

# TEXTOS E IMÁGENES DE UN VIAJE EDUCATIVO POR UNA DE LAS REGIONES MÁS RICAMENTE MINERALIZADAS DEL MUNDO, EL NORTE DE CHILE: GESTACIÓN Y DESARROLLO DE UN DVD INTERACTIVO MULTIMEDIA PARA LA DOCENCIA EN CIENCIAS GEOLÓGICAS

---

*Sol López Andrés - José Ángel López García - Roberto Oyarzun Muñoz*

antares@geo.ucm.es - jangel@geo.ucm.es - oyarzun@geo.ucm.es  
Facultad de Ciencias Geológicas - UCM

**Agradecimientos:** Este trabajo se ha financiado con fondos del Proyecto 83 de la convocatoria de 2004 (Proyectos de Innovación y Mejora de la Calidad Docente) del Vicerrectorado de Innovación, Organización y Calidad de la Universidad Complutense y con el concurso de Codelco Norte y el Departamento de Minas de la Universidad de La Serena en Chile, que financiaron nuestra estancia en Chile y pusieron los medios técnicos para llevar el proyecto adelante. También queremos agradecer a las personas e instituciones que permitieron nuestro acceso a las distintas labores mineras de SQM (Salar de Atacama), CMP (Minas El Romeral) y Aur Resources (Mina Carmen de Andacollo). Nuestra gratitud a Jorge Oyarzun (Universidad de La Serena) y a Sergio Rivera (Exploraciones Mineras; Codelco) que han colaborado con textos especializados para este documento.

Uno de los problemas frecuentes en la enseñanza de la Geología es el acceso a determinados lugares alejados de las aulas, que requieren un gasto importante para llegar a ellos, e incluso en ocasiones son inaccesibles aunque su interés didáctico sea de primera magnitud. Una solución a esos problemas son los medios audiovisuales existentes. No obstante, los medios audiovisuales convencionales empleados en docencia presentan dos problemas:

1) Carecen, en su gran mayoría, de la combinación de imágenes estáticas y videos. 2) El material de video existente suele ser de gran duración (cincuenta-seenta minutos), lo que consume tiempo y recursos; a ello debemos añadir que no todo el material del video es específico para las necesidades docentes concretas. En el proyecto de innovación que aquí se presenta se han intentado resolver estos problemas y mejorar la calidad de la enseñanza en algunas de las asignaturas de las que somos docentes. Para ello se han realizado grabaciones digitales y confeccionado un DVD en el que se combinan informaciones de texto, presentaciones y videoclips que se pueden utilizar de forma conjunta y/o independiente. Este DVD será:

- i. De libre disposición por parte del profesorado.
- ii. Material complementario y/o de refuerzo para los alumnos en el Campus Virtual.
- iii. De utilidad también para presentaciones concretas en la docencia convencional.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Las presentaciones tipo Power Point (PPTs) han ido cobrando una relevancia cada vez mayor en la docencia universitaria. Los métodos clásicos de transparencias y diapositivas han ido siendo reemplazados por la integración de

imágenes y texto en el formato PPT, que otorga mayores prestaciones y herramientas al profesor en sus clases, tanto en las de teoría como en las de prácticas.

Sin embargo, las PPTs constan normalmente de imágenes y textos estáticos. En este sentido, una herramienta poco o nada utilizada

es la de la incorporación de videoclips al formato PPT, con lo cual se puede alcanzar un nivel de prestaciones docentes infinitamente superior (figura 1).



Figura 1. Proceso de inserción de clips de video en presentaciones PPT

La mayoría de los profesores en Ciencias de la Tierra reconoce la importancia del uso del material gráfico en sus clases, y muchos consideran el video como un material docente de primera importancia.

Sin embargo, este material frecuentemente presenta dos problemas: la excesiva duración de una cinta de video que ocupa prácticamente toda la clase, y que no todo el material presente en la película es necesariamente relevante a la clase en concreto. Del primer punto se deriva un problema fundamental: no queda tiempo para discutir el material audiovisual con el alumno, y del segundo otro problema no menos importante: el alumno puede tener dificultades llegado el momento de filtrar lo relevante de lo accesorio.

#### VIDEOS Y ENSEÑANZAS RELACIONADAS CON LOS YACIMIENTOS MINERALES, MINERÍA, Y MEDIO AMBIENTE

Es indudable que existe material audiovisual sobre temas «impactantes» de interés «general» en Geología, como la actividad volcánica, los terremotos o los *tsunamis*. Sin embargo, sobre otros temas relacionados con las Ciencias de la Tierra como son la actividad minera (cómo opera una mina a cielo abierto o subterránea), procesos minerometalúrgicos, o cómo impactan estas actividades en el medio ambiente, entre otros, el material que existe es inadecuado o simplemente inexistente.

En este contexto se hace imprescindible contar con un material docente de videos adecuado si queremos aceptar el reto de mejorar la calidad de la enseñanza actual en estos temas, con el fin de preparar profesionales acordes con las necesidades del siglo XXI.

En este sentido, el equipo de investigadores de este proyecto de innovación ha detectado tres problemas fundamentales relacionados con la docencia moderna en las Ciencias de la Tierra:

- a) La inexistencia de material audiovisual especializado en nuestro área de interés.
- b) El escaso material de video existente (de carácter «genérico») suele ser de gran duración (cincuenta a sesenta minutos), lo cual consume tiempo y recursos, a lo que debemos añadir que no todo el material de la cinta es específico para las necesidades docentes concretas.
- c) La carencia en las actuales presentaciones utilizadas en docencia de la combinación de imágenes estáticas y videos.

## 2. OBJETIVOS

*Una plataforma multimedia unificada acorde con los tiempos: texto + imágenes + videoclips.*

En nuestra propuesta se contemplaban dos etapas:

Etapa 1.<sup>a</sup>: Grabación de material audiovisual en el campo.

Etapa 2.<sup>a</sup>: Edición digital del mismo.

Una vez realizadas estas etapas los materiales han sido incorporados a un archivo digital:

- i. De libre disposición por parte del profesor.
- ii. Como material complementario y/o de refuerzo para los alumnos en el Campus Virtual. Este último se ajusta adecuadamente a las necesidades que creará la nueva concepción de la enseñanza deri-

vada de la implementación de la declaración de Bologna.

- iii. De utilidad también para presentaciones concretas en la docencia convencional.

### 3. OBTENCIÓN DEL MATERIAL

Uno de los problemas en Geología es la accesibilidad de los lugares de interés pedagógico. En este proyecto se ha organizado un recorrido por algunos de los lugares más interesantes, que no son accesibles debido a la distancia a la que se encuentran. Se han realizado grabaciones de los mismos y una posterior edición digital del material de los videos y la fusión de este material con textos relacionados en formatos integrados.

Nuestra intención fue centrarnos en aquellos casos que ya sea por razones de relevancia histórica y mundial y/o escala pudieran servir como material docente de primera clase para los alumnos, ya que nuestra realidad económica impide que podamos homologarnos, por ejemplo, con algunas universidades americanas, británicas, holandesas, etc., que llevan a sus alumnos en tours especializados a otros países para visitar minas, estudiar la geología regional, procesos geológicos, etc.

No obstante, lo que sí podemos hacer es «traer esas minas y esa geología» al aula o al Campus Virtual de la UCM. ¿Cómo? Yendo a aquellos lugares donde se encuentran los ejemplos más relevantes de esta temática, y grabando en imágenes sus aspectos más significativos.

En este sentido surgió un nombre de inmediato: la Cadena Andina, la cual presenta tres ventajas claras: 1) es rica en yacimientos minerales de primer orden mundial; 2) su geología ha sido y es motivo de estudios de gran importancia, y 3) cualquier explicación en el campo de los geólogos o ingenieros chilenos durante nuestras grabaciones quedará registrada en español. Así pues, nuestro proyecto se centró en Chile, ya que, además de ser un país líder mundial en minería, contábamos con la ventaja de tener contactos con empresas mineras y universidades. Tan importante como esto

último es el hecho de que llevamos años realizando allí trabajos de investigación con empresas e investigadores de dicho país, por lo cual tenemos conocimiento de primera mano sobre esa realidad (véase bibliografía).

#### 3.1. TRABAJOS DE CAMPO

Existen dos regiones particularmente interesantes y de fácil acceso: las regiones administrativas II y IV de Chile, donde se han realizado investigaciones preliminares. La selección del yacimiento y las explotaciones mineras se realizó en función de su interés pedagógico, incluyendo explotaciones de minerales metálicos y de minerales industriales (figura 2).

##### *Yacimientos de cobre*

El cluster mineralizado de Chuquicamata (II Región de Chile) tiene reservas de mineral de cobre del orden de las 6 Gt (6.000.000.000



Figura 2. Mapa de Chile con las ciudades y distritos mineros visitados

de toneladas con ley 0,55% Cu), y su producción anual alcanza las 900.000 toneladas de cátodos con una pureza del 99,99% de cobre, y unas 16.000 toneladas de molibdeno. Dicha producción de cobre es por sí sola la tercera más importante del mundo. Por otra parte, la mina a cielo abierto de Chuquicamata, por ta-



Figura 3. Corta de la mina de Chuquicamata (Chile)

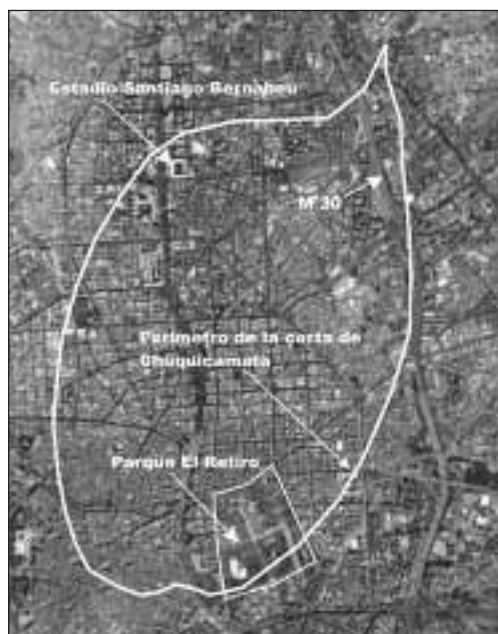


Figura 4. Comparación del tamaño de la corta de Chuquicamata y el parque del Retiro de Madrid

maño y producción es única también a escala mundial, alcanzando una profundidad de 800 m y una longitud (eje principal) de cerca de 3 km. (figuras 3 y 4).

#### Yacimientos de cobre y oro

El distrito minero de Andacollo (IV Región de Chile) constituye el segundo pilar en que se basó este proyecto, por los yacimientos

de cobre del tipo pórfido cuprífero. Su interés docente radica básicamente en dos hechos relacionados: el carácter histórico del distrito junto con el desarrollo de tecnologías mineras modernas. El distrito se empezó a explotar de manera continua y sistemática en el periodo colonial, en el siglo XVI. En un principio, Andacollo constituyó el mayor hallazgo de oro en Chile, y posteriormente, ya en el siglo XIX, se incorporó el cobre a las actividades extractivas. El principal aporte tecnológico durante la época colonial consistió en la introducción de los llamados trapiches, dos ruedas montadas en un eje que machacaban el mineral para obtener oro por amalgama de mercurio. Posteriormente, ya en el siglo XX, éstos se mecanizaron y pasaron a ser impulsados por energía eléctrica.

Sin embargo, esta curiosidad histórica es culpable de uno de los problemas de contaminación por metales pesados más importantes del distrito. El mercurio es transferido al me-



Figura 5. Parte de la pila de lixiviación de la mina Dayton

dio en importantes concentraciones, produciendo una contaminación ambiental importante en la zona.

Por otra parte, Andacollo es más que esta minería antigua y contaminante; también existen dos modernas minas, una de cobre (Carmen) y otra de oro (Dayton), que trabajan con tecnologías modernas (lixiviación en pila) (figura 5).

#### Yacimientos de hierro

En la IV Región encontramos uno de los yacimientos de hierro más grandes de Chile, El

Romeral, cuya explotación a cielo abierto presenta características geológicas y técnicas de gran valor pedagógico. Esta zona permite visualizar de manera directa aspectos estructura-



Figura 6. Mina de hierro de El Romeral

les (zonas de cizalla), petrológicos (suite granítica), y mineralógicos de espectaculares características (figura 6).

#### *Salas minerales*

En la II Región de Chile se encuentra uno de los ambientes más áridos del planeta, el Salar de Atacama, cuenca salina situada entre dos importantes bloques estructurales, las cordilleras de Domeyko y de Los Andes. Esta cuenca constituye un importante recurso desde el que se extraen sales mediante bombeo de salmueras subsuperficiales. Los nitratos se presentan en el Salar y son la única fuente comercialmente explotable en el mundo de estos minerales.

Por otra parte, el Salar de Atacama presenta unas salmueras con las más altas concentraciones de litio del mundo. Dichas salmueras



Figura 7. Panorámica del Salar de Atacama, balsa de obtención de sales de litio

son el punto de partida para la producción de carbonato de litio, cloruro de potasio, sulfato de potasio, ácido bórico y cloruro de magnesio (figura 7).

#### 4. EDICIÓN DEL MATERIAL

Una vez realizado el trabajo de campo se procedió a seleccionar y editar el material obtenido, no sólo audiovisual sino también de utilidad práctica como muestras de mano y preparaciones de laboratorio. Con todo ello se ha elaborado un DVD en el que la información está disponible en archivos tipo html, desde los que se tiene acceso a presentaciones tipo PPT y videoclips (figura 8). Esto permite tanto a los profesores como a los alumnos interactuar con la información, repetirla o saltar de unas informaciones a otras según sea conveniente en cada momento. También permite no tener que ver una secuencia entera, como en los videos convencionales.



Figura 8. Aspecto de la página de introducción al DVD creado, con enlaces a diferentes videoclips y presentaciones

También se han incluido diferentes archivos en formato PDF, cuando la información editada no debe ser modificada (figura 9).

El material obtenido se ha puesto a disposición de los alumnos y profesores de la Facultad en la biblioteca del centro, y actualmente se está a la espera de la decisión de la Universidad Complutense de hacer una edi-



Figura 9. Aspecto de una página html, con enlaces a ficheros de videoclips, PDF y presentaciones PPTs

ción de este DVD que permita su distribución más amplia a otras universidades.

Este DVD ha sido utilizado a lo largo del presente curso en diferentes asignaturas de la Facultad de CC. Geológicas, y pensamos que ha contribuido a una mejora de la calidad de las enseñanzas impartidas

## 5. RESULTADOS DIDÁCTICOS

A lo largo del curso 2005-2006 se han utilizado los contenidos de este DVD en la docencia de los profesores implicados en el proyecto.

Varios videoclips fueron utilizados en las asignaturas de 4.º y 5.º año: Recursos Minerales, Técnicas de Identificación Mineral, Geología Minera y Minería Ambiental (Licenciatura en CC. Geológicas) y Exploración y Evaluación de Recursos y Técnicas de Identificación Mineral (Ingeniero Geólogo) y Técnicas de Crecimiento de Cristales (Ingeniero de Materiales). Entre los videoclips seleccionados para ser insertados en las PPTs utilizadas para la docencia en estas asignaturas cabe destacar (entre otros) los siguientes:

- Mina Carmen: panorámica (1 : 06)
- El gossan y oxidados de cobre (1 : 45)
- Voladura de un banco (1 : 05)
- Chuquicamata: introducción (2 : 49)
- RT: pilas de lixiviación 1 (2 : 38)

- Labores subterráneas en la mina de Tal-cuna (2 : 49)
- Explotación de sales (4 : 32)

Las mayores ventajas docentes que se pudieron apreciar se relacionan con:

- La posibilidad de mostrar imágenes panorámicas en movimiento, esto es, la geología de una mina de cobre junto con la actividad minera que se desarrolla en ella.
- Relacionar imágenes estáticas y gráficos con los clips en movimiento obtenidos en el campo.
- El poder mostrar labores típicas de una mina que difícilmente un alumno podría observar a lo largo de su carrera, tales como el funcionamiento de grandes equipos mineros, y las operaciones de voladura de roca a gran escala.
- Relacionar procesos mineralógicos a escala de laboratorio con los que se producen en la naturaleza

Finalmente, el DVD interactivo completo fue recomendado a los alumnos como material complementario a dichas asignaturas.

## BIBLIOGRAFÍA

- GUZMÁN, J.; COLLAO, S., y OYARZUN, R. (2000): The Cu-Au Andacollo district (La Serena, Chile): preliminary data from the porphyry copper, and possible relationships between Cu and Au mineralization. *Trans. Instn. Min. Metall* (Sect. B: Appl. earth sci.), 109: 121-125.
- OYARZUN, R.; MÁRQUEZ, A.; LILLO, J.; LÓPEZ, I., y RIVERA, S. (2001): Giant versus small porphyry copper deposits of Cenozoic age in northern Chile: adakitic versus normal calc-alkaline magmatism. *Mineralium Deposita*, 36: 794-798.
- OYARZUN, R.; OYARZUN, J.; MÉNARD, J. J., y LILLO, J. (2003): The Cretaceous iron belt of northern Chile: role of oceanic plates, a superplume event, and a major shear zone. *Mineralium Deposita*, 38: 640-646.
- OYARZUN, R.; LILLO, J.; HIGUERAS, P.; OYARZÚN, J., y MATURANA, H. (2004): Strong arsenic enrichment in sediments from the Elqui waters-

- hed, Northern Chile: industrial (gold mining at El Indio-Tambo district) vs. geologic processes. *Journal of Geochemical Exploration*, 84: 53-64.
- HIGUERAS, P.; OYARZUN, R.; OYARZUN, J.; MATURANA, H.; LILLO, J., y MORATA, D. (2004): Environmental assessment of copper-gold-mercury mining in the Andacollo and Punitaqui districts, northern Chile. *Applied Geochemistry*, 1855-1864.
- LÓPEZ ANDRÉS, S.; LÓPEZ GARCÍA, J. A., y OYARZUN, R. (2005): Imágenes de un viaje educativo por una de las regiones más ricamente mineralizadas del mundo: el norte de Chile. Edición (versión beta) en DVD. UCM.