

Espectroscopía Raman del pigmento rojo de la Flauta Preciosa

Roberto Velázquez Cabrera¹
Borrador consultivo. 22 de septiembre de 2014.



Fig. 1. Flauta Preciosa y rostro decorativo desprendido por fractura con pigmento rojo decorativo.

Antecedentes

Desde 2009, la Flauta Preciosa ha venido estudiándose a fondo y difundiéndose con amplitud, como ninguna otra,² con técnicas de la Arqueociencia Sonora. Es un caso muy especial, porque la flauta es hermosa y extraordinaria y no se conocen estudios de laboratorio de otras antiguas rescatadas y reguardadas en museos, ceramotecas y colecciones privadas nacionales y del extranjero, ni empresas o expertos especializados en autenticación de flautas de cerámica. Tampoco se han encontrado bases de datos nacionales de sus materiales, como: cerámica; pigmentos horneados o industriales y; restos biológicos mineralizados de insectos de sus superficies, para poder hacer comparaciones o correlaciones. Por ello, se considera importante empezar a caracterizarlos en laboratorios con equipos científicos, para difundirlos y que puedan servir como referencia en trabajos futuros de autenticación de resonadores descontextualizados de dudosa antigüedad y origen, como los provenientes de decomisos y de colecciones particulares. Ninguno de los cientos de miles de resonadores rescatados en contexto arqueológico, han sido caracterizados con técnicas científicas de laboratorio.

¹ <http://tlapitzalli.com/>

² <http://tlapitzalli.com/nuevos/5coatl/5coatl.htm> y <http://148.204.111.37/FP/index.html>

Objetivo

El objeto de estos trabajos, es probar la hipótesis del autor de que el cuerpo de la flauta y su rostro decorativo desprendido por fractura durante su transporte (Fig. 1), por los que la adquirieron en Tula hace como 40 años, fueron construidos con los mismos materiales y pudieron ser unidos al pastillaje y ser quemados juntos. La hipótesis está sustentada con base en los anteriores análisis visuales y de microscopia. La prueba es necesaria, porque el rostro decorativo ya fue analizado en el único laboratorio que ofrece servicios externos con la técnica de termoluminiscencia (TL)³ en el de Geofísica de la Universidad Autónoma de México (UNAM)⁴. Probaron que la cerámica del rostro decorativo es antigua, pero la prueba TL no pudo aplicarse al cuerpo de la flauta, por haber sido radiado antes, al tomarle radiografías para conocer su morfología interior. No se sabía que primero tenía que probarse con TL, porque no se conocían los protocolos secuenciales para su análisis en los laboratorios. El resultado de la prueba, ya fue dado a conocer abiertamente en el sitio *web* del autor⁵ y en varios foros como uno de arqueometría⁶.

Algunos investigadores de la Dirección de Estudios Arqueológicos (DEA) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) que examinaron visualmente las dos piezas de la flauta, opinaron que es artesanal reciente y que el rostro es de estilo teotihuacano. El único⁷ que la examinó con microscopio óptico, sugirió que se probara su autenticidad o determinara su fechamiento. Después de conocer los resultados de la prueba de TL, opinó que el cuerpo puede haber sido adherido recientemente. No ha sido posible fechar la flauta en un laboratorio oficial o particular, aunque es muy singular y ya fue registrada y pertenece al patrimonio nacional de bienes muebles arqueológicos (P.F. 2040-1).

Las principales evidencias de que la flauta puede ser antigua, ya han sido presentadas en varios foros como uno de arqueología⁸. El análisis visual y con microscopio óptico de las superficies de rotura de las dos piezas de la flauta, no muestra rastros de haber sido pegadas, ni materiales ajenos a la cerámica, como pegamentos. Dos piezas horneadas de cerámica pueden pegarse, pero la unión y el pegamento utilizado se notarían a simple vista, con una lupa o con un microscopio óptico, aunque su grueso fuera milimétrico. La unión con pegamento se observa hasta a simple vista, en la fractura del tubo de una flauta cuádruple⁹.

Las pruebas comparativas de los materiales de las dos piezas de la flauta son relevantes, porque si resultan iguales o muy similares, confirmaría que ambos pueden ser antiguos, si ya se probó en laboratorio que uno lo es. Si son muy diferentes, el cuerpo de la flauta puede no ser antiguo. Existen varias pruebas de laboratorio para comparar los materiales de la flauta,

³ <http://www.geofisica.unam.mx/laboratorios/institucionales/termoluminiscencia/>

⁴ Por el Técnico Responsable. Ángel Ramírez Luna, el 18 de junio de 2012. El costo de la prueba es de \$4000 pesos.

⁵ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/pdf/TL.pdf>

⁶ <http://www.ugm.org.mx/raugm/>

⁷ Jesús Mora Echeverría, profesor investigador del INAH.

⁸ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/pdf/Sonidos.pdf>

⁹ <http://tlapitzalli.com/nuevos/5coatl/fractura.jpg>

pero no han podido utilizarse porque no se han interesado en analizar los restos sonoros, son destructivas o más caras y no se dispone de fondos para ello¹⁰. Se decidió utilizar la prueba no destructiva de microscopía Raman, aunque posteriormente podrían aprovecharse otras técnicas de laboratorio, si se desea y es posible complementar las realizadas.

Pruebas anteriores de microscopía

Se realizaron pruebas de espectroscopia Raman en el Centro de Nanociencia Micro y Nanotecnología (CNMN)¹¹ del IPN, por ser el único que ha brindado servicios de microscopía para examinar los materiales de la Flauta Preciosa y la Ilmenita Sonora Olmeca¹², con la técnica Raman (*Olimpus BX41-Modelo HR800*) y la caracterización morfológica y pruebas de química básica con el Microscopio Electrónico de Barrido o MEB "QUANTA 3D FEG" (*FOCUSED ION BEAM*)¹³, desde 2010. En los análisis con un microscopio óptico y con el MEB, fue posible encontrar varias evidencias en la flauta, que indican que no es artesanal reciente, como las siguientes y otras que se muestran y comentan con detalle en el informe del estudio abierto detallado¹⁴ y sus anexos 2 y 3:

- Las fotomicrografías de materiales mineralizados de manchas oscuras especiales de las superficies de la flauta, cuyas principales características morfológicas son visibles hasta con un microscópico óptico¹⁵, son muy difíciles de poder imitarse artesanalmente. Parecen de origen biológico de poscocción que fue depositado y mineralizado durante cientos de años¹⁶. Su sola presencia indica que la flauta es antigua. Existen piezas de cerámica antigua rescatada con manchas similares, pero sin analizar y caracterizar en laboratorios.
- También tiene manchas oscuras y huellas ovaladas de pupas de insectos sobre pigmentos decorativos horneados¹⁷ y esgrafiados¹⁸, que tampoco pueden imitarse artesanalmente. Robert Pickering usó huellas superficiales similares de la tumba de Huitzilapa para identificar piezas originales de museos provenientes de tumbas de tiro del Occidente, de hace 2000 años¹⁹. Óvalos milimétricos de pupas en negativo con materia oscura alrededor de elementos típicos de materia biológica mineralizada son imposibles de imitar artesanalmente.

¹⁰ Los que ofrecen servicios externos cobran y prefieren atender servicios de empresas, como las trasnacionales.

¹¹ <http://www.nanocentro.ipn.mx/WPS/WCM/CONNECT/NANOCENT/CNMN/INICIO/INDEX.HTM>

<http://cnmn-ipm.blogspot.mx/>

¹² http://tlapitzalli.com/tesisv/tesis_virtual.pdf

¹³ Por Mayahuel Ortega, que tiene un doctorado sobre pigmentos de murales y con fondos de un programa de Marco Ramírez Salinas del CIC (<http://www.microse.cic.ipn.mx/mars>)

¹⁴ <http://tlapitzalli.com/nuevos/5coat/5coatl.htm>

¹⁵ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/f28.jpg>

¹⁶ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/f29.jpg>

¹⁷ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/f31.jpg>

¹⁸ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/f30.jpg>

¹⁹ http://www.fis.cinvestav.mx/~lmontano/amsci/ceramicaMexico-amsci2003_306.pdf

- Una cabeza o parte de un insecto encontrado²⁰ y una huella de cáscara de pupa de menos de 1 mm de largo, bajo material mineralizado²¹, tampoco pueden imitarse artesanalmente y también son evidencias suficientes para probar su antigüedad.
- El espectro del material oscuro indica que tiene elementos típicos del material orgánico²² como carbono (C) y oxígeno (O), y calcio (Ca) más hierro y manganeso (Fe y Mn) que se han encontrados en cerámica de algunas tumbas de tiro que también son difíciles de imitar artesanalmente. Tiene los típicos de la cerámica, como sílice y aluminio (Si y Al). No son de las tintas que usan para imitarlas. No tiene sal, porque no aparece el sodio (Na). Han dicho que manchas negras de réplicas apócrifas se imitan con sal, pero no han publicado análisis o pruebas de laboratorio que sustenten esas opiniones.
- Las características superficiales de algunas manchas oscuras de copias pueden observarse muy diferentes hasta a simple vista, que son como tintas aplicadas en forma de líquidos, ya que muestran corrimientos o chorreaduras²³.
- En un espectro se muestran los elementos del pigmento verde de la flauta²⁴. Sus picos más grandes son de aluminio (Al) y sílice (Si), pero el espectro de un pigmento de color verde similar industrial no tiene Al²⁵. Algunos encontrados no aparecen en el pigmento verde de la flauta como el platino (Pt).
- El rojo del rostro de la flauta tiene hierro (Fe)²⁶ con elementos cerámicos (el más intenso es del Si y aparecen otros incluidos en la cerámica incluyendo el Al y O) y microestructura granular²⁷ del polvo raspado. La morfología manométrica del pigmento rojo industrial, que es muy diferente, cristalizado en tubos, como se muestra claramente a 160000 X²⁸, y tiene principalmente hierro (Fe)²⁹.

Pruebas recientes de espectroscopia Raman

Las pruebas iniciales de Espectroscopia Raman fueron realizadas por el responsable de ese Laboratorio, maestro Luis Alberto Moreno Ruiz, pero los de pigmentos sólo se aplicaron a los materiales del rostro decorativo, porque el cuerpo de la flauta no cabía en el espacio de prueba del equipo que tenían disponible y se creía que los materiales de las dos piezas eran similares, considerando los análisis realizados. No se esperaba que fueran a cuestionar eso. En las primeras pruebas, se examinaron y caracterizaron los tres pigmentos (verde, blanco y rojo), la

²⁰ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/f18.jpg>

²¹ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/ANEXO3/PUPA/PUPA0.jpg>

²² <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/ANEXO3/MO/EMO.jpg>

²³ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/f43.jpg>

²⁴ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/ANEXO3/PV/EPV0.jpg>

²⁵ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/ANEXO4/EV8.jpg>

²⁶ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/ANEXO3/PR/EPR0.jpg>

²⁷ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/ANEXO3/PR/PR3.jpg>

²⁸ http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/ANEXO4/Fe_160000x.jpg

²⁹ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/ANEXO4/EFe.jpg>

cerámica del exterior y la quemada a menor temperatura del interior y el material oscuro mineralizado de origen biológico de insectos, probablemente moscas o escarabajos.

En las pruebas recientes también se examinó el resto de los materiales del cuerpo de la flauta, dado que el espacio de prueba del equipo actual lo permite. El pigmento verde mostró picos espectrales, pero no son iguales, por su heterogeneidad zonal y de su superficie (Fig. 2), aunque dos de ellos son semejantes. Las pruebas del blanco no mostraron picos espectrales.

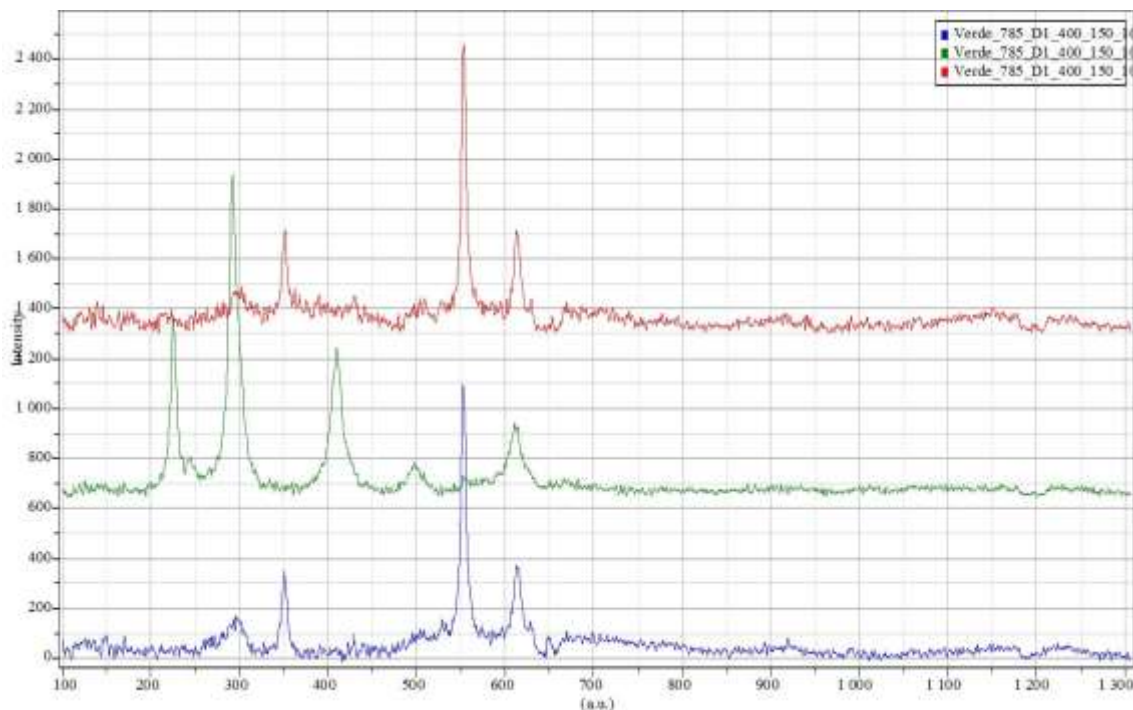


Fig. 2. Espectros comparativos Raman del pigmento verde de la Flauta Preciosa.

Como el pigmento rojo del rostro decorativo fue el que mostró picos espectrales Raman más claros en intensidad, y como es uno de los de origen natural más conocido y usado, es factible hacer comparaciones con bancos de datos Raman disponibles en el extranjero. El caracterizar los pigmentos cerámicos nacionales, permite ir formando un banco de datos, para poder hacer comparaciones locales. Ni siquiera los pigmentos importados, se han caracterizado localmente.

Las pruebas comparativas recientes, que también fueron realizadas por el maestro Moreno³⁰, muestran que el pigmento rojo de las dos piezas de la flauta es muy similar. Es semejante al proveniente de los minerales naturales más utilizados desde el pasado muy remoto. La Fig. 1 muestra la similitud espectral general de los puntos rojos analizados. La lista de claves de los pigmentos examinado esta invertida, en relación a los espectros incluidos en la Fig. 3. El espectro superior (PR1) es el último de la lista y corresponde al pigmento del rostro

³⁰ El 5 de septiembre de 2014. El costo actual es de \$686.14 pesos por hora por muestra.

decorativo³¹. El último espectro es de un punto de la boquilla y los tres de en medio son de varias zonas de la greca decorativa de la flauta.

Esa semejanza muestra que se usó el mismo tipo de pigmento rojo, lo que indica que las dos piezas no son de naturaleza y origen diferente y, por lo tanto, pueden ser antiguas, si una lo es, de acuerdo a la prueba realizada de TL a la cerámica del rostro decorativo. La mayor semejanza espectral se muestra entre las cuatro pruebas de cuatro puntos del pigmento rojo bruñido del cuerpo de la flauta.

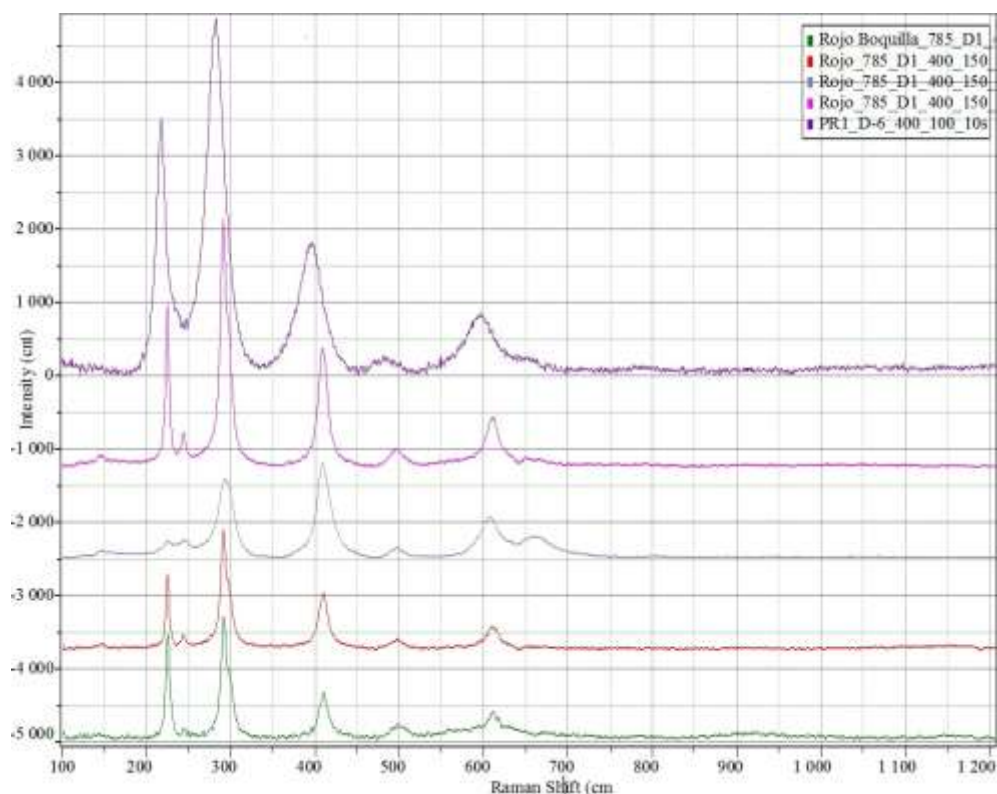


Fig. 3. Espectros comparativos Raman del pigmento rojo de la Flauta Preciosa.

Se observan algunas diferencias, porque el pigmento no es homogéneo, tiene varios elementos, fue contaminado, y el área del rayo láser es muy reducida, del orden de las micras. Por ello, los espectros de materiales cerámicos naturales no pueden ser exactamente iguales, aunque los del rojo son más claros, por ser químicamente sencillo y su capa un poco gruesa.

No fue posible analizar, ni enfocar o escanear áreas más amplias con el rayo láser, porque su superficie microscópica no es regular ni plana, como puede observarse en la fotomicrografía con áreas borrosas de la Fig. 4. El pigmento bruñido impidió tomar muestras de polvo, por quedar muy delgado y muy unido con la cerámica del fondo del cuerpo de la flauta, para poder dar su efecto superficial brillante.

³¹ No se hicieron otras pruebas al pigmento rojo del rostro decorativo, para no utilizar más tiempo del servicio.

No fue posible analizar, ni enfocar o escanear áreas más amplias con el rayo láser, porque su superficie microscópica no es regular ni plana, como puede observarse en la fotomicrografía con áreas borrosas de la Fig. 4. El pigmento bruñado impidió tomar muestras de polvo, por quedar muy delgado y muy unido con la cerámica del fondo del cuerpo de la flauta, para poder dar su efecto superficial brillante.

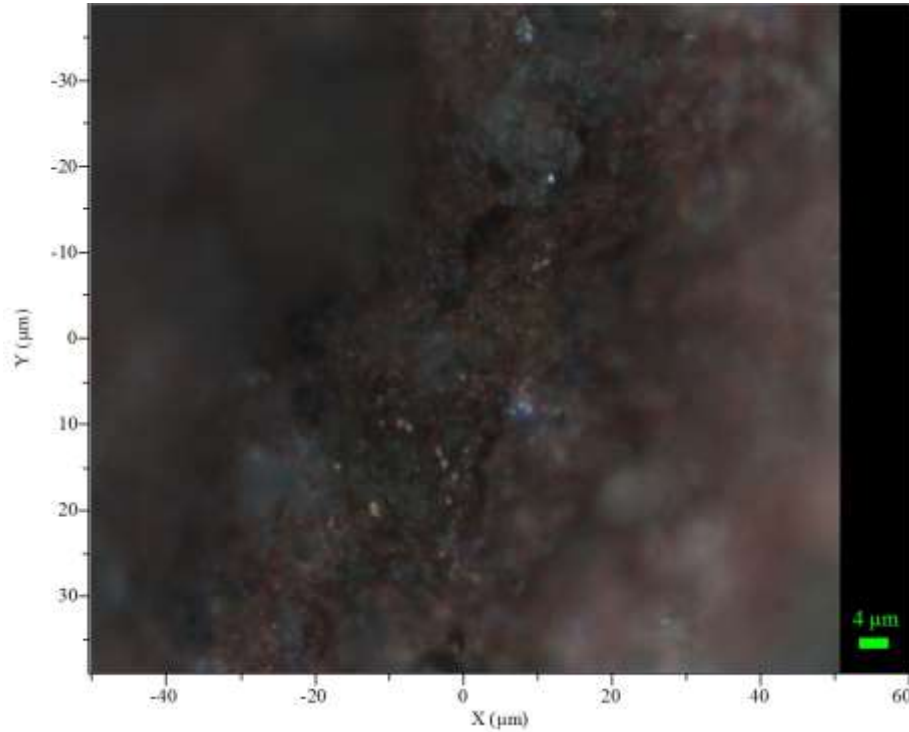


Fig. 4. Fotomicrografía de una zona reducida del pigmento rojo de la greca cuadrada roja.

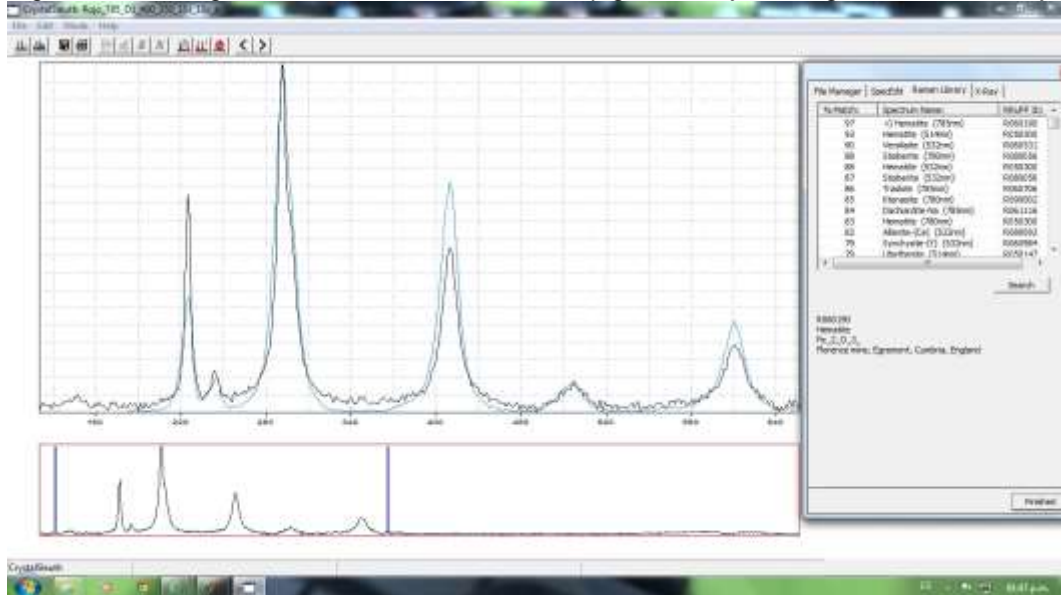


Fig. 5. 97% de correlación con una hematita de la base de datos *RRUFF*.

Una manera de analizar mejor los pigmentos, la cerámica y el material oscuro mineralizado, es incrementando el número de pruebas de espectroscopia Raman y otras técnicas de microscopia en áreas diferentes de las dos piezas de la flauta, con las mismas condiciones. Adicionalmente a la comparación espectral, pudieron encontrarse correlaciones con pigmentos rojos conocidos en sistemas disponibles abiertamente del extranjero, que son nuevos, porque no habían sido utilizados en los estudios anteriores de espectroscopia Raman de los materiales de la flauta:

En los recursos Raman del *Department of Chemistry - University College London* se encontró que los picos del espectro del pigmento rojo no bruñado, de una huella negativa ovalada de una pupa, del rostro decorativo (216.6, 283, 394, 480.3, 495, 790? y 1292 cm⁻¹) se asemeja al llamado rojo ocre³²: *iron(III) oxide chromophore (Fe₂O₃ + clay + silica)*³³.

El pigmento rojo decorativo del cuerpo de la flauta se parece más al llamado rojo marte, con un 97% de correlación con la hematita, de la base de datos *RRUFF*³⁴ (Fig. 5). Es más cristalino, posiblemente por haber sido bruñado, quedando comprimido en una capa muy delgada.

Conclusiones y comentarios finales.

Lo más importante de los resultantes de las pruebas Raman realizadas y brevemente comentadas, en relación a su objetivo, es que son congruentes con los indicios anteriores de que la Flauta Preciosa puede ser antigua. Eso significaría que en nuestro pasado pudo conocerse y usarse una tecnología sonora extraordinaria, fina y singular, ya que no se conoce una similar antigua de ningún lugar. Si no fuera antigua, no le restaría mucho valor, ya que tampoco se conoce una flauta reciente, similar en hermosura y finura, y de la misma calidad constructiva, decorativa y sonora. Aunque una forma de probar y determinar su antigüedad con certeza es con su fechamiento, no se ha encontrado una prueba no destructiva realizable para ello.

Con más pruebas del color en varias áreas, podrían utilizarse otras técnicas comparativas formales como las estadísticas. Sin embargo, los pigmentos cerámicos llamados de precocción son diferentes que los no quemados, porque los restos de estos pueden incluir materiales de origen orgánico y otros pigmentos rojos muy usados en la antigüedad, como el sulfuro de mercurio del cinabrio, que desaparecen durante su horneado.

Posteriormente, puede escribirse un texto más largo con todas las pruebas realizadas, ya que se dispone de las figuras y datos de cada uno de los resultados de pigmentos y otros materiales analizados puntualmente. Podría escribirse hasta un libro, pero este documento es breve, para facilitar su escritura y lectura. El mismo CNMN, dispone de otros equipos científicos que podrían utilizarse para hacer pruebas complementarias adicionales a los materiales de la

³² <http://www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/pigfiles/redocho.html>

³³ <http://www.chem.ucl.ac.uk/resources/raman/#red>

³⁴ <http://rruff.info/>

flauta, pero sus servicios son de mayor costo y requieren de muestras en polvo, como el de Difracción de Rayos X³⁵. No ha sido posible obtener apoyo institucional para realizar pruebas en laboratorio, por ser una investigación independiente y no se han encontrado administradores que puedan ayudar analizar y caracterizar los materiales de la flauta.

No se han rescatado flautas similares para comparar sus materiales, pero existe cerámica de tumbas de tiro del Occidente con manchas similares que podrían caracterizarse. Se han exhibido localmente y hasta en el extranjero y han sido limpiadas y fotografiadas, pero falta analizarlas formalmente en laboratorio, como referencia para trabajos de autenticación.

Actualmente, se exhiben piezas de cerámica, provenientes de tumbas de tiro en el Museo del Templo Mayor, en la exposición especial "Semillas de la vida/Sexualidad en occidente". Algunas, tienen manchas oscuras superficiales que podrían examinarse hasta con un microscopio óptico³⁶, para caracterizar las que provienen de materiales biológicos o decorativos. Ya se ha comentado que la cerámica rescatada de las tumbas de tiro de El Cajón es muy importante para este estudio, ya que muestra manchas oscuras similares³⁷, con fechamiento estimado antiguo (200 a.C. - 600 d.C.), por el estilo constructivo de vasijas. Si el material oscuro de esa cerámica es mineral, similar al de la flauta, daría una idea general del tiempo de su mineralización y hasta de su posible antigüedad.

Las pruebas de microscopia realizadas a los materiales de la Flauta Preciosa y la Ilmenita Sonora Olmeca, son un buen ejemplo de que restos de la extraordinaria y milenaria tecnología del México Antiguo y del actual, puede ser analizada y caracterizada con las mejores técnicas científicas disponibles, como las utilizadas en el CNMN del IPN. También se muestra que es posible ampliar la atención de las obligaciones y atribuciones legales que dieron origen a instituciones con espíritu y finalidades nacionalistas y patrióticas, como el IPN, y que no sólo pueden servir para subsidiar y dar servicios principalmente a las grandes empresas, incluyendo algunas transnacionales, y a los investigadores con presupuesto.

Seguiremos analizando con la mayor profundidad posible, los resonadores mexicanos que tenemos bajo custodia, porque cada tipología sonora relevante rescatada es de gran valor, y como no son muy conocidos, ni siquiera en la arqueología, también los difundiremos con nuestros medios disponibles. Esos trabajos podrían ampliarse, si surge interés en ello de parte de alguna institución técnica, científica o cultural.

El analizar y caracterizar bien las diversas variantes del pigmento rojo de origen natural, también es muy importante, porque era considerado sagrado y es el que más fue utilizado en el México Antiguo, desde en la decoración exterior de grandes monumentos inmuebles, como

³⁵ El costo actual es de \$1950.54 por hora, que no pude ser cubierto en estudios independientes sin presupuesto.

³⁶ <http://www.templomayor.inah.gob.mx/>

³⁷ <http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coatl/f38.jpg>

pirámides y murales, hasta en diversos tipos de bienes muebles, como en vasijas, esculturas y figurillas, así como textiles y muchos otros. Aparece hasta en nuestra bandera nacional.

Un pigmento cerámico tan importante en la antigüedad de casi todos los sitios importantes, como Tula y Teotihuacán, posiblemente relacionados con la flauta, debería ser analizado y caracterizado a fondo y con amplitud con microscopia. Existen decenas o cientos de millones de tepalcates (fragmentos de cerámica) que pueden servir para pruebas de arqueometría, pero vuelven a enterrarse en basureros o depósitos arqueológicos, sin ser bien analizados y caracterizados con profundidad.

El mineral de óxido de hierro del pigmento rojo también tenía y aún tiene otros usos importantes, como pulidor de metales y rocas, por las propiedades físicas de sus partículas.

Para poder analizar la estructura y morfología micrométrica o manométrica, de los materiales, se requiere de la microscopia, porque el ojo humano no distingue partículas separadas a una distancia menor de 0.2 mm.

La Flauta Preciosa puede ser el bien arqueológico que se analice y caracterice con mayor profundidad y amplitud, en laboratorios científicos, como los de microscopia. Ya es el primero de autenticación de una flauta descontextualizada y, si se complementa y amplía con otras pruebas de microscopia, puede ser un ejemplo para los trabajos de autenticación de piezas de cerámica sin información arqueológica.

Por desgracia, no se han encontrado interesados en publicar los resultados, ni siquiera en los foros pocos foros especializados, como los de arqueometría, que también cobran por presentar resultados, aunque sean originales en el análisis de los materiales cerámicos y sus pigmentos horneados y los materiales mineralizados de origen biológico.

Consultas y otras búsquedas

Se informó y preguntó³⁸ a Linda Manzanilla³⁹:

“Le escribo porque de la DEA del INAH me sugirieron preguntarle si tienen estudios de microscopía sobre pigmentos cerámicos (rojo verde y blanco) de precocción (horneados) y de cerámica color bayo del tipo coyotlatelco, para ver si pueden compararse con los de una flauta descontextualizada, que adquirieron en Tula hace como 40 años, pero los expertos me dicen que tiene un rostro decorativo de tipo teotihuacano. La que estoy estudiando desde hace tiempo:

<http://tlapitzalli.com/nuevos/5coat/5coatl.htm>

También tiene en sus superficies manchas oscuras mineralizadas que parecen de origen biológico, similares a alguna cerámica de tumbas de tiro, como la de Huitzipapa, según me comentó el experto americano en arqueología forense y curador Robert Pickering:

http://www.fis.cinvestav.mx/~lmontano/amsci/ceramicaMexico-amsci2003_306.pdf

³⁸ Jesús Mora Echeverría sugirió que la consultara, sobre los pigmentos cerámicos de Teotihuacán.

³⁹ http://132.248.9.34/libroe_2007/1050189_2/07_c03.pdf

http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_omnia/20/07.pdf

Creo que ya les informé del último documento consultivo de la ilmenita olmeca, pero no he recibido sus comentarios: http://tlapitzalli.com/tesisv/tesis_virtual.pdf

Informó: “No, sólo tenemos estudios de pigmentos del Clásico teotihuacano. Pero sabemos que el uso de diatomeas para hacer un tipo de blanco comenzó en el Clásico, en el centro de barrio de Teopancazco que excavé, y continuó en el Epiclásico. Pregúntele a Yoko Sugiura.”

Yoko Sugiura Yamamoto informó: “Efectivamente el pigmento blanco puede provenir de diversos orígenes: uno de ellos es diatomita, que abunda en la región lacustre. El origen de éste se remonta hasta el Preclásico y continúa, por lo menos, hasta el Epiclásico (el Coyotlatelco rojo sobre blanco). Hemos encontrado mucho en los materiales provenientes de la región lacustre como el valle de Toluca.”

Las diatomeas son exosqueletos de algas unicelulares que pueden tener muchos usos. Cuando practicaba la pintura, las usaba para lograr una pasta gruesa de la pintura acrílica con mucha luminosidad.

Linda Manzanilla publicó un documento sobre “Estudios Arqueométrico del barrio de Teopancazco en Teotihuacán”⁴⁰, pero no se incluyen pigmentos cerámicos horneados. Informa que el cinabrio fue encontrado en pintura roja de poscocción de cerámica, caracterizado con la técnica Raman (254 y 347 cm⁻¹). El óxido de fierro (Feo) y la hematita (F₂O₃) son los minerales del pigmento rojo más usado en los murales de ese sitio otros cercanos, según lo publicado por Diana Magaloni⁴¹ y por Mayahuel Ortega *et al*⁴².

Los pigmentos cerámicos también podrían caracterizarse con un colorímetro, como unos del Centro Nacional de Metrología. Tienen equipos hasta portátiles, pero también cobran y no hay bases de datos nacionales para poder hacer comparaciones. Los materiales de los pigmentos cerámicos también deberían ser caracterizados, hasta para propósitos comerciales o industriales, pero no se incluyen entre sus Materiales de referencia certificados⁴³, aunque tienen una Dirección General de Metrología de Materiales con una Dirección de Materiales de Referencia y una Dirección de Materiales Cerámicos.

Los arqueólogos locales usan el manual de colores Munsell⁴⁴. Desde 1950, su sistema se utiliza para analizar las tierras y suelos, pero tampoco han publicado tablas con los datos del sistema Munsell de los pigmentos cerámicos nacionales.

Existen flautas antiguas con pigmento cerámico rojo bruñido, como una hermosa del Templo de Fuego Nuevo (TFN-168) que ya fue analizada virtualmente⁴⁵ y se exhibe en la Sala Mexica del Museo Nacional de Antropología⁴⁶, pero no ha podido examinarse directamente.

⁴⁰http://www.iaa.unam.mx/comunidadIIA/archivos/MANL510125/Manzanilla_2012_LibroEstudiosArqueometricos.pdf

⁴¹http://132.248.9.34/libroe_2007/1050189_2/07_c03.pdf

http://www.posgrado.unam.mx/publicaciones/ant_omnia/20/07.pdf

⁴²<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1004853311627#page-1>

⁴³<http://www.cenam.mx/materiales/busquedamrc.aspx>

⁴⁴http://www.agry.purdue.edu/soils_judging/new_manual/ch2-color.html

<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1017504419218#page-1>

⁴⁵<http://tlapitzalli.com/ehecatl92/pame/guajolote.html>

⁴⁶http://www.tlapitzalli.com/ehecatl92/pame/flauta_TFN_198.jpg

Agradecimientos

1. Al maestro Luis Alberto Moreno Ruiz, por su valioso servicio técnico especializado en la Espectroscopia Raman (Fig. 6). El autor espera haber descrito bien sus pruebas y los principales resultados, ya que no es especialista en esas técnicas, pero no existe otra opción, porque no se han encontrado otros especialistas que puedan ayudar a interpretarlas, ni a realizar otras pruebas complementarias.



Fig. 6. Maestro Luis Alberto Moreno Ruiz

2. Al profesor investigador del INAH Francisco Rivas Castro, por haber apoyado con el costo de las últimas pruebas de Espectroscopia Raman.
3. A Daniel Tobón Sánchez, responsable de área de informática del Biblioteca Nacional de Ciencia y Tecnología⁴⁷ del IPN, por haber permitido utilizar una computadora conectada a Internet de la Mediateca-Hemeroteca, para escribir este texto y poder utilizar programas especiales y transferir electrónicamente archivos por *FTP* hacia mi sitio web de los EUA.
4. A Jesús Olivares, profesor-investigador del CIC del IPN, por permitir a tlapitzalli.com pertenecer a La REDI⁴⁸, para poder difundir los resultados de los estudios realizados.
5. A Jorge Luis Santa Cruz⁴⁹, porque es el único periodista que ha ayudado a difundir en sus sitios de noticias web, como el nuevo de *Periodismo Libre*, resultados de estudios recientes del autor en su sección sobre *Secretos sonoros mexicanos*⁵⁰.

⁴⁷ <http://www.dirbibliotecas.ipn.mx/Paginas/inicio.aspx>

⁴⁸ www.laredi.com

⁴⁹ <http://jisc.wordpress.com/about/>

⁵⁰ <http://www.periodismolibre.com.mx/secretos-sonoros-mexicanos/>