

APLICACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA EN INVESTIGACION GEOLOGICA

F. PEREZ CERDAN; P. GARCIA SANTIAGO; C. ANTON-PACHECO y J.C. GUMIEL
Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos al integrar en un Sistema de Información Geográfica (SIG), la información geológica, geofísica y multispectral disponible en el área de Alburquerque - La Codosera (Badajoz).

La capacidad de proceso y análisis del sistema ha permitido la inclusión de datos existentes en forma digital, la generación de mapas temáticos y la integración de mapas vectoriales con imágenes y clasificaciones Landsat Thematic Mapper.

La obtención, mediante el SIG, de mapas derivados de los anteriores y el posterior análisis e integración de los mismos ha permitido localizar ciertas áreas en las que la coincidencia de determinadas anomalías gravimétricas, aerorradiométricas y multispectrales permite formular hipótesis sobre la posible existencia de cuerpos intrusivos no aflorantes que son de gran interés en prospección minera.

Palabras clave: SIG , Información geológica, Clasificación TM , Extremadura.

ABSTRACT

The results obtained in the integration of different kinds of information, like geological, geophysical and multispectral data from Alburquerque - La Codosea area, into a Geographical Information System, GIS, are exposed.

The inclusion of digital datasets, thematic map creation and integration between vector maps and Landsat TM classifications has been possible within this system.

Analysis of all information has provided the location of some areas where gravimetric, aeroradiometric and multispectral anomalies coincide. This circumstance allows the formulation of an hypothesis about nonoutcropping intrusive rocks which present high interest in mineral exploration.

Key words: GIS, Geological data, Landsat TM data, Extremadura.

1. INTRODUCCION

El desarrollo que han alcanzado los Sistemas de Información Geográficos durante los últimos años ha hecho que pasen a ser una herramienta más que eficaz en los trabajos investigación geológico-minera. El ITGE se encuentra actualmente en una fase de implantación de estos sistemas para sus diferentes divisiones para lo que se están realizando diferentes proyectos piloto. El presente trabajo es el resultado de uno de ellos, realizado íntegramente en el citado organismo, que ha tenido un doble enfoque: ensayo metodológico sobre los SIG y herramienta de investigación dentro de un proyecto de mayor amplitud(*).

Para la integración de datos dentro del sistema, se ha perseguido fundamentalmente el aprovechamiento de todos los datos existentes en la zona, que de una forma u otra, se encontraran en forma digital; así se alcanzaría uno de los objetivos en la aplicación de un SIG, la minimización en los tiempos a la hora de captar datos, proceso que resulta ser siempre el más costoso.

(*)"Proyecto para el desarrollo de nuevas técnicas multidisciplinarias para la exploración minera en determinadas áreas del Oeste de la Península Ibérica". Proyecto parcialmente subvencionado por la C.E.E., número MA1M.0032.C (A).

El proceso de análisis de los datos geológicos, aerorradiométricos y gravimétricos se ha podido completar con la información procedente del tratamiento de imágenes Landsat-TM dentro del mismo sistema, lo que ha permitido apreciar determinadas coincidencias espaciales de fenómenos anómalos con gran claridad y rapidez.

2. SITUACION GEOGRAFIA

El área de estudio se centra en el Oeste de Extremadura entre los límites de las provincias de Cáceres y Badajoz, y cubre las hojas 701 (Valencia de Alcántara), 702 (San Vicente de Alcántara), 726 (Pino de Valencia) y 727 (Alburquerque) del mapa topográfico nacional a escala 1:50.000.

El estudio del que forma parte este trabajo abarca un área más extensa y se adentra en Portugal pero cierto tipo de datos sólo cubren el sector español, de ahí que no se traspase el límite de la frontera en el presente trabajo.

3. MARCO GEOLOGICO

La geología de la zona se describe de manera detallada en el trabajo de C. Antón-Pacheco (en este mismo volumen). La descripción hecha en este apartado no es más que un esquema general.

El área en cuestión se localiza en el Sur de la zona Centro-Ibérica, muy próxima al límite con la zona de Ossa Morena. A grandes rasgos se presentan tres grandes unidades litoestratigráficas:

- Complejo Esquisto Grauváquico, de edad Precámbrico Superior -Cámbrico Inferior, consistente en una alternancia de tramos pelíticos y arenosos con niveles de grauvacas.
- Paleozoico, compuesto por pizarras, filitas y cuarcitas, aflorante en el sinclinal de Aliseda, al Norte, y en el de La Codosera, al Sur.
- Rocas intrusivas: Granito de Alburquerque, tardicinemático, que ocupa la parte central de la zona y que da lugar a una aureola de metamorfismo de contacto en las rocas encajantes de anchura variable.

La estructura actual se debe a dos procesos de deformación, el primero de edad Sárdica y el segundo Hercínico, este último acompañado de fenómenos intrusivos.

4. DESCRIPCION DEL SISTEMA

El hardware empleado ha sido un ordenador MASSCOMP 5600 bajo UNIX V, que soporta dos estaciones gráficas de trabajo, una unidad de cinta de 1/2 pulgada y un tablero digitalizador tamaño A0. También se ha empleado un IBM AT que en ocasiones ha hecho de terminal del sistema principal.

En lo que a software se refiere se ha utilizado paquete GRASS, sistema de información geográfica con formato de datos gráficos ráster, para los datos cartográficos y el ELAS para tratamiento de imágenes dentro del Masscomp, mientras que en el IBM se empleó el paquete Golden para el tratamiento de los datos puntuales.

5. DATOS: TIPOS Y PROCESO

La información con la que se ha trabajado procede de cuatro fuentes distintas y cada una de éstas ha llevado implícito un tratamiento diferente, cuyo resultado ha sido la integración de todos los datos bajo el mismo sistema.

a) **Datos digitalizados:** La información que se introdujo mediante el tablero digitalizador, utilizando las hojas geológicas y topográficas a escala 1:50.000. La información de cada hoja se digitalizó

independientemente y, una vez corregida, se procedió a la fusión de las cuatro hojas. Los datos se dividieron en dos grupos: datos lineales y datos poligonales, que dieron lugar a mapas vectoriales y a mapas ráster.

I) Datos lineales, de los que se generaron los siguientes mapas vectoriales:

- Contactos geológicos.
- Fracturas.
- Red hidrográfica y de comunicaciones.

II) Datos poligonales, mapas en formato ráster:

- Mapa de niveles litológicos, generado a partir del mapa vectorial de contactos.
- Mapa de síntesis geológica, generado del anterior.

b) **Datos aeroradiométricos:** en cinta magnética, procedentes del vuelo realizado por ENUSA en 1973. Las muestras se tomaron en líneas de dirección N33E, con una separación entre ellas de 1.000 m, y una distancia entre muestras de 50 m.

Una vez que se seleccionaron los puntos correspondientes al área de trabajo, se eliminaron las duplicidades existentes en las muestras y se generaron ficheros tipo XYZ puntuales, a partir de los que se obtuvieron mapas de isolíneas mediante la interpolación por el inverso del cuadrado de la distancia, definiéndose una malla de 500 x 500 m. De los mapas de isolíneas resultantes se generaron los correspondientes mapas ráster.

c) **Datos gravimétricos:** Procedentes de una campaña que se ha realizado por el ITGE en la zona de Alburquerque-Montánchez. En el presente estudio se ha tomado el mapa de anomalías de Bouguer, que se obtuvo tras el tratamiento de los datos tomados en el campo y la generación del mapa de isolíneas por interpolación. Al igual que se hizo con los datos aeroradiométricos, se transmitieron al ordenador principal y se generó el correspondiente mapa ráster.

d) **Datos procedentes de imágenes Landsat-TM:** A partir del tratamiento digital de una imagen TM, se ha obtenido un mapa de áreas afectadas por metamorfismo de contacto, mediante un algoritmo de clasificación supervisada de tipo Bayesiano. Ha sido necesaria la georreferenciación de las imágenes para mantener la coherencia geográfica con los datos cartográficos.

6. INTERPRETACION

Una vez reunida en el SIG toda la información ya corregida y fusionada, se ha efectuado su interpretación geológica de acuerdo con las coincidencias espaciales de los distintos datos.

En la figura 1-1 se presenta el mapa geológico del área de estudio. Se trata del mapa base sobre el que se han interpretado el resto de los datos disponibles.

Los valores aeroradiométricos de Uranio (figura 1-2) muestran una buena correlación con el granito de Alburquerque, que aparece nítidamente definido por los valores radiométricos medios y altos. Las rocas metasedimentarias presentan una mayor dispersión de los valores de radiación, no apareciendo relaciones con las distintas unidades estratigráficas. Solamente en el sector más occidental del flanco norte y en el núcleo del sinclinal de La Codosera, aparecen valores medios que definen una anomalía muy localizada de dirección NO-SE.

En la figura 1-3 aparecen los valores aeroradiométricos de K, que muestran una buena coincidencia con las distintas unidades geológicas presentes. Los valores más bajos se correlacionan con las alternancias de pizarras y cuarcitas del Paleozoico inferior, aflorantes en los sinclinales de Aliseda, al norte, y de La Codosera, al sur. Ambos flancos de esta última estructura aparecen bien definidos en este mapa. Los materiales precámbricos del CEG presentan una mayor dispersión de valores aunque, en general, se asocian a valores medios y bajos. Las rocas del CEG afectadas por el metamorfismo de contacto que produce la intrusión del granito en estos materiales, se asocian a valores radiométricos algo más altos, que definen con bastante precisión la extensión de la aureola. Las pizarras grises del Devónico medio aflorantes en el núcleo del sinclinal de la Codosera, muestran una buena correlación con valores medios-altos. Los valores mayores aparecen relacionados con el granito, si bien los más altos se localizan en el sector oriental del mismo, mientras que en el estrechamiento y en el sector occidental se muestran más bajos.

Los valores aerorradiométricos de Th (figura 1-4) presentan los valores más altos asociados a las alternancias de pizarras y cuarcitas del Paleozoico inferior, localizándose los máximos en el sector más occidental del flanco norte del sinclinal de La Codosera. El resto de los materiales presenta una mayor dispersión de valores.

La clasificación de suelos derivados de las rocas afectadas por metamorfismo de contacto, a partir de los datos multispectrales Landsat TM (Antón-Pacheco, en este mismo volumen), aparece en la figura 2-1. En esta imagen aparece en rojo la citada clase de suelos, definiendo una franja de anchura variable en los materiales del CEG próximos al contacto norte del granito. La aureola al sur del granito no aparece bien definida, debido al reducido número de suelos abiertos, expuestos en campos arados, en la fecha en que fue registrada la imagen. Aparece un área con suelos de estas características en el sector suroccidental, al oeste de La Codosera, en donde no se han reconocido rocas intrusivas aflorantes.

En la figura 2-3 se muestra el mapa de anomalías de Bouguer, resultado de la prospección gravimétrica realizada en el marco de este proyecto (Campos y Gumiel, 1990). Este mapa no cubre la misma extensión superficial que cubren los datos anteriores, estando limitados por el oeste con la vertical de San Vicente de Alcántara - La Codosera. La morfología del granito de Albuquerque aparece bien definida por una fuerte anomalía negativa en contraste con las anomalías positivas generadas por los materiales paleozoicos aflorantes al sur y al norte del mismo. Las diferencias en los gradientes de la anomalía asociada al granito, pueden interpretarse como debidas a diferencias en el grado de verticalización de los contactos del cuerpo intrusivo (Campos y Gumiel, op. cit). Hay que destacar el aparente inicio de una anomalía negativa en el extremo suroccidental del área de estudio, en el sector de La Codosera.

7. INTEGRACION DE DATOS

En la figura 2-2 se presentan las curvas correspondientes a las anomalías positivas de los valores aerorradiométricos de Th y K, en magenta y amarillo respectivamente; y las áreas de "contacto", en rojo, extraídas de la clasificación TM, sobre el mapa geológico de síntesis. En este mapa se pone de manifiesto la buena correlación entre el granito de Albuquerque y la anomalía de K, apreciándose una extensión de la anomalía en el extremo noroccidental, que coincide con un ensanchamiento de la aureola de metamorfismo de contacto, no expresado en la cartografía geológica existente.

El trabajo de campo realizado en conexión con la clasificación realizada a partir de datos multispectrales Landsat TM, ha permitido comprobar la mayor extensión de la aureola en este sector, probablemente relacionada con un buzamiento más suave del contacto del granito en profundidad. La anomalía positiva que aparece en el borde noreste se relaciona con la terminación del batolito de Cabeza de Araya, aflorante al norte de este área.

En el sector suroeste, correspondiente al área de La Codosera, y que aparece en la figura 2-2 en un recuadro, se ha identificado la coincidencia espacial de varias anomalías. En la figura 2-4 aparece este área en detalle. Sobre el mapa geológico se han superpuesto las anomalías positivas de K, en amarillo, la clasificación de suelos de contacto, en rojo, y las curvas de anomalía de Bouguer, en blanco; que definen el inicio de una anomalía negativa hacia el oeste. La coincidencia de estas anomalías permite plantear la hipótesis de la existencia de un cuerpo granítico en profundidad.

La presencia de mineralizaciones de Au en este mismo sector, supuestamente relacionadas con modelos genéticos de control estructural, ha aconsejado la extensión de los trabajos de investigación. La ampliación de la gravimétrica hacia el oeste, en donde aparecen las anomalías de K y los "suelos de contacto", permitirá comprobar la existencia de este posible cuerpo intrusivo cuya presencia permitiría completar de forma notable el esquema metalogenético de la zona.

8. CONCLUSIONES

El empleo de un SIG como una herramienta más de trabajo dentro de un proyecto de investigación geológica, ha permitido el uso y proceso de forma inmediata de ciertos datos, p.e. aerorradiométricos, que han resultado ser muy útiles. La integración de datos vectoriales y ráster, en especial las imágenes y clasificaciones Landsat TM, ha facilitado la interpretación geológica y ha permitido centrar todos los recursos en las áreas de más interés, seleccionadas tras el tratamiento conjunto de la información disponible. Estas áreas son: la aureola de metamorfismo en el sector noroccidental del granito de

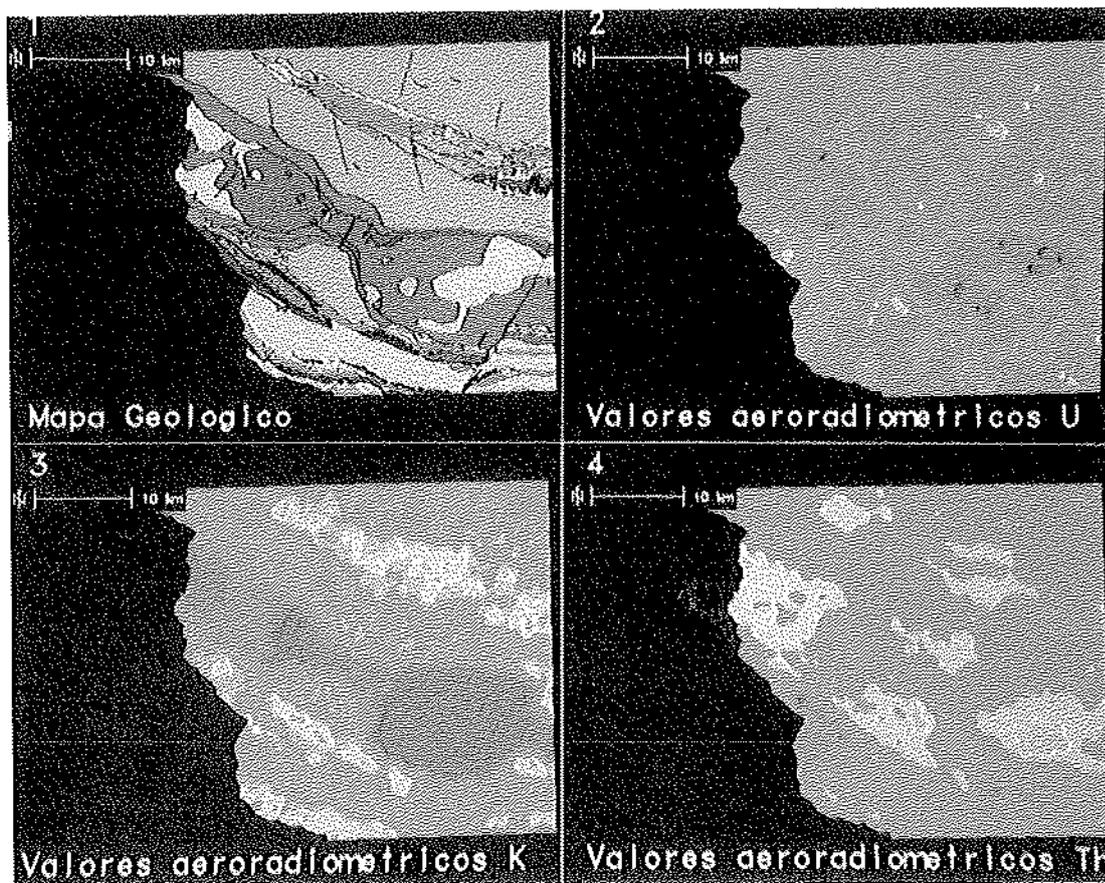


Figura 1.— Mapa geológico (ITGE, 1981) y datos aeroradiométricos de U, K y Th (ENUSA, 1973).

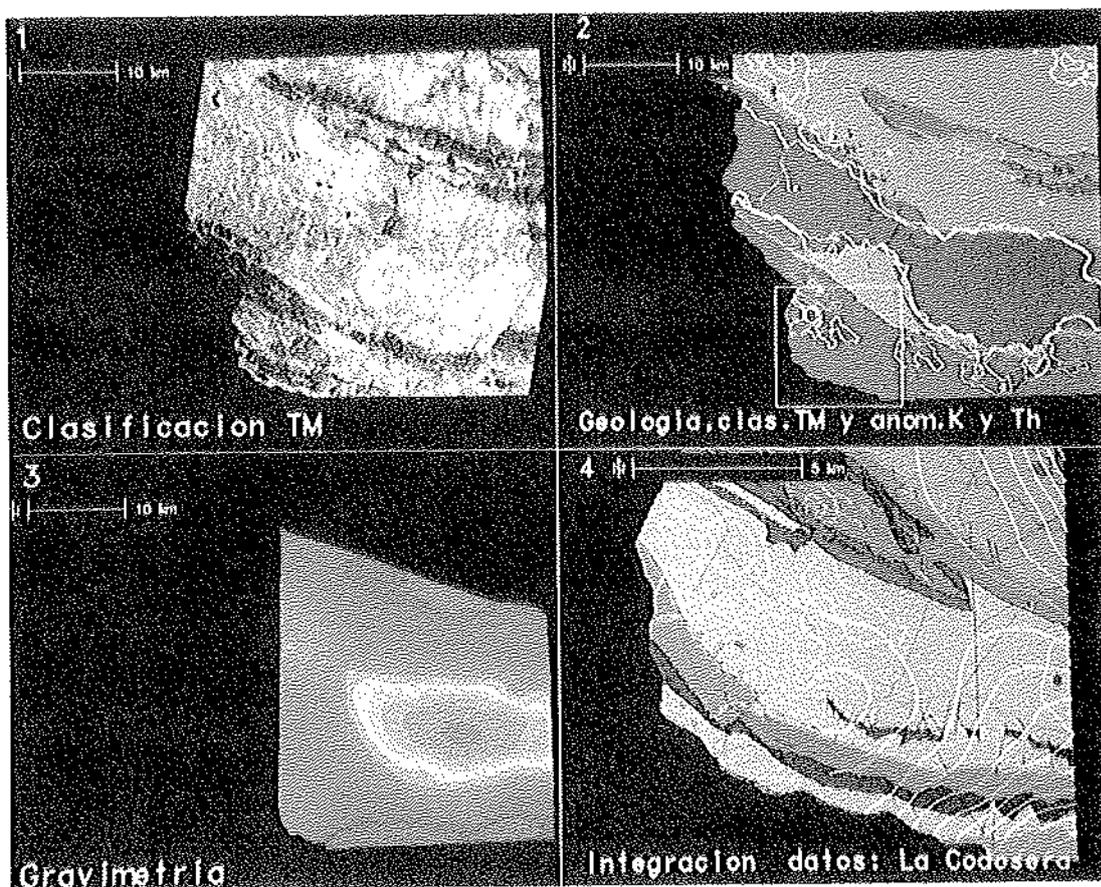


Figura 2.— Clasificación Landsat TM, gravimetría e integración de datos.

Alburquerque, en donde su extensión es superior a la señalada en la cartografía previa y el área de La Codosera en donde la coincidencia de valores anómalos gravimétricos, aerorradiométricos y suelos clasificados de "contacto", sugieren la posible existencia de un cuerpo granítico en profundidad.

Aunque es indudable que utilizando técnicas de estudio y trabajo habituales se habría llegado a los mismos resultados, es obvio que el tiempo empleado utilizando un SIG ha sido sensiblemente inferior, con un mayor aprovechamiento de los datos.

BIBLIOGRAFIA

Antón-Pacheco, C. En este mismo volumen. Cartografía digital de rocas en el área de Alburquerque - La Codosera, utilizando imágenes Landsat Thematic Mapper. En **III Reunión científica del grupo de trabajo en Teledetección**. Madrid. 1989.

Campos, R. y Gumiel, P. 1990. Estudio gravimétrico en Extremadura (Zona de La Codosera - Alburquerque y Albalá) y su aplicación a la exploración de yacimientos minerales. **Boi. Geol. Min.** 101-1: 122-134.