

Análisis arqueométricos en el Museo de Arqueología del Centro Histórico de La Habana

Ariadna Mendoza Cuevas¹, Luis R. Velásquez Maldonado¹, Antonio Quevedo²

1 Laboratorio de Arqueometría, Gabinete de Conservación y Restauración, Oficina del Historiador de La Habana, Oficios No. 8 e/ Obispo y Obrapía, arqueometria@cultural.ohch.cu

2 Museo de Arqueología, Oficina del Historiador, Tacón 12

1. Introducción

El término Arqueometría indica que la historia material de un objeto antiguo puede ser evaluada a través de magnitudes físicas medibles y fue empleado por primera vez en 1958 como nombre (Archaeometry) del boletín del prestigioso “Laboratorio de Investigaciones para la Historia del Arte y la Arqueología”, de la Universidad de Oxford. Desde entonces se realizan congresos internacionales de Arqueometría y otros más específicos relacionados donde se discute el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos analíticos, se cuestionan métodos de uso de tecnologías tradicionales que condicionan la veracidad del resultado y se presentan las investigaciones de bienes patrimoniales con estos métodos para la creación de bases de datos que son utilizadas en la determinación de proveniencia o atribución de otros bienes patrimoniales estudiados sucesivamente. Como es conocido este es un campo de estudio aún no sistematizado con procedimientos y tecnologías estándares de lectura directa, sino que se interpretan las señales recibidas (a través de las tecnologías de medición) provenientes de un universo (bienes culturales) amplio en su materialidad que adicionalmente se transforma y contamina en el tiempo. Sin embargo aún debemos promover la participación de arqueómetras en congreso de Arqueología, así como contar con la participación de arqueólogos en los Congresos de Arqueometría, para que el patrimonio sea mejor estudiado cada día mediante la contribución pluridisciplinaria.

A mediados de los 90' la Arqueometría recibió un considerable impulso al desarrollarse tecnologías espectrométricas no destructivas que permiten realizar análisis in situ, sin extracción de muestras y sin hacer contacto, de bienes patrimoniales lo que amplió el rango de los objetos que podían ser estudiados y trajo consigo el surgimiento de laboratorios de Arqueometría con este enfoque y de congresos nacionales y regionales de Arqueometría. Así, con el objetivo de realizar este tipo de investigaciones en objetos de arte y de arqueología con

un enfoque no destructivo o de microanálisis adaptado a nuestra realidad, se crea también el Laboratorio de Arqueometría en la Oficina del Historiador de La Habana en el 2001, el cual tuvo sus raíces en el Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X (FRX) del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), desde donde comenzamos analizando monedas de pecios arqueológicos de *Carisub* (1994) para la identificación de mercurio y plomo lo que acotaba su datación y en 1995-96 realizamos experimentos sobre la utilización de un detector miniaturizado de FRX, en muestras (pigmentos, tiestos cerámicos, joyas, ..) del Gabinete de Arqueología en el centro histórico de La Habana, lo cual determinó la presentación del proyecto “Desarrollo de espectrómetro portátil de Fluorescencia de Rayos X para el análisis no destructivo e in situ de bienes patrimoniales” en la Oficina del Historiador de Ciudad de La Habana: (Reg. OHCH 1999-00, A. Mendoza). Esta novedosa tecnología, así como otras relacionadas o complementarias introducidas en el laboratorio, ha sido ampliamente empleada en el Laboratorio de Arqueometría en la investigación de objetos de arte debido a su carácter no destructivo (sin extracción de muestras) (pinturas murales y de caballete, policromías, porcelanas, medallas y monedas, manuscritos miniados, daguerrotipos,..“Arqueometría en el Centro Histórico de la Habana 2001-03, 2004-06”, inédito, A. Mendoza y col.) y en menor cuantía hasta el momento en la Arqueología. En esta ponencia se presenta por primera vez el trabajo que hemos realizado hasta la fecha para la Arqueología con el objetivo de demostrar con ejemplos específicos las potencialidades existentes para la propuesta de proyectos que requieran responder preguntas interesantes para la Arqueología cubana, desde esta perspectiva. Entre los ejemplos se exponen resultados útiles como datos de las fichas técnicas en el Museo de Arqueología, análisis que permitieron dilucidar hipótesis arqueológicas y se discute el estudio de proveniencia en cerámica el cual se ilustra con los primeros resultados de un proyecto de investigación de la Cerámica clasificada como “México pintado de rojo”, frecuentemente hallada en el contexto habanero por los arqueólogos del Gabinete de Arqueología de la Oficina del Historiador de La Habana.

En la ponencia se hará énfasis en el resultado para la arqueología, limitando las explicaciones técnicas sobre principios físicos del método, condiciones experimentales, parámetros de medición, etc que se encuentran en los informes del Laboratorio de Arqueometría.

2. Contenido de un frasco

Este análisis fue solicitado por el arqueólogo Rolando Crespo con el objetivo de determinar la sustancia que se conservó en un frasco de vidrio atribuido al siglo XVIII.

El análisis se abordó determinando la composición multielemental a través del espectrómetro portátil de Fluorescencia de Rayos X (FRX) (ver espectro FRX en figura 1) y la morfología con el microscopio óptico lo que permitió identificar el contenido del frasco como el pigmento amarillo de óxido de plomo (PbO, se emplea desde el Egipto pre-dinástico) mezclado para su uso con un aglutinante orgánico, de ahí el aspecto untuoso que se puede observar en las muestras ya resacas extraídas del frasco. El resultado obtenido es de utilidad para la ficha técnica de este hallazgo.

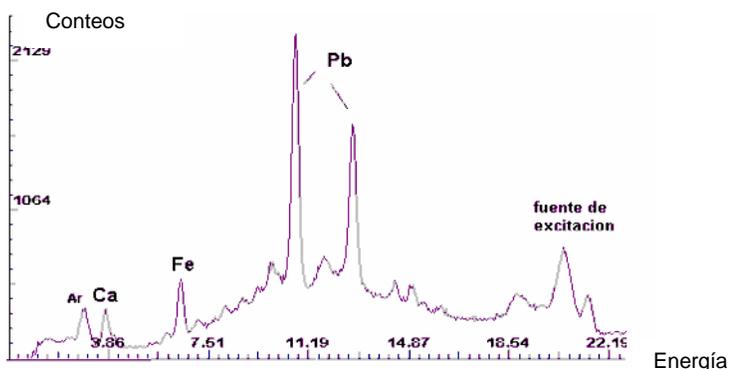


Fig. 1 Espectro FRX interpretado de sustancia de un frasco atribuido al siglo VIII

3. Identificación de aleación metálica

Este estudio fue solicitado por el arqueólogo Antonio Quevedo.

Con el objetivo de conocer la composición de la aleación metálica de dos cucharas del siglo XVII, estas fueron analizadas sin extracción de muestras, con el espectrómetro de Fluorescencia de rayos X. El análisis del espectro permitió identificar una aleación de plata y cobre con impurezas de oro y plomo.

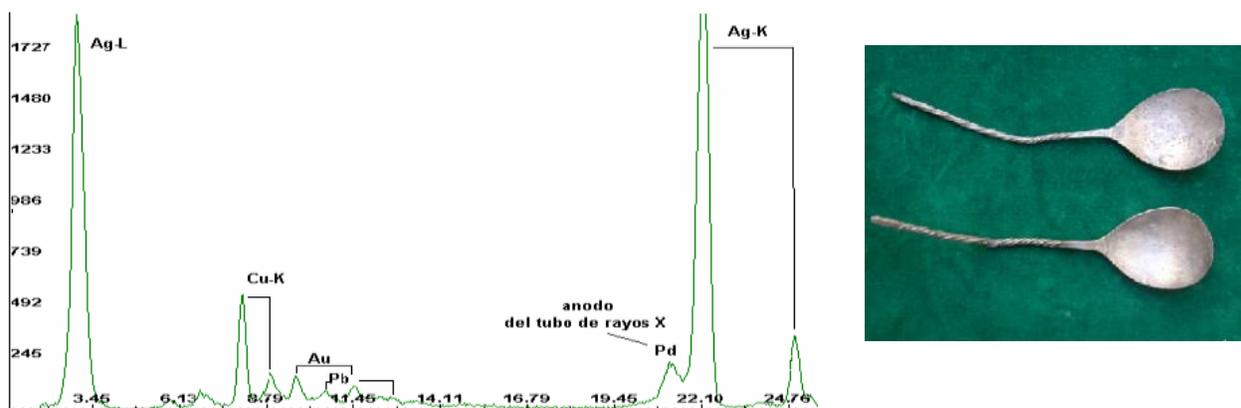


Fig. 2 Cucharas atribuidas al siglo XVI (Cod. GA-0-1748 (A y B), hallazgo en Mercaderes # 213) y su espectro FRX.

Potencialidades: El análisis multielemental de una aleación metálica permite determinar además de la composición mayoritaria las proporciones de metales presentes que caracterizan recetas únicas de un autor o taller. Las impurezas metálicas marcan el origen del yacimiento mineral. Cuando existe una hipótesis sobre la atribución de una pieza, se analizan otras piezas que estén ampliamente representadas para obtener un criterio desde el análisis cuantitativo multielemental que esté avalado estadísticamente con el cual comparar y determinar la originalidad del material en cuestión.

4. Caracterización de un vidrio para su clasificación

Se solicitó la caracterización de un vidrio rojo, por el arqueólogo Roger Arrazcaeta, que había sido clasificado como vidrio de Venecia. El análisis de su composición multielemental por FRX demostró que el fragmento está constituido por vidrio de silicio y potasio coloreado con pigmento rojo a base de óxido de hierro. Los tonos dorados se logran con la presencia de cobre y no de oro como era esperado. El resultado contribuye a su ficha técnica.

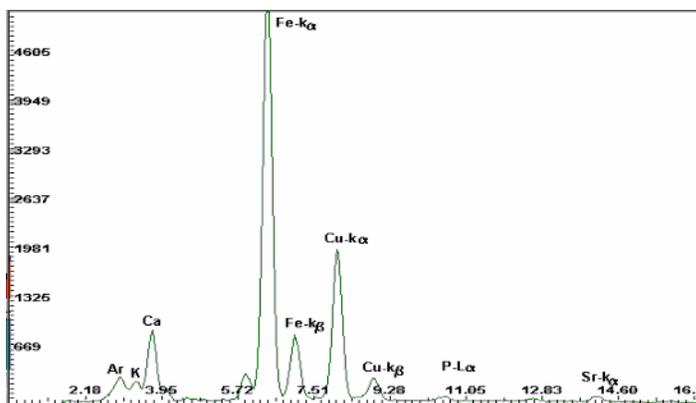


Fig. 3 Vidrio hallazgo de la Casa de la Obrapía

Potencialidades: El análisis multielemental de vidrios permite caracterizar tipos de vidrio y atribuir otros de clasificación ambigua.

5. Explicación de manchas negras sobre huesos

Este análisis fue solicitado por el paleontólogo Osvaldo Jiménez y el arqueólogo Rolando Crespo con el objetivo de determinar el origen de las manchas negras en la superficie de los huesos del animal prehistórico *Paracnus browni(ribs)*, conocido como perezoso gigante: - debidas al calentamiento del hueso durante al proceso de cocción realizado por el hombre

primitivo o producto a la absorción de algún metal presente en el terreno sobre la superficie del resto fósil. El resultado de este análisis permite dilucidar sobre hipótesis arqueológicas sobre la coexistencia de este animal con el hombre primitivo basado en la existencia de manchas de cocción en los restos óseos de este fósil.

El análisis de la composición multielemental con el espectrómetro portátil de Fluorescencia de Rayos X del Laboratorio de Arqueometría y el análisis morfológico con el microscopio óptico permitieron identificar la composición de las manchas negras. En la figura 4 se presentan los espectros de la mancha sobre el hueso y el espectro del hueso. El registro de intensas señales para el manganeso evidencia su presencia en altas proporciones en la mancha. La presencia de manganeso, metal que expuesto al aire forma una capa de óxido (MnO_2 mineral llamado pirolusita) extremadamente estable; en una elevada proporción en los restos óseos analizados, es un elemento que apunta a la ocurrencia de impregnaciones de Mn por la acción del medio en el transcurso del tiempo. El Mn se encuentra entre los elementos más abundantes de la naturaleza (950 ppm en la corteza terrestre). La impregnación de un hueso con sustancias como el manganeso puede ocasionar una decoloración idéntica a la producida por el fuego. La acción del calor produce alteraciones del color del hueso y otros cambios tafonómicos como la reducción de espesor y longitud, deformaciones, torsiones, grietas relacionadas con la textura y arquitectura de cada hueso muy específicas.

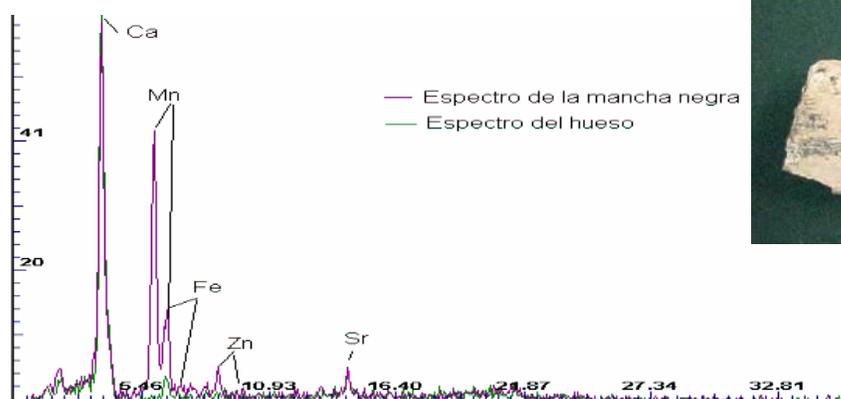


Fig. 4 Espectros FRX de la mancha negra en la superficie del hueso y del hueso

En la figura 5 aparece el aspecto de la mancha vista al microscopio óptico, observándose también las formaciones de dendritas sobre el negro, como prueba de la antigüedad de la muestra.

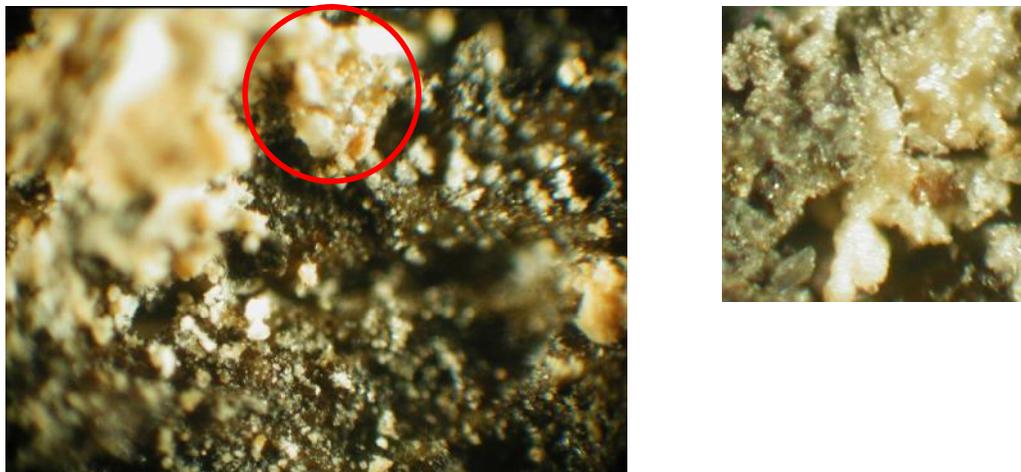


Fig. 5 Microfotografía de la superficie manchada del hueso. - mancha negra (enfocada) con dendritas (izquierda) y morfología aumentada de la dendrita (derecha).

6. Caracterización de cerámicas arqueológicas

El examen científico de las cerámicas se realiza al vidriado y a la pasta. El análisis de los pigmentos y vidriados característicos permiten definir un grupo de cerámicas. Existen principalmente dos métodos en uso: el análisis multielemental del volumen y la investigación mineralógica de secciones usando petrografía, Microscopía Electrónica con sistema de rayos X en energía (SEM-EDX) y/o algunas veces difracción de rayos X también. El enfoque integrador propone el estudio de las cerámicas combinando los dos métodos los cuales “miran” diferentes registros de la información almacenada en la cerámica. Sin embargo, cuando la interrogante es sobre la proveniencia de la cerámica, el análisis químico solo funciona bien. En contraste si las preguntas están dirigidas a conocer la tecnología de la producción cerámica y las recetas especiales aplicadas por los antiguos alfareros para preparar las pastas el método integrador es indispensable.

El análisis del tipo de átomos presentes (análisis de elementos químicos) en la pasta, principalmente de los elementos minoritarios y trazas (elementos químicos en concentraciones menores que 1 %) puede dar información sobre la atribución y el origen geográfico cuando existen dudas en cuanto a la clasificación tipológica. La Fluorescencia de rayos X y sus variantes (micro-Fluorescencia de rayos X (μ XRF), fluorescencia de rayos X en reflexión Total (TXRF), Fluorescencia de rayos X excitada con radiación sincrotónica (SXRF) , la Emisión de

rayos X inducida por protones (PIXE) y el análisis por activación neutrónica (NAA) son los métodos de análisis multielemental que permite detectar los elementos químicos presentes. Existen otros métodos de análisis de elementos químicos que requieren preparación de muestras y no permiten el análisis simultáneo de todos los elementos detectados.

Caracterización de cerámicas halladas en el Centro Histórico de La Habana

En este trabajo se resumen los análisis realizados a muestras de cerámicas del Museo de Arqueología, correspondientes a diferentes períodos halladas en las excavaciones del Centro Histórico entre las que se encuentran cerámica Triana policromo (XVIII), México Blanco (XVIII), Columbia Simple (XVI), México Rojo (XVIII), San Luis policromo (XVIII).



Fig. 6 Fragmentos cerámicos hallados en excavaciones arqueológicas en el Centro Histórico de La Habana

Sobre las muestras estudiadas no hay duda sobre su clasificación por lo que solicitamos caracterizarlas multielementalmente con vistas a conocer los niveles de concentración presentes en sus pastas y para valorar la aplicación del sistema portátil de Fluorescencia de rayos X de baja potencia (que se iniciaría a desarrollar en el período en que fueron realizados estos análisis) y así disponer de datos previos de cerámicas arqueológicas que abundan en el centro histórico de La Habana medidas con tecnologías de gran sensibilidad en la detección de los elementos químicos. Las muestras fueron seleccionadas por el arqueólogo Antonio Quevedo. Algunas presentan vidriados y otras superficies bruñidas.

Los fragmentos cerámicos fueron analizados a través de los métodos analíticos de investigación: micro-Fluorescencia de Rayos X (μ XRF), Emisión de rayos X inducida por protones (PIXE) y Retrodispersión de Rutherford (Rutherford Backscattering =RBS). La μ XRF

fue empleada para caracterizar los vidriados mientras PIXE con RBS acoplada para caracterizar la pasta cerámica. Estos análisis fueron realizados en los laboratorios del OIEA, Austria (A. Mendoza, Inf. al OIEA 1999).

En la figura 7 se observan los mapas de distribución de Fe y Cu obtenidos por μ XRF y se seleccionan regiones de las cuales se obtuvo el espectro FRX. Las regiones seleccionadas en las decoraciones en líneas negras sobre la cerámica muestran un incremento de la intensidad de las líneas características del Fe. Además se observan en todos los espectros las líneas de plomo que identifican el vidriado de plomo. También se detecta Cu porque es este elemento el responsable del color verde del fondo de la cerámica (Fig. 4), que fue identificado como verde de cobre.

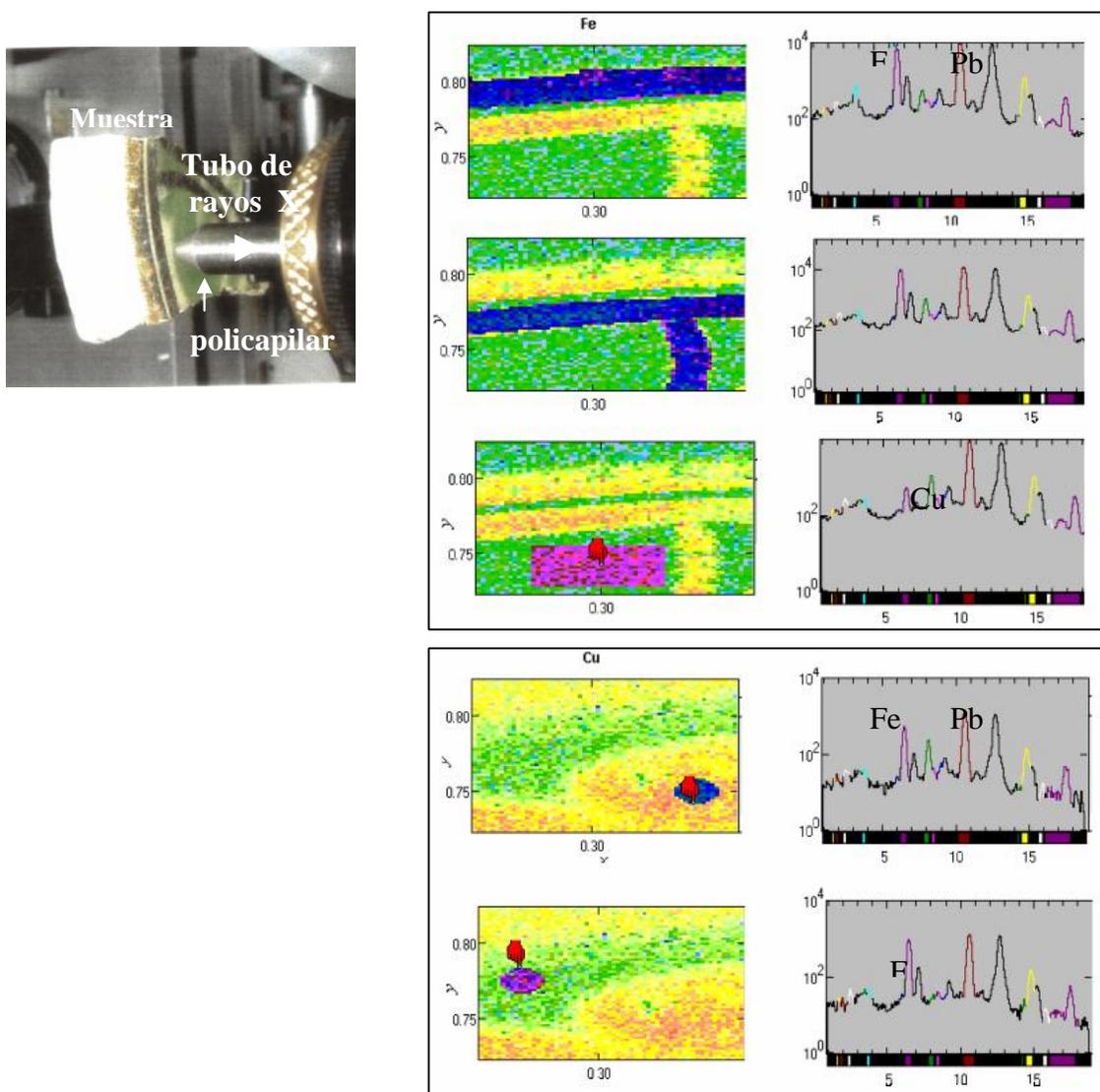


Fig. 7 Mapas de μ FRX del Fe y Cu y espectros de regiones seleccionadas de cerámica San Luis Polícromo

La pasta se caracteriza por una composición mayoritaria de Fe. La no homogeneidad de la pasta, se hace visible en el siguiente mapa de Fe por μ XRF de la sección transversal a través de partículas (en rojo en la fig. 8) con más intensidad de Fe, demostrando porque es necesario la preparación de muestras en este caso. Para la caracterización cuantitativa de estas cerámicas se realizaron 3 pastillas con la pasta de cada fragmento obtenida a partir de prensar el polvo obtenido por molido y tamizado fino. Los valores reportados en la Tabla 1 y 2 son promedios del análisis cuantitativo de las mediciones de las tres pastillas.

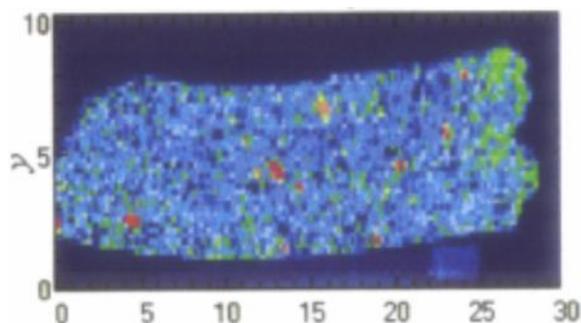


Fig. 8 Mapa de distribución elemental de Fe por μ XRF en la pasta en una sección transversal del fragmento cerámico.

Tabla 1 Análisis elemental por RBS. Concentraciones en %

Muestra	C	O	Si
San Luis Policromo	8.4	41.8	25.6
Mexico Rojo	6.0	48.3	35.5
Columbia simple	-	50.3	37.5
Triana Policromo	-	42.2	27.4
Mexico Blanco	-	45.6	21.1
Cerámica 15	-	50.3	37.5

Tabla 2 Análisis elemental por PIXE. Concentraciones en ppm

Elemento	México Rojo	San Luis Policromo	Columbia Simple	México Blanco	Triana Policromo	Cerámica 15
S	-	-	-	1604	2391	663
Cl	4765	8902	1278	-	2770	-
K	13569	5692	11183	10019	12267	4061
Ca	13307	141826	8439	134778	131108	129465
Ti	6572	4088	4098	4113	4911	2569
Cr	90	-	-	925	1330	1318
Mn	650	475	270	-	478	-
Fe	66223	36715	51869	34943	40436	21156
Ni	106	-	-	-	-	-
Cu	319	-	1040	-	1480	-
Zn	168	117	467	-	-	-
Sr	205	955	-	-	582	-
Sn	-	-	5927	-	-	-
Pb	-	787	-	5610	5613	1792
Otros	V, Sn	Al, Si, Cr	Al, Si	Al, Si, Mn, Cu, Zn, Rb	Al, Si, P, Zn, Sr	Al, Si

El % de error de cada medición reportada se encontró siempre por debajo del 15 %
- por debajo del límite de cuantificación

Potencialidades: Su aplicación resulta importante cuando no existen opiniones unánimes en la atribución de un tipo de cerámica basada en la tipología arqueológica, cuando se requiere confirmación de una hipótesis sobre proveniencia o se pretende caracterizar un nuevo grupo cerámico (tres interrogantes bien diferentes técnicamente para la investigación arqueométrica). Para ello se requiere de numerosas muestras de cerámica para poder analizar las pastas y el vidriado y determinar el rango de variaciones de los elementos químicos detectados dentro del grupo o subgrupos de reconocida atribución, la aplicación de modelos estadísticos adecuados que permitan la visualización de las variaciones de todos los elementos a la vez y consideren el margen de error de los datos, para luego atribuir las muestras cerámicas en cuestión mediante el ploteo de los datos en los gráficos antes obtenidos y el análisis del su agrupamiento respecto a las cerámicas de incuestionable atribución previamente analizadas.

Cerámicas aborígenes latinoamericanas

En 1996 caracterizamos cerámicas latinoamericanas, de indios Taínos (Baracoa, Cuba), Mayas (Yucatán, México) y Tupiguarani (Fazenda Sta Dalmacia, Cambe, Brasil) (A. Mendoza, R. Cesareo, C. Apoloni, Proceeding NURT'1997) mediante dos sistemas de fluorescencia de rayos X de bajo (30 kV, 0.1 mA, ánodo: W) y alto voltaje (80 kV, 5 mA, ánodo: W, target secundario: A o Gd) y un detector Si-PIN (Resolución energética=300 eV). Los resultados mostraron que este tipo de tecnología es suficiente para caracterizar estas pastas aborígenes, pues 14 elementos fueron detectados (K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn; Rb, Sr, Y, Zr y Ba) y se pudo identificar diferencias en las pastas, las cuales fueron cuantitativamente caracterizadas a través de las áreas de los picos de estos elementos en el espectro FRX. Del análisis cualitativo de los datos ya fue posible observar diferencias en la composición mayoritaria (Ca, Fe, Ti, Ba): la pasta maya estudiada está caracterizada por una alta concentración de Ca y Fe y baja concentración de Ti y la presencia de los elementos minoritarios y trazas: Mn, Ni, Cu, Sr, Y, Zr, y Mo mientras que el Ba está en mayor concentración que en las muestras brasileñas; en la pasta taína analizada predomina el hierro, y los elementos K y Ca se encuentran en niveles de concentración similares; estando el Ca en mayor concentración que en la pasta Tupiguarani donde el Ca es casi inexistente y el Ti y Fe se encuentran en relativamente altas concentraciones comparados con Ni, Cu, Rb, Sr y Y; y el Ba se detecta en menor concentración que en las pastas mayas y taínas investigadas. El análisis de los pigmentos reveló el uso de un pigmento negro: tierra rica en manganeso en la cerámica Tupiguarani, mientras que el rojo en la cerámica maya analizada fue logrado con tierra roja.

Estos resultados mostraron que la cerámica aborigen latinoamericana se diferencia en la composición de las pastas según su origen. Sin embargo las cerámicas burdas pueden variar no solo por la diferencia de depósitos sino por las recetas, que determinan el tipo y la cantidad de temperante adicionado a la arcilla y que pudo ser variable debido a las limitaciones tecnológicas en la época prehistórica.

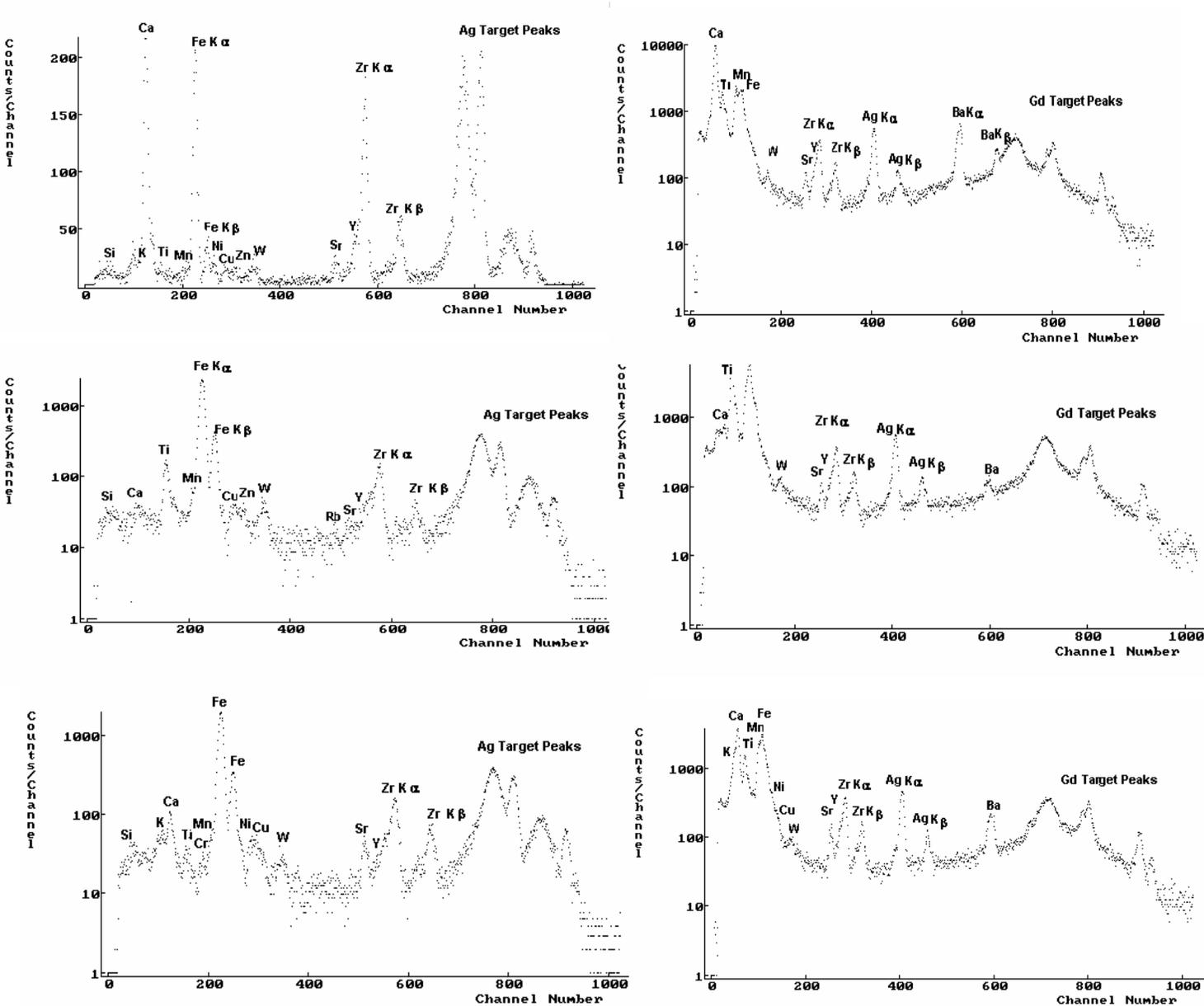


Fig. 9 Espectros FRX de cerámicas aborígenes Maya, Tupiguarani y Taíno (en orden de arriba hacia abajo) obtenidos sistema de tubo de rayos X de 80 kV, 5 mA excitados con blanco secundario de plata (Agy gadolinio (Gd). Se marcan la posición de los elementos analizados para su comparación. Los picos de W y Ag son instrumentales.

Análisis de cerámicas con sistema de Fluorescencia de rayos X Portátil

Los resultados anteriores en cerámicas aborígenes latinoamericanas por FRX y los niveles de concentración obtenidos por PIXE (tabla 2 epig. anterior) en cerámicas arqueológicas halladas en el centro histórico de La Habana, nos motivaron a plantearnos resolver interrogantes sobre la proveniencia de cerámicas arqueológicas desde la perspectiva del análisis multielemental utilizando el espectrómetro portátil de Fluorescencia de rayos X (*Art-FRX*) de baja potencia desarrollado (tubo de rayos X (50kV, 1 mA, ánodo: Pd) y detector SI-PIN), el cual permite analizar tiestos directamente y también pastillas (cuando se requiere la determinación de las concentraciones (análisis cuantitativo) que son posicionadas en un portamuestra sobre una pequeña mesa desmontable que se acopla al instrumento. Mediante la figura 10, donde aparece un espectro FRX del estándar de referencia certificado de cerámica SARM 69, donde se puede valorar la sensibilidad alcanzada ya que fueron identificados elementos mayoritarios, minoritarios y trazas.

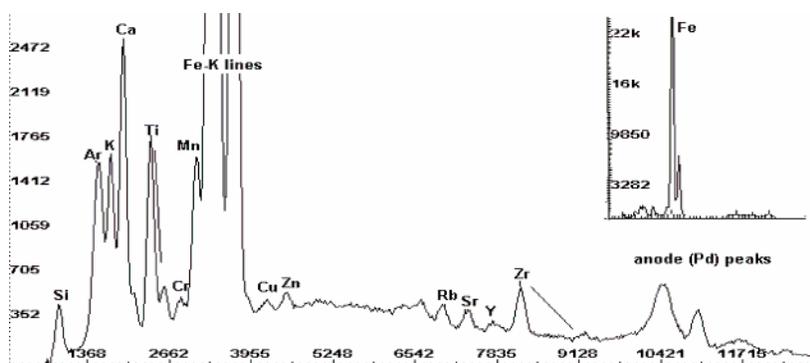


Fig. 10 Fig. Espectro FRX del estándar de referencia certificado Ceramic-1, SARM 69; medido con el sistema portátil de FRX: *Art-FRX* a 40 kV, 0.05 mA, 1000s, spot size 8 mm. Concentraciones certificadas en SARM 69: : Si (31.13 %), K(1.63%), Ca(1.69%), Ti(0.47%), Cr (223 ppm), Mn(0.44%), Fe(5.02%), Cu (46 ppm), Zn (68 ppm), Rb~66 ppm, Sr~109 ppm, Y~29 ppm, Zr~271 ppm.

Otro aspecto importante para los estudios de proveniencia es la precisión de los resultados que en el caso de un sistema portátil esta influenciada por la precisión en reproducir las condiciones geométricas de medición (ver fig. 1) al analizar tiestos, lo que permite comparar los espectros en idénticas condiciones de excitación. En el diseño de este sistema portátil de FRX, se tuvo en cuenta esto al adicionar dos láseres que permite asesorar el proceso de posicionamiento. En la fig. 11 se observa cuan preciso puede ser, si comparamos los espectros del anverso (cara pigmentada) y reverso (cara de la pasta) de un tiesto de cerámica clasificada como “México pintado de rojo”, obsérvese la coincidencia del pico de argón (Ar presente en el aire, determinado por la distancia muestra-detector) y los picos del ánodo de Pd del tubo de rayos X.

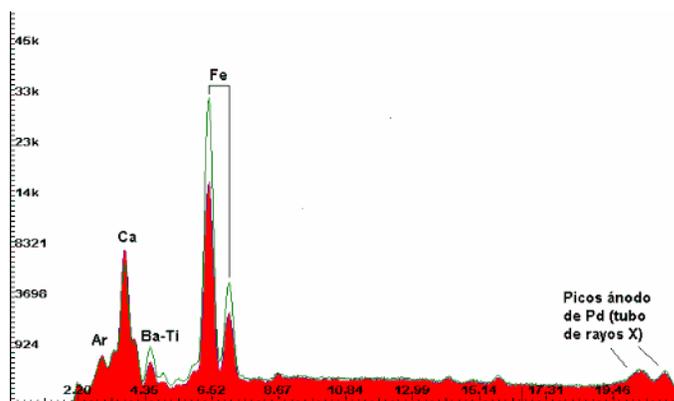


Fig. 11

7. Análisis de proveniencia en cerámica

La determinación de proveniencia en cerámicas encontradas en excavaciones arqueológicas – en otras palabras, la investigación para responder la pregunta sobre donde la cerámica fue producida – es una investigación típica de Arqueometría que puede ser abordada por el análisis multielemental que es sensible en identificar diferentes pastas, producto de diferentes recetas o diversa composición del depósito de arcilla sin embargo ha tenido una aceptación variable en la comunidad científica porque hay que tener en cuenta varios factores importantes para realizarlo correctamente: 1) Cada muestra del volumen de la pasta debe ser representativa de la vasija completa. La mercancía burda requerirá un tamaño de muestra mayor que la fina porque si la cerámica es muy rica en inclusiones que tienen trazas y si la muestra no es representativa de la parte de la arcilla, no se obtienen resultados ya que es esta muestra es solitaria. 2) el análisis debe realizarse con el mayor número de elementos sin embargo según el caso (se determina durante la investigación) pueden varios elementos caracterizar las diferencias. Los elementos trazas son los más importantes. 3) El método de análisis en uso debe tener una precisión experimental suficientemente alta. Una baja precisión en la medición, equivale a un mayor margen de error, lo que incrementará las oportunidades para un agrupamiento equivocado. En muchos datos de trabajos se ha visto que las inhomogeneidades de un depósito de arcilla producen una dispersión de la composición mayor que las causadas por el margen de error de las mediciones. 4) “La dispersión de concentración en una cierta pasta debe asumirse más pequeña que la dispersión entre diferentes pastas”. El patrón de valores de concentración de los elementos es característico no de un depósito de arcilla sino de la pasta de la arcilla que los antiguos alfareros prepararon de acuerdo a ciertas recetas de procesamiento, para determinados tipos de mercancías. Usualmente la arcilla cruda de un depósito tiene que ser refinada antes de su uso. Esto implica alterar la composición de la arcilla y adicionar material

temperante o hasta mezclar arcillas de diferentes depósitos. En muchos casos no tiene sentido buscar el depósito de arcilla desconocido para obtener material de referencia para la composición química de la alfarería producida en cierta región geográfica. También cuando los datos son evaluados para encontrar, reconocer y formar grupos de muestras de la misma pasta perteneciente a una determinada serie de producción de un taller de alfarería, hay dos hechos importantes adicionales: 5) deben ser tomados en consideración los márgenes de error de elementos individuales de la medición, los cuales no son los mismos para cada elemento y el cual depende del método de análisis, Valores tales como $4.0 \pm 1.0 \%$ y $5.0 \pm 1.0 \%$ son indistinguible, mientras que $4.0 \pm 0.1 \%$ y $5.0 \pm 0.1 \%$ difieren por 7 desviaciones estándares y claramente apuntan a diferentes pastas. Los usuales procedimientos de estadística uni o multivariados, como el análisis de componentes principales o el análisis de cluster (Baxter, 1994), desprecian estos margen de errores individuales y dan a cada valor de concentración un peso igual por lo que estos deben considerarse en el procesamiento de los datos 6) debido a la práctica de la alfarería, se encuentra presente durante la preparación de la pasta, una ligera cantidad variable de un componente no plástico como arena o caliza, ya sea adicionado como material temperante o dejado por el proceso de refinamiento. Esto produce un desplazamiento constante de todos los valores de concentración de los elementos que no son afectados, lo que es conocido como el “efecto de dilución” que debe ser corregido para incrementar la separación de las diferentes pastas, lo cual corregirá también los desplazamientos técnicos debido a un contenido variable de agua o simplemente producto de los errores de pesada durante la preparación de muestras.

El análisis multielemental detecta rápidamente las diferentes pastas, causadas intencionalmente por un cambio en la receta o no intencionalmente por una diferente composición de la arcilla debida a inhomogeneidades naturales del depósito de arcilla explotado. Es a menudo suficiente solo comparar los valores de concentración sin emplear algún tipo de análisis estadístico, el cual es de utilidad como un método de ayuda rápido para ordenar una gran cantidad de datos.

Hasta aquí, en esta ponencia se han presentado ejemplos de análisis solicitados que son investigaciones breves con los que se ha demostrado las potencialidades para desarrollar proyectos más extensos que permitan responder interrogantes interesantes para la arqueología desde la perspectiva de la investigación arqueométrica, como puede ser el que ilustraremos a continuación, en el que algunos resultados iniciales nos ayudaran exponer los requerimientos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

Proyecto de investigación: Proveniencia de cerámicas “México Pintado de rojo” a través del análisis multielemental por Fluorescencia de Rayos X/ Primeros análisis

El grupo o tipo cerámico clasificado como “México pintado de rojo” es un continuador de la cerámica prehistórica mexicana en cuanto a pasta y decoración y abarca un período desde 1570 a 1780. Su presencia en el contexto habanero ha sido identificada en diferentes excavaciones arqueológicas realizadas por el Gabinete de Arqueología de la Oficina del Historiador de La Habana y han sido estudiadas las evidencias aborígenes de contacto entre mesoamérica y San Cristóbal de la Habana que justifican la hipótesis acerca del origen mesoamericano de esta alfarería que “pese a una diversidad decorativa mantiene invariablemente un mismo patrón tecnológico en su factura” (S. Menéndez y K.M. Lugo, Boletín No. 1 Gab. de Arqueología, 2001). Motivados en contribuir desde la perspectiva de la Arqueometría, a través del análisis multielemental de la pasta cerámica, a la polémica sobre si los indios mexicanos trasladaron estas producciones desde México o realizaron las mismas basadas en sus tradiciones alfareras con materia prima cubana (o ambas posibilidades) iniciamos la caracterización de fragmentos cerámicos de tipología México Pintado de Rojo de procedencia mexicana, los cuales solicitamos al arqueólogo Dr. Rubén Manzanilla (Dir. Salvamento arqueológico, INAH, DF México) quien gentilmente colaboró en enviarnos 11 fragmentos hallados en la Casa colonial de los Condes de Heras y Soto, en el Centro Histórico de la ciudad de México, los cuales fueron registrados en el Museo de Arqueología y se presentan en la siguiente figura, donde también aparecen 3 fragmentos de Mérida (Yucatán, México). No existe información sobre la cronología de estas muestras. En tres siglos de existencia de esta tipología, pueden haberse sucedido recetas, cambiado los depósitos de arcillas en explotación, mezclado arcillas de depósitos diferentes, aplicado diversas recetas y materiales entre los talleres que debieron producir esta cerámica mexicana encontrada en Cuba; por lo que no será extraño encontrar una gran dispersión de los datos que determinen subgrupos. Por otra parte, otros estudios han demostrado que antiguos alfareros homogenizaron muy bien sus pastas y que la existencia de un patrón químico sobre un periodo largo de tiempo no es tan asombrosa, ya que los alfareros parecen haber sido bastante conservadores usando una receta exitosa de preparación de la pasta para evitar posibles pérdidas económicas debido a dificultades en el proceso de cocción. Hay también casos conocidos en que diferentes pastas fueron usados contemporaneamente en el mismo taller para diferentes tipos de mercancías, probablemente para satisfacer las demandas del Mercado. ¿Cuál es nuestro caso? Solo puede determinarse durante la investigación, en su curso los datos empezarán a “hablarnos” sobre cuan homogéneas o no son las pastas de estas singulares piezas, y partiendo de ello se decidirá la estrategia a seguir para el estudio de procedencia.



Fig. 12 Anverso y reverso de los fragmentos cerámicos de tipología “México pintado de rojo”, hallados en México.

Para realizar el análisis multielemental hemos utilizado inicialmente el espectrómetro portátil de Fluorescencia de rayos X que permite posicionar de modo preciso el fragmento cerámico y seleccionar la región a analizar. Se analizaron los pigmentos presentes en los tiestos, identificándose el uso del blanco de calcio, tierra roja, ocre amarillo y tierra negra rica en Mn. .

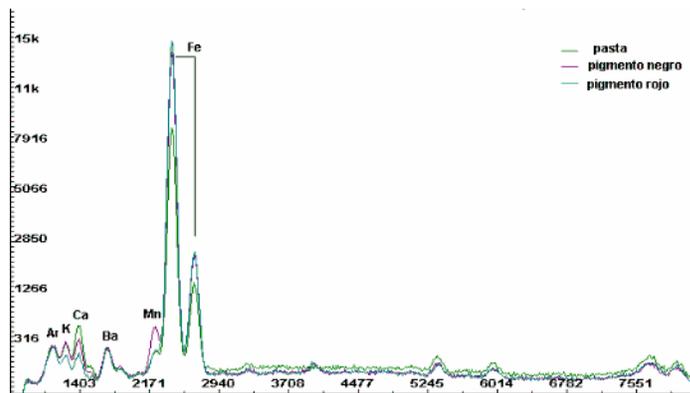


Fig. 13 Espectros FRX de la pasta, el pigmento negro y rojo en el fragmento Cod 9.

En la figura 14 aparecen espectros característico de las pastas de dos fragmentos que muestran una alta concentración de Fe y presencia de K, Ca, Ba, Ti, Cu, Zn, Pb, Rb Sr, y Zr, la cual se diferencia en la relación Ca/Fe encontrada en la pasta de otros fragmentos (ej: pasta 1, 2, 3 y 4). Las áreas de algunos de estos elementos fueron empleadas para determinar cuantitativamente las diferencias entre las pastas. Las pastas de los fragmentos 1, 2, 3 y 4 de concentraciones similares, se diferencian ligeramente en las proporciones de Ca y Fe dada por el grado no idéntico del efecto de dilución por la probable adición de temperantes como la caliza (lo cual puede ser determinado por examen mineralógico).

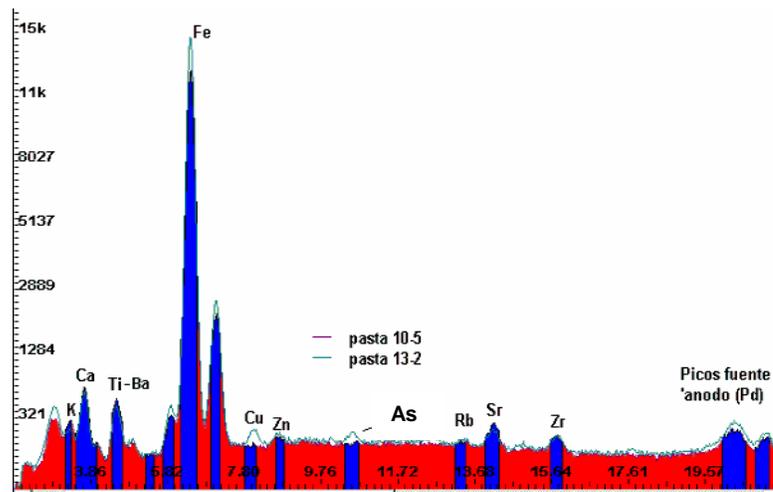


Fig. 14 Espectros FRX interpretados de las pastas cerámicas Cod*.10-5 y 13-2, compárese estas pastas con la del fragmento Cod. 1-4. La diferencia en los elementos trazas Cu y As fue luego explicada por la existencia de impurezas de restos de pigmento rojo en la zona de la pasta analizada (las únicas zonas descubiertas en este tiesto), comprobado por el análisis de los pigmentos rojos; lo que permite utilizar estos elementos trazas como un criterio adicional al de la pasta para agrupar los fragmentos Cod. 9, 10, 13 y 11. * Código de medición en el laboratorio.

Los gráficos de la figura 15 muestran la variación de los elementos mayoritarios, minoritarios y trazas en las muestras analizadas, pudiendo ser observadas 2 grupos: el primero formado por una pasta de mayor concentración de calcio (1-3), con variaciones en su concentración dentro de las muestras del grupo, el segundo formado por las muestras de menor concentración de calcio (9, 10, 13 y las muestras aisladas 7 y 11 identificadas la 11 por las variaciones de los elementos minoritarios y trazas (Zn, Ba, Sr y Zr) y la 7 por una mayor concentración de Zn característica de su pasta. Los resultados demostraron que existen variaciones en la pasta de las muestras que entran en la tipología de México pintado de rojo halladas en México a partir del análisis de las 14 muestras disponibles, apuntando a la existencia de subgrupos por la existencia de diferentes recetas. Estos análisis deben extenderse a un mayor número de muestras para poder establecer el criterio sobre el rango de dispersión de los valores de concentración de los elementos detectados dentro cada grupo y analizar pastillas de muestras de pastas, para poder caracterizar también los fragmentos que presentan ambas caras pintadas en rojo.

Durante este estudio supimos que esta tipología en México no se encuentra cronológicamente ordenada como las prehistóricas según la secuencia de la excavación arqueológica, por lo que el orden probable de esta investigación podría ser iniciar la caracterización de las cerámicas “México pintado de rojo” ampliamente representadas en la Habana según sus características visibles, secuencia arqueológica y lugar de ubicación en coordinación con las arqueólogas Sonia Menéndez Castro y Karen Mahe Lugo Romera y así establecer subgrupos de estudio para su

caracterización multielemental, realizar análisis mineralógico* de secciones de cerámicas que permitan caracterizar la tecnología de muestras representativas de los subgrupos detectados y mientras coleccionar la mayor cantidad posible de muestras de esta tipología hallada en México de acuerdo a las descripciones de los subgrupos determinados y preferiblemente de la zona de Yucatán desde, donde según los datos históricos, emigraron los indios mexicanos a la Habana.

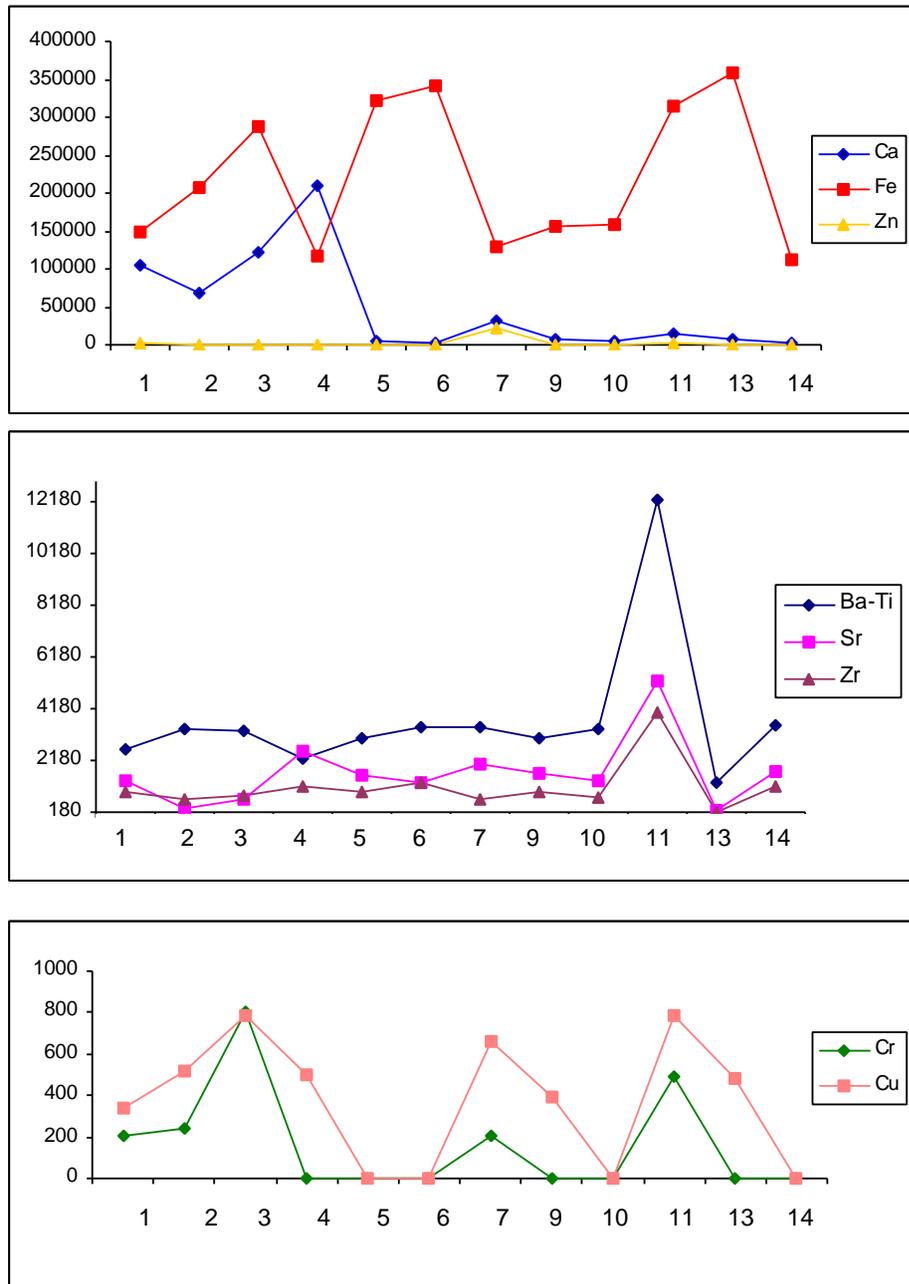


Fig. 15 Variación de elementos mayoritarios, minoritarios y trazas en los tiestos analizados.

* ya que no disponemos hasta el momento de tiestos de talleres que hayan sido los desechos del horno para utilizarlos como material de referencia del análisis multielemental lo que permitiría asignar las muestras a ese taller o por lo menos a un taller que usó el mismo depósito de arcilla y una receta de preparación de pasta similar.

Conclusiones

A través de los resultados expuestos y las potencialidades explicadas demostramos la contribución realizada por el Laboratorio de Arqueometría a la Arqueología en el centro histórico y su interés de colaborar con arqueólogos en proyectos de proveniencia de hallazgos arqueológicos desde la perspectiva descrita para lo cual es imprescindible disponer de un mayor número de muestras bien representadas (datos arqueológicos), lo cual fue ilustrado con los primeros resultados de los análisis de muestras clasificadas como “México pintado de rojo”.