

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
DIRECCION GENERAL DE MINAS
INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJ. DE ECONOMIA Y HACIENDA - DIR. GENERAL DE INDUSTRIA ENERGIA Y MINAS
JUNTA DE EXTREMADURA
CONSEJ. DE INDUSTRIA Y TURISMO - DIR. GENERAL DE INDUSTRIA ENERGIA Y MINAS

**BASE DE DATOS GEOLOGICO MINEROS
DE LA ZONA DE OSSA-MORENA**

MEMORIA

MINAS DE ALMADEN Y ARRAYANES S.A.
EMPRESA NACIONAL ADARO S.A.
INI MEDIO AMBIENTE S.A.

11355

1.-INTRODUCCION	1
1.1.- Objetivos y preparación del proyecto	3
1.2.- Antecedentes y metodología de trabajo	5
1.3.- Situación geográfica	7
1.4.- Encuadre geológico y minero	10
2.- METODOLOGIA DE TRABAJO	16
2.1.- Recopilación de la documentación	16
2.2.- Análisis de la información	17
2.3.- Diseño y estructuración de la base de datos	18
3.- RECOPIACION, INTERPRETACION Y ESTRUCTURACION DE LOS DATOS GEOLOGICO-MINEROS	23
3.1.- Topografía básica y usos del suelo	23
3.1.1.- Base topográfica	23
3.1.2.- Usos del suelo	24
3.2.- Síntesis geológica	25
3.2.1.- Documentación y base de datos	25
3.2.2.- Estratigrafía	28
3.2.2.1.- Series Precadomienses	28
3.2.2.2.- Depósitos orogénicos Cadomienses	30
3.2.2.3.- Depósitos relaciondos con la fase Rifting	39
3.2.2.4.- Depósitos relacionados con margen pasivo	46
3.2.2.5.- Depósitos sinorogenicos Hercínicos	51
3.2.2.6.- Terrenos oceanicos del suroeste (exóticos)	54
3.2.2.7.- Depositos postorogenicos Paleozoicos	56
3.2.2.8.- Triasico	57
3.2.2.9.- Terciario y Cuaternario	57
3.2.3.- Rocas Igneas	60
3.2.3.1.- Petrología descriptiva	60
3.2.3.2.- Relaciones magmatismo-deformación	64

3.2.4.- Tectónica	67
3.3.- Encuadre metalogenético	72
3.3.1.- Documentación y base de datos	72
3.3.2.- Dominios y grupos metalogénicos	75
3.4.- Teledetección	79
3.4.1.- Metodología y base de datos	79
3.4.2.- Selección de las imágenes	82
3.4.3.- Corrección geométrica y georreferenciación	84
3.4.4.- Análisis espectral	85
3.4.5.- Análisis de lineamientos	95
3.4.6.- Mapa Espectral-Estructural	97
3.5.- Geofísica	99
3.5.1.- Campañas geofísicas	99
3.5.2.- Datos aéreo espectrométricos	101
3.5.3.- Datos gravimétricos	107
3.6.- Geoquímica	109
3.6.1.- Campañas geoquímicas	109
3.6.2.- Geoquímica de sedimentos en red de drenaje	111
3.6.3.- Mineralometría de sedimentos en red de drenaje	112
4.- INTEGRACION Y EXPLOTACION INICIAL DE LA BASE DE DATOS	113
4.1.- Integración de datos e interpretación	113
4.2.- Selección de áreas de interés y análisis de las anomalías	117
4.3.- Mapa de áreas anómalas	136
5.- CAMPAÑA DE CAMPO	137
5.1.- Selección de las áreas examinadas	137
5.2.- Observaciones realizadas en campo	
5.3.- Mapa de áreas anómalas	137
6.- CONCLUSIONES	139
6.1.- Analisis del rendimiento presente y futuro de la base de datos	139
6.2.- Conclusiones y recomendaciones	141
6.3.- Bibliografía	143.

PLANOS

- Plano n° 1** Síntesis Geológica.
- Plano n° 2** Mapa de Indicios Mineros.
- Plano n° 3** Mapa Espectral - Estructural
- Plano n° 4** Mapa de Campañas de Geoquímica.
- Plano n° 5** Mapa de Campañas de Geofísica.
- Plano n° 6** Mapa de Areas Anómalas.

FIGURAS

- Fig. 1.- Esquema de situación de la zona de trabajo.
- Fig. 2.- Columna litoestratigráfica de la Síntesis Geológica.
- Fig. 3.- Distribución geográfica de las principales unidades tectosedimentarias del Cámbrico de la Zona de Ossa-Morena (Modificada de Liñan, 1984b y Liñan & Quesada, 1990).
- Fig. 4.- Distribución de la hojas topográficas 1:50.000 del M.T.N. que abarcan el área de trabajo para teledetección.
- Fig. 5.- Zonas detectadas en la evaluación preliminar de las imágenes satélite (Landsat - TM).
- Fig. 6.- Imagen Landsat de la zona del Embalse de Aracena. Combinación RGB (4,5,7).
- Fig. 7.- Imagen Landsat de la zona del Embalse de Aracena. Combinación RGB de los componentes principales y ratios.
- Fig. 8.- Lineamientos principales en el área de trabajo según estudios de teledetección.
- Fig. 9.- Representación parcial de las campañas geofísicas.
- Fig. 10.- Imagen del campo aeromagnético.
- Fig. 11.- Imagen de la susceptibilidad magnética.
- Fig. 12.- Imagen del U (vuelo aeromagnético-radiométrico).
- Fig. 13.- Imagen del Th (vuelo aeromagnético-radiométrico).
- Fig. 14.- Imagen del K (vuelo aeromagnético-radiométrico).
- Fig. 15.- Imagen de la anomalía de Bouguer (calculada para una densidad de 2,67) donde se observa la tendencia regional.
- Fig. 16.- Representación parcial de las campañas geoquímicas.
- Fig. 17.- Imagen de la combinación RGB de U, Th, K (vuelo aeromagnético-radiométrico).

- Fig. 18.- Esquema geológico de las zonas 1, 2 y 18.
- Fig. 19.- Esquema geológico de las zonas 4, 5 y 6.
- Fig. 20.- Interpretación espectral/estructural de las zonas 3, 4 y 5.
- Fig. 21.- Imagen Landsat en combinación RGB 4,5,7 del entorno de la zona 5.
- Fig. 22.- Esquema geológico de las zonas 8, 9, 10, 11 y 14.
- Fig. 23.- Imagen Landsat en combinación RGB 3,5,7 del entorno de la zona de Oliva de la Frontera.
- Fig. 24.- Esquema geológico de las zonas 12 y 13.
- Fig. 25.- Interpretación espectral/estructural de la zona 7, 10, 13 y 14.
- Fig. 26.- Esquema geológico de la zona 17.
- Fig. 27.- Interpretación espectral/estructural de la zona 17.

1.- INTRODUCCION

Este informe recoge las actividades realizadas, la metodología empleada y la guía de utilización de la Base de Datos creada durante la realización de este Proyecto, junto con la documentación existente sobre las investigaciones geológico mineras realizadas en el área.

Este proyecto constituye el resultado global de varios proyectos realizados conjuntamente para los siguientes organismos:

* La Dirección General de Minas y el Instituto Tecnológico Geominero de España contrató a La Empresa Nacional Adaro (E.N. ADARO) la realización de los proyectos denominados "**Estudio preliminar para la realización de una base de datos en Ossa-Morena**" en Junio de 1992 y "**Finalización y utilización de la base de datos de Ossa-Morena**" en Octubre de 1993.

* La Consejería de Economía y Hacienda de La **Junta de Andalucía** contrató en Septiembre de 1992 a **Minas de Almadén y Arrayanes S.A. (MAYASA)** la realización del proyecto denominado "**Base de datos de Ossa-Morena - I.- Teledetección área oriental**".

* La Consejería de Industria y Turismo de la Junta de Extremadura contrató en Julio de 1993 el proyecto de investigación "**Realización de una base de datos Geológico-Minera de la zona de Ossa-Morena**" a Minas de Almadén y Arrayanes, S.A. (MAYASA).

Durante el periodo 1985-92 se han llevado a cabo en esta zona varios proyectos de prospección minera sobre Reservas del Estado, que cubren gran parte de la zona estudiada y en las que se ha utilizado métodos actuales de investigación, con resultados positivos en el conocimiento metalogénico de la Z.O.M.(Zona de Ossa-Morena).

Tanto los estudios más recientes, como los trabajos de minería, que en este sector del Macizo Hespérico se remontan a la época prerromana, han generado una gran cantidad de documentación para cuyo aprovechamiento es necesario informatizar, mediante su integración en una base de datos.

Por otra parte la información geológica disponible de la Z.O.M. es muy heterogénea. Actualmente están casi todas las hojas cubiertas por el plan MAGNA pero las fechas de realización son diferentes, así como los criterios de diferenciación de unidades. Por ello se ha considerado necesario realizar una síntesis geológica, a E. 1:200.000, que sirva de base para el Proyecto.

Además, se ha llevado a cabo un estudio de Teledetección en el sector central de la Z.O.M. con objeto de incorporar esta técnica en la prospección del área y avanzar en la selección de nuevas zonas.

M.A.Y.A.S.A., I.T.G.E. y E.N. ADARO han realizado previamente proyectos de investigación similares en zonas próximas a la cubierta por este proyecto. En estos proyectos se realizaron ensayos de aplicación de las técnicas de teledetección a la exploración geológico-minera. Como resultado de estas aplicaciones se obtuvo la determinación de zonas con importante potencial minero dentro de las áreas estudiadas.

Estos estudios de teledetección se realizaron aplicando los criterios de exploración de los equipos que llevaron a cabo el trabajo de campo, ya que lo que se buscaba eran zonas con características geológicas detectables desde el espacio relacionadas con la existencia de yacimientos minerales.

Este proyecto, que se inició en 1991, ha sufrido diversas modificaciones a lo largo de su ejecución y las actividades desarrolladas han dado lugar a varios informes parciales. En el presente se recopila toda la información generada y se estructura como una sola unidad dividida en los diferentes capítulos que recoge el índice.

De esta forma el proyecto comprende tres fases bien diferenciadas:

- Una primera, que ha consistido en la recopilación y análisis de la información geológica y minera disponible.
- Una segunda ha consistido en la aplicación de técnicas de teledetección en una extensa área en la parte central de la Z.O.M., que permitan, por un lado, la caracterización espectral de los diferentes materiales que afloran en la zona de trabajo y, por el otro, la realización del estudio textural (consecuencia directa de lo anterior) y el análisis estructural de los lineamientos de la imagen LANDSAT.
- Y, en tercer lugar, la creación de una base de datos multidisciplinar que permita ordenar y manejar la gran cantidad de información disponible y puede utilizarse además como herramienta metodológica de prospección de la zona.

Las dos primeras fases se recogen en los informes emitidos para la D.G.M.-I.T.G.E., con los títulos **"Informe de Resultados de la primera fase del Proyecto de Evaluación de la Dotación Mineral de la Zona de Ossa Morena"** (1993) y **"Estudio preliminar para la realización de una Base de Datos en Ossa Morena"** y para la Junta de Andalucía con el título **"Base de datos de Ossa-Morena - I.- Teledetección área oriental"**. La tercera fase corresponde al proyecto del ITGE titulado **"Finalización y Utilización de la Base de Datos de Ossa Morena"** (Junio 1993), así como a los informes parciales realizados para la Junta de Extremadura.

1.1.- OBJETIVOS Y PREPARACION DEL PROYECTO.

Con base a experiencias previas, los objetivos del presente proyecto se centran en la creación de una base de datos geológico-mineros multidisciplinar e interactiva y en la detección e interpretación de las características espectrales en imágenes satélite (LANDSAT-TM) relacionables con la existencia de mineralizaciones, en un área de más de 17.000 Km².

En él se contemplan todas las hipótesis genéticas planteadas a lo largo de los diversos proyectos que se han desarrollado en zonas próximas, para intentar llegar a una interpretación a escala regional de los procesos de mineralización, refiriéndose siempre a los diferentes tipos de mineralizaciones presentes en la zona de estudio.

El objetivo final de este Proyecto es recopilar, ordenar y valorar la información disponible integrándola en una base de datos, con objeto de elaborar un instrumento eficaz para la prospección minera de la Z.O.M.. En el esquema adjunto se delimita el área de actuación del Proyecto.

De forma paralela, con la codificación en soporte digital de los datos se podrá optimizar su rendimiento informático, poniéndose de manifiesto tanto las áreas con escasez o falta de documentación como las de interés para el desarrollo de proyectos de prospección minera. En ambos casos se podrán trazar las líneas de investigación más adecuadas en función del tipo de yacimiento esperado y las características del área a prospectar.

El almacenamiento de toda la información en formato digital, así como su posterior incorporación a un Sistema de Información Geográfica y a un Sistema de Proceso de Imágenes, tiene una serie de ventajas, tal como se describe a continuación:

- Cualquier cambio de escala o sistema de coordenadas es automático.
- El acceso a los datos es rápido y fácil, al haber un sistema de coordenadas común que compatibiliza geoméricamente todos los datos.
- Se conserva el valor numérico exacto de los datos originales tanto en las tablas como en los documentos "imagen", pudiendo ser recuperado en cualquier momento así como permite las modificaciones y la incorporación de nuevos datos, lo que hace de estos sistemas una verdadera base de datos actualizable.
- Se puede modificar de forma interactiva, en la pantalla, los valores de "contouring" de umbrales de representación o reforzar determinados intervalos de valores con objeto de destacar determinados aspectos, así como realizar de

una forma rápida cualquier nueva reinterpretación de los datos originales.

- Se pueden construir "mosaicos" donde se incluyen de forma homogénea diferentes áreas estudiadas para el mismo parámetro en diferentes campañas, obteniendo una visión global de los resultados.

- Se pueden realizar operaciones aritméticas o lógicas entre dos o más tipos de información, incrementando las posibilidades de integración entre las diferentes clases de datos almacenados.

1.2.-ANTECEDENTES Y METODOLOGIA DE TRABAJO

Existe un gran número de trabajos de investigación geológica realizados en esta zona, aunque son muy escasos los trabajos que enfoquen desde un punto de vista global la problemática de este dominio. Generalmente la mayoría son estudios muy locales o bien que abordan aspectos muy concretos.

Entre los pocos trabajos generales cabe destacar la información recopilada en la "Geología de España", (Libro Jubilar J.M. Rios, Tomo I) y los trabajos sobre la Evolución de la Banda de Cizalla de Badajoz-Córdoba de B. Albalos (1991) y la tesis doctoral de Perez Lorente (1979).

Han proporcionado un gran avance en el conocimiento de esta zona las Reuniones periódicas del Grupo de Trabajo de Ossa-Morena de carácter periódico, y especialmente la última celebrada, que coincidió con el Congreso Iberoamericano del Paleozoico Inferior, (Mérida, 1992).

En cuanto a la investigación geológico-minera en esta zona se dan las mismas circunstancias que para la investigación geológica. Existen multitud de trabajos de investigación aunque la mayoría de estos fueron realizados por el I.T.G.E. y por empresas públicas y privadas (JUNTA DE EXTREMADURA, ADARO, PRESUR, MAYASA, INGEMISA, SMMPEA,...) como proyectos de prospección para una sustancia o sustancias de un grupo minero en particular, sin que existan trabajos de exploración de grandes áreas en las que se haya realizado un análisis regional de la metalogénia de la Zona de Ossa-Morena.

Entre la información de carácter general utilizada para la realización de este trabajo podemos mencionar las siguientes publicaciones:

- Síntesis Geológicas 1:500.000 (Laxe 1982).
- Libro de la Minería de Extremadura (1993)
- Libro de la Minería de Andalucía (1986)
- Metalogénicos 1:200.000 del ITGE.

También han sido utilizados los Mapas Provinciales de Utilización del Suelo a escala 1:200.000, de Badajoz, Córdoba, Sevilla y Huelva.

Para cubrir los objetivos previstos se ha establecido la siguiente metodología.

- **Síntesis Geológica.** Confeccionada a escala 1:200.000, contemplando los últimos modelos geodinámicos y resaltando las posibilidades metalogénicas.

- **Recopilación de indicios.** Analizando, ordenando y sintetizando la información. Se ha intentado deducir su tipologías en función del marco geológico.
- **Recopilación de datos de campañas de geoquímica y mineralometría en red de drenaje.** Con dos puntos de vista, por un lado la situación de las campañas (drenaje, suelos y rocas) más importantes realizadas, consignando sus características; y por otro la incorporación en la base de datos de los análisis realizados en las campañas multielementales más recientes. Ocasionalmente se han añadido las interpretaciones geoquímicas de estas últimas.
- **Recopilación de las campañas de geofísica.** Como el anterior apartado en esta actividad se han contemplado dos actuaciones; por un lado la situación y caracterización de las campañas locales de geofísica en toda la zona; y por otro la incorporación en la base de datos de la interpretación de la campaña gravimétrica regional y la interpretación de la campaña magnetométrica y radiométrica realizada para ENUSA/JEN.
- **Trabajos de Teledetección.** Que en la presente fase tiene como objetivo la puesta a punto y aplicación de una metodología de procesamiento e interpretación de imágenes multispectrales, que permita resaltar o poner de manifiesto los aspectos geológicos íntimamente relacionados con la génesis de los yacimientos.
- **Creación de una base de datos.** Elaboración e incorporación a la base de datos de la información geológica previamente digitalizada, así como la correspondiente a los indicios mineros, geoquímica y geofísica; y generación de ficheros en formato ARC/INFO.
- **Comprobaciones de campo.** Revisando aquellas áreas que presenten unas características tales que aconsejen su revisión en campo.
- **Informe final.** Memoria, planos y soporte informático.

1.3.-SITUACION GEOGRAFICA

La zona de estudio abarca una extensa región situada entre la frontera con Portugal al W, Linares al O, Villanueva de la Serena al N y Palma del Río al S, y cubre parte de las provincias de Badajoz, Córdoba, Sevilla, Huelva y Jaen. (Fig. 1).

La zona se sitúa total o parcialmente dentro de las siguientes hojas a escala 1:100.000 del Mapa Topográfico Nacional (M.T.N.) :

58 VILLARREAL
 59 BADAJOZ
 60 VILLANUEVA DE LA SERENA
 67 CHELES
 68 VILAFRANCA DE LOS BARROS
 69 POZOBLANCO
 70 LINARES
 74 PUEBLA DE GUZMAN
 75 SEVILLA
 76 CORDOBA

El área se encuentra dividida entre las zonas o husos 29 S y 30 S de la división usada como referencia la proyección UTM, situándose el cambio de zona o huso aproximadamente en el centro de la zona de estudio.

Las principales vías de comunicación que cruzan la zona son las carreteras nacionales N-V (Madrid-Badajoz), N-630 (Gijón-Sevilla), N-432 (Badajoz-Córdoba), N-433 (Rosal de la Frontera-El Garrobo) y N-435 (Badajoz-Huelva), varias carreteras comarcales y las rutas ferroviarias Madrid-Badajoz, Madrid-Sevilla y Ruta de la Plata (Gijón-Cádiz).

En el relieve se pueden distinguir dos unidades morfológicas bien diferenciadas, cuyas características orográficas repercuten principalmente en la distribución y densidad de tipos de usos del suelo. La parte septentrional es de tipo penillanura con amplio desarrollo de la agricultura extensiva (principalmente de secano) y manchas aisladas de vegetación arbórea y arbustiva en zonas con un cierto relieve. En la parte central y meridional predomina el relieve abrupto y escarpado (relieves y estribaciones de Sierra Morena), con amplio desarrollo de monte alto y bajo, tanto autóctono como de repoblación. En esta última zona destacan las trazas rectilíneas de las estructuras de rumbo ONO-ESE y de claro origen tectónico, que separan las cuencas de los ríos Guadiana y Guadalquivir. El margen sureste está formado por el borde de la depresión del Guadalquivir y se caracteriza por amplias extensiones de relieve suavemente ondulado a llano y escalonado.

La zona de estudio presenta un clima que oscila entre los tipos Mediterráneo Continental Templado y Mediterráneo Subtropical, caracterizándose por un verano largo, extremadamente seco y de intensa evaporación, con primaveras y otoños cortos y suaves, e inviernos generalmente secos, mas húmedos en las sierras debido al efecto barrera que ejercen sobre los vientos húmedos procedentes del mar y que ascienden a través del valle del Guadalquivir.

ESQUEMA DE SITUACION DE LA ZONA DE TRABAJO



Fig. 1.- Esquema de situación de la zona de trabajo.

1.4.-ENCUADRE GEOLOGICO Y MINERO

Desde el punto de vista geológico-minero, el área de estudio se sitúa dentro del **Dominio Paleogeográfico de Ossa-Morena** de los 5 en que se divide el orógeno hercínico según la división de Julivert et al. (1974) y cubre una banda de anchura variable que (dentro del territorio nacional) va desde la frontera de Portugal en las provincias de Badajoz y Huelva hasta las fosas del Guadalquivir siguiendo las direcciones hercínicas.

La parte suroriental de la zona de trabajo se sitúa ya sobre los materiales Terciarios y Cuaternarios de la Cuenca del Guadalquivir en su borde norte.

En Ossa-Morena afloran principalmente materiales Paleozoicos y Precámbricos con edades desde el Rifeense al Carbonífero medio, en su mayor parte están estructurados por dos orogenias, la Cadomiense y la Hercínica, y afectados por tres etapas principales de magmatismo que dan lugar a potentes series vulcanosedimentarias y a numerosos cuerpos plutónicos. (Fig. 2).

Tectoestratigráficamente se diferencian:

- Series precadomienses.
 - . Gneises de Azuaga.- Potente serie vulcanosedimentaria cuarzo-feldespática con láminas eclogíticas y anfibolíticas. Presenta una tectonización blastomilonítica.
 - . Grupo de sierra Albarrana.- Serie detrítica con metamorfismo regional de alta temperatura y baja presión.
- Depósitos orogénicos Cadomienses.
 - . Serie Negra.- Serie potente de carácter vulcanosedimentario bimodal de tipo "**greenstone belt**".
 - . Complejo vulcanosedimentario finiprecámbrico. Presenta un intenso vulcanismo ácido con apilamientos riolíticos de gran interés metalogénico.
- Depósitos relacionados con fase rifting.
 - . Cámbrico.- Este sistema es característico en esta zona. Se inicia con extensos episodios volcánicos ácidos, continúa con una plataforma calcárea generalizada y acaba con potentes series vulcanosedimentarias con vulcanismo intermedio y muy enriquecido en Fe. (Fig. 3).

- Depósitos relacionados con margen pasivo.
 - . Son series detríticas con aportes volcánicos esporádicos que abarcan desde el Ordovícico inferior hasta el Devónico-medio-superior, aunque la sedimentación no fue continua en toda la región durante este periodo.
- Depósitos sinorogénicos hercínicos.
 - . Carbonífero inferior.- Los afloramientos de esta edad, en Ossa-Morena, dibujan una paleogeografía definida. Existe una gran superficie emergida con depósitos continentales esporádicos en toda la parte central y suroriental, y una transgresión marina que se inicia simultáneamente con un fuerte magmatismo calcoalcalino en la zona, lo que dá lugar a potentes series vulcanosedimentarias (alineación magmática Villaviciosa-La Coronada) y que culmina con una potente serie tipo flysch (Culm de los Pedroches).
 - . Carbonífero medio.- Se trata de depósitos molásicos de carácter continental con depósito de carbón (varias cuencas, principalmente la del Guadiato).
- Depósitos postorogénicos paleozoicos.
 - . Está representado el Pérmico en varias cuencas continentales, la principal es Villanueva del Río y Minas.

Magmatismo.

Aparte del vulcanismo ya citado, existen numerosos cuerpos plutónicos en esta zona, que abarcan períodos amplios de tiempo y que se pueden agrupar en relación con las fases orogénicas más importantes.

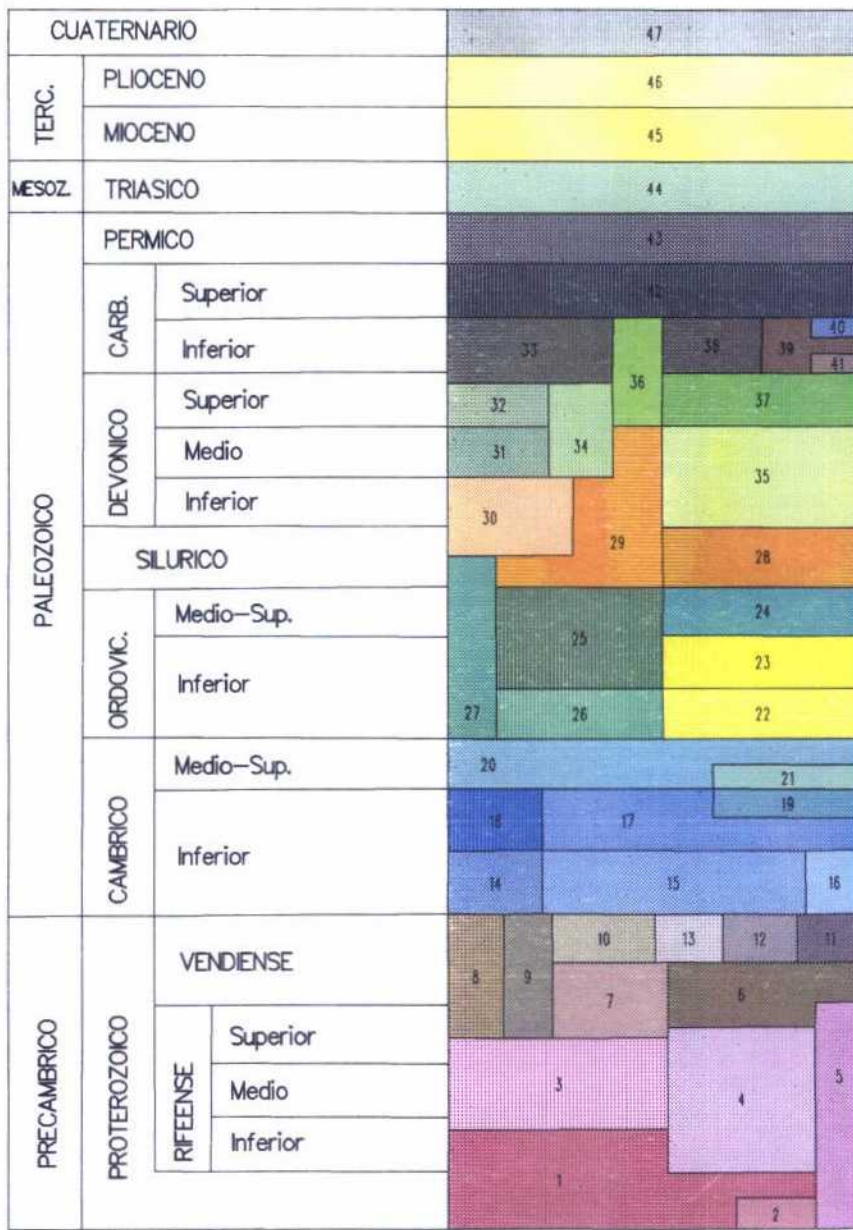
Existe un primer período precadomiense con plutonismo granítico cuyos cuerpos actualmente están muy deformados.

Un segundo período en el Paleozoico inferior con tendencia alcalina; las dataciones absolutas más recientes sitúan en esa edad macizos plutónicos atribuidos a otros ciclos.

Un tercer período, el más intenso, de tendencia calcoalcalina durante el Carbonífero inferior-medio. Estos macizos suelen presentar zonaciones causadas por diferenciación magmática que van desde gabros a granodioritas.

Por último, existen varios cuerpos tardicinemáticos de granitoides tipo S no deformados, que dan lugar a intensas aureolas de metamorfismo, y que originan procesos hidrotermales-neumatolíticos de gran interés metalogénico.

Además de estos cuerpos existe una malla, en algunas zonas muy cerrada, de intrusiones filonianas ligadas genéticamente al plutonismo y también con interés metalogénico.



- 47-Cuaternario
- 46-Plioceno
- 45-Mioceno
- 44-Triasico. Facies germanicas
- 43-Cuencas continentales
- 42-Depositos de abanicos aluviales
- 41-Vulcanitas
- 40-Calizas
- 39-Carbonifero continental
- 38-Carbonifero marino
- 37-Zona Centro Iberica. Devonico Superior
- 36-Formacion Terena
- 35-Zona Centro Iberica. Devonico Inferior-Medio
- 34-Zona Subportuguesa. Pizarras y Cuarzitas
- 33-Formacion Santa Iria
- 32-Formacion Ribeira de Limas
- 31-Formacion Pulo de Lobo
- 30-Formacion Acebuches
- 29-Silurico-Devonico de Barrancos-Hinojales
- 28-Silurico
- 27-Formacion El Cubito
- 26-Ordovico Inferior de Barrancos
- 25-Formacion Barrancos
- 24-Zona Centro Iberica. Ordov. Med. y Sup.
- 23-Arenig.
- 22-Tremadoc
- 21-Vulcanitas
- 20-Formacion Fatuquedo
- 19-Tramo detritico superior
- 18-Vulcanitas de la Valera
- 17-Cambrico Inferior Detritico
- 16-Cambrico de la Sierra de Aracena
- 15-Formacion Carbonatada
- 14-Formacion Loma del Aire
- 13-Andesitas de Cordoba
- 12-Piroclastitas de San Calixto
- 11-Formacion Lora del Rio
- 10-Formacion Torrearboles
- 9-Formacion Fuenteheridos
- 8-Formacion Bodonal
- 7-Formacion Malcocinado
- 6-Formacion Azuaga
- 5-Zona Centro Iberica. C.E.G.
- 4-Sucesion Albarrana
- 3-Serie Negra
- 2-Anfibolitas
- 1-Gneises y Anfibolitas. Corred. Blastomilonit.

ROCAS IGNEAS

HERCINICAS

- 48 Ultrabasicas
- 49 Gabros
- 50 Dioritas
- 51 Granodioritas-Tonalitas
- 52 Granitos S.L.
- 53 Granitos alcalinos

PREHERCINICAS

- 54 Granitos S.L.
- 55 Dioritas, tonalitas, granodioritas
- 56 Gabros
- 57 Serpentinitas

FILONIANAS

- 58 ACIDAS: Aplitas, Pegmatitas, Porfidos Graniticos
- 59 BASICAS: Diabasas, lamprofidos

Fig. 2.- Columna litoestratigráfica de la Síntesis Geológica.

Tectónica.

La orogenia Cadomiense da lugar a esquistosidad regional con metamorfismo asociado que puede llegar a alto grado. La orogenia Hercínica es muy intensa en esta zona. Se observa una primera fase de plegamiento isoclinal con metamorfismo de bajo grado en general. La segunda fase es de despegue con desarrollo de mantos de cabalgamiento cuya dinámica origina en la superficie de deslizamiento zonas de cizalla dúctil que constituyen metalotectos potenciales de Au.

Las fases posteriores repliegan suavemente los materiales estructurados y configuran la disposición actual de los afloramientos. De estas últimas fases, desde el punto de vista metalogénico, hay que resaltar la que genera una serie de fallas longitudinales con movimientos de desgarre horizontales levógiros que dan lugar a bandas de cizalla dúctil.

Yacimientos minerales

Desde el punto de vista metalogénico se trata de una zona con mineralizaciones muy variadas, como lo demuestra la presencia de numerosos indicios y yacimientos de diferentes tipos, lo que le dá a esta zona un indudable interés económico.

Entre los principales grupos metalogénicos cabe destacar los siguientes:

- * Mineralizaciones de Fe-Cu-Ni asociadas a skarns (calizas cámbricas) presentes prácticamente en todo el dominio del Eje Olivenza - Monesterio, en el entorno de cuerpos intrusivos gabroides, como las de Cala y Burgillos del Cerro
- * Mineralizaciones filonianas tardi-hercínicas de Zn-Pb-Ag encajando preferentemente en series detríticas y vulcanodetríticas del Precámbrico y Paleozoico Inferior, como aparecen en los campos filonianos de Castuera, Azuaga, Llera y Guadalcanal.
- * Mineralizaciones de sulfuros complejos (Pb-Zn,Cu...), asociados a manifestaciones volcánicas que guardan cierta similitud con los de la Faja Pirítica (La Nava - Paredón). Estas se localizan en diferentes contextos geológicos.
- * Mineralizaciones filonianas tardihercínicas de Barita (Pb-Zn) encajando en pizarras del Precámbrico y Cámbrico Inferior, entre las que destaca el Grupo Minero de Montecapilla (Llerena) y los indicios de la zona de Azuaga.
- * Mineralizaciones de Mercurio en la zona de Usagre, originadas por reemplazamiento hidrotermal en calizas de la Formación Usagre (Dominio Zafra-Monesterio), del Cámbrico inferior.

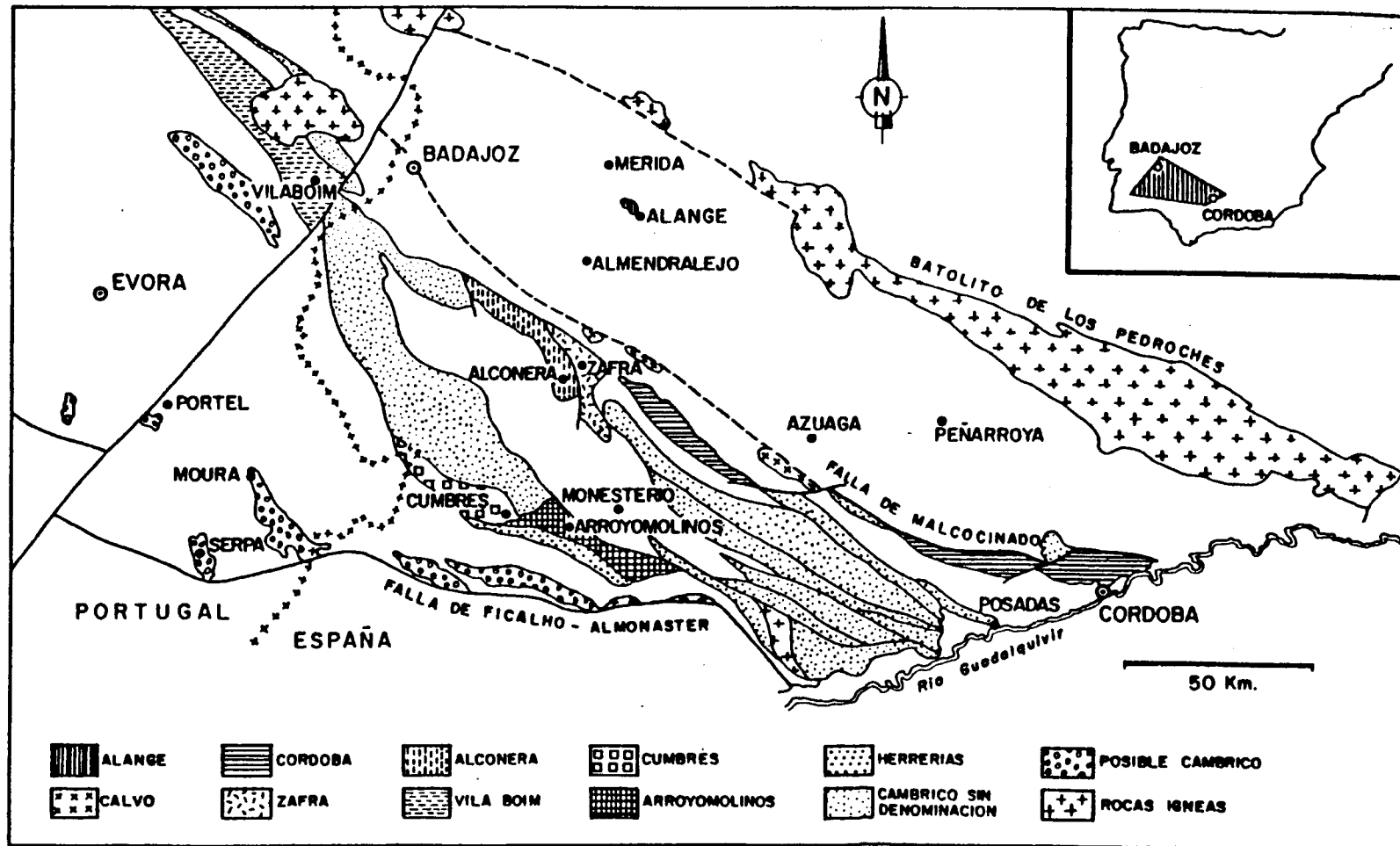


Fig. 3.- . Distribución geográfica de las principales unidades tectosedimentarias del Cámbrico de la Zona de Ossa Morena. (Modificada de Liñán, 1984b y Liñán & Quesada, 1990).

- * Mineralizaciones de Wolframio en filones extratolíticos y/o stockworks que encajan en series vulcanosedimentarias como las minas Mari Juli y Virgen de Gracia (Oliva de la Frontera). También filones extratolíticos con W-Sn encajando en series detríticas con metamorfismo de contacto, como la Mina San Nicolás (Valle de la Serena).
- * Mineralizaciones de Au, filonianas, asociadas a zonas de cizalla.
- * Mineralizaciones de Estaño, asociadas a procesos hidrotermales cuya naturaleza no es aún bien conocida (Fuenteovejuna).
- * Yacimientos de Uranio con morfología filoniana y/o masiva, asociados a rocas graníticas tanto en situación intratolítica como peribatolítica, o asociados a rocas metamórficas
- * Yacimientos de Cromo, asociados a rocas ultrabásicas (serpentinitas), probablemente originadas en relación con complejos ofiolíticos (Calzadilla de los Barros).
- * Mención aparte merecen los yacimientos de Carbón que aparecen en la zona de estudio en pequeñas cuencas alineadas NO-SE. En la actualidad están experimentando un importante auge las cuencas situadas al este, en la zona de Peñarroya - Belmez (Córdoba).

2.- METODOLOGIA DE TRABAJO

2.1.- RECOPIACION DE LA DOCUMENTACION

En principio se utilizó la información de carácter general publicada por los organismos oficiales y en parte mencionada ya en apartados anteriores.

- * "Geología de España" (Libro jubilar de J.M.Rios, Tomo I).
- * Mapa Geológico de España. Escala 1:1.000.000 (ITGE).
- * Síntesis Geológicas 1:500.000 (Laboratorio Xeológico de Laxe).
- * Hojas MAGNA. Escala 1:50.000 (ITGE).
- * Mapas Metalogenéticos. Escala 1:200.000 (ITGE).
- * Libro de la Minería de Extremadura.
- * Libro de la Minería de Andalucía.

A parte de ésta, también se utilizó la información obtenida de los trabajos de investigación presentados en las reuniones periódicas del Grupo de Trabajo de Ossa-Morena (B. Abalos, Perez Lorente, ...)

El resto de la información utilizada se obtuvo de los archivos de los organismos públicos y empresas que han colaborado en el proyecto, donde se localizaron gran número de trabajos de investigación geológico-minera realizados tanto por empresas públicas como privadas (ITGE, JUNTA DE EXTREMADURA, ADARO, PRESUR, MAYASA, ENUSA, INGEMISA, SMMPEA, ...).

Todos los informes consultados para este proyecto quedan reflejados en la base de datos relacionados con los diferentes campos de trabajo (geología, minería, geoquímica, geofísica, ...).

2.2.- ANALISIS DE LA INFORMACION

Dada la amplitud de la zona que cubre el proyecto y, por consiguiente, la diversidad y volumen de datos disponibles resultó difícil analizar de forma exhaustiva cada uno de los tipos de información que se reflejan en el presente proyecto.

Los tipos de información menos problemáticos han sido los de topografía y usos del suelo, ya que no ha hecho falta una interpretación y un análisis profundo de los mismos.

Por lo que se refiere al resto de los datos, la geología procede de una síntesis 1:200.000 realizada a partir de la edición actual a E. 1:50.000 de las cartografías geológicas del plan MAGNA. La existencia de cartografías geológicas correspondientes a épocas separadas y con la consiguiente diferencia de conocimientos sobre la geología de la zona ha dificultado la realización de esta síntesis y principalmente a los casos entre algunas hojas adyacentes.

Con respecto a los indicios mineros, debido tanto a la gran cantidad de éstos así como a la diversidad de las fuentes de información, hubo que hacer una laboriosa selección de las mismas, intentando eliminar aquellos que se encontraron duplicados en diferentes informes. También se hizo una valoración de los mismos según su importancia.

Los datos geofísicos fueron menos problemáticos, ya que los datos aeromagnéticos estaban procesados en el ITGE y los gravimétricos ya estaban clasificados en ADARO para la fase ERA del proyecto ENRESA. Sin embargo ha sido más complicado la localización geográfica de gran número de campañas geofísicas, de las cuales en un principio se disponía de sus características pero no de sus límites geográficos.

Otro punto que presentó alguna dificultad fueron los datos geoquímicos, dado que este tipo de información procede de distintos organismos y presentan diferentes tipos de análisis. Asimismo fue dificultosa la localización de datos de campañas geoquímicas.

Finalmente, con respecto a la información de imágenes de satélite, cabe resaltar la dificultad que requiere la incorporación a una base de datos que cubre unos objetivos tan amplios de todos los procesamientos o soluciones particulares para cada zona y/o tipo de problema, por lo que se ha decidido incorporar las imágenes básicas (Landsat) y las interpretaciones globales realizadas tanto desde el punto de vista espectral-estructural como del de los ensayos de integración.

2.3.- DISEÑO Y ESTRUCTURACION DE LA BASE DE DATOS.

En la base de datos construida para la realización de este proyecto se han incorporado los siguientes tipos de información:

*** TOPOGRAFIA:**

Se ha incorporado una planimetría básica obtenida a partir de cartografías a escalas 1:100.000 y 1:50.000, dirigida exclusivamente a ser utilizada como referencia geográfica rápida.

*** USOS DEL SUELO**

Se ha recopilado información de este tipo digitalizada según hojas topográficas a E. 1:200.000, generándose una cobertura de polígonos por hoja. Se ha creado una tabla Dbase con los diferentes tipos de usos y que enlazan con cada cobertura Arc/Info.

La información también está referida al huso 30 por motivos de superposición.

*** GEOLOGIA:**

Se ha realizado una síntesis geológica (E. 1:200.000, a partir de la geología existente a E. 1:50.000). Esta geología se ha digitalizado e incorporado a una serie de coberturas Arc/Info (contactos, fallas y leyenda), para su mejor tratamiento. Además se han generado una serie de bases de datos "Dbase", para poder correlacionar las litologías con las edades, tipos de contactos, etc. Estas tablas (Dbase) van encadenadas a la cobertura Arc/Info correspondiente. Los datos relacionados con este tema (solo la cartografía) se encuentra con coordenadas UTM del huso 30.

*** GEOQUIMICA:**

La geoquímica se encuentra estructurada en cuatro grandes temas:

*** Arroyos**

Se ha generado una base de datos Dbase, que incluye una serie de muestras según zonas (estas zonas se encuentran codificadas en fichero ZONAS.DBF), y cuyas coordenadas se tienen en huso 30 para su representación gráfica A/I y en su huso correspondiente original.

Asímismo se tienen una serie de campos que incorporan el análisis de las muestras, y dado que en cada campaña el tipo de elementos analizado y su número no es el mismo que para el resto, se han dividido en diferentes tablas (Dbase), según campañas o zonas (ZONAS.DBF).

ESTRUCTURA DE LA INFORMACION

- NIVEL I : SEGUN TIPOS DE INFORMACION.
 NIVEL II : SEGUN TEMAS DENTRO DE CADA UNO DE LOS TIPOS DE INFORMACION.
 NIVEL III : DATOS - TABLAS DBASE Y COBERTURAS ARC/INFO.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	
		COBERTURAS	TABLAS
TOPOGRAF		OSTOPO	AAT.DBF
		LEYTOPO	AAT.DBF
		TOPO.DBF	
USOS		H-69	PAT.DBF
		H-68	PAT.DBF
		H-69	PAT.DBF
		H-70	PAT.DBF
		H-75	PAT.DBF
		H-76	PAT.DBF
		USOS.DBF	
GEOLOGIA		CONTACT	AAT.DBF PAT.DBF
		FALLAS	AAT.DBF
		LEYENDA	AAT.DBF PAT.DBF
		CONTACTO.DBF LITOLO.DBF	
INDICIOS		INDI	PAT.DBF
		LEYINDIC	PAT.DBF
		INDICIOS.DBF MORFO.DBF SUSTAN.DBF REFEREN.DBF IND_MORF.DBF IND_SUST.DBF IND_REFE.DBF	

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	
		COBERTURAS	TABLAS
SONDEOS		SONDEOS	PAT.DBF
		SONDEOS.DBF	
GEOQUIMICA	ANOMALIA	ANOM	AAT.DBF
		ANOMALIA.DBF	
	ARROYOS	ARROYOS	PAT.DBF
		ZONAS.DBF <DATOS>.DBF	
	BATEAS	BATEAS	PAT.DBF
		ZONAS.DBF <DATOS>.DBF	
	CAMPAÑAS	CAMPA	AAT.DBF
		CAMPANAS.DBF	
GEOFISICA	AEROMAG	<DATOS>.DAT <DATOS>.GRD	
	GRAVIMET	CAMPA	AAT.DBF
		CAMPANAS.DBF	
	CAMPAÑAS	GRAVI	PAT.DBF
GRAVIMET.DBF AUTOR.DBF PROCE_Z.DBF GRA_AUTO.DBF			
IMAGENES		SERENA.LAN CALA.LAN AZUAGA.LAN LORA.LAN	
INTERPRE	ANOMALIA	ANOM	AAT.DBF
		ANOM.DBF	
	ESTRUCTU	ESPECT	PAT.DBF
		LINEAMI	AAT.DBF
		LEYENDA	PAT.DBF AAT.DBF

*** Bateas**

Al igual que en el caso de arroyos, se ha generado una cobertura de arroyos en la que se ha enlazado una serie de tablas correspondientes a campañas o zonas y se ha realizado la misma división de campañas en diferentes tablas Dbase. Los datos de coordenadas, igualmente, vienen representados en el sistema UTM en huso 30 y en su huso original.

*** Campañas**

Se han digitalizado los límites de dichas campañas, e incorporado a una cobertura de líneas Arc/Info.

Incluye la información de campañas tanto con datos de análisis (arroyos y bateas) como campañas sin datos o incorporadas a las ya existentes (campañas pequeñas).

*** Anomalías**

Se han digitalizado los polígonos correspondientes a zonas de anomalías geoquímicas y se ha introducido esta información en Arc/Info generando una cobertura de líneas, a lo que se ha unido una tabla de datos de las anomalías (tipos de anomalías que representan).

Solo se han digitalizado las anomalías de la zona de la Monaguera, que es la única información gráfica que se obtuvo.

*** GEOFISICA**

Existen tres grandes grupos de información:

*** Aeromagnético/radiométrico**

Se han incorporado los datos que suministró el ITGE y que corresponden al vuelo aeromagnético-espectrométrico existente en sus archivos.

Estos datos han sido obtenidos en dos formatos: por un lado se han incorporado las tablas ASCII que contienen los datos de las medidas puntuales y por otro lado unos ficheros ASCII que se corresponden con la estructura GRD-ASCII de Arc/Info.

Con estos datos no se ha hecho ningún tratamiento, pues la interpretación se ha realizado a partir de otros datos ya tratados por el ITGE.

*** Gravimetría**

Se ha incorporado a una tabla Dbase la información referente a las medidas tomadas en las estaciones gravimétricas.

Se ha generado una cobertura de puntos Arc/Info, enlazada a la tabla de datos. Esta a su vez se encuentra enlazada con otras tablas, como autor y procedencia de la información.

* **Campañías**

Al igual que para la geoquímica se han digitalizado los recintos que delimitan las diferentes campañas. Esta información digitalizada se ha incorporado a una cobertura de líneas Arc/Info.

Existe una tabla (Dbase) que está unida a esta cobertura Arc/Info, y que contiene la información referente a cada campaña.

* **INDICIOS**

La información referente a indicios se ha recopilado en una tabla Dbase. Con estos datos puntuales se ha generado una cobertura de puntos A/I, enlazada con la tabla. La representación se hace en huso 30, por cuestiones de superposición con otras informaciones, pero también se tiene la información de las coordenadas referidas a su huso.

Además se ha relacionado la información anterior con tablas Dbase, relativas a morfología, tipo de sustancia y referencia.

* **Sondeos**

Este tipo de información se encuentra en una tabla Dbase asociada a una cobertura de puntos Arc/Info. Hay una serie de ellos que en la actualidad no tienen información de coordenadas y no se encuentran en la cobertura A/I.

* **IMAGENES**

Los ficheros raster incorporados a la base de datos son las imágenes satélite LANDSAT-TM en formato ERDAS, utilizadas para la interpretación espectral-estructural. Estas pueden ser leídas por casi la totalidad de los sistemas de información geográfica disponibles en el mercado actualmente.

* **INTERPRETACIONES**

Pueden ser interpretaciones espectrales de las imágenes Landsat y estructurales, de las cuales se han generado sendas coberturas de polígonos y líneas.

Del análisis de estas y otras informaciones se han obtenido una serie de zonas anómalas o de interés de las que también se ha generado una cobertura A/I de líneas.

3.- RECOPIACION, INTERPRETACION Y ESTRUCTURACION DE LOS DATOS GEOLOGICO-MINEROS

3.1.- TOPOGRAFIA BASICA Y USOS DEL SUELO

3.1.1.- BASE TOPOGRAFICA

Dado que el volumen de información gráfica es bastante importante (indicios, geología, campañas geoquímicas y geofísicas, etc) se hizo necesaria la digitalización de una base topográfica que sirviera de referencia. Debido a los objetivos del proyecto se hizo aconsejable introducir una baja densidad de información planimétrica que sirviera para una rápida referencia geográfica sin que se requiera una localización muy precisa y que además no entorpezca la utilización ágil del resto de los datos.

De acuerdo con esto se hizo la digitalización seleccionando las poblaciones mayores de 2.000 habitantes y las carreteras principales que las unen, a no ser que no hubiera elementos de estas características (en cuyo caso se amplió la digitalización a otras poblaciones y carreteras). De esta manera se pretendía que no existieran áreas equivalentes a una hoja 1:50.000 sin información planimétrica, límites administrativos y red de drenaje principal.

De acuerdo con esto, se han digitalizado los siguientes elementos planimétricos, con sus códigos correspondientes:

<u>Elemento</u>	<u>Codigo</u>
Poblaciones	12
Carreteras	24
Ríos	32
Pantanos o embalses	35
Frontera	41
Límites autonómicos	42
Límites provinciales	43
Límites hojas 1:50.000	2
Toponímia	10

Se han incorporado los límites de las hojas 1:50.000 del MTN, con sus números, para una localización más rápida.

Esta información será utilizada tanto en la explotación del SIG como en la edición de planos, no obstante para futuros trabajos esta puede ser en cualquier momento modificada, ampliada o sustituida por otra más actualizada.

3.1.2.- USOS DEL SUELO

Se ha podido recuperar la digitalización realizada por la E.N. ADARO de los usos del suelo.

Esta digitalización en algunos casos ha tenido que ser modificada dado que habían aparecido correcciones posteriores (sobre papel) de una serie de recintos. Contiene elementos tales como arcos (límites de los usos) y puntos (tipos de usos).

Se distinguen los siguientes tipos de usos del suelo y sus códigos correspondientes:

<u>Elemento punto</u>	<u>Código</u>
Huerta, regadíos y frutales	1
Labor intensiva y extensiva	2
Viñedos	3
Pastizal	4
Prado natural	5
Matorrales e improductivo	6
Coníferas y frondosas	7
Ríos y embalses	8

Para los elementos digitalizados como arcos se ha utilizado un único código que se corresponde con los límites de los usos.

Esta información está digitalizada según hojas 1:200.000, distribuyéndose sobre las seis hojas que cubren aproximadamente la zona del proyecto.

3.2.- SINTESIS GEOLOGICA.

El presente capítulo pretende reflejar las características estratigráficas, tectónicas y petrológicas de las formaciones representadas en la síntesis a escala 1:200.000. (Fig. 2).

La ZONA de OSSA-MORENA, establecidas por Lotze (1945) y Julivert et al. (1972) es una de las grandes unidades en las que se divide el Macizo Ibérico y limita al Norte con la zona Centro-Ibérica y al Sur con la Sudportuguesa.

Desde el punto de vista estratigráfico es una zona muy variada con materiales de edades comprendidas entre el Precámbrico y el Carbonífero: (los materiales de edades posteriores ocupan extensiones muy limitadas y no son objeto de este estudio). El Precámbrico aflora a lo largo de dos grandes núcleos antiformes. Existe un metamorfismo regional que se dispone en dos fajas, coincidiendo con los núcleos precámbricos. El plutonismo hercínico es variado, incluyendo abundantes cuerpos intrusivos básicos. En este trabajo el Batolito de los Pedroches marca el límite con la zona Centro-Ibérica, si bien hay que precisar que este límite sigue sin estar definido incluso en los trabajos más recientes.

3.2.1.- DOCUMENTACION Y BASE DE DATOS

Las hojas geológicas a Escala 1:50.000, provenientes del MAGNA, que cubren la región están en su mayoría editadas por el ITGE. Se han obtenido copias de las tres hojas recientemente realizadas y aún no editadas. De otras tres hojas no existe cartografía MAGNA, por lo que se ha recurrido a otro tipo de información, como tesis doctorales de distintos autores y síntesis regionales realizadas por ENADIMSA para otros proyectos.

Una vez recogida esta información se realizaron copias a escala reducida de los planos transparentes originales y se confeccionaron 6 mapas agrupándolos por hojas 1:200.000. Para evitar al máximo las desviaciones al yuxtaponer las reducciones de las hojas MAGNA, se confeccionó un "canevás" con coordenadas reales y se ajustaron los bordes de las hojas al mismo.

Sobre estos mapas se ha confeccionado la síntesis geológica con los criterios planteados anteriormente.

La síntesis geológica va acompañada de una descripción (que se aborda en los capítulos siguientes), en la que se resaltan los aspectos litológicos y tectónicos de interés metalogenético de las formaciones diferenciadas.

Los planos de la síntesis han sido digitalizados por lo que su incorporación al sistema

definitivo que se adopte como soporte de la base de datos puede ser inmediata.

La relación de códigos para cada uno de los ficheros es la siguiente:

* Códigos de elementos de tipo contacto

CODIGO	ELEMENTO
101	Contacto normal
103	Contacto discordante
199	Límite de zona
192	Frontera
190	Borde de hoja
107	Contacto tipo fractura

* Códigos de elementos de tipo fracturas

CODIGO	ELEMENTO
301	Falla normal
302	Falla supuesta
303	Cabalgamiento

* Los códigos de elementos de tipo centroide (delimitación de áreas o superficies) son en total 59, que aparecen representados en la leyenda del mapa geológico (Fig. 2):

- 1 - Gneises y anfibolitas del Corredor Blastomilonítico
- 2 - Anfibolitas
- 3 - Serie Negra
- 4 - Sucesión Albarrana
- 5 - Zona Centro Ibérica- Complejo Esquisto Grauváquico
- 6 - Formación Azuaga
- 7 - Formación Malcocinado
- 8 - Formación Bodonal
- 9 - Formación Fuenteheridos
- 10 - Formación Torreárboles
- 11 - Formación Lora del Río
- 12 - Piroclastitas de San Calixto
- 13 - Andesitas de Córdoba
- 14 - Formación Loma del Aire
- 15 - Formación Carbonatada
- 16 - Cámbrico de la Sierra de Aracena
- 17 - Cámbrico Inferior Detrítico
- 18 - Vulcanitas de La Valera
- 19 - Tramo detrítico superior
- 20 - Formación Fatuquedo
- 21 - Vulcanitas
- 22 - Tremadoc
- 23 - Arening

- 24 - Zona Centro-Ibérica. Ordovícico Medio y Superior
- 25 - Formación Barrancos
- 26 - Ordovícico Inferior de Barrancos
- 27 - Formación El Cubito
- 28 - Silúrico
- 29 - Silúrico - Devónico de Barrancos - Hinojales
- 30 - Formación Acebuches
- 31 - Formación Pulo de Lobo
- 32 - Formación Ribeira de Limas
- 33 - Formación Santa Iria
- 34 - Zona Sudportuguesa. Pizarras y cuarcitas
- 35 - Zona Centro-Ibérica. Devónico Inferior-Medio
- 36 - Formación Terena
- 37 - Zona Centro-Ibérica. Devónico Superior
- 38 - Carbonífero marino
- 39 - Carbonífero continental
- 40 - Calizas
- 41 - Vulcanitas
- 42 - Depósitos de abanicos aluviales
- 43 - Cuencas continentales
- 44 - Triásico. Facies germánicas
- 45 - Mioceno
- 46 - Plioceno
- 47 - Cuaternario

3.2.2.- ESTRATIGRAFIA

3.2.2.1.- SERIES PRECADOMIENSES

Estas series corresponden a los depósitos aflorantes más antiguos del Macizo Hespérico, depositados con anterioridad a la Orogenía Cadomiense y que representan el zócalo del Macizo.

En la síntesis se han diferenciado únicamente dos grandes unidades precadomienses: Los Gneises y Anfibolitas del Corredor Blastomilonítico y los materiales detríticos de Sierra Albarrana. La primera serie se incluye el Grupo de Córdoba-Fuenteobejuna y la segunda el Grupo de Sierra Albarrana, pertenecientes al Dominio de Valencia de las Torres-Cerro Muriano y de Sierra Albarrana respectivamente. Ambas se sitúan dentro del anticlinorio Portoalegre-Badajoz-Córdoba, y están separadas por la Falla de Azuaga.

Estos materiales han sufrido los efectos de las Orogenías Cadomiense, Hercínica y Alpina, aunque esta última únicamente ha producido rejuegos sobre estructuras originadas, fundamentalmente, durante la Orogenía Hercínica. Su distribución actual, en bandas de orientación NO-SE, es debida basicamente a la deformación hercínica.

Los tramos en que se dividen estas formaciones son los siguientes:

Gneises y anfibolitas del Corredor Blastomilonítico (1 y 2)

El esquema más reciente para esta estructura es el aportado por ABALOS y EGUILUZ (1990, a y b) y ABALOS et al., (1990), para el Corredor Blastomilonítico de Badajoz-Córdoba.

Estos autores plantean que en el Corredor Blastomilonítico afloran dos grandes grupos de rocas: el Grupo de Córdoba-Fuenteobejuna (Unidad Alóctona) y el Grupo de Sierra Albarrana (Unidad Para-Autóctona). Ambas unidades afloran según una banda milonítica producida por una cizalla dúctil con cataclasis posterior en diferentes etapas (CHACON y PASCUAL, 1977, (En CHACON et al. 1983); BURG et al, 1981).

La Unidad Alóctona está constituida por un apilamiento de cinco láminas con características litológicas, petrográficas e historias y evoluciones tectonotérminas propias, que de base a techo del apilamiento son:

- Gneises-Milonita de Higuera de Llerena
- Lámina Blastomilonítica de Gneises Migmatíticos
- Lámina Eclogítica
- Complejo Leptino-Anfibolítico
- Serie Negra.

Los materiales quedan limitados al N por la Cuenca del Guadiato y al S por la Falla de Azuaga, prolongándose desde Cerro Muriano al SE. hasta perderse en el NO, bajo sedimentos neógenos de la Tierra de Barros.

La serie está formada por varios tipos de gneises con intercalaciones de micaesquistos, anfibolitas y cuarcitas en diferentes posiciones estratigráficas. Las facies miloníticas son frecuentes, sobre todo en una banda adyacente a la Falla de Azuaga. (ENADIMSA - INI 1981).

Los materiales de esta serie han sufrido metamorfismo de grado medio o alto (distena-sillimanita). Posteriormente se produce la milonitización generalizada acompañada de un desarrollo de esquistosidad y blastesis retrometamórfica.

La edad de estos materiales se cifra al menos en el Neoproterozoico, como se deduce de las dataciones radiométricas realizadas; concretamente, en protolitos de metabasitas de la Lámina Eclogítica con una datación de 617 +/- 6 m.a. (SHÄFER et al., en ABALOS et al., 1990) y en los gneises feldespáticos del Complejo Leptino-anfibolítico de 595 +/- 30 m.a. (BELLÖN et al., en ABALOS et al. 1990).

Sucesión de Albarrana (4)

Esta unidad aflora en el núcleo de la estructura anticlinal del Dominio de Sierra Albarrana, que comprende una franja de materiales que va desde las proximidades de Córdoba, donde se le superpone la cuenca carbonífera de Guadalmellato, hasta perderse hacia el NO bajo los materiales neógenos de la Tierra de Barros.

Al NE limita con la Falla de Azuaga y al SO con la Falla de Malcocinado.

Los materiales constituyen una potente serie detrítica con estructura anticlinal (ENADIMSA-BRGM, 1984), habiéndose separado de muro a techo las siguientes formaciones del Proterozoico Medio e Inferior: Albarrana, Peña Grajera, Albariza y Azuaga, que a continuación se describirán de forma somera, a excepción de la F. Azuaga que se describe dentro del apartado correspondiente a depósitos sinorogénicos.

Formación Albarrana

Constituye el núcleo de la estructura y corresponde a un tramo de cuarcitas feldespáticas y arcosas cuyo muro no se conoce, debido al cabalgamiento de las cuarcitas sobre las series superiores. El techo se sitúa en los últimos estratos de cuarcitas. Hacia el NO termina bruscamente contra una falla y hacia el SE constituye un cierre perianticlinal fallado introduciéndose bajo las formaciones de Peña Grajera y Albariza (ENADIMSA-BRGM, 1984).

En conjunto consta de sedimentos detríticos depositados en un medio marino, que posteriormente ha sufrido varias fases tectónicas con blastesis y metamorfismo de grado

alto (zona de sillimanita - feldespato potásico).

Recientemente han aparecido numerosos icnofósiles que sin embargo no datan con precisión esta serie. Algunos autores en base a éstos y a la litología adjudican a las cuarcitas una edad Paleozóica, sin embargo, por el contexto regional y la deformación que presentan, se mantiene una edad Proterozoico para esta sucesión.

F. Peñagrajera

Aflora en dos tramos no continuos de materiales gneísicos; el tramo inferior de gneises biotíticos y micaesquistos biotíticos y el superior de gneises cuarcíticos con unas cuarcitas esquistosas al techo.

Esta formación procede del metamorfismo de un conjunto de materiales detríticos cuarzo-feldespáticos con lechos lutíticos abundantes. (ENADIMSA-BRGM, 1984).

F. Albariza

Se trata de una potente serie detrítica metamorfizada, muy monótona, de micaesquistos con intercalaciones esporádicas de niveles de cuarcitas de escala métrica y de micaesquistos feldespáticos con bordes difusos. El techo no aflora por estar en contacto por falla con la formación situada inmediatamente encima. (F. Azuaga).

Estos materiales han sido intruidos por cuerpos ígneos plutónicos y/o subvolcánicos, ácidos (Ortoneis de Mina María) y básicos (metabasitas); intrusiones que tuvieron lugar antes de la primera fase de deformación.

3.2.2.2.- DEPOSITOS OROGENICOS CADOMIENSES

Bajo este epígrafe se engloban los materiales en cuyo depósito y estructuración ha tenido una mayor o menor incidencia la Orogenía Cadomiense.

Serie Negra (3)

Los materiales atribuidos a esta serie afloran principalmente en el anticlinorio Olivenza Monesterio en la Sierra de Aracena y más al N en el anticlinorio Portoalegre- Badajoz-Córdoba.

La mayoría de las descripciones que figuran a continuación proceden de la investigación realizada por ENADIMSA-PRESUR (1987-89).

Pueden englobarse de forma genérica en lo que se ha denominado Serie Negra (ALIA MEDINA, A., 1963 ,en HERRANZ P. 1983); correlacionable en Aracena con la

Formación de la Umbría. Esta sucesión ha sido datada con Acrítarcos como de edad Rifeense medio-superior.

La Serie Negra es una sucesión muy monótona compuesta fundamentalmente por metagrauwacas, filitas negras, cuarcitas negras, lutitas e intercalaciones volcánicas. El mayor afloramiento de esta serie está en el núcleo del anticlinorio Olivenza - Monesterio, en donde ha sido posible diferenciar dos conjuntos (F. Montemolín y Sucesión Tentudia) que básicamente se diferencian en el grado de metamorfismo que les afectan.

Las descripciones siguientes se refieren a dicha estructura donde se definieron los conjuntos citados (F. Montemolín y Sucesión Tentudia) y con los cuales pueden correlacionarse los afloramientos de la Serie Negra situados en la Sierra de Aracena y en el anticlinorio Portoalegre-Badajoz-Córdoba.

Dentro del anticlinorio de Olivenza-Monesterio aflora el Complejo Gneísico-Migmatítico de Valuengo que se extiende desde el embalse de Valuengo hacia el Sur, hasta el Cortijo de las Mayorgas, en el núcleo de una estructura antiformal hercínica tardía (Hoja de Jerez de los Caballeros nº 875).

Los materiales integrantes de esta unidad son gneises migmatíticos con sillimanita, micaesquistos granatíferos y metarcosas. Las migmatitas y las paragénesis metamórficas están afectados por una esquistosidad considerada de primera fase hercínica. La potencia de esta formación es de, al menos, 500 m.

Por analogías litológicas y grado metamórfico esta unidad se ha asimilado en el plano de síntesis a la F. Montemolín. El problema que puede surgir de esta correlación es el hecho de que según el MAGNA, (Hoja nº 875), encima se sitúa, discordantemente, un conjunto volcanosedimentario finiprecámbrico.

Las Formaciones de Montemolín y Tentudia no aparecen nunca en contacto con el Complejo Gneísico-Migmatítico de Valuengo.

Existen grandes analogías litológicas entre los dos conjuntos diferenciados (F. Montemolín y Sucesión Tentudia) diferenciándose básicamente en el grado de metamorfismo. La Formación Montemolín es una unidad catazonal en la que el metamorfismo llega a desembocar en anatexia y la Sucesión Tentudia tiene un metamorfismo en facies de esquistos verdes. Sin embargo, el contacto entre ambas formaciones es gradual en el flanco N. del anticlinorio, con aumento progresivo del grado metamórfico. En el flanco Sur ambas formaciones están separadas por el cabalgamiento de Monesterio.

La idea central, ya avanzada en el párrafo anterior, respecto a la relación de estas dos formaciones, es la posibilidad de sus sedimentos premetamórficos, dadas sus analogías, se depositaran en un mismo medio sedimentario, siendo el metamorfismo posterior responsable de sus diferencias actuales.

La formación Montemolín en el lugar donde se definió (Hoja MAGNA nº 897)

representa un conjunto heterogéneo de materiales migmatítico-anatéticos con potentes tramos esquistosos.

La base de esta formación no se conoce; los tramos más bajos están en relación con el cabalgamiento de Monesterio, y constituyen el denominado "Núcleo migmatítico de Monesterio" caracterizado por abundantes granitoides aplíticos gneisificados, cuerpos migmatíticos, anfíbolitas y cuarcitas negras. Hacia techo del citado "Núcleo" se inicia una sucesión de esquistos y cuarcitas negras con intercalaciones de anfíbolitas en la cual se distingue un tramo basal de esquistos y cuarzoesquistos.

Más al N (Anticlinorio Portoalegre-Badajoz-Córdoba según la Hoja MAGNA nº 879) la Formación Montemolín se sitúa sobre los Gneises y Anfíbolitas del Corredor Blastomilonítico. ABALOS et al. (1990) interpretan este contacto como una superficie de cabalgamiento.

La potencia de la serie, aunque difícil de calcular, ha sido estimada entre 1.000 y 2.000 m.

El metamorfismo aumenta progresivamente desde los tramos superiores hasta el núcleo migmatítico, variando desde el grado medio-bajo (al NE de Monesterio) a grado alto en el núcleo. En la hoja MAGNA de Monesterio (Nº 897) aparece un estudio detallado de la paragénesis metamórficas relacionadas con los diferentes materiales que integran la serie. Un hecho de interés respecto al metamorfismo es el de que las isogradas son oblicuas a la estratificación.

Rodeando los materiales descritos dentro del Anticlinorio de Olivenza-Monesterio aparece la F. Tentudía. También aflora, con menor extensión, en el extremo suroriental de Ossa Morena, al N y S. de la Cuenca del Guadiato. Se trata de una potente serie volcano-sedimentaria depositada en una plataforma somera, afectada por un metamorfismo de bajo grado. La característica fundamental es su monotonía, consistiendo en una alternancia de pizarras y grauvacas en las que se intercalan una serie de cuerpos de metavulcanitas de composición variada, así como cuarcitas negras y rocas carbonatadas.

Existen abundantes descripciones detalladas de las litologías que integran esta sucesión, una de las más recientes es la realizada en el informe ENADIMSA-PRESUR (1988). En este informe se distinguieron las siguientes litologías: Una sucesión de pizarras y metagrauvacas volcánoclasticas con intercalaciones de metavulcanitas submarinas, constituyendo una serie espilita-queratófido, en la que los términos extremos básicos son escasos y aparecen hacia la base de la sucesión. El volcanismo evoluciona a términos más ácidos hacia zonas altas donde afloran materiales felsíticos. En zonas bajas aparecen muy escasos lentejones carbonatados y en una de las muestras del tramo de espilita-queratófido se detectó una textura subofítica propia de rocas subvolcánicas.

La deposición de los materiales que integran las dos unidades descritas se efectuó en una plataforma somera en unas condiciones de inestabilidad creciente, como lo demuestra el marcado aumento de la participación volcánica en los materiales de la F. Tentudía en relación con la F. Montemolín. Esto, dentro del esquema base de partida,

encaja con los primeros estadios de desarrollo del depocentro sobre el que se va a desarrollar el orógeno Cadomiense.

Respecto a la potencia de esta unidad, los autores de la Hoja de Monesterio (MAGNA nº 897) estiman que no debe ser superior a 2.000-3.000 m.

Por último, en el Macizo de Aracena, BARD (1969) (En CHACON et alt. 1983), estableció la F. de la Umbría como base de la serie, correlacionándola con lo que el denominó el Complejo Esquisto Grauváquico de Burguillos-Monesterio, que no es sino la Serie Negra. Los últimos estudios realizados en el proyecto MAGNA también apuntan esta posibilidad.

A grandes rasgos la F. de la Umbría se encuentra situada bajo el Cámbrico Inferior carbonatado, en el núcleo del Anticlinal de Fuenteheridos. Se trata de una serie detrítica de esquistos, cuarzoesquistos con bancos cuarcíticos y conglomerados hacia el techo, asociados a materiales riolíticos. Según la hoja MAGNA nº 917 (Aracena) el medio de deposición es somero y los conglomerados serían lentejones intraformacionales relacionados con períodos de inestabilidad de la cuenca.

Formación Azuaga (6)

Fue establecida por DELGADO-QUESADA (1971) (En HERRANZ P. 1983) en la Z.O.M., en los alrededores de Azuaga (Badajoz) para caracterizar una serie pizarrosa con lechos cuarcíticos intercalados, con una potencia superior a 2.500 m y perteneciente al Proterozoico Medio-Superior.

La Formación Azuaga forma parte de los Dominios de Valencia de las Torres-Cerro Muriano y de Sierra Albarrana.

Los límites de esta formación en el Dominio de Sierra Albarrana, son la Falla de Azuaga al N. y la de Malcocinado al Sur. En el otro dominio mencionados está limitada por fallas de menor entidad.

El estudio de mayor detalle, realizado por INGEMISA para el ITGE, se efectuó durante el desarrollo del Proyecto de Investigación de las Reservas Sotillo y Onza (Badajoz-Sevilla). En este proyecto se diferenciaron cuatro miembros, posteriormente ampliados a cinco, durante la ejecución de la Hoja MAGNA de Azuaga (nº 878) por los mismos autores. Estos miembros son los siguientes, de muro a techo:

- MIEMBRO DE FILITAS Y PIZARRAS. Alternancia rítmica no caracterizada sedimentológicamente, por problemas de observación, dada su fina granulometría y apretada esquistosidad.
- MIEMBRO DE PIZARRAS Y ARENISCAS. Alternancia, formando una secuencia homogénea, con estructuras internas: laminación cruzada, granoselección, ripples y bioturbación, interpretadas como de plataforma somera.

- MIEMBRO VOLCANICO Y VOLCANOSEDIMENTARIO constituido por metavolcanitas básico-intermedias, intercaladas en una serie detrítica y depositadas también en ambiente somero de plataforma.
- MIEMBRO CUARCITICO. Con laminación cruzada, granoselección, ripples, posibles megaripples y bioturbación; estructuras indicativas de un modo de depósito muy energético con períodos de tranquilidad.
- MIEMBRO DE CUARCITAS TABLEADAS Y PIZARRAS. Alternancia rítmica con estructuras análogas a las de los miembros anteriores.

Los autores mencionados estiman una potencia mínima del orden de 2.000 m, no descartando la posibilidad de que estos materiales pertenezcan al Paleozoico Inferior.

Tal como se describen estos materiales en la Hoja del MAGNA (nº 878 Azuaga), no parece claro el origen turbidítico de esta serie, concluyendo este estudio en que estos materiales se depositaron en un área subsidente en unas condiciones de plataforma somera durante un amplio período de tiempo. Sin embargo, otros autores mencionan la presencia de estructuras sedimentarias típicas de turbiditas, como es el caso de PEREZ LORENTE (1979), en una zona al sur de Azuaga, en el cruce de las carreteras que van a Malcocinado y Argallón y al norte, en la carretera de Cabeza de Buey a Almadén. Este autor, establece la correlación (a escala local) de la parte superior de la Formación Azuaga con el Alcudiense Superior y con la parte alta de la Serie Negra y del Complejo Esquisto-grauváquico.

Durante la investigación de la Reserva Atalaya (ENADIMSA, 1987), se constató que se trata de una serie turbidítica, cuya base ha desaparecido debido a la dinámica de la Falla de Azuaga. De muro a techo y de N. a S., desde la localidad de Azuaga, se observaron los siguientes tramos.

Un primer tramo, a base de metareniscas dominantes con intercalaciones de filitas. Encima, una potente serie (superior a 2.500 m) donde mejor se manifiesta el carácter turbidítico de esta formación, apreciándose ritmitas distales y excepcionalmente olistolitos. En este tramo empiezan a intercalarse esporádicos niveles de anfibolitas.

Encima del nivel anterior hay dos tramos volcanosedimentarios separados por filitas a los que aparecen asociadas mineralizaciones Pb-Zn tipo cutículas, que fueron objeto de investigación en el mencionado proyecto. Estos tramos han sido estudiado en detalle; el primero consta de tres paquetes: filitas con niveles esporádicos de cuarcitas y tobas, ortoanfobolitas y filitas y cuarcitas tableadas en el techo. El segundo tramo, superior y más potente es de filitas con niveles de tobas granatíferas y dos bancos de cuarcitas (metacherts) correlacionables con el miembro cuarcítico, descrito anteriormente y diferenciado en la Hoja MAGNA de Azuaga (nº 878).

La deposición de estos niveles volcanosedimentarios se llevó a cabo sobre una plataforma tectónicamente activa situada en el borde de una cuenca con fuerte subsidencia, con abundancia en los materiales de estructuras de inyección. El

volcanismo asociado a la F. Azuaga es distal y de carácter bimodal, con tendencia evolutiva, en el tiempo, a términos ácidos.

En la Hoja MAGNA de la Cardenchosa (nº 900) han surgido dos nuevos datos a tener en cuenta. El primero es que probablemente la formación Azuaga sea discordante sobre la formación Albariza; y el segundo que se han encontrado icnofósiles que pueden atribuirse al Proterozoico.

Complejo Esquisto Grauvaquico (5)

Este nombre define una de las unidades más conflictivas del Macizo Hespérico y que agrupa una serie de materiales en gran parte azoicos, en general monótonos, situados estratigráficamente por debajo de la Cuarcita Armoricana. El término original "Complexo Xisto Grauwackico Anteordovícico" fué definido en Portugal por CARRINGTON DA COSTA (1950) (En SAN JOSE M. A. 1983). Esta unidad adquiere su máximo desarrollo en la Zona Centroibérica (Z.C.I.), habiéndolo sido estudiada en detalle en los Montes de Toledo, Zona Sur de Salamanca y las Hurdes.

Tradicionalmente el Complejo Esquisto-Grauváquico (C.E.G.) se atribuye a la Z.C.I., sin embargo, su repartición superficial por el borde suroriental de la Z.C.I. y en las partes orientales y nororientales de la Z.O.M. incide directamente sobre la problemática del límite entre ambas zonas, hoy todavía en discusión. El problema tiene un ingrediente complementario en la analogía de facies de la mencionada formación con la F. Azuaga (equivalente tectosedimentario de aquella en la Z.O.M.). En la presente síntesis, el C.E.G. y la F. Azuaga se han agrupado dentro del mismo ambiente tectosedimentario, hecho que tiene un precedente en la síntesis Geológico-Minera de Extremadura. (IGME, 1987).

Los materiales del C.E.G. que afloran en la zona de estudio pertenecen al Domo Extremeño, que prácticamente en su totalidad forman parte del Grupo Inferior del C.E.G. Se trata de una serie turbidítica compleja.

Complejo Volcanosedimentario Finiprecámbrico (7,8,9,11,12,13 y 14)

Bajo este encabezamiento se agrupan diversas formaciones finiprecámbricas que afloran extensamente en la Zona de Ossa Morena, y cuya característica común es el contener una participación volcánica muy importante.

Este complejo aflora prácticamente en todos los dominios de Ossa Morena, apareciendo de N a S en los dominios de Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina, Valencia de las Torres-Cerro Muriano, Sierra Albarrana, Zafra-Alanis, Olivenza-Monesterio y el Macizo de Aracena.

El Complejo Volcanosedimentario engloba una serie de formaciones; al Norte Formación Sotillo (DELGADO-QUESADA; 1971) que aflora en Valverde de Llerena, en el Río Sotillo, en la banda Llerena-Córdoba y en los alrededores de Granja de

Torrehermosa (SE de Badajoz). En la región de Córdoba, se ha denominado "Complejo Volcanosedimentario" (12 y 13) (LIÑAN, 1978) (En ZAMARREÑO I. 1983), correlacionable con la "Serie de Almodóvar del Río" (En HERRANZ P. 1983)(11). Este complejo, con una potencia de 4.000 - 5.000 m incluye parte del Cámbrico Inferior, en concreto la F. San Jerónimo (LIÑAN, 1978) (En ZAMARREÑO I. 1983) cuya potencia sobrepasa los 1.250 m. De acuerdo con el último autor esta formación está discordante sobre un tramo espilitico del Complejo y concordante con la F. Torreárboles suprayacente.

Más al sur dentro del Dominio Zafra-Alanís-Córdoba, en la zona limítrofe Badajoz-Sevilla, esta unidad fue descrita como la "Serie de Malcocinado"(7) (FRICKE, 1940) (En HERRANZ 1983), Loma del Aire (14) y Tramo del Encinarejo (MAGNA de Guadalcanal, N° 899). Más al Oeste de esta zona, en los Dominios de Olivenza-Monesterio y Elvas-Cumbres Mayores esta unidad ha recibido el nombre de Porfiroide de Bodonal (8) (BARD, 1969), (En HERRANZ P. 1983). Finalmente, en el Macizo de Aracena también afloran materiales de este tipo en la Unidad del "Anticlinal de Fuenteheridos" (9).

También en este sector aflora la formación Lora del Río (11), cuya característica es la presencia de un fuerte metamorfismo térmico que transforma la serie en una alternancia de esquistos y gneises. Por posición estratigráfica los autores correlacionan el protolito con las facies de la formación Torreárboles (10) por lo que debería incluirse en la descripción de las series del Cámbrico Inferior, aunque por su carácter fuertemente metamórfico se mantiene aquí.

A grandes rasgos los materiales que integran el complejo son básicamente rocas epiclásticas y sedimentarias volcanoderivadas con composiciones que oscilan de basaltos a riolitas pero con un amplio predominio de términos intermedios (andesíticos y dacíticos). Este volcanismo es básicamente submarino y texturalmente predominan ampliamente los materiales tobaceos sobre los lávicos. Geoquímicamente tiene un marcado carácter calcoalcalino. Los sedimentos acompañantes son marinos de naturaleza pelítica y carbonatada (de facies estromatolíticas).

Las relaciones con la Serie Negra (3) infrayacente son problemáticas debido a la profusión de nombres que esta serie ha recibido. Objetivamente, se ha constatado la existencia de una discordancia erosiva en gran parte del flanco sur del Anticlinorio de Olivenza-Monesterio (ENADIMSA-PRESUR, 1988). Esta discordancia, localizada a muro de los materiales volcano-sedimentarios, ha venido acompañada del desarrollo de conglomerados poligénicos, visibles al Sur de Cabeza la Vaca, en el Alto de la Butrera (Badajoz).

A continuación se ofrece un breve resumen de los rasgos propios de cada una de las formaciones descritas, o lo que es lo mismo, las variaciones que sufre este complejo según las diferentes zonas.

Los afloramientos más septentrionales son poco extensos y alguno de ellos escapa a la escala de la síntesis. En las hojas de Peñarroya-Pueblo Nuevo (879) y Espiel (880) afloran pequeñas manchas en los dominios de Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina y

Valencia de las Torres - Cerro Muriano, asimilables a la F. Malcocinado (7), y una serie de afloramientos alineados NO-SE, situados al N de Belmez-Espiel, pertenecientes al denominado Tramo del Encinarejo, (englobado en F. Malcocinado).

PEREZ LORENTE (1979) ha estudiado este complejo en la mitad oriental del dominio, estableciendo el tramo del Encinarejo como inferior, constituido por un paquete inferior de carácter turbidítico distal (carácter que basa en el tono oscuro y continuidad de los lechos pelíticos), encima del cual sitúa otro tramo de ortocuarcitas depositadas en régimen de plataforma. Encima el autor sitúa el tramo de Malcocinado, constituido por conglomerados de origen volcánico con cantos de origen mixto y probable composición andesítica. Este tramo, DELGADO-QUESADA (1971) lo engloba en la F. Sotillo y es correlacionable con la "Serie de Malcocinado" de FRICKE (1941) y con los afloramientos del N de Llerena próximos a Castuera y del Guadiato (PASCUAL, E., 1981) (En HERRANZ, 1983). Entre los conglomerados aparece un paquete de calizas de 3 m con restos de estructuras de estromatolitos que evidencian el carácter litoral del medio.

El tramo del Encinarejo aflora más al Sur, en el dominio de la Sierra Albarrana, al N de la Falla de Malcocinado (Guadalcanal), constituido por vulcanitas ácidas y básicas y materiales detríticos con estructuras que indican un medio somero muy energético. (MAGNA hoja de Guadalcanal, N° 899), dentro de una cuenca subsidente relacionada con una etapa de transgresión.

En el Dominio de Zafra-Alanís este complejo adquiere su máximo desarrollo, constituyendo dos anchas bandas limitadas por terrenos cámbricos. La más septentrional se extiende hacia el NO por las localidades de Córdoba-Guadalcanal-Valverde de Llerena y la más meridional de forma discontinua por las de Puebla de los Infantes-Fuente del Arco-Llerena-Fuente del Maestre.

PASCUAL, E. (1981) en el extremo oriental del dominio, divide el Complejo Volcanosedimentario en dos unidades, situadas encima de la F. de Almodóvar, (constituida por pizarras y cuarcitas). Estos son la F. del Raso del Conejo, serie espilita-queratófido con sedimentos intercalados y otra superior que englobaría la F. andesítica de S. Jerónimo y la F. Torreárboles (10). La unidad superior se describe más adelante, dentro de las series detríticas del Cámbrico inferior.

Siguiendo el dominio hacia el NO, en las proximidades de Guadalcanal, el Complejo Volcanosedimentario aflora en dos unidades contiguas, laminadas por las fallas de Malcocinado, Urbana y Guadalcanal. En la más septentrional las facies son de F. Malcocinado típica, de carácter andesítico dominante, con intercalaciones de calizas y conglomerados y una potencia de 2.000 - 2.500 m (MAGNA, Hoja de Guadalcanal, N° 899).

Hay que señalar que en Calzadilla de los Barros, dentro de los materiales de la formación Malcocinado aflora una potente acumulación de serpentinitas investigadas por su contenido de Cr.

La Unidad Loma del Aire (14), situada inmediatamente al Sur de la anterior, engloba

dos conjuntos, un inferior de volcanitas ácidas y básicas y otro superior de pizarras sericíticas con intercalaciones de mármoles y una potencia aparente de unos 1.000 m. De acuerdo con los autores del MAGNA mencionado, (Hoja 899) estos materiales se depositaron en una plataforma somera (estructuras de mallas de algas) y con materiales volcánicos de origen distal.

Los materiales pertenecientes a esta unidad penetran en la provincia de Badajoz, existiendo una banda principal que, de forma discontinua y con morfología irregular, va desde Fuente de Cantos hasta Puebla del Maestre. Al Sur de esta banda el complejo ocupa, de forma discontinua, gran parte de los flancos N y S del Anticlinorio de Olivenza-Monesterio. El Complejo Volcanosedimentario, en esta última zona, recibe los nombres de F. Malcocinado, F. Loma del Aire y Porfiroide de Bodonal, este último, en el flanco meridional de Anticlinorio de Olivenza-Monesterio, situándose las dos primeras formaciones en zonas más septentrionales.

La F. Loma del Aire (14) aflora también en las proximidades de Casas de Reina y, más al sur, en el flanco N. del Anticlinorio de Monesterio, en la banda Puebla de Maestre-Fuente de Cantos. Presenta grandes variaciones de facies no existiendo una serie tipo. Consiste en una potente sucesión de pizarras y metaarenitas con intercalaciones volcanoclásticas y niveles carbonatados que, en general, aumentan hacia el ESE. Las calizas tienen laminaciones sericíticas de origen cinerítico, apreciándose otras finas formadas por mallas de algas y niveles de oncolitos.

La F. Malcocinado (7) aflora en el borde N del Anticlinorio de Monesterio y en otra banda más septentrional, con facies típicas anteriormente descritas, y con potencias considerablemente inferiores a las de la zona oriental, estimables en unos 150 m por término medio. La litología dominante es a base de conglomerados poligénicos acompañados del típico volcanismo andesítico. Los conglomerados son correlacionables con el Conglomerado de Sotillo, que en Guadalcanal se encuentra hacia el techo de la formación. Sin embargo, en el extremo NO de la banda más septentrional (Hoja de Villafranca de los Barros nº 829) se sitúan en la mitad inferior de la unidad.

Los porfiroides de Bodonal-Cala (8) (ENRILE, H., 1971), se encuentran encima de la Serie Negra, en el flanco meridional del Anticlinorio Olivenza-Monesterio. Respecto a la naturaleza del contacto existen lugares en los que los diferentes autores mencionan la existencia de una discordancia angular, como son los afloramientos de Cerro Butrera (Hoja de Monesterio N° 897) y la Sierra de Juan Moreno (Hoja de Puebla del Maestre, N° 898).

Esta formación está compuesta por rocas volcanoclásticas en las que predominan tobas cristalinas de aspecto gneísico (porfiroides), tobas finas, cineritas y niveles de riolitas orbiculares. Intercalados con estos materiales, siguen apareciendo niveles carbonatados. Encima de esta unidad se sitúa discordante el Cámbrico Inferior carbonatado.

Uno de los estudios más detallados conocidos sobre esta unidad en la zona es el que se recoge en el informe de PRESUR-ADARO, sobre la "Investigación Minera en la Reserva La Monaguera" (1988). Este informe concluye con lo siguiente: "El Complejo Volcanosedimentario de Bodonal consiste en una serie volcanosedimentaria con términos

volcánicos y posibles subvolcánicos riolíticos con todas las granulometrías posibles, desde aglomerados hasta términos cineríticos y con materiales epiclásticos asociados". Debido a la intensa deformación tectónica, en este estudio no fue posible precisar la localización de los centros efusivos.

EGUILUZ (1987), mediante el análisis de seis muestras, estableció para estas volcanitas un quimismo hipersilíceo, peraluminico con alta proporción de álcalis, con predominio de K_2O , FeO significativo, y bajo contenido en calcio. Esta composición sugiere a este autor que se trata de un volcanismo calcoalcalino, ligado a límites de placa destructivos, alejados de posibles zonas de subducción, si bien el autor no precisa la situación de esos límites.

El Complejo Volcanosedimentario finiprecámbrico aflora también en el Macizo de Aracena en el "Anticlinal de Fuenteheridos" (9). Sobre esta unidad existe cartografía de detalle realizada por el ITGE (1980). A grandes rasgos consiste en una secuencia, de muro a techo, de: metavulcanitas ácidas, metacineritas, metabasitas de afinidad andesítica y mármoles.

En el Macizo de Aracena estos materiales están afectados por metamorfismo en facies de esquistos verdes. Sin embargo, al Sur estos materiales están afectados por metamorfismo regional con aumento del gradiente de temperatura, alcanzándose el llamado "Subdominio B" (BARD, 1969). En ENADIMSA-PRESUR (1988) facies de anfibolitas y granulitas). En este dominio los materiales que afloran son: gneises cuarzo-feldespáticos, gneises biotíticos y/o anfibólicos y/o piroxénicos, ortoanfibolitas, gneises grafitosos con cordierita, cuarcitas negras y mármoles con diópsido y/o forsterita.

Por último, la edad de este complejo, por criterios estratigráficos, estaría comprendida entre el Rifeense Superior (edad de la Serie Negra infrayacente) y el Vendiense. La única evidencia paleontológica conocida, correspondiente a la presencia de estromatolitos, oncolitos, y algas cianofíceas, contenidos en la F. Loma del Aire (14), sugiere para algunos autores una edad Rifeense (LIÑAN, M.; SCHMIDT, 1980) (En HERRANZ, 1983); aunque para otros autores la presencia de estas mismas asociaciones de organismos, junto con la amplia extensión que ocupan las facies carbonatadas indica la presencia del Cámbrico inferior. Por ello en la leyenda de la cartografía geológica dicha unidad se sitúa dentro de los materiales correspondientes a esa edad.

3.2.2.3.- DEPOSITOS RELACIONADOS CON FASE RIFTING

Dentro del esquema general propuesto en esta memoria, se plantea la existencia de una discontinuidad tectosedimentaria por encima de los depósitos orogénicos Cadomienses, de edad precámbrica. Esta discordancia ha sido observada directamente en diferentes lugares y deducida en otros, como se expondrá a lo largo de este apartado, estando en cualquier caso fundamentada en el cambio de régimen tectosedimentario, a lo largo de todo el Macizo Hespérico.

Sobre esta discordancia se sitúan una serie de materiales cuyo depósito, por sus características litológicas y sedimentológicas, estuvo asociado a un régimen distensivo, de fase "rifting". En líneas generales el final de la fase "rifting" se sitúa en el Cámbrico Medio-Superior, cuando se lleva a cabo el cambio de régimen tectosedimentario. (Fig. 3).

A continuación se describen sucintamente los depósitos cámbricos y ordovícicos relacionados con la fase rifting.

Cámbrico Inferior

Las series del Cámbrico Inferior se depositan en todo el Macizo Hespérico según la siguiente secuencia:

- Serie Detrítica Inferior (10)
- Serie Carbonatada (15, 16)
- Serie Detrítica Superior (17, 18, 19)

En la zona de Ossa Morena el depósito de estos materiales además, ha venido acompañada de emisiones volcánicas, que han constituido complejos volcánicos y volcanosedimentarios bimodales desde el Cámbrico Inferior al Cámbrico Medio-Superior.

Esta secuencia de materiales cámbricos ha sido puesta en evidencia por LOTZE en su trabajo de síntesis del Cámbrico de España (op. cit), si bien no con la misma distribución a lo largo de las diferentes zonas.

Serie detrítica inferior (10)

Esta serie aflora en todo el Macizo Hespérico presentando extensos y potentes afloramientos en las Z.O.M. y Z.A.O.L. (zonas de ossa-Morena y Astur-occidental leonesa) y escasas e incompletas en la Z.C.I.

En algunas zonas esta serie ha podido ser datada paleicnológicamente y en otras se le ha atribuido una edad Cámbrico Inferior por encontrarse debajo de un nivel carbonatado, bien datado con abundante fauna del Cámbrico Inferior - Medio (ZAMARREÑO, 1983).

En líneas generales la serie detrítica inferior es una serie terrígena depositada en un medio marino somero, constituida por una alternancia de pizarras, areniscas, grauvacas y cuarcitas, si bien en cada zona conserva características propias. En cuanto a sus relaciones estratigráficas con los materiales infrayacentes este contacto siempre está representado por una discordancia, más o menos conspicua según las zonas. Por otra parte esta unidad se caracteriza por los bruscos cambios laterales de facies, lo que ha originado una subdivisión en formaciones, ocasionalmente difíciles de correlacionar en las diferentes zonas (ZAMARREÑO, 1983).

En la Z.O.M. la serie detrítica inferior, aunque localmente esté ausente, adquiere una extensión regional, apoyándose de forma discordante sobre los materiales volcanosedimentarios finiprecámbricos característicos de esta zona, lo que supone un cambio importante en las condiciones de sedimentación.

La serie detrítica inferior no ha aportado fauna, pero por su posición estratigráfica y por su contenido paleicnológico ha sido atribuida al Cámbrico Inferior o, en la Sierra de Córdoba, al tránsito Precámbrico-Cámbrico: (por lo que se ha incluido en la leyenda de la cartografía geológica dentro de las unidades finiprecámbricas). En esta última zona recibe el nombre de Formación Torreárboles, concordante sobre la F. San Jerónimo, donde se sitúa dicho tránsito Precámbrico-Cámbrico (LIÑAN, 1978). Más al SO esta formación aflora principalmente a ambos lados del anticlinorio de Olivenza - Monesterio.

Esta serie ha sido dividida en dos miembros (LIÑAN et al, 1981) (En ZAMARREÑO, 1983). Un Miembro Inferior constituido por una sucesión de materiales areniscosos (entre metagrauvas y metarcosas) con un metamorfismo regional de grado muy bajo. De forma gradual se pasa al Miembro Superior constituido por una alternancia de pizarras y areniscas, situándose a techo la serie carbonatada.

El medio de depósito de los materiales de la serie va evolucionando desde más somero en la base a más profundo a techo, dentro siempre de un ambiente sublitoral con aguas oxigenadas y sedimentación lenta. (ENADIMSA-PRESUR, 1988).

En relación con el fenómeno rifting, hacia el techo de la serie se producen emisiones volcánicas andesíticas y básicas.

Serie Carbonatada (15 y 16)

Se caracteriza por su aparente homogeneidad dentro del Macizo Hespérico, constituyendo un nivel guía, bastante útil como elemento de correlación.

La deposición de los materiales de esta unidad, se inicia con una etapa transgresiva en la que se deposita una serie tipo, básicamente constituida por calizas y dolomías masivas con niveles terrígenos intercalados. Prácticamente en todas las zonas, se han encontrado estructuras de montículos arrecifales de algas y arqueociátidos, propias de biohermos de plataforma somera.

Esta unidad, se deposita concordantemente sobre la serie detrítica Inferior durante el Cámbrico Inferior.

En la Z.O.M. la serie aflora en ambos flancos del Antiforme de Olivenza-Monesterio, en el Macizo de Aracena y al norte y oeste de Córdoba, recibiendo localmente diversas denominaciones: Calizas de Alconera (GONZALO y TARIN, 1879; MELENDEZ, 1941; BARD, 1964), Calizas de Sierra (SUHR, 1969) Calizas del Agua (FRICKE, 1952), Calizas de Cañuelo (SCHNEIDER, 1952), Formación Pedroche (LIÑAN, 1974) (En ZAMARREÑO, 1983).

La serie está constituida por calizas nodulosas oolíticas y dolomías, en alternancia con materiales terrígenos a base de areniscas y lutitas (LIÑAN, 1971; y PEREJON, 1981) en (ZAMARREÑO, 1983) y biohermos de grandes dimensiones. Estos últimos están formados por algas y arqueociátidos que han sido estudiados en detalle recientemente por MORENO-EIRIS (1988) en el sector de Alconera, el Arroyo de Pedroche y Cerro de las Ermitas, donde esta serie ha sido datada como Cámbrico Inferior.

La potencia de la serie en esta área varía entre 250 m y 900 m según zonas y amplitud vertical atribuida, ya que en ocasiones se han incluido en esta serie términos de las series detríticas supra y/o infrayacentes (ENADIMSA-PRESUR, 1988).

Estudios detallados de la formación carbonatada y de su fauna han sido llevados a cabo por LIÑAN (1974, 1978 A), LIÑAN y PEREJON (1981) (E.ZAMARREÑO, 1983) y MORENO-EIRIS (1988) en los sectores anteriormente mencionados.

En el sector del Macizo de Aracena el alto metamorfismo térmico dificulta la correlación de facies por lo que en la cartografía no se ha diferenciado las facies carbonatadas. Además presenta un contenido en sulfuros que la definen como un metalotecto regional de gran interés.

Serie Detrítica Superior (17,18 y 19)

A techo de la serie carbonatada y concordante con ella se sitúan una serie de materiales terrígenos entre los que se intercalan niveles volcánicos de carácter bimodal, con desarrollo horizontal y vertical desigual según las zonas, máximo en la mitad meridional de la zona de Ossa Morena (Espilitas de Umbria - Pipeta).

El depósito de la serie detrítica superior en la Z.O.M. culmina con la emisión de una serie de materiales volcánicos en relación con el fenómeno de rifting. Encima de estos materiales en esta zona, se depositan discordantemente otros del Ordovícico Inferior (Tremadoc y/o Arenig) en un régimen ya de margen pasivo (ZAMARREÑO, 1982 en ZAMARREÑO, 1983; JULIVERT y TRUYOLS, 1982 en op.cit.).

La edad y potencia de la serie varían espacialmente, de acuerdo con la posición tectosedimentaria que los materiales ocupaban dentro de la cuenca de sedimentación. Globalmente, el depósito tiene siempre un carácter litoral, correspondiente a una plataforma somera.

En términos generales la serie sufre importantes cambios laterales de facies recibiendo diferentes nombres según su carácter litológico.

En la Z.O.M. la Serie Detrítica Superior (17), al igual que el resto de los materiales cámbricos, aflora a ambos lados del Anticlinorio de Olivenza - Monesterio y en el Macizo de Aracena.

La serie está caracterizada por una sucesión terrígena de pizarras, arcosas, areniscas y cuarcitas con importantes aportes volcánicos con variaciones locales y cambios laterales

de facies progresivos.

Se han establecido diferentes divisiones de esta unidad en función de la zona de estudio (SCHNEIDER, 1941; SUHR, 1969; LIÑAN, 1978 a; ASSMANN, 1959; BARD, 1969; APALATEGUI, 1980) en (ZAMARREÑO, 1983). Exceptuando la presencia o ausencia de algún nivel determinado, en general son muy semejantes. La potencia de la serie oscila entre 1.000 y 2.000 m en función de la presencia o no de la F. Fatuquedo.

En el flanco septentrional del Anticlinorio de Monesterio la serie adquiere su mayor desarrollo en una banda de dirección NO-SE, que va desde la hoja de Fuente de Cantos hasta el límite oriental de la hoja de Puebla del Maestre. Esta potente serie ha sido denominada "Capas de Benalija". Sin embargo, FRICKE (1940) denominó Capas de Benalija a un nivel de unos 20 m que representa la transición gradual de las calizas a los términos detríticos superiores.

La sucesión en esa zona está constituida por unas pizarras de color gris-verdoso seguidas de varios metros de niveles de pizarras violáceas, amarillas y verdosas, entre los que se intercalan areniscas finas y niveles margosos más o menos lentejonares. El techo se caracteriza por el progresivo aumento de la granulometría llegando a ser una sucesión de areniscas y cuarcitas. En general presenta una esquistosidad poco penetrativa, sólo manifiesta en los niveles pelíticos, y ningún metamorfismo apreciable.

Las Capas de Benalija han proporcionado una abundante fauna fósil de trilobites y arqueociátidos, lo que ha permitido datarlas como Marianense e incluso diferenciar partes de este piso.

En el flanco meridional del anticlinorio es donde esta serie está más desarrollada. El contacto sobre la formación carbonatada es normal, realizándose por medio de unos niveles de escasos metros de potencia de calizas con nódulos pizarrosos, que en seguida pasan a pizarras con nódulos carbonatados. Sobre ellas se depositan los tramos detríticos, que en este sector han dado lugar a la diferenciación de las siguientes formaciones:

- Alternancia de Cumbres
- Formación detrítica de Jerez
- Vulcanitas de la Valera (18)
- Pizarras de Herrerías
- Pizarras laminadas con bioturbaciones

En casi todas ellas hay manifestaciones volcanosedimentarias en forma de paquetes de tobas más o menos groseras, distinguiéndose tres sectores en los que el episodio volcánico ha tenido mayor importancia; al NO de la Hoja de Jerez de los Caballeros y de Burguillos del Cerro (Formación detrítica de Jerez), en la Hoja de Higuera al O de Bodonal (Vulcanitas de la Valera) (18) y al S. de la Hoja de Monesterio y N de Santa Olalla de Cala. En esta última zona afloran los denominados "Pórfidos Riolílicos de Cala" con carácter subvolcánico (localmente chimeneas).

La estratigrafía de las series del Cámbrico Inferior detríticas y suprayacentes a las

calizas no está bien definida por lo que en esta síntesis se han agrupado en tres grandes tramos (17, 18 y 19).

Finalmente, respecto al volcanismo terminal relacionado con la serie detrítica superior, brevemente mencionar que fue definido por SCHENEIDER (1941) (En Libro Jubilar de J.M. Ríos, 1983) como "las rocas verdes de Umbria-Pipeta", en el flanco sur del Anticlinorio de Monesterio, en la zona de Cala. Allí aflora una potente serie de coladas espilíticas con intercalaciones de tobas cuarzoqueratofídicas y pizarras. Al Sur de la Hoja 1:50.000 de Higuera la Real (nº 896) esta formación adquiere gran desarrollo, con la aparición de niveles de basaltos de hasta 20 m de espesor y abundantes sills diabásicos.

En el flanco septentrional del Anticlinorio de Monesterio existe un volcanismo bimodal correlacionable con el descrito anteriormente, que ha sido datado como Cámbrico medio (LIÑAN y PEREJON, 1981) (En ZAMARREÑO, 1983).

Respecto al carácter del medio de deposición, la sedimentación comienza en un medio de plataforma somera con una alternancia de períodos transgresivos y regresivos, seguida en el Cámbrico Medio de intensa actividad volcánica. Al final del Cámbrico Medio o comienzos del Superior, la sedimentación en la cuenca tiene lugar en un ambiente de abanicos distales de talud o de un frente distal deltaico, (Hoja 874 Oliva de la Frontera).

La edad de esta serie ha sido establecida por criterios paleontológicos o bien por correlación con otras series bien datadas. En conjunto se extiende desde el Cámbrico Inferior (Marianense) al Cámbrico Superior-Ordovícico Inferior, correspondiendo esta última edad a los materiales de la F. Fatuquedo (20) (ENADIMSA-PRESUR, 1988).

Cámbrico Medio Superior

Formación Fatuquedo (20)

Aflora con gran extensión en el sinclinorio de Barrancos - Hinojales y en las zonas de Oliva de la Frontera-Jerez de los Caballeros sobre las Espilitas de Umbria-Pipeta. El contacto es concordante y gradual y se lleva a efecto mediante la intercalación de esquistos en las espilitas, progresivamente más abundantes.

Litológicamente es una serie detrítica monótona con aumento de granulometría hacia el techo, frecuentemente bioturbada y con frecuentes granclasificaciones, laminaciones cruzadas y estructuras en herring-bone. Siguen apareciendo intercalaciones volcánicas ácidas y básicas y hacia el techo son abundantes las pasadas conglomeráticas.

El techo de esta formación no está bien definido por estar parcialmente recubierta por el "Flysch de Terena" en discordancia angular y erosiva. No obstante, en la Hoja de Santa Olalla de Cala (nº 918), sobre esta formación, en la Unidad Herrerías - Sierra del Alamo, aparecen unos conglomerados atribuidos al Ordovícico que podrían

constituir el techo.

Respecto al medio de depósito, los autores de la Hoja MAGNA de Oliva de la Frontera (nº 874) lo interpretan como un frente distal deltaico o una zona distal de abanicos turbidíticos. Estos depósitos serían el resultado de una sedimentación en abanicos submarinos alimentados por canales muy activos (niveles arcósicos).

Los mismos autores anteriormente mencionados calculan una potencia de 1.400 m para esta unidad. En cuanto a la edad, a pesar de la incertidumbre que implica el no haber encontrado fauna, la establecen en el Cámbrico Medio-Superior. Por otra parte, en la región de Barrancos estos materiales aparecen debajo de los "Xistos de Barrancos" cuyos tramos superiores han proporcionado fauna del Ordovícico Medio.

Cambro - Ordovícico

La fase "rifting", a favor de la cual se abren dos cuencas en el Macizo Hespérico con una neta asimetría respecto al grado de subsidencia e intensidad del volcanismo acompañante, debió alcanzar su climax en algún momento del Cámbrico Medio en la cuenca meridional (Z.O.M.).

El cambio de régimen tectosedimentario que marca el final de la fase "rifting" está bien definido en la Z.O.M. septentrional. Sin embargo en la Z.O.M. meridional no está tan claro. En el Dominio de Barrancos este cambio podría estar reflejado en la deposición de la F. de Barrancos (25) (DELGADO, 1908) (En JULIVERT Y TRUYOLS, 1983) que se encuentra en discordancia cartográfica con el Cámbrico Inferior, con presencia local de un conglomerado en la base. Esta formación se describe por estas razones dentro de los depósitos correspondientes a margen pasivo.

Formación de El Cubito (27)

En el Macizo de Aracena, BARD (1969) sitúa sobre el nivel volcánico-sedimentario con el que culmina la serie precámbrica una formación que denomina Serie de El Cubito que de forma anómala, abarcaría en edad desde el Cámbrico Inferior (Marianense) hasta el Silúrico (inclusive). Se trata de una formación constituida por una alternancia de filitas, cuarzofilitas, metabasitas y metavulcanitas ácidas.

APALATEGUI (1980) considera que el Cubito no constituye una unidad estratigráfica propiamente dicha, sino una banda con una deformación especial (posiblemente una zona de cizalla), en la que están implicados materiales de diferente edad y posición tectosedimentaria (ZAMARREÑO, 1982 en op.cit.)

Durante la investigación de la Reserva estatal La Monaguera (ENADIMSA-PRESUR, 1987 y 1988), se realizaron observaciones sobre esta serie, alcanzándose la conclusión de que está compuesta por materiales muy tectonizados, de naturaleza análoga a los de la F. Barrancos (Ordovícico Inferior - Medio).

3.2.2.4.- DEPOSITOS RELACIONADOS CON MARGEN PASIVO

A continuación de la fase rifting se establece un régimen de margen pasivo que, como ya se ha mencionado, en la Z.O.M. septentrional comienza en el Ordovícico Inferior.

Ordovícico Inferior (22, 23, 25, 26)

En términos generales los materiales depositados en régimen pasivo en la parte septentrional de la Z.O.M. y Z.C.I. durante el Ordovícico Inferior son transgresivos sobre su substrato y, frecuentemente, constituyen barras litorales. La sedimentación se hace más distal y profunda en el transcurso del Ordovícico Medio-Superior.

En la Z.O.M. el Ordovícico, en general, se caracteriza por la escasez de datos, lo que impide ofrecer una visión de conjunto de la estratigrafía y paleogeografía de ese piso.

De acuerdo con GARCIA DE FIGUEROLA et al, (1975) (En ENADIMSA PRESUR, 1988) las áreas en las que afloran materiales ordovícicos son las siguientes:

- a) En relación con el Dominio (sinclinorio) de Barrancos - Hinojales.
- b) En una pequeña franja desde el Embalse del Pintado (Hoja de Almadén de la Plata n° 919) a Cazalla de la Sierra y la Puebla de los Infantes.
- c) En la parte septentrional de la Z.O.M., en Hornachuelos y el Valle de la Serena.

En la zona meridional de la Z.O.M., el cambio de régimen tecto sedimentario que caracteriza a los depósitos del Ordovícico Inferior en la parte septentrional y en la Z.C.I., no aparece tan claramente definido como en estas zonas. El primer cambio significativo viene definido en el Dominio de Barrancos por la deposición de la F. de Barrancos (DELGADO, 1908) discordante sobre el Cámbrico Inferior. Esta discordancia ha sido definida cartográficamente y por un conglomerado localmente situado en la base. La incertidumbre existente respecto a la edad de esta formación ha determinado que se describa posteriormente, junto con los depósitos del Ordovícico Medio-Superior.

En el Ordovícico del sector de El Pintado - Cazalla de la Sierra existen pocos afloramientos y de pequeñas dimensiones. SIMON (1954) en (JULIVERT y TRUYOLS, 1983) en uno de ellos, situado al Oeste de Cazalla de la Sierra, levantó una serie con apoyo paleontológico, en la que diferenció un posible Arenig encima del cual reposaban un posible Llarvin - Llandeilo (pizarras verdes), el Caradoc (tramo calizo) y el Ashgill (pizarras oscuras con niveles de cuarcitas y micro conglomerados). Este tramo se ha diferenciado en esta síntesis (26).

Al Sur del Anticlinorio Olivenza - Monesterio los materiales supuestamente ordovícicos afloran en la Unidad de Terena (estructura sinclinal). Son materiales que presentan grandes variaciones de potencia, hay una ausencia casi total de faunas y no se

reconocen los niveles guía característicos de Macizo Ibérico, fundamentalmente las cuarcitas del Arenig.

En la parte septentrional de Ossa Morena el Ordovícico, como ya se ha mencionado, tiene características litoestratigráficas análogas al de la parte sur de la zona Centro Ibérica. Por este motivo sus facies se describen a continuación junto con los de la Z.C.I.

La serie general comienza con un nivel detrítico de arcosas, conglomerados, pizarras y cuarcitas con variaciones litológicas y de espesor según las zonas.

En la Zona de Ossa Morena septentrional se ha señalado su presencia en las Hojas MAGNA 830 (Hormachos) y 874 (Oliva de la Frontera) y su datación está todavía en discusión.

En la Z.C.I. el Tremadoc (22) ha sido correlacionado con las siguientes formaciones: "Capas de Transición de LOTZE (1956) (aunque el autor las consideró del Cámbrico Inferior); "Formación de Base de TAMAIN (1972); Serie Púrpura, de MORENO (1976) (En JULIVERT y TRUYOLS, 1983); "Schistes Rouges", de BOUYX (1970) "Serie Garvin" de VEGAS (1971) (en JULIVERT y TRUYOLS, 1983) en cuya base están los conglomerados de Carrascalejo (aunque el autor lo consideró del Cámbrico Superior). Estos materiales afloran en gran parte de la Z.C.I. con gran desarrollo en la parte central y Montes de Toledo.

El Tremadoc en esta zona consiste, básicamente, en una alternancia de conglomerados, microconglomerados, areniscas, cuarcitas, limolitas y pizarras. Suelen reconocerse dos unidades, una basal de marcado carácter arenoso, con conglomerados basales y no estrictamente basales (Hoja 1:50.000 de Puebla de D. Rodrigo nº 757), y otra superior pizarrosa. La potencia total de este nivel varía de 0 a unos 800 m.

Las relaciones del Tremadoc con el Arenig localmente son problemáticas ya que en algunos casos no están claros los límites entre ambas unidades.

El conjunto de los materiales pertenecientes a esta unidad representa una sedimentación clástica marina costera con influencia fluvial sobre todo en los tramos inferiores. PORTERO y DABRIO (1988) reconocen facies fluviomarinas y relacionan su deposición con una transgresión sobre un paleorelieve irregular. En las Hojas MAGNA de la zona se reconocen: facies proximales con influencia continental en una zona de llanura costera fluvio-marina; facies de barra; depósitos de plataforma, situados por debajo del nivel de base del oleaje de tempestad; depósitos inducidos por tempestad y otros con flujos de densidad análogos a los turbidíticos.

Arenig (23)

Se caracteriza por su homogeneidad y continuidad a lo largo de todo el Macizo Hespérico por lo que constituye un excelente nivel guía.

Sus materiales se depositan bien concordantemente sobre el Tremadoc o discordantes sobre el Cámbrico.

En la Z.O.M. y en la Z.C.I. la serie ordovícica aflora generalmente incompleta. Como ya se anticipó anteriormente, en el sector meridional de la Z.O.M. el Arenig aflora en dos zonas, Cazalla de la Sierra - Puebla de los Infantes y Sur del Anticlinorio de Olivenza - Monesterio. Los materiales en esta zona ya han sido descritos y simplemente conviene resaltar la incertidumbre respecto a su edad, debido a la ausencia de fauna.

En el resto de la Z.O.M. y en la Z.C.I. se reconocen dos tramos; uno basal, en el que alternan bancos conglomeráticos discontinuos con otros de areniscas y lutitas y otro superior de cuarcitas blancas, más o menos potentes, (que engloba las facies más típicas del Ordovícico), encima del cual se distingue un conjunto de pizarras y cuarcitas alternantes.

Ordovícico Medio - Superior (25, 24)

En la Z.O.M. se ha adscrito a esta edad la F. Barrancos (25), lo cual es discutible como se verá con posterioridad.

La F. Barrancos (DELGADO, 1908) aflora en el sinclinorio de Barrancos en la parte meridional de la Z.O.M. Esta formación consiste de un paquete de unos 150 - 200 m constituido fundamentalmente por pizarras verdosas, con un conglomerado basal que lateralmente pasa a niveles de areniscas con abundantes nódulos de óxido de hierro y manganeso.

Como ya se ha mencionado, esta unidad se dispone en discordancia cartográfica sobre el Cámbrico Inferior y el conglomerado basal ha sido interpretado (Hoja MAGNA de Oliva de la Frontera nº 874) como producto del régimen transgresivo que desemboca en un ambiente marino profundo, ligado posiblemente a áreas de talud. Las intercalaciones arenosas se interpretan como el resultado del aumento de energía y/o regresiones esporádicas que al techo desembocan en la instalación de un medio somero, producto de una etapa regresiva generalizada.

Este conjunto ha sido datado a principio de siglo por DELGADO (1908) en Barrancos por la presencia de graptolites, como Ordovícico Inferior y posible Medio. PERDIGAO, (1967 a) (En JULIVERT y TRUYOLS, 1983) encontró fauna que indica la parte alta del Arenig. Según este autor por encima de estos niveles de pizarras se alcanza una edad Caradoc.

En tránsito gradual sobre la F. Barrancos se sitúa la F. Sierra Colorada, una unidad azoica, arenosa, generalmente grauváquica, datada como Ordovícico Superior-Silúrico, cuya potencia no excede el centenar de metros.

En la Z.C.I. se han agrupado bajo la edad Ordovícico Medio-Superior una serie de materiales situados encima del Arenig aunque no siempre está clara esta posición relativa (24).

La serie general globalmente consiste en una alternancia de pizarras (localmente negras y piritosas), grauvacas, cuarcitas y en menor proporción calizas y dolomías. La potencia total varía de unos 750 m a 1.250 m.

Silúrico (28, 29)

El Silúrico, al contrario de lo que sucede en el Ordovícico, tiene un desarrollo vertical y superficial bastante más reducido, aun que su repartición parece bastante uniforme. Esta uniformidad parece indicar que los movimientos que condujeron a la compartimentación de la cuenca en tiempos anteriores al Silúrico terminaron antes de iniciarse este último período (TRUYOLS y JULIVERT, 1983).

La datación precisa de los materiales de este período ha podido ser llevada a término gracias a los abundantes hallazgos de Graptolites en las ampelitas, que constituyen parte importante de los materiales silúricos. Por otra parte la presencia de Conodontos en los términos calcáreos, intercalados en la serie, ha aportado una mayor precisión en su datación.

El límite Ordovícico - Silúrico ha planteado tradicionalmente problemas al no haberse encontrado buenos marcadores cronoestratigráficos asociados al mismo, o ser muy escasos. No obstante en gran parte del Macizo Hespérico este contacto se lleva a cabo mediante una laguna estratigráfica cuya magnitud varia según las zonas. Sin embargo en buena parte de las zonas de Ossa Morena el contacto es concordante, apareciendo la secuencia ordovícica completa.

La sucesión silúrica es bastante análoga en toda la Z.O.M. con predominio de las pizarras negras con graptolites entre los que se intercalan niveles subordinados de cuarcitas y cherts.

El Silúrico en la Z.O.M. presenta una sucesión globalmente bastante completa y que comienza con el Llandoverly. Aflora principalmente en dos zonas: una meridional, al sur del Antiforme de Olivenza-Monesterio, en el Sinclinal de Barrancos, a lo largo de una franja que va desde Ponte de Sor, en Portugal, hasta Almadén de la Plata y otra, en la parte septentrional, que aflora entre el Batolito de los Pedroches y la alineación Portoalegre-Badajoz-Córdoba, a lo largo de otra banda que va de Portoalegre hasta cerca de Peñarroya. Con menor extensión también aflora, en una zona intermedia a los dos mencionadas, en los pequeños sinclinales situados en las proximidades de Cazalla de la Sierra y Constantina.

La serie mejor conocida desde ambos puntos de vista, litoestratigráfico y bioestratigráfico, aflora a lo largo del sinclinal de Barrancos. Se trata de una serie especialmente rica en niveles fosilíferos del Llandoverly Medio y Superior, estando también representados el resto de los niveles hasta el Ludlow, aunque este último está mejor representado en Cazalla de la Sierra, donde fué estudiado por JAEGER y ROBARDET (1979) (En JULIVERT y TRUYOLS, 1983). La serie esta coronada por un episodio calcáreo con fauna del Ludlow Superior.

En la Z.C.I. el Silúrico (28) posee relativamente poca extensión superficial, ocupando el núcleo de los distintos sinclinales que se suceden entre el antiforme del Olló de Sapo al N y el Batolito de los Pedroches al S.

La sucesión más completa de la serie se encuentra en el Sinclinal de Almadén y en líneas generales es semejante a las del resto del Macizo.

Silúrico - Devónico (29)

En la parte Noroccidental de la zona de Ossa Morena afloran una serie de materiales, fundamentalmente ampelitas, liditas, pizarras, areniscas y calizas agrupados bajo la edad Silúrico-Devónico por problemas de datación. El problema consiste en que en las Hojas de Villanueva del Fresno (nº 852) y Rabito (nº 851) el paso Silúrico-Devónico no aparece bien definido quizá por imprecisiones cartográficas o por la monotonía de los materiales situados a muro y techo de la supuesta discordancia. Sin embargo este paso aparece bien definido en la Hoja de Oliva de la Frontera (nº 874) con su correspondiente discordancia.

Devónico (29, 35, 37)

En la Z.O.M., al S. del Anticlinorio o Alineación de Portoalegre-Badajoz-Córdoba, existen afloramientos devónicos de cierta entidad. Sin embargo no se tiene constancia de la existencia de cortes detallados, con buenas dataciones, por lo que el conjunto es todavía bastante desconocido. Los afloramientos más importantes se localizan a lo largo del Sinclinal de Barrancos-Hinojales, aunque hay otros, de menor envergadura, en el flanco septentrional del Anticlinorio de Olivenza-Monesterio, en los alrededores de Cazalla de la Sierra y Constantina-Puebla de los Infantes.

Dentro del dominio de Olivenza-Monesterio la sucesión atribuida al Devónico Inferior está constituida por pizarras nodulosas, encima de las cuales existen areniscas ferruginosas y pizarras. Las primeras han sido datadas como Gedienses (PERDIGAO, 1972-1973 b) en (JULIVERT, TRUYOLS y VERGES, 1983); las areniscas y pizarras contienen trilobites y braquiópodos del Devónico Inferior.

El Devónico medio no está bien definido en Ossa Morena, habiéndose citado en diferentes Hojas MAGNA la presencia de una discordancia entre el Devónico Inferior y el Superior. No obstante, VAN DEN BOOGAARD (1972) en (JULIVERT, TRUYOLS y VERGES, 1983) cita la existencia en la zona de Barrancos de conodontos de edad Couviniense. Del Devónico Superior no se conocen faunas en esta zona y los materiales atribuidos a esta edad forman ya parte del ciclo hercínico y ha sido agrupados dentro de las series flyschoides.

En la Z.C.I. la Serie del Devónico Inferior-Medio (35) comienza con un buen nivel guía, La "Cuarcita de Base", (ALMELA et al., 1962) (en JULIVERT, TRUYOLS y VERGES, 1983). Los materiales situados por debajo de este nivel se incorporan al Silúrico debido a la dificultad de precisar el límite, dentro de una serie potente y

monótona sin fósiles guía.

La Cuarcita de Base, cuya potencia fluctúa entre 20 y 80 m, ha sido interpretada como una barra o complejo de barras litorales (VERGES, 1984). Su edad es Siegeniense Superior-base del Emsiense superior (VERGES, 1984).

Sobre la Cuarcita de Base yace una secuencia de pizarras, areniscas y calizas de unos 60 m, atribuible al Siegeniense Superior-Ensiense Inferior. Corresponde al paso gradual de facies de cuenca y talud a los bordes de una plataforma carbonatada, con aportes siliciclásticos (plataforma mixta). Encima reposa un paquete de 2-5 m. de potencia (Cuarcita de Rivas) de edad Emsiense e interpretado como materiales introducidos en la plataforma por acción de tempestades. La serie continúa con pizarras, areniscas y calizas hasta el Frasnense, existiendo una laguna, que abarca el Devónico Medio (desde el Emsiense más alto hasta el Givetiense). Los materiales situados por encima (Devónico Superior (37)) de la laguna constituyen una megasecuencia regresiva de facies de talud a plataforma, reconociéndose sedimentos cada vez más proximales hacia el techo.

3.2.2.5.- DEPOSITOS SINOROGENICOS HERCINICOS

Bajo este encabezamiento se agrupa una serie de materiales fundamentalmente depositados en una etapa flysch dentro de un régimen orogénico hercínico.

Devónico-Carbonífero. Formación Terena (36)

Consiste en una secuencia flyschoides, atribuida al Devónico Superior-Carbonífero, que aflora en la zona de Ossa Morena en el núcleo del Sinclinatorio de Barrancos-Hinojales. Esta unidad se apoya sobre la F. de Barrancos y del Cubito; conjunto Cámbrico-Ordovícico-Silúrico al que se atribuyó, en principio, una edad Devónico Inferior. TEIXEIRA (1951) (en JULIVERT, TRUYOLS y VERGES, 1983) encontró flora que atribuyó al Devónico Inferior. Sin embargo, PEEFFERKORN (1968) (En JULIVERT, TRUYOLS y VERGES, 1983) atribuyó a esta formación una edad Devónico Superior, opinión apoyada por PERDIGAO (1972). Otro hecho que apoya esta edad es el que, al sur de Santa Olalla de Cala, esta formación se encuentra bajo materiales de edad Tournasiense y encima de otros del Devónico Medio (F. Russiana), tal como se menciona en la memoria que acompaña al Mapa Geológico Minero de Extremadura (1987).

Por otra parte, ASSMANN (1959) (en JULIVERT, TRUYOLS y VERGES, 1983) y SCHERMERHORN (1971) (En el Libro Jubilar de J.M. Ríos, 1983) sitúan esta formación en la base del Carbonífero por la presencia de un conglomerado de base y, por analogía litológica con el Culm. GUTIERREZ ELORZA (1970) (En JULIVERT, TRUYOLS y VERGES, 1983). Sin embargo apoya la idea de que los materiales de esta formación que afloran en la región de Encinasola pertenecen al Devónico Inferior por estar debajo de niveles pizarrosos datados por SCHNEIDER (1952, en op.cit.) como

Emsiense, por la presencia de braquiópodos.

En la zona de Aracena y Cala encima de esta serie se menciona la presencia de calizas arrecifales y un complejo efusivo submarino básico.

Esta formación aflora en dos bandas orientadas NO-SE, de acuerdo con las directrices regionales definidas por el Sinclinorio de Barrancos-Hinojales. La más septentrional está limitada por dos fallas longitudinales. Consiste en una serie mayoritariamente turbidítica, con depósitos de "debris-flow" y olistolitos intercalados, a los que se incorporaron fragmentos de materiales de la cuenca (Cámbricos a Silúricos) con evidencias de deformación. En la hoja 1/50.000 de Higuera de la Real (nº 896), al S de Cumbres de San Bartolomé, en la Sierra del Alamo, es evidente la discordancia de estos materiales sobre el Cámbrico del flanco S del Anticlinorio de Monesterio. En esta zona aflora un conglomerado poligénico de hasta 700 m de potencia, que pasa lateralmente y hacia el techo a pizarras y grauvacas, de carácter turbidítico. En esta zona concreta tradicionalmente se ha atribuido una edad Ordovícica a estos materiales (BARD, 1966) GUTIERREZ ELORZA, 1970), aparentemente solo por el hecho de encontrarse sobre el Cámbrico.

Carbonífero

Flysch Sinorogénicos (33, 36, 38, 39, 40, 41)

Bajo la denominación de "Culm" se han englobado una serie de materiales pertenecientes al Carbonífero depositados bajo el régimen orogénico hercínico, de cuyos movimientos más precoces se podría tener evidencias a partir del Devónico Superior, como ya se ha explicado con anterioridad.

La bibliografía sobre estas facies es sumamente profusa, por lo que ha parecido oportuno utilizar un estudio base de carácter general en la elaboración de esta memoria. "El Carbonífero de Sierra Morena" (QUESADA, 1983) del que a continuación se ofrece un breve resumen.

En la zona los materiales del Carbonífero Inferior se conocen principalmente en una banda que limita el borde sur del Batolito de Los Pedroches. Más al sur existe una serie de cuencas de menor entidad, que de NE a SO, son las siguientes: Guadalbarbo, Guadiato, Benajafe-Matachel, Valdeinfierno, Berlanga, Casas de Reina, Bienvenida y Los Santos de Maimona. Todas ellas contienen sedimentos de origen marino, excepto la cuenca continental de Valdeinfierno.

Los rasgos más significativos comunes a todas estas cuencas son la disposición en discordancia angular de los tramos inferiores sobre el substrato y las variadas litofacies existentes, acompañadas de un magmatismo bimodal, tanto volcánico como plutónico, que localmente (Alineación Magmática Villaviciosa-La Coronada) separa un área de lagoon (Cuenca de Benajafe) de una plataforma somera (Cuenca del Guadiato). Otra alineación magmática más septentrional, la de Varas-Guadalbarbo, separa, a su vez, las

facies más someras de plataforma de la Cuenca del Guadiato, de las facies Culm de Los Pedroches, interpretadas (en su tramo superior) como de abanicos submarinos profundos (PEREZ LORENTE, 1979), aunque trabajos recientes aportan evidencias de sedimentación en ambientes relativamente someros (plataforma dominada por tormentas). La cuenca de Valdeinfierno está desconectada paleogeográficamente del resto y su rasgo característico es la profusión de brechas tipo "debris flow".

En términos generales las potencias son variables, llegando en algunos casos a los 1.000 m (Cuenca de Valdeinfierno).

La edad de los materiales pertenecientes a estas cuencas oscila del Tournasiense Superior (Benajárfate) al Namuriense Inferior (Guadiato).

Depositos Molasicos (42)

Dentro del área de estudio existen dos cuencas intramontañas desconectadas entre sí y rellenas de depósitos fluviales y lacustres; la Cuenca de Peñarroya-Bélmez-Espiel de edad Westfaliense B, y la Cuenca de Villanueva del Río y Minas de edad Westfaliense A.

La Cuenca de Peñarroya-Bélmez-Espiel aunque constituye la banda septentrional de la Cuenca del Guadiato está desconectada en el tiempo de esta última, por tener sus materiales una edad Westfaliense B. Se extiende unos 50 Km en dirección NO-SE, con una anchura media de 2 Km, y contiene los yacimientos más importantes de carbón de la región.

El límite norte de los afloramientos viene marcado por una discordancia angular y erosiva relacionada con un "Conglomerado Basal" de la sucesión Westfaliense que reposa sobre cuarcitas y esquistos precámbricos. Por el sur los sedimentos fluviales y lacustres que integran esta cuenca son cabalgados por calizas del Viseense Superior (QUESADA, 1983).

El conjunto está constituido por depósitos continentales formados en un sistema general de abanicos aluviales en el que ha sido posible diferenciar facies proximales ("debris flows"), depósitos de ríos anastomosados y facies distales lacustres, con cambios de facies espectaculares entre ellas (QUESADA, 1983).

Formando parte del llamado abanico aluvial de Espiel aparecen bloques y cantos que presentan pulimento y estriaciones, interpretados como de origen glaciar (QUESADA, 1983).

La Cuenca de Villanueva del Río y Minas es una pequeña cuenca situada en el borde meridional del Macizo Hespérico parcialmente recubierta por materiales de la Cuenca Terciaria del Guadalquivir.

La secuencia westfaliense de la cuenca se dispone en discordancia angular y erosiva sobre el substrato formando una suave estructura sinclinal. Desde un punto de vista

sedimentológico las facies de la cuenca de Villanueva responden a un sistema deposicional de abanicos aluviales dentro del cual se pueden distinguir depósitos fluviales con facies proximales, depósitos distales de llanuras de inundación, y sedimentos transportados en masa, probablemente en áreas proximales de abanico aluvial, lo que implica una reactivación del relieve próximo causante de la progradación de las facies proximales sobre las distales del sistema (QUESADA, 1983).

Respecto a la edad de estos materiales, únicamente las limolitas han suministrado fauna que permite datarlas como Westfaliense-Estefaniense Medio. La atribución de esta edad al resto de los materiales ha sido establecida por correlación litoestratigráfica.

3.2.2.6.- TERRENOS OCEANICOS DEL SUROESTE (EXOTICOS)

Los Terrenos Oceánicos tradicionalmente han sido englobados en la Unidad o Grupo de Pulo do Lobo, (s.l), que constituye una franja alóctona que se interpone entre las Zonas de Ossa Morena y la Sudportuguesa. CARVALHO, et al; 1976, en (JULIVERT M. 1983) establecieron esta sucesión integrada por las siguientes formaciones, en orden de antigüedad decreciente:

- . Fm de Acebuches u ofiolitas de Beja-Acebuches.
- . Fm Pulo do Lobo.
- . Fm Ribeira de Limas.
- . Fm Sta. Iria.

Paleozoico Inferior. Formación Acebuches (30)

La presencia de este complejo constituye el argumento base en el que se apoya la hipótesis de obducción de corteza oceánica, desde que BARD (1977) en op.cit., basado en estudios geoquímicos de elementos mayores y elementos traza, indicara que las rocas provienen de gabros y basaltos toleíticos de afinidad oceánica, representando un trozo de corteza oceánica.

La Formación Acebuches también denominada Ofiolita de Beja-Acebuches (MUNHA et al; 1986) está compuesta por ortoanfíbolitas toleíticas y esquistos verdes metavolcánicos, que constituyen la base estratigráfica de la Unidad de Pulo do Lobo.

Las ortoanfíbolitas tienen un bandeo en el que alternan lechos de anfíbol y plagioclasa. La roca original es volcánica básica, localmente piroclástica y con mezcla de cuarzo detrítico. Las facies más finas se sitúan en el techo, en tránsito gradual con los materiales detríticos suprayacentes (Fm. Pulo do Lobo).

En la zona de Aroche en un núcleo antiformal rodeado por la Formación Pulo de Lobo aparece un conjunto de esquistos verdes bandeados de grano fino, con algunos niveles

leucocráticos, proveniente de un volcanismo básico, apreciándose algún fenocristal de anfíbol y plagioclasa. Estos tramos aparentemente están en cambio lateral de facies con los descritos anteriormente.

No se conoce el muro de esta formación, por lo que no ha sido posible establecer su potencia, estimándose un mínimo de 500 m. Por otra parte no existen datos paleontológicos ni radiométricos que permitan asignarle una edad. Sin embargo, por correlación estratigráfica, se considera una edad probable de Silúrico-Devónico.

Devonico Superior

Formación "Pulo de Lobo" (s.s.) (31)

En paso gradual sobre las ofiolitas se encuentran unos esquistos sericíticos y cuarcíticos de colores grisáceos, con intercalaciones de metabasitas y esquistos cloríticos, que forman la parte basal de la serie de metasedimentos asociados a las ofiolitas, y que junto a ellas constituyen los genéricamente denominados Terrenos Oceánicos. Sobre estos esquistos reposa otra sucesión de esquistos y metagrauvas cuarzosas que hacia el norte pasan a niveles potentes de cuarcitas blancas (ENADIMSA-PRESUR, 1988).

Esta serie presenta gran similitud con el Complejo P-Q definido en la Zona Sudportuguesa, dentro del grupo de depósitos relacionados con margen pasivo, lo que ha permitido a algunos autores su correlación (JULIVERT et al; 1983 en op.cit.; SCHEMERHORN, 1984). La potencia de la formación es de unos 400 m y parece, en líneas generales, que gran parte de los materiales forman sucesiones tipo flysch.

La edad asignada a esta formación, por correlación estratigráfica, es Devónico, considerándose el techo como Devónico Superior (ENADIMSA-PRESUR, 1988).

El citado complejo P-Q constituye el tramo inferior aflorante de la zona sudportuguesa, no aflora el muro de la formación y el techo es concordante con el Carbonífero inferior. Se ha cartografiado como 34 en esta zona.

Formación "Ribeira de Limas" (32)

Esta formación ha sido correlacionada con el Complejo Volcano Sedimentario, situado en la Zona Sudportuguesa (Faja Pirítica) (JULIVERT et al, 1983; SIMANCAS, 1983), si bien parece tener un menor contenido en rocas volcánicas.

Se caracteriza por una alternancia de grauvas cuarzosas y esquistos grauváquicos con niveles de pizarras hacia el techo. La secuencia culmina con predominio de grauvas alternando con esquistos y pizarras versicolores. En toda la serie aparecen intercalaciones finas de metavulcanitas ácidas.

La potencia media de esta formación se estima superior a 400 m, presentando cierto

caracter turbidítico. La edad, avalada por fósiles, es Devónico Superior - Carbonífero Inferior.

Carbonífero Inferior

Formación "Santa Iria" (33)

Esta formación está en discordancia tectosedimentaria sobre la anterior. Está constituida por una alternancia rítmica de pizarras y grauvacas, de carácter turbidítico, similar al "Culm" de la Faja Pirítica.

El muro de esta unidad es erosivo sobre la infrayacente y sus materiales forman una alternancia de grauvacas verde-amarillentas y pizarras grises con intercalaciones de volcanitas ácidas. Las estructuras sedimentarias bien conservadas evidencian el carácter turbidítico de la serie, relacionado con la inestabilidad de la cuenca durante su deposición.

3.2.2.7.- DEPOSITOS POSTOROGENICOS PALEOZOICOS

Pérmico (43)

En la síntesis geológica de la zona de estudio los únicos materiales pérmicos conocidos corresponden a los de la Cuenca del Viar, depositados en ambiente continental. Más al Norte, en la hoja de Guadalcanal (nº 899), existen pequeñas manifestaciones similares.

Los materiales de esta cuenca se han dividido en diversas unidades litoestratigráficas, englobadas todas ellas en la "Formación Capas Rojas del Viar", debido al predominio de estos tonos, aunque en el norte de la cuenca aparecen basaltos y una unidad detrítico-silíceo de color gris. Esta unidad tiene rasgos de sedimentación de ambiente lacustre, a diferencia de los materiales detríticos rojos típicamente fluviales, con un régimen de alimentación muy local.

La cuenca se instaló a favor del juego en distensión de fracturas preexistentes, pertenecientes a una banda de cizalla frágil, localizada en el límite entre Ossa-Morena y la zona Subportuguesa, cuyas evidencias sobre su movimiento principal han quedado fosilizadas (SIMANCAS, 1983).

La secuencia estratigráfica fue establecida en líneas generales por GAVALA (1927) en la descripción de la Hoja Geológica 1:50.000 de Cantillana (1ª Serie), quien atribuyó estos materiales al Pérmico.

SIMANCAS (1983) diferencia los siguientes miembros:

En la mitad norte distingue de muro a techo:

- Miembro basáltico y detrítico rojo: Gargantafría
- Miembro detrítico-silíceo gris: Los Canchales
- Miembro basáltico superior
- Secuencia detrítica roja, con miembro detrítico rojo y carbonático

En el sur se han diferenciado dos miembros dentro de la sucesión detrítica roja:

- . Miembro detrítico rojo y carbonático inferior
- . Miembro detrítico rojo y carbonático superior

La sucesión se superpone, mediante discordancia erosiva y angular, sobre todos los materiales anteriores, incluso sobre los granitos postcinemáticos. Se trata, por tanto, de una cuenca posttectónica con abundante fauna, que ha sido datada como Autuniense (Pérmico Inferior).

3.2.2.8.- TRIASICO (44)

En la Hoja de Navas de la Concepción (nº 921), existen una serie de afloramientos de conglomerados y areniscas rojas típicas de facies Bunt.

En el borde Este, en las Hojas de Ubeda (nº 906) y Linares (nº 905) también afloran materiales de esta edad, correspondientes a facies Bunt (conglomerados, areniscas y arcillas) y Keuper (arcillas, yesos, areniscas y dolomías).

3.2.2.9.- Terciario y Cuaternario (45, 46, 47)

En la Zona de Ossa Morena existen una serie de grandes y pequeñas cuencas rellenas de materiales terciarios y cuaternarios cuya geometría está en gran parte condicionada por las estructuras (fundamentalmente frágiles) desarrolladas durante la orogenia hercínica.

La Cuenca del Guadiana se ha originado por reactivación de fracturas hercínicas y tardihercínicas. Se extiende en sentido transversal a las estructuras hercínicas, desde los Montes de Toledo (borde Norte y Este), hasta la zona fronteriza de Badajoz con Portugal, quedando los afloramientos limitados, en este borde O, por la falla de desgarre tardihercínica de Alentejo-Plasencia.

El batolito de Mérida divide a esta cuenca en dos partes que se denominan Vegas Altas (zona oriental) y Vegas Bajas (zona occidental).

Geomorfológicamente destacan en la cuenca la penillanura extremeña, los rellenos terciarios y las rañas. La evolución posterior a la formación de la raña ha dado lugar a la organización y desarrollo de una red fluvial.

Los sedimentos terciarios de la Cuenca del Guadiana son fundamentalmente detríticos (45), de carácter continental y endorreico. PEREZ-GONZALEZ, A. et al.; 1983, realizan una síntesis del Terciario Continental de Extremadura, basándose fundamentalmente en los trabajos de HERNANDEZ-PACHECO, F.; 1960, en (PEREZ-GONZALEZ et al 1983) dividiendo el Terciario del Guadiana en los siguientes sectores: Vegas Bajas, Región al Sur del Valle del Guadiana (Tierra de Barros) y Vegas Altas. En este trabajo se data a los materiales que rellenan la cuenca como miocenos.

Las características litológicas y sedimentológicas son relativamente homogéneas en toda la cuenca. La secuencia litoestratigráfica de Vegas Bajas, con unos 160 m de potencia está constituida por los siguientes niveles, de muro a techo: Fangolitas (Nivel a; "Arcillas de Lobón" de HERNANDEZ PACHECO, F. (1960)); Arenas limoso-arcillosas (Nivel b; "Arcosas de Lobón" de HERNANDEZ PACHECO, F. (1960)); Argilitas (Nivel c; "Barros" de HERNANDEZ PACHECO, F. (1960)); Fangolitas y calizas (Nivel d; "Caleño" de HERNANDEZ PACHECO, F. (1960)). (Todas en PEREZ GONZALEZ, A. 1983)

En la región al sur del valle del Guadiana el terciario de Tierra de Barros no es tan uniforme litológicamente como el de las Vegas Bajas del Guadiana. Su potencia es más reducida y en muchas zonas es un depósito superficial relictivo, de escaso espesor. Está compuesto por facies areno-limosas con niveles conglomeráticos, que presentan estructuras internas de estratificación cruzada en surco o planar y costras calcáreas.

Los depósitos de Rañas (46) están constituidos generalmente por 1-2 m de arcillas rojizas con cantos redondeados generalmente de cuarcita, de tamaño variable entre 5 y 20 cm. Por correlación con los depósitos de idénticas características del resto de las cuencas se les atribuye una edad Plioceno-Pleistoceno Inferior.

Estos materiales han sido depositados a favor de un flujo en masa de fangos con cantos (mud flow), desarrollado bajo un clima húmedo con lluvias estacionales de gran intensidad. Este fenómeno ha producido una cicatriz erosiva en las rocas del zócalo que se manifiesta mediante una superficie arrasada, ampliamente desarrollada en los relieves que circundan esta cuenca.

El encajamiento y desarrollo de la red fluvial durante el Cuaternario ha permitido la existencia de sistemas de terrazas y abanicos aluviales, que reflejan la evolución del río Guadiana durante esta etapa (47).

Respecto a la génesis, tal como se apunta al principio del capítulo la Cuenca del Guadiana corresponde a una depresión tectónica, que corta transversalmente a las estructuras hercínicas. La cuenca está limitada por fallas, en las que predomina el rumbo N70-80° E sobre otras N-S y NE-SO, que han condicionado la estructura de la misma. La cuenca es asimétrica, presentando los mayores hundimientos en la zona Norte. Asimismo su zócalo es muy complejo, compartimentándola en umbrales y surcos

generalmente basculados hacia el N. El borde occidental de la cuenca está delimitado por la Falla de Plasencia.

3.2.3.- ROCAS IGNEAS

Los grupos litológicos elegidos pretenden ser de carácter muy amplio con el fin de dar cabida a todas las rocas de la Zona de Ossa-Morena, no entrando en peculiaridades de carácter mineralógico local o de otro tipo. Este intento de agrupar y homogeneizar litotipos afecta particularmente a las rocas más básicas dado que su exposición superficial es considerablemente menor. En cualquier caso la terminología empleada es la que se considera de mayor difusión nacional e internacional (STREKEISEN, I.U.G.S.).

Junto a la clasificación petrológica se describe la textura de las rocas, considerando los términos empleados en los mapas litológicos: de grano fino, medio, grueso, porfídica y con megacristales.

A continuación se citan los minerales que se consideran más significativos y característicos por orden de abundancia, aunque en muchos casos sólo sean de carácter accesorio.

Conviene resaltar que esta síntesis petrológico-estructural no pretende ser más que de carácter meramente documental y descriptivo y no petrogenético, pues tratar este tema en profundidad sería salirse de los objetivos propuestos.

Así, en esta síntesis se tratará en primer lugar de los diferentes tipos litológicos existentes en la zona, a continuación se intenta hacer un resumen de las características más significativas del magmatismo hercínico en su conjunto y, por último, se pretende relacionar las diferentes intrusiones magmáticas con las fases de formación habidas durante la Orogenia Hercínica.

3.2.3.1.- PETROLOGIA DESCRIPTIVA

Granitos alcalinos

Constituyen cuerpos individualizados, de pequeña extensión, monofaciales, con formas que van de subredondeadas a irregulares y a veces con una estructura anular (Barcarrota). En ocasiones van asociados a rocas básicas e intermedias (Almendral, Barcarrota).

Sus contactos con las rocas de caja son netos e intrusivos.

Son rocas de carácter leucocrático, con tonos blanquecinos o rosados. Los granitos alcalinos muestran texturas a menudo equigranulares con un tamaño de grano medio, pudiendo localmente tener texturas algo porfídicas. En el caso del macizo de Aceuchal la textura tiene un marcado carácter neísico, causada por las distintas fases de

la textura tiene un marcado carácter neísico, causada por las distintas fases de deformación sufridas.

Los efectos cataclásticos son también evidentes en el macizo de Los Remedios (Área de Valuengo).

Estos granitos, desde el punto de vista mineralógico, están constituidos por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa sódica y anfíbol sódico (riebeckita o ferrohastingsita) como minerales principales; como accesorios se presentan esfena, circón, apatito, allanita y minerales opacos. Entre los minerales secundarios se han citado sericita, epidota, clorita y minerales opacos.

Granitos S.L.

Fundamentalmente los granitos constituyen el tipo litológico más abundante en la zona. La extensión de los macizos puede ir desde unos pocos km² hasta grandes superficies que sobrepasan los 100 km².

Su geometría es muy variada mostrando todo tipo de formas. Estas son alargadas, constituyendo alineaciones que siguen las directrices hercínicas regionales, cuando se trata de cuerpos sintectónicos.

Normalmente estas rocas muestran contactos netos e intrusivos con el encajante. También existen pasos graduales entre los tipos de granitos mencionados y granitos, leucogranitos biotíticos o granodioritas.

Los granitos estudiados en este apartado muestran una gran variedad textural, apareciendo texturas desde grano fino hasta muy grueso y desde equigranulares hasta marcadamente porfídicas con megacristales que van desde 1-2 cm hasta 8-10 cm. En ocasiones, en una misma unidad se puede encontrar varias texturas distribuidas irregularmente.

Desde el punto de vista mineralógico, estas rocas están formadas por cuarzo, feldespato potásico (casi siempre microclina) y plagioclasa, como minerales principales, a los que se añaden moscovita y biotita.

Como minerales accesorios además de apatito, circón, minerales opacos, monacita y rutilo, es muy frecuente la presencia de cordierita, sillimanita y andalucita; en realidad, es más bien excepcional la falta de estos minerales, sobre todo de la cordierita, que puede alcanzar, en ocasiones, un porcentaje importante dentro del grupo de accesorios.

Asimismo se ha citado la presencia de granate y turmalina en muchos casos. En cantidad muy escasa y de manera muy esporádica se citan por último berilo, topacio y fluorita.

Entre los minerales secundarios suelen encontrarse sericita, clorita, pinnita, feldespato potásico, rutilo e ilmenita.

En este tipo de rocas no son muy abundantes los enclaves. Se han encontrado, no obstante, enclaves o incluso macroenclaves de metasedimentos encajantes, así como inclusiones centimétricas de naturaleza submicácea.

En las variedades más biotíticas de este litotipo pueden llegar a ser numerosos los enclaves de roca microgranudas de composición intermedia.

El cortejo filoniano que acompaña a estos granitos suele ser más abundante en los cuerpos sincinemáticos que en los postecinemáticos.

Los diques más frecuentes en los primeros son de leucogranitos, aplitas, pegmatitas y aplopegmatitas, siendo los pórfidos graníticos más abundantes en los macizos postecinemáticos.

Granodioritas

Estas rocas pueden aflorar en cuerpos casi exclusivamente granodioríticos como facies predominante, acompañadas de facies graníticas, como facies subordinada en macizos graníticos y, asimismo, asociadas a facies tonalíticas y cuarzo-dioríticas, bien como facies predominante o subordinada.

Las dimensiones de sus afloramientos son muy variadas, oscilando desde unos pocos km² hasta grandes masas granodioríticas como Pedroches.

Excepto composicionalmente, el resto de las características de los macizos tales como: forma, enclaves, contactos, cortejos filonianos, etc. son muy similares a las descritas para los granitos.

Este tipo de rocas se encuentra tanto en cuerpos sintectónicos como postectónicos.

Sus texturas son muy variadas encontrándose tamaños desde grano fino a grueso y muy grueso, quizá con predominio de las de grano medio.

Las más frecuentes son las texturas porfídicas con megacristales de feldespato que pueden ir desde 2-3 cm hasta 7-8 cm de tamaños medios.

Mineralógicamente están constituidas por cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico que van a acompañados de biotita y/o anfíbol (normalmente hornblenda) dependiendo de que sean términos más biotíticos o más anfibólicos.

Los minerales accesorios son muy variados y aparecen unos u otros en función de la mayor o menor basicidad de la roca y también del mayor o menor contenido en alúmina. Así estos pueden ser, además de biotita u hornblenda, moscovita, circón, apatito, ilmenita, opacos, rutilo, esfena, clinopiroxeno, cordierita, turmalina y granate. Se cita la existencia de hiperstena y grafito en rocas de tendencia charnockítica que aparecen anecdóticamente.

Los minerales secundarios más frecuentes son sericita, saussurita, clorita, clinozoisita-epidota, esfena, carbonatos y hematites.

Destaca sobre el resto el batolito de Los Pedroches de composición fundamentalmente granodiorítica, habiendo también otras unidades de menor entidad formadas prácticamente en su totalidad por facies granodioríticas, Santa Elena, Linares, Magacela.

Dioritas y gabros

En la zona de Ossa-Morena la proporción de estos grupos petrológicos es muy superior respecto al Macizo Hespérico, encontrándose entre el 20 y 30% del total de rocas plutónicas aflorantes.

Ambos tipos de rocas (dioritas y gabros) se encuentran muy relacionados entre sí, y de alguna forma caracterizan el magmatismo de esta zona del suroeste.

Los tipos dioríticos constituyen a menudo macizos y cuerpos zonados cuyo núcleo es más básico: Burguillos del Cerro, Valencia del Ventoso, Santa Olalla de Cala, Brovales. Pueden ser la facies mayoritaria de cuerpos básicos o la facies subordinada.

Son unidades de dimensiones muy variables, muestran formas circulares, alargadas o irregulares y sus contactos son netos con la roca caja y graduales con los gabros.

Es frecuente en este tipo de rocas la presencia de enclaves microgranudos de tipo biotítico.

Sus texturas van desde grano fino a medio-grueso y, salvo excepciones, las rocas permanecen inalteradas.

Como tipos petrológicos se encuentran dioritas anfibólicas y dioritas biotíticas con plagioclasas, hornblenda y biotita, como minerales principales y como accesorios, circón, allanita, ilmenita y magnetita.

Las rocas gabroicas frecuentemente constituyen macizos y cuerpos zonados asociados a dioritas, siendo en unos casos la facies predominante, y en otros la subordinada (Barcarrota, Burguillos del Cerro, etc.).

Asímismo, aunque menos frecuentemente, pueden formar cuerpos monofaciales (Fregenal de la Sierra, Jerez, El Pintado).

En todos los casos, los contactos con el encajante son netos, siendo gradual el paso a la facies dioríticas.

Los enclaves son escasos o inexistentes.

Presentan texturas variadas, desde grano fino a grueso e incluso también pueden

presentar un carácter porfídico.

Composicionalmente estos cuerpos están formados por gabros olivínicos (ocupan el núcleo de los cuerpos plutónicos) piroxénicos, anfibólicos y biotíticos que presentan como minerales principales plagioclasa, hornblenda y clinopiroxeno de forma habitual y olivino o biotita según el tipo petrológico del que se trate.

Como minerales accesorios se han citado biotita, olivino, magnetita, ilmenita, sulfuros y apatito.

Rocas ultrabásicas

Este grupo litológico es francamente escaso. Además es posible que algunas rocas encuadradas en ese grupo no debieran estarlo en sentido estricto, pues sus análisis químicos así lo indican. Se trataría más bien de rocas básicas.

Se ha señalado la existencia de serpentinitas al N del anticlinorio Olivenza-Monesterio en el Macizo de Calzadilla. Se supone que estas rocas provienen de la alteración de ultramafitas y se les atribuye una edad finiprecámbrica. Hay que añadir las serpentinitas carboníferas de la alineación magmática Varas-Guadalbarbo y algunos restos de ultrabásicas en El Pintado, en la alineación magmática Villaviciosa de Córdoba La Coronada y al O de Peñarroya, en las proximidades del borde N de la cuenca del Guadiato.

3.2.3.2.- RELACIONES MAGMATISMO-DEFORMACION

Desde los años setenta hasta la actualidad se ha generalizado la aceptación de tres fases principales de deformación hercínica que, aunque definidas para distintas zonas del Macizo Hespérico, guardan unas características fundamentales comunes en todas ellas. Esto no quiere decir que no exista un diacronismo de unas zonas a otras, punto no aclarado por el momento.

Dado que en otro apartado de esta memoria se describen con amplitud las características de dichas fases, se citan aquí únicamente los rasgos más significativos:

Fase 1 -Da lugar a un plegamiento a todas las escalas, con desarrollo de equistosidad de plano axial que suele ser la anisotropía planar dominante en amplios sectores.

Fase 2 - Caracterizada por la generación de pliegues de plano axial subhorizontal y/o el desarrollo de cabalgamientos a los que asocian zonas de cizalla dúctil.

Fase 3 - Supone un período de plegamiento que origina megaestructuras de plano axial subvertical con desarrollo esporádico de una

esquistosidad de crenulación. En un período tardi-fase 3 se desarrollan una serie de cizallas dúctiles o dúctiles-frágiles de desgarre subverticales.

Por último cabe señalar que aparte de estas fases principales, existen otra u otras dos de menor importancia, caracterizadas por pliegues de tipo "kink" y "chevron".

Granitoides prehercánicos

En este apartado se incluyen granitoides y ortoneises prehercánicos que pueden ser divididos a su vez en granitoides precámbricos y del Paleozoico inferior.

Dentro de los granitoides precámbricos se encontrarían el Complejo migmatítico-anatético de Monesterio, los ortoneises granodioríticos de Puebla del Prior y Las Minillas y los macizos de Ahillones, Palomas y El Escribano formados por granitoides deformados en los que se asocian facies leucocráticas, facies comunes (granodioritas-tonalitas) y facies básicas (cuarzodioritas-gabros).

Existen dataciones absolutas que incluirían al macizo de Pallarés en este grupo de granitoides de edad finiprecámbrica, considerado normalmente como pre-sin F1.

Los macizos emplazados durante el Paleozoico inferior (edad pre-sin ordovícica), serían los de Higuera-Valle de la Serena, constituido por rocas deformadas de carácter ácido y básico y La Calera (incluido en el Complejo de Monesterio) formado por rocas ácidas deformadas.

El macizo Llera-Ribera del Fresno, constituido por ortoneises granodioríticos, ha sido datado como paleozoico inferior, aunque algunos autores por consideraciones geológicas lo encuadran en una edad precámbrica.

También mediante dataciones absolutas se asigna una edad Cámbrico Inferior a las rocas del Complejo Táliga-Barcarrota, tradicionalmente consideradas del ciclo hercínico.

Granitoides hercánicos

Granitoides Pre-Sin F2

Se ha observado que existen bastantes dudas en muchos casos en cuanto a atribuir a la F1 o a la F2 la deformación existente en estos granitoides. En cuanto a las composiciones de estas rocas sincinemáticas se puede indicar que se encuentran de tipo ácido, ácido alcalino, intermedio y básico, ya como facies únicas, ya como asociaciones ácidas-intermedias o intermedias-básicas.

Los macizos de Los Remedios y el Castillo p.e. se les considera sin F1 o sin F2; los de Brovales, Burguillos del Cero y Valencia del Ventoso serían de edad sin F2 y los de Mérida o de Zahinos pre F2.

Los macizos de Táliga y de Pallarés como se ha indicado ya, pertenecerían a este grupo si no se tuvieran en cuenta las dataciones realizadas recientemente.

Granitoides Post-F2 y Pre-Sin-F3

La zona de Ossa-Morena se caracteriza por la presencia de macizos de rocas ácidas básicas o asociadas de los dos tipos. Su edad no está siempre bien definida y se les sitúa entre F2 y F3 o tardi F3. De carácter básico estarían en este grupo los macizos de Jerez, Valuengo; de carácter intermedio-básico serían Santa Olalla y Puerto de la Encina; además Aroche, de carácter ácido-básico.

Granitoides Post-F3

Este grupo incluye todas aquellas unidades graníticas que no muestran señales, a lo largo de toda su extensión, de haber sido afectadas por ninguna de las fases consideradas tradicionalmente como principales. Es decir, que en el sentido estricto de la palabra, bastantes macizos de los aquí considerados no serían postectónicos pues les habría afectado alguna fase tardía hercínica de escasa importancia.

Suele ser relativamente frecuente que los contornos de los macizos sean circunscritos, con formas circulares o subredondeadas y pasos netos hacia el encajante. Sin embargo, existen casos (p.e. el alineamiento de Los Pedroches), en los que las formas son alargadas, condicionadas por la tectónica tensional que puede ser el mecanismo dominante en el control de intrusión.

Destacan por la gran variedad composicional que incluye términos básicos, intermedios, ácidos y ácidos alcalinos. Son frecuentes las asociaciones de composición ácida e intermedia, ácida-básica o ácida alcalina-básica. Se pueden destacar las áreas graníticas de Pedroches de gran extensión, constituida fundamentalmente por granitoides biotíticos y granitos de dos micas, el área de Villaviciosa formada por rocas básicas y granitos biotíticos o el macizo de Sierra Vieja, compuesto por granitos alcalinos. El Complejo de Barcarrota tradicionalmente considerado como tardi-postcinemático podría considerarse de edad prehercínica, debido a las últimas dataciones absolutas para el mismo.

3.2.4.- TECTONICA

No existe todavía un marco tectónico simplificado para la Zona Ossa-Morena, y una descripción detallada de las estructuras que se pueden encontrar no sería el objetivo de esta síntesis. Por tanto, se esbozarán los grandes rasgos sin entrar en discusión con las hipótesis de los distintos autores.

La estructuración de los materiales de la Z.O.M. se debe a la Orogenia Cadomiense y a la Hercínica. La primera afecta sólo a los materiales precámbricos, pero sus estructuras están enmascaradas por la segunda que es polifásica, de tal forma que existe discusión entre los distintos autores para la atribución de algunas estructuras a una u otra orogenia.

Uno de los rasgos más significativos de esta zona es la banda de cizalla levógira que con dirección N120E recorre toda la Z.O.M., a lo largo del denominado Corredor Blastomilonítico. Esta cizalla, según algunos autores, produce desplazamiento de varios centenares de km y tiene desarrollo cortical. Su historia es compleja y se cuestiona si su principal desarrollo ocurrió en la orogenia cadomiense o en la hercínica. En cualquier caso, sus últimos movimientos estructuran la Z.O.M. en bandas estrechas y alargadas según la cizalla, separadas por grandes fallas regionales. Asimismo condiciona la sedimentación durante el Carbonífero inferior y medio y la intrusión de rocas ígneas, siguiendo alineaciones bien definidas como el batolito de Los Pedroches.

El estudio más completo de esta cizalla lo ha realizado la escuela del País Vasco en el Corredor Blastomilonítico.

Para ABALOS Y EGUILUZ (1990, a y b) el Corredor Blastomilonítico de Badajoz-Córdoba se extiende entre las zonas de Ossa-Morena y Centroibérica a lo largo de 400 km, y se caracteriza por un régimen de deformación complejo, en el que se registra un primer episodio de deformación (D1) y metamorfismo (M1) de edad aproximada Proterozoico superior, asociado al apilamiento de láminas gneísicas (con rocas de alto grado de la corteza inferior y eclogitas), que constituyen la Unidad Alóctona y el emplazamiento posterior de ésta sobre la Unidad Para-autóctona.

Las estructuras D1, conservadas en la mayor parte de la Unidad Para-autóctona y en los niveles estructurales más altos de la Unidad Alóctona, muestran un desplazamiento bastante constante hacia el S, con desarrollo de una "schistosity" en la Unidad Para-autóctona.

En los niveles estructurales inferiores de la Unidad Alóctona se detecta un régimen complejo de deformación por cizalla simple, en condiciones de temperaturas medias-elevada, propias de las facies de las anfibolitas o superiores. En los niveles más altos de la Unidad Alóctona y en la Unidad Para-autóctona se observa una combinación de deformación coaxial y de deformación rotacional, a temperaturas medias-bajas, características de la facies de los esquistos verdes.

Posteriormente tuvo lugar la deformación hercínica (s.str.) durante el Paleozoico Superior Devónico Superior-Carbonífero), tratándose de un episodio (D2) prolongado de deformación dúctil transcurrente levógira, predominantemente rotacional (cizalla simple), de carácter dúctil y frágil-dúctil; al que se asocia un metamorfismo (M2) de grado intermedio (facies de las anfibolitas con epidota), que trastoca variablemente las asociaciones metamórficas previas.

No obstante este segundo episodio no es homogéneo, ni en cuanto a los mecanismos ni en cuanto a la magnitud, siendo más intenso en la mitad SW de la zona de cizalla.

Esta banda es igualmente heterogénea (ABALOS, 1990), pues en ella alternan áreas con foliación subhorizontal y deformación blastomilonítica poco intensa, con áreas con esquistosidad subvertical, en la que alternan unidades miloníticas y blastomiloníticas diversamente de formadas con corredores ultramiloníticos de potencia variable (m-hm).

El último episodio de deformación (D3) origina estructuras asociadas al desarrollo en dirección de grandes accidentes frágiles, bajo un régimen deformacional semejante al del episodio D2.

Las vergencias de las estructuras tangenciales que deforman a los materiales paleozoicos al N de la Falla de Hornachos son hacia el NE, mientras que al S de las Fallas de Azuaga y Malcocinado son hacia el SW.

Al N de la banda de cizalla los materiales precámbricos que afloran pertenecen al Complejo Esquisto Grauwáquico y al S aparecen varias sucesiones, como la Serie Negra y el Grupo Azuaga-Albarrana. Todos los afloramientos presentan al menos una deformación prehercínica y un grado de metamorfismo bajo, exceptuando el núcleo de Monesterio. Los domos metamórficos como Valungo, Albarrana, Lora del Río y Aracena son hercínicos.

La sucesión paleozoica también es diferente a un lado y otro de la cizalla, y la estructuración presenta algunas diferencias, como discordancias o vergencias de los cabalgamientos, pero se pueden reconocer las tres principales fases hercínicas.

En resumen las deformaciones serían:

Fase prehercínica (Cadomiense)

Sólo se puede constatar y valorar la existencia de una orogenia Cadomiense, en las unidades donde están representados materiales de los ciclos Precámbrico y Hercínico. En estas Unidades no se observan estructuras mayores atribuibles a esta fase, únicamente se constata por la presencia de una esquistosidad anterior a la primera hercínica, que se observa bien, por ejemplo, en las láminas transparentes de la Sucesión Tentudia, y en los cantos del conglomerado de base del Grupo de Bodonal.

Salvo en el domo de Monesterio en el que se llega a la anatexia, la blastesis asociada a esta esquistosidad es propia de un metamorfismo de bajo o muy bajo grado, sólo se identifica clorita y micas blancas; con la excepción de algunos cantos del conglomerado

en los que se han visto anfíboles. En general la cristalinidad de las rocas de las sucesiones precámbricas son bajas, si bien se observa más estructurada que las de la sucesión paleozoica.

Primera fase hercínica

A esta fase se debe la estructuración más evidente, a nivel afloramiento, de esta zona.

En los materiales precámbricos las estructuras mayores son pliegues que se destacan por la polaridad estratigráfica de los materiales. A escala de afloramiento la esquistosidad asociada a esta fase es subparalela o forma un ángulo muy bajo con la estratificación y las charnelas son muy escasas y pertenecen a pliegues similares e isoclinales. De la disposición actual se puede decir que el plegamiento de esta fase consistió en pliegues de gran amplitud y baja longitud de onda, (isoclinales) con una dirección que no formaría un gran ángulo con las direcciones de las fases posteriores, como parece deducirse de la ausencia de figuras de interferencia.

En los materiales paleozoicos esta fase produce pliegues de diferente geometría, de dirección regional y plano axial subvertical. Asociada a esta fase se desarrolla en estos materiales una esquistosidad tectónica penetrativa del tipo schistosity y/o slaty cleavage.

A escala cartográfica se observan buenos ejemplos de como varían los pliegues de esta fase de una unidad a otra.

Segunda fase hercínica

Las estructuras mayores atribuidas a esta fase son los cabalgamientos con vergencia SO, al SO de la banda de cizalla y al NW al N de la misma.

Los cabalgamientos son posteriores a la primera fase hercínica, cuya esquistosidad y plegamiento cortan, y anteriores a la tercera, que los repliega.

Las superficies de cabalgamiento dan lugar a una intensa deformación observable por las estructuras menores asociadas. Estas superficies no son planos definidos, en el campo se pueden seguir porque llevan asociados lentejones de cuarcitas de tamaños muy variables, entre el decímetro y el centenar de metros de longitud, con potencias máximas de 20 a 40 m. Estos paquetes cuarcíticos se interpretan como lentejones de lilitas sedimentarias, posteriormente tectonizadas y silicificadas. En afloramiento son crestones de cuarcitas con silicificaciones que presentan diferente deformación y colores variados: negros, rosados, verdosos, blancos, etc. En estos paquetes se pueden observar desde brechificaciones hasta estructuras de cizalla conformes con el movimiento hacia el SSW del cabalgamiento.

Asímismo aparecen bandas con especial deformación paralelas a la traza de los cabalgamientos tanto en el autóctono como en el alóctono, de espesores normalmente próximos al centenar de metros. En ellas se observan numerosas superficies de cizalla de dirección, buzamiento y sentido de movimiento conforme a los cabalgamientos; vetas de cuarzo gris replegadas (al microscopio son vetas hidrotermales) y sobre todo un

fuerte replegamiento de las superficies preexistentes. Los pliegues de tamaño centimétrico tienen morfología suave, son asimétricos y paralelos (RAMSAY, 1967), con pliegues menores asociados, de dirección paralela a los cabalgamientos y buzamientos de los ejes muy variables; con frecuencia su morfología es coherente con el movimiento de las superficies de cizalla.

Tercera fase hercínica

Se trata de una fase de plegamiento que da pliegues suaves de plano axial subvertical y ejes subhorizontales de direcciones próximas a N140°-130° E, a los que en ocasiones se asocia una esquistosidad de crenulación penetrativa de plano axial.

La esquistosidad de crenulación se ve a escala de afloramiento; aparecen superficies de ruptura espaciadas (del orden centimétrico) con acumulaciones de óxidos de hierro, irregulares y anastomosadas. Normalmente son esquistosidades de crenulación en flanco de micropliegues. Al microscopio en algunas rocas pelíticas se observa una intensa crenulación con o sin desarrollo de superficies de esquistosidad; éstas no tienen blastesis aunque reorientan los minerales micáceos.

Deformación rígida

Los distintos sistemas de fracturas que actualmente observamos responden a un comportamiento rígido del orógeno durante los últimos momentos de la evolución hercínica. Los sistemas de fractura más importantes son los siguientes:

Fracturas N115-125°E

Dentro del área podemos distinguir una serie de fracturas pertenecientes a esta familia que sirven de límite entre las distintas unidades.

Normalmente se acepta que estas fracturas han jugado como desgarres sinestrosos, aunque el movimiento debe ser más complejo, con una cierta componente vertical que debe montar unos bloques sobre otros. Esporádicamente se observan estructuras menores asociadas, como superficies de discontinuidad muy espaciadas subverticales, milonitas y brechas.

Fallas N 60-70°E

Dentro de la zona aparecen fracturas cuya dirección es próxima a N 60-70° E. Estas fracturas hay que interpretarlas según la cartografía como desgarres sinestrosos y su movimiento es compatible con el de las fracturas anteriormente descritas. Este sistema está bien representado en los alrededores del corredor blastomilonítico y parece que son singenéticas con las anteriores; posiblemente representen uno de los pares de desgarre dentro de una banda de cizalla, definida entre las grandes fallas longitudinales.

Fallas N 45-55°E

Otro sistema de fractura importante es de dirección N 45-55° E; este sistema forma

aproximadamente unos 30° con el sistema anterior y la cartografía nos indica que han jugado como fracturas con una cierta componente horizontal sinestrosa. Este sistema parece que representa las líneas de máxima tensión dentro de la banda de cizalla definida por las grandes fracturas longitudinales; su movimiento sinestroso podría deberse a un campo de esfuerzo en el que a la componente rotacional, se suma un cierto aplastamiento.

Fracturas N 150°E

Estas fracturas podrían, en principio, interpretarse como el par asociado a las fallas N 75° E, si bien algo menos norteadas que lo que cabría esperar (deberían ser muy próximas a N-S). Ello puede ser debido a un cambio del elipsoide de deformación con el tiempo que podría haber sufrido un giro sinestroso de unos 20-25° en los últimos momentos de la evolución hercínica.

Cualquiera de estos sistemas, pero especialmente los norteados, en época posthercínica han tenido rejugos siendo algunos de apertura de gran interés metalogénico.

3.3.-ENCUADRE METALOGENETICO

3.3.1- DOCUMENTACION Y BASE DE DATOS

Se ha recopilado toda la información posible con el objeto de estudiar cada indicio, tratando de establecer su caracterización geoquímica, mineralógica y estructural. Se contabilizaron total de 2.667 indicios.

Asímismo se han situado los indicios en su contexto tectosedimentario y en relación con la actividad ígnea, si la hubiera.

El trabajo se ha realizado en detalle y posteriormente se ha sintetizado a E. 1:200.000, seleccionado los datos de interés metalogenético.

Los datos obtenidos se han resumido en forma de fichas que han sido trasladadas a un soporte informático con objeto de que puedan luego incorporarse a una base de datos.

Las fuentes de información consultadas hasta la fecha y que contienen la mayor parte de los indicios existentes se expresan en la lista de la página siguiente en la cual se asigna a cada documento una referencia que es la misma que figura en el listado de indicios. Se han utilizado las fuentes de información más recientes y contrastadas, evitando los datos anteriores a 1987.

Los datos han sido revisados y adaptados a una ficha elaborada con criterios apropiados para el objetivo del proyecto, siguiendo la normativa del ITGE para estudios metalogenéticos e incluyendo la información disponible sobre labores. Dicha ficha ha sido realizada en base de datos (Dbase).

La tabla de indicios se ha estructurado en las siguientes columnas:

NUMERO: Sistema de numeración o codificación que contemple todos los datos considerados.

PROVIS: En esta columna figura un código estructurado, por ejemplo, de la siguiente forma:
58EXT001

Los dos primeros dígitos indican el número de la hoja 1:200.000 en que se sitúa el indicio, a continuación figura el código atribuido al trabajo consultado, expuesto en la página anterior, y por último el número de orden dentro del mismo.

H 200: Número de la hoja 1:200.000

H 50:	Número de la hoja 1:50.000
UTMX:	Coordenada UTM X original.
UTMY:	Coordenada UTM Y original.
UTMX30:	Coordenada UTM X en huso 30.
UTMY30:	Coordenada UTM Y en huso 30.
T. MUNIC:	Término municipal en que se encuentra.
SUST_MINER:	Sustancias minerales a las que se refiere.
MINERALOG:	Paragenesis mineral.
MORFOLOG:	Morfología del indicio según la simbología del ITGE para mapas metalogenéticos.
DIR:	Dirección.
BUZ:	Buzamiento.
ENCAJANTE:	Roca de caja.
UNID_LIT:	Unidad litológica.
R. IGNEAS:	Descripción de las rocas ígneas si están presentes.
LABORES:	Descripción del tipo de labor.
NOMBRE:	Denominación del indicio.
OBSERVACIONES:	

Al mismo tiempo los indicios se han situado en 76 planos topográficos a E. 1:50.000 y calculado sus coordenadas UTM cuando no se disponía de las mismas. Esto ha permitido evitar repeticiones y completar la información en los casos de un mismo indicio estudiado varias veces.

Con el fin de obtener una visión global de las áreas cubiertas por esta recopilación y realizar la superposición de estos datos con la síntesis geológica, se han dibujado los indicios en 9 planos topográficos a E. 1:200.000 en los que se utiliza la simbología del ITGE para mapas metalogenéticos.

Una vez almacenados digitalmente los datos se han llevado a cabo los pasos necesarios para integrar dicha base de datos con el resto de la información mediante su

transformación a un formato compatible con Arc/Info, es decir, se ha almacenado toda la información en un formato digital de imagen, generado a través de un Sistema de Información Geográfica (GIS).

Durante este proceso se realizó la codificación del total de indicios y depósitos minerales según dos criterios, equivalentes a dos de los campos de la base de datos:

- Sustancia (predominante).
- Morfología.

Según el tipo de sustancia predominante que identifica al indicio, se separarán 53 tipos de sustancias con su código correspondiente.

Según la morfología se separarán 4 tipos a los que se asignaron los siguientes códigos:

Filonianos	1
Estratiformes (aluvial,lenticular)	2
Irregular	3
Desconocida	4

También se ha construido una cobertura con la situación geográfica y referencias de todos los informes utilizados para la obtención de los datos de indicios mineros (ver anexo de tablas).

3.3.2.- DOMINIOS Y GRUPOS METALOGENETICOS

El excesivo volumen de datos de indicios recopilados y la elaboración de los mismos llevada a cabo en este Proyecto ha absorbido toda la actividad relacionada con este apartado, no pudiendo abordarse el establecimiento de más conclusiones metalogenéticas definitivas para la Z.O.M. Con la base de datos se establece una plataforma sobre la que se podrá realizar en el futuro una síntesis y conclusiones correctas. Para ello será necesario una revisión de las fichas originales de los indicios y su ubicación en el marco geológico-tectónico obtenido en este Proyecto.

En líneas generales las mineralizaciones presentes en la Z.O.M. se pueden agrupar en los siguientes tipos:

- **Mineralizaciones asociadas a procesos sedimentarios.**

Las más conocidas van ligadas a la formación carbonatada cámbrica. Son de Fe (Cerro del Hierro, Sevilla), Ba (Sierra del Rey, Huelva; y Sierra de Llerena, Badajoz), P (fosforitas en calizas cámbricas(Cerro de San Cristobal, Córdoba) y otros períodos fosfatogénicos (tránsito Precámbrico-Cámbrico)) y Pb, Zn en calizas (Sierra de Aracena, Huelva).

Yacimientos de carbón que aparecen en pequeñas cuencas alineadas NO-SE, estando actualmente la mayoría sin explotar, a excepción del auge que han tomado en los últimos años las cuencas de la zona de Peñarroya - Belmez (Córdoba).

- **Mineralizaciones asociadas a procesos volcanosedimentarios.**

Están ampliamente representadas y se conocen las siguientes:

Mineralizaciones de Fe-Cu-Au ligadas a los gneises leucocráticos del corredor blastomilonítico con indicios como Cerro de los Buitrones, Casas de Buenavista y Sierra de los Santos.

Mineralizaciones ligadas a las anfibolitas y liditas de la Serie Negra con magnetita, pirita, calcopirita, bornita, blenda, galena y sulfuros de Ni (Peñaflor) y la presencia de Au en niveles de liditas grafitosas (Anticlinorio Olivenza-Monesterio).

Mineralizaciones de blenda, galena y sulfuros de Cu en turbiditas del Proterozoico Superior (Reservas de Sotillos y Onza).

Mineralizaciones de sulfuros polimetálicos en las series volcanosedimentarias cadomienses. Se trata de diseminaciones de sulfuros en tobas y metavulcanitas ácidas con pirita, blenda, calcopirita, pirrotina, petlandita, marcasita, limonita, plata nativa, tetraedrita y proustita. Estas diseminaciones pueden constituir yacimientos por concentraciones relacionadas con metamorfismo (tipo Repilado, Huelva) o dar lugar

a fathbands como Pozo Rico (Guadalcanal).

Mineralizaciones de oro asociadas con piritas cupríferas o sulfuros polimetálicos complejos como Montemor-o-Novo (Portugal).

Mineralizaciones de oro nativo con mispiquel como al SE de Evora (Portugal) en series volcanosedimentarias con alto metamorfismo.

Mineralizaciones de Au ligadas a metavulcanitas ácidas del tránsito Precámbrico-Cámbrico (Ventas Quemadas).

Mineralizaciones de sulfuros polimetálicos en materiales volcanosedimentarios del Ordovícico (Puebla del Maestre).

Mineralizaciones ligadas a los depósitos volcanosedimentarios del Carbonífero Inferior como los sulfuros polimetálicos de la Nava-El Paredón o del río Matachel, o mineralizaciones de origen subvolcánico tipo boliviano con casiterita y stannina (Fuenteovejuna, Córdoba).

En este grupo podría enmarcarse también los indicios ligados a rocas básicas de los complejos ofiolíticos (Cr, Cu, Ni, platínidos) representados en esta zona por las ofiolitas de Acebuches (Huelva), Calzadilla de los Barros (Badajoz) y alineación Vargas-Guadalbarbo (Córdoba).

- **Mineralizaciones ligadas a intrusiones ígneas y procesos metamórficos metasomáticos asociados.**

Son la mayoría de los yacimientos conocidos en Sierra Morena y pueden dividirse en dos grupos:

a) Mineralizaciones directamente ligadas a intrusiones ígneas.

A este grupo pertenecen la asociación cuarzo-sulfuros de Cu, a veces con Uranio, que aparece en el batolito de Los Pedroches y los filones hidrotermales de baja temperatura (B.P.G.) que encajan en la aureola de contacto del batolito (el Soldado-Las Morras).

Otra asociación ligada al batolito de Los Pedroches son los filones de cuarzo y carbonatos con Co-Ni-Bi. En síntesis en Los Pedroches las sustancias más abundantes ligadas al batolito son Sn-W, Pb(Zn-Ag), Bi, Cu y U.

El Sn-W está relacionado con los tipos graníticos más ácidos, granitos biotíticos-porfídicos, situándose las mineralizaciones preferentemente como filones en zonas de contacto. Los yacimientos más importantes de Sn son aluvionares.

La totalidad de los indicios de Pb (Zn) son filonianos. El 63% de estos indicios son peribatolíticos y están relacionados con la granodiorita. La distancia media de los

indicios exograníticos de Pb-Zn, al granito es de 2500 m.

El 77% de los indicios de Bi son peribatolíticos, y de estos un 73% está relacionado con las granodioritas. Se sitúan a una distancia media del contacto intrusivo de unos 530 m.

El 78,6% de indicios de Cu son intragraníticos, un 53% encajan en granodioritas, y sólo un 25,3% lo hacen en granitos biotítico-porfídicos. Todos ellos son filones de cuarzo mineralizados.

Las mineralizaciones de U están relacionadas con las de Cu, y muchos de los yacimientos de cobre son en realidad paragénesis minerales con ambas sustancias. Los principales indicios de U están al sur del batolito.

Ligados a la alineación magmática Villaviciosa-La Coronada hay también gran número de filones de tipo B.P.G., de baja temperatura hidrotermal, con la particularidad de que van acompañados de F y/o Ba con Cu que son las sustancias más explotadas (Cerro Muriano, Minas Gloria, etc.). Todos estos indicios han sido originados por fenómenos neumatolíticos e hidrotermales. Estas concentraciones aumentan en diversos sistemas de fracturas y frecuentemente se encuentran en la intersección de ellas.

También en este grupo están los yacimientos de W-Bi y W-Sn del S del Valle de la Serena (S. Nicolás), S del Batolito de Los Pedroches y zona de Oliva de Mérida, esta última con presencia de Au nativo. Pueden aparecer como yacimientos filonianos peribatolíticos o como disseminados en cúpulas graníticas evolucionadas neumatolíticamente.

Otro tipo de filones de este grupo con gran potencial son los filones de cuarzo-calcopirita-pirita con Au que aparecen en intrusiones de granitoides en contacto con la Serie Negra; ejemplos: La Sultana (Huelva) y la Hinchona (Badajoz).

Por último dentro de este grupo están los mayores yacimientos de la zona, como los skarns con magnetita, pirita y calcopirita, que se dan en el contacto de la formación carbonatada del Cámbrico con los macizos hercínicos. Son muy numerosos sobre todo en el sector Burguillos-Cala. Algunos de ellos presentan un interés minero renovado por la presencia de Au en los sulfuros; esta circunstancia se debe a un control geológico ya conocido, ejemplos son Aguablanca (Badajoz) y la Bilbaina (Badajoz). Excepcionalmente, como en el skarn de Aguablanca, los sulfuros asociados son más complejos y constituyen yacimientos de ciertas sustancias como el níquel.

b) Mineralizaciones hidrotermales sin relación directa con intrusiones ígneas.

En ellas se incluyen los filones hidrotermales de baja temperatura con galena, blenda, pirita y calcopirita con ganga de cuarzo y/o calcita. Es frecuente una segunda avenida hidrotermal con fluorita, barita y calcita. Encajan en fracturas tardías de distensión de direcciones variables, siendo la más frecuente N40°-60°E. Estos filones

se pueden agrupar, ya que presentan zonaciones relacionadas con los materiales encajantes y la temperatura alcanzada por el hidrotermalismo. Como ejemplo se puede citar el campo filoniano de Azuaga, con predominio de galena; el campo filoniano de Molinillos-Mina María con galena argentífera o el campo filoniano de Onza en donde las sustancias normales van acompañadas de W.

Dentro de este grupo podrían encajar las mineralizaciones de mercurio de la zona de Usagre, tratándose de reemplazamiento hidrotermal en las calizas de la Formación Usagre, dentro del dominio Zafra-Monesterio.

Otro tipo de mineralización de interés es la de cuarzo con mispíquel de alto contenido en Au (en forma de electrum) asociada a diques aplíticos que intruyen en la Serie Negra (ej. Los Molinillos-Tentudia).

En este tipo se incluirían también los diques de pegmatitas cuarzo-feldespáticas que aparecen en terrenos precadomienses ligadas a granitizaciones o domos térmicos como las pegmatitas de Sierra Albarrana, y las pizarras con andalucita de la Reserva Aguafría.

- **Mineralizaciones ligadas a zonas de cizalla.**

En la zona de Ossa-Morena hay numerosas estructuras de cizalla con deformación en régimen dúctil-frágil. Las milonitas generadas se pueden agrupar en dos grandes conjuntos: milonitas ligadas a la superficie de los cabalgamientos caledónicos y hercínicos, y milonitas ligadas a las fracturas longitudinales de desgarre levógiro.

La intersección de estas estructuras con formaciones volcanosedimentarias del proterozoico superior que contiene oro, como la Serie Negra, las series vulcanosedimentarias ácidas del tránsito Precámbrico-Cámbrico, y las series de gneises y eclogitas del corredor blastomilonítico Badajoz-Córdoba, dan lugar a potenciales metalotectos de oro de gran interés. En Ossa-Morena existen varias zonas que reúnen las características estratigráficas y estructurales para que aparezcan yacimientos de Au tipo Hemlo (Canadá).

Ya se conocen indicios de estas características actualmente en proceso de evaluación como: El Guijarro (Badajoz), de Au en mispíquel y S de Barrancos (Portugal), de calcopirita con Au.

No obstante falta por explorar la zona con características geológicas más favorables como es el Corredor Blastomilonítico de Badajoz-Córdoba. Su prolongación en Portugal está siendo investigada actualmente.

Además en este Corredor existen indicios como Cerro Buitrones, Casas de Buena vista y Mina Inglesita, que se describen como bandas gossanizadas ligadas a ortogneises con piritita, arsenopiritita y presencia de Au que encajarían en esta tipología.

3.4.-TELEDETECCION

3.4.1.-METODOLOGIA Y BASE DE DATOS

La aplicación de las técnicas de teledetección a proyectos de investigación geológico-minera se puede dividir en la práctica en dos partes:

- La primera es la espectral en ella se intentará realizar tanto una caracterización espectral de los materiales de la zona como de las alteraciones, tanto térmicas como meteóricas, que pueden haber sufrido los mismos.
- La segunda será la realización del estudio textural y el análisis de los lineamientos de las imágenes y su correlación con las anomalías espectrales de la zona.

Utilizando la información obtenida de otros trabajos de carácter más local y la experiencia previa en trabajos de teledetección como apoyo a la investigación geológico-minera, se han podido establecer las hipótesis de trabajo preliminares que lleven a la estrategia adecuada para el desarrollo del presente proyecto:

- 1ª - Se aprecia en las observaciones preliminares una importante discriminación de los diferentes tipos de yacimientos mineros en cuanto a su posición espacial respecto a las distintas unidades litológicas. Se observa una mayor densidad de indicios mineros encajando en las series del Precámbrico y Cámbrico, por lo que en un primer momento será necesario realizar procesamientos que permitan realizar la cartografía de estas unidades.

Teniendo en cuenta el carácter filoniano de gran parte de las mineralizaciones será aconsejable realizar un buen análisis estructural de las imágenes.

- 2ª - Los principales yacimientos de Fe están asociados a procesos de metamorfismo de contacto de calizas cámbricas por intrusiones graboicas, por lo que será necesario la caracterización espectral de estos.
- 3ª - Existen en la zona mineralizaciones claramente relacionadas con las intrusiones graníticas (Sn-W, U,...), por tanto habrá que efectuar un análisis espectral enfocado a la mejor clasificación de los afloramientos graníticos, y por otro determinar las aureolas de metamorfismo de contacto con el claro objetivo de estimar la posibilidad de granitos subaflorantes.
- 4ª - Existen otras mineralizaciones de interés (Pb-Zn, Fe-Cu y sulfuros complejos) que están asociadas al volcanismo, por lo que habría que realizar un estudio espectral para cartografiar estas zonas de una forma extensiva.

La metodología que se ha seguido para alcanzar los objetivos (Fig. 4) que se planteaban en este proyecto se basa en la consecución de las siguientes etapas:

- a) Selección y adquisición de las imágenes LANDSAT-TM que cubran completamente la zona de trabajo y se presten adecuadamente a cumplir los objetivos del proyecto.
- b) Corrección geométrica y georreferenciación de la imagen. Para la perfecta localización geográfica de los datos es necesario efectuar una corrección geométrica de los mismos, lo que permitirá conocer la coordenada de cada punto de la imagen.

La utilización del sistema de coordenadas UTM tiene el inconveniente que para amplias áreas existan cambios de zonas o husos, cambiando la dirección de la cuadrícula, y también que los límites de las hojas del M.T.N. no son paralelos a los ejes UTM. Sin embargo el empleo de las coordenadas UTM está justificado por su amplia difusión.

- c) Estudio estadístico y segmentación de la imagen. El objeto de esta etapa es conocer tanto la distribuciones marginales de cada una de las bandas como las correlaciones existentes entre ellas. Los resultados serán imprescindibles para los posteriores procesos que se apliquen a las imágenes.
- d) Siguiendo las estrategias establecidas se realizarán los procesamientos adecuados para resaltar los fenómenos supuestamente asociados a la mineralización, así como todos aquellos que de una forma positiva o negativa pueden influenciar en los resultados, como es el caso de la densidad de vegetación existente y por tanto el ocultamiento de las características del suelo.
- e) Se determinarán manualmente los lineamientos y la estructuración textural de las imágenes. Para el estudio estadístico de los lineamientos se utilizarán todos los obtenidos por los diferentes procesos. Con ésto lo que se consigue es una mejor calidad en la valoración de éstos.

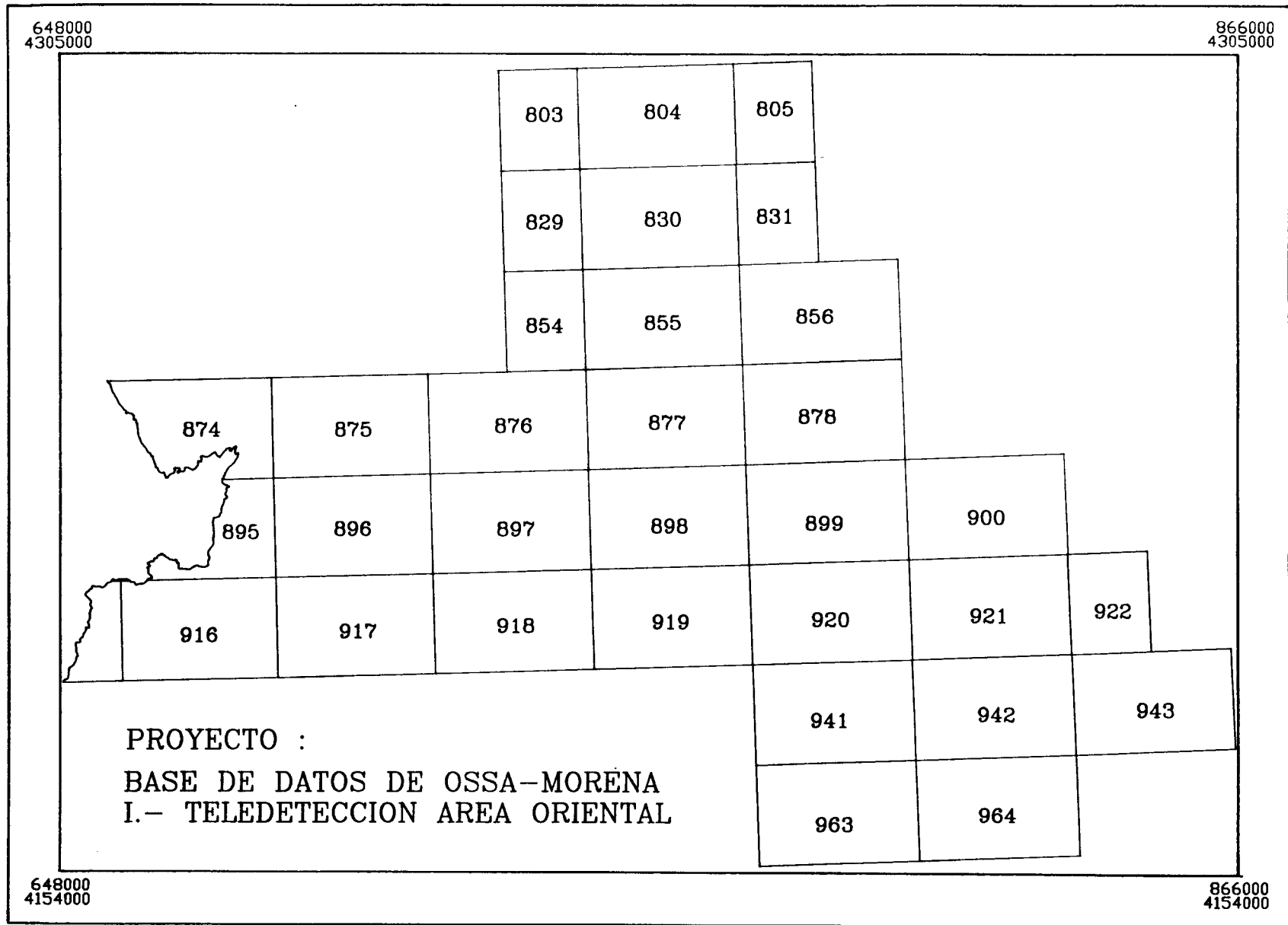


Fig. 4.- Distribución de la hojas topográficas 1:50.000 del M.T.N. que abarcan el área de trabajo para teledetección.

3.4.2.-SELECCION DE LAS IMAGENES

Para cubrir completamente la zona de estudio se precisó la adquisición de los siguientes cuartos de escena Landsat-TM:

Orbita	Fila	Cuarto	Fecha
201	34	1	04/07/85
202	33	3	18/08/87
202	33	4	18/08/87
202	34	1	28/06/86
202	34	2	28/06/86
203	33	4	06/08/86
203	34	2	05/07/86

Estas imágenes, una vez consultados los archivos de EUROIMAGE, se han considerado convenientes, presentándose libres de nubes y con unas características atmosféricas adecuadas en cuanto a transmisión de radiación.

Estas imágenes presentan algún pequeño problema de transmisión de datos pero que no interfieren en el desarrollo normal del proyecto.

Los cuartos de los extremos (201/34-Q1 y 203/33-Q4) cubren una pequeña superficie de la zona de trabajo, pero la necesidad de vigilar las desviaciones del satélite, la exigencia de cubrir toda la zona y la conveniencia de disponer de cobertura en el caso de que fuera necesario ampliar el estudio a alguna zona de interés limítrofe, hicieron necesaria su adquisición.

La fecha de adquisición de la imagen se consideró conveniente que fuera del verano. Dado que se pretende realizar tanto un estudio espectral como de lineamientos, hay que alcanzar una solución de compromiso con la elevación solar, pues para el análisis espectral lo más interesante sería adquirir una imagen próxima en fecha al solsticio de verano, mientras que desde el punto de vista estructural sería en general más correcto tener una elevación solar menor.

Para ello se decidió la adquisición en formato digital de las imágenes con fechas del verano (julio-agosto) y "hardcopies" en blanco y negro de la banda 4 del TM con fechas de invierno (enero-febrero). Con esto se consigue el doble objetivo espectral y estructural con suficiente garantía.

Las imágenes en formato "hardcopy" de la banda 4 de LANDSAT-TM con fechas de invierno, a una escala aproximada de 1:200.000, cubriendo la misma área que las imágenes de verano son las siguientes:

Orbita	Fila	Cuarto	Fecha
203	33	4	11/12/92
203	34	2	26/01/93
201	34	1	11/12/92
202	33	3	11/12/92
202	33	1	26/01/93
202	33	4	11/12/92
202	34	2	26/01/93

Se ha creído interesante antes de pasar a realizar estudios de mayor detalle sobre la zona de trabajo, analizar los cuartos de escena completa. Es posible ver como los diferentes ambitos estructurales de la zona observada son claramente diferenciales, lo que refuerza la veracidad de las grandes estructuras lineales que se detectan y que son de gran interés geológico en el contexto de la zona de estudio.

Esta consideración es de gran interés, no sólo por su importancia en el análisis de las imágenes, sino también por obtenerse mediante la observación de un fenómeno de forma objetiva por el interpretador. Un estudio más detallado muestra la existencia de los grandes lineamientos y los cambios espectrales y texturales entre los diferentes dominios de la Zona de Ossa-Morena, así como una serie de estructuras subcirculares no reconocibles en las cartografías geológicas.

La detección de estas estructuras subcirculares obliga a plantear como hipótesis de trabajo la de existencia de cuerpos en profundidad que han perturbado, bien de una forma activa o bien de una forma pasiva, la tectónica de la zona. Tanto en el interior de las estructuras como en sus zonas inmediatas se sitúan afloramientos graníticos, por lo que será necesario investigar detalladamente la hipótesis de que estas estructuras circulares sean debida a cúpulas subaflorantes, reforzando una de las hipótesis de trabajo expuestas anteriormente.

Desde un punto de vista espectral la zona se caracteriza por presentar unos fuertes cambios en la vegetación, principalmente debidos a las diferencias en el sustrato geológico y a los consiguientes cambios en los usos del suelo. Prácticamente en cualquier imagen se evidencia la diferencia mencionada, pero es en las bandas 5, 6 y 7 y su combinación "RGB" donde se resalta en mayor grado.

3.4.3.-CORRECCION GEOMETRICA DE LAS IMAGENES

Para la corrección geométrica de las imágenes se buscaron alrededor de 30 puntos de control en cada cuarto de imagen, que fueran fácilmente reconocibles tanto en las imágenes como en los planos del M.T.N. a escalas 1:100.000 y/o 1:50000, procediendo posteriormente a su digitalización.

Se escogió una rectificación lineal por considerarla mas que suficiente para los objetivos del proyecto. El cálculo de la transformación de rectificación se realizó por el método de los mínimos cuadrados y el error cuadrático medio se le exigió fue inferior a 45 m. Este error se alcanza eliminando de una forma iterativa los puntos de mas desviación o mayor residuo frente a los valores regresados, y repitiendo el cálculo de la regresión hasta conseguir un error inferior al máximo establecido como aceptable. Así se eliminaron los puntos necesarios, quedando en todos los casos como válidos un porcentaje superior al 70% de los puntos.

La rectificación se realizó por el método de "el vecino mas próximo" y el tamaño del pixel se estableció en 30x30 metros. La proyección y el sistema de coordenadas escogido fue el UTM, estando la zona de trabajo dividida entre las zonas 29 S y 30 S y habiéndose usado la zona 29 S para la realización del trabajo. Las imágenes resultantes tienen un tamaño variable dependiendo del porcentaje de cobertura sobre la zona de trabajo. Se ha seleccionado el sistema de coordenadas UTM porque es el que se usa de una forma mas amplia en la cartografía actual a las escalas de este proyecto.

Posteriormente se realizaron, a partir de los cuartos de escena, mosaicos de las imágenes que incluye la cobertura de toda la zona de trabajo. No se realizaron ajustes espectrales entre las diferentes imágenes, debido a que para resolver los objetivos del proyecto es muy importante conservar sus características espectrales originales.

Para facilitar el desarrollo del proyecto se prepararon cuatro ventanas rectangulares resultando cubierto todo el área sobre el que se realizó el estudio de teledetección. Las coordenadas que delimitan estas cuatro ventanas son las siguientes:

ZONA	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax
Serena	207530	280290	4303850	4362470
Cala	120590	208010	4270380	4347990
Azuaga	207990	279720	4245280	4299580
Lora	247720	337660	4227520	4302430

3.4.4.-ANALISIS ESPECTRAL

Sobre las imagenes construidas se realizaron los cálculos de los parámetros estadísticos básicos, así cómo los histogramas en las siete bandas. Se ha utilizado para la estimación una de cada diez columnas y una de cada diez filas, lo que hace que se haya utilizado un 1% de los pixels, porcentaje que se ha considerado como suficiente para el estudio estadístico de la imagen. Los parámetros estadísticos básicos, necesarios para los procesamientos realizados tales como ajustes entre bandas, ratios, componentes principales, etc., así como los utilizados para el ajuste espectral de las imagenes de diferentes fecha para la realización del hardcopy quedan recogidos en la Tabla I.

Todo este estudio se ha realizado sobre los datos originales, sin ningún tipo de corrección espectral especial a excepción de la que realiza EUROIMAGE previamente a la comercialización. Espectralmente se han utilizado "Look Up Tables (LUT)" lineales, comprendidas entre la media menos dos veces la desviación típica y mas dos veces la desviación típica.

--- TABLA I ---

BANDA TM	MEDIA	MEDIANA	DESV.STD.	MAXIMO	MINIMO
1	85,3	84	11,6	134	0
2	40,7	40	9,0	110	0
3	50,5	49	14,4	120	0
4	75,8	75	12,6	141	0
5	125,1	126	28,1	255	0
6	153,2	157	12,3	199	0
7	58,3	58	15,9	255	0

TABLA I .- Parámetros estadísticos medios de las imagenes.

Para el cálculo de ratios se hicieron las transformaciones convenientes para que la media y la desviación de las dos bandas utilizadas fueran las mismas.

El análisis espectral de las imágenes viene controlado por las hipótesis genéticas ya expuestas anteriormente pero antes de introducirse en los procesos específicos determinados por las estrategias de tratamiento asociadas a dichas hipótesis, es conveniente comentar algunos rasgos de las imágenes banda por banda y en sus combinaciones y procesos mas básicos.

Análisis monoespectral

De la primera observación de las imágenes satélite que abarcan la zona de trabajo se desprende la existencia de tres grandes áreas con características muy diferentes. (Fig. 5)

La zona "A" se caracteriza por ser una zona cultivada ocupada principalmente en secano, y que presenta una vegetación en general relativamente poco densa lo que no dificulta el estudio de las características espectrales del suelo. En algunas partes de esta zona "A" la vegetación adquiere una densidad más elevada.

La zona "B" sin embargo se caracteriza por una densidad de vegetación viva generalmente alta, salvo en zonas concretas. En esta zona se mezclan las zonas de monte boscoso que son las dominantes con zonas de vegetación de matorral e incluso zonas de campos de labor con dehesa.

Por último se encuentra la zona "C" que es la correspondiente casi exclusivamente al valle del Guadalquivir y dónde la información espectral que domina es la debida a los cultivos de regadío. Dada la intensidad de cultivo, esta zona es espectralmente inútil para el presente proyecto. Desde un punto de vista geológico, la división espectral corresponde a las grandes unidades presentes, controlando claramente la geología a la vegetación.

Es interesante resaltar el hecho de la dificultad que presentan la separación espectral de algunas de las zonas de afloramientos de rocas graníticas frente a las series sedimentarias encajantes, lo que no es habitual por el muy distinto tipo de suelos que suelen dar ambos tipos de materiales.

En algunos casos como, el granito de "El Pedroso", no presenta dificultades mayores en su diferenciación espectral, presentando incluso tres zonas claramente diferenciadas tanto espectralmente como texturalmente. Así, se divide en una parte norte caracterizada desde el punto de vista textural por ser relativamente plana, una parte central que presenta una red de drenaje muy encajada y por tanto una textura de alta frecuencia espacial en la imagen y por último, una zona correspondiente al apéndice suroriental donde la textura sin ser tan plana como en la zona norte no presenta las componentes de alta frecuencia de la zona central. Desde el punto de vista espectral se puede decir lo mismo, pero es necesario avanzar mas en el análisis de la imagen para verificar cuanto de ésta separación espectral es debida a la componente de vegetación y cuanto al suelo, pues hay claras diferencias en la vegetación. Así, mientras la zona norte es de dehesa, la del centro es una vegetación mas frondosa (eucaliptos) y la suroriental es de secano. En cualquier caso, es claro desde el punto de vista del análisis de imágenes que el granito de "El Pedroso" se puede dividir en tres unidades.

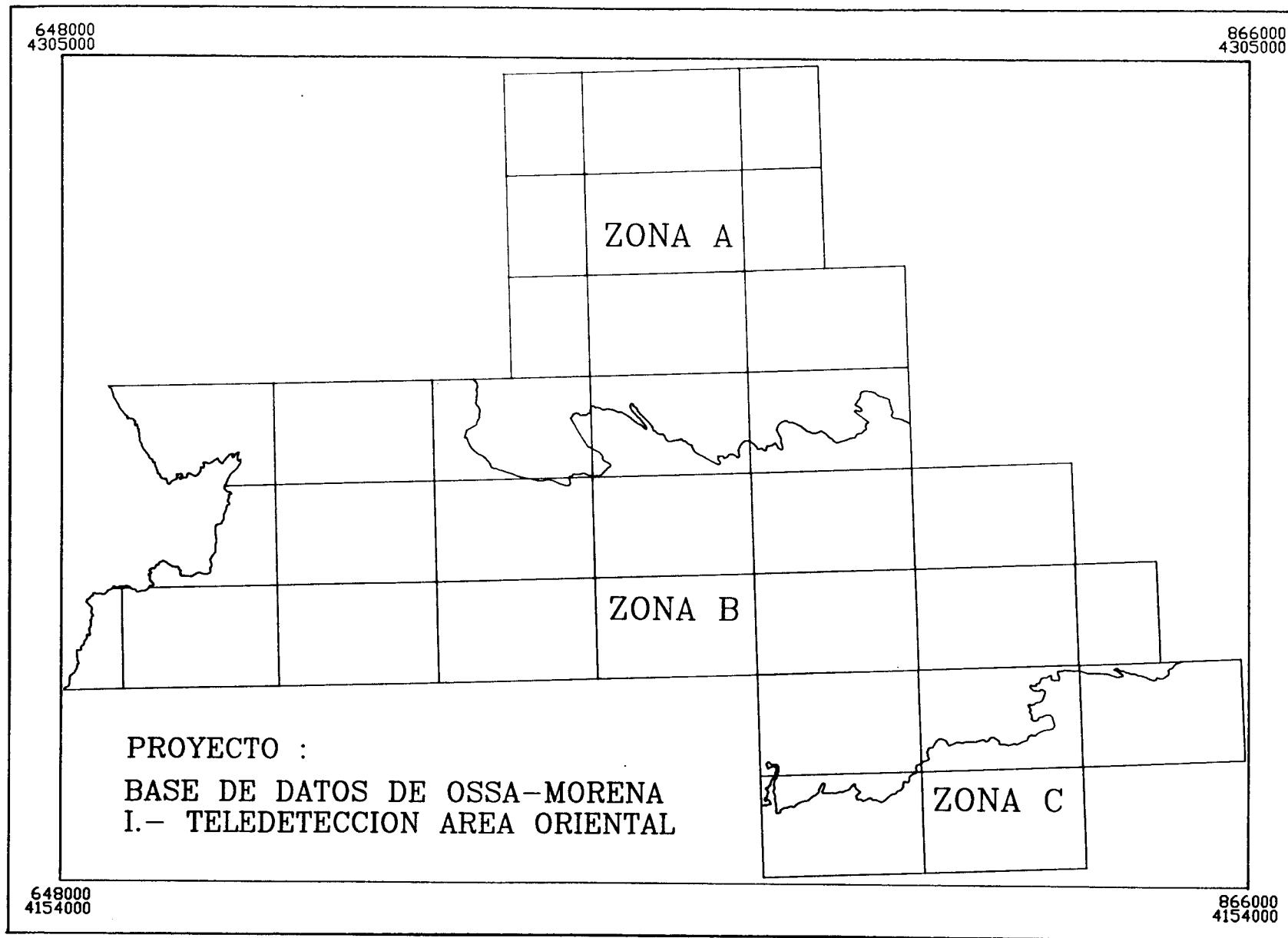


Fig. 5.-

Zonas detectadas en la estratificación preliminar de las imágenes satélite (Landsat - TM).

En otros por el contrario no se observa ninguna separación espectral clara con su encajante, a pesar de que las diferenciaciones existentes en su interior si se detectan, aunque en algunos casos estas no concuerdan adecuadamente con las cartografías geológicas.

Cabe resaltar que las combinaciones RGB de bandas simples que mejor discriminan los diferentes ambitos geológicos para la mayor parte de la zona de trabajo son aquellas que incluyen las ventanas del rojo e infrarrojo proximo (3,5,7 y 4,5,7), dando estas buenos resultados y siendo la influencia de la abundante vegetación en algunas áreas la que entorpece en mayor grado la separación espectral de diferentes materiales geológicos (Fig 6).

Componentes principales

Como segundo paso del análisis espectral y siguiendo la sistemática habitual, se realizó un análisis de componentes principales (PC). Para aquellas áreas donde se intentó discriminar determinados aspectos de las imágenes en base a los objetivos en este punto del proyecto y conocer el comportamiento multivariable de los datos en estas áreas, se ha considerado oportuno introducir las siete bandas no excluyendo la térmica (Banda 6) y calcular la matriz de covarianzas en todo el área.

Igual que con las bandas originales, se ha realizado una serie de observaciones que recogen individualmente cada una de las componentes principales para todo el área.

Para el calculo de las componentes principales de las imágenes se ha escalado la salida de cada de una ellas según el valor de la media mas/menos tres veces el valor de la desviación típica, no realizándose ninguna modificación posterior a las calculadas.

La información general extraible de cada una de las componentes principales es la siguiente:

- PC1: Como es habitual esta es una imagen promedio de las siete originales. Su mayor interés se cifra en la información geográfica que facilita. La información textural es muy interesante así como la de lineamientos. Las zonas mas vegetadas aparecen en oscuro.
- PC2: Imagen que contiene mucha información acerca de la vegetación. Su nivel de gris es proporcional a la intensidad de vegetación (blanco zonas de mucha vegetación, negro zonas de baja vegetación). Es interesante resaltar los pasillos de dirección aproximada N80 E existentes en el sector sur de la imagen y en particular en los alrededores del Granito de "El Pedroso".

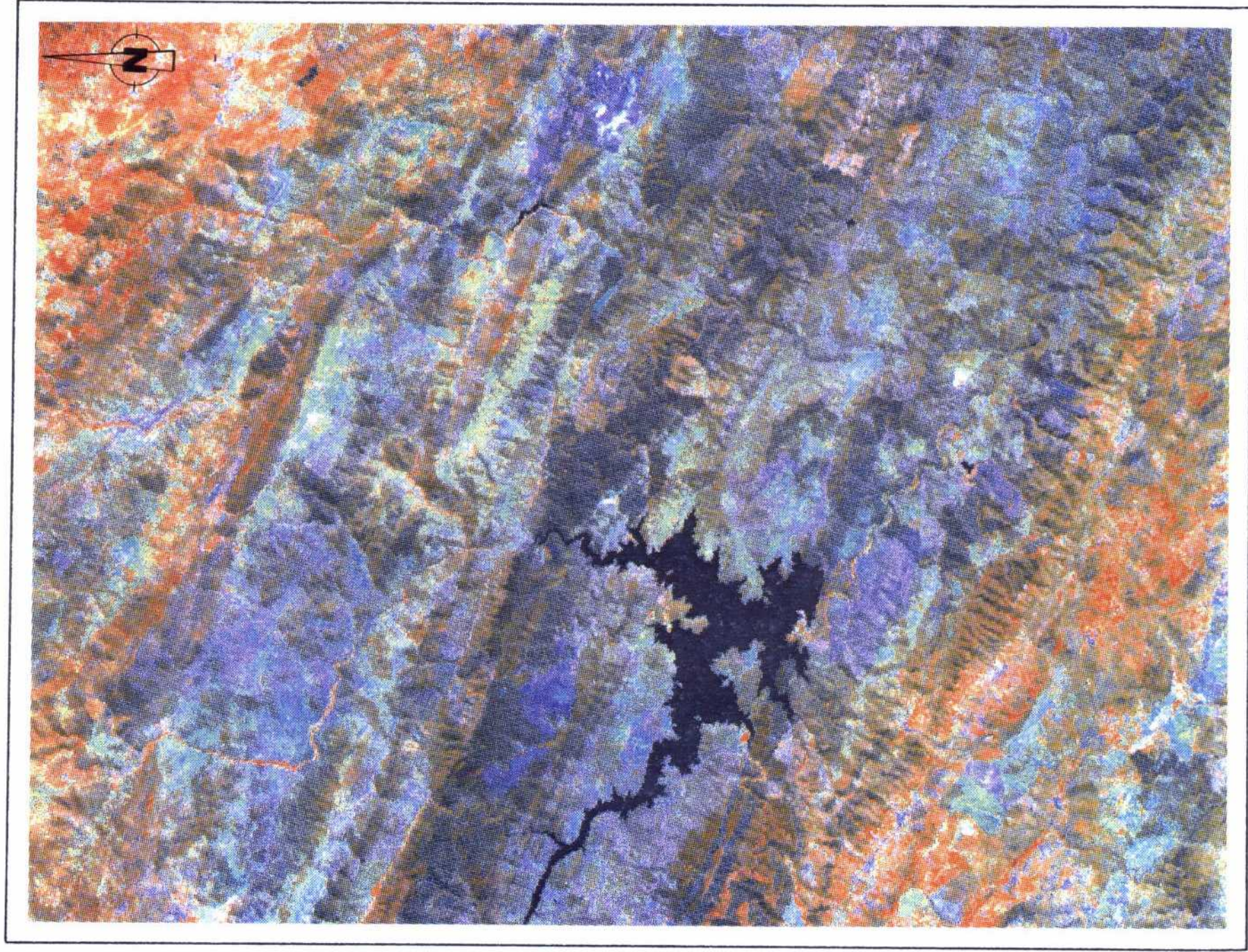


Fig. 6.- Imagen landsat de la zona del Embalse de Aracena. Combinación RGB (4,5,7).

- PC3: En esta componente se realiza una buena separación de los granitos. Esta separación se debe principalmente a las diferencias entre la banda 5 y la 3. Se diferencian bien los Terciarios. Se diferencian claramente como anomalía espectral unas zonas con tonos mas oscuros, cuyos límites coinciden con los límites de intrusiones graníticas, pudiendo ser debidas a alteraciones debidas a los mismos. Esto puede tener interés en cuanto se podrían ampliar las zonas de metamorfismo de contacto con las intrusiones graníticas. También se diferencian bien los depósitos Terciarios y Cuaternarios.
- PC4: Esta componente viene controlada muy fuertemente por la banda 6, pero refleja claramente información litológica a la vez que pierde grandemente la influencia de la vegetación.
- PC5: Permite establecer diferencias litológicas en las series detríticas y volcánicas del precámbrico y cámbrico. Es interesante para cartografías litológicas en algunos casos. En blanco aparecen las zonas de suelo expuesto.
- PC6: Permite establecer claras diferencias entre tipos de vegetación, no obstante en esta componente ya aparece bastante ruido.
- PC7: Esta imagen es ya muy ruidosa debido a la escasa información que participa en esta componente principal.

En cuanto a las combinaciones RGB de las componentes principales, las PC234 y PC235 cartografían correctamente gran parte de las litologías que afloran en la zona de trabajo, sin bien combinando la información espectral con la textural. Existen algunas pequeñas diferencias entre las separaciones litológicas realizadas en las cartografías y las que se estiman de la observación de estas imágenes, en particular los contactos de las rocas intrusivas. No obstante y teniendo en cuenta las dimensiones de la zona de trabajo y la escala utilizada, seria aconsejable la delimitación de estas diferencias a partir de cartografías más detalladas.

Estas combinaciones también reflejan muy adecuadamente la diferenciaciones de los granitos, mostrándolos claramente en varias de las principales intrusiones de la zona de trabajo y obteniéndose una caracterización adecuada. También se distinguen perfectamente bandas espectrales de dirección NO-SE a E-O y pasillos de lineamientos de dirección N80°E

Vegetación

Por ser de interés prioritario en trabajos de teledetección, tanto para el interpretador humano como para procesos posteriores de descorrelación estadística de cualquier otra información extraíble de las imágenes satélite, es necesario calcular un índice de vegetación de la misma. Por ello se calculó la distribución del índice de vegetación para el total del área, representándolo en colores en lugar de en blanco y negro por ser más fácil su interpretación.

En estas imágenes se ve claramente la influencia que tiene en general la litología sobre el índice de vegetación. Así, sobre los materiales calcáreos se tiene una mayor vegetación que sobre los pizarrosos y éstos a su vez, que sobre los cuarcíticos. Las diabasas presentan también una vegetación alta frente a las pizarras. Por tanto en este caso no se debe despreciar la información vegetal para la cartografía geológica.

Independientemente de la información facilitada por la vegetación, el índice calculado hay que utilizarlo constantemente para poder estimar la fiabilidad de una afirmación sobre las características espectrales del suelo. Así cuando menor sea la vegetación, mas fiable será el resultado alcanzado.

Ratios y descorrelación

Una de las herramientas mas potentes en el análisis espectral de imágenes satélites para interpretaciones geológicas son los ratios. En este proyecto se ha considerado necesario probar los ratios $5/4$, $4/7$ y $5/7$ con la intención de detectar alteraciones (principalmente térmicas) y cambios litológicos en las rocas y los suelos que generan.

El ratio $3/1$ se ha calculado con el objetivo de estimar el contenido de óxido de hierro existente en el suelo. Para el análisis de la imagen resultante de este ratio hay que tener muy en cuenta la influencia de la vegetación.

En base a conclusiones alcanzadas en el análisis de componentes principales se añadió el ratio $5/3$, con el fin de intentar una clara separación espectral de algunos granitos y su encajante.

El ratio $5/4$ ha sido utilizado con éxito en la determinación de aureolas de metamorfismo de contacto en los Precámbricos de la Zona Centro-Ibérica. Se ha observado una fuerte influencia de la vegetación, pero no se vislumbra ninguna tendencia que demuestre que se esté cartografiando el metamorfismo de contacto (aumento o disminución del nivel de gris según se aproxime a granitos aflorantes). Esto puede ser debido a la complejidad litológica de la zona. De todas maneras se discutirá en mayor profundidad el significado de este ratio una vez que se haya eliminado la influencia de la vegetación. Se observan muy claramente en esta imagen los lineamientos $N80^{\circ}E$ en forma de pasillos.

El ratio $5/7$ suministra información sobre variaciones en la composición de las arcillas del suelo y es de utilidad tanto en la cartografía del suelo como en la litológica. Es interesante resaltar los tonos mas oscuros que aparecen en torno a algunos cuerpos graníticos, y una baja correlación con la vegetación. Como complemento a este ratio se han calculado también los residuos de correlación entre la banda 5 y la banda 7 y los resultados alcanzados son similares.

El ratio $3/1$ se ha calculado para usarlo como cuantificador de la cantidad de rojo en los suelos. Se cartografían satisfactoriamente los terrenos calcáreos y sus variaciones de facies. Este ratio es la base del modelo de prospección de los yacimientos de Fe y los asociados a rocas volcánicas y volcanosedimentarias, y por este motivo se ha

considerado oportuno realizar el procesamiento para toda la imagen. Para realizarlo, se ha procedido a efectuar en primer lugar un filtrado pasa baja con objeto de eliminar el ruido de la imagen, el cual es debido a las bandas utilizadas, para posteriormente realizar un "stretching" que permita visualizar adecuadamente no sólo las zonas de calizas, sino también las posibles anomalías de menor tamaño que estarían asociadas generalmente a las rocas básicas. Es importante señalar la existencia de algunas bandas de dirección Norte en las que este ratio da valores muy bajos.

El ratio 5/3 se calculó para resaltar las diferencias de los granitos, que se establecían por las diferencias entre la bandas 5 y 3. Con intención de aislar adecuadamente esta relación, se decidió calcular el ratio 5/3. Puede verse como en general los granitos se caracterizan por unos tonos mas blancos. Es interesante resaltar las diferencias existentes entre los contactos que se dibujarían a partir de la información espectral y los dibujados en las cartografías geológicas; estos son más uniformes en la separación espectral, lo que hace pensar en un control claramente tectónico.

El doble ratio $(3/4)/(4/5)$ ha sido utilizado en trabajos anteriores en un sector de la "Faja Pirítica" para la determinación de gossans. La aplicación de este ratio al área de estudio no parece aportar nueva información a grandes rasgos.

Como resumen de los ratios, se puede decir que éstos facilitan una información litológica clara e independiente, pero que necesita para su perfecto entendimiento de un apoyo de campo, a la vez que pueden suministrar al mismo trabajo de campo una ayuda a la cartografía.

Como ya se mencionó previamente, el ratio 5/4 que podría ofrecer una información interesante en cuanto a metamorfismo de contacto, tiene una excesiva influencia de la vegetación. Con objeto de eliminar esta influencia se ha planteado la estrategia de calcular los residuos de correlación entre el índice de vegetación y el ratio 5/4.

Otra posibilidad, que ha dado buenos resultados en otras áreas, es introducir además el ratio 4/7. Este ratio aporta nueva información sobre el metamorfismo, pero también está muy condicionado por la vegetación.

El proceso ha consistido en el calculo de las componentes principales de estas tres bandas (IV,5/4,4/7). La primera componente es el promedio de las tres imágenes de partida y no aporta ninguna información nueva. La segunda componente es parecida a los residuos antes calculados, pero con mejores características de contraste estando muy libre de la influencia de la vegetación. La tercera componente claramente diferencia tipos de vegetación. Por tanto la componente que está dando mejor información sobre el suelo es la segunda.

Es de destacar en esta imagen la presencia de una serie de anomalías espectrales (tonos oscuros), situados en materiales calizos. Otras anomalías se localizan sobre distintos materiales, limitadas por lineamientos N80°E, lo que refuerza su posible interés.

Como síntesis de todos los procesos anteriormente descritos tenemos la composición RGB dónde en el canal Rojo se ha puesto el ratio 3/1 que es el que da el contenido en

óxido de hierro en el suelo; en el canal Verde se ha puesto la componente segunda del análisis de componentes principales de la imagen "IV,5/4,4/7", por lo tanto el verde representa el metamorfismo de contacto; por último en el canal Azul está representado el ratio 5/3, que permite la identificación de algunos granitos.

Por tanto esta imagen representa la síntesis de los trabajos espectrales desde el punto de vista de la exploración minera, pues recoge la mayor parte de las hipótesis de trabajo (Fig 7).

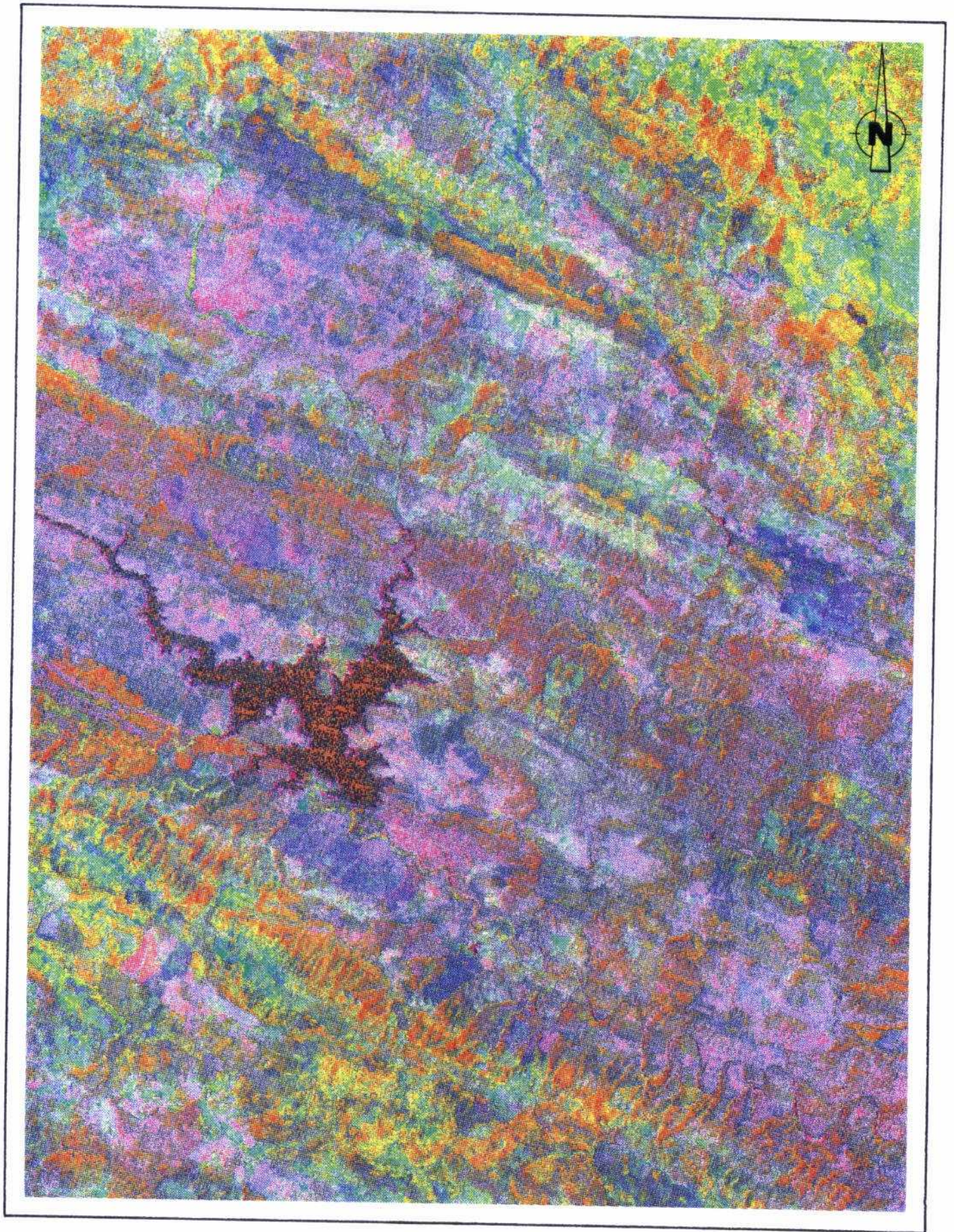


fig. 7.- Imagen Landsat de la zona del Embalse de Aracena. Combinación RGB de los componentes principales y ratios.

3.4.5.-ANALISIS DE LINEAMIENTOS

La experiencia en trabajos previos en el análisis de lineamientos utilizando estas técnicas, demuestra que el dibujo de lineamientos es en gran parte subjetivo. Esto se basa principalmente en que este proceso es mayoritariamente manual, realizado por una sola persona. Además las imágenes de partida utilizadas pueden ser de múltiples características y a escalas de trabajo variadas dependiendo su elección del interpretador.

Para obviar de alguna manera estos problemas, el método que se ha seguido a la hora de seleccionar y digitalizar los lineamientos se basa en que ha habido más de un intérprete en la selección y digitalización de los lineamientos, escogiendo éste las imágenes independientemente y utilizando diversas escalas de trabajo.

El resultado de este proceso ha dado una serie de direcciones preferentes, en las que los grandes lineamientos se concentran preferentemente en la dirección N110°-130°E, y en menor grado N75°-85°E y N10°-20°E. Los lineamientos de dirección N110°-130°E parecen claramente controlados por la litología (Fig. 8).

También se han estudiado las características espaciales de los lineamientos. Así se están obteniendo diferentes imágenes, destacando la densidad total de lineamientos, densidad total de longitud de lineamientos y densidad de lineamientos según intervalo de direcciones, aunque es necesario advertir que serian necesarios trabajos de detalle mas exhaustivos que completen un número mucho mayor de estructuras lineales para que los procesos estadísticos fueran fiables.

En estas imágenes, pueden verse distintas zonas que desde un punto de vista estructural pudieran ser interesantes para las mineralizaciones. Así, en las de densidad, se determinan las zonas de mayor número de lineamientos por kilómetro cuadrado o bien de mayor longitud de lineamientos igualmente por kilómetro cuadrado. La imagen de la entropía representa las zonas favorables por intersección de distintas familias de lineamientos. Los mapas de densidad de lineamientos en unas determinadas direcciones demuestran la existencia de pasillos preferentes de fracturación paralelos de dirección N110-130E, que concuerdan con los determinados en la observación de las imágenes.

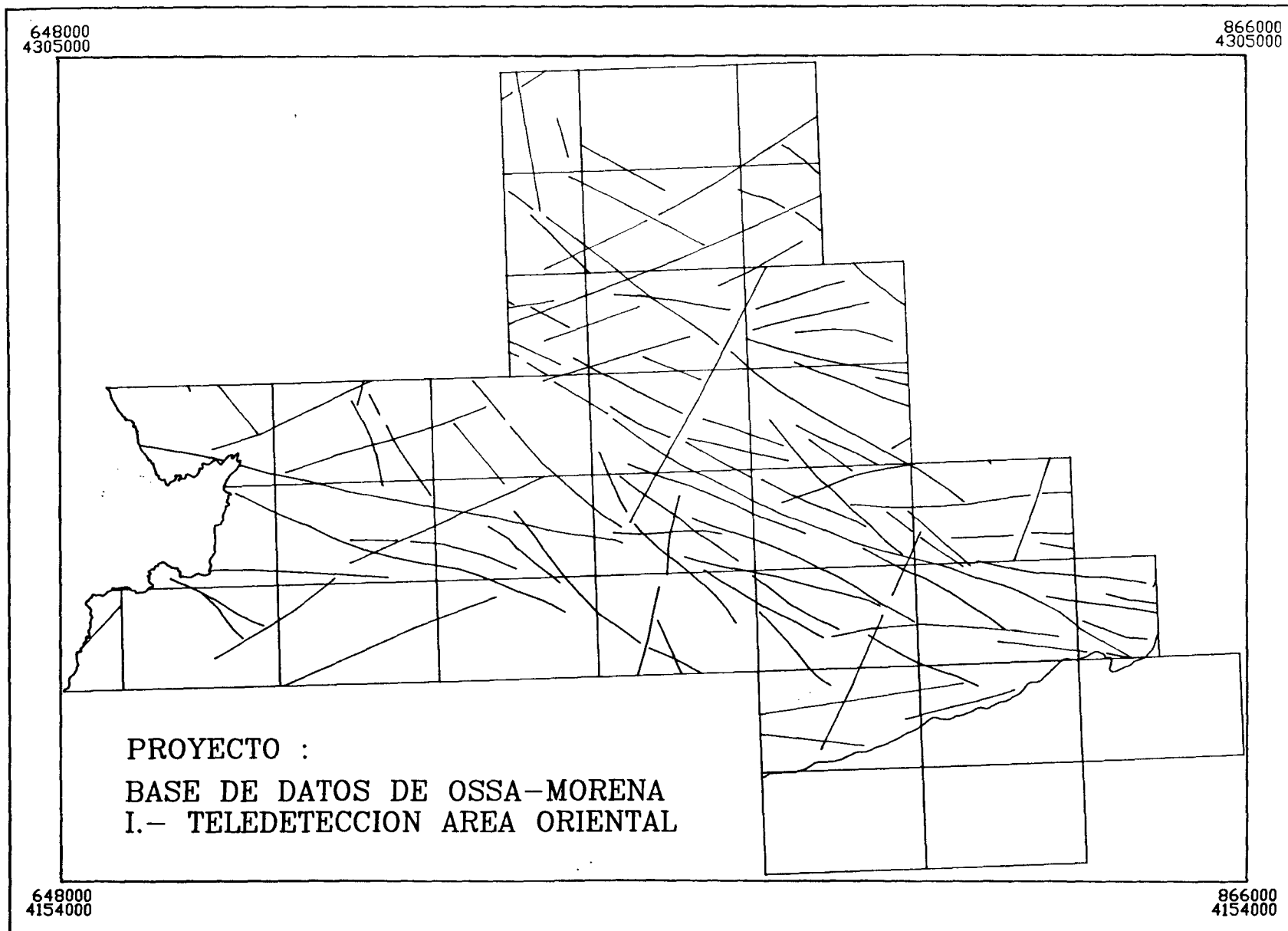


Fig. 8.- Principales lineamientos del área de trabajo para los estudios de teledetección.

3.4.6.-MAPA ESPECTRAL-ESTRUCTURAL

A la base de datos se han incorporado tanto las imágenes Landsat originales como una interpretación tanto espectral como estructural global del área de estudio. No se incorporan todos los procesamientos realizados para el estudio de teledetección ya que en su mayoría estos fueron realizados únicamente en pantalla para su análisis visual e interpretación in situ, lo que constituye la base de la utilización de los procesos interactivos de procesamiento e integración de datos.

Como es lógico, no es posible desarrollar unos modelos simples de tratamiento espectral de imágenes para dar solución a una problemática tan compleja como la que nos encontramos en este proyecto, donde existe una variabilidad litológica muy alta así como unos ambientes metalogenéticos con problemáticas muy diferentes. En base a esto será preciso recurrir a técnicas de integración de diferentes tipos de datos que nos permitan contruir unos modelos de exploración a nivel regional, utilizando la teledetección como otro más de estos, con mayor o menor peso en función del tipo y ambiente geológico.

Como observaciones generales se pueden citar las siguientes:

- 1.- En los macizos graníticos se pueden diferenciar desde el punto espectral y textural zonas diferentes con límites más o menos claros. Esto se puede deducir independientemente de la influencia de la vegetación.
- 2.- El metamorfismo de contacto determinado en el procesamiento de las imágenes no genera en principio una confianza alta, pero no se puede rechazar dada la complejidad de la zona y la falta de una información cartográfica de más detalle.
- 3.- Las imágenes obtenidas con el ratio 3/1 ofrecen un información útil acerca del contenido en óxido de hierro de los suelos y por lo tanto de interés tanto para la cartografía como para la exploración minera por la coincidencia de estas anomalías con indicios mineros de interés.
- 4.- La imagen resultante de la composición RGB de las componentes principales 2,3,4 aporta un valiosa información litológica que se podrá tomar en cuenta a la hora de realizar la revisión cartográfica de la zona.
- 5.- De la observación de las imágenes satélite se deduce la existencia de estructuras subcirculares o elípticas. Es de interés la potencial coincidencia de estas estructuras con posibles cúpulas subaflorantes y su relación con yacimientos.
- 6.- Desde el punto de vista minero el área de estudio se puede dividir claramente en varios dominios cuyos límites se pueden definir mediante los análisis conjuntos

de las características espectrales y estructurales de las imágenes satélite.

El plano de la interpretación espectral-estructural se realizó a base de interpretar visualmente, siempre desde un punto de vista de fotointerpretación geológica, tanto los "hardcopies" (banda 4) como todas las combinaciones y procesamientos realizados en pantalla. Como resultado se reconocieron un total de 36 clases, que se han diferenciado en base a características de color, textura, nivel de saturación, etc. algunas de las cuales pueden coincidir con las unidades delimitadas en el mapa geológico, aunque serán de mayor interés aquellas que presentan claras diferencias con el mapa geológico y que se localicen próximas a zonas de interés minero sobre las cuales sería interesante un estudio de mayor detalle.

Para la edición del plano que representa esta clasificación se realizó una correlación con las unidades geológicas con el fin de facilitar la interpretación conjunta de ambos tipos de datos.

Todos los elementos detectados (de tipo contacto, fractura o centroide) se digitalizaron directamente en pantalla utilizando para ello los siguientes códigos:

TIPO	CODIGO
<u>Tipo contacto</u>	
CONTACTO	201
CONT. SUPUESTO	203
CONTACTO-FALLA	205
<u>Tipo falla</u>	
FALLAS	208
F.SUPUESTAS	209
<u>Otros elementos</u>	
FRONTERA	41
LIMITE DE HOJAS	2
LIMITE EXTERIOR	40

Posteriormente después de su análisis y reinterpretación, los correspondientes ficheros se han transformado al formato ARC-INFO para su incorporación a la base de datos, generando la adecuada topología de arcos, polígonos y etiquetas de polígonos que permite compatibilizar toda esta información con los datos previamente almacenados.

3.5.- GEOFISICA

3.5.1.- CAMPAÑAS GEOFISICAS

Las diferentes campañas recopiladas, realizadas en la zona con métodos geofísicos, se han introducido en la Base de Datos y figuran en el listado que se incluye en el anexo de tablas.

Con los principales datos de referencia de cada campaña se ha elaborado una tabla en Dbase ,a modo de ficha, que recoge además una referencia cuantitativa del trabajo llevado a cabo y del método empleado.

En élla figuran la denominación de las distintas campañas, el número de la hoja 200.000 a la que afectan y el organismo fuente de los datos de la campaña en cuestión, así como la referencia asignada por él mismo.

Las diferentes campañas se han representado en un plano a escala 1:300.000, en el que figuran situadas con su referencia y con su perímetro dibujado (Fig 9).

Entre la documentación que se ha consultado figura el Mapa Aeromagnético de España Peninsular (Campo Residual) a E. 1:2.000.000 editado por el Instituto Geográfico Nacional, así como el Mapa Gravimétrico (Anomalía Residual) a E. 1.200.000 que cubre toda la zona que nos ocupa, realizado por la E.N. ADARO para el proyecto "Plan de selección de emplazamientos para almacenamiento de R.R.A.A."

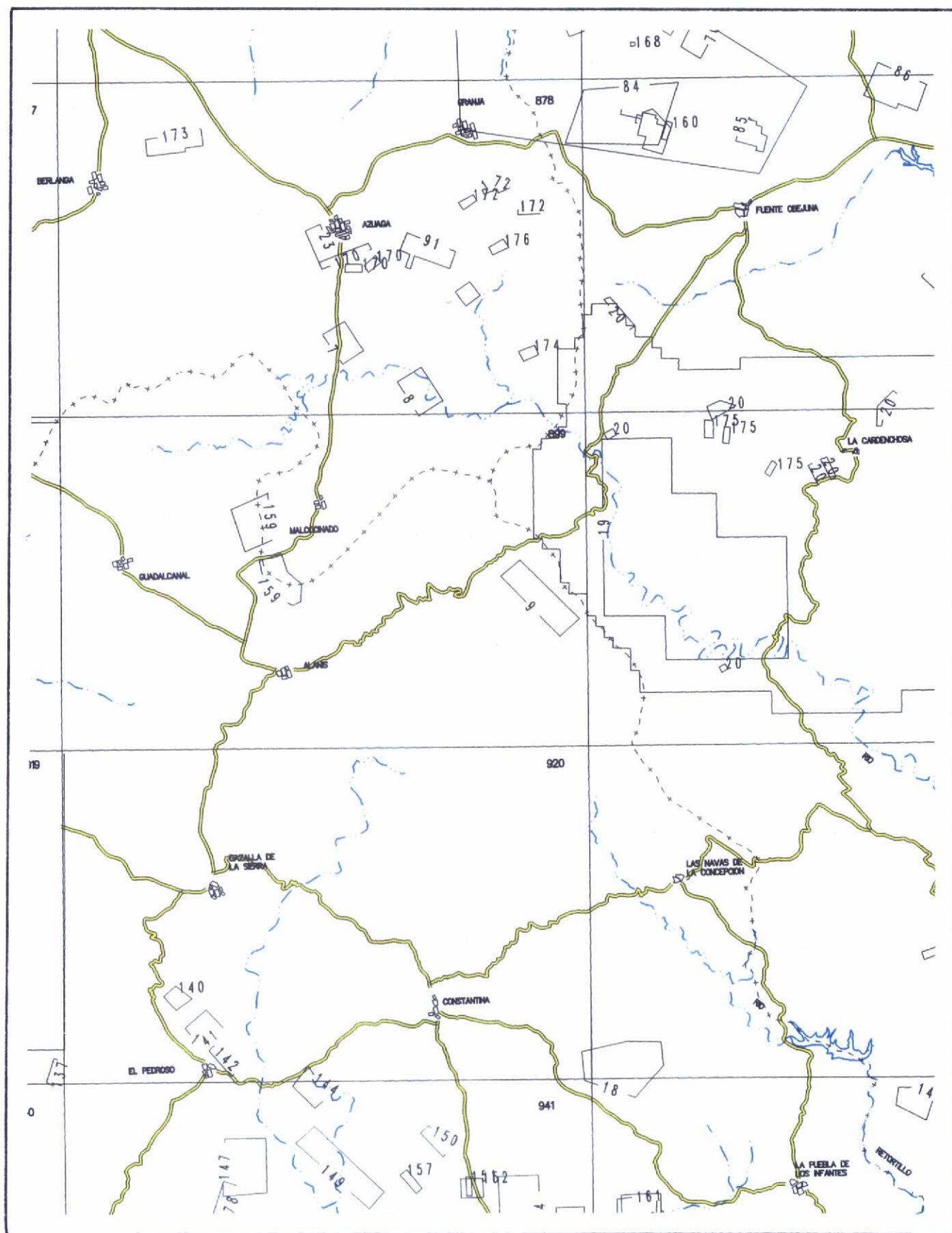


Fig. 9.- Representación parcial de las campañas geofísicas.

3.5.2.- DATOS AERO ESPECTROMETRICOS

La información que se ha incorporado se procede del vuelo aeromagnético-espectrométrico realizado para ENUSA y que cubre la totalidad de la zona de trabajo.

Las principales características de la campaña son:

Fecha Agosto-Noviembre 1980
 Dirección del vuelo N-S (N 30°-210° E).
 Separación de líneas de vuelo = 1.000 m.
 Líneas de control separadas 14 Km.

La información se tiene en dos formatos:

1º- Formato de tabla ASCII con las siguientes columnas

Clave: Número de la medida.
 Línea: Línea de Vuelo.
 Vuelo: Número de vuelo.
 Fecha: Fecha de la medida.
 Fiducial: Parámetro de control del vuelo.
 Coord x: Coordenada UTM X.
 Coord y: Coordenada UTM Y.
 Mag: Valor del campo magnético
 TC: Valor de Cuentas Totales.
 Th: Valor de Torio.
 K: Valor de Potasio.
 U: Valor de Uranio.
 H50: Hoja 1:50.000
 H200: Hoja 1:200.000

2º- Formato GRD-ASCII de Arc/Info construido con un tamaño de celdilla de 200 m., un origen de coordenadas UTM en uso 30 de X= 110100 e Y= 4170100, y un tamaño de 1749 columnas por 961 filas.

Se han incorporado seis ficheros que corresponden a susceptibilidad magnética (SM), campo magnético total (M), gradiente vertical del campo magnético (GM), uranio (U), torio (TH) y potasio (K).

Los datos correspondientes a este tema no han sido procesados debido a que ya han sido tratados previamente los datos originales de la campaña y cumplen los formatos precisos para su incorporación directa a la Base de Datos (Figuras 10 a 14).

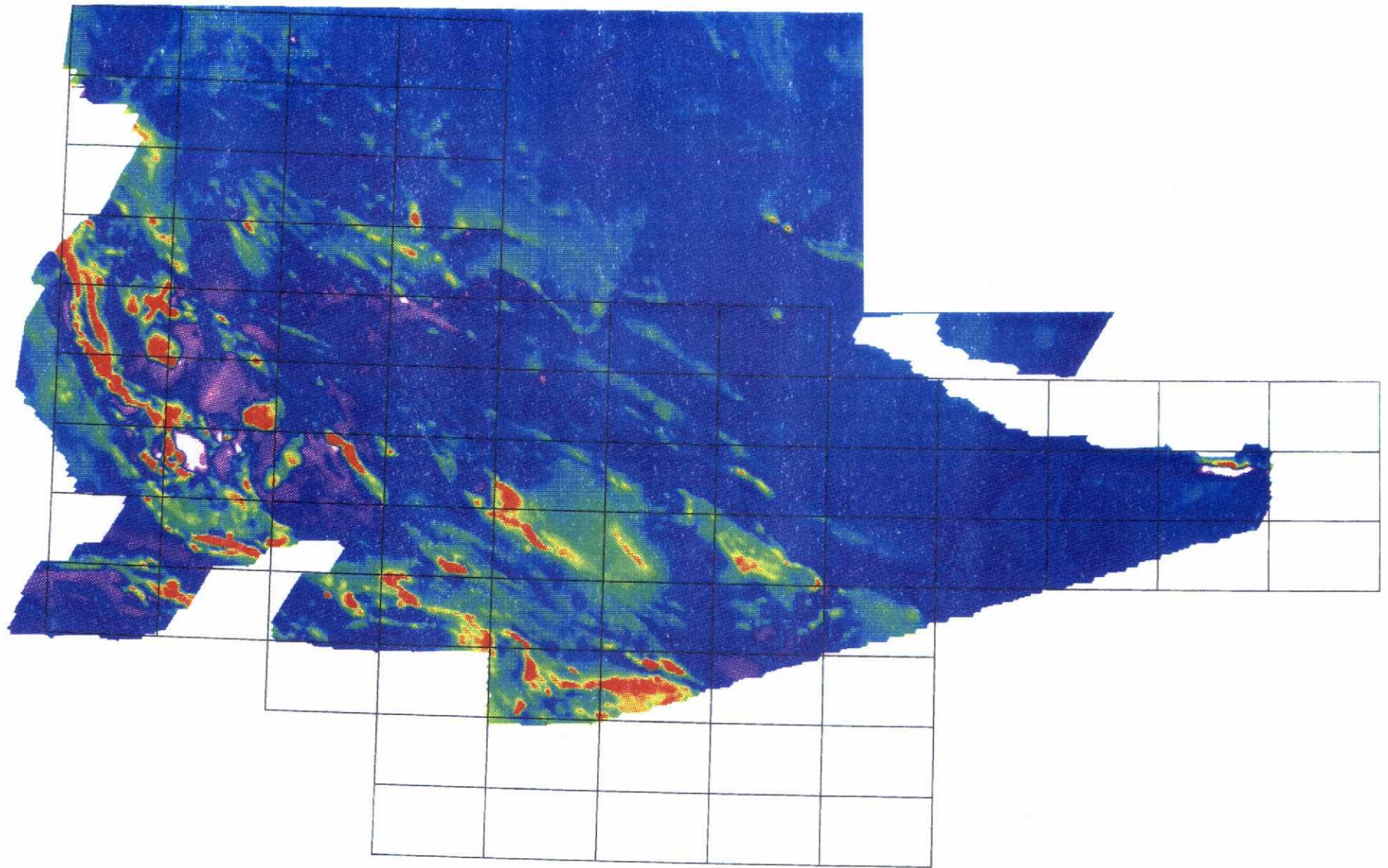


Fig. 10.- Imagen del campo aeromagnético.

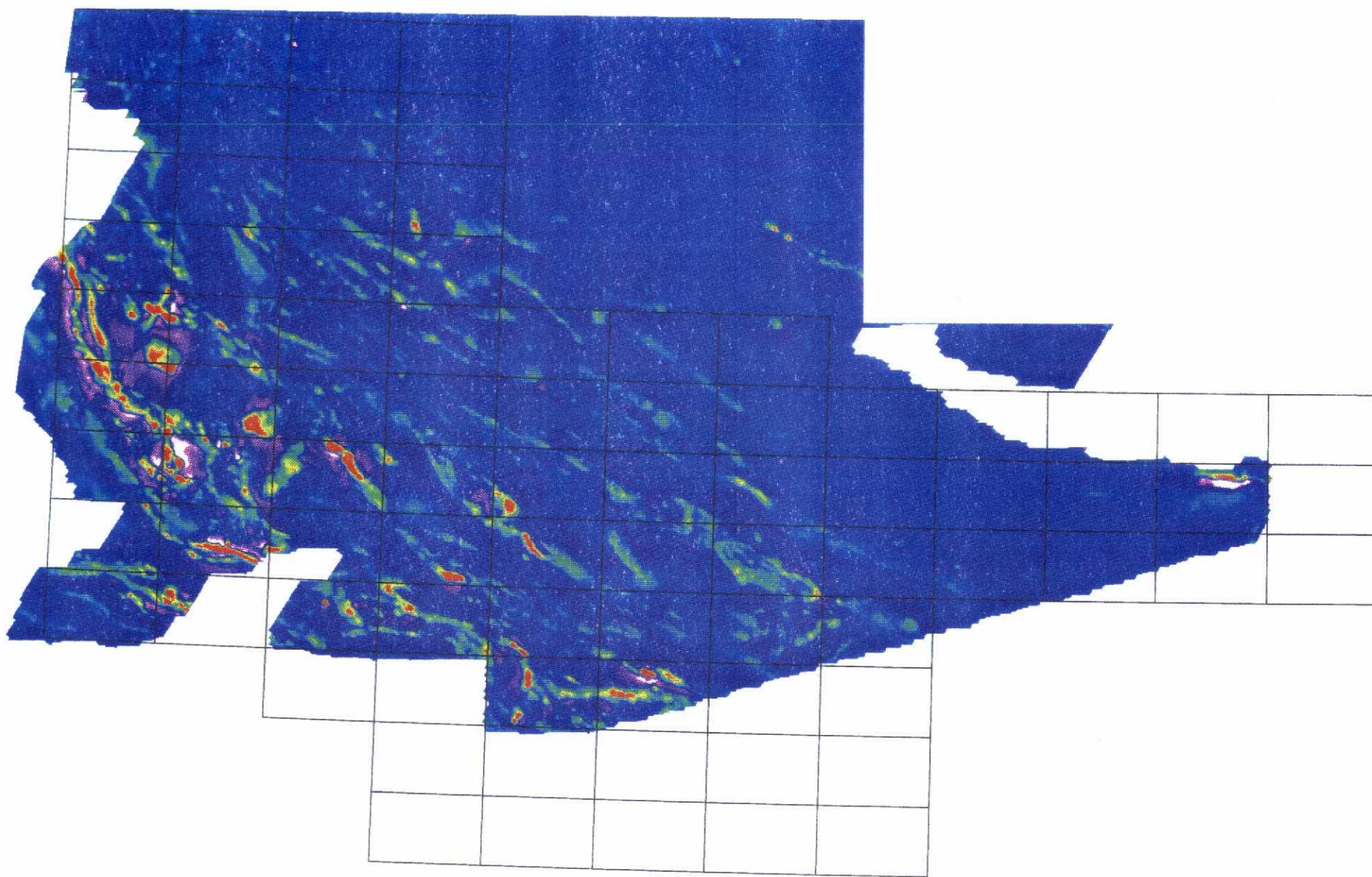


Fig. 11.- Imagen de la susceptibilidad magnética.

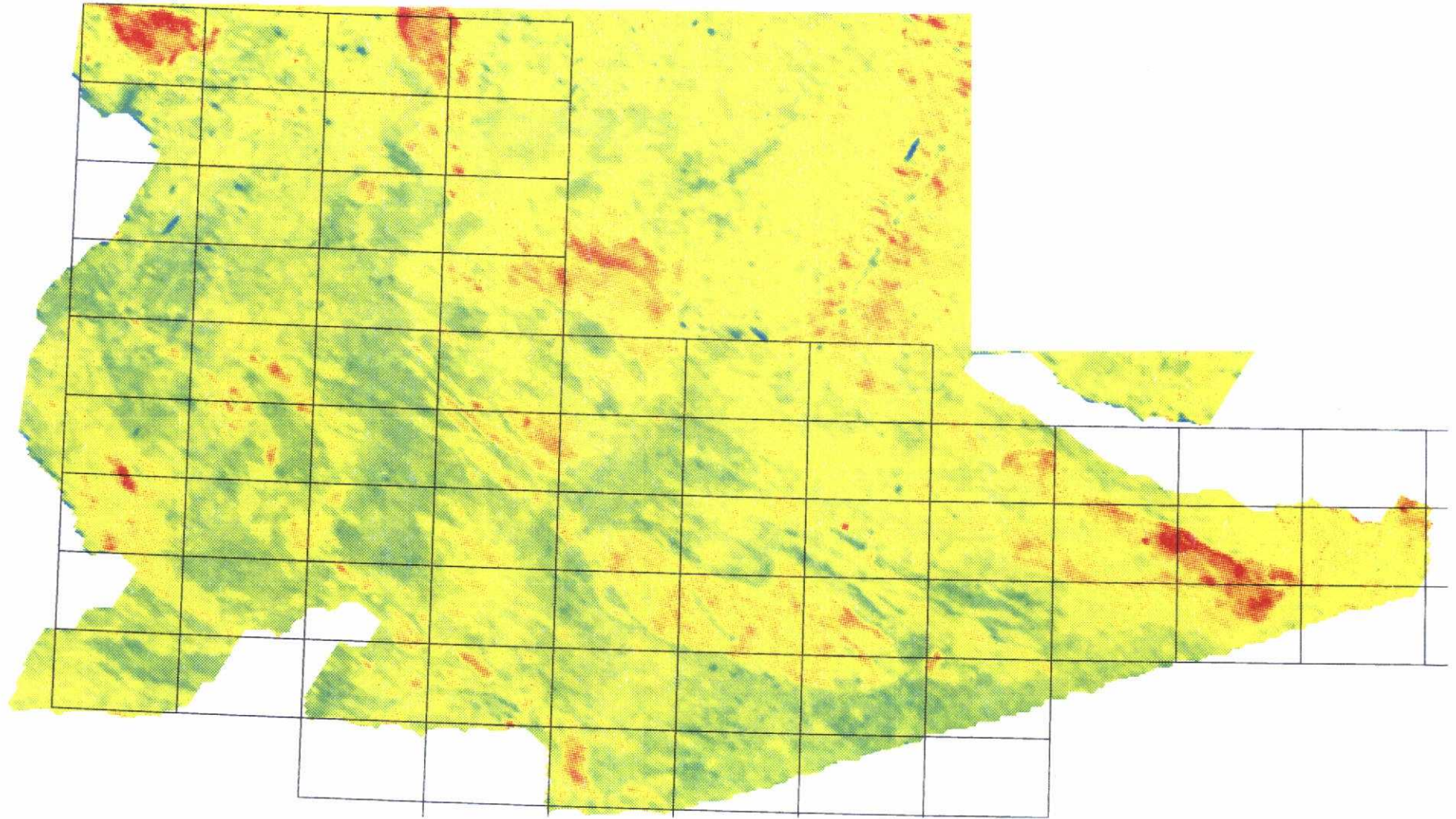


Fig. 12.- Imagen del U (vuelo aeromagnético-radiométrico).

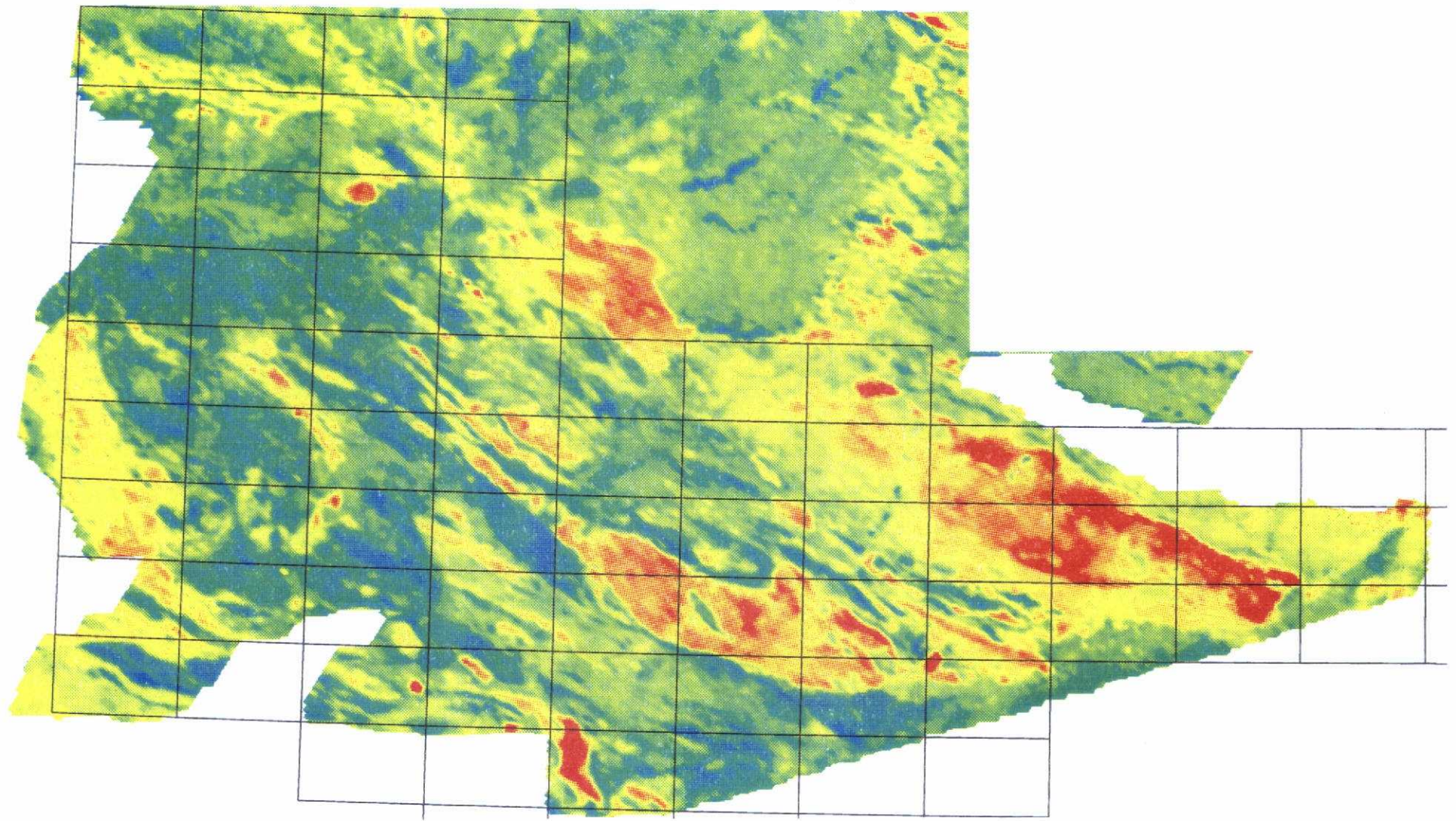


Fig. 13.- Imagen del Th (vuelo aeromagnético-radiométrico).

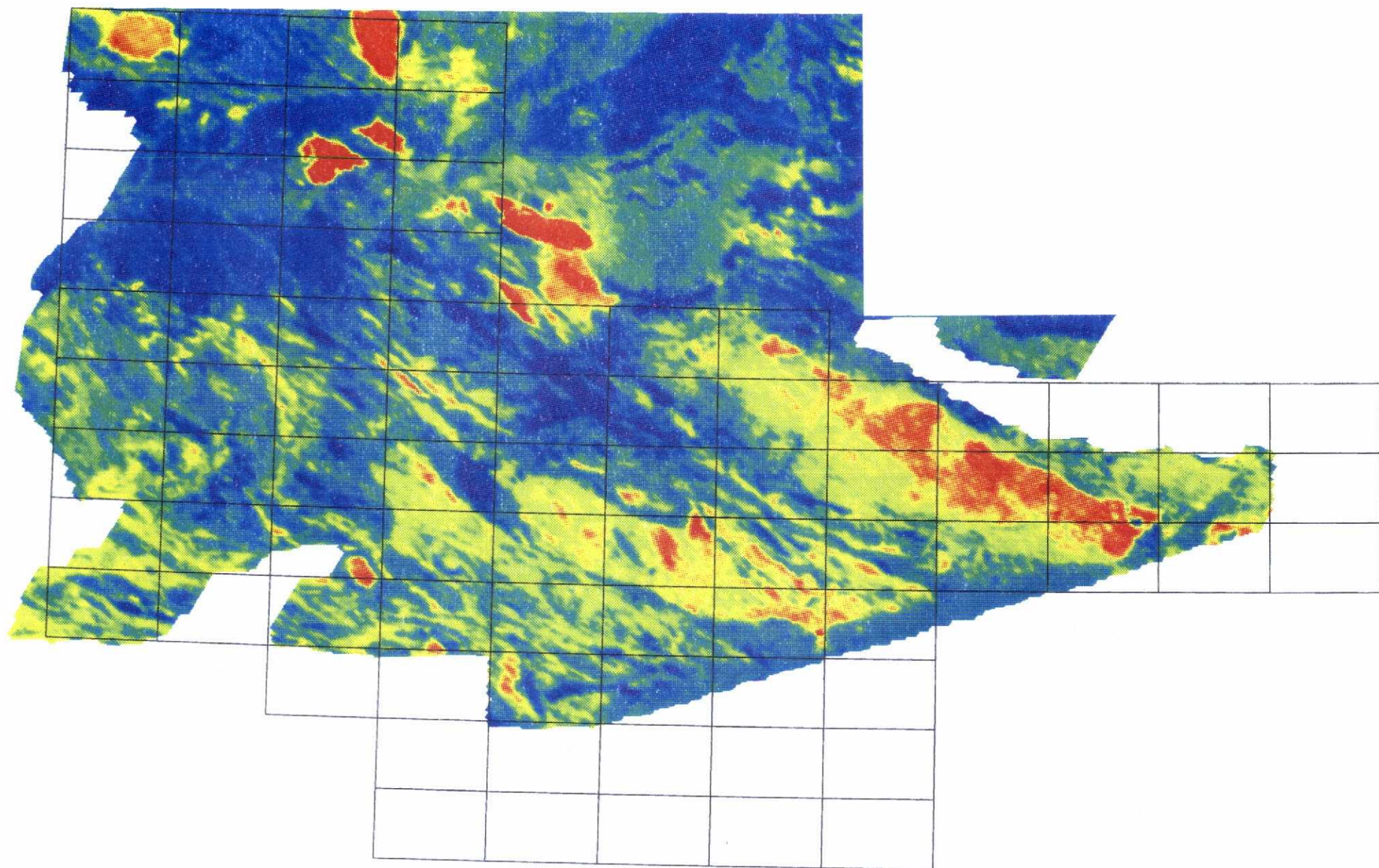


Fig. 14.- Imagen del K (vuelo aeromagnético-radiométrico).

3.5.3.- DATOS GRAVIMETRICOS

Se ha incorporado toda la gravimetría disponible a escala regional, perteneciente a ENRESA, y que cubre casi la totalidad de la zona de trabajo.

La campaña fué realizada a finales del año 1989 y se tomó una media de una medida por cada 16 Km².

Se ha calculado una anomalía de Bouguer para una densidad de 2,67, la cual se incluye en la tabla que se asocia a la estructura de puntos de esta campaña.

los datos almacenados en la tabla son los siguientes:

Número:	Número de la medida.
H200:	Hoja 1:200.000
H50:	Hoja 1:50.000
N Estación:	Número de la estación.
UTMX:	Coordenada UTM X original.
UTMY:	Coordenada UTM Y original.
UTMX30:	Coordenada UTM X en huso 30.
UTMY30:	Coordenada UTM Y en huso 30.
Z:	Valor de la cota de altitud.
Grav Obser:	Gravedad observada.
CTC:	Corrección topográfica próxima.
CTM:	Corrección topográfica media.
CTL:	Corrección topográfica lejana.
A Boug:	Anomalía de Bouguer para 2,67
Situación:	Localización del punto de medida.

No se ha realizado ningún proceso adicional al que se aporta, como el cálculo para otras densidades o la obtención de residuales. Debido tanto a los objetivos que se han planteado como a la gran extensión de la zona de trabajo se decidió la utilización de una imagen que definiera la estructura general del área y no a soluciones particulares (Fig 15).

No obstante, por la filosofía del propio SIG, cualquier procesamiento general o particular puede ser aplicado de una forma "rápida", tanto sobre todo el área como en cualquier zona de interés.

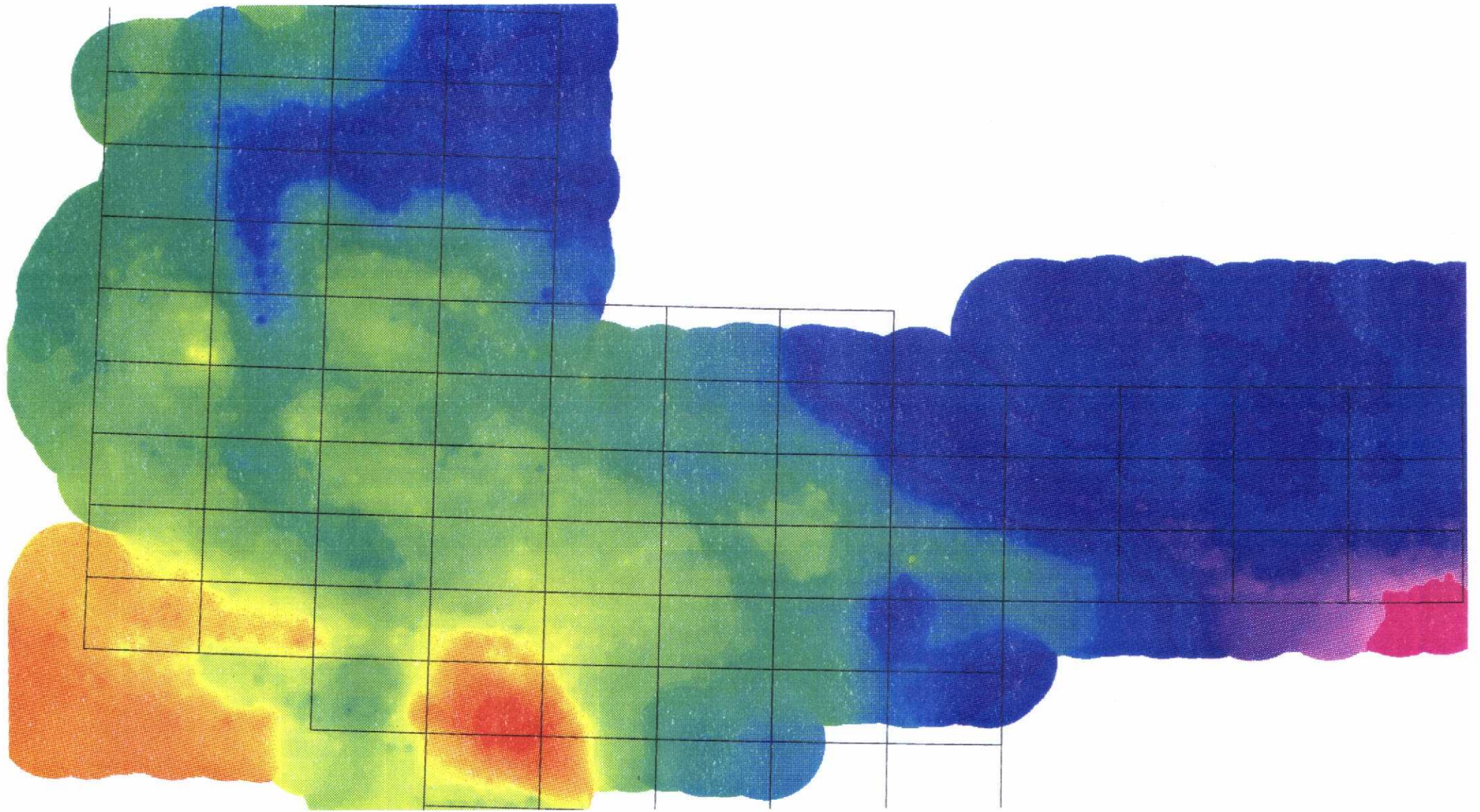


Fig. 15.- Imagen de la anomalía de Bouguer (calculada para una densidad de 2,67) donde se observa la tendencia regional.

3.6.- GEOQUIMICA

3.6.1.- CAMPAÑAS GEOQUIMICAS

Con la recopilación de una serie de campañas de geoquímica realizadas en la zona de Ossa-Morena se ha elaborado un fichero en Dbase que contiene, para cada campaña, los datos ordenados según las siguientes columnas:

Número:	Número de orden asignado.
Denominación:	Nombre de la campaña.
Hoja 200:	Número de la hoja 1:200.000 en la que está situada.
Referencia:	Número de referencia, dado por la entidad fuente.
Año:	Año de la realización de la campaña.
Sup. km ² :	Superficie en km ² de la campaña.
Bateas:	Número de bateas recogidas.
GEOQ. Arroyo:	Número de muestras tomadas en sedimento de arroyos.
GEOQ. Suelos:	Número de muestras tomadas en suelos.
GEOQ. Rocas:	Número de muestras tomadas en roca.
Densidad M/km ² :	Densidad de muestras por km ² . En esta columna y en la siguiente se usan los siguientes códigos: G.A. - sedimentos G.S. - suelos G.R. - rocas B - bateas
Elementos analz:	Número de elementos o especificación de los mismos.
Miner. en bateas:	Minerales estudiados en bateas.
Observaciones:	

En la base de datos se han introducido los arcos que delimitan las diferentes campañas con un código que enlaza con la tabla: número de orden asignado que permite localizar su situación en el plano a escala 1:300.000 en el que se han reflejado las diferentes campañas (Fig 16).

El listado del fichero que contiene la recopilación de las campañas se expone en el anexo de tablas.

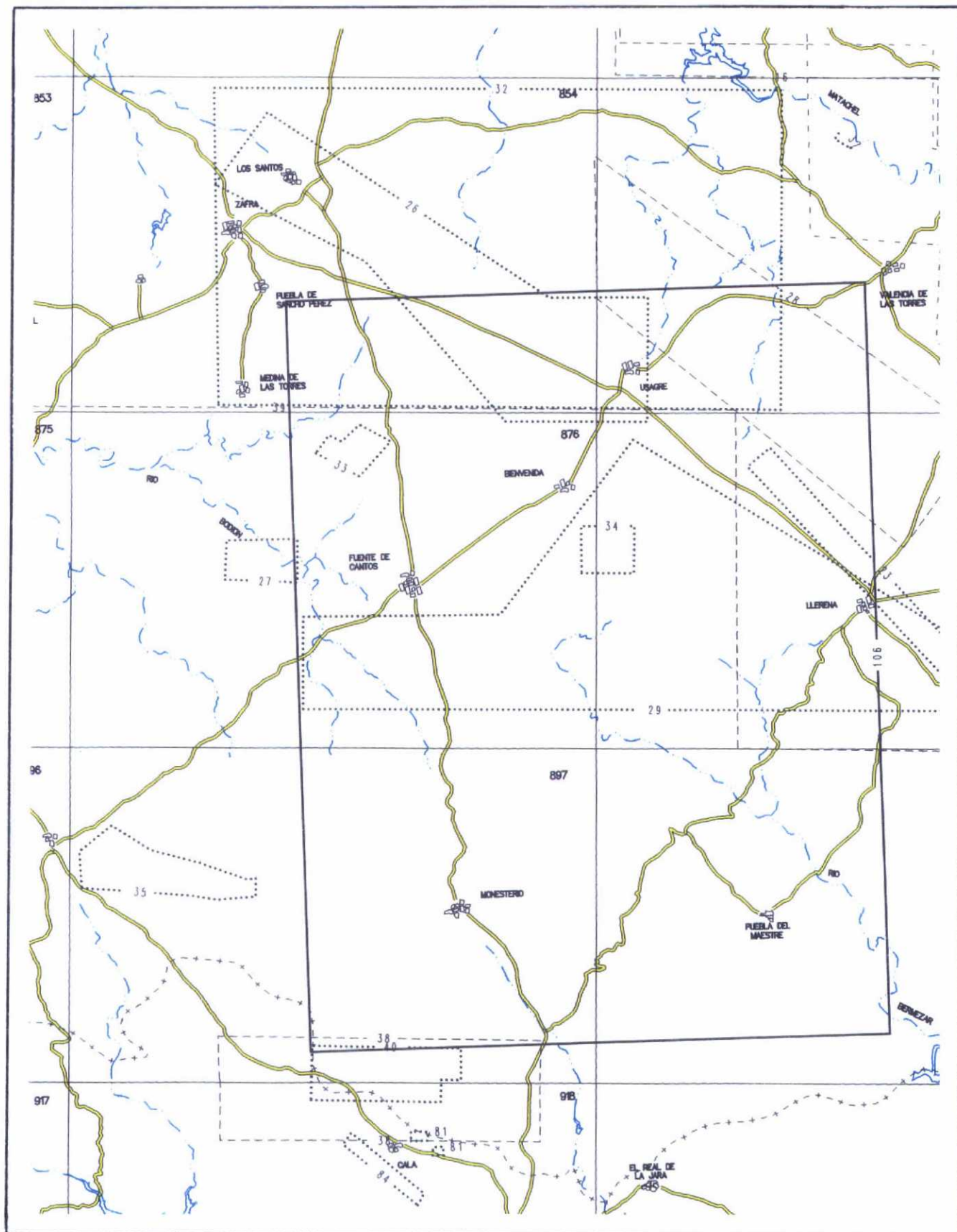


Fig. 16.- Representación parcial de las campañas geoquímicas.

3.6.2.- GEOQUIMICA DE SEDIMENTOS EN RED DE DRENAJE

Todas las campañas de geoquímica de sedimentos de red de drenaje que se han incorporado a la base de datos se corresponden con campañas estratégicas que abarcan en general áreas extensas y todas han sido analizadas por multielementos.

Se cuenta con los datos analíticos de las campañas del Proyecto "La Monaguera" y de los distintos proyectos realizados por el ITGE para el P.E.S. En su momento se podrán incorporar a la base de datos nuevos datos si el desarrollo del proyecto lo requiere.

Se ha incorporado toda la información de la reserva de "La Monaguera", que tenía la E. N. ADARO, con un total de 7.708 muestras analizadas.

Las campañas de geoquímica de arroyos disponibles por el ITGE (PES) (excepto Coto Carbonell) que se incorporaron corresponden a las siguientes reservas:

<u>campaña</u>	<u>número de muestras</u>
Pozoblanco	2.830
Ventas Quemadas	1.347
Alange-Campillo	1.984
Blazquez	2.246
Coto Carbonell	757

De la Junta de Extremadura se incorporaron dos campañas correspondientes a las zonas de Alburquerque y Llera, con un total de 275 y 380 muestras respectivamente.

Del archivo de MAYASA se incorporó la geoquímica de arroyos de la zona de Usagre con un total de 1395 muestras.

Teniendo en cuenta la diferencia tanto en método, laboratorio y análisis como en los objetivos de cada campaña (localización), es extremadamente complicado la homogeneización de estas por lo que se decidió mantener las diferentes campañas en tablas separadas unidas en el SIG por tablas de enlace a las coberturas de puntos de muestreo y campañas de geoquímica de red de drenaje.

3.6.3.- MINERALOMETRIA DE SEDIMENTOS EN RED DE DRENAJE

Se han incorporado todas las campañas de mineralometría de sedimentos en red de drenaje disponibles por el ITGE (PES), E.N. ADARO, la Junta de Extremadura y MAYASA que corresponden a las siguientes zonas:

<u>campana</u>	<u>número de muestras</u>
Monaguera	1.617
Ventas Quemadas	229
Alange-Campillo	608
Blazquez	241
Constantina	265
Usagre	323
Alburquerque	130
Llera	190

Al igual que en el caso de la geoquímica de sedimentos en red de drenaje los datos se han mantenido, en tablas separadas unidas a la cobertura de puntos de muestreo (para mineralometria y geoquímica) por tablas de enlace.

Hay que señalar que las campañas de Alburquerque y Llera, de la Junta de Extremadura, aparte del estudio mineralométrico aportan el análisis geoquímico de los concentrados.

4.- INTEGRACION Y EXPLOTACION INICIAL DE LA BASE DE DATOS

4.1.- INTEGRACION DE DATOS E INTERPRETACION

Se ha realizado la integración de los datos procedentes de diversas fuentes, tal como se ha expuesto en puntos anteriores (geología, indicios mineros, espectrales-estructurales, anomalías geoquímicas, magnéticos, radiométricos y gravimétricos) con el fin de caracterizar respuestas específicas en zonas con interés y favorables a la presencia de yacimientos minerales.

El gran volumen de información recopilada ha hecho difícil integrarla toda ella en la misma fase de trabajo (la superposición excesiva resta claridad al conjunto), por lo que los diferentes tipos de datos se han agrupado de dos en dos o de tres en tres, siguiendo una serie de fases en función de la importancia y de la captación de la información.

Los tipos de datos que se han utilizado en la integración son los siguientes:

- * Datos geológicos y mineros; se incorporaron las anomalías definidas por la interrelación entre la disposición espacial de los diferentes tipos de indicios mineros y las características geológicas de las zona de estudio.
- * Datos espectrales/estructurales; se utilizó principalmente como apoyo a la interpretación geológico-minera definiéndose tanto anomalías espectrales como estructurales.
- * Datos geoquímicos; se incorporaron las anomalías geoquímicas digitalizadas, de las interpretaciones previas, tal como se habían recibido.
- * Datos gravimétricos; aportaron una información muy general debido a la escala de trabajo, destacándose la tendencia regional con pequeñas variaciones locales.
- * Datos radiométricos; corresponden a los valores de cuentas totales del Th, U y K. Se estudió, en primer lugar, la respuesta de los diferentes tipos de litologías (principalmente granitoides). Posteriormente se hizo un tratamiento tipo RGB (combinando Th,U y K, por este orden - ver Fig. 17) donde se aprecian las diferencias litológicas en encajantes y granitoides en función de la respuesta combinada de los tres radionucleidos. Las radiometrias son óptimas a la hora de separar cuerpos graníticos en función de su composición, que a veces coincide con la tipología cartográfica, y para separar, a gran escala, grandes unidades litológicas. La escasez o nulo desarrollo, en general, de los recubrimientos Terciarios y Cuaternarios permite visualizar bien toda la estructura.

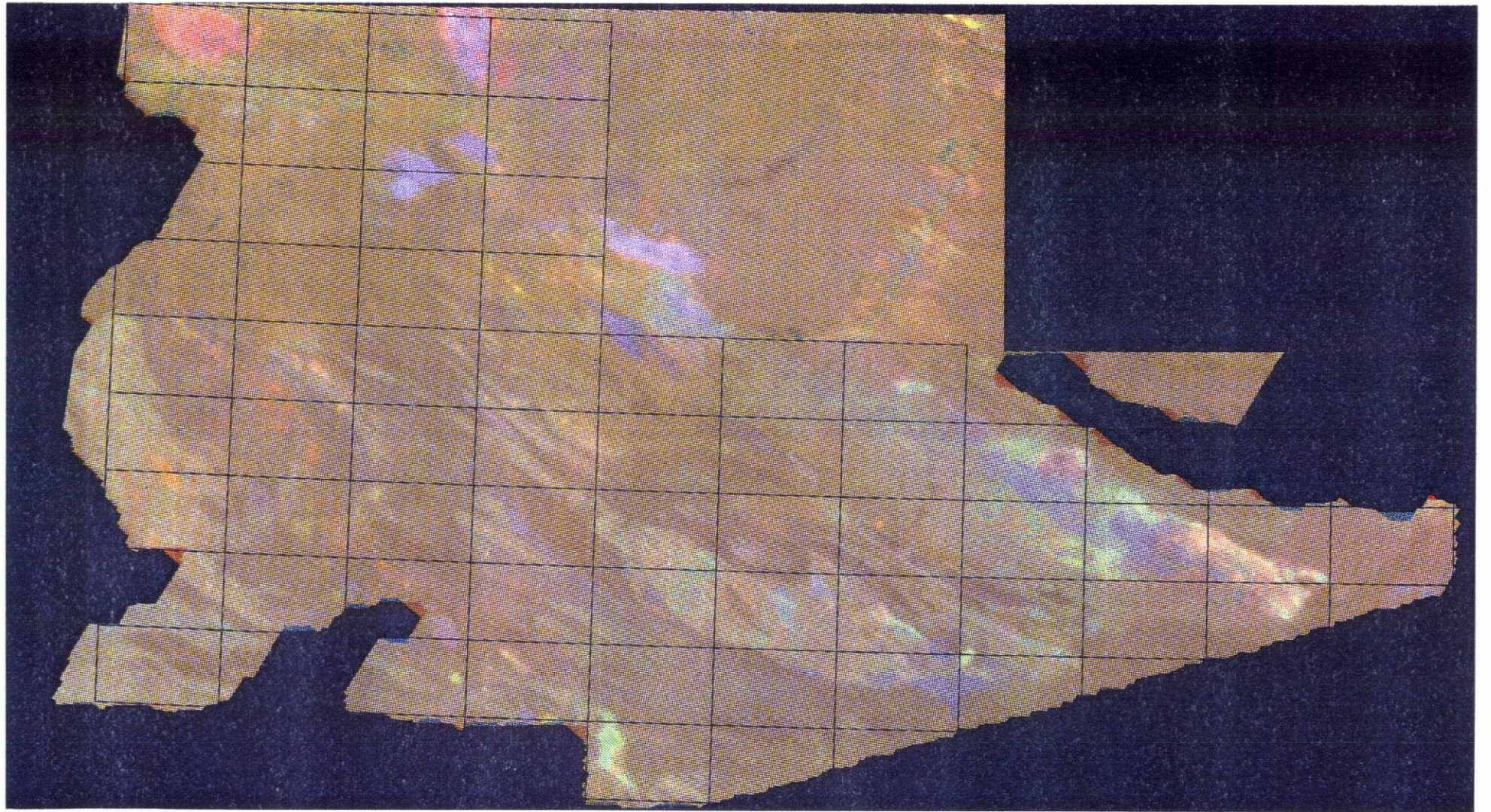


Fig. 17.- Imagen de la combinación RGB de U, Th, K (vuelo aeromagnético-radiométrico).

* Datos magnéticos; solo se ha podido trabajar con las imágenes resultantes del tratamiento de los datos originales para los siguientes parámetros:

Campo Magnético total (CM)

Susceptibilidad Magnética (SM)

Gradiente Vertical del campo magnético (GV)

Al igual que en el caso anterior los datos magnéticos permiten definir con bastante claridad la estructura regional, que para la zona que nos ocupa se puede considerar como un zócalo apenas recubierto de sedimentos recientes excepto en áreas concretas. Además su mayor poder de penetración en el terreno hace posible visualizar respuestas magnéticas de litologías y estructuras situadas por debajo de recubrimientos recientes no demasiado potentes (tal como sucede para el borde sur de la cuenca Terciaria del Guadiana, donde se visualiza la prolongación de las estructuras hercínicas)

La información aeromagnética permite destacar una serie de datos de gran interés geológico:

- 1) Directrices estructurales marcadas, bien por diferencias litológicas, bien por grandes fracturas de diversos tipos (en dirección, cabalgamientos, cizallas, etc.)
- 2) Las diferencias litológicas de unidades aflorantes o subaflorantes destacan, por un lado, niveles o tramos estratigráficos con una composición favorable (unidades volcánicas y subvolcánicas de composición básica a ultrabásica) y, por otro, cuerpos ígneos intrusivos de composición básica y ultrabásica.

En principio se integró la información de la síntesis geológica y los indicios mineros, clasificados por grupos metalogénicos, con aquella que se obtuvo de la interpretación de las imágenes satélite, delimitándose una serie de áreas en función de la disposición espacial de los indicios mineros y estructurales, así como de las observaciones realizadas al analizar la información espectral respecto a la geología de la zona.

Posteriormente se integró esta información con las anomalías geoquímicas, que al cubrir solo una parte del área de trabajo no aportó lo que se podría esperar de este tipo de datos. No obstante estos datos se han utilizado para dar mayor validez a alguna de las anomalías seleccionadas.

Sería aconsejable, una vez definidos mejor los objetivos de exploración, tratar más en detalle la geoquímica multielemental disponible.

Finalmente, se integró la geofísica con las interpretaciones previas aportando fundamentalmente, como se ha mencionado previamente, conclusiones sobre la estructura general de la zona y sobre la variedad en quimismo de algunos cuerpos ígneos.

En base a estos trabajos se han definido una serie de zonas que muestran respuestas anómalas para, al menos, alguno de los tipos de variables consideradas y se han representado gráficamente en el mapa que se adjunta en el anexo de planos.

4.2.- SELECCION DE AREAS DE INTERES Y ANALISIS DE LAS ANOMALIAS

Siguiendo la metodología descrita en apartados anteriores se han seleccionado como áreas de interés las siguientes:

ZONA 1.-FUENTE DE CANTOS - BIENVENIDA.

- Situada en la parte oriental de la hoja 876 (Fuente de Cantos) (Fig 18).
- Presencia de indicios de Cr.
- En la imagen satélite se observa una zona de relieve plano dominado por campos de cultivo, sin anomalías espectrales detectables.
- Anomalías geoquímicas (red de drenaje): de Sn en la parte SO y de Pb y/o Zn y P en la parte SE.
- Fuerte anomalía positiva aeromagnética sobre todo el área (corresponde a extensos afloramientos de materiales volcanosedimentarios (Fm. Malcocinado) y serpentintas-aflorantes o subaflorantes) probablemente de origen oceánico (Ofiolitas).
- Valores negativos para los datos radiométricos.

ZONA 2.- BIENVENIDA.

- En la parte nororiental de la hoja 876 (Fuente de Cantos) (Fig 18).
- Situada al S de los indicios de Hg de tipo Usagre.
- Fuertes valores positivos aeromagnéticos: en parte afloran rocas ígneas básicas y en parte Terciarios y Cuaternarios.
- Anomalías de geoquímica (red de drenaje) de Pb y/o Zn.
- Materiales carboníferos volcanosedimentarios (básicos) que constituyen un metalotecto interesante, asociados a grandes fracturas regionales.

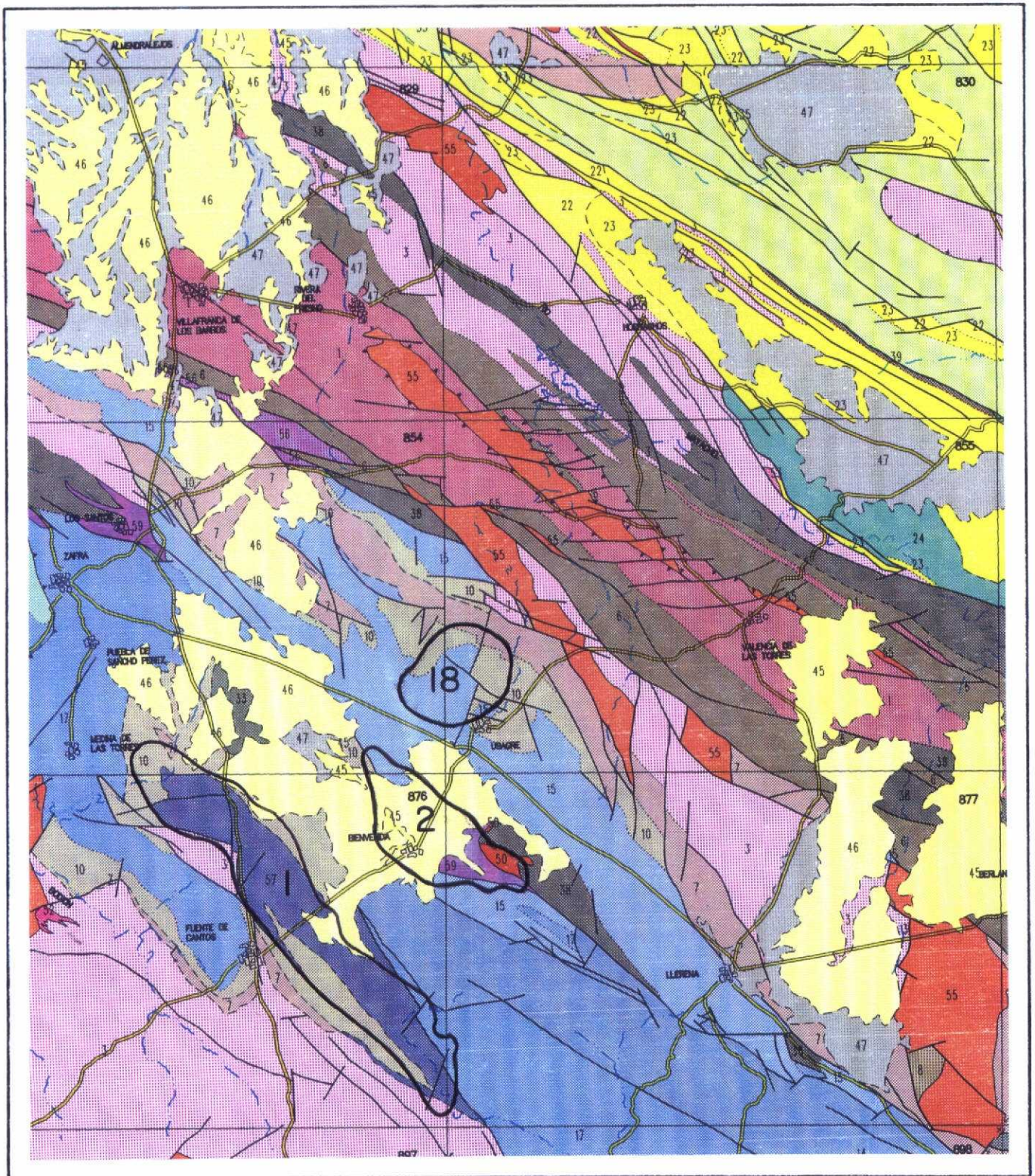


Fig. 18.- Esquema geológico de las zonas 1, 2 y 18.

ZONA 3.- RIO BEMBEZAR.

Cubre dos áreas separadas: una al S. de la hoja 898 (Puebla del Maestre) (al N del pantano), y la otra, en la esquina NE de la hoja 919 (Almadén de la Plata), muy similar a la anterior (Fig 20).

Primera:

- Varios pequeños indicios de Fe.
- Valores aeromagnéticos positivos altos (afloran rocas ígneas básicas intrusivas).
- Los datos radiométricos indican tendencia al predominio de Th y U.

Segunda:

- Indicios estratiforme de Fe (Cu).
- Anomalía geoquímica de P.
- Valores positivos altos aeromagnéticos (afloran granitoides encajando en la serie detrítico-carbonatado del Cámbrico inferior.
- Predominio del U para los datos radiométricos (de forma similar a lo que sucede en el entorno de la mina de Cala).

En la imagen satélite se observan fuertes cambios texturales dentro de la zona anómala, interrumpiéndose las estructuras hercínicas, aunque debido a la abundante vegetación no se detectan cambios espectrales respecto al entorno.

Anomalías posiblemente debidas a la existencia de skarns en relación con rocas ígneas intrusivas básicas y ultrabásicas

ZONA 4.- PUERTO QUEJIGO.

- Granitoide situado en la zona central de la hoja 919 (Almadén de la Plata) (Figs. 19 y 20).
- Anomalías de Sn en la geoquímica (red de drenaje). Mineralizaciones de granitos evolucionados.
- Anomalía morfoestructural.

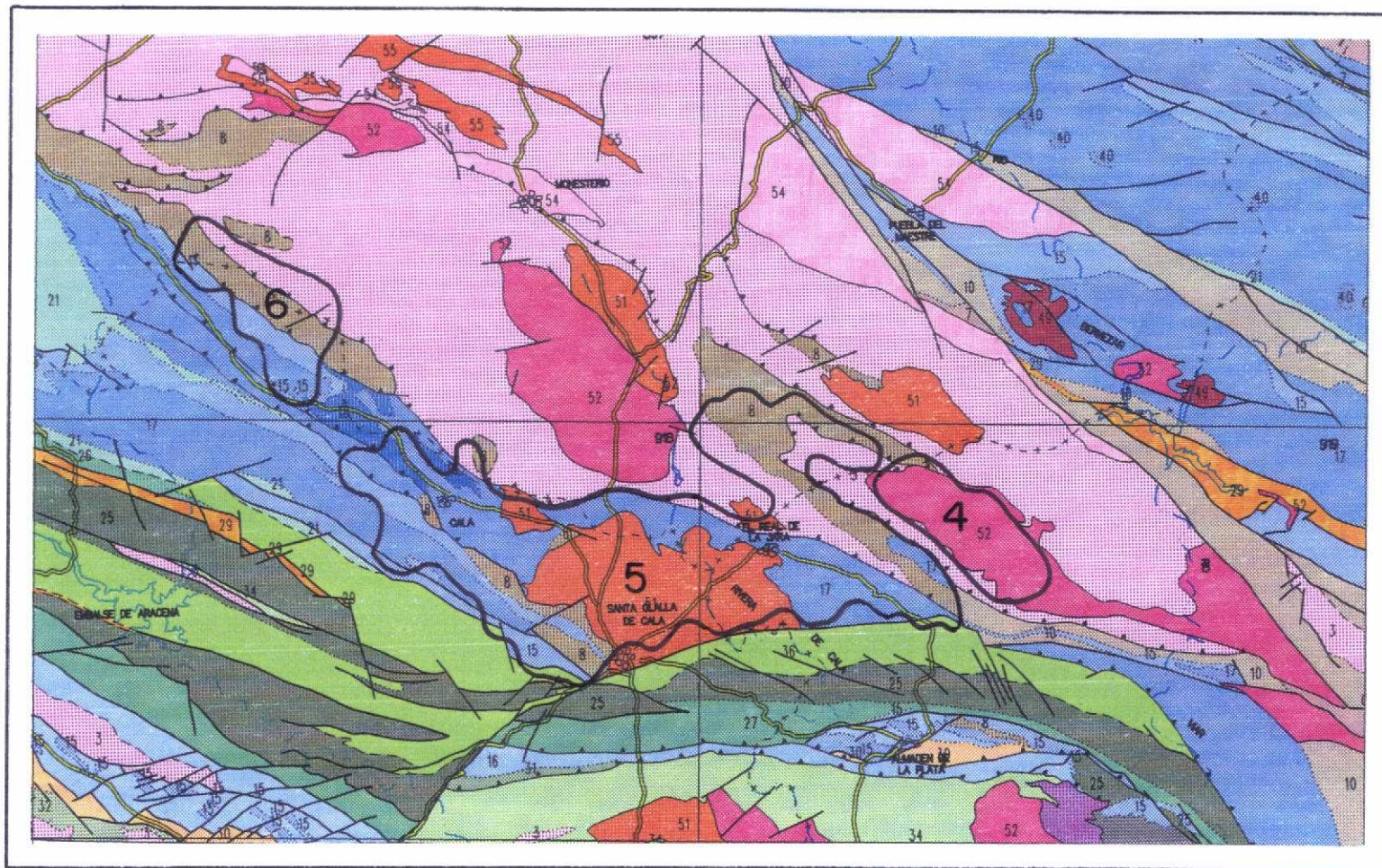


Fig. 19.- Esquema geológico de las zonas 4, 5 y 6.

- En el encajante (Serie Negra) aparecen numerosas anomalías de Au. Concentraciones de Au provenientes de la Serie Negra y Fm. Bodonal, removilizadas por la intrusión granítica.
- Valores radiométricos positivos altos (contrasta fuertemente con la Serie Negra encajante).
- Valores aeromagnéticos bajos: contrasta fuertemente con los valores positivos de la Fm. Bodonal encajante.

ZONA 5.- SANTA OLALLA.

- Granitoide de Santa Olalla y encajante (Precámbrico-Cámbrico). Varias zonas separadas (Incluye el yacimiento de Cala y el de Aguablanca) (Figs. 19, 20 y 21).
- Fuerte variabilidad espectral debida a cambios de la vegetación, así como abundantes estructuras subcirculares (espectral y textural) posiblemente causadas por la presencia de stocks y/o apuntamientos graníticos. Lineamientos OSO-ENE (N 80° E) uno de los cuales limita las anomalías en su borde sur.
- Anomalías geoquímicas (red de drenaje) de Au, Cu, W y P.
- Valores radiométricos y aeromagnéticos variables, tanto en el encajante como en el granitoide, indicando en este caso la heterogeneidad de las facies que lo constituyen.
- Los valores radiométricos suelen ser bajos en el encajante y muy variables en el granitoide.
- Los valores aeromagnéticos suelen ser más altos en el encajante (sobre todo en la parte occidental y en la oriental, al N los valores son más bajos) que en el granitoide (que muestra en general valores bajos aunque localmente pueden ser muy altos).
- Los yacimientos explotados o actualmente en investigación constituyen importantes skarns. Hay que destacar también el papel potencial de los cabalgamientos afectando a la serie vulcanosedimentaria ácida de Bodonal.

ZONA 6.- ARROYOMOLINOS DE LEON.

- En la parte suroccidental de la hoja 897 (Monasterio) (Fig. 19).
- Anomalías geoquímicas (red de drenaje) de As/Cu y de Cu/W.

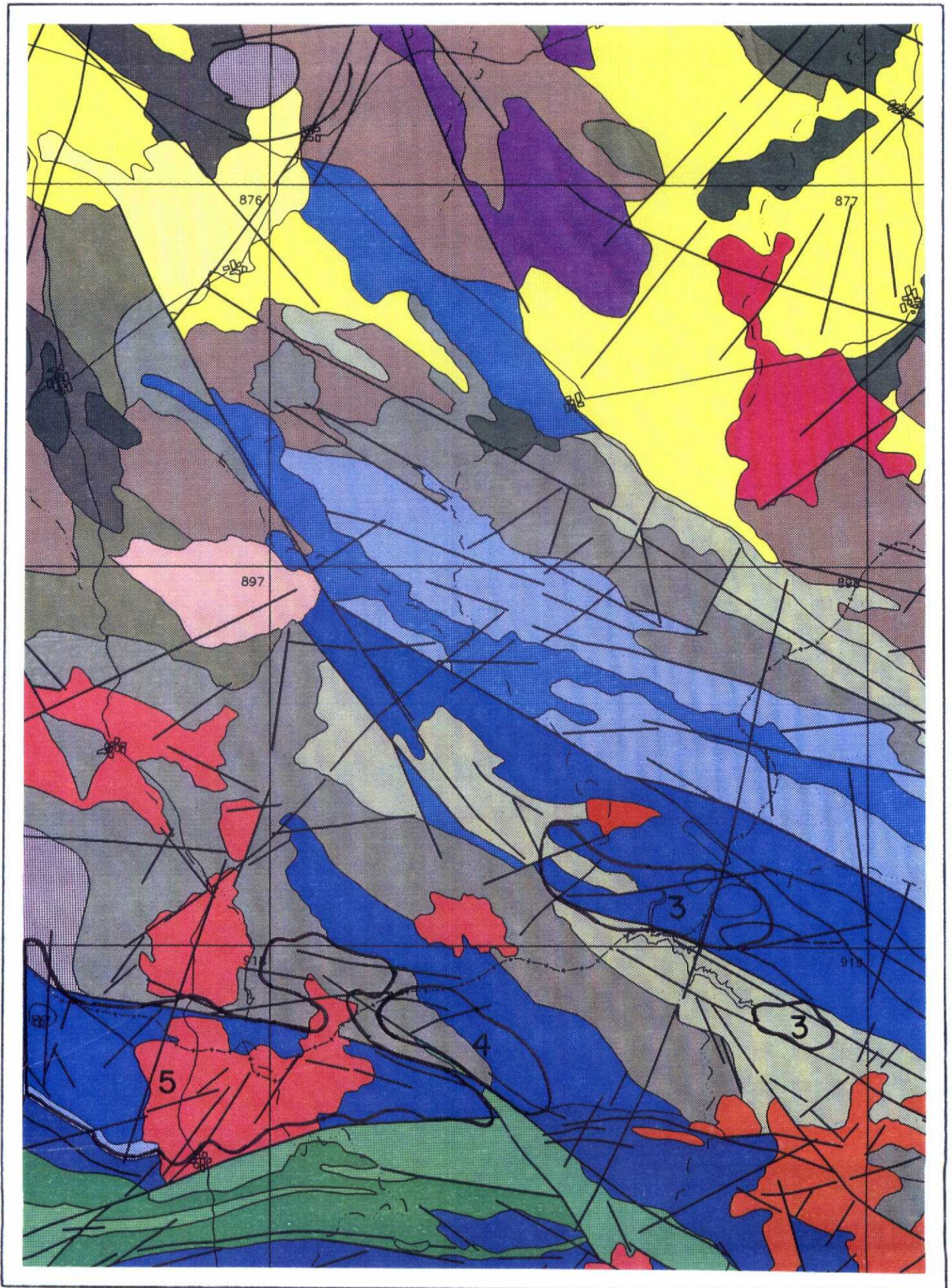


Fig. 20.- Interpretación espectral/estructural de las zonas 3, 4 y 5.

- En niveles litológicos favorables (Series volcanosedimentarias ácidas, Fm Bodonal del Precámbrico y series detrítico-carbonatadas del Cámbrico inferior).
- En el Cámbrico detrítico filones de cuarzo con calcopirita con contenidos altos en Au. Posibles removilizaciones del Au contenido en las formaciones detríticas del Cámbrico; inducido por intrusiones graníticas.
- Fuertes lineamientos NO-SE subparalelos a las estructuras.
- No hay datos aéreos, ni magnéticos ni radiométricos.

ZONA 7.- PUENTE DE SILLO.

- En el extremo oriental de la hoja 896 (Higuera La Real) (Fig. 25).
- Anomalías geoquímicas (red de drenaje) de Niobio sobre el cámbrico inferior detrítico-carbonatado y al S de Sn sobre materiales volcánicos del Cámbrico medio.
- Anomalías espectrales próximas a los niveles carbonatados que se discriminan bien en las componentes principales de la imagen satélite. Metamorfismo por la presencia de stocks graníticos en contacto con materiales cámbricos.
- Los datos radiométricos (combinación de bandas tipo RGB para el Th, U y K respectivamente) dan una respuesta similar a la de los granitoides situados al N de Fregenal de la Sierra (hoja 875) y la misma respuesta se observa al OSO de la misma localidad (esquina SE de la hoja 896) donde aparecen anomalías geoquímicas (red drenaje) de Au y Sn.
- Removilizaciones de Au en filones en relación con una cúpula granítica no aflorante.
- Los valores aeromagnéticos son ,en general, bastante bajos.

ZONA 8.- VILLANUEVA DEL FRESNO.

- Situada en la esquina SO de la hoja 852 (Villanueva del Fresno) (Figs. 22 y 23).
- Anomalía geoquímica de W coincidiendo con un área que da la misma respuesta espectral que en las proximidades de Oliva de la Frontera.
- Anomalía geoquímica de Au inmediatamente al E, caracterización espectral similar a la anterior.

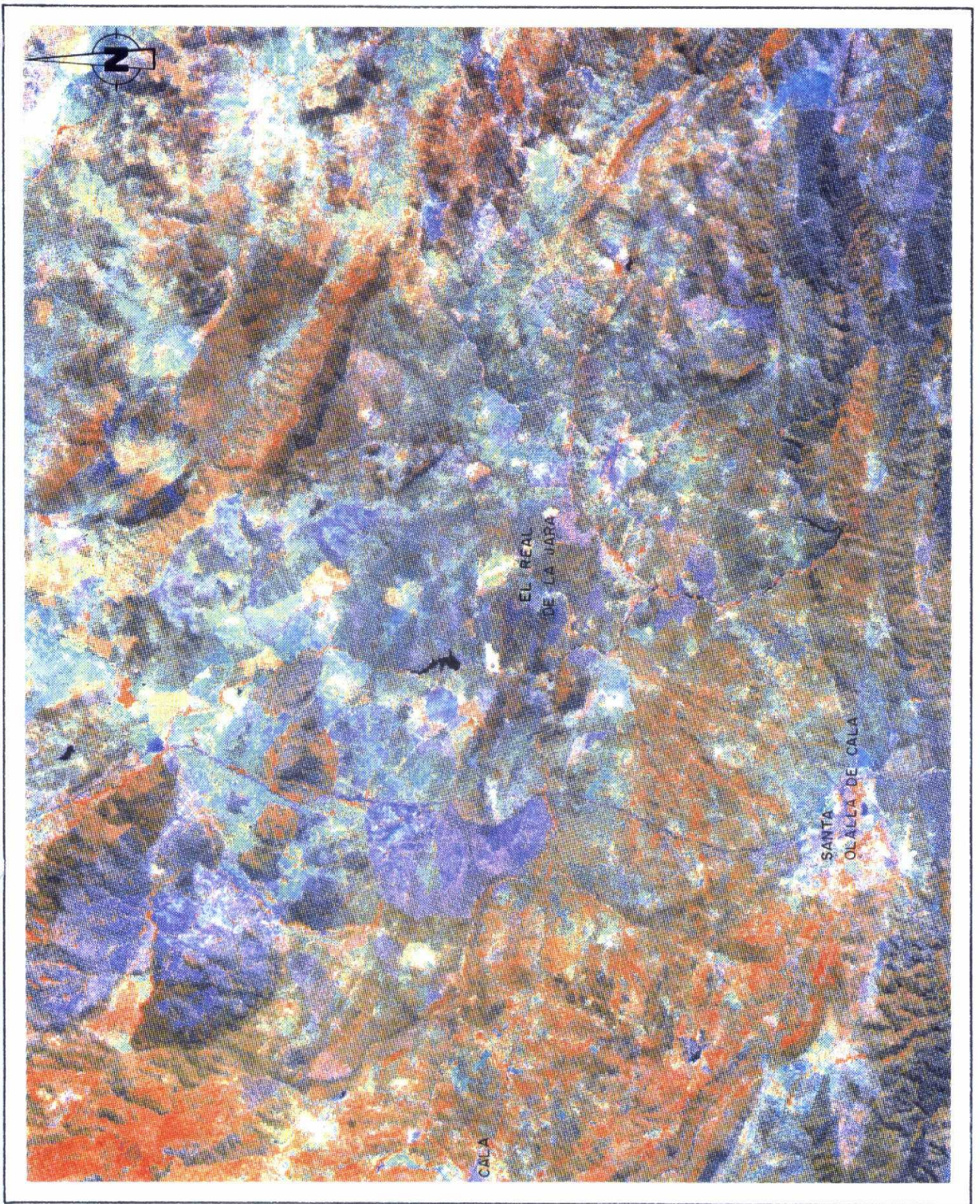


Fig. 21.- Imagen Ladsat en combinación RGB 4,57 del entorno de la zona 5.

- Posible cúpula oculta con mineralizaciones Sn-W(-Au). Posible relación con grandes fracturas longitudinales.
- Los datos aeromagnéticos no permiten precisar más.

ZONA 9.- BARRANCOS-HINOJALES.

- Parte central de la hoja 852 (Villanueva del Fresno) en su borde S (Figs. 22 y 23).
- Sobre materiales del Silúrico-Devónico de la unidad Barrancos-Hinojales.
- En la imagen satélite no se han observado características especiales.
- Indicios de U, filonianos, alineados en fracturas de dirección NNO-SSE.
- Valores radiométricos positivos, de dirección predominante NNO-SSE.
- Hacia el SO (hoja 874) se observa la prolongación de estas alineaciones NNO-SSE de valores radiométricos altos, pero sin indicios asociados. Pueden corresponder a grandes fallas-cabalgamientos con cizallas asociadas.

ZONA 10. SIERRA DE LA HUELLA.

- En la parte occidental de la hoja 875 (Jerez de los Caballeros) (Figs. 22 y 25).
- Anomalías geoquímicas de W y P (red de drenaje) y de scheelita en las mineralometrías de las bateas. Posible stock asociado al granito de La Bazana.
- Se han detectado estructuras subcirculares (interferencia de pliegues o cúpulas), así como importantes lineamientos SSO-NNE y un lineamiento OSO-ENE limitando por el sur la anomalía y que coincide con una estructura lineal en la geofísica.
- Valores radiométricos bajos y aeromagnéticos altos.
- Se sitúa sobre materiales vulcanosedimentarios y vulcanitas del Cámbrico medio.

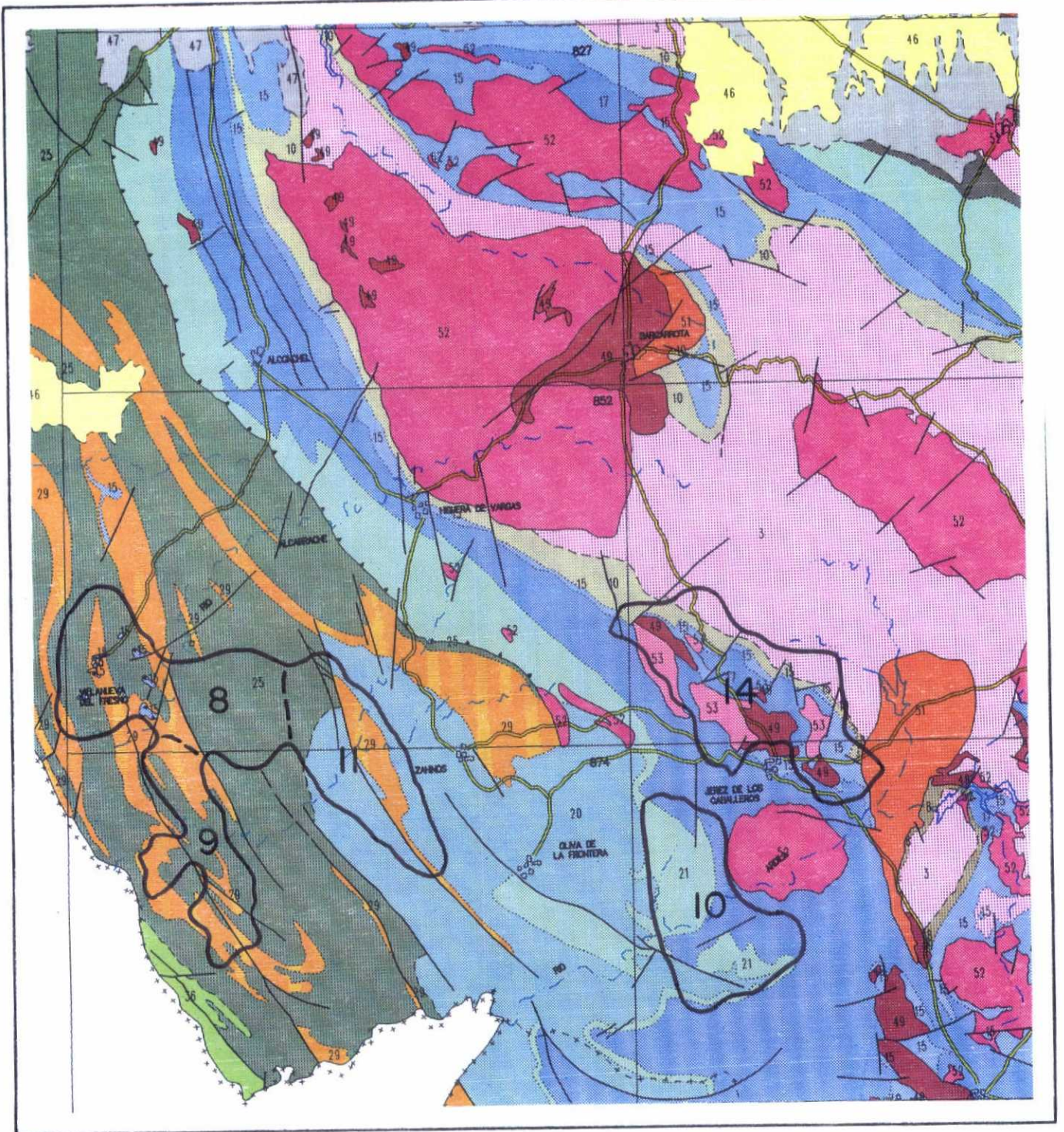


Fig. 22.- Esquema geológico de las zonas 8, 9, 10, 11 y 14.

ZONA 11. JEREZ DE LOS CABALLEROS.

- Grandes lineamientos que coinciden espacialmente con fuertes contrastes de los valores aeromagnéticos de dirección NO-SE (cruza las hojas 852 y 874) y OSO-ENE (cruza las hojas 874 y 875) (Figs. 22 y 23).
- También se observan anomalías espectrales irregulares debidas a la gran variabilidad en la utilización del suelo.
- Pueden corresponder a cabalgamientos-cizallas. Son metalotectos potenciales, de gran interés a escala regional.

ZONA 12. ANTICLINAL DE AROCHE-CORTEGANA.

- En el núcleo de la estructura anticlinal. (Hojas 916 Aroche y 917 Aracena) (Fig. 24).
- Anomalías geoquímicas de Cu y Zn (y algo de Au).
- Indicios de escasa entidad: grafito, pirita (y sulfuros complejos) y/o magnetita.
- Fuerte anomalía positiva de la gravimetría, elongada en dirección E-O a ENE-OSO sobre el núcleo metamórfico de Aracena.
- Los datos radiométricos solo dan valores positivos para el K, distribuidos irregularmente y que coinciden en parte con valores positivos altos de los datos aeromagnéticos.
- En series Cámbricas volcanosedimentarias con sulfuros que constituyen un importante metalotecto actualmente en investigación (ITGE).

ZONA 13. SINCLINAL DE TERENA.

- En la parte oriental de la hoja 895 (Encinasola), en el núcleo del sinclinal de Terena (Fm. Barrancos) (Figs. 24 y 25).
- Indicios de Fe, Cu; no se cita el Zn.
- Anomalía geoquímica de Zn, anomalías de Au de menor extensión.
- Lineamientos de dirección OSO-ENE cruzando la zona. Posibles fallas tipo cabalgamiento-cizalla quizá mineralizadas.

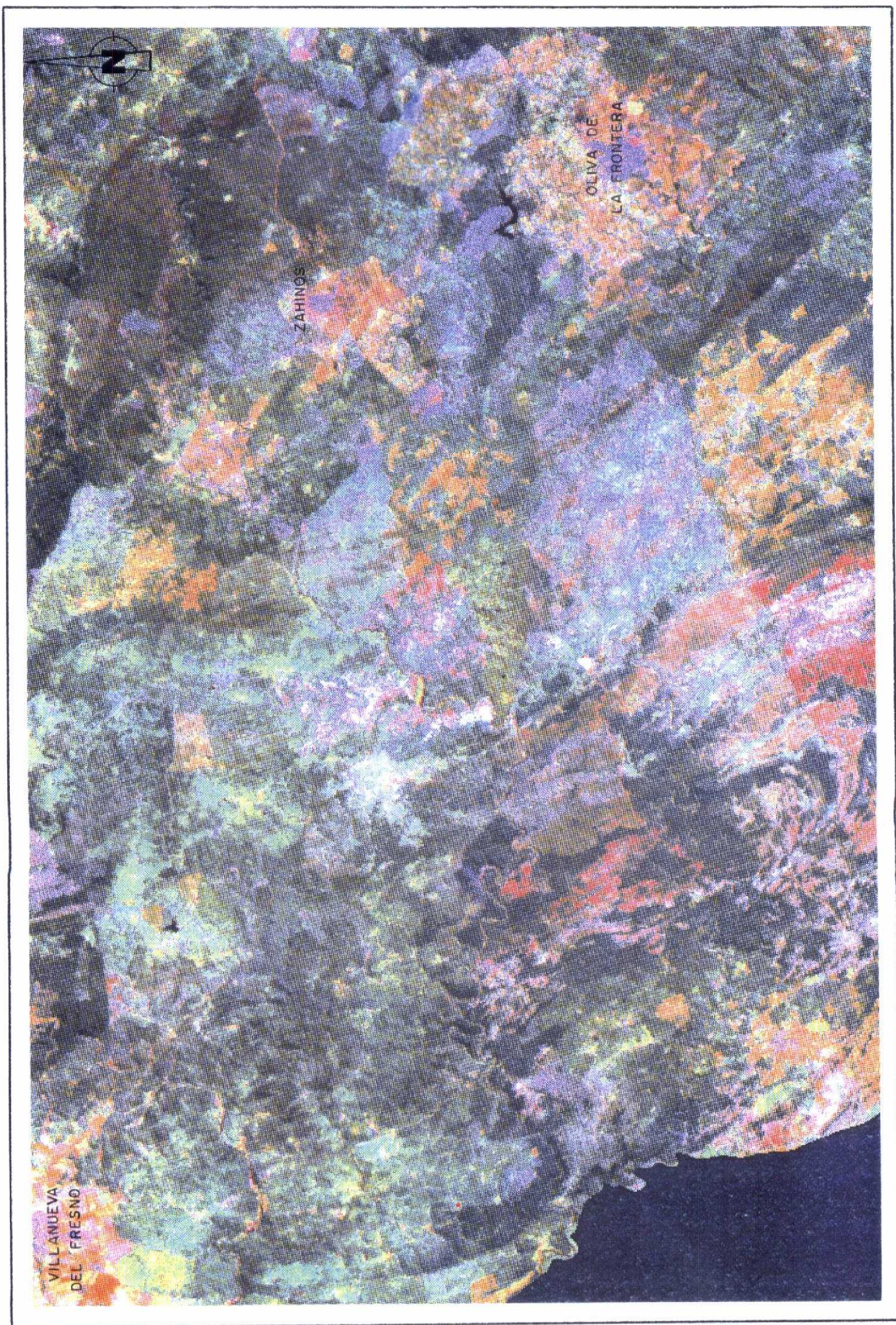


Fig. 23.- Imagen Landsat en combinación RGB 3,5,7 del entorno de la zona de Oliva de la Frontera.

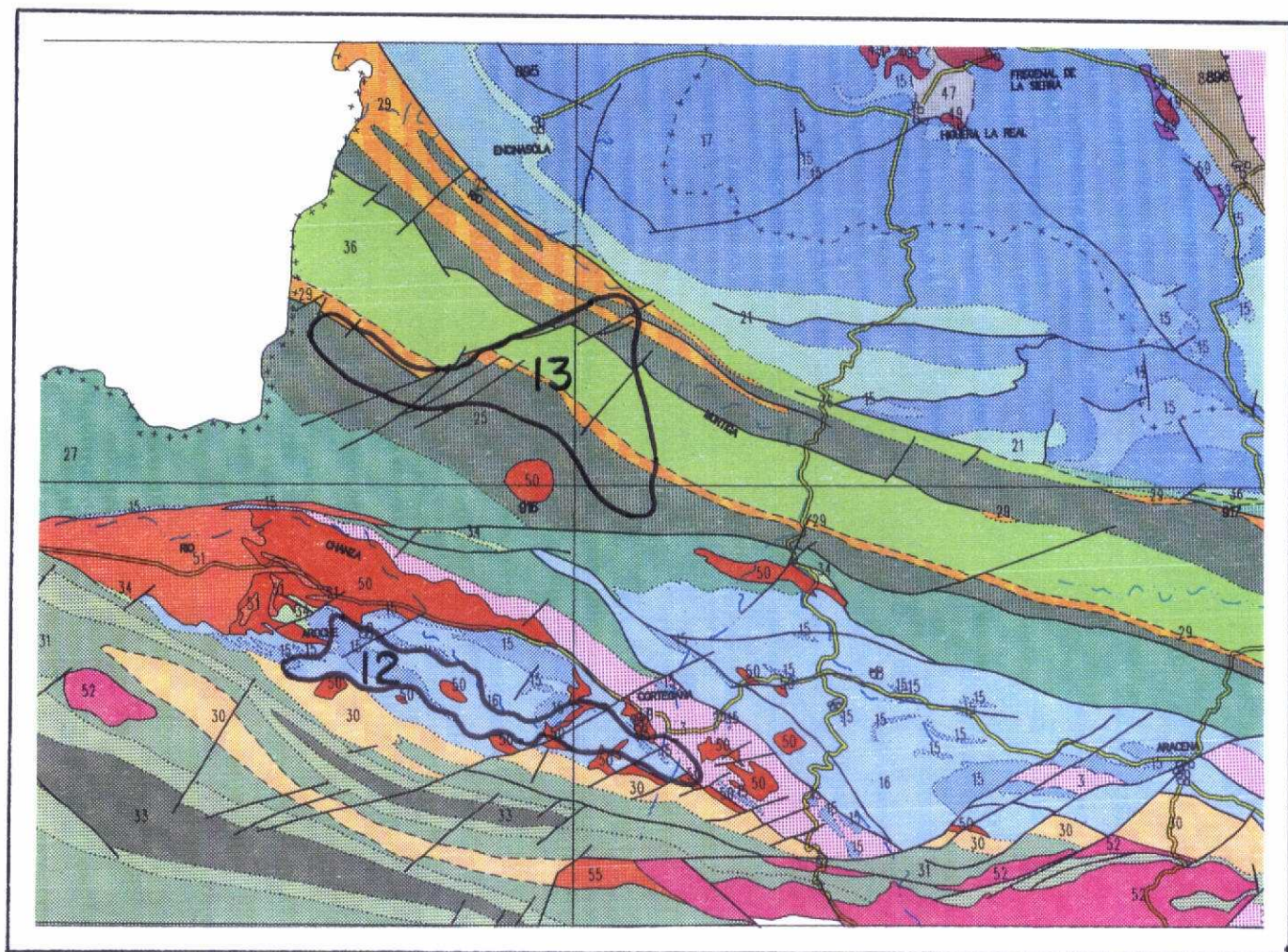


Fig. 24.- Esquema geológico de las zonas 12 y 13.

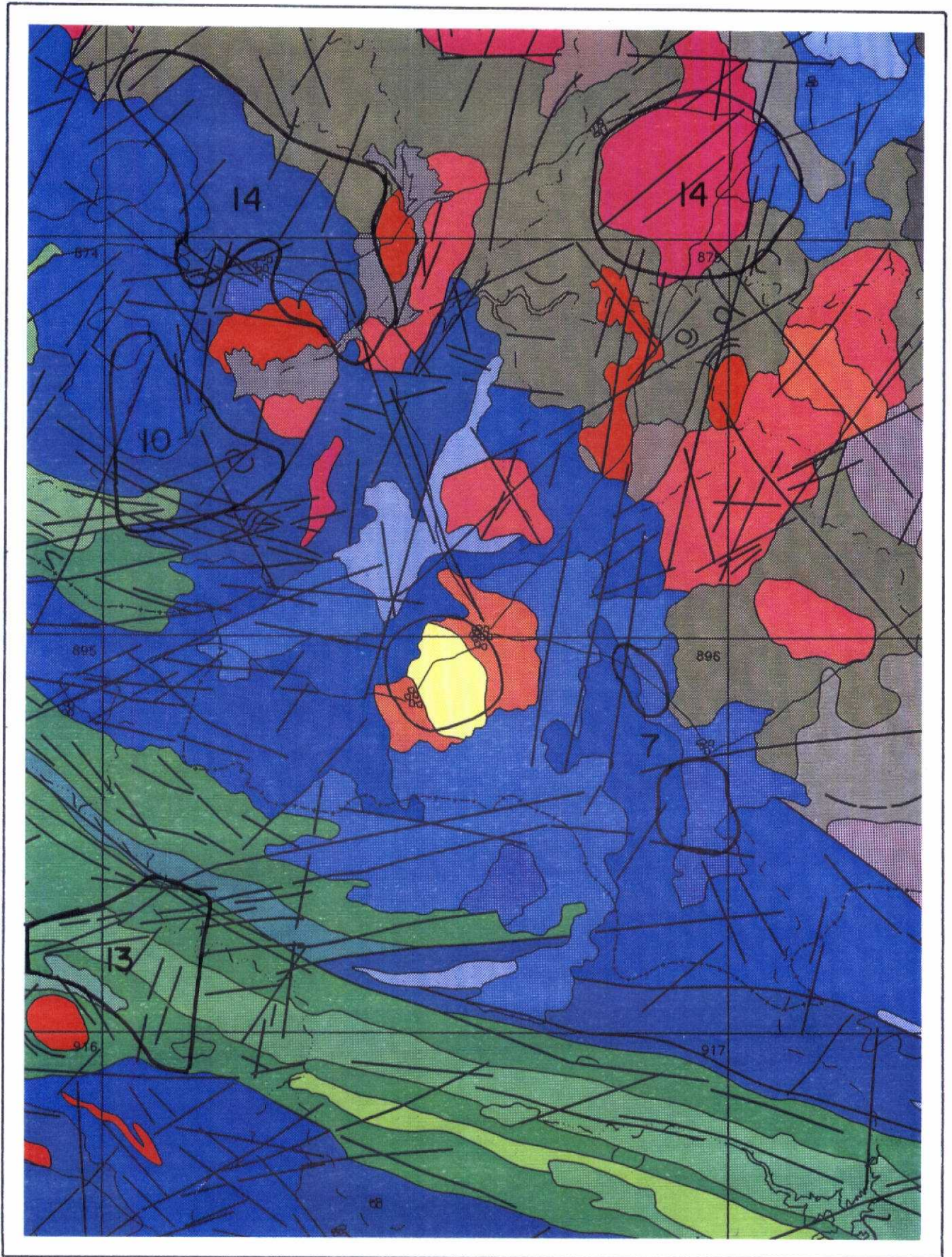


Fig. 25.- Interpretación espectral/estructural de la zona 7, 10, 13 y 14.

ZONA 14. JEREZ DE LOS CABALLEROS.

- Esquinas SO y SE de la hoja 853 (Burguillos del Cerro) (Figs. 22 y 25).
- Granitoides intermedios a básicos encajando las series detrítico-carbonatadas del Cámbrico inferior.
- Indicios abundantes e importantes de Fe (Magnetita, Pirita), y otros sulfuros, a veces U. El Au aparece en algunos de los indicios vulcanosedimentarios (La Bilbaina) y como removilizaciones a partir de la Serie Negra y la Fm. Bodonal
- Anomalías espectrales probablemente debidas a granitos o metamorfismo de contacto. Lineamientos OSO-ENE y débiles estructuras subcirculares.
- Anomalías geoquímicas de Au y en un caso de Sn, en materiales del Precámbrico (Serie Negra) encajante.
- Importante máximo en la gravimetría y valores aeromagnéticos altos debido a la composición de los granitoides.
- Los datos radiométricos dan en general valores bajos más heterogéneos para el caso del granitoide de Jerez de los Caballeros que para el de Burguillos del Cerro. Destacan en el encajante Precámbrico (Serie Negra) de los granitoides valores altos de cuentas totales del U.

ZONA 15. VALVERDE DE LLERENA-GUADALCANAL.

- En la esquina SO de la hoja 878 (Azuaga) y en la parte NO y central de la hoja 899 (Guadalcanal). Aflora la Fm. Malcocinado, terrígena y vulcanosedimentaria, que es un importante metalotecto potencial (Pozo Rico) junto con las grandes fallas longitudinales como las de tipo Malcocinado. En este contexto la intrusión de cuerpos graníticos pueden removilizar y concentrar su contenido en metales en filones.
- Indicios filonianos de Ba y Cu y estratoides de Cu en la Fm. Malcocinado.
- Anomalía estructural con importantes lineamientos NO-SE a ONO-ESE que limitan la zona anómala y un lineamiento E-W que corta por el centro separando dos áreas con diferentes patrones espectrales/texturales.
- Valores aeromagnéticos muy altos debido al carácter vulcanosedimentario de la Fm. Malcocinado y de la Fm. Torreárboles. El granito de Ahillones muestra valores bajos a muy bajos.

- Los datos radiométricos muestran valores bajos en la Fm. Malcocinado y para el granito de Ahillones y el Cámbrico inferior valores altos.
- Al S en los alrededores de Guadalcanal (hoja 899) hay dos zonas de valores relativamente bajos sobre los fondos normales del Cámbrico inferior en esta zona: al SE de Guadalcanal en relación con granitoides y al S del mismo pueblo, sobre materiales carbonatados del Cámbrico sin relación aparente con granitoides (posibles cúpulas no aflorantes).

ZONA 16. HIGUERA DE LA SERENA.

- Al SO y NE de los granitoides prehercínicos de Higuera de La Serena que afloran en el núcleo de una estructura dómica fallada en los flancos.
- Indicios de W (Sn, Bi) al SO de los granitoides.
- Anomalías espectrales irregulares condicionadas por la diferente utilización del suelo. Posibles áreas con metamorfismo de contacto.
- Lineamientos OSO-ENE.
- Los datos radiométricos caracterizan, al SO y NE, de los granitoides un posible metamorfismo de contacto que no puede deberse a ellos, ya que afecta a materiales del Ordovícico y Devónico. Los granitoides de Higuera de la Serena se caracterizan por su carácter fuertemente potásico.
- Los datos aeromagnéticos reflejan máximas locales que no guardan relación aparente con los datos radiométricos. La fractura del borde NE del domo en cuyo núcleo afloran los granitoides se refleja perfectamente como una alineación de valores altos.
- Anomalía gravimétrica negativa.
- Posible cúpula no aflorante de un granitoide evolucionado de tipo S.

ZONA 17. HUEZNAR-PUEBLA DE LOS INFANTES.

- Entre el río Hueznar y Puebla de los Infantes. Hojas 941 y 942 (Figs 26 y 27).
- Indicios de Fe y Fe/Cu, en algunos casos con Au y uno de P estratiformes y filonianos.
- Anomalías espectrales al E, posiblemente provocadas por la existencia de rocas

básicas encajando en materiales calcáreos y volcanosedimentarios.

- Lineamientos N 80° E.
- Los datos aeromagnéticos muestran una banda E-O de valores altos positivos entre el río Hueznar y La Puebla de los Infantes, entre las fallas del Minjandre y La Franca y sobre materiales terrígenos y volcanosedimentarios del Precámbrico superior (Fm. Malcocinado) y detrítico-carbonatados del Cámbrico inferior (Fm. Torrearboles), intruidos localmente por rocas ígneas básicas. La franja se prolonga por el O, a lo largo del borde NE del granitoide del Pedroso, aunque parecen estar separadas por un lineamiento de dirección NNO-SSE a NO-SE. También se observan valores positivos al N de la parte oriental de dicha franja E-O, al N de Puebla de Los Infantes: están en relación con intrusiones intermedias y básicas en materiales de la Serie Negra.
- Los datos radiométricos dan valores bajos en una banda E-O, ligeramente oblicua a las directrices NO-SE de las áreas vecinas.

ZONA 18. USAGRE.

- Al NO de Usagre, cubre la parte suroriental de la hoja 854 y la parte suroccidental de la hoja 855 (Fig. 18).
- Únicamente se observa una estructura circular, con la red hidrográfica parcialmente adaptada a ella, debido probablemente a la interferencia de diferentes fases de deformación transversales o a una posible cúpula no aflorante.
- Al S se sitúan los indicios de sulfuros y Hg de Usagre.
- No hay respuestas aeromagnéticas ni radiométricas definidas.

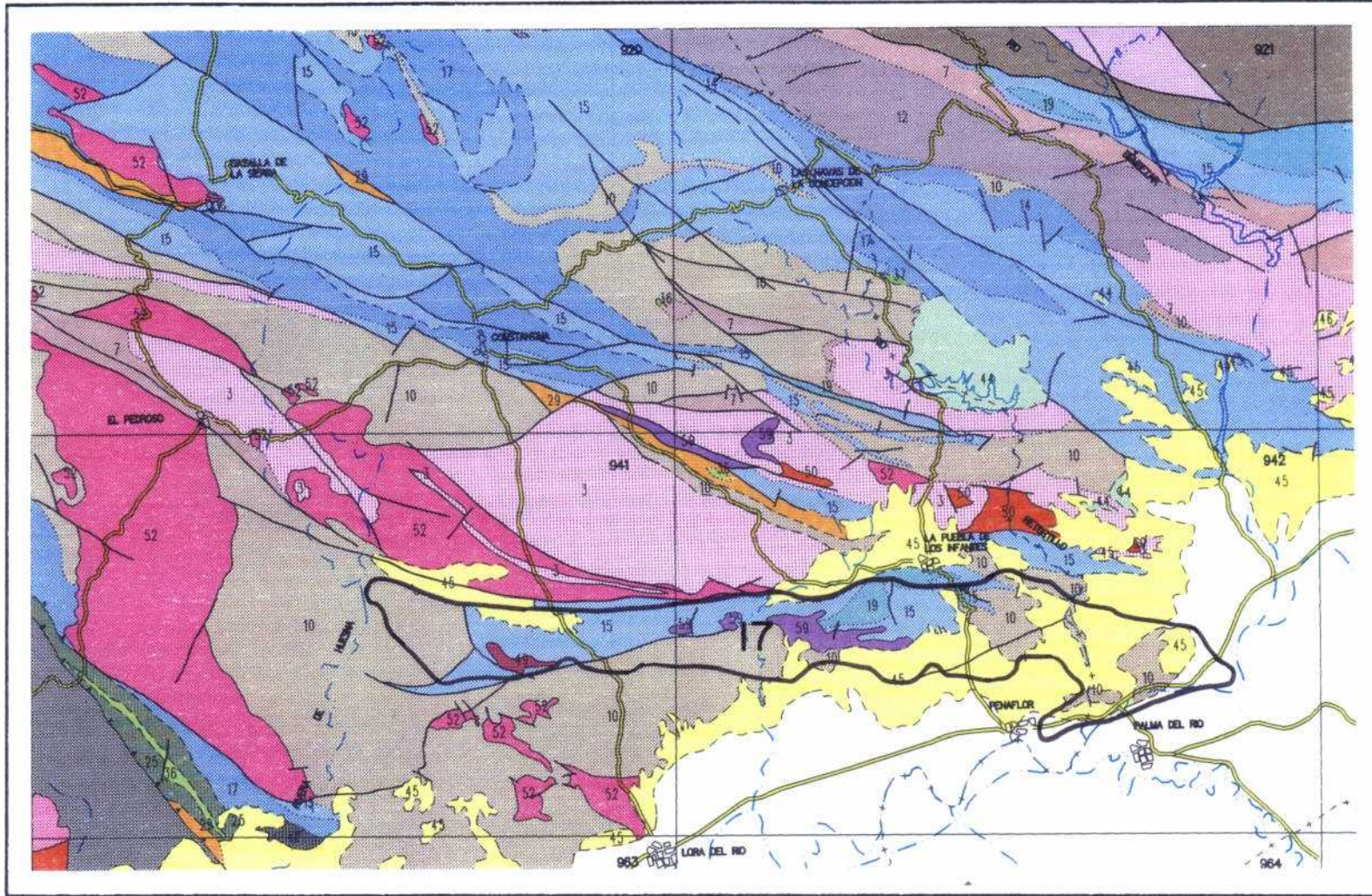


Fig. 26.- Esquema geológico de la zona 17.

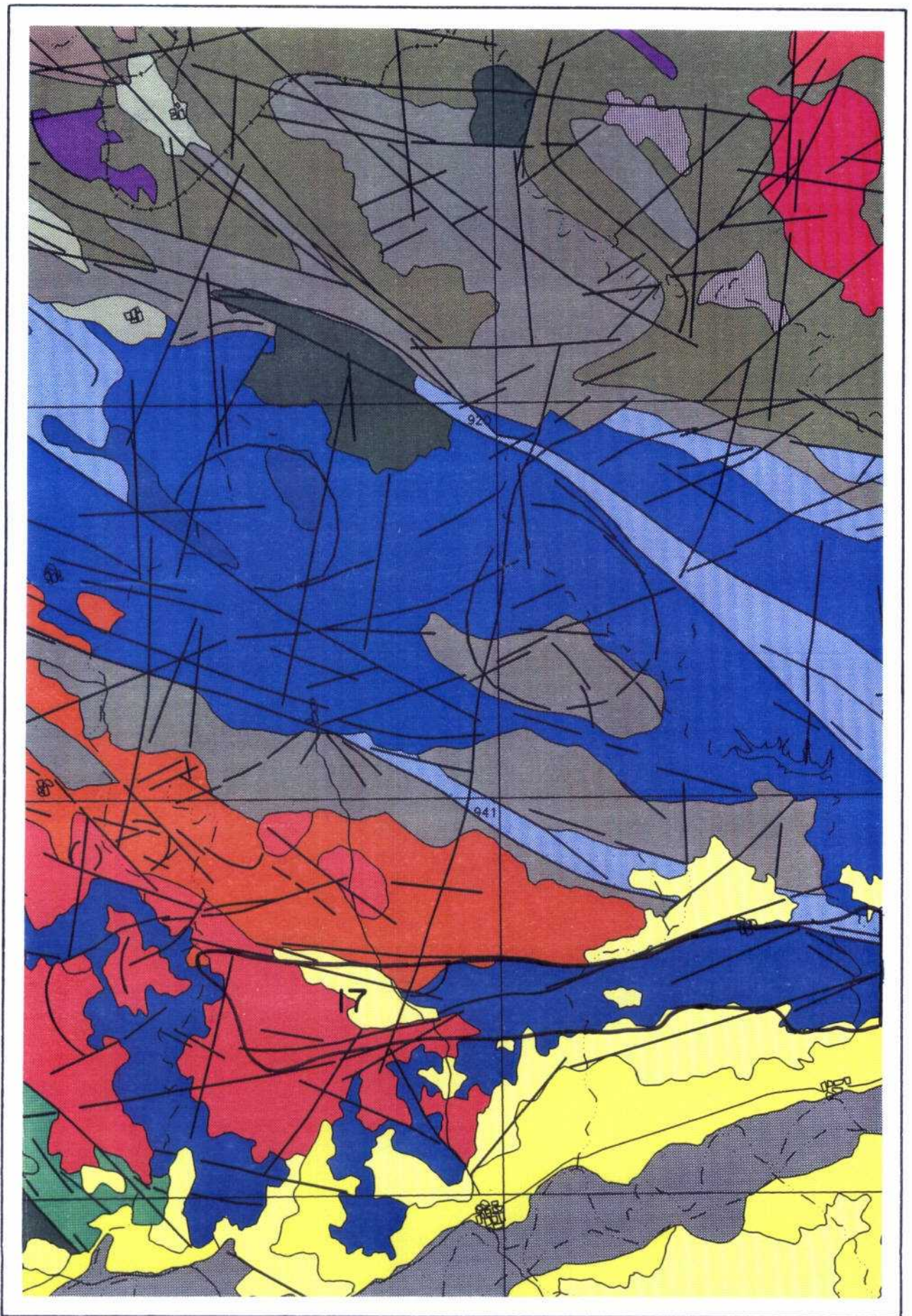


Fig. 27.- Interpretación espectral/estructural de la zona 17.

4.3.- MAPA DE AREAS ANOMALAS

Las áreas seleccionadas se han digitalizado como arcos asignándoles un código referente al número de la anomalía y que enlaza con la tabla de descripción de éstas.

La tabla que se ha construido recoge de una forma sintética las características de las 18 áreas anómalas y contiene los siguientes campos:

NUMERO
DENOMINACION
INDICIOS
CODINDI
ESPECTRAL
CODESPE
ESTRUCTURAL
CODESTR
GEOQUIMICA
CODGEOQ
RADIOMETRIA
CODRADI
AEROMAGNETICO
CODAERO
GRAVIMETRIA
CODGRAV

Esta tabla sirve de una forma muy simple para clasificar las anomalías en función de los parámetros temáticos que se utilizaron para su definición.

Cada tema esta representado en dos campos, el primero contiene una pequeña descripción de las características de la anomalía en este tema (p.e. "INDICIOS)) y el segundo contiene un carácter "+" ó "-" en función de que la anomalía haya sido seleccionada o no por este tema (p.e. "CODINDI").

5.- CAMPAÑA DE CAMPO

5.1.- SELECCION DE AREAS A EXAMINAR

Se llevó a cabo una breve campaña con el objeto de comprobar y evaluar algunas de las conclusiones obtenidas en la delimitación de las áreas anómalas.

La selección se realizó intentando compaginar el máximo de información referida a los distintos parámetros integrados (geofísicos, geoquímicos, indicios mineros, análisis espectral, geología, etc.), así como por el interés particular que presentaban las zonas a revisar.

Es extremadamente complicado en un área tan extensa y con unos objetivos tan amplios pretender obtener conclusiones de interés a partir de una campaña de campo de corta duración, como la que se planificó para este proyecto, por lo que ésta solamente se ha utilizado para la comprobación de algunos aspectos particulares surgidos durante el desarrollo del proyecto.

Es lógico pensar en la continuación de los trabajos de campo paralelamente a la explotación de la base de datos, ya que ambas tareas siempre deben compaginarse adecuadamente para obtener unos resultados idóneos.

5.2.- OBSERVACIONES REALIZADAS EN CAMPO

A continuación se describen las tres zonas reconocidas, con la numeración equivalente del mapa de áreas seleccionadas. Todas ellas están situadas en la parte central del área objeto del proyecto, en la esquina suroriental de la provincia de Badajoz (Fig. 18).

ZONA 1.- FUENTE DE CANTOS - BIENVENIDA

Se caracteriza por una fuerte anomalía aeromagnética, con altos valores positivos, sobre una amplia superficie alargada en dirección NO-SE. Los materiales cartografiados corresponden a rocas ígneas muy básicas (serpentinitas) intercaladas en una serie vulcanosedimentaria del Precámbrico superior (Fm. Malcocinado).

En el extremo NO de la zona afloran de forma prominente las serpentinitas, dando un fuerte relieve. En esta zona se identificaron indicios de Cr y se realizaron diversas labores de prospección (sondeos, calicatas, etc.).

Sin embargo la parte central y suroriental de la anomalía cubre un área de escaso

relieve y extensamente cultivada, por lo que la delimitación de las unidades litológicas resulta difícil; aunque de lo que no cabe duda es de la presencia más o menos profunda de materiales similares a los del extremo NO y que dan lugar a la anomalía aeromagnética.

Resulta también de gran interés la observación puntual de afloramientos de milonitas ligadas a las grandes fracturas de dirección N120°-130 que limitan el afloramiento de rocas ultrabásicas. La superposición de las bandas miloníticas sobre los materiales volcanosedimentarios puede constituir un metalotecto interesante.

ZONA 2.- BIENVENIDA

Caracterizada también por una fuerte anomalía aeromagnética, con valores muy elevados.

Se sitúa en parte sobre materiales ígneos de carácter básico del Carbonífero inferior, tanto volcánicos como intrusivos (subvolcánicos ?), y en parte sobre materiales recientes subhorizontales del Terciario-Cuaternario. Las series volcanosedimentarias del Carbonífero inferior normalmente no presentan valores tan elevados de los parámetros magnéticos, por lo que probablemente la anomalía sea debida a la presencia de un cuerpo ígneo intrusivo de carácter básico, como los que se han cartografiado en los alrededores de Los Santos de Maimona en relación con fracturas, aunque en estos últimos los valores magnéticos no son tampoco tan altos.

ZONA 18.- USAGRE

Se trata de una anomalía de carácter espectral (estructura circular) observable en las imágenes de satélite (LANDSAT) sobre materiales detrítico-carbonatados del Cámbrico inferior. La zona que cubre presenta escaso relieve y está ampliamente cultivada.

Las escasas observaciones que se han podido hacer no dan ninguna pista sobre el origen de la estructura observada en la imagen satélite. Los datos cartográficos indican superposición de fases de deformación con dos sistemas de pliegues casi ortogonales que dan lugar a figuras de interferencia de tipo domos y cubetas.

6.- CONCLUSIONES

6.1.- ANALISIS DEL RENDIMIENTO PRESENTE Y FUTURO DE LA BASE DE DATOS

Estudiando detenidamente lo expuesto en los apartados anteriores, se puede comprobar como se ha construido una completa base de datos georreferenciada donde se ha almacenado una gran cantidad de información geológico-minera en una estructura sencilla, lo que ha permitido a un equipo de trabajo pequeño analizar de una forma rápida todos los datos temáticos incorporados y realizar una valoración de éstos, tanto individualmente como a partir de su integración.

Cabe resaltar en este punto que el análisis de la información llevado a cabo para el sector de Ossa-Morena es incompleto, ya que la integración de datos para determinar áreas de carácter anómalo ha sido realizado de forma parcial, únicamente sobre el área cubierta por teledetección, aproximadamente un 60% de su extensión total.

Se han introducido siete niveles temáticos diferentes en los cuales se ha almacenado un gran volumen de información, que muy sintéticamente se puede resumir en:

- * Topografía básica con 9 tipos de datos (poblaciones, carreteras, ríos, etc.).
- * Usos del suelo, diferenciándose 8 clases (viñedo, pastizal, prados, etc.)
- * Geología, con 10 tipos de contactos y 59 tipos de litologías que se distribuyen entre 2345 polígonos.
- * Indicios mineros, con 2667 indicios clasificados y codificados según 20 características.
- * Geoquímica, con 18922 muestras (los elementos analizados varían de 13 a 35) y 3603 muestras de mineralometría, además de las 114 campañas descritas.
- * Geofísica, con 473.293 puntos aeroespectrométricos y 2.495 puntos con medidas de gravedad, además de las 160 campañas descritas.
- * Teledetección, con 5 tipos de contactos y 37 tipos de entornos estructurales texturales, para un total de 349 polígonos descritos.

La estructura de base de datos creada permite que se pueda acceder de forma rápida y cómoda a todo este volumen de información que puede ser integrado gráficamente por

un experto de una forma fácil en base a su agrupamiento por "temas" y los enlaces establecidos entre datos relacionables. Esta sistemática permite obtener en poco tiempo una serie de observaciones/deducciones, accediendo así a una planificación optimizada de los recursos mineros.

La propia estructura de la "Base de Datos", sencilla, de carácter abierto y con formatos muy extendidos en el mercado le dá un claro carácter de continuidad, pudiendo en cualquier momento realizar trabajos de ampliación de datos, actualización o corrección de errores y reprocesamientos. Desde este punto de vista, la "Base de datos" cumple claramente los objetivos planteados para la realización de este proyecto:

- 1.- Formato extendido y compatible.
- 2.- Estructura simple y relacionable.
- 3.- Abierta/Actualizable.
- 4.- De acceso rápido y flexible.

El trabajo realizado hasta la fecha y resumido en el presente informe, a pesar de su evidente interés y de su utilidad, debe ser contemplado como una primera aproximación a la explotación real de la base de datos creada. En efecto, las futuras aplicaciones prácticas de esta base de datos deben constituir un proceso interactivo y simultáneo entre tres tipos diferentes de actividades:

- Actualización de la base de dato, incorporando los datos recientes que permitan completar la visión global (a escala regional) o aumentar el conocimiento de detalle en alguna zona seleccionada.
- Continuar los procesos de integración gráfica, incorporando los nuevos datos o de acuerdo con los nuevos modelos genéticos que puedan formularse de acuerdo con el avance del conocimiento geológico y metalogénico de la zona.
- Observaciones de campo, que permitan validar los modelos conceptuales y/o genéticos basados en la integración gráfica, o bien obtener nuevas ideas para los modelos preexistentes.

De acuerdo con esta filosofía de trabajo y entendiendo a la base de datos recientemente creada como un ente dinámico, las actividades realizadas hasta la fecha constituyen realmente tan solo el inicio de su explotación y aprovechamiento, y para obtener un óptimo rendimiento del esfuerzo realizado, es imprescindible que las tareas iniciadas tengan una continuidad en el futuro.

6.2.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez descritos y analizados todos los trabajos desarrollados durante este proyecto, podemos obtener las siguientes conclusiones:

- 1.- Para la realización de un proyecto de exploración minera de una área extensa como la que nos ocupa, es imprescindible desarrollar una fase previa de captación y análisis de la información que se vaya a incorporar, procediendo a su clasificación y adaptación para su incorporación al proyecto. El correcto desarrollo de esta actividad permite ahorrar mucho tiempo en las fases posteriores.
- 2.- Asimismo, es imprescindible unificar los datos a partir de las diferentes fuentes, para lo cual se realizó la síntesis geológica y la clasificación de la información minera. Sin esta información básica unificada hubiera sido imposible el análisis conjunto de los datos para todo el área de trabajo.
- 3.- La utilización de la Teledetección y de campañas de geofísica aerotransportada son de gran utilidad como apoyo al estudio geológico del área, tanto desde el punto de vista estructural como litológico y/o litogeoquímico. El análisis de la información que aportan estas técnicas han permitido detectar cambios en la estructura que no habían sido puestos de manifiesto con las técnicas convencionales. En algunos casos, ha sido también posible establecer la continuidad de estructuras por debajo de recubrimientos terciarios.
- 4.- La incorporación de toda la información a un SIG, ha permitido, a través de los procesos de integración, una visión conjunta y simultánea de datos claramente relacionables. Esta técnica ha demostrado ser una herramienta de indudable valor en cuanto a calidad y tiempo en la interpretación de los datos en la definición de soluciones (áreas de interés), y en la toma de decisiones para la exploración mineral (evaluación de anomalías)
- 5.- Como resultado de la integración de los datos almacenados durante el proyecto, se ha seleccionado una serie de áreas, que parecen las de mayor interés para proseguir trabajos de investigación de más detalle. Las áreas seleccionadas a partir de un proceso en el que han intervenido datos a escala regional, tienen lógicamente unas dimensiones amplias. Será con la siguiente y continua explotación de la "Base de Datos" (de acuerdo con la dinámica interactiva mencionada), con lo que se conseguirá ir reduciendo y centrando objetivos en función de nuevas observaciones.

Por último y en función del tipo de información almacenada, su distribución regional y las conclusiones obtenidas de su procesamiento, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- 1.- En primer lugar y puesto que parte del área que ocupa todo el sector de Ossa-Morena no ha quedado cubierto por la teledetección y por lo tanto la integración de datos no ha sido llevada a cabo en estas zonas, se propone como primer punto de interés el completar la Base de Datos.
- 2.- Integrar la nueva información espectral con el resto de datos ya almacenados, para poder determinar posibles nuevas zonas anómalas.
- 3.- Realizar un estudio estadístico para unificar los datos de geoquímica y mineralometría, definiendo el procedimiento para la obtención de áreas anómalas a partir de la información geoquímica y por integración de esta información con el resto de los datos.
- 4.- Profundizar en los procesamientos de los datos de Teledetección, analizando la incorporación de datos de otros sensores, y geofísica aerotransportada con el fin de mejorar los conocimientos de la geología de la zona de estudio.
- 5.- Continuar la explotación de la "Base de Datos", buscando procesos estandarizados para la consecución de objetivos claramente definidos, que aumente el rendimiento de éste, siempre de forma interactiva con las observaciones de campo.

6.3.- BIBLIOGRAFIA

ABALOS, B., EGUILUZ, L. y APALATEGUI, O. (1990). "Constitución tectono-estratigráfica del Corredor Blastomilonítico de Badajoz-Córdoba: Nueva propuesta de Subdivisión". Geogaceta, núm. 7, pp. 71-73.

BURG, J.P., IGLESIAS, M., LAURENT, Ph., MATTE, Ph. y RIBEIRO, A. (1981). "Variscan intracontinental deformation: The Coimbra-Córdoba Shear Zone (SW Peninsula)". Tectonophysics, 78, pp. 171-177.

CASTRO, P., QUESADA, C. Y MUNHA, J. (1987),. "Metamorphic Regime in the Beja-Acebuches Variscan ophiolite (SW Iberia)". Int. Conf. Tectonothermal evol. of West Afric Orogenic. IGCP.

CHACON, J., OLIVEIRA, V., RIBEIRO, A. Y OLIVEIRA, J. (1983) "La estructura de la Zona de Ossa-Morena". Libro Jubilar de J.M. RIOS, T.I., pp. 490-511.

EGUILUZ ALARCON, L. (1987).- "Petrogénesis de rocas ígneas y metamórficas en el antiforme Burguillos-Monesterio. Macizo Ibérico Meridional". Tesis Doc. Univ. País Vasco.

ENADIMSA-BRGM. (1984). "Informe final sobre las investigaciones geológicas y mineras para Pb-Ag-Zn-Cu, Fluorita, Carbón y otras sustancias, realizadas por el consorcio Estado Español-S.E.R.E.M. en la Reserva del Estado "Coto Minero Nacional Carbonell" (Provincia de Córdoba)". Inédito.

ENADIMSA-PRESUR (1988).- "Investigación geológico-minera de la Reserva "La Monaguera", Primera y Segunda Fases". Inédito.

GONZALO, J.C. (1987).- "Petrología y estructura del basamento en el área de Mérida (Extremadura)".- Tesis doc. Univ. Salamanca 327 p.

HERNANDEZ ENRILE, J.L. (1971).- "Las rocas porfiroides del límite Cámbrico-Precámbrico en el flanco meridional del anticlinorio Olivera-Monesterio (Badajoz)". Bol. Geol. Min. T. LXXXII-III-10, pp. 359

HERRANZ, P. (1983) "El Precámbrico de la zona de Ossa-Morena". Libro Jubilar de J.M. RIOS, T. I, pp-100-109.

IGME.- (Varios años).- "Mapa Geológico de España a escala 1:50.000.

JULIVERT, M. (1983).- "El Carbonífero: Evolución de la sedimentación y desarrollo de la orogénesis Hercínica". Libro Jubilar de J.M. RIOS. T.I, pp. 311-338.

JULIVERT, M., Y TRUYOLS, J. (1983).- "El Ordovícico en el Macizo Ibérico". Libro Jubilar de J.M. RIOS. T.I., pp. 192-246.

JULIVERT, M., TRUYOLS, J. y VERGES, J. (1983).- "El Devónico en el Macizo Ibérico". Libro Jubilar de J.M. RIOS. T.I. pp. 265-311.

JUNTA DE EXTREMADURA (1987).- "Mapa Geológico-Minero de Extremadura". Consejería de Industria y Energía. Dirección General de Industria, Energía y Minas.

MORENO EIRIS, E. (1988).- "Los materiales arrecifales de algas y arqueociátidos del Cámbrico Inferior en Sierra Morena". Publ. Esp. Bol.Geol. Min. IGME, pp.1-25.

MUNHA, J., OLIVEIRA, J.L., RIBEIRO, A., QUESADA, C., FONSECA P., y CASTRO, P. (1986).- "Accreted terranes in Southern Iberia; the Beja-Acebuches ophiolite and related oceanic sequences". Subunites T.D. Washington IGC, 1-4. Es Lisbon, pp. 14-18.

PEREZ GONZALEZ, A., BASCONES, L., MARTIN HERRERO, D. y CARBALLEIRA, J. (1983).- "El terciario continental de Extremadura". Libro Jubilar de J.M. RIOS, T. II, pp. 569-587.

PEREZ LORENTE, F. (1979).- "Geología de la zona de Ossa-Morena al norte de Córdoba (Pozoblanco-Villaviciosa de Córdoba-Bélmez)". Tesis doc. Univ. Granada, nº 281, 340 pp.

PEREZ LORENTE, F. (1987).- "Los cuerpos intrusivos prehercínicos de la parte N de la Zona de Ossa-Morena en su sector centro-oriental". Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico. Libro Homenaje a L.C. GARCIA DE FIGUEROLA, Ed. Rueda. pp. 357-363.

QUESADA, C. (1983).- "El carbonífero en Sierra Morena". Carbonífero y Pérmico de España. IGME. División de Geología, pp. 245-278.

QUESADA, C. (1987).- "Lower Paleozoic Rifting and Subsequent Miogeocline development in SW Iberia". Intern Conf. in Tectonothermal Evolution of West Africa.

QUESADA, C. (1989).- " Paleozoic Tectonothermal Evolution of the Iberian Massif from a Terrane Perspective". Submitted to Washington Igc. Abstract. Vol. of 27th Intern Geological Congress.

RIBEIRO, M.L. y FLOOR, P. (1988).- "Magmatismo peralcalino Macizo Hespérico: Sua districuiçao e significado geodinámico". Libro Homenaje a L.C. GARCIA DE FIGUEROLA. Ed. Rueda, pp. 211-221.

RIBEIRO, A., QUESADA, C. y DALMEYER, R.D. (1987). "Tectonostratigraphic Terrane and the geodynamic evolution of the Iberian Variscan fold belt". Int. Conf. on plate tectonics, Gijón. Abstract. Public. en VIII Congr. Int. Min. Metal. Asturias. 1989, pp. 60-61.

RIBEIRO, A., OLIVEIRA, J.T. y BRANDAO SILVA, J. (1983). "La estructura de la zona Subportuguesa". Libro Jubilar de J.M. RIOS. T. I, pp. 504-511.

SIMANCAS, J.F. (1983) "Geología de la extremidad oriental de la zona Sud-Portuguesa" Tesis Doctoral Universidad de Granada.

TRUYOLS, J. y JULIVERT, M. (1983).- "El Silúrico en el Macizo Ibérico". Libro Jubilar de J.M. RIOS, T.I, pp. 246-265.

ZAMARREÑO, I. (1983).- "El Cámbrico en el Macizo Ibérico". Libro Jubilar de J.M. RIOS. T. I, pp. 117-192.