

Desarrollo metodológico a partir de datos de satélite para la elaboración de Cartografía Geológica Preliminar en África

Salomón Montesinos⁽¹⁾ y Lara Fernández⁽¹⁾

⁽¹⁾ SM GEODIM, SL. Torre Albarrana. 50340 Maluenda (Zaragoza) www.geodim.es. E-mails: smontesinos@geodim.es, lfernandez@geodim.es

Resumen: El desarrollo de un buen número de países en África pasa por el conocimiento y valorización institucional de sus recursos geológicos, más allá de los estudios puntuales realizados para la explotación de minerales e hidrocarburos, que se han llevado hasta la fecha. La cartografía geológica es la información base para la exploración y explotación de los recursos naturales de un país, pero también es fundamental para un uso adecuado de su territorio. La elaboración de un mapa geológico, a partir de técnicas tradicionales, es un proceso lento y costoso, con un gran trabajo de campo y cuyos resultados están sujetos a una revisión continua. La cartografía geológica existente en estos países o está fragmentada o es de pequeña escala (1:1000.000). La integración de esta cartografía preexistente con datos gratuitos obtenidos desde satélite, como Modelos Digitales del Terreno (SRTM y ASTER GDEM) e imágenes Landsat 8 permite la elaboración de Cartografía Geológica Preliminar (CGP), hasta escalas 1:100.000, mediante metodologías basadas en análisis multicriterio. En esta comunicación se recoge el desarrollo metodológico que se ha llevado a cabo para la elaboración de la CGP de 16 hojas 1:100.000 en el SW Angola (provincias de Namibe, Huila y Cunene) a partir de datos de satélite.

Palabras clave: Cartografía, Geología, Análisis multicriterio.

Methodological development for the production of Previous Geological Mapping in Africa from satellite data

Abstract: *The development of a number of countries in Africa through the knowledge and institutional appreciation of its geological resources, beyond the specific studies for the exploitation of minerals and hydrocarbons, which have been so far. Geological mapping information is the basis for the exploration and exploitation of natural resources of a country, but is also essential for a proper use of its territory. The development of a geological map, using traditional techniques, is a slow and expensive process, with a large fieldwork and whose results are subject to ongoing review. The existing geological mapping in these countries or is fragmented or small-scale (1:1000.000). The integration of the existing mapping with free data obtained from satellite, such as Digital Terrain Models (SRTM and ASTER GDEM) and Landsat 8 images allows the development of Previous Geological Mapping (PGM) to scale 1:100,000, using methodologies based on multicriteria analysis. This paper compiles the methodological development carried out for the development of PGM of 16 sheets 1:100,000 in the SW Angola (provinces of Namibe, Huila and Cunene) from satellite data.*

Keywords: *Cartography, Geology, multicriteria analysis.*

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El desarrollo de la mayoría de los países de África debe estar basado en el aprovechamiento sostenible de sus recursos naturales, de forma que se garantice su explotación actual sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras.

El aprovechamiento sostenible de los recursos naturales pasa por mejorar el conocimiento disponible, para lo cual es necesario llevar a cabo estudios que complementen la información actualmente disponible.

En el caso concreto de los recursos geológicos, los estudios que se han llevado a cabo en estos países, o son globales, con poco detalle o por el contrario, son estudios puntuales, en zonas muy concretas, con el objetivo de la explotación de minerales e hidrocarburos. Esta situación hace que sea necesario llevar a cabo estudios a escala nacional que mejoren y completen la información disponible.

Los resultados de estos estudios van a permitir, a los gobiernos africanos, aumentar el conocimiento institucional de sus recursos geológicos y su valorización, de manera que los beneficios de su

explotación reviertan en el desarrollo del país y de su población.

En África, la minería constituye una industria de importancia estratégica que contribuye de forma significativa al producto interior bruto y al empleo de muchos de los países.

En este contexto, la elaboración de una cartografía geológica detallada y actualizada de todo el territorio nacional constituye la información base para la exploración y explotación de sus recursos geológicos, así como para una adecuada ordenación del territorio.

El objetivo de nuestro trabajo es el desarrollo metodológico, a partir de la integración de cartografía geológica preexistente con información proporcionada por otras fuentes de datos globales y gratuitos como teledetección espacial y modelos digitales de elevación, para la elaboración de cartografía geológica preliminar base, de ámbito nacional, hasta escalas 1:100.000.

2. ESTADO DEL ARTE

Las aplicaciones más comunes de las Técnicas de Observación de la Tierra (TOT) en Geología, han sido

en el análisis de la litología y en el estudio de las estructuras del terreno, aunque cada día es más frecuente su uso en aspectos multidisciplinarios de la geología (Van de Meer, 2012).

La comunidad geológica ha influido notablemente en el desarrollo tecnológico de muchos de los sensores pasivos (multiespectrales e hiperspectrales) y de los sensores activos (SAR e InSAR).

Sabins (1986), con carácter general y Drury (1987) en su libro, *Image Interpretation in Geology*, desarrollaron las bases del empleo de la teledetección en Geología.

Los datos multiespectrales, principalmente de los satélites Landsat (MSS, TM y ETM) y Terra (ASTER), han focalizado la mayoría de los estudios en cartografía litológica, identificación de estructuras geológicas y reconocimiento de alteraciones mineralógicas.

Los datos Landsat TM se han empleado en aplicaciones propiamente geológicas (Schetselaar et al., 2000; Fraser et al., 1997), pero también en estudios litológicos (Gad and Kusky, 2006) y estructurales (Boccaletti et al., 1998; Yesou et al., 1993); en la cartografía y seguimiento de depósitos volcánicos (Oppenheimer et al., 1993), en la cartografía de barreras coralinas (Mumby et al., 1997), en la localización de depósitos de petróleo (Macdonald et al., 1993), en la cartografía de deslizamientos (Singhroy et al., 1998; Lee and Talib, 2005) y en temas relacionados con exploración minera (Abdelsalam et al., 2000; Sabins, 1999; Ferrier et al., 2002). Además, las imágenes Landsat se han integrado con datos geofísicos y espaciales (tipo SAR) para la realización de cartografías de detalle (Kettles et al., 2000).

En África, contamos con experiencias como la cartografía geológica del margen oeste del desierto del Kalahari, en Namibia, utilizando imágenes Terra ASTER (Gómez et al., 2004) o la cartografía geológica de Mozambique utilizando como base la interpretación geológica basada en datos de teledetección (Schetselaar et al., 2008).

3. MARCO FÍSICO

Para alcanzar los objetivos propuestos, se ha escogido una zona piloto de 54.700 Km² en el SW de la República de Angola, en las regiones de Namibe, Cunene y Huíla (Figura 1).

Angola es un país de 1.246.700 Km², situado en la parte occidental del África austral, que se encuentra en el borde SW del cratón de Congo-Kasai, constituido por un núcleo de materiales Arcaicos y series Proterozoicas. Estos materiales han sufrido una intensa deformación y metamorfismo, a menudo con superposición de eventos tectono-magmáticos, sobre los que se dispone una cubierta Mesozoica y Cenozoica poco potente.

En Angola, la exploración minera tiene una gran importancia para la economía nacional. En el momento actual existen yacimientos de petróleo, diamantes y rocas ornamentales. En diversos periodos del pasado, Angola tuvo 18 tipos de recursos minerales en explotación, de los cuales 14 eran destinados a la exportación: petróleo, diamantes, hierro, manganeso,

cobre, plomo, zinc... (Servicio Geológico de Angola, 1992).



Figura 1. Localización de la zona de estudio sobre Google Physical

4. DESARROLLO METODOLÓGICO

La elaboración de la cartografía geológica de un país es una labor ardua con grandes requisitos económicos y temporales. Estos requisitos son mayores tanto en cuanto no se disponga de cartografías previas que permitan la planificación y gestión de los trabajos de campo (levantamientos geológicos, geoquímicos y geofísicos).

Estas cartografías previas deben ser continuas (cubrir todo el territorio) y próximas a la escala de trabajo a la que se va a realizar el levantamiento geológico.

En África, en general, y en Angola en particular, la cartografía geológica continua se encuentra a escalas en torno a 1:1.000.000, mientras que a escalas más de detalle (1:100.000-1:250.000), solo se tiene cubierto una pequeña parte del territorio (Figura 2).

La teledetección espacial y los Modelos Digitales de Elevación Globales (MDE) SRTM y ASTER GDEM, constituyen una fuente de datos continua para escalas de trabajo en torno a 1:100.000, que permiten una mejora sustancial del conocimiento geológico de un país.

En nuestra zona piloto, hemos recopilado la información preexistente: cartografía topográfica (1:100.000), cartografía geológica (1:1.000.000, 1:250.000 y 1:100.000) y adquirido gratuitamente, los MDEs de SRTM y ASTER GDEM, con 90 y 30 metros de resolución espacial, respectivamente, e imágenes multiespectrales Landsat 8 de la época seca y de la época húmeda.

Toda esta información ha sido georreferenciada y adecuada al Sistema de Referencia de Coordenadas EPSG: 22033 - Camacupa / UTM zone 33S, en el marco

de un Sistema de Información Geográfica. Esta integración en un SIG nos ha permitido contar con otra fuente de información de muy alta resolución como son los Open Layer *Bing Aerial* y *Google Satellite*, que nos permite acceder a imágenes en color natural, con resoluciones de 50 cm, con las que fotointerpretar detalles que debido a la resolución de nuestro dataset de partida no sería posible.

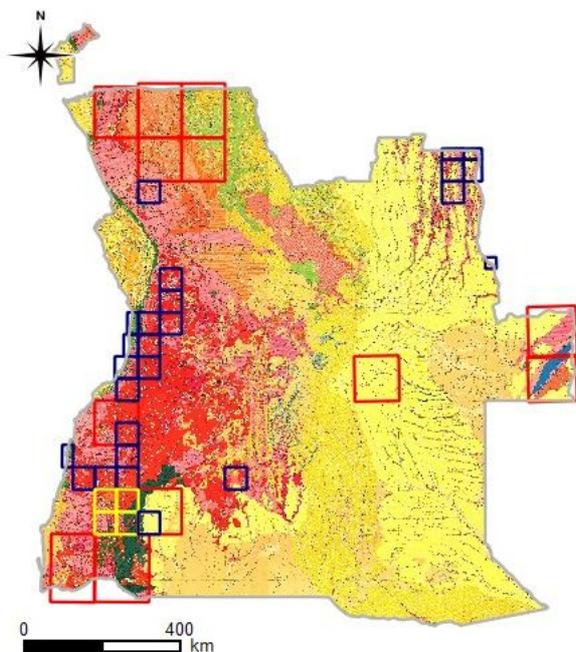


Figura 2. Distribución de la cartografía geológica de Angola 1:1.000.000 (en gris), 1:250.000 (en rojo) y 1:100.000 (en azul)

Aunque la zona presenta cubierta vegetal no ha sido necesario contar con imágenes de sensores tipo radar, ya que la integración de todas estas fuentes de datos y la metodología utilizada (análisis multicriterio frente al tradicional análisis multispectral) nos ha permitido discriminar los diferentes tipos de litologías y estructuras.

A partir de las imágenes Landsat 8 se han obtenido productos derivados: composiciones en color infrarrojo (OLI 564 y 753), 11 índices litológicos, componentes principales y un *cluster* no supervisado.

A partir del ASTER GDEM se han obtenido los componentes del relieve que nos permiten discriminar los tipos de litologías en función de su morfología y de su resistencia a los procesos erosivos.

A partir de estas fuentes de datos y de sus productos derivados se ha realizado una cartografía geológica preliminar que recoge temáticamente:

- Litología y cartografía de rocas madre.
- Elementos estructurales básicos (fallas y pliegues).

También se recogen las características geomorfológicas y depósitos superficiales.

La cartografía geológica recopilada nos ha permitido identificar tentativamente los tipos de litologías y validar (sometiendo a contradicción) los contactos geológicos y los lineamientos estructurales (Figura 3).

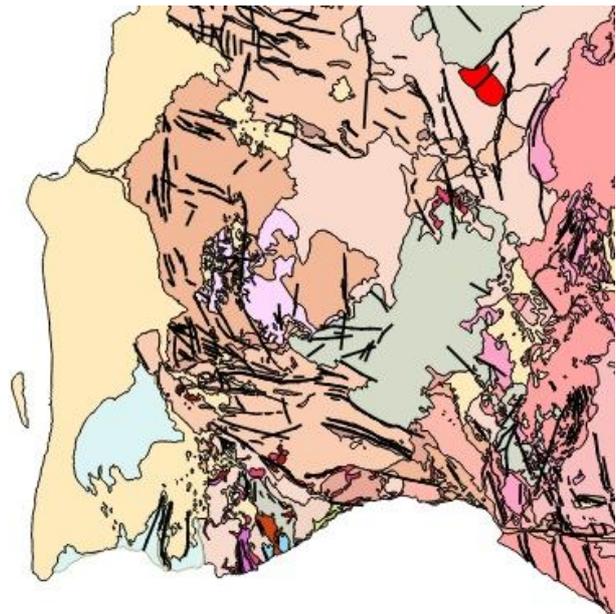


Figura 3. Cartografía Geológica Preliminar (litologías y lineamientos) de la zona piloto a partir del análisis multicriterio de datos de teledetección espacial

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La resolución espacial de datos de satélite como Landsat (30 metros) o ASTER GDEM (30 metros) nos permiten trabajar geoméricamente a escalas 150.000 para un EMT (Error Máximo Tolerable) de 0,2 mm. Pero temáticamente, nos permiten alcanzar escalas de hasta 1:50.000.

Estos datos de satélite nos permiten una cobertura global de cualquier país o zona de la Tierra.

En la actualidad, las imágenes y MDEs utilizados en nuestro desarrollo metodológico pueden descargarse gratuitamente en <http://gdem.ersdac.jpacesystems.or.jp/> en el caso de ASTER y <http://earthexplorer.usgs.gov/> para Landsat.

El análisis multicriterio a partir de la integración de datos preexistentes y datos de teledetección espacial permite realizar una interpretación geológica preliminar que sea la base del levantamiento geológico en campo.

Esta CGP permite una planificación detallada de los trabajos en campo con el consiguiente ahorro en términos de tiempo y dinero. Es la base de un Sistema de Información Geológico que permitirá la actualización dinámica de la cartografía y su integración con otras fuentes de datos georreferenciadas, como MDEs, levantamientos aerogeofísicos, muestreos de campo, geoquímica, fotografías y vuelos (Figura 4).

La CGP no es un fin, sino la base y el camino para obtener una Cartografía Geológica Global, a escala de planificación, que permita el desarrollo económico sostenible de muchos países de África.

6. AGRADECIMIENTOS

Este desarrollo ha sido financiado por la empresa española SATEC en el marco del proyecto PLANAGEO <http://portal-planageo.igeo.satec.es/>

