

# Raman-LIBS: un Espectrómetro Combinado para el Estudio Mineralógico y Geoquímico de Marte dentro de la Misión ExoMars

/ FERNANDO RULL PÉREZ Y EL EQUIPO CIENTÍFICO RAMAN-LIBS

Unidad Asociada UVA-CSIC al Centro de Astrobiología, Cristalografía y Mineralogía Facultad de Ciencias 47006-Valladolid (España)

## INTRODUCCIÓN.

El programa Aurora de la Agencia Espacial Europea (ESA) tiene como objetivo final el envío de una misión tripulada a Marte. Dentro de este ambicioso programa se incluyen varias misiones robotizadas la primera de las cuales es ExoMars.

De entre los objetivos fundamentales de esta misión cabe destacar la búsqueda de signos de vida pasados o presentes y el estudio mineralógico y geoquímico de la superficie y debajo de la superficie hasta una profundidad de 2 metros con particular interés en el agua y sus procesos relacionados.

Para llevar a cabo estos objetivos ExoMars consta de un vehículo robotizado que se desplazará por la superficie de Marte con una carga de instrumentos (Pasteur) de entre los cuales forma parte un espectrómetro combinado Raman-LIBS que ha sido considerado "esencial" para la misión. Este instrumento ha de trabajar en dos escenarios de operación diferentes 1-realizando análisis mineralógico y geoquímico de la superficie mediante las técnicas Raman y LIBS y 2-realizando análisis mineralógico con la técnica Raman sobre los testigos recogidos por el perforador. (Fig-1)

El desarrollo de tal instrumento implica a un consorcio internacional de ciencia y tecnología (5 países) liderado por nuestro grupo de investigación y que tiene como tarea el desarrollo del instrumento y de toda la ciencia asociada con él durante el proceso de preparación, lanzamiento y operación en Marte.

La combinación de las técnicas Raman y LIBS sobre un mismo punto de la muestra permiten la obtención simultánea de las características

mineralógicas y geoquímicas del material. Si esto se puede realizar a escala del grano mineral la información es extremadamente valiosa, máxime si se puede combinar con la imagen microscópica, lo que es el caso en la misión ExoMars donde el instrumento Raman-LIBS va acoplado con un microscopio.

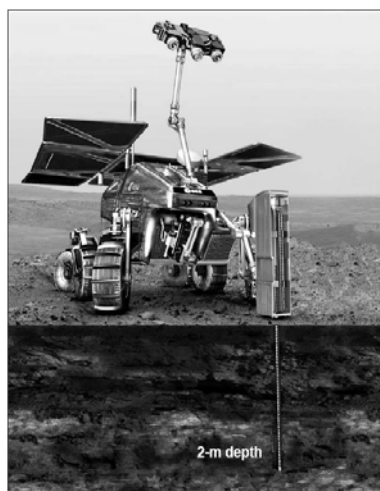


fig. 1. Visión artística del vehículo robotizado para la misión ExoMars mostrando el sistema perforador (Créditos ESA; [http://www.esa.int/esaMI/Aurora/SEM1NVZKQAD\\_0.html](http://www.esa.int/esaMI/Aurora/SEM1NVZKQAD_0.html))

## RAMAN-LIBS COMBINADO: MINERALOGÍA Y GEOQUÍMICA EN EL MISMO PUNTO.

La figura 2 ilustra el potencial de la técnica combinada Raman LIBS sobre el mismo punto en un ejemplo de Jarosita ((K,Na)Fe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>). El espectro Raman (parte superior) describe con detalle las características moleculares y estructurales del mineral. No obstante, la composición catiónica es muy difícil de estimar ya que su contribución a las

vibraciones de los grupos moleculares presentes es pequeña.

En cambio, LIBS (parte inferior) suministra una información detallada de la composición elemental. En este caso se puede ver que la muestra analizada es fundamentalmente Natrojarosita con alto contenido en Na y con leve sustitución de K.

La posibilidad de establecer correlaciones entre los desplazamientos de la posición de los picos Raman, su anchura y las intensidades relativas con los valores de concentraciones obtenidos de la composición química elemental a través de LIBS ofrece una nueva perspectiva al análisis mineralógico y geoquímico in-situ y en condiciones de campo, o como en este caso, de Marte.

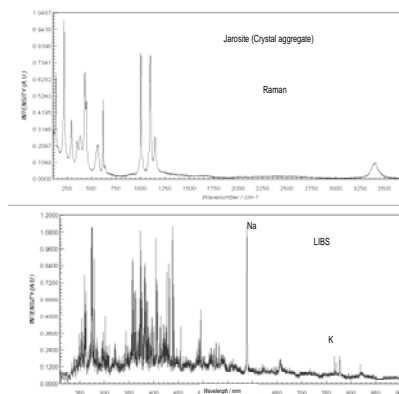


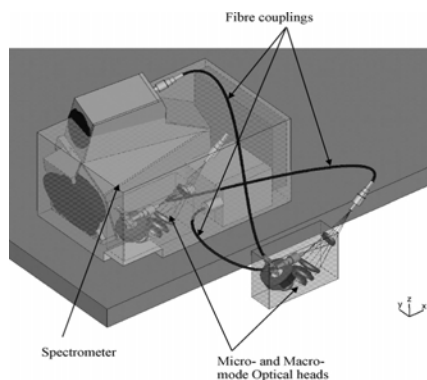
fig. 2. Espectro Raman (superior) y LIBS (inferior) de una muestra de Jarosita proveniente del Barranco del Jaros.

## Descripción del equipo

El desarrollo del espectrómetro combinado para vuelo en la misión comporta diversas etapas previas, desde la preparación de prototipos para demostrar la funcionalidad de la técnica (ver Fig.3), el modo de operación a

prototipos con los requisitos de masa, térmicos, de radiaciones en el espacio y choques y vibraciones inherentes a las fases de despegue, vuelo y amortizaje.

Sus características esenciales para operación son: iluminación con dos láseres a 1064nm (pulsado) y 532nm (continuo) para LIBS y Raman respectivamente. Tamaño del haz láser al foco 50 micras, distancia de trabajo 25 a 50mm.



**fig. 3.** Modelo elegante de Raman-LIBS desarrollado por la empresa TNO (Delf-Holanda) para demostrar la viabilidad de la técnica (Ref. Bazalgette et.al. 2007)

Los resultados obtenidos con el modelo elegante (EBB) se muestran y discuten en el trabajo.

También se discuten las alternativas a este diseño que se están desarrollando para la misión a Titán y para el programa NEXT-Moon de regreso a la luna.

En este caso el sistema es un espectrómetro acoplado con un telescopio para el estudio mineralógico y geoquímica a distancia.

El Raman incluye un láser pulsado y un acoplamiento telescopio-espectrómetro mediante fibra óptica siendo todo el modo de operación automático controlado por ordenador.

Este sistema se está desarrollando íntegramente dentro de nuestro equipo de investigación y los primeros prototipos de Raman remoto ya han sido probados en Río Tinto y en el Artico (Expedición AMASE 2007 de la NASA) presentándose algunos de los resultados más importantes en este trabajo.

#### AGRADECIMIENTOS.

Gran parte del trabajo se ha realizado bajo los proyectos CICYT- ESP2006-27262-E (Acciones especiales) y ESP2007-64998/. El autor quiere agradecer el apoyo prestado por el Centro de Astrobiología en el desarrollo del Raman remoto.

#### REFERENCIAS.

Bazalgette Courreges-Lacoste Gregory, Ahlers Berit, Rull Perez Fernando (2007): Combined Raman spectrometer/laser-induced breakdown spectrometer for the next ESA mission to Mars; *Spectrochimica Acta Part A* **68**, 1023-1028.

ESA Aurora Exploration Program (<http://www.esa.int/esaMI/Aurora/index.html>)

ExoMars Scientific Payload Requirements (2008), Document, EXM-PL-RSD-ESA-00001 Issue 2, Rev. 0.