Estudio práctico de geología empleando software libre

José Santiago Pozo Antonio[1] y Jessica Piñeiro Di Blasi[2]

Departamento de Ingeniería de los Recursos Naturales y Medio Ambiente. Universidad de Vigo. E-mails: [1]ipozo@uvigo.es, [2]jpdiblasi@uvigo.es.

Resumen: Con la inmersión de la Universidad española en el EEES, uno de sus objetivos fundamentales es la inclusión de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el proceso de aprendizaje, de modo que el alumno pueda acceder desde su casa a los conocimientos y casos prácticos empleados en el aula, así como a otros recursos que profundicen en la materia.

Este artículo analiza el empleo del software libre Google Earth en el reconocimiento de estructuras geológicas como pliegues, fallas, cabalgamientos, etc. facilitando a los alumnos el reconocimiento visual de los mismos sin necesidad de viajar a las zonas características, gasto que en la mayoría de los casos resulta imposible de afrontar por las Universidades. Esto permite que el alumno conozca ejemplos reveladores de dichas configuraciones geológicas y el programa informático, gracias a su interactividad, permite al alumno moverse sobre la estructura obteniendo sus propias visiones de la formación y cubriendo aquellas curiosidades que le pueden surgir, como el descubrir el buzamiento de las capas geológicas o la longitud y espesor de las mismas. Esto representa una clara ventaja con respecto a las fotografías (técnica empleada por la mayor parte de los docentes a la hora de transmitir estos estudios).

Esta aplicación puede ser introducida en grados, en los que sus Libros Blancos determinan competencias específicas como el reconocimiento de estructuras geológicas como es el caso de los vinculados a los grados de Geología, Ingeniería de los Recursos Mineros y Energéticos e Ingeniería de la Energía, siendo estas dos, procedentes de los antiguos estudios de Ingeniería de Minas de la Universidad de Vigo.

Palabras clave: Geología, Google Earth, pliegue, falla, cabalgamiento.

Title: Practical study of geology using free software.

Abstract: The inclusion of Information and Communication Technology (ICTs) in learning processes is one of the objectives of the Spanish University after its immersion in the European Higher Education Area (EHEA). Then, the students can access to knowledge and the practical exercises from their own homes, to improve in the subject.

This article analyzes the use of the free software *Google Earth* for the geological structures recognition such as folds, faults, buckled strata, etc. This application allows the student knows geological structures. The interactivity of the software allows students to move through the structure in order to find their peculiarities (the dip of the geological layers, or the length and thickness thereof). This interactivity provides a great advantage over the photograph (traditional tool used by teachers).

This application is interesting in degrees related to Geology, Engineering of Mining and Energy Resources and Power Engineering, taught at the University of Vigo.

Keywords: Geology, Google Earth, fold, fault, buckled strata.

1. Introducción

A lo largo de las diversas etapas a través de las que el ser humano se va formando como adulto y elemento activo dentro de la población trabajadora, se ve influido tremendamente por la *tecnificación* (Berenguer, 2005). Dentro del sistema educativo universitario, en los últimos años se han desarrollado acontecimientos, que desembocan en su inmersión en el esquema director europeo, que tiene como bandera la introducción de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el proceso de aprendizaje protagonizado por el estudiante, donde el docente deja de ser una figura central y pasa a colocarse en su segundo plano (Nalezinski y Bettina, 2007). Estas tecnologías, conocidas como TIC, permiten la adquisición, producción, almacenamiento y transmisión de datos e imágenes (González *et al.*, 1995). Para su desarrollo, las TIC se basan en el empleo de herramientas como *hardware* y *software* (González *et al.,* 1995). El empleo de estas técnicas permiten *deslocalizar* y *destemporalizar* el acto del aprendizaje, ya que se pierde la necesidad de la coincidencia física. La interrelación entre el profesor y los estudiantes se puede llevar a cabo a través de dos procesos, por un lado de forma síncrona a través de chat o asíncrona a través de e-mails (Santángelo, 2003).

Actualmente, el alumnado, dispone generalmente, tanto en sus casas como en las universidades, de puntos de acceso a internet, de forma que se posibilita el aprovechamiento por parte de los discentes de todo servicio gratuito que brinda la red, como pueden ser los *softwares* de libre descarga (Cabrera *et al*., 2011).

Lo que se pretende con este trabajo es acercar tanto a profesores como a alumnos el empleo del software libre *Google Earth,* como herramienta de aprendizaje en asignaturas vinculadas al estudio de la geología. Esta aplicación es un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite visualizar diferentes tipos de imágenes georreferenciadas y a escala (satélite, relieve, 3D, etc.) de cualquier punto de la tierra. Fue creada por la empresa *Keyhole Inc.* que en el año 2004 fue comprada por *Google* que lo lanzó de forma mejorada y gratuita el 21 de Mayo del 2005 (Web *Google Earth*). Su campo de aplicación es tan amplio que permite la búsqueda de lugares concretos (calles, edificios, zonas de interés turístico, etc.), obtención de rutas, simulación de vuelos e incluso identificación de estructuras geológicas a media y gran escala.

Los docentes se encuentran con grandes dificultades a la hora de conseguir la total comprensión de los grandes procesos geológicos por parte del alumnado. En muchos casos para conseguirlo recurren a salidas de campo donde se observa directamente lo explicado en clase, pero esto presenta inconvenientes como por ejemplo la lejanía de zonas de gran interés, el coste de los medios necesarios que implica el desplazamiento o simplemente la gran extensión de las estructuras geológicas que impiden su correcta apreciación. Sin embargo es de gran valor didáctico el reconocimiento de dichos elementos en el entorno, y gracias a la alta tecnología desarrollada en SIG se posibilita el estudio desde la propia aula.

Algunas de las configuraciones geológicas más importantes son: fallas, cabalgamientos, pliegues y volcanes (cráter).

Una falla es una fractura en la roca, a lo largo de la cual se produce un desplazamiento de los bloques que puede ser milimétrico y prácticamente inapreciable o llegar a alcanzar varios kilómetros (Tarbuk y Lutgens, 1999). Existen tres tipos principales de fallas (Figura 1): la falla normal, donde el bloque de techo desciende a favor de la pendiente, deslizándose por el plano de falla poniendo en contacto la formación más moderna con la más antigua; la falla inversa, donde uno de los bloques asciende en contra de la pendiente; y finalmente la falla de desgarre u horizontal, que como su propio nombre indica se desplaza paralelamente de forma horizontal.

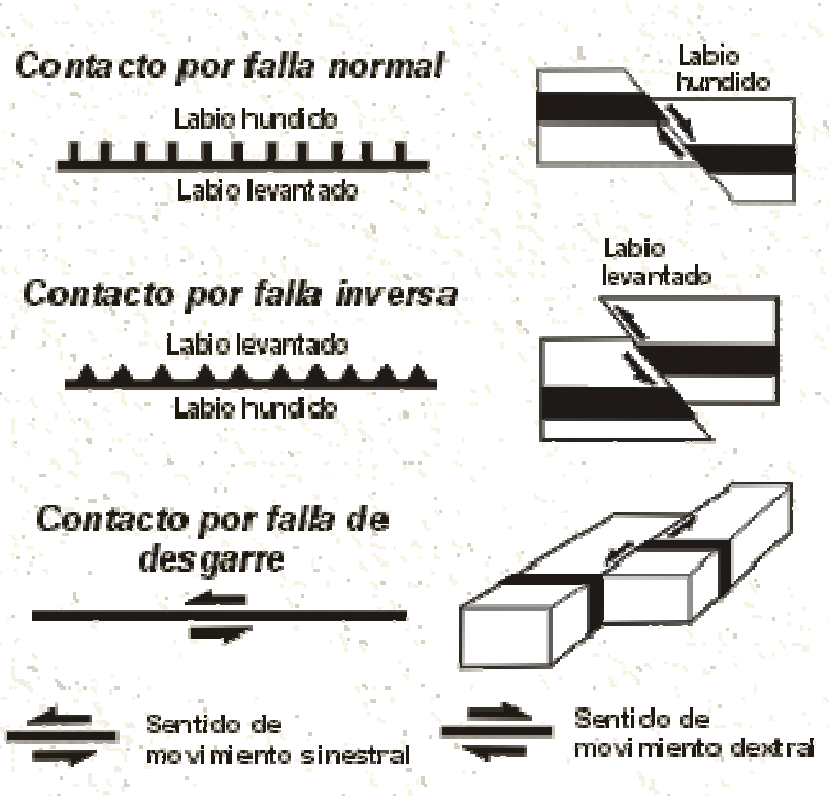


Figura 1. Tipos de fallas. Fuente: http://matragut.wordpress.com

Un cabalgamiento es un tipo de falla inversa de carácter horizontal, con buzamiento inferior a 30º (Tarbuk y Lutgens, 1999). Tiene una morfología de pliegue tumbado, en el cual se produce un desplazamiento de grandes extensiones. Las formaciones de rocas más antiguas o cabalgantes se superponen sobre otras más modernas o cabalgadas.

Las deformaciones observadas en las rocas se denominan pliegues, y son el resultado de diversos esfuerzos tectónicos de compresión, flexión y torsión bajo condiciones de alta presión y temperatura (Tarbuk y Lutgens, 1999). Los pliegues se clasifican según sus elementos principales (eje de pliegue, plano axial, flanco y línea de cresta) en varios tipos, entre los que destacan los sinclinales (pliegue cóncavo) y anticlinales (pliegue convexo) (Figura 2).

Los cráteres volcánicos son depresiones circulares causadas por actividad volcánica que adoptan formas de cono invertido (Tarbuk y Lutgens, 1999).

Los objetivos didácticos de esta actividad son principalmente:

1. Presentar casos prácticos de estructuras geológicas mundialmente conocidas, como son el Rift Valley (Africa), Sierra Madre (México) o el Sinclinal de Maragua (Bolivia).

2. Permitir a los alumnos la búsqueda de otros casos presentes en el planeta.

3. Buscar la participación y la motivación del alumno, ya que implica el empleo de herramientas modernas y atractivas de alto componente lúdico.

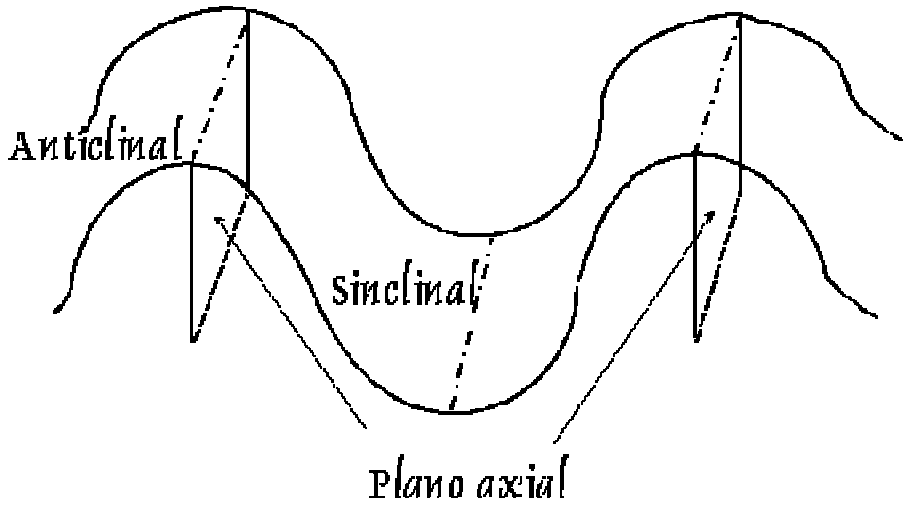


Figura 2. Tipos de pliegues. Fuente: http://commons.wikimedia.org

2. Metodología

Para la realización de los casos prácticos presentados en este trabajo, es necesario tener instalado previamente en el PC, el *software Google Earth*. Su descarga e instalación es muy sencilla, siendo necesaria únicamente la visita a su página web (http://www.earth.google.com/). Se inicia la descarga del ejecutable del programa (*GoogleEarthSetup.exe)* de forma gratuita tras aceptar la Política de Privacidad.

En este artículo se presentan diversos casos de estructuras geológicas importantes. Por un lado se ubican y caracterizan y por otro se muestran las capturas de pantalla de *Google Earth*, donde se observan las peculiaridades de cada uno de ellos.

Ejemplos

A continuación se aportan una serie de ejemplos donde se constatan las facilidades que muestra el *software* para la identificación de las estructuras geológicas. Dichos ejemplos son recogidos del Curso "Guía Visual de Geología Estructural I" impartido desde el Departamento de Ingeniería Geológica de la Universidad Politécnica de Madrid (Espí *et al.,* 2012)

En las Figuras 3 y 4 se visualizan estructuras geológicas pertenecientes a Sierra Madre, situada en Saltillo (México). Su parte oriental se formó por el levantamiento y posterior deformación de las estructuras mesozoicas y de su basamento cristalino. Como resultado se formó una banda de frente cabalgado y plegado desde el Paleoceno Tardío hasta el Eoceno Temprano, época geológica donde se sitúa la Orogénea Larámide (Eguiluz *et al.*, 2000). Esta zona de la Sierra presenta un estilo conocido como "piel fina", ya que como se puede visualizar en las Figuras 3 y 4 presenta un desprendimiento superficial de poca profundidad. En la Figura 3B se destaca la presencia de una falla cabalgante y en la Figura 3D se visualiza la existencia de una falla. La imágenes presentes en la Figura 4 destacan la presencia de pliegues (Figura 4B) y se detecta la falla que atraviesa a los mismos (Figura 4C).

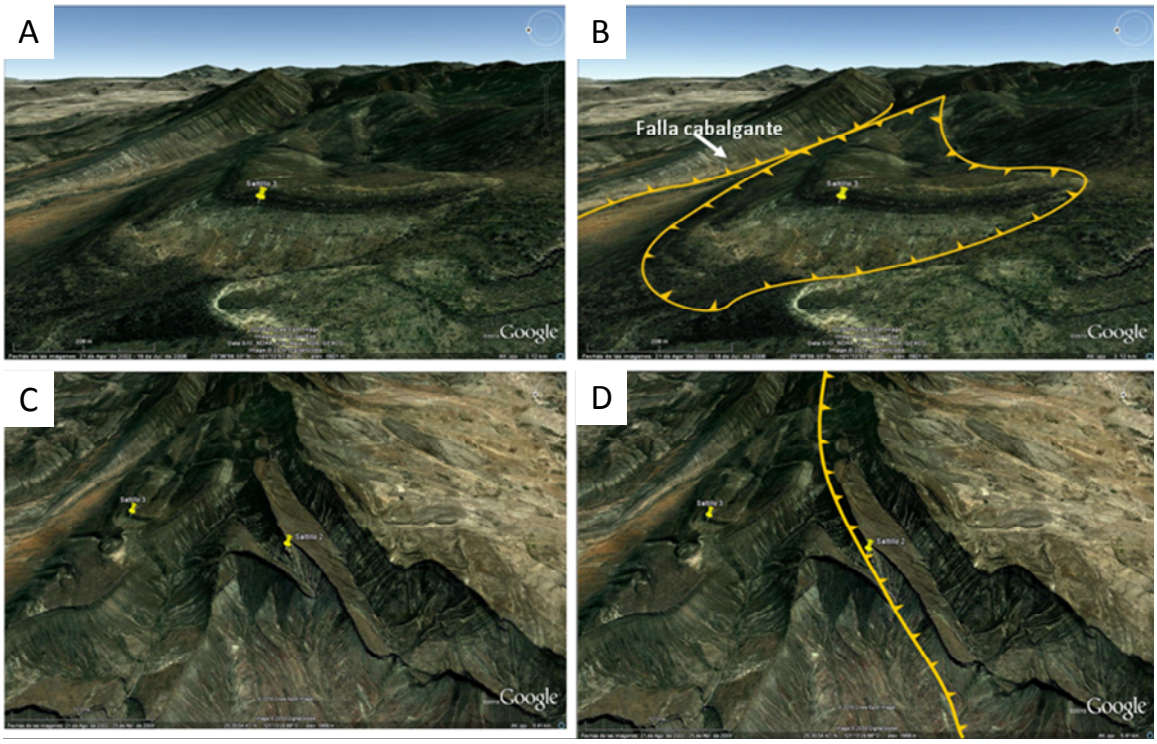


Figura 3. Capturas de pantalla de *Google Earth* de estructuras geológicas que se pueden distinguir en Sierra Madre en Saltillo (México). A y B: Figuras que muestran la amplitud geológica de una falla cabalgante. C y D: Capturas de pantalla que muestran la existencia de una falla. Fuente: Espí *et al.,* 2012.

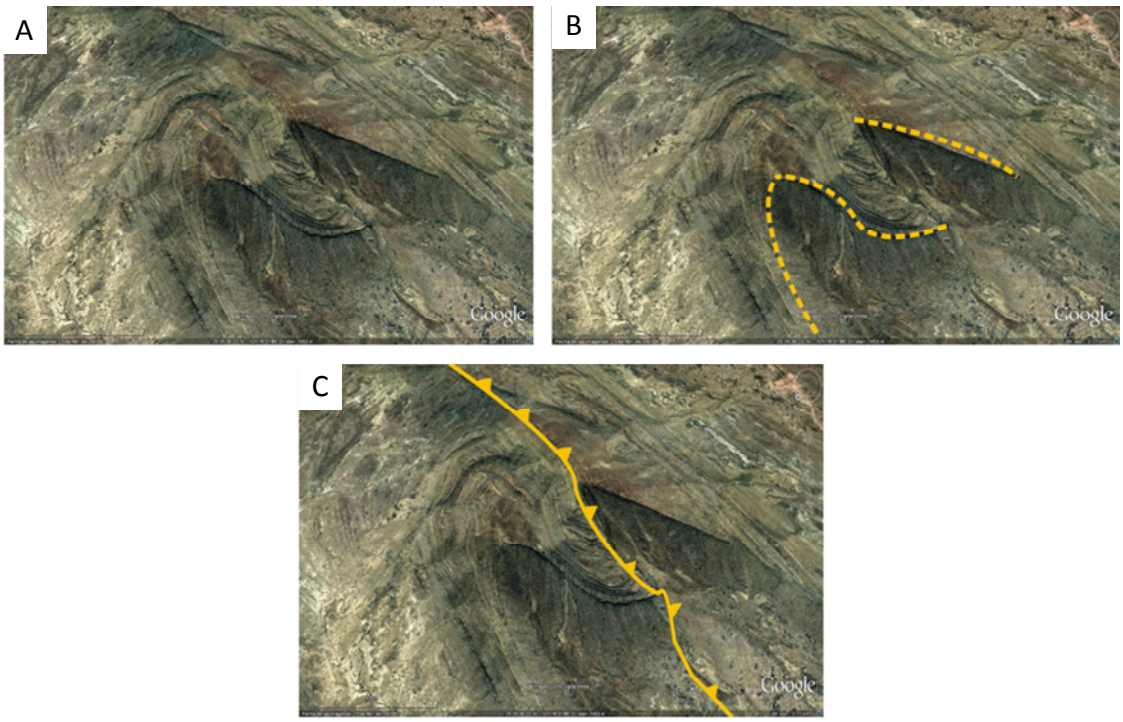


Figura 4. Capturas de pantalla de *Google Earth* de estructura geológica visualizada en la zona de Sierra Madre en Saltillo. A: Vista general de la estructura de la zona. B: Figura que muestra dos pliegues. C: Figura que muestra la falla que atraviesa los pliegues de la figura B. Fuente: Espí *et al.,* 2012.

El Macizo de Tassali, situado en Djanet (Argelia) presenta unas estructuras de origen ordovícico que se han mantenido estables desde su formación (Espí *et al.*, 2012) a pesar de verse afectadas por la erosión fluvial y eólica. Por esta razón se han creado fantásticos desfiladeros rellenos, en parte, de arenas móviles procedentes del desierto (Figura 5). Los depósitos fluviales aparecen alrededor de las zonas emergidas y constituyen los conocidos acantilados internos de Tassili, que vienen marcados en la Figura 5B.

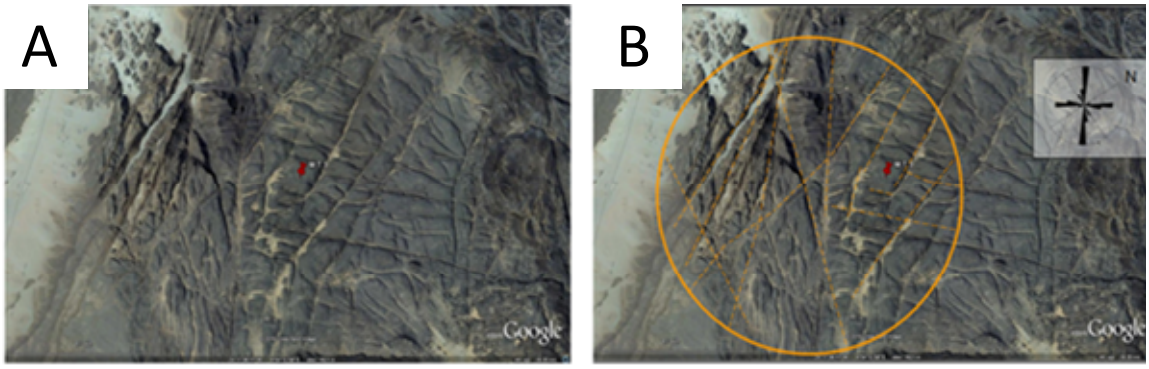


Figura 5. Capturas de pantalla de *Google Earth* de la estructura geológica conocida como Macizo de Tassali en Argelia. A y B: Figuras de las fracturas por las que se desarrollan los acantilados característicos del macizo. Fuente: Espí *et al.,* 2012.

El Rift Africano (Figura 6), es una fractura en la corteza terrestre formada por una cuenca alargada limitada por fallas normales buzando en sentidos opuestos. El Rift más antiguo y mejor definido se localiza en Etiopía y, generalmente, se denomina como el Rift de Etiopía, donde irradian tres secciones, una ocupada por el Mar Rojo, otra por el Golfo de Adén, y una tercera se desliza hacia el sur a través de Etiopía (Espí *et al.,* 2012).

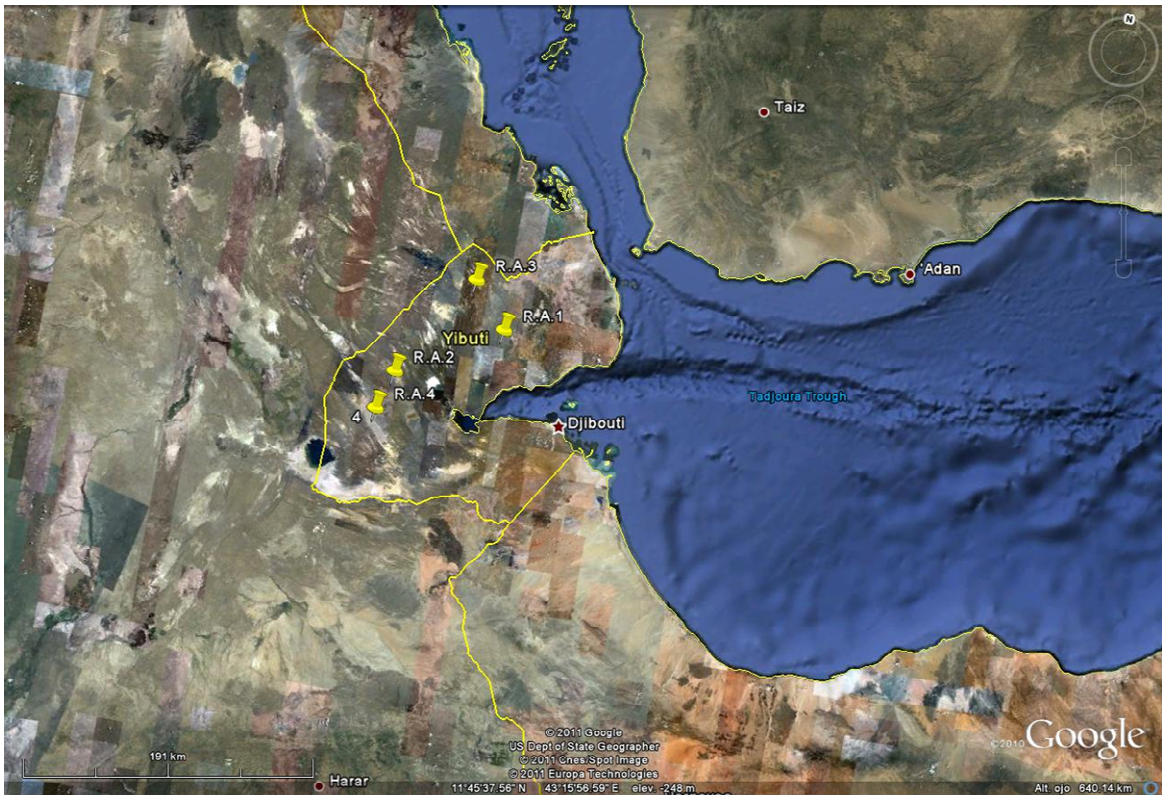


Figura 6. Captura de pantalla de *Google Earth* para indicar la posición del Rift Valley Africano. Fuente: Espí *et al.,* 2012.

El proceso de formación del Rift se basa en que el flujo de calor elevado del manto causa dos abombamientos térmicos en el centro de Kenia y en una región de Etiopía (Afar). Estas protuberancias pueden ser fácilmente vistas como relieves elevados en los mapas topográficos de la zona. A medida que estas formaciones se estiran y fracturan, la corteza exterior muy frágil, forma una serie de fallas normales (Figura 7B), las cuales son características de las zonas de valle del Rift.

Los procesos de estiramiento asociados con la creación de las grietas o Rift son precedidos por enormes erupciones volcánicas que se disponen en los flancos del Rift (Figura 7C).

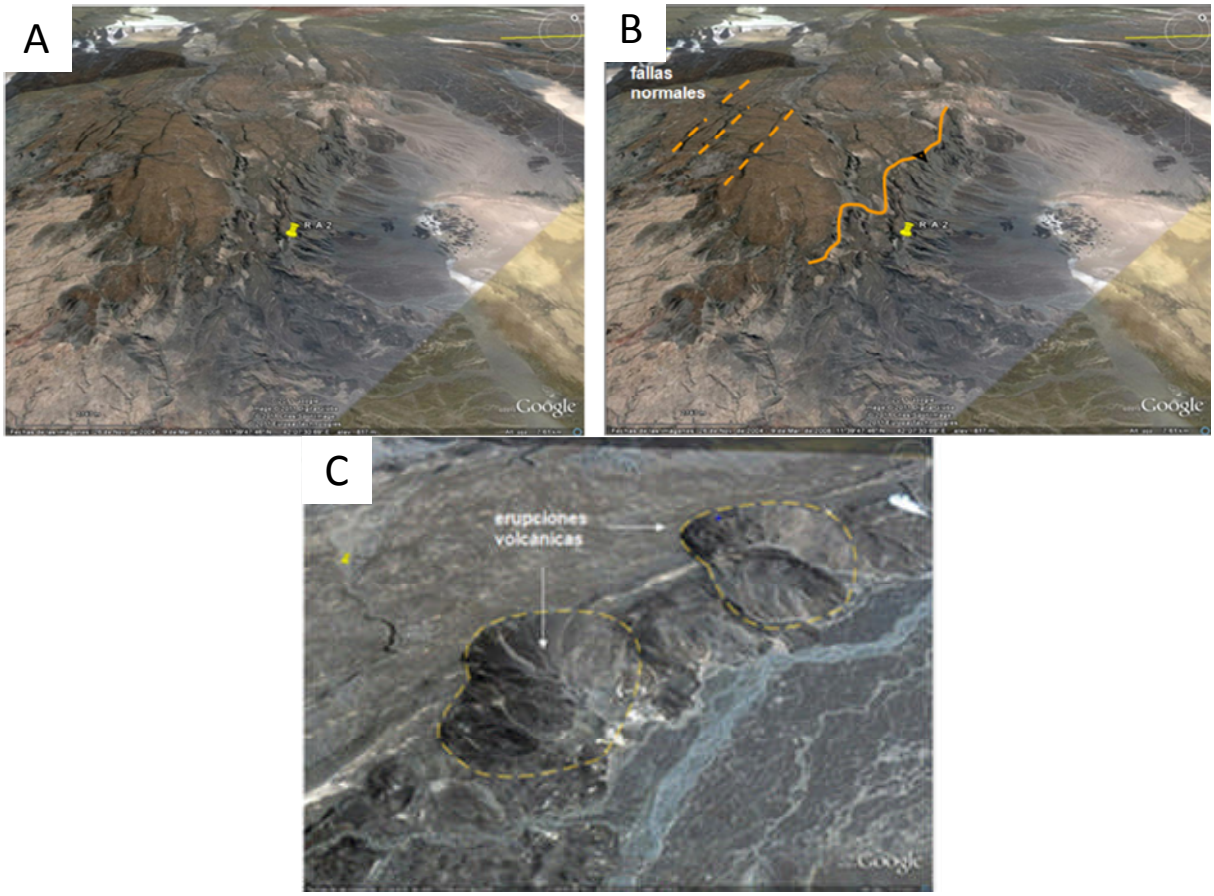


Figura 7. Capturas de pantalla de *Google Earth*, que muestran el Rift Africano en la zona de Yibuti. A y B: Figuras que muestran la existencia de fallas normales en el Rift. C:Captura de pantalla de la existencia de cráteres volcánicos en el Rift. Fuente: Espí *et al*., 2012.

En la Figura 8, se visualizan las estructuras geológicas características del Sinclinal de Maragua, situado en la ciudad de Sucre (Bolivia). Este entorno es una curiosa formación geológica en forma de plato, con escamas orográficas, conocidas como *hog-backs*, que presentan diferentes colores, que se pueden observar desde satélite (Espí *et al*., 2012).

La morfología actual de Maragua presenta la forma de una cubeta procedente de un cierre sinclinal en cuya zona exterior aparecen icnitas (huellas de dinosaurios).

Los dientes de sierra que apreciamos en las Figuras 8A y 8B están condicionados por la erosión que actúa de forma sistemática provocando la fracturación.

Las Figuras 8C y 8D, muestran la singularidad del Sinclinal de Maragua que se cierra hacia el noroeste y hacia el suroeste fomando la conocida cubeta.

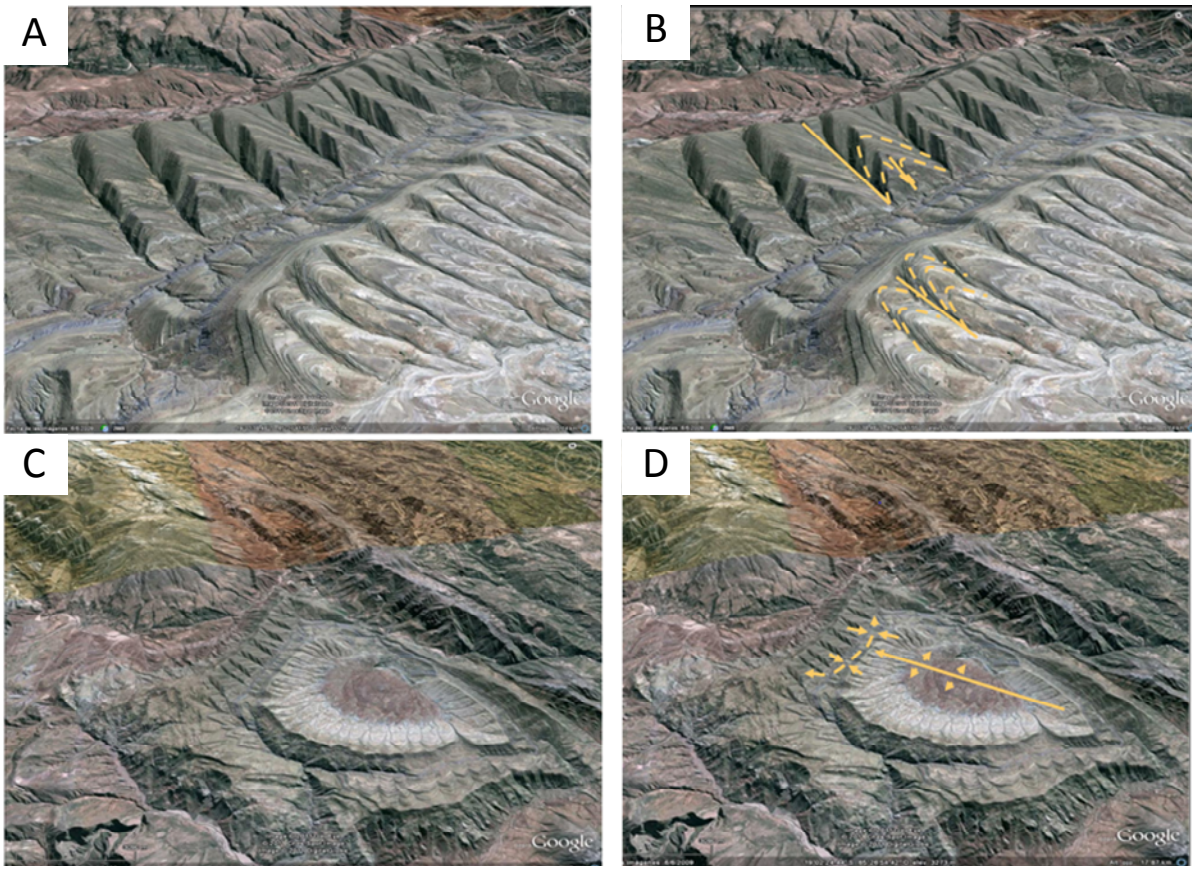


Figura 8. Capturas de pantalla de *Google Earth* de estructuras geológicas encontradas en la zona de Maragua en Bolivia. A y B: Figuras que muestran la red de fracturación por donde la erosión ha progresado formando los *hog-backs*. C y D: Figuras que muestran el sinclinal de Maragua. Con estas fotografías queda reflejada la singularidad del Sinclinal, ya que cierra hacia el noreste y hacia el suroeste formando la cubeta. Fuente: Espí *et al.,* 2012.

3. Conclusión

En primer lugar, se observa que *Google Earth* es una buena herramienta para la identificación de grandes estructuras geológicas universalmente conocidas, ya que pueden ser visitadas cibernéticamente a través del *software*, posibilitando que el docente recurra a un mayor número de ejemplos en el aula.

Además permite llamar la atención del estudiante despertando su interés y aumentando su motivación para que una vez fuera del aula, siga profundizando en la materia por iniciativa propia. Esto no sólo mejora el aprendizaje de los conocimientos sino que fomenta la destreza del alumno en la búsqueda de nuevas fuentes de información.

Referencias

Berenguer, J. (2005). ¿Sociedad tecnológica o sólo sociedad tecnificada? *El periódico de Catalunya*, 19/01/2005.

Eguiluz, S., Aranda, M. y Marrett, R. (2000). Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. *Boletín de Sociedad Geológica Mexicana*, 53, 1-26.

Espí, J. A., Rodríguez, E. y Ortiz, J. E. (2012). *Guía Visual de Geología Estructural I* (CD). E.T.S.I. de Minas, Departamento de Ingeniería Geológica, Universidad Politécnica de Madrid.

García Cabrera, L., Ortega-Tudela, J. M., Peña Hita, M. A., Ruano Ruano, I. y Ortiz Colón, A. M. (2011). La calidad en la docencia virtual: La importancia de la guía de estudio. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 37, 77-92.

González, A., Gisbert, M., Guillem, A., Jiménez, B., Lladó, F. y Rallo, R. (1995). Las nuevas tecnologías en la educación. En J. Salinas *et al.* (eds.), *Redes de comunicación, redes de aprendizaje* (pp. 402-422). Universitat de les Illes Balears: EDUTEC´95.

Google Earth Web. http://www.googleearth.com/.

Lainé Oquenedo, N. (2010). *Las tecnologías al servicio de la Educación Superior: El caso de la Educación a Distancia*. SUM Centro Habana.

Nalezinski, S. y Bettina, R. (2007). Help yourself to Languages: Computergestütztes Selbstlernen. En F. Klippel, G. Koller y A. Polleti (eds.), *Fremdsprachenlernen online*, 59-64. Münster: Waxmann.

Santángelo, H. N. (2003). Modelos pedagógicos en los sistemas de enseñanza no presencial basados en nuevas tecnologías y redes de comunicación. En F. Martínez Sánchez (ed.), *Redes de Comunicación en la Enseñanza: Las Nuevas Perspectivas del trabajo corporativo* (pp. 63-91). Barcelona: Paidós Ibérica.

Tarbuck, E. J. y Lutgens, F. (1999). *Ciencias de la Tierra*. Madrid: Prentice Hall.