



## NEXT produce un novedoso software para procesar los datos obtenidos de dispositivos portátiles para la cartografía de prospectividad minera

En este artículo invitamos a Jean Cauzid, profesor adjunto de la Universidad de Lorena (Francia), a que nos explique la finalidad y la funcionalidad de un conjunto de dispositivos portátiles novedosos para el análisis de la prospectividad minera que se han desarrollado en el marco del proyecto Horizonte 2020 NEXT - New Exploration Technologies (Nuevas Tecnologías de Exploración).

### ¿Cómo describiría el propósito general de los dispositivos portátiles en el ámbito de la cartografía de prospectividad minera?

Desde hace ya varios años, los fabricantes diseñan herramientas para realizar análisis químicos fuera del entorno del laboratorio. En realidad, estos dispositivos son equivalentes a las herramientas que se suelen utilizar dentro del laboratorio. Sin embargo, son de tamaño reducido, autónomos en cuanto a la energía, y su uso se simplifica de manera que el operador solo requiere un conocimiento limitado de la física en la que se basan.

Suelen tener el aspecto de pistolas gruesas y se conocen como dispositivos «de mano» o «portátiles». Cada uno de los dispositivos es capaz de proporcionar una cantidad limitada de información por dos razones. Para empezar, su uso se simplifica para que sean adecuados

para operadores no expertos. En consecuencia, no se puede hacer un ajuste fino de las condiciones analíticas ni se puede realizar una interpretación exhaustiva de las señales. La segunda razón es que una sola herramienta no puede proporcionar una caracterización completa de una muestra. Incluso en el laboratorio, hay que realizar varios experimentos en diferentes dispositivos para obtener un conjunto general de datos.

Por otro lado, estos dispositivos portátiles presentan diversas características interesantes. Son baratos en comparación con sus equivalentes de laboratorio, están diseñados para ser manejados por personas no especialistas, y son capaces de producir datos de una calidad increíblemente buena. De hecho, se puede extraer mucha más información de los datos obtenidos en comparación con lo que suele conseguir en un laboratorio. Esto no se debe a una falta de esfuerzo por parte de los fabricantes, sino a la forma en que estos dispositivos portátiles han de ser utilizados: por una persona no experta, en una amplia gama de posibles aplicaciones y sin la intervención de otras técnicas.

### ¿Podría contarnos más acerca de los objetivos específicos de su nueva solución de software en el proyecto NEXT?

Nuestro objetivo es sacar el máximo partido a estas herramientas combinando los datos medidos por los dispositivos portátiles en una nueva solución de software con las siguientes consideraciones: el software debe seguir siendo adecuado para ser usado por personas no expertas, y deseamos que este software esté disponible con el mínimo de restricciones posible. Más allá de estas consideraciones, hay dos limitaciones a las que necesariamente hay que enfrentarse y que dan forma al desarrollo del software: en primer lugar, deben utilizarse varias técnicas analíticas conjuntamente y, en segundo lugar, la aplicación se limitará a un contexto geológico limitado. El reto consiste en hacer que el cambio de un contexto geológico a otro diferente sea lo más fácil posible.

### ¿En qué técnicas analíticas se ha centrado?

Debido al hecho de que es necesario utilizar conjuntamente varias técnicas analíticas para producir un conjunto de datos completo, hemos estado trabajando con no menos de seis técnicas analíticas. Cada una de ellas está disponible como herramienta portátil y se denominan XRF, LIBS, XRD, Raman, FTIR y VNIR-SWIR.

A continuación, se muestran fotos de los dispositivos portátiles que estamos utilizando, junto con una breve descripción de los requisitos de preparación de la muestra para cada dispositivo y de los datos que proporcionan.



**XRD portátil Olympus TERRA**

La muestra tiene que ser pulverizada hasta un tamaño de grano inferior a  $150\mu\text{m}$  y luego insertada en la hendidura en el centro de la caja. Esta técnica proporciona datos sobre la naturaleza de las materias sólidas cristalizadas.  
(Foto YongHwi KIM)



**Espectrómetro VNIR-SWIR Spectral Evolution SR6500**

La muestra puede estar sin preparar, recién cortada o en polvo. Este dispositivo proporciona datos sobre los minerales, principalmente las especies hidratadas a través de la vibración catión-OH, los carbonatos y algunos sulfatos.  
(Foto YongHwi KIM)



**Espectrómetro XRF Thermofisher Niton XI3t GOLDD+**

La muestra puede estar sin preparar, recién cortada o en polvo. Este aparato proporciona datos cuantitativos sobre las concentraciones elementales, desde el magnesio hasta el uranio.  
(Foto Jean Cauzid)



**Espectrómetro Raman EnSpectr RaPort**

La muestra puede estar sin preparar, recién cortada o en polvo. La mayoría de los minerales pueden medirse con este dispositivo, aunque con algunos límites de detección más bajos en comparación con FTIR y VNIR-SWIR para algunas especies minerales.  
(Foto Marie-Camille Caumon)



**Espectrómetro SciAps LIBS Z300**

La muestra puede estar sin preparar o recién cortada. Preferentemente se peletizan los polvos antes del análisis. Este aparato proporciona principalmente datos cualitativos sobre todos los elementos, desde el hidrógeno hasta el uranio. La cuantificación puede alcanzarse midiendo estándares y construyendo curvas de calibración.

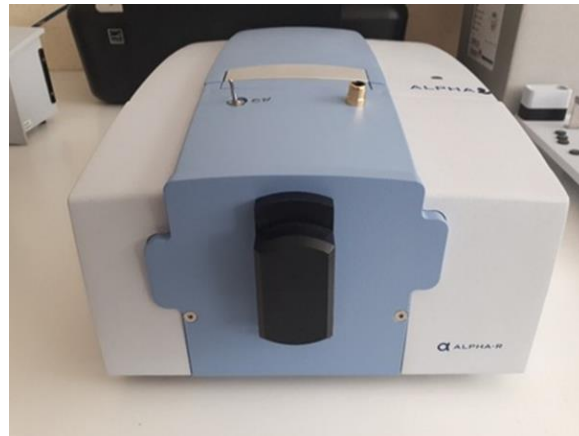
(Foto YongHwi KIM)



**Espectrómetro Raman Bruker Bravo**

La muestra puede estar sin preparar, recién cortada o en polvo. La mayoría de los minerales pueden medirse con este dispositivo, aunque con algunos límites de detección más bajos en comparación con FTIR y VNIR-SWIR para algunas especies minerales.

(Foto Marie-Camille CAUMON)



**Espectrómetro FTIR Bruker Alpha**

La muestra puede estar sin preparar, recién cortada o en polvo. La parte frontal del aparato puede cambiarse para acceder a diversos módulos de análisis IR. La mayoría de los minerales pueden medirse con este dispositivo, que, no obstante, sigue siendo sensible al contenido en agua.

(Foto YongHwi KIM)



Este planteamiento se basa en la suposición de que los puntos fuertes de una técnica resolverán las deficiencias de las otras. Los errores e incertidumbres de un análisis se reducen utilizando valores precisos de otra. Al adoptar este planteamiento, queda claro que las mediciones individuales se completan, validan y sostienen entre sí, lo que orienta todos nuestros esfuerzos a basarse en el concepto de conciliación.

Con las dos primeras técnicas, analizamos los elementos de la muestra (silicio, hierro, plomo, etc.). Con las otras cuatro técnicas, estamos analizando los minerales (cuarzo, piritita, dolomita...). Cada uno de los minerales está hecho de una serie de elementos, y las rocas están formadas por conjuntos de diferentes minerales. Entre estas técnicas, la XRF solo proporciona un análisis cuantitativo de la muestra. En determinadas condiciones, las otras técnicas pueden hacerse cuantitativas, pero el resultado de su versión portátil no es cuantitativo por defecto. Nuestro planteamiento consiste en obtener la lista de los minerales de la muestra a partir de las cuatro técnicas, y cuantificar la cantidad de cada mineral a partir de las mediciones del XRF. El LIBS tiene como fin resolver algunas limitaciones relacionadas con los elementos que el XRF no puede detectar.

### ¿En qué contexto geológico han probado sus nuevas herramientas?

En NEXT, nos centramos en el yacimiento de Elvira, un recurso polimetálico base de la Faja Pirítica Ibérica. Gran parte de nuestro trabajo consistió en asegurarnos de que, en Elvira, cada mineral pueda reconocerse sin ambigüedad con al menos una de las cuatro técnicas mineralógicas. Lo anterior se hizo en paralelo a la modelización del yacimiento de Elvira por parte de los compañeros del proyecto NEXT. Esto último permitió obtener un listado de los minerales que se pueden encontrar en Elvira, que no se conocía del todo al principio del proyecto. En consecuencia, empezamos a trabajar en automatizar la extracción de datos de los dispositivos. Esta no se puede automatizar del todo, ya que todos estos dispositivos son comerciales y la extracción de datos depende de un software específico que no suele ser de fuente abierta. También concluimos la identificación automática de cada uno de los minerales en el punto de medición. Actualmente, estamos trabajando en la automatización de la cuantificación de minerales a partir de la lista de minerales detectados y de los datos del XRF.

## ¿Cómo ve el producto final de sus esfuerzos y las perspectivas de comercialización de los avances que han logrado?

El producto final será un software disponible como biblioteca gratuita y de fuente abierta que podrá ser descargado por los usuarios finales. Sin embargo, en el proceso, estamos creando un nuevo espacio para el negocio comercial, ya que cualquier persona con aptitudes en técnicas analíticas podrá asesorar a los usuarios finales, ayudarlos a elegir el mejor conjunto de técnicas y proporcionarles una solución de software. Todo esto se puede conseguir sin infringir los derechos de propiedad intelectual del fabricante.

Evidentemente, hay que tener en cuenta que los amplios conocimientos adquiridos y los avances logrados han estado absolutamente relacionados con el contexto geológico específico del yacimiento de Elvira. Sin embargo, tenemos una gran confianza en que será posible trasladar el uso de nuestras nuevas herramientas a otros contextos geológicos.



Durante un año de estudios en Australia allá por 1988, decidí cambiar los estudios medioambientales por la minería. Después de ayudar a comunidades locales de África a contratar nuevas escuelas y pozos para el suministro de agua como parte de mi Servicio Nacional, aproveché la oportunidad para empezar un doctorado. Esto supuso meterme en un sincrotrón, una máquina tan grande como un edificio. Seguramente no es una coincidencia que desde entonces me dedique a dar conferencias sobre, y a buscar, aparatos cada vez más pequeños para proporcionar herramientas analíticas directamente a los usuarios que realmente necesitan los datos. Utilizo todas las habilidades que había desarrollado previamente: gestionar la complejidad como en las ciencias ambientales, mantener los pies en la tierra como en la minería, pensar a largo plazo como en un doctorado y explicar cosas inusuales a mi audiencia como los contratos en el monte».

**Jean Cauzid** es profesor adjunto en la Universidad de Lorena, Francia

Más información sobre NEXT:

[www.new-exploration.tech](http://www.new-exploration.tech)

