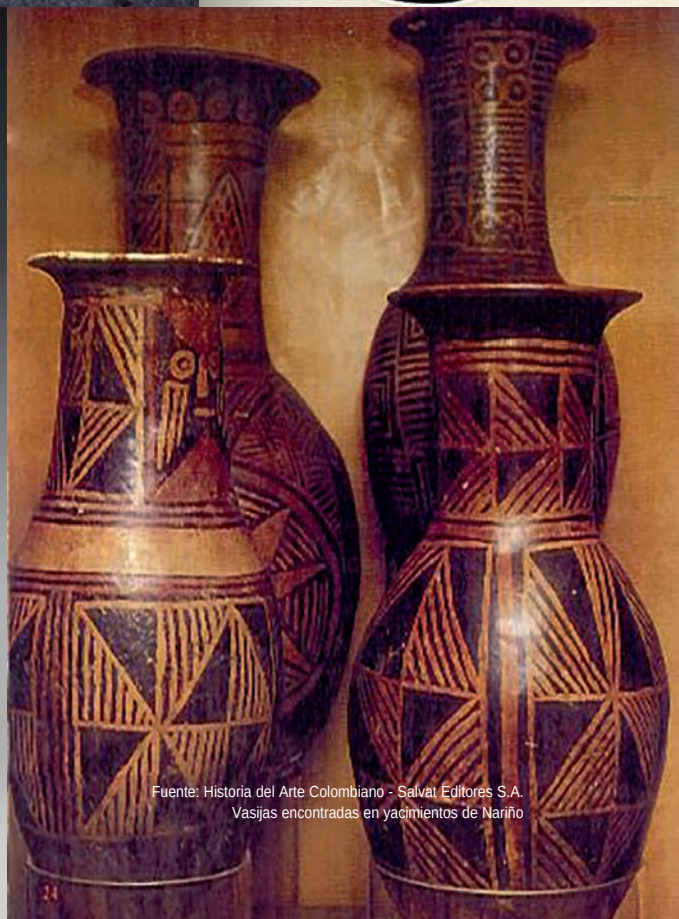

Fuente: Historia del Arte Colombiano - Salvat Editores S.A.
Vasijas encontradas en yacimientos de Nariño

# La luz sobre el patrimonio

**Liliana Margarita Ramos***
**Yenny Hernández****

En el marco de la celebración del Año Internacional de la Luz, este artículo presenta uno de los campos de aplicación de la luz: la investigación del patrimonio arqueológico. En primer lugar, en este artículo se hará énfasis en a qué se hace referencia cuando se habla de patrimonio. Concretamente, el patrimonio arqueológico tiene una serie de implicaciones en la comprensión de los contextos culturales de las sociedades antiguas, que resulta de particular interés en un país tan diverso como Colombia.

A continuación, se presentará en detalle una de las posibilidades tecnológicas que utiliza luz láser, para este tipo de investigación: la espectroscopia Raman. Por último, se presentarán los resultados de un trabajo reciente, enfocado en el análisis Raman y de fluorescencia de cerámicas arqueológicas de la región de Nariño.

## Patrimonio y arqueología

En términos generales, el patrimonio da información sobre el pasado de una sociedad, convirtiéndose en un insumo fundamental para la definición de su identidad. Este comprende bienes materiales e inmateriales que representan la cultura de determinada nación. Dentro de este concepto se encuentra el concepto de patrimonio arqueológico, que, puede decirse someramente, concierne específicamente bienes materiales de sociedades pasadas. Es importante indicar que patrimonio es un concepto complejo, que ha ido cobrando importancia en el marco de procesos mundiales de globalización, construcción de estados nación y definición e implementación de conceptos de desarrollo y desarrollo sostenible [1]. Lo anterior ha incentivado la creación de marcos legales para su tratamiento. Encontramos pues, para Colombia, definiciones legales como la siguiente:

> "El patrimonio cultural de la Nación está constituido por todos los bienes materiales, las manifestaciones inmateriales, los productos y las representaciones de la cultura que son expresión de la nacionalidad colombiana (…)". Artículo 4 - Ley 1185 de 2008

* Estudiante de Física de la Universidad de Los Andes y estudiante de Antropología de la Universidad Nacional. He trabajado en proyectos de antropología social y de arqueología, en temas relacionados con conservación y museografía. Participo del grupo de Nanomateriales del departamento de Física en los Andes. Soy miembra del grupo de Estudios Amazónicos Yauda, en la Universidad Nacional de Colombia. lm.ramos660@uniandes.edu.co

** Directora del Laboratorio de Nanomateriales, Profesora asistente del Departamento de Física de la Universidad de los Andes. Egresada de la Universidad Nacional con Doctorado del Trinity College en Dublin – Irlanda. Project Leader durante tres años en el Instituto Max Planck para la investigación en polímeros en Mainz – Alemania. yr.hernandez@uniandes.edu.co

En Colombia, la regulación sobre el patrimonio ha recorrido un largo camino desde comienzos del siglo XX, hasta nuestros días. La Constitución de 1991, en el artículo 7, abre el camino al reconocer y proteger la diversidad étnica y cultural. Posteriormente sería la Ley 397 de 1997, la Ley General de Cultura, la que establecería las definiciones y los lineamientos concernientes al patrimonio de la nación y, en particular, al patrimonio arqueológico. La anterior fue modificada y ampliada por la Ley 1185 de 2008, según la cual:

> "El patrimonio arqueológico comprende aquellos vestigios producto de la actividad humana y aquellos restos orgánicos e inorgánicos que, mediante técnicas y métodos propios de la arqueología y otras ciencias afines, permiten reconstruir y dar a conocer los orígenes y las trayectorias socioculturales pasadas y garantizan su conservación y restauración. (…)" Artículo 6 - Ley 1185 de 2008.

Como es de esperarse, en torno al patrimonio se han formulado diversas discusiones teóricas, sociales y políticas. A pesar de ello, es innegable que lo que se entienda por patrimonio tiene una gran incidencia en la definición identitaria de una nación y en la visión que una sociedad tiene de sí misma.

En particular, Colombia se ha caracterizado por una negación de su pasado indígena (situación que se ha ido transformando paulatinamente), por la cual es frecuente el desinterés en la historia anterior a la Conquista. Esta tendencia puede identificarse como una consecuencia de la colonización del conocimiento que ésta implicó, por la cual los conocimientos europeos, indígenas y africanos, entre otros, fueron jerarquizados. Así, han perdurado en el imaginario colectivo concepciones erradas, como la superioridad tecnológica de los conquistadores sobre los pueblos prehispánicos. Una de las consecuencias más críticas ha sido la descalificación del desarrollo y la complejidad tecnológica de los estilos de vida y las producciones de las sociedades precolombinas. [1]

La investigación sobre el patrimonio tiene el potencial de modificar la comprensión que los colombianos tienen de su propia historia y, con ello, brindar argumentos sólidos para la transformación de estas concepciones erradas. Además, su injerencia en los procesos de definición de la identidad nacional, redundando en el fortalecimiento de las relaciones sociales y, con ello, en la reconstrucción del tejido social. Finalmente, en torno al patrimonio se desarrollan actividades con implicaciones económicas, como lo son el turismo y las actividades museográficas

EN COLOMBIA, LA REGULACIÓN SOBRE EL patrimonio ha recorrido un largo camino desde comienzos del siglo XX, hasta nuestros días. La constitución de 1991, en el artículo 7, abre el camino al reconocer y proteger la diversidad étnica y cultural.

La identificación de regiones culturales en Colombia, como Tairona, Quimbaya, Muisca, entre otras, obedece a una tendencia de la arqueología de mediados del siglo XX. En esta época había gran interés en el establecimiento de cronologías y la periodización de la ocupación en los sitios arqueológicos. No obstante, el uso de nuevas tecnologías permite ahondar en la comprensión del registro arqueológico. Se trata de técnicas como la espectroscopia Raman, la espectroscopia Infrarroja, la difracción de rayos X, la fluorescencia de rayos X y la microscopía óptica, que permiten hacer una caracterización más detallada de los objetos arqueológicos. Tal nivel de detalle permite hacer inferencias sobre los procesos de manufactura necesarios para esa producción material, describiendo con ello procesos tecnológicos y contextos culturales.

## Espectroscopia Raman

La espectroscopia Raman es una técnica que usa radiación monocromática para analizar la composición de los compuestos. Esta técnica hace uso del fenómeno Raman y se trata de un fenómeno de interacción luz-materia, que ocurre una vez cada 106-108, eventos donde la luz es dispersada inelásticamente. Esto quiere decir que dicha radiación dispersada tiene una energía distinta de la radiación incidente; si es menos energética ha ocurrido un evento denominado Stokes; si es más energética, es un evento anti-Stokes. En caso de que tuviese la misma energía, habría ocurrido un fenómeno de Rayleig, que corresponde a la dispersión elástica que es mucho más probable. [2]

La radiación que incide en la muestra, perturba la nube electrónica de la molécula, modificando con ello la polarizabilidad de la molécula; esto es, su capacidad de cambiar su polarización. El haz de luz interactúa con la nube electrónica, sin alterar la posición del núcleo, generando unos estados energéticos de corta duración denominados estados virtuales, que no corresponden a estados vibracionales de la estructura [2, 3]. Al lograr estos *estados virtuales* se genera un momento de dipolo momentáneo, con el que es posible analizar la probabilidad de transición entre un estado inicial y el final.

Cuando la molécula se des excita, radia un fotón de energía distinta al incidente y queda un estado vibracional que en el caso de la dispersión inelástica no es el estado inicial. Precisamente, la diferencia de energía de la radiación incidente y la dispersada, corresponde a la energía necesaria para activar (o desactivar, en un evento anti-stokes) el nuevo estado vibracional. Esto significa que la energía de la radiación dispersada depende de la estructura molecular del compuesto que se está analizando.

El equipo Raman detecta la radiación dispersada y registra el cambio en el número de onda de la radiación incidente y la dispersa en lo que se denomina *Raman shift*. Así pues, mayor intensidad en determinado rango del *Raman shift* da cuenta de la activación de determinado modo vibracional. El conjunto de estos picos resultan en la identificación efectiva de la molécula analizada.

La señal de la dispersión y, por ende, la del espectro, será mayor entre mayor sea la perturbación de la nube electrónica. Esto es consecuente con la predicción teórica según la cual la intensidad de la señal Raman es proporcional a la cuarta potencia de la frecuencia, es decir, es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda. De manera que al hacer incidir radiación más energética, que tiene mayor frecuencia y menor longitud de onda, se obtendrá mayor intensidad. [2]

Esta técnica suele ir acompañada por el análisis de la espectroscopia Infrarroja (en adelante, IR). En ella se hace incidir un espectro de radiación que está en el rango del Infrarrojo (mayor a los 780nm). Cuando la energía de esta radiación coincide con la energía de activación de un modo vibracional, esta modifica el momento dipolar de la misma y es absorbida. Los espectros registran para qué número de onda, proporcional a la de energía, se activa un modo vibracional de la molécula. [4]

También es importante considerar que algunos modos vibracionales no son activos en el fenómeno Raman. La radiación incidente debe modificar la polarizabilidad para lograr esta dispersión inelástica, para lo que se genera un momento dipolar momentáneo. Esto resulta en que los modos vibracionales asimétricos son más activos (presentan mayor intensidad) que los modos vibracionales simétricos. [4] En especial, si una molécula es centrosimétrica, cada modo vibracional no puede ser activo, simultáneamente, en Raman y en IR.

## Espectroscopia Raman en la arqueología

La popularización de esta técnica en épocas recientes ha sido posible gracias a la implementación de la tecnología necesaria para su uso eficiente (e.g. láseres, fotomultiplicadores y detectores); de manera que ha llegado recientemente a la disciplina arqueológica. Para comienzos del siglo XXI en Inglaterra señalaba la escasa inclusión de este tipo de estudios en la bibliografía arqueológica [5]. No obstante, la utilización de esta técnica en la arqueología se ha ido incrementando paulatinamente, como se evidencia en diversas publicaciones alrededor del mundo, como por ejemplo Turquía, México, Argentina e Italia. En el caso de Colombia, se han llevado a cabo trabajos, principalmente en relación con el estudio de arte pictórico, mas no con la investigación en cerámicas arqueológicas.

La espectroscopia Raman en arqueología se ha utilizado en la caracterización de material lítico, cerámico, óseo e incluso en textiles. El interés de dicha disciplina en la utilización de esta técnica radica fundamentalmente en su carácter no-destructivo y la posibilidad de identificar compuestos indistinguibles en técnicas como la difracción de rayos-X (XRD). Esta técnica no requiere preparación de muestras, sino que estas pueden ser colocadas directamente bajo el objetivo del espectrómetro, tal como se muestra en la Figura 1. [2] Es decir, la micro-destrucción necesaria en técnicas como la espectroscopia IR con transformada de Fourier (FT-IR) puede descartarse. A esto se le suma la posibilidad de trabajar en el espectro visible, menos energético que técnicas que se ubican hacia el Ultra-Violeta y, por ende, causa menos deterioro.

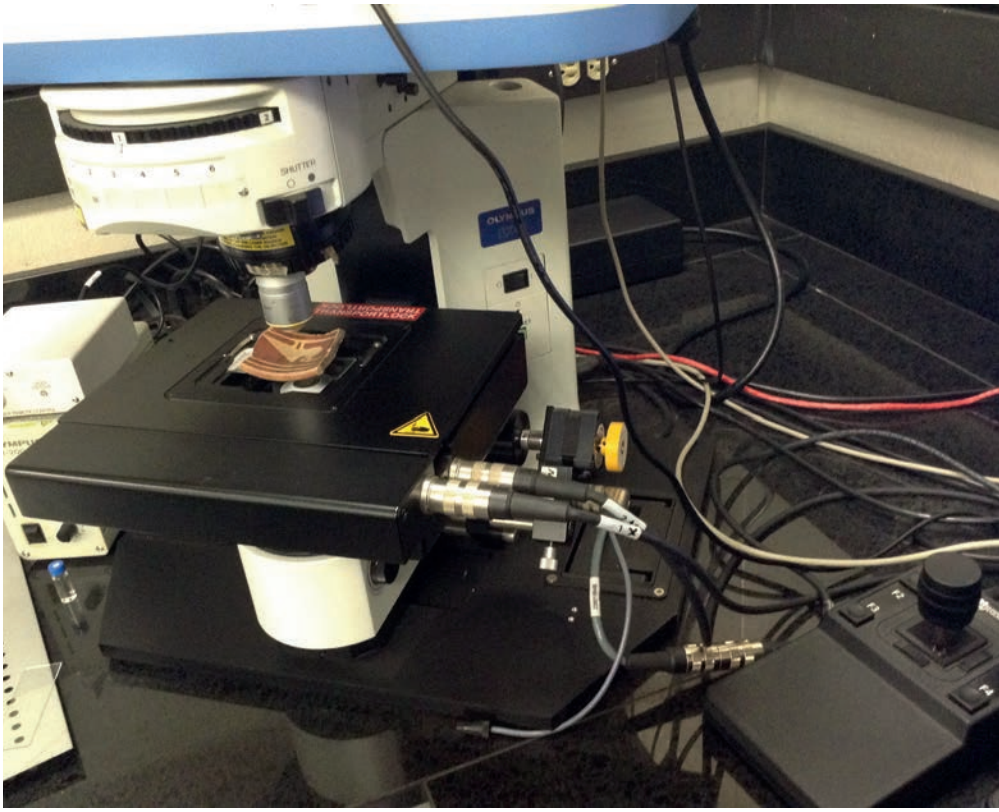

Figura 1 - Montaje de las muestras en el espectrómetro espectrómetro XPlora Raman Horiba en el marco del proyecto de investigación sobre pigmentos en cerámicas arqueológicas de Nariño

## Investigación realizada en cerámicas arqueológicas de Nariño

En el marco de la investigación para el proyecto de grado en Física [6] se planteó una investigación que usaba la espectroscopia Raman y la microscopía de Fluorescencia para caracterizar pigmentos de algunos fragmentos de cerámicas arqueológicas de Nariño. La cerámica de esta región se caracteriza por su variedad cromática y por la riqueza en diseños, especialmente formas geométricas; lo que llamó la atención de las investigadoras. Al ahondar en la clasificación arqueológica de la región, se encontró la definición estilística de tres complejos cerámicos: Capulí, Piartal y Tuza [7]. Aun cuando hay gran discusión sobre esta clasificación, especialmente en términos de cronología [8], se usó este marco conceptual pues permitiría agregar al proyecto un componente comparativo: no solo comparar entre las distintas coloraciones presentes en un solo fragmento, sino también entre el tipo de pigmentos usados en los distintos complejos.

Los siete fragmentos arqueológicos usados en la investigación fueron solicitados en préstamo al Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH). El primer criterio fue su filiación a cada uno de los tres complejos; a continuación se escogieron fragmentos de superficies más lisas; por último se eligieron aquellos que presentaban gran variedad cromática y diversidad de diseños. Se trataba de piezas con curvatura, para lo que se denominó A como el lado convexo y B el lado cóncavo. En cada uno de ellos se identificaron diferentes regiones de color, coloraciones roja, negra, crema, café o café claro; cada una de las cuales fue analizada en un punto.

Para cada región de interés se tomaron los espectros con el espectrómetro XPlora Raman Horiba, que se encuentra acoplado al Microscopio Olympus BX41, a cargo del departamento de Química de la Universidad de Los Andes. Este equipo cuenta con tres láseres que fueron usados para cada punto de interés, estos tenían longitudes de onda de 785nm, 638nm y 532nm. Los resultados obtenidos con el láser de 785nm fueron descartados, por lo que parece ser un defecto en la óptica del equipo, pues éstos espectros mostraban una misma estructura en la región de 1300-1600cm$^{-1}$ independientemente de la muestra analizada. Mientras que buena parte los resultados logrados con el láser de 638nm mostraron periodicidad en la región comprendida entre 600-1200cm$^{-1}$ , los espectros obtenidos con el láser de 532nm presentaron estructuras más definidas y, en consecuencia con la predicción teórica, mayor intensidad.

Los resultados obtenidos para los fragmentos pertenecientes al complejo Capulí y Piartal no se lograron resultados concluyentes. Este hecho constituye aún un aspecto de reflexión e indagación para el equipo de trabajo. Sin embargo, algunas de las hipótesis que se han formulado se relacionan con el fenómeno de autofluorescencia que es especialmente intenso en estas muestras, que habría de enmascarar los picos de las regiones iniciales del espectro, donde suelen figurar los modos vibracionales de los compuestos minerales asociados.

Por el contrario, los resultados de los fragmentos cerámicos asociados al complejo Tuza dieron señales más definidas y, por consiguiente, una identificación más apropiada de los compuestos de sus pigmentos. Se trata de las muestras 5, 6 y 7, según la nomenclatura de la investigación, ilustradas en las Figuras 2, 3 y 4.

En particular, la muestra número 5 constituyó un objeto interesante de reflexión, puesto que no se tenía total claridad sobre su filiación estilística: Piartal o Tuza. Según los informes asociados al material cerámico de la región de Nariño en custodia del ICANH [9, 10], las figuras y la decoración del fragmento (Figura 2) corresponden al estilo cerámico Rojo sobre Crema, asociado al complejo cerámico Tuza. Empero, este fragmento estaba almacenado en la misma bolsa en la que se encontraban los fragmentos identificados con el complejo Piartal, lo que sugeriría su posible pertenencia a dicho complejo cultural.

Efectivamente, los resultados experimentales de la espectroscopia Raman mostraron la similitud de los espectros obtenidos para la muestra número 5 y los de las muestras 6 y 7, especialmente en las regiones de coloración rojiza. Estas

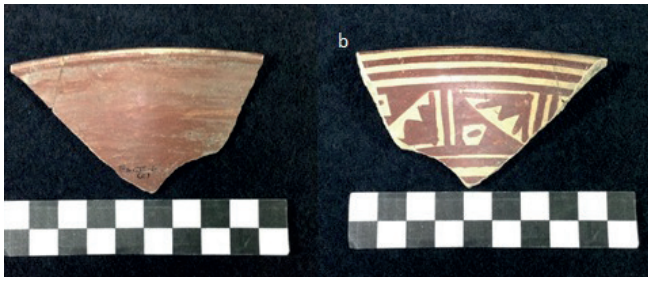


Figura 2 - Muestra 5-Fragmento de borde asociado al complejo Tuza: estilo Rojo sobre Crema

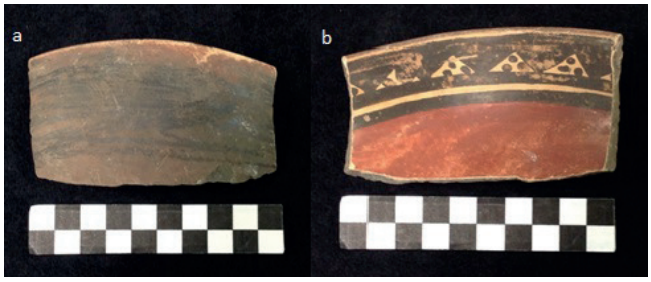


Figura 3 - Muestra 6-Fragmento de borde asociado al complejo Tuza: estilo Negro y Rojo sobre Crema

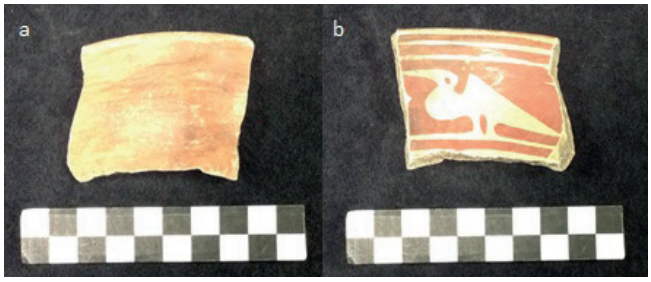


Figura 4 - Muestra 7-Fragmento de borde asociado al complejo Tuza: estilo Negro y Rojo sobre Crema

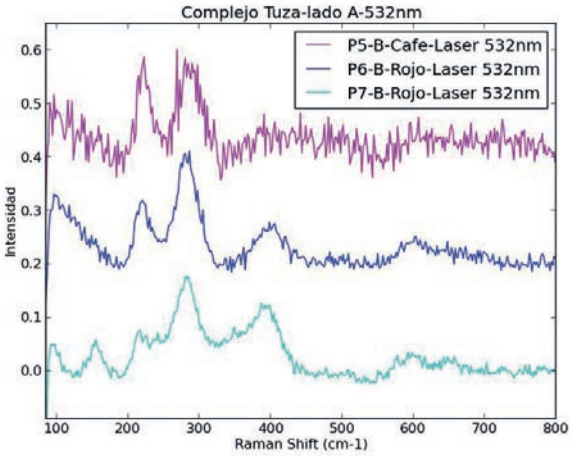


Figura 5 - Comparación de los espectros obtenidos con el láser de 532nm en las regiones de tonos rojizos en el lado B (cóncavo) de los fragmentos 5, 6 y 7

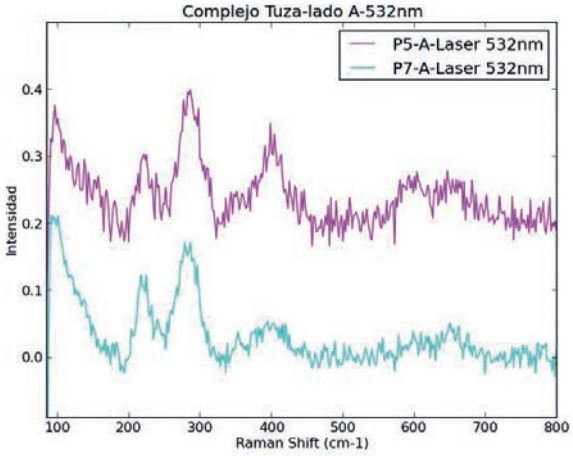


Figura 6 - Comparación de los espectros obtenidos con el láser de 532nm en las regiones de tonos rojizos en el lado A (convexo) de los fragmentos 5 y 7

zonas rojizas fueron identificadas como color café para la muestra número 5 y como color Rojo para las piezas 6 y 7. La Figura 5 muestra la comparación entre estas regiones en el lado B, mostrando la coincidencia de sus espectros y la Figura 6 muestra la comparación entre los espectros del lado A de las muestras 5 y 7 que también presentan coloración rojiza.

Los rasgos más característicos de los espectros se encuentran en la región inicial, a partir de la cual se identificó la presencia de Anatasa ($TiO_2$), Hematita ($Fe_2O_3$) y Burnt Umber ($Fe_2O_3$+xMnO). En particular, las muestras 5 y 7 presentan una composición muy similar para las regiones rojizas, donde se sugiere la abundante presencia de Hematita identificada a partir de los siguientes rasgos: picos más intensos alrededor 219cm$^{-1}$ y 285cm$^{-1}$, y un pico menos intenso sobre 403cm$^{-1}$ (que junto al pico sobre 612cm$^{-1}$, corresponden a un enlace Fe-O). No obstante, la presencia de un pico alrededor de los 1300cm$^{-1}$ sugiere la presencia del compuesto Burnt Umber. Esto se ilustra en la Figura 7, donde aparecen los compuestos de referencia.

De igual manera, la región de color rojo para la muestra número 6 sugiere la presencia de Hematita y de Burnt Umber. Estudios similares en Argentina [10] [11] (Acevedo et. Al, 2012; Marte et. Al, 2012) muestran que la Hematita es un óxido ferroso que se obtiene de la transformación de Magnetita ($Fe_3O_4$) en una atmósfera oxidante, lograda con temperaturas entre 400-800ºC.

No obstante, la muestra número 6 en la región de coloración negra presenta un gran pico alrededor de 663cm$^{-1}$. Este pico se encuentra asociado con la Magnetita, lo que significa un proceso de cocción en atmósfera no-oxidante. Lo que llevó a las investigadoras a sugerir que éste podría ser producto de una segunda cocción.

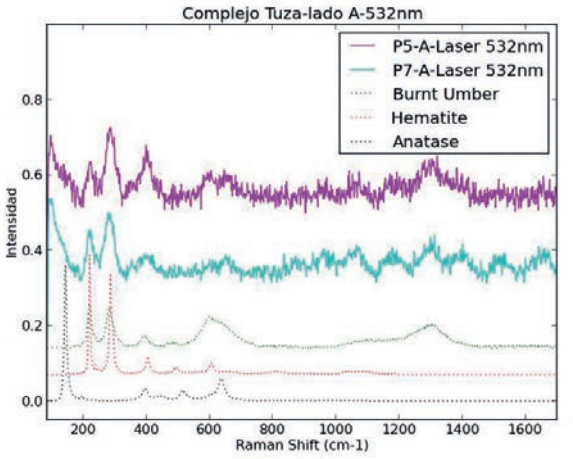


Figura 7 - Comparación de los espectros obtenidos con el láser de 532nm en las regiones de tonos rojizos en el lado A (convexo) de los fragmentos 5 y 7 con los compuestos identificados.

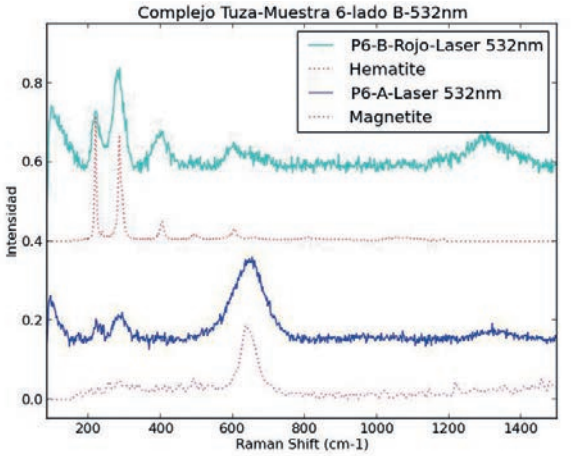


Figura 8 - Comparación de la identificación de compuestos del fragmento 6 en las regiones Roja y Negra del lado B (cóncava) con los espectros obtenidos con el láser de 532nm.

Fuente: Museo del Oro del Banco de la República

## Consideraciones finales

El uso de la luz para la investigación del patrimonio, en particular con el uso de la espectroscopia Raman, constituye un espacio de reflexión interdisciplinar. En Colombia esta perspectiva no es del todo innovadora, pues ya existen este tipo de iniciativas mixtas; la novedad está en el uso de esta técnica y su aplicación en material cerámico, que es uno de los principales objetos de la investigación arqueológica en el país.

La investigación de los procesos de manufactura implica conocer qué tipos de materiales eran usados, logrando hacer inferencias sobre los procesos de obtención de los mismos; además, requiere conocer qué procesos en términos de elaboración, de cocción y de manejo de los materiales implican estos compuestos. En el caso específico de esta investigación se sugiere la ocurrencia dos procesos de cocción. No obstante, para robustecer tales aseveraciones es pertinente analizar las muestras otras técnicas, usadas también en arqueología, y aplicar aproximaciones como de lo que se denomina "arqueología experimental". Esta última reproduce los objetos arqueológicos y, al conocer todas las variables experimentales, identificar si efectivamente se obtienen los mismos resultados.

Estos resultados son preliminares si se piensa en la necesidad de ampliar la investigación en términos de muestreo. Hasta este punto, no es absolutamente concluyente y sus sugerencias no son del todo contundentes, por lo que es necesario enriquecerla con el análisis de más fragmentos y de más regiones. Así, sería posible identificar tendencias y establecer metodologías para este tipo de investigación.

Este tipo de investigaciones busca aportar a la comprensión de los procesos de manufactura propios de las sociedades prehispánicas. Lo que se traduce en reafirmar que se trata de procesos tecnológicos complejos que implican un acervo de conocimientos importante por parte de las sociedades prehispánicas RJ

### Bibliografía


1. Aceituno Bocanegra, F.J. (1998). Arqueología y desarrollo sostenible en Colombia. *Complutum*, 9, 335.

2. Smith, E., & Dent, G. (2013). Modern Raman spectroscopy: a practical approach: John Wiley & Sons.

3. Lewis, I. R., & Edwards, H. (2001). Handbook of Raman spectroscopy: from the research laboratory to the process line: CRC Press.

4. Colthup, N. (2012). Introduction to infrared and Raman spectroscopy: Elsevier.

5. Smith, G. D., & Clark, R. J. (2004). Raman microscopy in archaeological science. Journal of Archaeological Science, 31(8), 1137-1160.

6. L. M. Ramos Moreno. Espectroscopia Raman y microscopía de fluorescencia de pigmentos en complejos cerámicos de Nariño. Universidad de los Andes. Bogotá – Colombia (2015)

7. Arte de la tierra: Nariño (1992) Fondo de Promoción de la Cultura; traducción: David Stemper, Felipe Rojas; fotografía: Alejandro Rojas. (1992). Bogotá: Banco Popular.

8. Lleras Pérez, R., Gómez, L. A., and Gutiérrez, J. (2007). El tiempo en los andes del norte de Ecuador y sur de Colombia: Un análisis de la cronología a la luz de nuevos datos. Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 12(1):61.

9. Groot, A.M. & Hookyas, E. M. (1991). *Intento de delimitación de los grupos étnicos Pastos y Quillacingas en el altiplano Nariñense*. Bogotá, FIAN.

10. Uribe, M.V. (1978). *Asentamientos Prehispánicos en el altiplano de Ipiales* en Revista Colombiana de Antropología, Vol. XXI. Bogotá

11. Acevedo, V. J., López, M. A., Freire, E., Halac, E. B., Polla, G., and Reinoso, M. (2012). Estudio de pigmentos en alfarería estilo negro sobre rojo de quebrada de Huamaca Jujuy, argentina. Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino, 17(2):39-51

12. Marte, F., Acevedo, V. J., and Mastrangelo, N. (2012). Técnicas arqueométricas combinadas aplicadas al análisis de diseños de alfarería "tricolor tricolor" de quebrada de Huamaca Jujuy, argentina. BoletÍn del Museo Chileno de Arte Precolombino, 17(2):53-64.

13. Colmenares, G. (1987). La formación de la economía colonial (1500-1740).*Historia económica de Colombia*, 13-47.

14. González Fernández, V. (2006). El manejo del patrimonio arqueológico en Colombia. *Anuario Turismo y Sociedad*.