

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE ID 2015/0019

CONVOCATORIA Curso 2015/2016

SOBREVOLANDO LA TIERRA
APRENDIZAJE DE LA GEOLOGÍA BASADO EN
TAREAS CON GOOGLE EARTH
Escuela Politécnica Superior de Zamora

MEMORIA FINAL

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat
Image IBCAO
Image U.S. Geological Survey

Image U.S. Geological Survey
Image IBCAO
Image Landsat
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

COORDINADORA DEL PROYECTO

Begoña Fernández Macarro. Dpto Geología

AUTORES

Begoña Fernández Macarro. Dpto Geología

Serafín Monterrubio Pérez. Dpto Geología

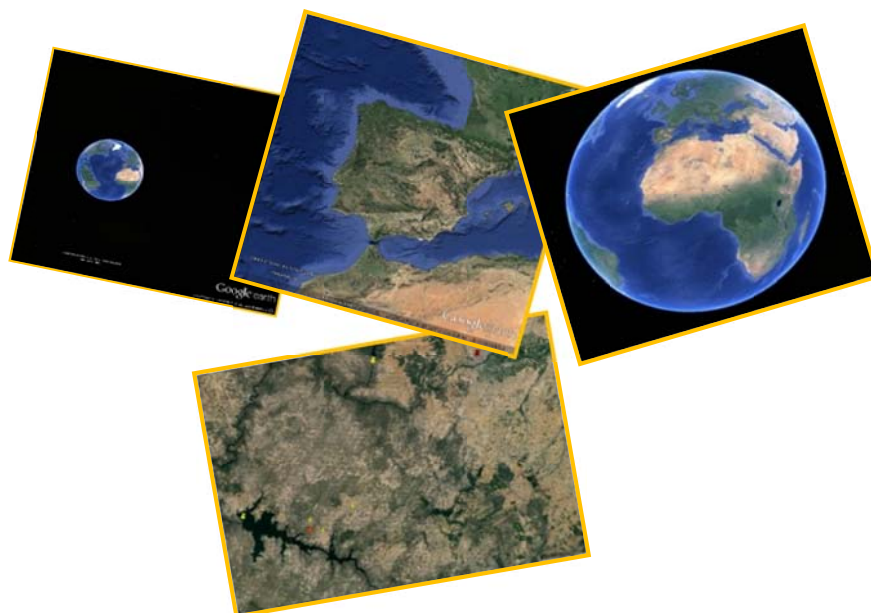
José Nespereira Jato. Dpto Geología

Gabriel Santos Delgado. Dpto Ingeniería Cartográfica y del Terreno

Universidad de Salamanca

Página 1 | 33

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. PLANIFICACIÓN Y METODOLOGÍA.....	5
3. RESULTADOS	6
3.1.- Descripción de localizaciones propuestas y Búsqueda y Descripción de nuevos ejemplos.....	7
3.2.- Análisis y Descripción de evoluciones de procesos y/o formas geológicas.....	15
3.3.- Localización y Análisis de fenómenos objeto de noticias recientes	20
3.4.- Itinerarios.....	25
4. BIBLIOGRAFÍA.....	31



1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se enmarca dentro de la línea de actuación: Implantación de nuevas metodologías docentes y de evaluación. Supone la elaboración de material docente para un aprendizaje activo basado en tareas, en relación con la Geología en Grados de la Escuela Politécnica Superior de Zamora (Grado Ingeniería Civil y Grado Ingeniería Agroalimentaria).

Los profesores que componen el equipo del proyecto llevan desarrollando, en los últimos años, continuas y diversas actividades de innovación y mejora docente en Geología, Geotecnia y Topografía, materializadas en numerosos proyectos, cuyas memorias pueden consultarse en Repositorio Documental de la Universidad de Salamanca (Repositorio Docente. Memorias Proyectos de Innovación Docente), y en publicaciones de innovación educativa.

Sus resultados han sido la elaboración de modelos para prácticas de laboratorio y de material docente de diversa índole para su incorporación en la plataforma virtual Studium, el diseño de estrategias docentes y la implantación de metodologías activas de enseñanza-aprendizaje.

Fruto de esta actividad, se están continuamente renovando, actualizando y completando los recursos que se ponen a disposición de los alumnos, sea en los cursos de Studium de las asignaturas a las que se dirigen, sea en el laboratorio, para un aprendizaje completo y activo de sus materias.

El proyecto propuesto constituye una continuación del proyecto ID 2013/076. Google Earth en la enseñanza de la Geología. Experiencia en la Escuela Politécnica Superior de Zamora. Dicho proyecto supuso la realización de una colección de ejemplos para la docencia e ilustración de la geología, usando Google Earth.



La utilización de esta aplicación en Geología constituye un interesante recurso didáctico y un importante estímulo para los estudiantes. Esta aplicación les permite aprender cómo se ven, en imágenes de satélite y a diferentes alturas en la vertical, diferentes cuestiones geológicas, cómo identificarlas e incluso visualizar la evolución de algunos procesos, gracias a la herramienta de imágenes históricas. En definitiva, se trata de un recurso interactivo de gran potencial para las Ciencias de la Tierra.

La experiencia en el uso de esta aplicación en Geología, en el marco de la Escuela Politécnica Superior de Zamora, ha sido satisfactoria en cursos anteriores y, tras el pasado proyecto, se dispone de una amplia y didáctica colección de ejemplos; algunos de los cuales presentan gran potencial como objeto de determinadas tareas o actividades. Con posterioridad al proyecto llevado a cabo en 2013/2014, se han incorporado nuevos ejemplos y se ha continuado estudiando las posibilidades didácticas de esta aplicación, y de sus diferentes herramientas, y su aplicabilidad en **tareas relacionadas con la Geología** en el contexto concreto en el que se inscribe esta materia.

Además también se cuenta con experiencias llevadas a cabo en el ámbito de la Topografía ([ID 2014/0074. Ejercicios prácticos de topografía basados en la aplicación Google Earth](#)).

En este proyecto se plantea el **diseño y elaboración de tareas de Geología con Google Earth**; tareas de muy diversa índole a partir de ejemplos recopilados en el marco del anterior proyecto y posteriormente. El objetivo perseguido es el fomento de la implicación y participación de los alumnos en el proceso de enseñanza – aprendizaje, mediante un proceso basado en tareas. En este caso concreto: aprendizaje de geología basado en tareas con Google Earth.

Google Earth ofrece la posibilidad de trabajar a distintas escalas de análisis espacial, visualizar la evolución de morfologías en el tiempo (Imágenes Históricas) y realizar reconstrucciones tridimensionales (Vistas panorámicas, Street View) y recorridos virtuales que permiten observar la Tierra, sus relieves, y comprender a partir de ellos fenómenos y procesos implicados tratados en las clases.




Movimientos de laderas, evolución de meandros, inundabilidad y entorno fluvial, migración de dunas,... constituyen fenómenos cuyos conceptos geológicos y/o geomorfológicos asociados pueden ser abordados en forma de tareas basadas en imágenes y localizaciones Google Earth, facilitando su visualización, comprensión y, en definitiva, aprendizaje. La interferencia de estos fenómenos con las actividades antrópicas crea un especial vínculo con el mundo de la ingeniería, marco en el que se inscribe la docencia de la Geología en la Escuela Politécnica Superior de Zamora.

Con esta metodología, además del aprendizaje de contenidos de geología de una forma activa, se favorece la autonomía de los alumnos en el proceso de aprendizaje y su participación en la gestión de la asignatura.


Simultáneamente conocerán las posibilidades que ofrece Google Earth con sus diversas herramientas y podrán investigar y ahondar en su aplicabilidad en otros campos.



2. PLANIFICACIÓN Y METODOLOGÍA






 **DEFINICIÓN DE OBJETIVOS y CONTENIDOS DE APRENDIZAJE**, en relación con diferentes temáticas: PLACAS LITOSFÉRICAS, ESTRUCTURAS TECTÓNICAS, METEORIZACIÓN, GEOMORFOLOGÍA y RIESGOS, GEOLOGÍA E INGENIERÍA, ...

 **DISEÑO de DISTINTAS TIPOLOGÍAS DE TAREAS.**

 **SELECCIÓN DE EJEMPLOS** ajustados tanto a los objetivos de aprendizaje perseguidos con cada tarea como a sus características (tipología de tarea). **RECURSOS:** Aplicación Google Earth, Ejemplos recopilados y Bibliografía sobre Geología, Ingeniería y posibilidades de la aplicación Google Earth.

3. RESULTADOS

Las tareas diseñadas en el marco de este proyecto han sido de diferentes tipologías:

-  Descripción de localizaciones propuestas por el profesor (puntos concretos o recorridos virtuales).
-  Búsqueda de nuevos ejemplos. Descripción.
-  Análisis y Descripción de evoluciones de procesos y/o formas geológicas mediante la herramienta de imágenes históricas. Causas, Consecuencias y Efectos.
-  Localización y estudio de fenómenos objeto de noticias recientes (seísmos, erupciones volcánicas, fenómenos gravitacionales, ...).
-  Realización de itinerarios.

En el diseño de las tareas y en la selección de sus componentes, se han tenido en cuenta como requisitos fundamentales: coherencia, relevancia y adecuación a los objetivos y contenidos de aprendizaje, y adaptación a las competencias, habilidades y conocimientos adquiridos por los alumnos (nivel de preparación del alumno), tanto en el transcurso de las asignaturas concretas como en el transcurso de la titulación. Para la ejecución de las tareas, y para su posterior presentación, se proporcionará a los alumnos recursos de apoyo que completen la información de clase (bibliografía, enlaces,...) o información para su búsqueda.

A continuación, se describen en esta memoria las diferentes tipologías diseñadas con algunos ejemplos representativos. Algunos de estos ejemplos han sido objeto de tareas en el presente curso académico.





3.1.- DESCRIPCIÓN DE LOCALIZACIONES PROPUESTAS Y BÚSQUEDA Y DESCRIPCIÓN DE NUEVOS EJEMPLOS

Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat
Image IBCAO
Image U.S. Geological Survey

24°31'30.57" N

54°31'30" W

Image U.S. Geological Survey
Image IBCAO
Image Landsat
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Estas tareas consisten en el reconocimiento y descripción de estructuras y/o morfologías geológicas. Pueden abordarse ejemplos simples, con el objeto de afianzar conocimientos básicos adquiridos en clase, o ejemplos de mayor complejidad, que combinen diferentes formas y/o estructuras o que ilustren el vínculo entre geología e ingeniería. Además de la posibilidad de proponerse como tarea independiente, la búsqueda y descripción de localizaciones constituye una actividad previa imprescindible en cualquier otra tipología de tarea más compleja. Así, por ejemplo, tareas de análisis de la evolución temporal de una determinada morfología o relieve requieren previamente la localización de la zona propuesta y la descripción de las diferentes imágenes temporales existentes para su posterior comparación, tal y como puede verse en los ejemplos incluidos como representativos de este tipo de tarea (Ejemplos del río Ucayali, en Perú, y del deslizamiento de Oso, en Washington, del apartado 3.2.).

Con estas tipologías de tareas, pueden plantearse cuestiones de la mayor parte de los temas de la programación de las asignaturas a las que se dirige este material: placas litosféricas (límites), estructuras tectónicas (fracturas y pliegues), geomorfología (meteorización, procesos gravitacionales, procesos fluviales, eólicos, glaciares y litorales), riesgos y aspectos geológicos relacionados con la ingeniería.

Además de las imágenes de satélite, en estas actividades puede ser necesario, o simplemente interesante, recurrir al uso de Street View: prestación de Google Maps y Google Earth que proporciona panorámicas a nivel de suelo desde calles, carreteras, autovías o autopistas, con un movimiento horizontal de 360° y vertical de 290°. Si ya las imágenes de satélite acercan la geología y geomorfología de zonas lejanas, la herramienta Street View ofrece una perspectiva a pie de campo, calle o carretera ...

A continuación, se resumen algunos ejemplos variados seleccionados por su potencialidad en relación con diferentes temas o aspectos de las asignaturas básicas de Geología a las que se dirige este material:

- Búsqueda de ejemplos de los distintos tipos de **MÁRGENES DE PLACAS LITOSFÉRICAS** existentes (una vez explicado el tema en clase y analizados algunos ejemplos modelo): Márgenes Convergentes y Márgenes Divergentes. Esta tarea concreta permite, además, visualizar la relación entre los bordes de placas litosféricas y fenómenos asociados a su dinámica (sismicidad, vulcanismo) mediante la superposición de las capas de vulcanismo y sismicidad de las que dispone la aplicación. Esta información puede además relacionarse con tareas sobre los sucesos sísmicos y/o volcánicos que surjan a lo largo del periodo de asignatura o que hayan tenido lugar en un pasado reciente y hayan revestido especial interés, sea por su magnitud y/o intensidad, por sus peculiaridades o por su proximidad geográfica.
- **PROCESOS Y FORMAS FLUVIALES. Recorridos Fluviales o Localizaciones concretas en contexto fluvial**, para la observación, definición y descripción de las morfologías de erosión y/o de

depósito presentes visibles, y para el análisis de problemáticas. Localizaciones o Recorridos propuestos:

- ◆ Río Ebro, desde Zaragoza hasta Mequinenza (provincia de Zaragoza). Observación y definición de las morfologías fluviales de este tramo del río: meandros, meandros estrangulados, meandros abandonados, oxbow lakes, point bars, llanuras de inundación y terrazas fluviales. La imagen adjunta (Figura 1) muestra un fragmento del recorrido propuesto, desde Movera hasta El Burgo de Ebro, junto con un detalle de la zona de La Alfranca y Pastriz, ilustrando las posibilidades didácticas de este recorrido. La zona corresponde a la reserva natural de los Sotos y Galachos del Ebro, situada en el curso medio del río Ebro, en la provincia de Zaragoza, y caracterizada por los meandros abandonados (“Galachos” en Aragón) debido a crecidas fluviales con modificaciones del cauce fluvial.
- ◆ Río Mississippi desde Baton Rouge (Luisiana) hasta Memphis (Tennessee). Observación y definición de las morfologías fluviales de este tramo del río (meandros, meandros estrangulados, meandros abandonados, oxbow lakes, point bars y llanuras de inundación).
- ◆ Ríos Beni y Mamore (Bolivia). Observación y definición de las morfologías fluviales de estos canales meandriiformes.

También son interesantes localizaciones concretas, como por ejemplo:

- ◆ Río Duero a su paso por la localidad de Toro (Zamora). Disimetría del valle fluvial. Análisis de la ubicación del Puente Viejo de Toro en base a la dinámica fluvial. Interés por la proximidad geográfica de esta localización.
- ◆ Río Ebro, a su paso por las localidades de Cabañas de Ebro y Alcalá de Ebro (Zaragoza). Problemática de la dinámica meandriiforme. Erosión de márgenes. Inundabilidad. Medidas adoptadas.

- **DELTA**. Búsqueda de ejemplos de diferentes morfologías o configuraciones en función de los procesos dominantes. Descripción y comparación de morfologías. Ejemplos de los ríos Mississippi (Dominio Fluvial), Ganges – Brahmaputra y Fly (Dominio Mareal), Nilo y Ródano (Dominio Oleaje), Danubio y Ebro (Fluvial + Oleaje), Mahakam (Fluvial + Mareal) y Cooper (Mareal + Oleaje).

- **FORMAS Y PROCESOS EÓLICOS**. Dunas. Tipos de Dunas y definición de las direcciones de los vientos dominantes en el área. Búsqueda de ejemplos o descripción de localizaciones designadas. Ejemplos en áreas desérticas (Egipto, Namibia y Argelia) y en zonas litorales (Valdevaqueros – Tarifa y Bolonia, en Cádiz; Parque Nacional de Doñana, en Huelva). Incidencia en edificaciones, vías de comunicación y cultivos.

- **FORMAS Y PROCESOS GLACIARES.** Formas Erosivas y Formas Sedimentarias (Morrenas). Búsqueda de ejemplos o descripción de localizaciones propuestas. Ejemplos: Zona Glaciar de Chamonix – Mont Blanc (Francia), Zona Glaciar Alpina Aletsch (Suiza) y Parque Nacional Kluane (Canadá).

- **FORMAS Y PROCESOS LITORALES.** Recorridos por los litorales cantábrico, atlántico y mediterráneo de la Península Ibérica. Morfología de la costa. Diferencias. Playas, Barras y Tómbolos.

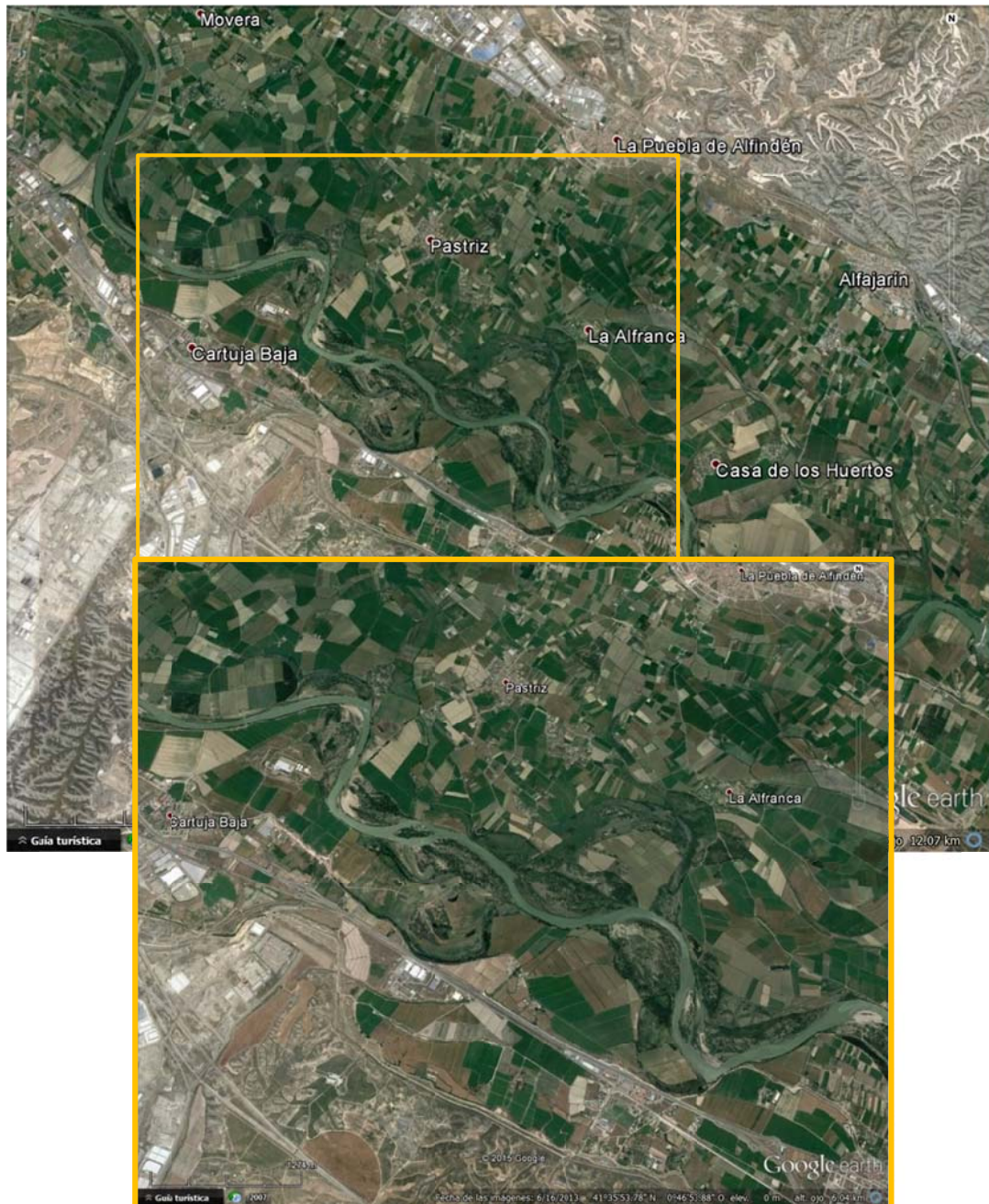


Figura 1. Localización de una parte del recorrido propuesto por el río Ebro para el análisis de formas fluviales: Movera - El Burgo de Ebro (Zaragoza). Detalle de la zona de Pastriz y La Alfranca. Imágenes de Google Earth.

- GEOLOGÍA E INGENIERÍA CIVIL. Discontinuidades y Alteración. Efectos en los Macizos Rocosos. Estabilidad de Taludes. Inestabilidades provocadas por la intersección de discontinuidades y/o por la alteración. Uso de la herramienta Street View.

La observación de taludes, que permiten la **identificación de las familias de discontinuidades** presentes en el macizo rocoso y/o de la **alteración (meteorización)** existente, es un bonito ejemplo de las posibilidades que puede ofrecer la herramienta Street View de Google Earth, en aspectos geológicos estrechamente vinculados a la Ingeniería Civil. Street View permite acercarse al aula (o a la zona de estudio autónomo de los alumnos) taludes de carreteras, autovías o autopistas, que constituyen afloramientos muy didácticos de la geología del entorno. Permiten analizar la problemática asociada a la individualización de bloques por intersección de discontinuidades y a la alteración, sus efectos geológicos y geotécnicos, y las medidas correctivas y/o preventivas llevadas a cabo.

Se han seleccionado los ejemplos siguientes:

- **Taludes de la vía de acceso a Ricobayo (Zamora), desde la carretera N – 122** (Figura 2). Macizo Granítico afectado por varias familias de Fracturas. Bulonado y Saneamiento de Bloques. Referencia para la localización de estos taludes: coordenadas geográficas (marca de posición) 41°32'11.89"N – 5°59'29.09"O.

Este ejemplo reviste especial interés dado que los alumnos realizan una práctica de campo en esta localización, en relación con la asignatura Geotecnia II de 3º del Grado en Ingeniería Civil. Esta práctica consiste en la caracterización y clasificación geotécnica del Macizo Rocosos, lo que incluye la definición de las características de su matriz rocosa (granito) y de sus discontinuidades (fracturas), con la identificación de las familias presentes y la determinación de su orientación, espaciado, continuidad, rugosidad, apertura, relleno, resistencia de las paredes y circulación de agua.

Además, la zona forma parte del entorno de la Presa de Ricobayo, obra de interés en el marco en el que se inscriben estas actividades (Ingeniería Civil). La rotura de su aliviadero original, en relación con las avenidas producidas entre 1934 y 1939, tuvo como condicionante la intensa fracturación del macizo granítico. Este suceso se analiza en clase, en relación con uno de los temas del programa de la asignatura Geología de 2º de Ingeniería Civil, comentando causas, efectos y soluciones realizadas. La observación de la fracturación de este entorno, en los taludes aludidos, facilita la contextualización del problema y del suceso.



Figura 2. Taludes de la vía de acceso a Ricobayo (Zamora), desde la carretera N – 122. Imágenes de Google Earth y de Street View.

- ◆ **Taludes de la carretera provincial ZA-P-1511, entre Manganeses de la Polvorosa y Morales del Rey (Figura 3).** Afloramiento de cuarcitas del Paleozoico cuyas discontinuidades (superficies de estratificación y fracturas) son perfectamente visibles en los taludes así como la problemática asociada a la definición de bloques, usando Street View. También se observan las medidas de estabilización y de protección adoptadas (malla y anclado). Localización Taludes: coordenadas geográficas 42°02'47.88"N – 5°44'45.76"O.



Figura 3. Taludes de la carretera ZA-P-1511, entre Manganeses de la Polvorosa y Morales del Rey (Zamora). Imágenes de Google Earth y de Street View.

- ◆ **Taludes de la autovía A - 50 Salamanca - Ávila, en las inmediaciones de Cardeñosa, en la provincia de Ávila (Figura 4). Macizo Granítico. Problemática asociada a la intersección de discontinuidades (fracturas) y a la alteración del granito (arenización y formación de bolos). Localización zona de taludes: coordenadas geográficas 40°44'22.83"N – 4°45'24.67"O.**



Figura 4. Taludes de la autovía A - 50 Salamanca - Ávila, en las inmediaciones de Cardenosa (Ávila). Imágenes de Google Earth y de Street View.

- ◆ **Autovía A - 66 Ruta de la Plata.** Un recorrido a lo largo de esta autovía ofrece didácticos cortes geológicos que muestran las litologías atravesadas, sus estructuras geológicas y sus alteraciones, a la par que ilustran una gran variedad de problemáticas geotécnicas y de posibles soluciones. En el presente proyecto se han estudiado las posibilidades del tramo entre Plasencia (Cáceres) y Sevilla. Este tramo ofrece espectaculares secciones en macizos metamórficos y en macizos graníticos, donde son visibles los efectos de la fracturación y de las alteraciones sufridas por estas rocas, las problemáticas geotécnicas derivadas de estos procesos, en lo que a estabilidad de taludes se refiere, y numerosas soluciones.

A satellite-style image of the Earth, showing the Mediterranean Sea, Europe, and North Africa. The text is overlaid in the center of the image.

**3.2.- ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE
EVOLUCIONES DE PROCESOS Y/O
FORMAS GEOLÓGICAS**

Esta tipología de tarea se basa en la posibilidad de analizar la evolución de determinados procesos geodinámicos o sucesos geológicos, mediante una reconstrucción a base de imágenes (Herramienta Imágenes Históricas). Implica identificar, describir y relacionar morfologías y sucesos con sus causas y evoluciones, estableciendo analogías y diferencias entre imágenes de Google Earth de distintas épocas, ofreciendo una visión temporal de los procesos geológicos. Este tipo de tarea incluye, como activadores cognitivos, cuestiones de tipo relacional, de diagnóstico y de causa – efecto (comparaciones, comprobación de causas, relaciones causales) que estimulan claramente el interés de los alumnos.

Con este tipo de tarea pueden analizarse la evolución de canales fluviales meandriiformes, la migración de dunas en medio desértico y/o litoral, y la evolución de determinados fenómenos gravitacionales. A continuación, se incluyen dos ejemplos:

GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL. DINÁMICA y EVOLUCIÓN de los CANALES MEANDRIFORMES. Causas y Efectos. Análisis de las **consecuencias de la dinámica meandriiforme en el trazado fluvial y en la geometría de los meandros** (Estrangulamiento de Meandros y Formación de Oxbow Lakes, Génesis de Point Bars,...). **Ejemplo del río Ucayali, afluente del río Amazonas (Perú).**

La tarea consiste en el análisis de la evolución del trazado de un tramo del río Ucayali (Figura 5), afluente del río Amazonas (Perú). Para ello, debe utilizarse la herramienta de imágenes históricas de la aplicación Google Earth, visualizar las imágenes disponibles (1970 y 2012) y compararlas (Figura 6), estableciendo la evolución de este tramo fluvial y explicándola en base a la información y recursos de apoyo proporcionados tanto en clase como a través de la plataforma.

El alumno debe proceder a la localización de la zona propuesta a partir de unas coordenadas geográficas de referencia (marca de posición: Latitud 5°08'49"S - Longitud 74°09'58"O) y, a continuación, a la identificación y descripción de las morfologías fluviales presentes y de su evolución (Imágenes Históricas), analizando causas y consecuencias.

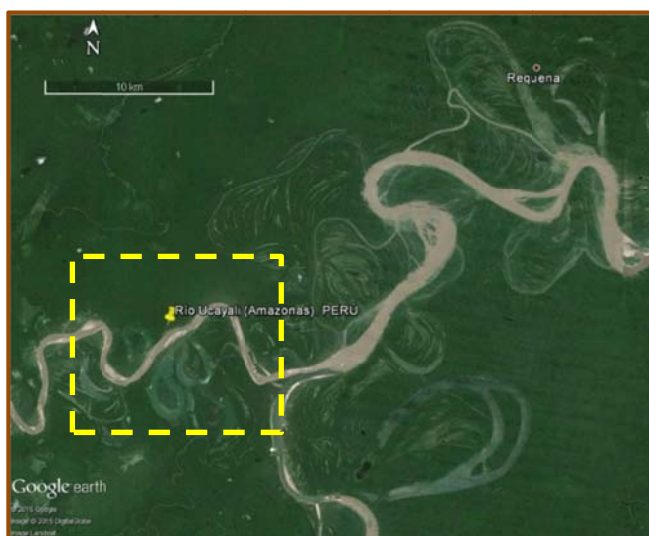


Figura 5. Río Ucayali, Amazonas (Perú). Localización del tramo objeto de la tarea. Imagen de Google Earth.



Figura 6. Río Ucayali, Amazonas (Perú). Área de trabajo e imágenes disponibles (1970 y 2012). Las flechas indican las principales zonas de interés que el alumno deberá identificar, de forma autónoma, tras analizar las imágenes, y posteriormente describir su evolución, analizando sus causas y sus consecuencias. Imágenes de Google Earth.

HISTORIA DE UNA LADERA INESTABLE. EVOLUCIÓN. Efectos. Ejemplo del Deslizamiento de Oso (Washington), marzo 2014 (Figura 7).

El deslizamiento rotacional ocurrido en Oso (Washington), en marzo de 2014, es un ejemplo de fenómeno gravitacional que puede ser abordado con esta tipología de tarea dada la existencia de toda una secuencia de imágenes, desde 1989 hasta 2014, incorporada en Google Earth (Figura 8). Esta secuencia pone de manifiesto la historia de inestabilidades de la zona. Las características de este suceso, su historia previa y la amplia e interesante información e imágenes disponibles han determinado su elección.



La siguiente secuencia de imágenes (Figura 8) permite ver los sucesivos episodios de inestabilidad ocurridos desde 1989 hasta 2014, los cambios morfológicos sucedidos como consecuencia y las variaciones que los sucesivos fenómenos de ladera han provocado en el trazado fluvial.

La tarea consiste en el análisis de la evolución de la ladera afectada por los sucesivos deslizamientos, siguiendo el mismo procedimiento anteriormente expuesto de retroceder en el tiempo y realizar un análisis comparativo de las sucesivas imágenes existentes. Merece especial atención observar la incidencia del meandro fluvial en la base de la ladera, en el área de las inestabilidades, y la modificación que los movimientos de ésta han provocado en el curso fluvial.

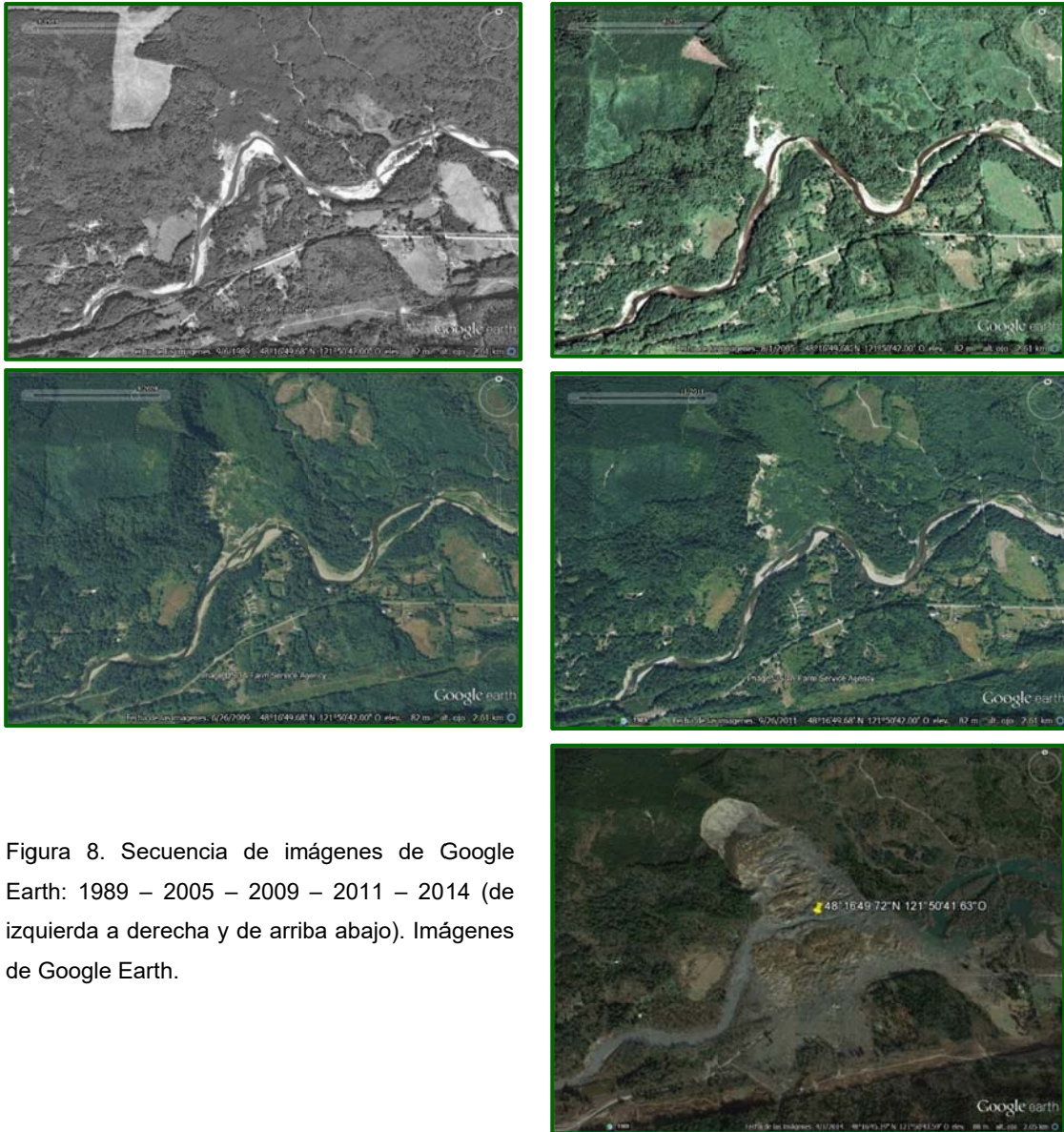



Figura 8. Secuencia de imágenes de Google Earth: 1989 – 2005 – 2009 – 2011 – 2014 (de izquierda a derecha y de arriba abajo). Imágenes de Google Earth.

Todas estas observaciones geomorfológicas pueden completarse con la exhaustiva información que ofrece la página web de American Geophysical Union blogs.agu.org/landslideblog sobre este suceso, sus condicionantes (entorno geológico y geotécnico del área) y sus causas desencadenantes. En esta página puede encontrarse un análisis de la naturaleza de los materiales implicados (sedimentos glaciares), de su comportamiento geotécnico (altamente variable dada su heterogeneidad, tanto composicional como textural, y su anisotropía), del historial de fenómenos gravitacionales de la zona y de sus desencadenantes (acción del agua acumulada en el terreno, tras periodos de intensas precipitaciones atmosféricas, y socavación de la base de la ladera por la incidencia del meandro fluvial y erosión del margen cóncavo). También se analiza la ocupación humana y sus actividades como factores agravantes. Dado que se trata de un fenómeno reciente, y de gran interés mediático en su momento por la tragedia que supuso, este caso también puede plantearse en la tipología de tareas vinculada a fenómenos objeto de noticias recientes.



3.3.- LOCALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE FENÓMENOS OBJETO DE NOTICIAS RECIENTES

Erupción del Monte Aso. Isla de Kyushu (Japón). Sept 2015. Kyodo Reuters. www.europapress.es

Las noticias sobre riesgos son un recurso muy útil en la enseñanza de la Geología. Continuamente suceden fenómenos geológicos o geoclimáticos que interfieren con las actividades humanas y con su ocupación del territorio. El interés mediático que despiertan estos sucesos es un reflejo del interés de la sociedad y una clara motivación para los estudiantes de la materia. Seísmos, Erupciones Volcánicas, Fenómenos Gravitacionales, Dinámica Fluvial e Inundaciones, etc., sus causas, consecuencias y efectos, pueden abordarse desde la perspectiva del análisis de sucesos recientes y de actualidad, acercando la geología a nuestro entorno y concienciando a los alumnos de la incidencia de los fenómenos geológicos en la sociedad y en sus respectivas titulaciones.

Con la aplicación Google Earth pueden contextualizarse muchos de estos fenómenos de una forma muy eficaz desde el punto de vista del aprendizaje de los alumnos.

- ✓ **Seísmos.** Localización Geográfica y Geológica en el contexto de la Dinámica de Placas Litosféricas, mediante la aplicación Google Earth.
- ✓ **Erupciones Volcánicas.** Localización Geográfica y Geológica en el contexto de la Dinámica de Placas Litosféricas, mediante la aplicación Google Earth. Información sobre su tipología y sus características morfológicas (Activación de la Capa de Información sobre Volcanes: *Smithsonian Institution -Global Volcanic Program-*).
- ✓ **Inundaciones.** Localización Geográfica de zonas afectadas. Análisis del entorno.
- ✓ **Fenómenos gravitacionales** de actualidad. Localización. Imágenes Históricas y Evolución. Causas y Efectos.

En estas tareas se incluyen además labores de búsqueda de información, imágenes y/o vídeos, tanto de las noticias sobre los sucesos concretos como de información general sobre estos fenómenos geológicos. También deben manejarse páginas web que ofrezcan información rigurosa sobre estos fenómenos. Algunas recomendaciones:

Seísmos. Instituto Geográfico Nacional www.ign.es, Centro Sismológico Euro – Mediterráneo www.emsc-csem.org, Servicio Geológico de los Estados Unidos <http://earthquake.usgs.gov>

Vulcanismo. www.volcanodiscovery.com

Fenómenos gravitacionales. <http://blogs.agu.org/landslideblog/>

Los casos objeto de análisis en este tipo de tarea se actualizarán periódicamente en función de los sucesos que se vayan produciendo y de su potencial. A la hora de la elección se tendrá en cuenta: magnitud y/o intensidad del fenómeno, características, posibilidades didácticas que ofrece en el marco de las asignaturas, interés en el contexto de la geología en la ingeniería concreta a la que se dirige y, en determinados casos y circunstancias, proximidad geográfica.

En relación con este tipo de tarea, los alumnos han localizado la zona del suceso, han contextualizado geológicamente o geomorfológicamente el fenómeno y han buscado y seleccionado imágenes representativas del suceso e información relevante que han incorporado a las marcas de posición realizadas (Figuras 9 y 10).

Durante el curso 2015/2016 se ha trabajado con los siguientes sucesos:

- ✓ **Seísmos** de Nepal (Abril y Mayo de 2015), Chile (Septiembre de 2015) y Afganistán (Octubre 2015).
- ✓ **Erupciones** de los volcanes Monte Aso (Kyushu. Japón), Calbuco (Chile), Cotopaxi (Ecuador) y Colima (México). Figuras 9 y 10.
- ✓ **Inundaciones** en el Valle del río Ebro (Enero – Marzo 2015).

Las noticias relacionadas con **sismicidad** y **vulcanismo** han permitido ilustrar la relación de estos fenómenos con la dinámica de los distintos tipos de márgenes de las placas litosféricas:

- Los sucesos sísmicos y volcánicos de Chile, Ecuador y México muestran la actividad ligada a los márgenes de placas litosféricas de tipo convergente con subducción litosfera oceánica bajo litosfera continental, ejemplificada en los márgenes de convergencia entre las Placas de Cocos y Nazca y las Placas Norteamericana y Sudamericana.
- Los seísmos de Nepal y Afganistán reflejan la actividad del margen de sutura entre las placas India y Euroasiática (convergencia colisión litosfera continental – litosfera continental).
- Los continuos eventos sísmicos en Japón y su actividad volcánica ilustran la actividad ligada a los márgenes convergentes de placas litosféricas con subducción litosfera oceánica bajo litosfera oceánica (Placas Filipina, Pacífica y Euroasiática, en este caso concreto).

En relación con las **inundaciones** sufridas por el entorno del río Ebro, fundamentalmente se ha trabajado en la localización de las zonas afectadas, visualizando así la importancia de la ocupación antrópica de la llanura de inundación como factor agravante del riesgo, y en la incidencia tanto en vías de comunicación como en áreas agrícolas.

También se abordó el **deslizamiento** ocurrido en Santa Catarina Pínula (Guatemala), en octubre de 2015, pero únicamente se empleó Google Earth para la localización de la zona y la observación de la morfología del relieve del entorno. En el momento de abordar en clase este fenómeno gravitacional, no existían imágenes posteriores al suceso.

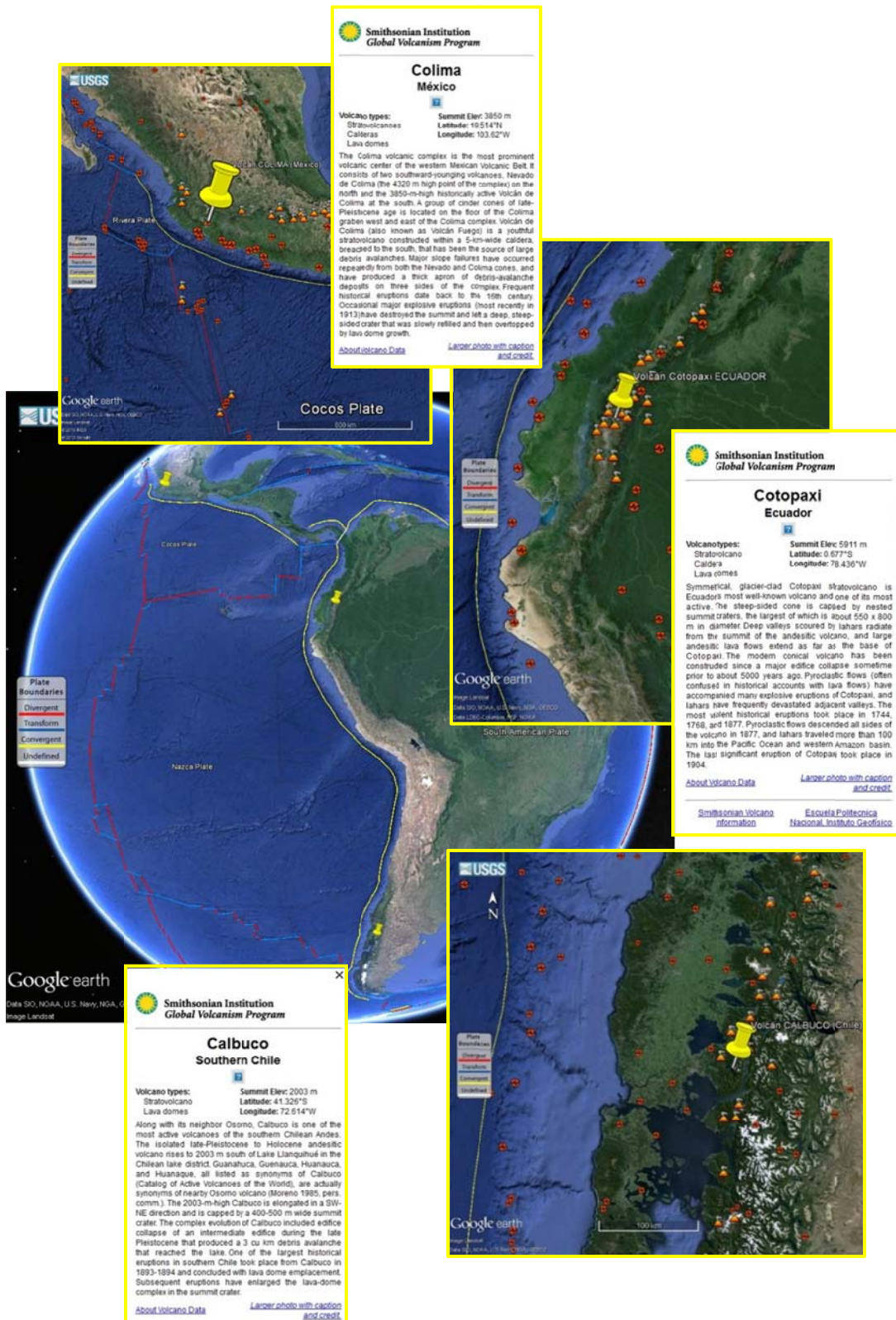


Figura 9. Contexto geodinámico del vulcanismo activo de la zona occidental de Centroamérica y Sudamérica. Ejemplos de los volcanes Calbuco (Chile), Cotopaxi (Ecuador) y Colima (México), con episodios de actividad importante en 2015. Imágenes e Información sobre Volcanes de Google Earth.

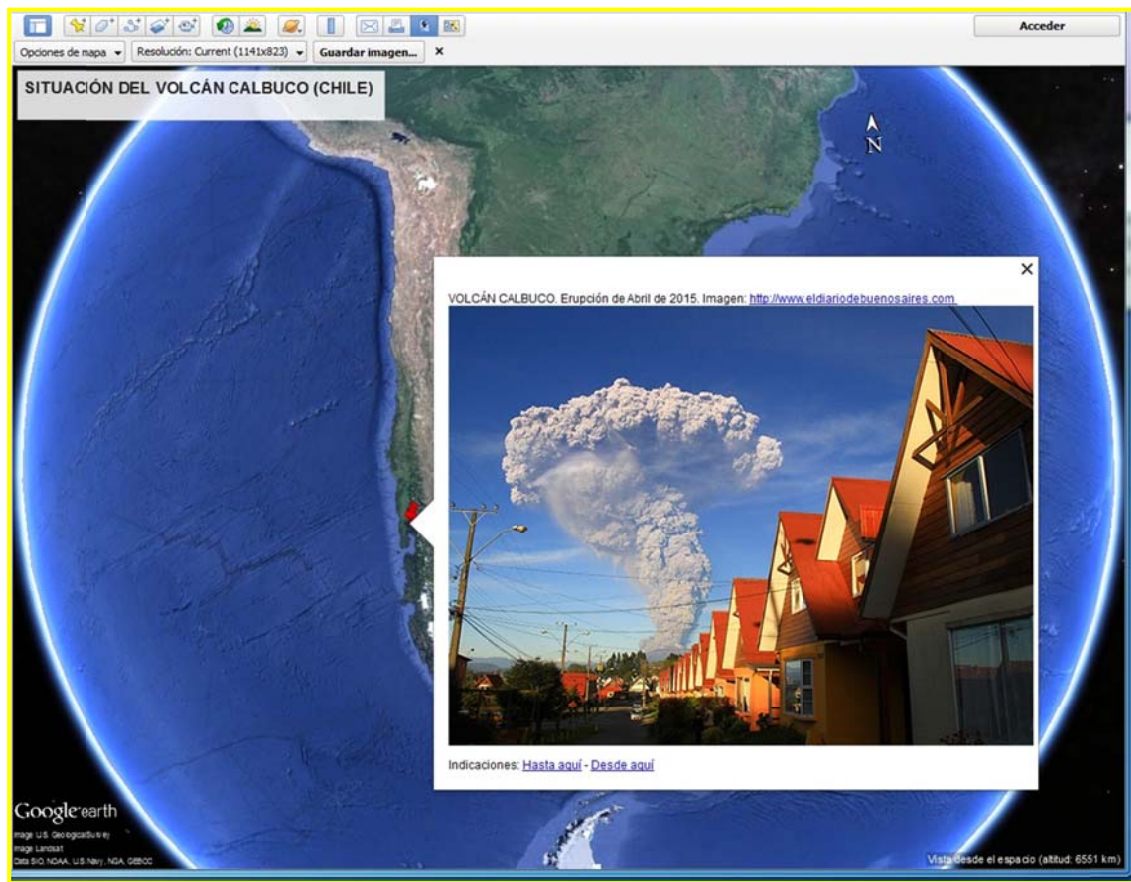


Figura 10. Ejemplo del volcán Calbuco (Chile). Erupción de abril de 2015. Incorporación de imágenes e información en la etiqueta de la marca de posición.

Zamora

3.4.- ITINERARIOS

© 2015 Google

Google earth

2009
5000

Fecha de las imágenes: 10/5/2012 41°30'13.11" N 5°44'31.69" O elev. 636 m alt. ojo 5.22 km
Fecha de las imágenes: 10/5/2012 41°30'13.11" N 5°44'31.69" O elev. 636 m alt. ojo 5.22 km

© 2012 Google

Google earth

Zamora

El diseño de rutas o itinerarios didácticos y su montaje en Google Maps y/o Google Earth constituye una tarea muy completa. A las labores propias de preparación de la ruta temática (definición de objetivos, selección de paradas, descripciones, ilustraciones y consultas bibliográficas), y con independencia de la misma, este tipo de tarea supone el uso y manejo de diferentes herramientas de Google Earth (Street View, Rutas, Edición de marcas de posición, Incorporación de datos descriptivos, esquemas, fotografías y enlaces).

Dentro de la materia concreta que se aborda en este proyecto, se pueden realizar rutas geológicas de muy diversa índole, tanto en lo referente al nivel científico o divulgativo como en lo relacionado con el ámbito de actuación: rutas geodidácticas locales y/o regionales, para reforzar el conocimiento geológico del entorno o para su divulgación; rutas geomonumentales, que establecen vínculos importantes entre la arquitectura y la geología; rutas por parques naturales o nacionales de especial interés geológico,

La tarea que se propone tiene como objetivo conocer el sustrato geológico de la ciudad de Zamora a partir de sus afloramientos en distintos puntos de la ciudad (Figura 11).

Este sustrato está constituido por areniscas y conglomerados, de colores rojos, blancos, ocre y violáceos, constituidos por clastos de cuarzo y cuarcita, cemento silíceo (ópalo) y arcillas (caolinita), y concentraciones locales de oxi - hidróxidos de hierro. Forman parte de la unidad geológica denominada Formación Areniscas de Salamanca, de edad Cretácico superior - Paleoceno.

Un paseo siguiendo el recorrido de la muralla permite observar sus afloramientos bajo la misma (Figura 11). A nivel de provincia, esta formación aflora en una estrecha banda discontinua de norte a sur, con bonitos afloramientos en Montamarta, La Hiniesta, Zamora, Tardobispo,...

Esta tarea incluye búsqueda de afloramientos (mediante recorrido urbano y uso de la herramienta Street View de Google Earth), análisis y descripción de sus características en campo (longitud, espesor, mineralogía, textura, estratificación y fracturación), localización sobre imagen Google Earth (o Google Maps) mediante la edición de marcas de posición, incorporación de datos descriptivos y fotografías en sus etiquetas, y realización de la ruta (Figuras 12 y 13). La tarea incluirá también la consulta de bibliografía básica sobre el tema.



Figura 11. Afloramientos del sustrato de la ciudad de Zamora bajo la muralla, en la zona de las Peñas de Santa Marta.



Figura 12. Zamora. Localización de afloramientos. Imágenes de Google Earth y de Street View (Ejemplos de los afloramientos de las Peñas de Santa Marta y de la Ronda de la Feria)..



Figura 13. Incorporación de datos de descripción de los afloramientos en las etiquetas de las marcas de posición. Imagen de Google Earth.

Algunos de estos afloramientos permiten abordar también algunas problemáticas geotécnicas como desprendimientos debidos a las discontinuidades presentes y problemas de descalce (Figuras 14 y 15). Soluciones adoptadas (Peñas de Santa Marta y Ronda de la Feria).



Figura 14. <https://commons.wikimedia.org>.
Autor: Tamorlan (2012).

Figura 15. www.laopiniondezamora.es (Imagen de Noticia de 2009).



En función de las posibilidades existentes en el momento de realización de este recorrido, pueden incorporarse paradas en obras (excavaciones) que permitan la observación del terreno (sustrato rocoso y/o recubrimientos sedimentarios superficiales) y de técnicas de cimentación y/o de sostenimiento (pilotaje, construcción de pantallas de pilotes, ...).

A lo largo de este itinerario, también pueden observarse monumentos de la ciudad construidos con estos materiales, ya que estas rocas, además de constituir el sustrato de la ciudad, han sido la piedra constructiva y ornamental ("Piedra de Zamora") con la que fue construida su muralla, su Puerta del Obispo y sus iglesias románicas. Aprovechando estas paradas, los alumnos pueden conocer algunas patologías ligadas a la alteración de la roca, causa evidente de la degradación o deterioro que presentan algunos monumentos, y técnicas de intervención llevadas a cabo. En definitiva, podrán tomar conciencia del papel que la piedra natural de Zamora ha jugado en la historia constructiva y arquitectónica de la ciudad.

4. BIBLIOGRAFÍA

Selección bibliográfica sobre posibilidades didácticas de Google Earth en el marco de la docencia de la geología:



Alfaro, P.; Espinosa, J.; Falces, S.; García – Tortosa, F.J. y Jiménez – Espinosa, R. (2007). Actividades didácticas con Google Earth. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (15.1): 2 – 15. ISSN: 1132 – 9157.



Corbí H., Giannetti A., Baeza-Carratalá J.F. y Martínez-Martínez J. (2013). Elaboración de itinerarios geológicos como recurso didáctico en Ciencias de la Tierra. Universidad de Alicante. <http://web.ua.es/en/ice/jornadas-redes>.



Fernández Macarro, B.; Monterrubio Pérez, S.; Nespereira Jato, J. y Santos Delgado, G. (2013). Memoria Proyecto ID 2013/076. Google Earth en la enseñanza de la Geología. Experiencia en la Escuela Politécnica Superior de Zamora. Repositorio Docente Universidad de Salamanca.



Gómez-Heras, M.; Martínez Garrido, I.; Castiñeiras García, P.; Muñoz García, M.B.; Pérez-Soba Aguilar; Rossi Nieto, C.M.; Sanz Montero, E. y Varas Muriel, M.J. (2012). Guías interactivas creadas con Google Earth™ para la preparación y seguimiento del trabajo de campo en Ciencias de la Tierra. RELADA. Revista Electrónica de ADA Madrid. **(Aula a Distancia Abierta de la Comunidad de Madrid)**. Vol. 6, Nº 3.



Lamas Valente, N. (2006). Navegando por los paisajes del mundo con Google Earth. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (14.4): 85 – 88. ISSN: 1132 – 9157.



Montealegre de Contreras, L. (2006). Una propuesta en geoimágenes: Google Earth. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (14.2): 108 – 117. ISSN: 1132 – 9157.



Renard, P. (2004). Sismos, Volcanes y Tectónica de Placas en tu PC. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (12.1): 31 – 37. ISSN: 1132 – 9157

Algunas fuentes de información sobre cuestiones de Geología y localizaciones de interés:



Carenas, M.B.; Giner, J.L.; González Yelamos, J. y Pozo, M. (2014). Geología. Ed. Paraninfo. Madrid.



Chernicoff, S. ; Fox, H. A. & Venkatakrishnan, R. (1997). Essential of Geology. Worth Publ. New York.



Fernández Macarro, B.; Monterrubio Pérez, S.; Nespereira Jato, J. y Santos Delgado, G. (2013). Memoria Proyecto ID 2013/076. Google Earth en la enseñanza de la Geología. Experiencia en la Escuela Politécnica Superior de Zamora. Repositorio Docente Universidad de Salamanca.



Gutiérrez Elorza, M. (2008). Geomorfología. Pearson Educación. Madrid.



López Marinas, J.M. (2000). Geología aplicada a la Ingeniería Civil. Ed. Cie Dossat 2000. Madrid.



López Marinas, J.M. y Lomoschitz Mora-Figueroa, A. (2014). Geología aplicada a la Ingeniería Civil. Ed. Ediciones. 4ª edición revisada y ampliada.



Monroe, J. S.; Wicander, R. y Pozo, M. (2008). Geología. Dinámica y evolución de la tierra. Ed. Paraninfo.



Monroe, J. S. & Wicander, R. (1998). Physical Geology. Exploring the Earth. 3ª ed. Wadsworth Publishing Company.



Pedraza, J. (1996). Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones. Ed. Rueda. Madrid.



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat
Image IBCAO
Image U.S. Geological Survey

Google earth

24°31'30.57" N 29°27'59.17" O alt. ojo 14793.92 km
54°31'30" N 58°53'28" W alt. ojo 14793.92 km



Image U.S. Geological Survey
Image IBCAO
Image Landsat
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google earth

Begoña Fernández Macarro (Coordinación). Dpto Geología
Serafín Monterrubio Pérez. Dpto Geología
José Nespereira Jato. Dpto Geología
Gabriel Santos Delgado. Dpto Ingeniería Cartográfica y del Terreno

Universidad de Salamanca