fundición, área muy importante conformado de tres terraplenes adaptados a la topografía del terreno, lugar por donde el aire corre frecuentemente, se observan gran cantidad de hornos de fundición, tienen la forma de anillos de 1.20 m de largo por 70 cm de ancho, el grosor de la pared es de 20 cm. Al centro de estos hornos se pueden observar parte de los desechos de los minerales mezcladas con la arcilla probablemente proveniente del enlucido de las paredes; los hornos al parecer están dispuestos de manera ordenada, pero por el mal estado en que se encuentra no se ha podido determinar el número exacto» (INC, 1999: 3).

En las excavaciones realizadas por Del Mar en el Sector III se ubicaron, asociados a cinco hornos de la unidad de excavación CC-I localizada hacia el oeste de la colina, «un trozo de cobre que muestra un color rojo oscuro con una patina de color verde. El otro metal corresponde a estaño que muestra una patina de color blanco mezclado con ceniza y pedazos de carbón de arbustos pequeños. Así mismo se han recuperado dos fragmentos de tubos de cerámica que muestran en su parte central un orificio para soplar... Todo este material cultural se encontraba asociado a maíz carbonizado» (Del Mar, 2006: 309).

Siguiendo con los trabajos de Del Mar en el Sector III, pero en la unidad de excavación EC-I, se encontró asociado a tres hornos material que corresponde a «un trozo de metal de cobre, a un fragmento posiblemente de crisol de cerámica de forma cónica... Otro hallazgo importante es un pequeño disco cuyo diámetro tiene 50 mm... Todo este material se encontraba mezclado con ceniza y maíz carbonizado, sin presencia de fragmentos de cerámica» (Del Mar, 2006: 310).

Según las evidencias encontradas por una de las autoras (Vetter) en el sitio y los dibujos que presenta Olaechea (1901) en su trabajo, los hornos ubicados en la colina y presentados en la figura 9a, difieren en forma y número de los hornos que presenta Del Mar en la figura 7 de su estudio (2006: 309). Las estructuras presentadas por Del Mar resultan ser muy abiertas y grandes para ser usadas como hornos metalúrgicos, ya que no sería posible mantener las temperaturas adecuadas para fundir minerales.

1. 4. Los minerales

Sería interesante considerar por qué Olaechea piensa que Curamba era un centro de beneficio de plata, siguiendo Petersen con la misma interpretación. Es que en 1868 al Dr. Quino,

«dedicado á la confesión de sus feligreses, se le avisó que un indio que esperaba hacía muchas horas deseaba hablarle y considerando el caso urgente, ordenó su entrada al templo. Al ser recibido, después de mostrar al Dr. Quino una pesada barra de plata que traía en el *quipe* (atado) preguntó si sería pecado disponer de ese objeto tomado de un montón existente en Curamba, á lo que el interpelado respondió, que aquello no constituía culpa y que lo esperara unos pocos minutos para hablar detenidamente del asunto; pero el indio habiendo disipado sus escrúpulos de conciencia, desapareció sin que el buen Párroco, a pesar de las numerosas investigaciones llevadas á cabo con tenacidad ejemplar, de pueblo en pueblo, hubiera vuelto á encontrar á nuestro individuo» (Olaechea, 1901: 7).

Esto sería entonces el origen de la creencia en la misteriosa riqueza de plata de Curamba. Valdizán unos años más tarde, reportó la existencia en los términos del sitio de

«minas de gentiles, descubiertas en 1873, consistentes en siete piques, cuya existencia fué revelada por cierto aborígen á uno de los caballeros iniciadores de la Sociedad que se proponía explorar aquellas minas y extraer los tesoros, que se aseguraba haber enterrado en el mismo lugar, apoyándose en la célebre aventura ocurrida al Dr. Quino... pero todo el trabajo se redujo á quitar las tapas de piedra, perfectamente ejecutadas, poniendo á descubierto los piques que debían limpiarse, para encontrar las bocas de las galerías, y quedó así, sin confirmarse la aseveración del declarante, de que en los planes de los citados pozos debía hallarse, además de gran cantidad de mineral, multitud de barras de plata» (Olaechea, 1901: 6-7).

Es preciso notar que en la conclusión de su artículo Olaechea escribe:

«... que un estudio minucioso de Curamba completado mediante el análisis del mineral y del combustible existentes en sus hornos, como así mismo, de las escorias y de la plata que, sin duda, deben encontrarse en ellos, suministraría luz suficiente para aquilatar los resultados obtenidos en aquella colosal é inusitada Oficina y, por consiguiente, para poder apreciar hasta donde llegaron los antiguos peruanos en el arte de beneficiar los minerales de plata» (Olaechea, 1901: 20).

Por lo tanto, admite en forma implícita que no existen evidencias de beneficio de plata en los hornos de Curamba. Es claro también que los tablones de plata encontrados por Pedro Pizarro no provenían de Curamba, sino que estaban en Abancay en tránsito hacia otro sitio.

Según el trabajo de Del Mar en la zona, se han identificado muchas minas prehispánicas de extracción mineral en las alturas del distrito de Kishuará, el autor menciona a: Q'ajanco, Pampawasi, Pukaorqo, Wallaqasa, Qoriquocha, Ausampara, Ccoripaccha, Santa Carmela y Llaptabamba. En ellas se han localizado pequeños socavones con barretas y martillos de roca dura junto con cerámica de estilo inka muy erosionada. También se ha identificado dos talleres de molienda (¿pallaqueo?) en los sitios de Ccajancco y Pukapuka, próximos a las minas, donde se ubicaron martillos, yunques y batanes de piedra, estos últimos asociados a «minerales que corresponden a una brecha de oxidación y la otra a una roca de cuarzo aurífero» (2006: 306-307).

1. 5. El combustible

El combustible usado en estos hornos fue el carbón vegetal, aunque se ha encontrado maíz calcinado en el interior de alguno de ellos como lo manifiestan Olaechea (1901) y Lechtman (1976), quien excavó pozos de cateo en la zona de las terrazas en 1974 encontrando una mazorca completamente carbonizada con todos sus granos incluidos. Ambos investigadores concuerdan en que el uso del maíz como combustible no es extraño, ya que proporcionaría un fuego lo suficientemente fuerte para propósitos de tostar o para el calentamiento inicial de un horno o similar antes de introducir un combustible que fuese más lento y de mayor duración. Lechtman también propone el uso de queña (*Polylepis incana*) como combustible, cuyo árbol crece en las terrazas donde se encuentran los hornos; además estas terrazas son llamadas Qeñachayoq por los residentes de Ccallaspuquio, lo que significa el lugar donde el queña crece. En base a nuestras observaciones, las terrazas estaban cubiertas de ichu, el cual ha sido usado también como combustible para distintos tipos de hornos. Se podría pensar que además fue utilizado carbón de los árboles de los bosques secos y de la selva alta que crecen más abajo en las cercanías. Del Mar (2006) encontró asociado a los hornos maíz carbonizado y carbón vegetal. Van Buren & Mills (2005), por su parte, indican en su estudio sobre las *Huayrachinas* y los *Tocochimbos* que en algunos casos en los Andes del sur hay evidencia del uso de la queña como combustible, pero que el churqui (*Prosopis ferox*) lograba mayor temperatura.

Estos hornos debieron de dar en la noche un panorama hermoso donde las luces producidas por el fuego iluminaban todo el cielo. Patrón (in Olaechea, 1901) realizó un estudio sobre la etimología de la palabra Curamba. Según este estudioso, Curamba es corrupción de Kurampa, y se descompone en *kur-am-pa*, donde *kur* es montaña; *am* de *an* es estrella y *pa* de *bar* es serie, siendo la traducción «Cerro de una serie de estrellas», pero tomando la voz *an* en sentido figurado se podría decir que el significado de Kurampa es «Cerro de una serie de luminarias ó de luces», lo cual es bastante interesante si nos remitimos a la descripción que hiciera Cieza de León con respecto a cómo se veían los cerros de Potosí en la noche con las guayras prendidas:

«Llaman a estas formas Guayras. Y de noche ay tantas dellas por todos los campos y collados que parecen luminarias. Y en tiempo que haze viento rezio, se saca plata en cantidad: quando el viento falta, por ninguna manera pueden sacar ninguna» (Cieza de León, 1996 [1553], cap. CIX: 291).

El Padre de Acosta también comenta sobre la iluminación que producían estas guayras:

«Había antiguamente en las laderas de Potosí, y por las cumbres y collados, más de seis mil guairas, que son aquellos hornillos donde se derrite el metal, puestos al modo de luminarias, que vellos arder de noche y dar lumbre tan lejos, y estar en sí hechos una ascua roja de fuego, era espectáculo agradable» (Acosta, 1979, lib. IV, cap. 9: 158).

2. ANÁLISIS ARQUEOMÉTRICO DE LOS HORNOS

La obtención de muestras fue realizada en cuatro hornos¹. Estos fueron elegidos porque se encontraban «descubiertos», es decir habían sido excavados sin seguir procedimientos arqueológicos y dejados tal cual, permitiendo que la intemperie destruya la poca evidencia

¹ Resolución Directoral Nacional n° 1358/INC.



Figura 10 – Horno de donde se obtuvo una de las muestras para realizar los análisis

que pudiera quedar en ellos (fig. 10). Se escogieron muestras adecuadas para las técnicas que se iban a aplicar, por lo que se procuraron terrones cocidos localizados al interior del horno, en el extremo opuesto a la boca, por lo menos a 10 cm debajo de la superficie. Cada muestra extraída corresponde a terrones cocidos de 50 gr aprox. c/u (fig. 11). La ubicación de donde se tomó las muestras en los hornos se puede apreciar en la figura 9b.

Sabemos que para obtener mayor información de su uso, es necesario realizar una excavación del sitio para identificar escorias, carbón, minerales y otros elementos que pudiesen estar relacionados con la actividad metalúrgica. En este caso, el trabajo que hemos realizado es preliminar en el que ponemos a prueba la utilidad de la difracción de rayos X (DRX), espectroscopia Mössbauer (EM), termoluminiscencia (TL) y luminiscencia ópticamente estimulada (OSL) para obtener la información que nos interesa: tiempo en el que fueron usados y temperatura a la que se utilizaron los hornos, contrastando los resultados de las pruebas científicas con la información arqueológica e histórica de la que disponemos. Las muestras han sido clasificadas como Curamba 1, 2, 3 y 4.

2. 1. Difracción de rayos X (DRX) y espectroscopia Mössbauer (EM)

La espectroscopia Mössbauer de Fe-57, se utiliza para la determinación de la máxima temperatura alcanzada por hornos o cerámicas antiguos; actualmente está siendo usada para estudios arqueométricos en varias partes del mundo. Este uso, que constituye una de las aplicaciones más importantes que ofrece la espectroscopia Mössbauer para la Arqueología, se basa en el hecho de que prácticamente todas las muestras que constituyen los suelos, en especial los óxidos y las arcillas, contienen Fe (hierro), usualmente en concentraciones entre 1-10 % en peso. El Fe natural consiste principalmente de Fe-56 y contiene alrededor del 2 % del isótopo Fe-57, siendo esta concentración suficiente para las medidas de Mössbauer (Gibss, 1976; Wagner *et al.*, 2000; Shimada *et al.*, 2003a).

La importancia de esta técnica radica en la información obtenida a través de las interacciones hiperfinas entre el núcleo Mössbauer (Fe-57) y su ambiente electrónico en el sólido; por ejemplo, el corrimiento isomérico (ISO), el desdoblamiento cuadrupolar (QUA) y el desdoblamiento magnético hiperfino. Estas interacciones hiperfinas proporcionan información: (i) sobre el estado químico del hierro, principalmente de su estado de



Figura 11 – Terrón (muestra) obtenido de uno de los hornos para realizar los análisis

valencia (Fe^{2+} o Fe^{3+}), (ii) sobre la simetría del entorno del átomo de hierro en razón de que la distorsión de dicho entorno influye en el gradiente del campo eléctrico en el núcleo del hierro y consecuentemente en el desdoblamiento cuadrupolar, y (iii) sobre las propiedades magnéticas de los componentes que comparten al hierro en su estructura (Wagner & Wagner, 2004).

El estado de valencia del hierro es un excelente indicador de la combinación de atmósfera y temperatura a la que se sometió el material en estudio en algún momento, que no necesariamente corresponden a las condiciones del último calentamiento.

La máxima temperatura alcanzada en los hornos (T_c) se estima observando el espectro Mössbauer luego de los procesos de recalcinación a temperaturas menores ($T < T_c$), ya que teóricamente los parámetros hiperfinos de ajuste se mantendrán sin variación apreciable hasta que en el tratamiento térmico se exceda la temperatura T_c .

Cuando $T > T_c$ se producirán transformaciones estructurales en el material, y como consecuencia de ello se observarán cambios en los parámetros hiperfinos que caracterizan a los nuevos compuestos presentes, siendo observables las variaciones en la gráfica del desdoblamiento cuadrupolar de los dobletes férricos en función de la temperatura de recalcinación (Yuanfu & Hongbo, 2003).

2. 1. 1. Procedimiento

Las muestras estudiadas en esta parte del trabajo son: Curamba 1, 2 y 4. Estas muestras presentan coloración rojiza, por lo que se presume hayan sufrido calentamiento en un medio oxidante. Los terrones calcinados formaron agregados duros, resistentes a la presión entre los dedos.

Las muestras se limpiaron en toda su superficie, eliminando la tierra seca adherida y restos orgánicos como raíces. Seguidamente se procedió a triturar las muestras en un mortero de ágata y se tamizaron por mallas de 200 mesh (< 74 micrones).

Los estudios térmicos de recalcinación de las muestras se realizaron en el rango de temperatura de 400 a 1000 °C con pasos de 100 °C, por 18 horas, bajo una atmósfera oxidante debido a la circulación de aire.

2. 1. 2. Resultados

Los resultados obtenidos por DRX de las muestras Curamba 1 y 4 (fig. 12) muestran como componentes mineralógicos mayores al cuarzo, albita, ortoclasa; y menores a la hematita, illita, y cuprita. El cuadro 1 resume las fases obtenidas para ambas muestras.

La presencia de illita sugiere que la temperatura de quemado no sobrepasó los 850 °C, ya que a temperaturas mayores dicho mineral se descompone o colapsa estructuralmente.

Los resultados obtenidos por EM para las muestras sin recalcinación, Curamba 1, 2 y 4 presentan por lo menos tres sitios de hierro. Una de las especies magnéticas tiene un campo hiperfino de aprox. 50 T, atribuible a la hematita. Otra tiene una distribución de campos hiperfinos con valor promedio de 49 T, correspondiente a otros óxidos de hierro. Se aprecia también un doblete paramagnético Fe^{3+} . Para las muestras Curamba 1 y Curamba 4 los porcentajes aproximados son: Fe^{3+} 53 % y 47 % en la parte magnética y para la muestra Curamba 2 el Fe^{3+} 31 % y 69 % en la parte magnética.

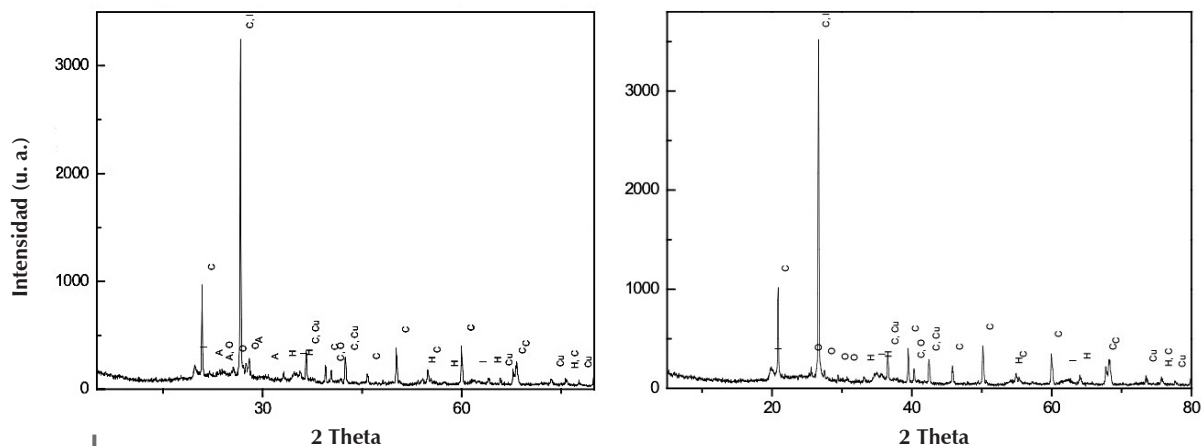


Figura 12 – Difractogramas de las muestras del horno Curamba 1 (derecha) y Curamba 4 (izquierda) sin recalcinamiento

Cuadro 1 – Fases identificadas en la muestra Curamba 1 y Curamba 4

FICHA: JCPDS-ICDD	IDENTIFICACIÓN
850796	Cuarzo bajo (C): SiO_2
790007	Hematita (H): $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$
240495	Illita (I): $\text{K}_{0.5}(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
740603	Albita (A): $(\text{Na}_{0.84}\text{Ca}_{0.16})\text{Al}_{1.16}\text{Si}_{2.84}\text{O}_8$
711540	Ortoclasa (O): KSi_3AlO_8
770199	Cuprita (Cu): Cu_2O

En la figura 13 se muestra la variación del desdoblamiento cuadrupolar, el corrimiento isomérico para el doblete férrico, así como las áreas relativas de la componente magnética y paramagnética de las muestras Curamba 1, Curamba 4 y Curamba 2 en función de la temperatura de recalcinación. Se observa en la muestra Curamba 1 y Curamba 4 una variación aleatoria del desdoblamiento cuadrupolar a partir de los 400 °C, lo que indicaría que la temperatura máxima de cocción en esta muestra no sobrepasó dicha temperatura; este comportamiento podría estar relacionado a una condición de re-hidroxilación de la muestra o que ésta haya pertenecido a una zona del horno donde la temperatura alcanzada no fue la máxima. En el gráfico, para la muestra Curamba 2 se puede apreciar un valor aproximadamente constante del desdoblamiento cuadrupolar para $T < 800$ °C (temperatura menor a 800 °C), y una disminución de dicho parámetro a partir de ésta, esto indicaría que la temperatura de cocción para la muestra del horno de Curamba 2 fue no mayor que 800 ± 50 °C; en concordancia con los resultados mineralógicos de DRX.

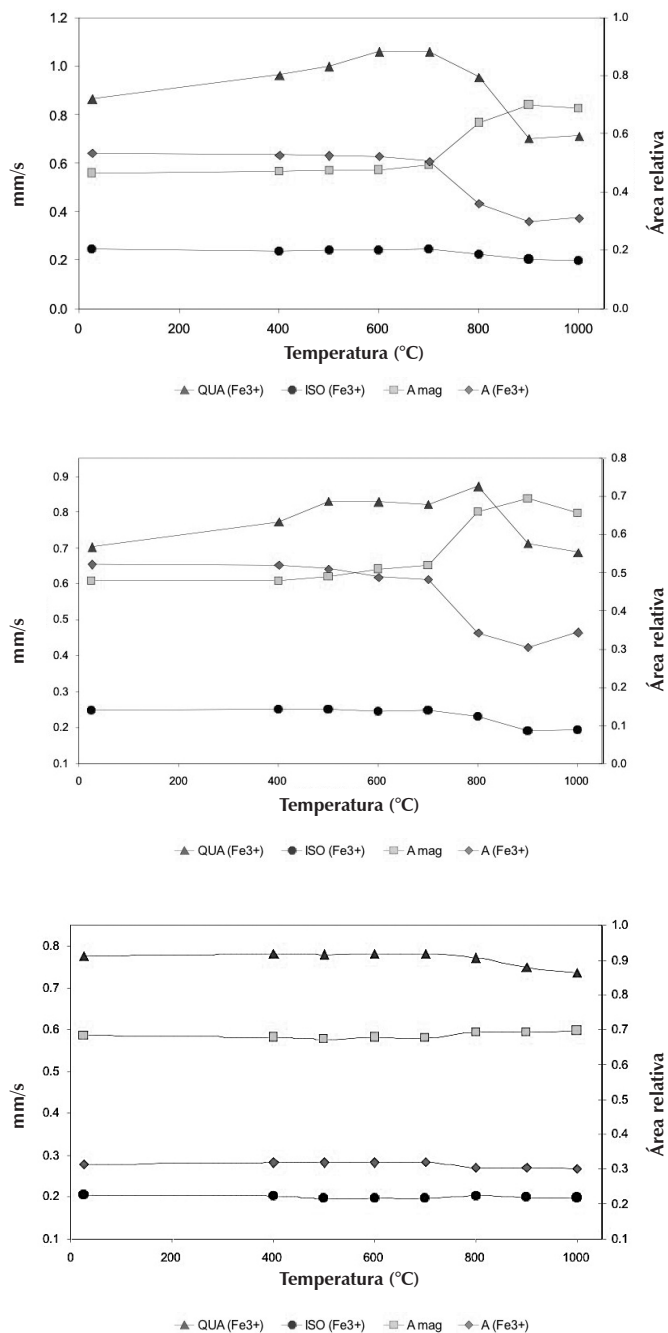


Figura 13 – Variación del desdoblamiento cuadrupolar, corrimiento isométrico del sitio Fe³⁺ y áreas relativas versus la temperatura de recalcinación para la muestra Curamba 1 (arriba), Curamba 4 (centro) y Curamba 2 (abajo)

2. 2. Datación por termoluminiscencia (TL) y luminiscencia ópticamente estimulada (OSL)

Para determinar el tiempo transcurrido desde la última vez que los hornos fueron calentados se aplicaron métodos dosimétricos (OSL y TL) a los granos de cuarzo contenido en sus paredes, tratado según los protocolos (Aitken, 1985: 264-268).

El uso de TL y OSL para datación de muestras de arcilla cocida se basa en la construcción de una señal luminiscente en los materiales cuando estos reciben y acumulan energía proveniente de radiaciones ionizantes. Si el material que se estudia es cuarzo o feldespatos, estas señales se borran durante los eventos de calentamiento a temperaturas mayores a 400 °C y sufren disminución en su intensidad o blanqueamiento parcial cuando se los expone al efecto de la luz.

El blanqueamiento parcial de las señales, al disminuir la intensidad de la señal luminiscente, produce la subestimación de la dosis radioactiva absorbida por el material durante el tiempo transcurrido desde su último calentamiento y por lo tanto la edad calculada será menor que la real, conduciendo a una interpretación arqueológica errónea. Para evitar este problema las muestras que se estudien deben haber sido calentadas inicialmente por lo menos a 500 °C y no deberían haber sido expuestas a la luz.

Las muestras **no** se recogieron de la superficie, sino por lo menos a 10 cm debajo de la misma; fueron guardadas en bolsas de plástico de color negro para preservarlas de la luz. En el laboratorio, la preparación de la muestra se realizó en cuarto oscuro con luz roja siguiendo los siguientes pasos (Aitken, 1985: 18):

- Se seleccionaron terrones compactos de 1,5 a 3,0 cm de diámetro, que presentaron resistencia al presionarlos entre los dedos, pues sabemos que las arcillas cocidas forman cuerpos duros.
- La superficie de los terrones se limpió con un cepillo suave, eliminando la tierra seca adherida, así como pequeñas raíces y restos de plantas.
- Usando una lija gruesa se retiraron 2,0 mm de la superficie de los terrones.
- El núcleo obtenido se desmenuzó con la ayuda de un mortero, sin frotar o restregar el material con el pilón.
- El polvo obtenido se pasó por mallas de 60 mesh (< 250 micrones), 100 mesh (< 149 micrones), 150 mesh (< 106 micrones) y 200 mesh (< 74 micrones), reservándose por separado las fracciones menores que 150 micrones pero mayores que 106 micrones, y menores que 106 micrones pero mayores que 74 micrones.
- Cada una de las fracciones se trató con HCl 2N por 15 minutos, se enjuagó, se remojó en HF concentrado por una hora, se enjuagó y se trató nuevamente con HCl 2N por 15 minutos.
- Las muestras enjuagadas varias veces se secaron en una estufa a 50 °C por 10 a 12 horas.
- Las muestras atacadas químicamente con HCl y HF están constituidas principalmente de granos de cuarzo de los que se ha destruido una capa superficial de por lo menos 3 µm de espesor. Es muy importante eliminar esta parte de cada grano mineral porque ese volumen ha sido sometido a irradiación con partículas alfa, cuya dosis no debe considerarse en los cálculos.

Las muestras obtenidas se colocaron en el sistema automático de medida RISØ TL/OSL DA-15, sobre bandejas de acero inoxidable, en atmósfera de nitrógeno UHP. Las señales luminiscentes naturales y artificiales, producidas por irradiación con una fuente beta de

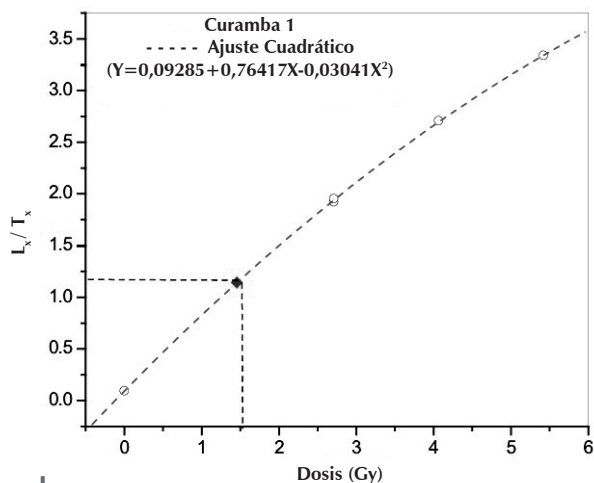


Figura 14 – Curva de crecimiento de la señal OSL con la dosis aplicada (en Gy) para determinar la dosis natural equivalente en la muestra Curamba 1. Los valores de las ordenadas (L_x/T_x) se obtienen dividiendo la intensidad de luminiscencia (L_x) entre la intensidad de la señal de prueba (T_x) generada irradiando la muestra con 1,355 Gy

correspondiente a la señal natural (rombo) interpolado en la curva cuadrática ajustada, y la buena reproducibilidad de la señal (punto doble cerca de 3 Gy).

Las alícuotas preparadas de las muestras identificadas como Curamba 1, 3 y 4, emitieron señales OSL naturales equivalentes a las obtenidas con irradiaciones regenerativas de aproximadamente 1,55 Gy y no emitieron señales de luminiscencia estimulada con IR, incluso luego de ser irradiadas artificialmente con dosis beta de hasta 5,420 Gy.

Las alícuotas preparadas de la muestra Curamba 2 produjeron señales OSL naturales equivalentes a las regeneradas por dosis acumuladas diez veces menores que el promedio obtenido para las muestras Curamba 1, 3 y 4. Además las señales de luminiscencia estimulada con IR fueron significativamente mayores (fig. 15) en esta muestra y crecientes con las dosis suministradas. Este comportamiento, diferente del observado en las muestras Curamba 1, 3 y 4, se debería a la presencia de feldespatos en las alícuotas de la muestra Curamba 2, ya que la emisión de luminiscencia estimulada con luz azul e IR es típica de estos minerales (Bøtter-Jensen, 2000: 70-111), cuyas señales luminiscentes suelen estar afectadas por el decaimiento anómalo que conduce al cálculo de una dosis natural reducida, inservible para la datación.

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ de actividad nominal de 10,7 GBq, se obtuvieron en ambas granulometrías ($< 150 \mu\text{m}$ y $< 106 \mu\text{m}$ pre tratamiento) por separado, utilizando cuatro alícuotas de cada horno. El orden de adquisición de señales fue como sigue: luminiscencia estimulada con luz infrarroja (IR) de 875 nm de longitud de onda a una potencia de 135 mW/cm², luminiscencia estimulada con luz azul de 470 nm de longitud de onda a una potencia de 40 mW/cm² y TL desde TA hasta 450 °C. Para la construcción de la curva de crecimiento las señales luminiscentes se reprodujeron aplicando irradiaciones artificiales de 20, 30 y 40 segundos con irradiaciones de control de 10 segundos. El análisis de los resultados se hizo aplicando el protocolo de alícuota simple SAR (Bøtter-Jensen, 2000: 141-156).

En la figura 14 se muestra la curva de crecimiento obtenida por regeneración de las señales OSL, obtenidas con luz azul, de la muestra Curamba 1. Se observa el punto

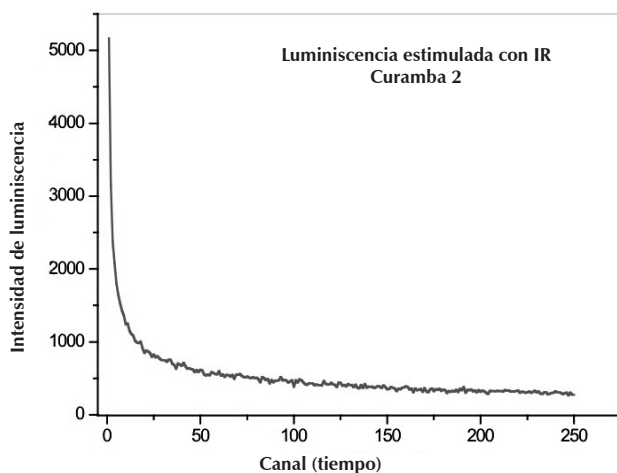


Figura 15 – Curva de decaimiento de la señal de luminiscencia estimulada con IR, en la muestra Curamba 2, luego de irradiación artificial beta equivalente a 5,42 Gy. La luminiscencia estimulada con IR revelaría la persistencia de feldespatos en la muestra, aun después del tratamiento químico

Las dosis anuales, aportadas por el medio a las muestras de cuarzo, se calcularon aplicando el método convencional de conteo alfa durante tiempos de 10 horas y cuantificación de potasio por análisis elemental (Aitken, 1985: 61-94). Las dosis anuales promedio calculadas fueron las que se muestran en el cuadro 2, donde los tiempos transcurridos desde el último calentamiento se han calculado considerando —en la dosis anual para las inclusiones de cuarzo— 90 % del aporte de radiación beta y 100 % de gama. No se ha realizado la corrección de la variación de la dosis gama para muestras que han estado enterradas a menos de 30 cm de la superficie (Aitken, 1985: 72).

Cuadro 2 – Dosis naturales equivalentes calculadas para cada horno, obsérvese que la reproducibilidad media de las señales es ligeramente superior a 1

El cálculo del tiempo se realizó aplicando la relación: $\text{Tiempo} = \text{Dosis acumulada} / \text{Dosis anual}$

Muestra	Dosis acumulada (Gy)	Error (Gy)	Reproducibilidad	Tiempo (años)	Error (años)
Curamba 1 (150 μm)	1,56	$\pm 0,15$	-	438,64	$\pm 42,18$
Curamba 1 (100 μm)	1,38	$\pm 0,02$	$1,06 \pm 0,02$	388,03	$\pm 5,62$
Curamba 2 (150 μm)	0,17	$\pm 0,07$	$1,11 \pm 0,02$	47,80	$\pm 19,68$
Curamba 2 (100 μm)	0,20	$\pm 0,05$	$1,13 \pm 0,02$	56,23	$\pm 14,06$
Curamba 3 (150 μm)	1,72	$\pm 0,13$	$1,04 \pm 0,05$	483,63	$\pm 36,55$
Curamba 3 (100 μm)	1,39	$\pm 0,05$	$1,01 \pm 0,06$	390,84	$\pm 14,06$
Curamba 4 (150 μm)	1,67	$\pm 0,05$	$0,99 \pm 0,02 \pm 0,15$	469,60	$\pm 16,00$

En el cuadro 2 se encuentran las dosis naturales equivalentes calculadas para cada horno. Las diferencias que se observan en los tiempos calculados para muestras del mismo horno, en las dos granulometrías utilizadas, se explican por la diferencia en las dosis absorbidas por los gránulos de cuarzo de tamaños distintos.

Luego de detectar presencia de feldespato en la muestra Curamba 2 y considerando que las señales TL son más estables que las obtenidas por estimulación óptica (OSL e IRSL), utilizamos las señales TL de esta muestra para obtener las curvas de crecimiento para dosis regenerativas en alícuotas simples, las que dieron como resultado una dosis acumulada promedio de $1,32 \pm 0,05$ Gy con el 100 % de resultados dentro del intervalo de 2 sigma, que es casi diez veces mayor que la dosis equivalente calculada de los datos de OSL. Por eso no se descarta la posibilidad de presencia en la muestra tratada químicamente de feldespato con señales luminiscentes afectadas por decaimiento anómalo y/o exposición a la luz solar, dadas las condiciones en las que se encontraron los hornos de los que se obtuvieron las muestras (Vetter & Petrick, 2007).

3. DISCUSIÓN

Si bien los estudios históricos indican a Curamba como un centro metalúrgico dedicado al beneficio de minerales de plata, nuestra investigación arqueológica y arqueométrica no ha logrado comprobar esta hipótesis, aunque sí hemos podido precisar el fechado del último uso de estos hornos.

Los resultados de composición mineralógica realizados por difracción de rayos X (DRX) a dos de las muestras indican que no hay evidencia de ningún mineral de plata como parte de su composición, pero sí muestra evidencia de minerales de cobre. En este caso solo han sido analizadas las muestras procedentes de dos hornos, los cuales estaban descubiertos, lo que hace difícil confirmar que no hallan sido limpiados ya que esto hubiera significado una pérdida importante de evidencia. Por lo pronto, nosotros no encontramos ningún mineral asociado a los hornos, evidencia que podría haber ayudado a nuestra investigación.

Según los resultados de espectroscopia Mössbauer, la temperatura más alta a la que pudieron llegar los hornos analizados fue de $(800 \pm 50) ^\circ\text{C}$, según la muestra de Curamba 2. Es conveniente recordar que este estudio no se realizó en base a una excavación, sino a una prospección; que el muestreo ha sido aleatorio, y además que se realizó en un único punto al interior del horno, lo que haría que la temperatura calculada con esta muestra no necesariamente sea la máxima. Si tomamos en cuenta que la plata se funde a $960 ^\circ\text{C}$, no podríamos decir que estos hornos fueron usados para fundir minerales de plata, aunque si pensamos en la posibilidad de que se usó para fundir plata con cobre cuya temperatura de fusión es de $779 ^\circ\text{C}$, entonces sí se podría inferir el uso de estos hornos para la fundición de estos minerales. Brown (1995) menciona que en la sierra se requiere el 5 % menos del calor requerido sobre el nivel del mar. Esto se da porque la reducción de la presión atmosférica en la altura ayuda a que el metal llegue a menor temperatura a su punto de fusión. Esto pudo ayudar al ahorro de energía calórica y por lo tanto al ahorro del combustible necesario para los hornos. Aunque esta diferencia no permite llegar a los $960 ^\circ\text{C}$, permite llegar muy cerca según los resultados de la espectroscopia Mössbauer, ya que estaríamos alrededor de los $900 ^\circ\text{C}$, si seguimos con la idea del uso de los hornos para fundir minerales de plata.

Según los resultados de Curamba 1 y 4, la temperatura no sobrepasó los $400 ^\circ\text{C}$. Esta temperatura se explicaría porque las muestras tomadas, quizás no correspondieron a la zona de mayor temperatura alcanzada dentro del horno. Según los estudios realizados por Shimada *et al.* (2003b) para los hornos de cerámica y de trabajo de metal sicán se indica que existe una variabilidad de temperatura según las zonas del horno.

Lechtman (1976) tiene dudas del uso de estos hornos como parte del proceso de fundición por la ausencia de escoria de fundición, ceniza y falta de evidencia de revestimiento escoriado en los hornos excavados por ella en 1974 en el sitio. Si bien esa falta de evidencia puede crear muchas dudas, también es cierto que el sitio no ha sido excavado como área, sino tan solo con pozos de cateo, lo que no da en algunos casos información completa de la actividad del sitio. Es importante mencionar que la zona donde se encuentran los hornos ha sido quemada, teniendo como evidencia un área enrojecida como resultado de alguna alteración de calor. Esta tierra quemada fue la que se obtuvo de los hornos para ser analizada. Para Lechtman (1976) estas áreas enrojecidas se debían al uso de fuegos limitados a las ubicaciones precisas de franjas alteradas por el calor, pero sin evidencias conservadas de las estructuras que alguna vez podrían haber estado asociadas con estas franjas. Del Mar (2006) menciona haber encontrado tubos de cerámica, crisoles de arcilla, escorias, restos de metales como tupus, cuchillos y cinceles; pero no especifica el lugar donde fueron hallados los restos de metales. En cuanto a la aleación de las piezas de

metal, indica que serían de *champi*, «una aleación de varios elementos y formas» (2006: 305-306), lo que no ofrece mayor información sobre el metal, además no menciona haber analizado químicamente ninguno de los metales que ha encontrado.

No descartamos que estos hornos sean de fundición, ya que según Lechtman (1976) se han hallado minas de minerales de cobre en los 18 km de radio de Curamba y Del Mar (2006) también indica algunas minas cerca de Curamba, pero no proporciona su ubicación exacta ni la naturaleza del mineral. En caso que se demuestre el trabajo en plata, sabemos también gracias a las investigaciones realizadas por Frost y su equipo (2002) que existe una mina de plata próxima a Choquequirao, a dos días de camino de Curamba. Esto indicaría que por lo menos existía la posibilidad de acceder a la materia prima (minerales) a corta distancia de Curamba, sin mencionar el hecho que el combustible se encontraba en el mismo sitio, como se ha señalado anteriormente con respecto a la ubicación de los árboles de queña en las mismas terrazas donde se ubican los hornos, así como el ichu.

La datación del último uso de los hornos analizados es de aproximadamente 450 años; es decir, están en el límite entre el final del periodo incaico y los inicios de la ocupación española. Lechtman (1976) indica como resultado de sus investigaciones que al no haber encontrado fragmentos cerámicos ni arquitectura colonial, las terrazas o andenes y los hornos o «las instalaciones de alteración de fuego» son inca o preinca. Según las evidencias de cerámica asociada a Curamba y a los hornos, Del Mar (2006) señala que este sitio corresponde al periodo inka imperial.

Por las crónicas se sabe que los españoles pasaron por Curamba en 1534, así que muy bien pudieron interesarse en esta producción de metales y seguirla explotando. El hecho que los españoles decidiesen seguir con la actividad metalúrgica del sitio, no significa que se evidencie un cambio de tecnología. Tenemos el ejemplo del beneficio de plata en Potosí donde los españoles siguieron usando la tecnología indígena para dicho beneficio; es decir, continuaron usando las guayras, hasta que en 1571 se incorporó el proceso de amalgamación; aunque de igual forma el uso de la tecnología indígena continuó en los lugares donde el combustible abundaba. Es posible entonces que en Curamba se diera esta continuidad en la tecnología indígena también.

Según Amorín y Alarcón, quienes estuvieron en Curamba con el Proyecto de Restauración del Instituto de Investigación Marcavalle (Cusco), pudieron mediante cateos

«apreciar en el primer nivel superior Este del ushno, una serie de restos óseos disturbados e incinerados correspondientes a adultos, sobre lo cual proponemos que corresponden a la época colonial, siendo consecuencia del proceso de extirpación de idolatrías... » (Amorín & Alarcón, 1999: 293).

En los últimos trabajos del «Proyecto de Levantamiento de Información del Sistema Vial Inka Proyecto Qhapac Ñan» hay evidencia colonial sustentada en el puente de Pachachaca ubicado en el km 16 de la carretera troncal de la sierra que une las ciudades de Abancay y Andahuaylas.

4. COMENTARIOS FINALES

En el presente trabajo hemos querido probar las técnicas de TL y OSL para fechar el uso de los hornos, ya que son pocos los estudios realizados para este tema. En el caso de espectroscopia Mössbauer hay una literatura bastante amplia sobre el tema de hornos no solo metalúrgicos, sino también para la elaboración de ceramios, pero el empleo de esta técnica ayudaría a complementar nuestra investigación.

Con las evidencias con las que se cuenta hoy en día del sitio de Curamba y sobre todo de los «hornos», es muy difícil aún confirmar que estas estructuras fueran usadas como hornos de fundición. Ha habido algunos intentos de estudio sobre este sitio, pero no los suficientes para dilucidar la problemática que encierra. Pero como menciona Lechtman (1976) en sus conclusiones, hay que tener en cuenta los esfuerzos realizados para la construcción de las terrazas con arcilla de otro lugar, además que dicha construcción se da en un lugar privilegiado por el fuerte viento, y por último la cantidad de restos de «hornos» que se observan es muy grande. Si en algún momento se confirma que estas estructuras fueron realmente hornos de fundición, estaríamos hablando de una producción a gran escala en el beneficio de algún metal que queda por identificar. Hecho que no sería difícil de aceptar, ya que hay evidencia de producción a gran escala de bronce arsenicales en Sicán a partir del 900 d. C.

Una excavación más exhaustiva en la zona de los hornos, realizando un muestreo sistemático en hornos no descubiertos (no huaqueados) y con aplicación de análisis químicos para identificar la presencia de minerales de plata, cobre, oro o algún otro elemento metálico, sería necesaria para poder establecer de manera más precisa la función de estos hornos.

Agradecimientos

Deseamos agradecer a Lucía Balbuena por acompañarnos a tomar las muestras para el estudio. Nuestro agradecimiento a Sheila Malpartida por la preparación de las muestras y la toma de los datos para las técnicas de luminiscencia. Asimismo, al Laboratorio de espectroscopia Mössbauer y difracción de rayos X de la Facultad de Ciencias Físicas de la UNMSM, por permitirnos realizar las medidas mostradas y de manera muy especial al Dr. Jorge Bravo Cabrejos y a la Dra. Ursel Wagner por la revisión de los resultados. De igual modo a Anne Marie Hocquenghem, Izumi Shimada, Mary Van Buren, Marcelino Huamaní, Sergio Barraza, Emily Baca, Carlos Ausejo, Glenda Escajadillo, Luis Felipe Villacorta, Sandra Téllez y Martín Del Carpio por su apoyo a esta investigación.

Referencias citadas

- ACOSTA, J. de, 1979 – *Historia natural y moral de las Indias, en que se tratan de las cosas notables del cielo, elementos, metales, plantas y animales dellas y los ritos y ceremonias, leyes y gobierno de los indios* (E. O’Gormann, ed.), 444 p.; México: Fondo de Cultura Económica.
- AITKEN, M. J., 1985 – *Thermoluminescence dating*, 359 p.; London: Academic Press.
- AMORÍN, J. & ALARCÓN, E., 1999 – Prospección arqueológica en el sitio Inca de Curamba y su relación con Sondor. In: *XII Congreso Peruano del hombre y la cultura Andina: 287-294; Ayacucho*: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- BØTTER-JENSEN, L., 2000 – *Development of Optically Stimulated Luminescence Techniques using Natural Minerals and Ceramics, and their Application to Retrospective Dosimetry*, 185 p.; Roskilde, Denmark: Riso National Laboratory.
- BROWN, K., 1995 – La recepción de la tecnología minera española en las minas de Huancavelica, siglo XVIII. In: *Saberes andinos. Ciencia y tecnología en Bolivia, Ecuador y Perú* (M. Cueto, ed.): 59-90; Lima: IEP.

- CASTELNAU, F. de, 1851 – *Expédition dans les parties centrales de l'Amérique du Sud, de Rio de Janeiro à Lima, et de Lima au Para*, t. III; París: P. Bertrand.
- CHAPDELAINE, C., 2003 – La Ciudad de Moche: Urbanismo y Estado. In: *Moche. Hacia el final del milenio* (S. Uceda & E. Mujica, eds.), II: 247-285; Lima, Trujillo: Pontificia Universidad Católica del Perú, Universidad Nacional de Trujillo.
- CIEZA DE LEÓN, P., 1996 [1553] – *Crónica del Perú*; Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Academia Nacional de la Historia.
- DE LA RIVA-AGÜERO Y OSMA, J., 1995 – *Paisajes peruanos*, 274 p.; Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Instituto Riva-Agüero.
- DEL MAR, R., 2006 – Curamba. Centro de producción metalúrgica de época Inka. *Arqueología y Sociedad*, 17: 293-312; Lima: Museo de Arqueología y Antropología, Centro Cultural de San Marcos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- FROST, P., GORSUCH, S., BEJAR, I. & VALENCIA, A., 2002 – Preliminary Report of Findings, National Geographic Society Qorwayrachina Project, 2001-2002, Cusco. Ms.
- GARCILASO DE LA VEGA, I., 1985 – *Comentarios Reales de los Incas*, 518 p.; Lima: Banco de Crédito del Perú.
- GIBBS, T. C., 1976 – *Principles of Mössbauer Spectroscopy*, 254 p.; London, New York: Chapman and Hall, Wiley.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS MARCAVALLE-CUSCO, 1998 – *Proyecto de puesta en valor del Conjunto Arqueológico de Curamba*. Consejo Distrital de Kishuará.
- INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA, 1999 – *Proyecto de Levantamiento de Información del Sistema Vial Inka Proyecto Qhapac Ñan*.
- INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA, 2002a – *Proyecto Integral Qhapaq Ñan - Informe de Campo*. Sitio Arqueológico de Curamba. Lic. Mary Barreto Flores. Septiembre.
- INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA, 2002b – *Proyecto de Investigación Arqueológica Curamba (Apurímac)*. Lic. Mary Barreto Flores. Septiembre.
- INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA, 2003 – *Proyecto de Levantamiento de Información del Sistema Vial Inka Proyecto Qhapac Ñan*. Lic. Marcelino Huamaní.
- LECHTMAN, H., 1976 – A metallurgical Site Survey in the Peruvian Andes. *Journal of Field Archaeology*, 3 (1): 1-42.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, PROYECTO PRODES, 1998 – *Inventario de minas inactivas del departamento de Apurímac*, 13 p.; Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- NIEMEYER, F. H., CERVELLINO, G. & MUÑOZ, E., 1983 – Viña del Cerro, expresión metalúrgica inca en el valle de Copiapó. *Creces*, 4 (4): 32-35; Santiago de Chile.
- OLAECHEA, T., 1901 – Apuntes sobre el Castillo y fundición de Curamba. In: *Anales de Construcción Civiles, Minas e Industrias del Perú*, 1 (2): 1-21; Lima: Escuela de Ingenieros de Lima.
- PEÑAHERRERA, C., 2004 – *Enciclopedia Temática del Perú: Geografía*, t. V, 139 p.; Lima: El Comercio.
- PETERSEN, G., 1970 – Minería y metalurgia en el antiguo Perú. *Arqueológicas*, 12; Lima: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Museo Nacional de Antropología y Arqueología.
- PETERSEN, G., 1998 – Minería y metalurgia en el antiguo Perú. In: *Homenaje al Centenario de Georg Petersen G. 1898-1998*, 4: 73-214; Sociedad Geológica del Perú.
- PIZARRO, P., 1978 [1571] – *Relación del Descubrimiento y Conquista de los Reinos del Perú*, 277 p.; Lima: PUCP.

- RAFFINO, R., ITURRIZA, R., IÁCONA, A., CAPPARELLI, A., GOBBO, D., MONTES, V. G., & VÁSQUEZ, R., 1996 – Quillay. Centro metalúrgico inca en el Noroeste argentino. *Tawantinsuyu*, **2**: 59-69.
- RAIMONDI, A., 1876 – *El Perú, t. II: Historia de la Geografía del Perú. Libro I*, 475 p.; Lima: Imprenta del Estado de la Calle de la Rifa, Num. 58. por J. Enrique del Campo.
- REGAL, A., 1936 – *Los caminos del Inca en el antiguo Perú*, 187 p.; Lima: Sannarti.
- REGAL, A., 1946 – Las minas incaicas. *Revista de la Universidad Católica del Perú*, **XIV** (1): 43-85; Lima.
- SANCHO DE LA HOZ, P., 1968 [1534] – Relación para su Majestad de Pedro Sancho de la Hoz, 1534. In: *Biblioteca Peruana. El Perú a través de los siglos. Primera Serie*: 275-343; Lima: UNMSM, Editores Técnicos Asociados.
- SHIMADA, I. & MERKEL, J., 1991 – Copper-alloy metallurgy in ancient Perú. *Scientific American*, **265**: 80-86; N° 1; Nueva York.
- SHIMADA, I. & WAGNER, U., 2007 – A Holistic Approach to Pre-Hispanic Craft Production. In: *Archaeological Anthropology: Perspectives on Method and Theory* (J. M. Skibo, M.W. Graves & M. T. Stark, eds.): 163-197; Tucson: University of Arizona Press.
- SHIMADA, I., HÄUSLER, W., HUTZELMANN, T. & WAGNER, U., 2003a – Early pottery making in coastal Peru. Part I: Mössbauer Study of clays. *Hyperfine Interactions*, **150**: 73-89.
- SHIMADA I., GOLDSTEIN, D. J., SOSA, J. & WAGNER, U., 2003b – Early pottery making in coastal Peru. Part II: Field firing experiment. *Hyperfine Interactions*, **150**: 91-105.
- SHIMADA, I., GOLDSTEIN, D. J., WAGNER, U. & BEZÚR, A., 2007 – Pre-hispanic sicán furnaces and metalworking: Toward a holistic understanding. In: *Metalurgia en la América Antigua. Teoría, arqueología y tecnología de los metales prehispánicos* (R. Lleras, ed): 337-361; Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Banco de la República de Colombia, Instituto Francés de Estudios Andinos.
- VACA DE CASTRO, C., 1908 [1543] – Ordenanzas de Tambos. Distancias de unos a otros, modo de cargar los indios y obligaciones de las justicias respectivas hechas en la ciudad del Cuzco en 31 de mayo de 1543. *Revista Histórica*, **III**: 427-492; Lima.
- VAN BUREN, M. & MILLS, B., 2005 – Huayrachinas and Tocoimbos: Traditional Smelting Technology of the Southern Andes. *Latin American Antiquity*, **16** (1): 3-25.
- VETTER, L. & PETRICK, S., 2007 – Datación de la utilización de hornos metalúrgicos del sitio inca de Curamba, Perú. In: *Metodologías científicas aplicadas al estudio de los bienes culturales* (Ed. A. Pifferetti & R. Bolmaro, eds.): 338-342; El Rosario, Argentina.
- WAGNER, F. E. & WAGNER, U., 2004 – Mössbauer Spectra of clays and Ceramics. *Hyperfine Interactions*, **154**: 35-82.
- WAGNER, U., WAGNER, F. E., HÄUSLER, W. & SHIMADA, I., 2000 – The Use of Mössbauer Spectroscopy in Studies of Archaeological Ceramics. In: *Radiation in Art and Archaeometry* (D. C. Creagh & D. A. Bradley, eds.): 417-443; Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- WIENER, C., 1993 [1880] – *Perú y Bolivia: relato de viaje*, 859 p.; Lima: IFEA, UNMSM. Traducción de Edgardo Rivera Martínez.
- YUANFU, H. & HONGBO HUANG, 2003 – Mössbauer studies in Chinese Archaeology: A review. *Hyperfine Interactions*, **150**: 33-50.
- ZUIDEMA, T., 1989 – *Reyes y Guerreros: ensayos de cultura andina*, 563 p.; Lima: Asociación peruana para el fomento de las ciencias sociales.

Pedidos: IFEA, Casilla 18-1217, Lima 18 - Perú, Tel. 447 60 70
Fax: 445 76 50 - E-mail: postmaster@ifea.org.pe
Web: <http://www.ifeanet.org>



Coedición: Institut français d'études andines (IFEA,
UMIFRE 17, CNRS-MAEE) - Quellca

Coedición: Institut français d'études andines (IFEA,
UMIFRE 17, CNRS-MAEE) - IEP - UNMSM

