

Análisis microscópico de la ilmenita sonora olmeca



Fig. 1. Ilmenita sonora (P.F. 2040-2)

Roberto Velázquez Cabrera¹

El objetivo de este documento es mostrar los principales resultados del análisis de la Ilmenita sonora (Fig.1) utilizando un microscopio electrónico de barrido (MEB) y Raman de la morfología y la química básica o semicuantitativa, que pudieron obtenerse con los primeros estudios realizados en el Laboratorio de Caracterización de Nanomateriales del Centro de Nanociencias y Micro y Nanotecnologías (CNMN) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), en 2010².

Los servicios de microscopia proporcionados son importantes, por ser los primeros de su tipo que se han hecho a resonadores mexicanos. No fue posible hacer estudios en un equipo de difracción de rayos X del CNMN para determinar los compuestos de los elementos, porque la pieza no cabía en el espacio disponible para su análisis, ya que se usa principalmente para examinar capas delgadas de materiales. Como la pieza es arqueológica y está completa, para su estudio no debe utilizarse métodos destructivos, como los que requieren de muestras delgadas cortadas o en polvo. También se obtuvieron espectros con un equipo Raman “Olimpus BX41-Modelo HR800”.

¹ Investigador de resonadores mexicanos (<http://www.tlapitzalli.com>)

² Se agradece a la Dra. Mayahuel Ortega y al maestro Luis Alberto Moreno, por las sesiones de microscopia MEB y Raman, y al Dr. Marco Antonio Ramírez, profesor investigador del Centro de Investigación y Computación del IPN y miembro de la Red de investigadores sobre nanotecnologías del IPN, por su apoyo para poder obtener los servicios de microscopia del CNMN. En otras sesiones anteriores, también me ayudaron a examinar los pigmentos y materiales cerámicos de la Flauta preciosa 5-Sol-Vida (Velázquez, 2009b).

No ha sido posible realizar otros análisis avanzados complementarios en laboratorios. Es muy difícil realizar estudios a fondo de los materiales de piezas arqueológicas³ y más, cuando son de investigaciones independientes sin grandes recursos disponibles, como es el caso de los estudios de la ilmenita sonora.

La pieza sonora examinada es extraordinaria por sus características materiales minerales, morfológicas y sonoras. Se considera que es muy importante analizarla en detalle, porque se han encontrado cerca de 150,000 objetos líticos similares en el sitio olmeca de San Lorenzo Tenochtitlan (Cyphers y di Castro, 1989), cuya antigüedad estimada es de hace tres milenios, pero desgraciadamente no se conocen ni sus características físicas y químicas detalladas, a pesar de ser el objeto lapidario de morfología constructiva semejante que se ha encontrado en mayor cantidad en un sitio arqueológico. Existen otras que no han reconocido ni como objetos arqueológicos⁴.

Se ha recomendado que cada tipo de resonador mexicano rescatado debería ser estudiado con la mayor profundidad posible y, más aun, cuando son singulares como la ilmenita sonora. Por tal motivo, desde 1999 el extraordinario resonador bucal ha venido estudiándose como ningún otro, y los resultados se han dado a conocer en varios foros y publicaciones, mismos que se comentan en los dos últimos documentos publicados (Velázquez, 2009 y 2010).

Además de saber algo de la morfología microscópica de la ilmenita sonora, se trata de conocer y caracterizar sus elementos químicos, ya que los análisis anteriores, que fueron realizados con microscopios ópticos, indican que pueden ser ilmenita con cristales, inclusiones o trazas de otros minerales como rutilo y apatita⁵.

El único estudio anterior de metrología encontrado es sobre unas “cuentas” (*beads*) similares recogidas en superficie de San Lorenzo y mineral de Plumajillo, Chiapas, cuyos resultados se dieron a conocer abiertamente por Steven Jones y Colaboradores (1998). Usaron un MEB Cameca SX-40 y otro con fluorescencia de rayos X. En su informe, incluyen el espectro de rayos X de una “cuenta” y dos tablas con el porcentaje de peso (*Wt%*) de cuatro muestras: dos de mineral de Plumajillo y otras dos de una “cuenta” olmeca, ambos con trazas de inclusiones (Jones, 1998). Encontraron que el contenido de óxido de hierro en el mineral y en el artefacto olmeca, fue 55.43% +/- 31%, y el titanio (TiO_2) del mineral y la cuenta 42.43% +/- 0.2%. Informaron que las diferencias son menores al error estimado y a la posible variación en las inclusiones de

³ No se han encontrado interesados en realizar otros estudios de microscopia de resonadores mexicanos; unos cobran por sus servicios y dan prioridad a los trabajos de grandes empresas y otros dicen estar muy ocupados atendiendo trabajos internos. Investigadores del INAH comentan que hasta para analizar piezas de proyectos autorizados, tienen que pagar por los servicios o tener amigos en los laboratorios nacionales o del extranjero.

⁴ Cerca de 300 piezas similares pertenecen a una colección privada (P.F. 115-905 y 906), pero ni siquiera fueron registradas como objetos arqueológicos, y otros “pequeños bloques” de uso desconocido exhiben en la Sala de Golfo del Museo Nacional de Antropología, pero no reconocen ni su uso antiguo.

⁵ Manuel Escalante y Regino Trinidad, profesores de la Escuela de Ciencias de la Tierra del IPN, analizaron la ilmenita sonora con un microscopio óptico y opinaron que las inclusiones incluyen rutilo y apatito.

las muestras. Por lo tanto, concluyeron que como los materiales son muy similares pueden provenir de la misma fuente; y están compuestos de ilmenita, con trazas ocasionales de otros minerales.

Fernando Ortega Gutiérrez, geólogo de la UNAM, examinó una pieza multiperforada de San Lorenzo y la identifico como ilmenita con inclusiones de cristales de apatita y rutilo (Cyphers y Di Castro, 1996:5). En 2008, Ortega me informó que el material de la roca que analizó es nelsonita (ilmenita±apatita±rutilo±zircon)⁶ un tipo litológico característico y exclusivo de las rocas precámbricas del Complejo Oaxaqueño del sur de México.

En la sesión de análisis de la ilmenita sonora en el CNMN se utilizo un equipo MEB "QUANTA 3D FEG" (FOCUSED ION BEAM) y directamente se obtuvieron micrografías, con la opción de bajo vacío y 30 kV, a varias ampliaciones, y espectros de la química básica de sus elementos (EDS). No ha podido obtenerse ayuda de especialistas, para interpretar mejor los resultados obtenidos, ni se han encontrado manuales o guías para analizar objetos lapidarios arqueológicos (y menos de los que son resonadores) con técnicas de microscopía, por tales motivos, los comentarios son preliminares y se centran en lo más relevante que ha podido observarse de la información recibida.

Se analizó una zona lisa de la pieza, sin inclusiones o cristales visibles, por ser representativa de la mayor parte de su superficie exterior. Se encontró que sus principales elementos químicos, son el fierro y el titanio, lo que se indica por los dos picos mayores del espectro de la Fig.2, aunque se incluyen picos menores derivados de trazas de otros elementos. El porcentaje de peso (*Wt* %) de dichos elementos es de 37.69 y 31.55 %, respectivamente, y el del oxígeno es y 16,39 %, datos que se muestran y comparan en la grafica de barras de la Fig. 3. En la micrografía de la roca ampliada (100 X) se muestra que la morfología superficial de la misma zona alisada es un poco homogénea y esponjosa (Fig. 4), y se confirma que no tiene inclusiones. Dicha superficie exterior fue desbastada y alisada por abrasión y se cree que pudo ser en forma natural, ya que se parece a la de las piedras redondeadas en ríos, pero no se han visto micrografías con MEB de rocas similares rodadas. No se notan microhuellas del proceso abrasivo del alisado, aunque tiene algunos canales microscópicos, como uno del centro que fue amplificado a 1000 X (Fig. 5). Como no hemos encontrado información similar de las rocas multiperforadas de ilmenita de San Lorenzo, ni de resultados experimentales de abrasión con ese mineral, ahora, no es posible hacer comparaciones. Se publicaron dos micrografías anteriores de la ilmenita sonora con las mismas ampliaciones (Velázquez 2010: 14, Figs. 20 y 21), pero la morfología mostrada es diferente, debido a que son de la superficie alisada interna de la cámara resonadora principal, resultante de la abrasión final de su perforación, y se obtuvieron con otro tipo de MEB usando impresiones en acetato. Desgraciadamente, no se ha identificado el tipo de abrasivo que pudo haberse utilizado para hacer las perforaciones.

⁶ La ilmenita es un oxido mineral de fierro y titanio (FeTiO₃). El rutilo es un mineral de oxido de titanio (TiO₂), el apatito a apatita es un mineral fosfatado (Ca₅(PO₄)₃(F, Cl, OH).y el zircón es un mineral nelsosilicato (ZrSiO₄).

Con la finalidad de conocer el tipo de incrustaciones de la pieza se examinó su superficie con un microscopio óptico y se localizaron varias microzonas con minerales cristalizados claros y coloreados, principalmente en verde y algo de guinda, como la de la Fig. 6⁷. La morfología superficial de una microzona similar con cristales se muestra en la Fig. 7; en ella se puede ver que la estructura de los componentes minerales no es homogénea y sus partículas tienen dimensiones y formas diversas. Con un mapeo de esa zona se encontró que principalmente incluye los siguientes elementos, en orden alfabético: Al, Ca, C, Fe, K, Mg, Na, O, Si y Ti. En esa misma microzona se generó el espectro de la Fig. 8 con picos de los elementos en el siguiente orden decreciente: Si, Ti, Al, Mg, Fe, O, C, K, Ca y Na. Sin embargo, ordenando los elementos por el porcentaje de peso son C, O, Ti, Si, Mg, Fe, Al, Ca y K; cuyos valores son 32.8, 22.36, 10.68, 9.7, 7.7, 7.1, 1.5 y 0.6 *Wt%*, respectivamente. Se generan picos de los elementos de la ilmenita y el rutilo pero no se ve el del fósforo (P) de la apatita, ni el del zirconio (Zr). Para determinar el tipo de partículas con mayor componente de titanio se obtuvo un espectrograma (Fig. 9), correspondiente a minerales cristalizados en formas irregulares como la oblea de la Fig. 10. El Ti con Fe se localiza en micropartículas cristalizadas en formas más regulares como tabletas (Fig. 11) que pudieron crecer en microcapas como la de la Fig. 12, aunque se observa diversidad en la morfología de los materiales cristalizados.

Adicionalmente, se incluyen una micrografía de una orilla de la perforación de la cámara resonadora principal de la ilmenita sonora (Fig. 13), que muestra que la superficie de la orilla es de apariencia esponjosa similar a la alisada de la Fig. 4, aunque no es plana y se nota un poco redondeada, sin muchas cristales o esquinas afiladas. En el interior de la cámara principal del resonador se encontraron otras partículas incrustadas de cristales como la de la fotomicrografía de la Fig. 14, lo que indica que puede tener otros elementos, pero no se pudieron analizar con el MEB.

Finalmente, en la Fig. 15 se muestra el espectro Raman de una superficie alisada de la pieza examinada; algunos picos se asemejan a los de una ilmenita publicada (Clark y colaboradores, 2002: 1, Fig.7), pero no son iguales por tener otros componentes. En el extranjero, existen algunas bases de datos, de espectros Raman de minerales, pero no se han encontrado de nelsonita y, menos, de México⁸. La Fig. 16 muestra otro espectro Raman con los picos generados en una zona de inclusiones de varios elementos diferentes, pero no se han podido identificar. Solo dos picos coinciden entre los dos espectros, en cerca de 100 y 200 Número de ondas (Raman shift) (cm^{-1}).

Habrá que esperar que los investigadores y administradores del patrimonio arqueológico nacional se interesen en el estudio de las extraordinarias ilmenitas multiperforadas de San Lorenzo, o una muestra representativa de ellas, para poder analizarlas y caracterizarlas, con objeto de hacer comparaciones con la pieza analizada.

⁷ Las fotomicrografías fueron tomadas por Pedro Vera responsable del laboratorio de Petrografía de la Escuela de Ciencias de la Tierra del IPN, usando un microscopio óptico con cámara digital adaptada.

⁸ Como el RUFF del Tecnológico de California: <http://minerals.caltech.edu/FILES/raman/>

Bibliografía

- Katherine L. Brown and Robin J. H. Clark*
2002. *Analysis of Pigmentary Materials on the Vinland Map and Tartar Relation by Raman Microprobe Spectroscopy*. Christopher Ingold Laboratories, University College London
(<http://www.webexhibits.org/vinland/paper-clark02.html>)
- Cyphers, Ann y di Castro, Anna
1996. *Los artefactos multiperforados de Ilmenita en San Lorenzo*. *Arqueología INAH*, pp. 3-13.
- Jones E. Steven, Jones Samuel T. y Jones David E.
1998. *Archaeometry Applied to Olmec Iron-Ore Beads*. *BYU Studies* 37, no 4 (1997-98). 135 y 140, Fig. 5, Tablas 1 y 2
[<http://byustudies.byu.edu/shop/pdfsrc/37.4JonesJonesJones.pdf>]
- Katherine L. Brown and Robin J. H. Clark*
2002. *Analysis of Pigmentary Materials on the Vinland Map and Tartar Relation by Raman Microprobe Spectroscopy*. Christopher Ingold Laboratories, University College London
(<http://www.webexhibits.org/vinland/paper-clark02.html>)
- Velázquez Cabrera, Roberto
2009. *Generador de ruido bucal de ilmenita*. *Arqueología*. No. 40. INAH, enero – abril. 2009, pp. 71-95.
- 2009b. Tlapitzalli O O O O O Texcatlipoca-Ehecatl-Quetzalcoatl, Flauta preciosa 5_Sol_Vida. Documento electrónico.
(<http://www.tlapitzalli.com/nuevos/5coat/5coatl.htm>)
- 2010. *Ilmenita sonora*. 2010, pp. 71-95.
(http://www.tlapitzalli.com/rvelaz.geo/bstone/ilmenita_sonora.pdf)

Figuras

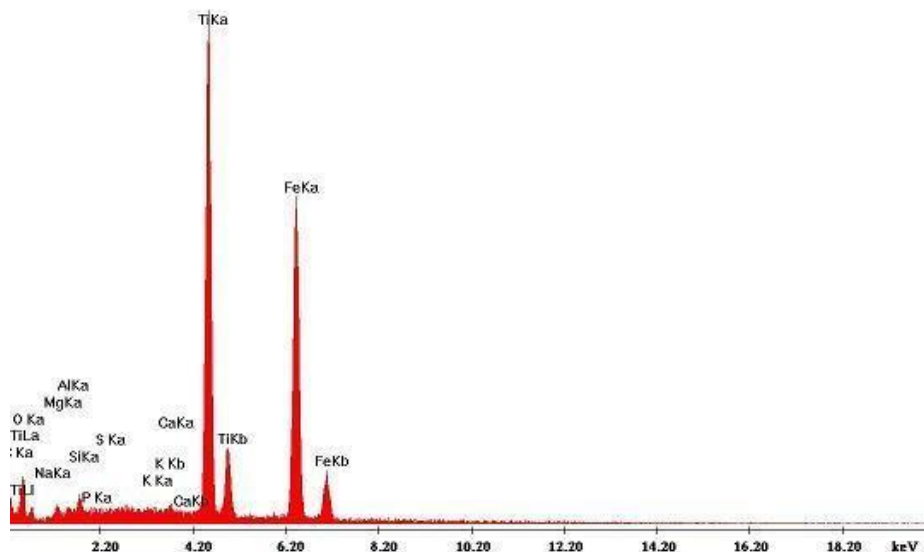


Fig 2. Espectro de la zona lisa de la superficie frontal del resonador.

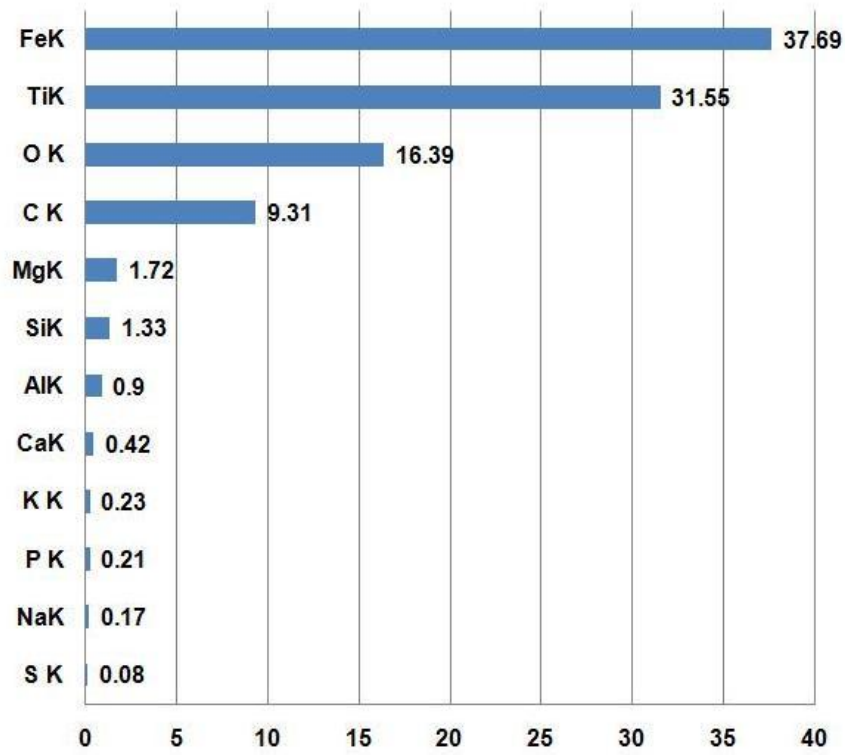


Fig. 3. Wt% de los elementos de una zona lisa de la ilmenita.

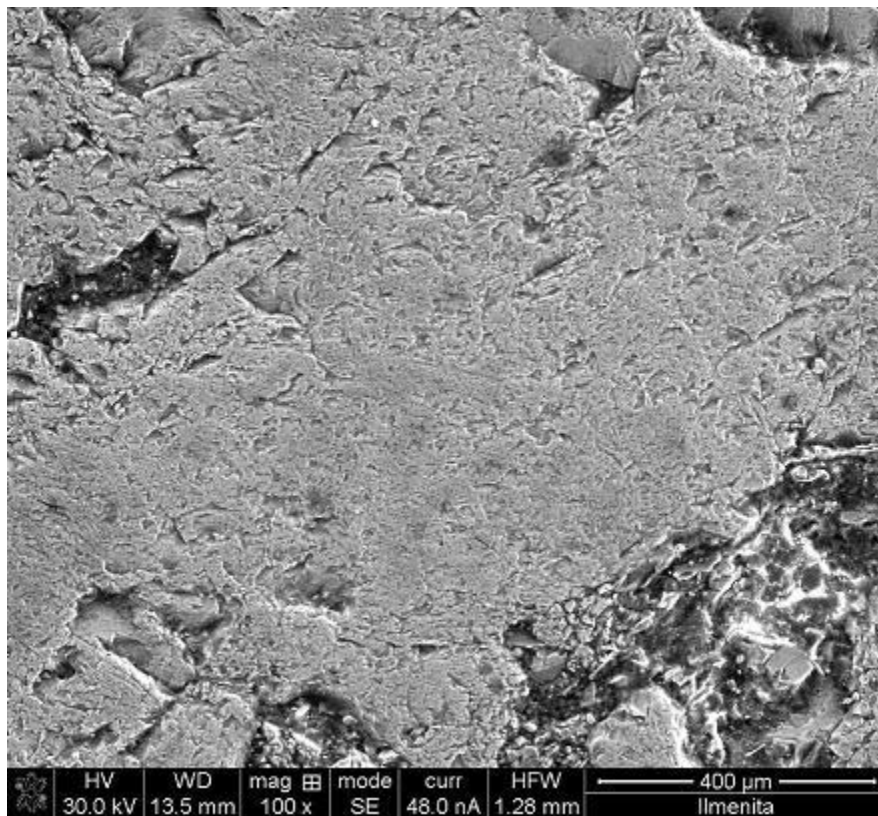


Fig. 4. Morfología de la superficie de la zona lisa de la ilmenita (100 X).

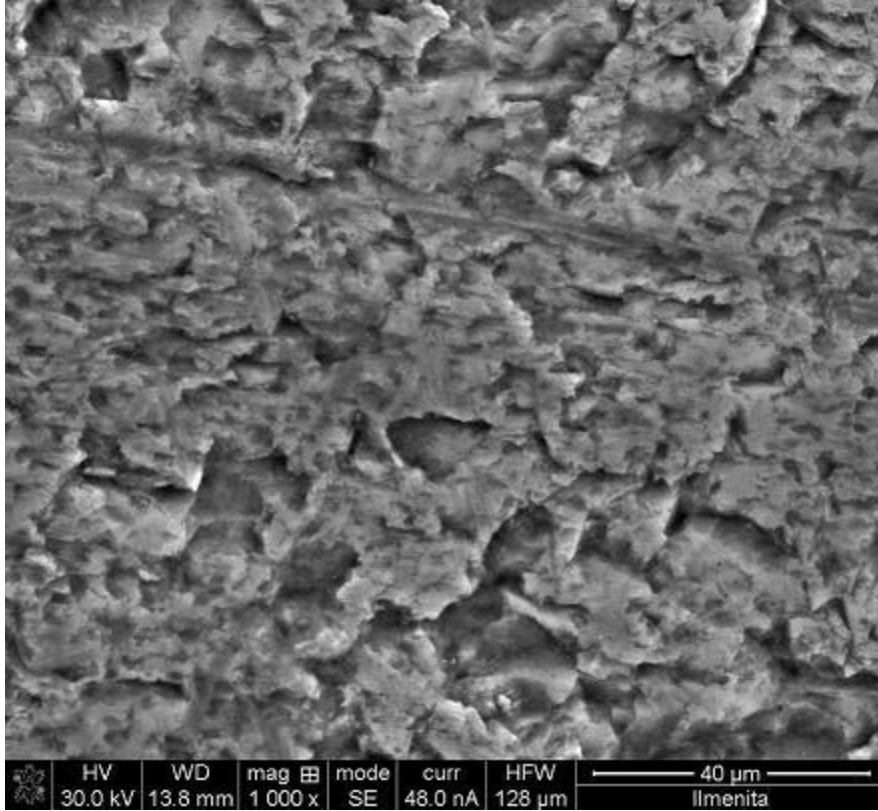


Fig. 5. Morfología del centro de la zona lisa de la ilmenita (1000 X).

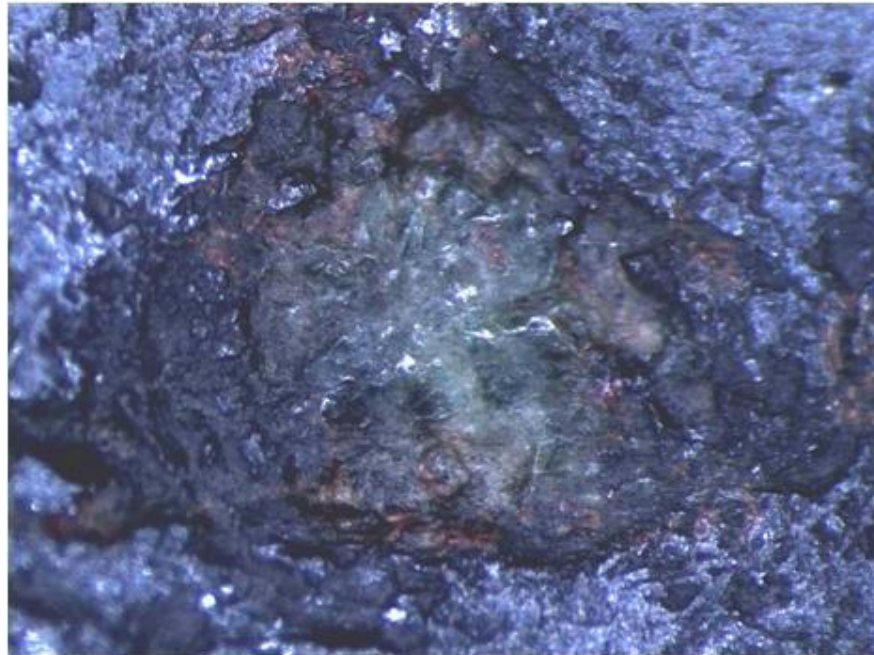


Fig. 6. Fotomicrografía de cristales incrustados.

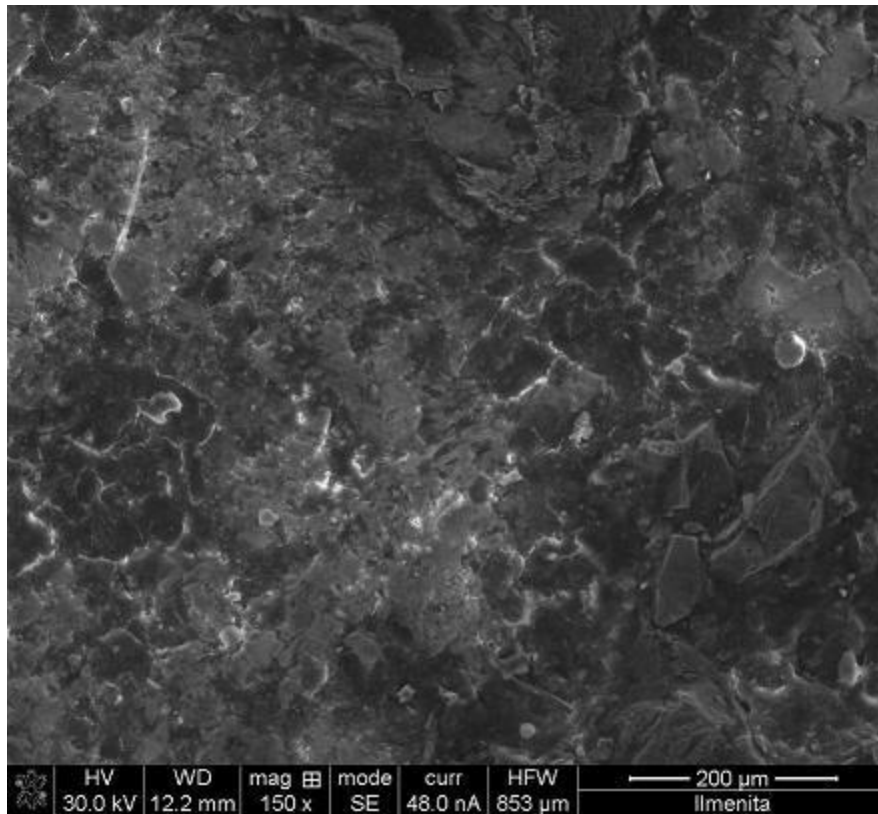


Fig. 7. Morfología superficial de la microzona mapeada (150 X).

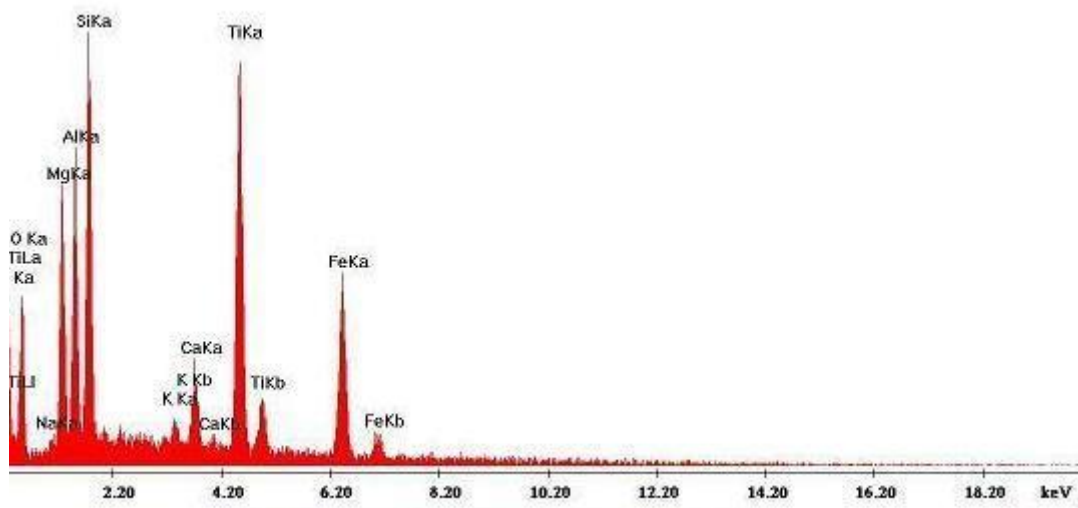


Fig. 8. Espectrograma de la microzona.

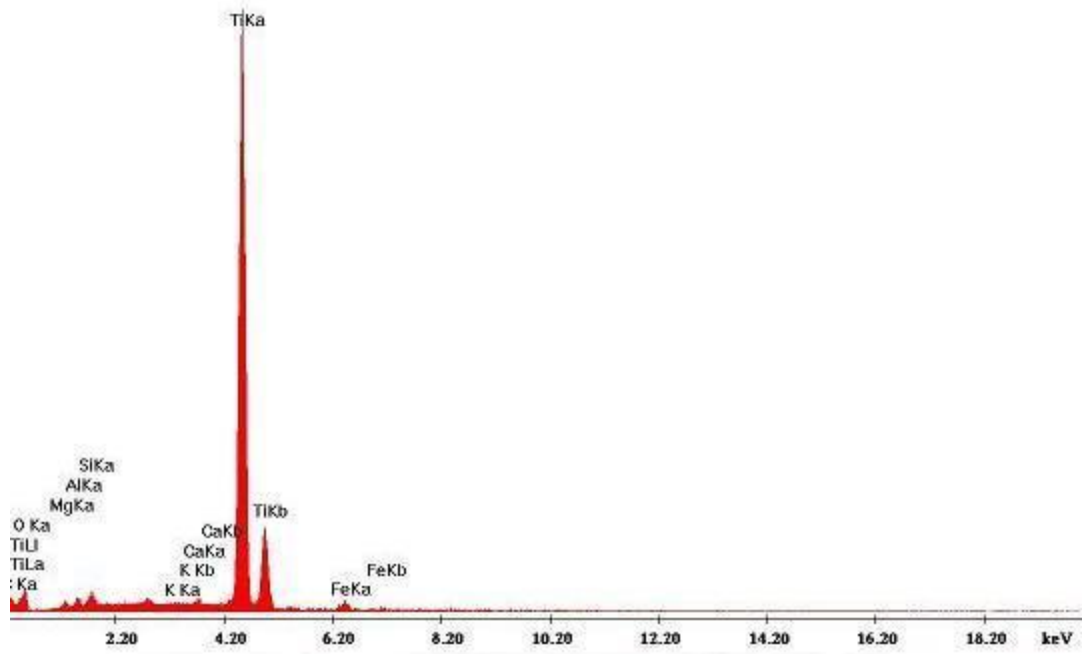


Fig. 9. Espectro de una partícula en forma de oblea

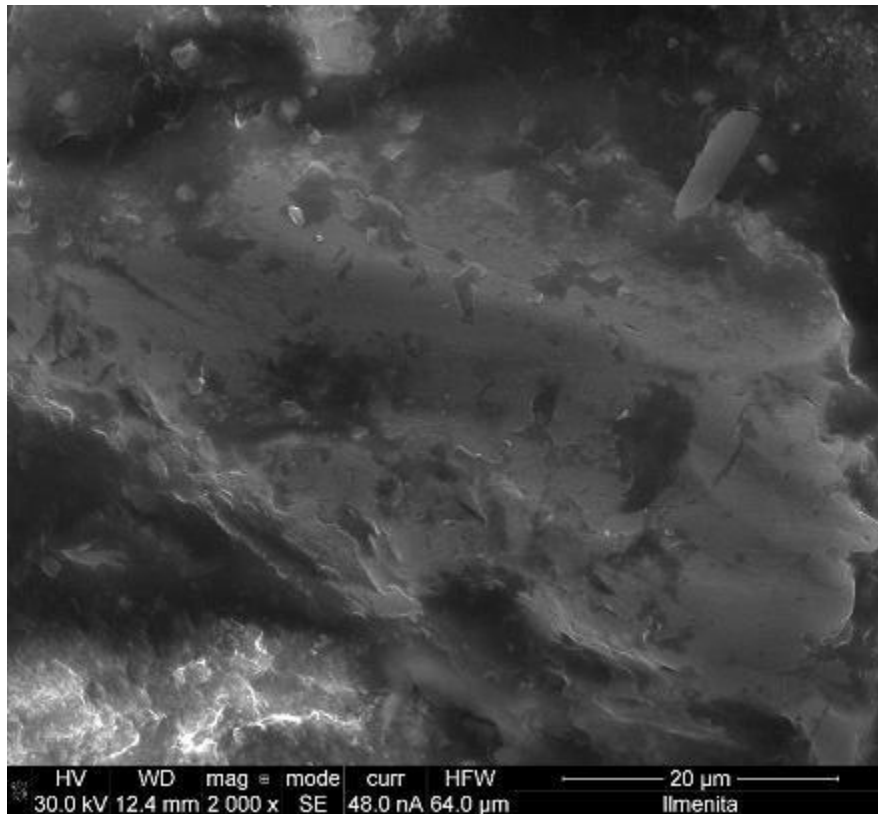


Fig. 10. Morfología de una partícula en forma de oblea con canales (2000 X).

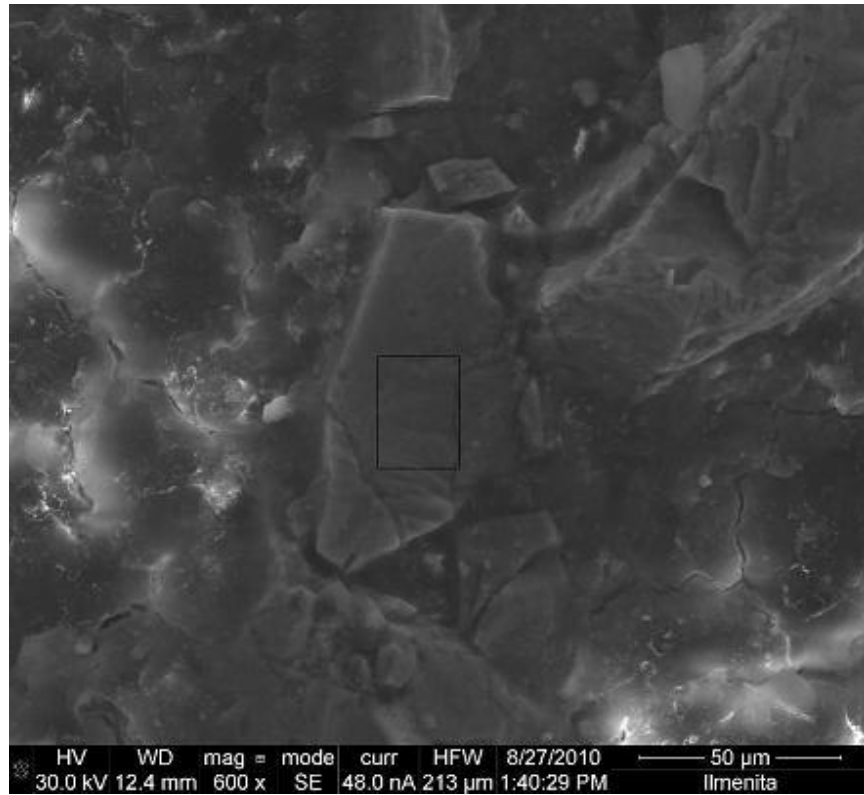


Fig. 11. Morfología de microtabletas (200 X).

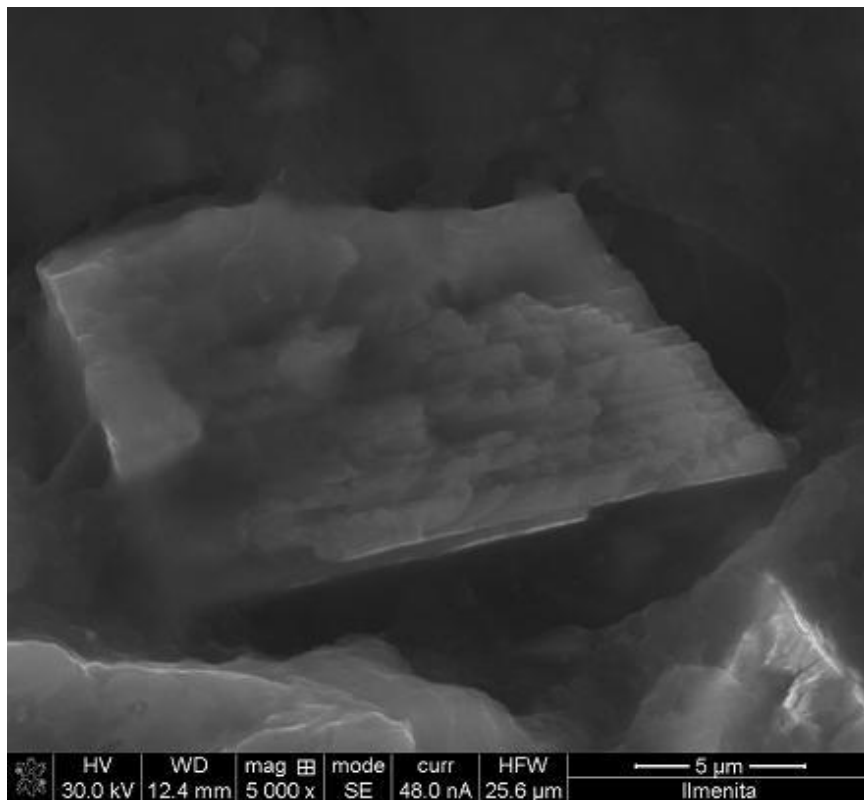


Fig. 12. Morfología de cristal con capas (5000 X).

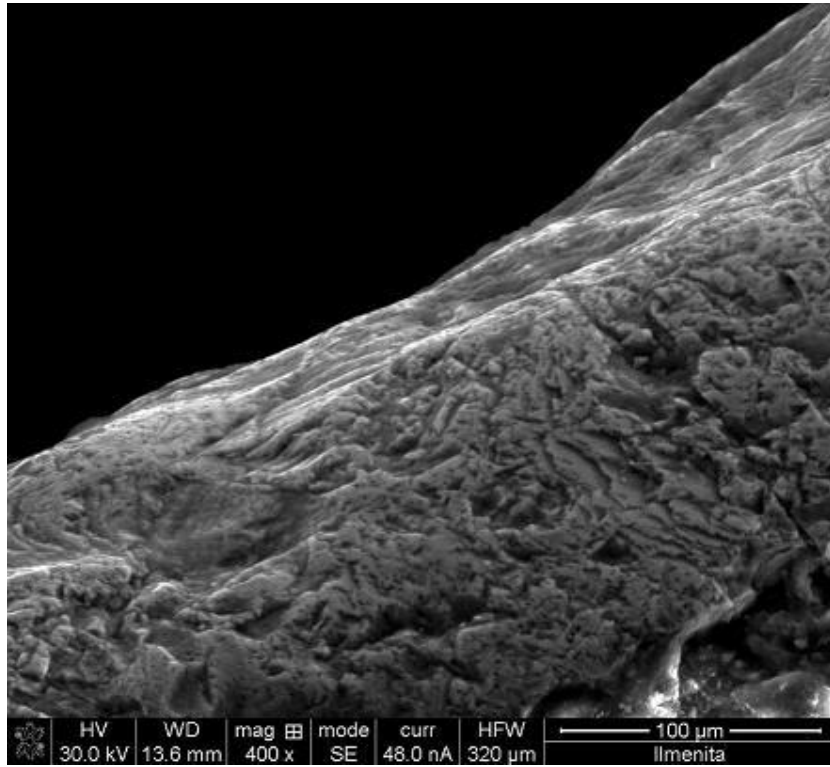


Fig. 13. Morfología de una orilla frontal de la cámara principal del resonador (400 X).

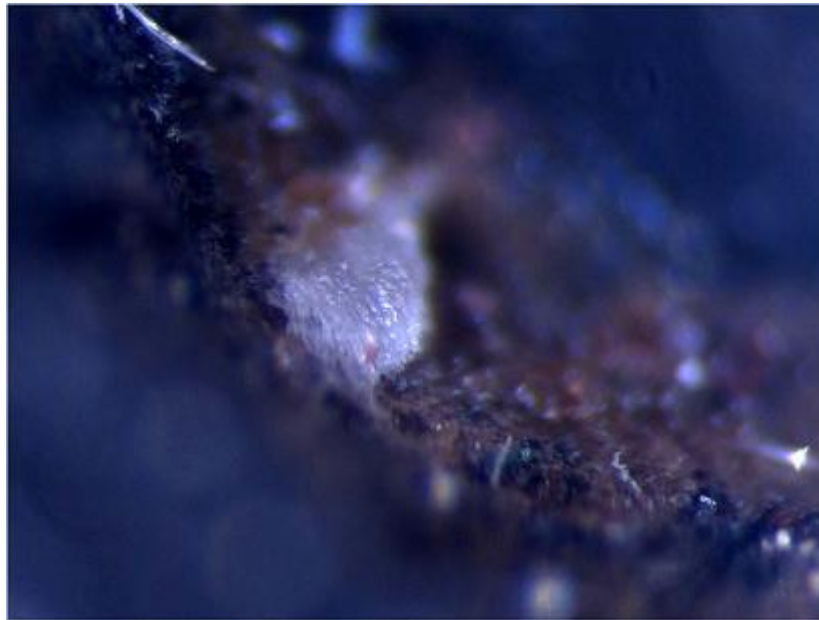


Fig. 14. Fotomicrografía de un cristal en la superficie interior de la cámara principal del resonador (86 X).

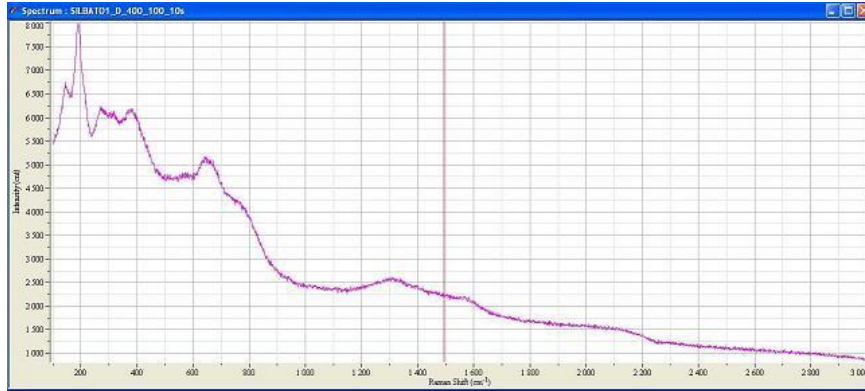


Fig. 15. Espectro Raman de una superficie exterior alisada de la pieza.

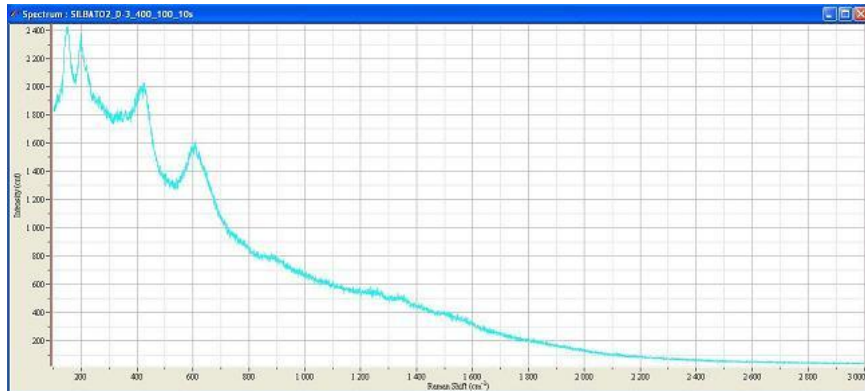


Fig. 16. Espectro Raman de una inclusion superficial de cristales de la pieza.