



<b>INFORME</b>	Identificación: G5.005.99
	Fecha: NOVIEMBRE 1999
<b>TITULO</b> CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y SITUACIÓN DE INDICIOS MINEROS RESPECTO DE ANOMALÍAS MAGNÉTICAS, RADIOMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS EN CUATRO ÁREAS DE LA FAJA PIRÍTICA. REVISIÓN Y SÍNTESIS DE INFORMES 40469, 40474 Y 40475.	
<b>PROYECTO</b> INTEGRADO DE LA FAJA PIRÍTICA ESPAÑOLA (II FASE).	
<b>RESUMEN</b> <p>Se presenta aquí una interpretación de detalle del vuelo magnético y radiométrico de alta resolución de la Faja Pirítica Española (1997), en cuatro zonas centrales de la misma. Se ha pretendido estudiar las respuestas geofísicas, en concreto, magnéticas, radiométricas y gravimétricas, de los indicios mineros de la Faja, en entornos caracterizados tanto por su numerosa presencia como por el afloramiento de unidades del Complejo Volcánico Sedimentario (o paleozoico en general). Revisadas las posibilidades cartográficas de los métodos aeroportados, se concluye que la combinación de anomalías gravimétricas, magnéticas y radiométricas proporciona guías de exploración muy útiles en la prospección minera y caracteriza bien su entorno de pizarras y volcanitas, delimitando rasgos estructurales y sirviendo para resolver casos de ambigüedades litoloestratigráficas. Dado que el CVS, que alberga todas las mineralizaciones, es una unidad anómala en conjunto frente a los metasedimentos de PQ y Culm, casi todos los indicios se ubican en general en zonas anómalas gravimétricas, magnéticas, y/o radiométricas, más o menos amplias o de detalle. Se necesitan trabajos petrofísicos y geoquímicos en las zonas concretas de anomalía (determinaciones de densidad, susceptibilidad y otros estudios sobre el origen del magnetismo que se consideren pertinentes por un lado, contenidos en K, U, Th por el otro) para comprender el alcance de las complejas relaciones entre éstas y las mineralizaciones.</p>	
* continuar al dorso en caso necesario	
<b>Revisión</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Autores: José Luis García Lobón Angel Peláez Martínez</b>
<b>Unidad</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Responsable: Alejandro Sánchez Rodríguez</b>

62011



## ÍNDICE

	<u>Página</u>
0. MOTIVACIÓN .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. CARTOGRAFÍA MAGNÉTICA Y RADIOMÉTRICA EN LAS ÁREAS DE LOS INDICIOS .....	2
3. METALOGENIA DE LAS ZONAS ESTUDIADAS .....	7
4. UBICACIÓN DE INDICIOS MINEROS EN LAS ANOMALÍAS DEL VUELO .....	13
5. CARACTERÍSTICAS GRAVIMÉTRICAS DEL ENTORNO DE LOS INDICIOS .....	18
6. CONCLUSIONES .....	24
7. REFERENCIAS .....	28

### **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1. ÁREAS DE ESTUDIO E 1:500.000**

**Figura 2. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS E: 100.000**

**Figuras 3a-3d. CAMPO MAGNÉTICO TOTAL. E 1:50.000**

**Figuras 4a-4d. MAPA RADIOMÉTRICO TERNARIO. E 1:50.000**

**Figuras 5a-5d. ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS. E 1:50.000**

**Figura 6. PERFILES DE TEJAR-CAMPO DEL MORO (Origen: X=661100, Y=4163200)**

**Figura 7. PERFILES DE CULEBRAS-SAN FERNANDO (Origen: X=665300, Y=4163300)**

**Figura 8. PERFILES DE FILON CENTRO-BULLONES (Origen: X= 666000, Y=4161500)**

**Figura 9. PERFILES DE FILON NORTE-CASCABELERO (Origen: X=667000, Y=4162500)**

**Figura 10. PERFILES DE ORIENTE-GUADINA (Origen: X=704700, Y=4165300)**

**Figura 11. PERFILES DE SAN JOSE-RIZÓN (Origen: X=705700, Y=4165300)**

**Figura 12. PERFILES DE CHIFLÓN-AURORA (Origen: X=708200, Y=4164700)**

**Figura 13. PERFILES DE CUEVA DE LA MORA (Origen: X=692000, Y=4179500)**

**Figura 14. PERFILES DE VIEJA-MONTE ROMERO (Origen: X=694900, Y=4180000)**

**Figura 15. PERFILES DE SOLOVIEJO-SANTA BARBARA (Origen: X=703100, Y=4179500)**

**Figura 16. PERFILES DE SAN PLATÓN-CONCEPCIÓN (Origen: X=704600, Y=4179500)**

**Figura 17. PERFILES DE LA PODEROSA-BUITRERA (Origen: X=706200, Y=4179500)**

**Figura 18. PERFILES DE COBULLOS (Origen: X=707900, Y=4179500)**

# **CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y SITUACIÓN DE INDICIOS MINEROS RESPECTO DE ANOMALÍAS MAGNÉTICAS, RADIOMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS EN CUATRO ÁREAS DE LA FAJA PIRÍTICA. REVISIÓN Y SÍNTESIS DE INFORMES 40469, 40474 Y 40475**

## **0. MOTIVACIÓN**

Se presenta aquí una síntesis revisada de los tres informes de interpretación del Proyecto "Exploración aeromagnética y radiométrica de la Faja Pirítica y Areas Limítrofes. 1997" siguientes:

- \* "Análisis de detalle del vuelo magnético y radiométrico de la Faja Pirítica en la hoja 1:25.000 960-II Berrocal". Informe 40469 del fondo documental del ITGE (1998)
- \* "Análisis de detalle del vuelo magnético y radiométrico de la Faja Pirítica en la hoja 1:25.000 959-I Villanueva de las Cruces". Informe 40474 (1998)
- \* "Análisis de detalle del vuelo magnético y radiométrico de la Faja Pirítica en el sector central de la hoja 1:50.000 938 Nerva". Informe 40475 (1999)

Mientras que en los informes anteriores se realizó una interpretación que enfatizaba la descripción de las firmas geofísicas de las distintas unidades litoestratigráficas y estructurales, en este trabajo se analiza más en profundidad la situación de los indicios mineros respecto de las anomalías geofísicas en la Faja, tanto las del vuelo como las gravimétricas disponibles anteriormente (informe 40415), ofreciéndose una visión de conjunto revisada respecto a la contenida en los informes individuales citados.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El vuelo de la Faja Pirítica se ejecutó en 1997 (informe 40464). Se trata de un levantamiento geofísico aeroportado de alta resolución (80 m de altura sobre terreno, 250 m de espaciado entre líneas, cubriendo más de 15000 Km<sup>2</sup>), promovido por las empresas mineras de la Faja y realizado por el ITGE al objeto de apoyar proyectos de cartografía geológica en general y de búsqueda de yacimientos. Además de los registros (archivos de línea) y mallas procesadas del vuelo, para la interpretación se hace uso de las bases de datos institucionales del ITGE en la Faja Pirítica, como la de cartografía geológica (revisión de la MAGNA 1:50.000, informe 40445, 1995); la de indicios mineros y sondeos

mecánicos; y la gravimetría estructural de 1992 (informe 40415). El análisis de todos estos datos se circunscribe a las cuatro zonas siguientes (figura 1): NO de la hoja 1:50.000 de Calañas (n° 959), NE de la de Valverde del Camino (n° 960), y centrales de la de Nerva (n° 938). Para el tratamiento de la información las aplicaciones usadas han sido el paquete OASIS (proceso de datos y obtención de imágenes finales) y el programa MAGIXL (interpretación de cortes 2D), con apoyo del SIG Arc/Info, gestor institucional de las bases del ITGE.

## **2. CARTOGRAFÍA MAGNÉTICA Y RADIOMÉTRICA EN LAS ÁREAS DE LOS INDICIOS**

La figura n° 2 comprende el conjunto de unidades litoestratigráficas y estructurales de las hojas en las áreas de estudio, constituida en esencia por pizarras y cuarcitas del Devónico Superior (PQ); volcanitas básicas (Vb, basaltos), intermedias (Vi, andesitas), y ácidas (Va, riolitas y dacitas), epiclastitas (Ep, pizarras, Pm, pizarras moradas), y jaspes, todas ellas del Complejo Volcánico Sedimentario (CVS. Tournasiense-Viseense); y pizarras y grauwacas del grupo Culm (Carbonífero Superior). La caracterización geofísica de estas unidades puede resumirse en los siguientes aspectos (informes 40469, 40474 y 40475, así como en GARCÍA LOBÓN, 1999):

### **1) Magnetismo**

La zona NO de la hoja de Calañas (figura 3a) es un buen ejemplo de desconexión entre comportamiento magnético y cartografía geológica, pues ni siquiera es posible reconocer en muchas zonas de ella las rocas volcánicas del CVS como marcador magnético frente a los metasedimentos paramagnéticos del PQ y Culm. Desde el punto de vista de la geología de superficie sólo los jaspes, el afloramiento NE de Vb, y algunas de las diabasas de esta zona (figura 2) parecen tener respuesta magnética, produciendo las anomalías de mayor frecuencia (en ciclos/km) del mapa magnético de la figura 3a. Existe otra anomalía en la mitad NO de la zona, extensa y de origen profundo, que no es posible adjudicar a las rocas Vi de la escama de Lagunazo, sobre la que se superponen varias anomalías más someras. Por todo ello las asignaciones cartográficas, poco seguras en la Faja en general donde es sabido que son posibles todo tipo de situaciones (campo alto, intermedio ó bajo) sobre todo tipo de litologías, son impracticables en esta hoja. En cambio, en las zonas NE de la hoja de Valverde (figura 3b) y centrales de Nerva (figuras 3c

y 3d), aún siendo cierto esto último, el comportamiento magnético de las unidades litológicas de la figura 2 es más predecible, con alguna coincidencia cartografía-magnetismo espectacular, dentro de un contexto diverso de anomalías: los basaltos junto con los jaspes (casi siempre) son el marcador magnético en la zona NE de la hoja de Valverde; no así en las zonas centrales de Nerva en la que existen dudas sobre el carácter de las básicas en ciertos casos, como se discute más abajo, y la respuesta de los jaspes parece muy ocasional. Es destacable que en las áreas estudiadas de ambas hojas, Valverde y Nerva, el Va comprende numerosos ejes de máximo magnético con sus correspondientes zonas de mínimo, de forma que constituye una faja de rocas claramente discernible por su textura magnética (cosa que no ocurre en la zona NO de Calañas), si bien su magnetismo es complejo y las anomalías no se ajustan a los detalles de la cartografía dentro de ellas (figuras 2 y 3b, c, d).

En resumen, la cartografía magnética es más segura en las áreas estudiadas de las hojas de Valverde y Nerva que en la de Calañas, donde la presencia del material volcánico con respuesta magnética es más minoritaria.

Según la profundidad de la fuente, los ejes de anomalía magnética son agrupables en dos categorías:

A) Los someros (profundidades del orden de decenas de m según determinaciones de Euler y gráficas, informes 40469, 40474 y 40475). En el sector NO de Calañas los más numerosos son los relacionados con jaspes en las áreas al S y SE de la escama de Lagunazo (figuras 2 y 3a). También convendría destacar, en otro contexto geológico y con otra textura magnética, las anomalías de la zona de Tharsis. En la zona NE de la hoja de Valverde los ejes anómalos, además de en los basaltos y los jaspes, se concentran en las rocas Va del klippe de la Sierra de los Picotes (figuras 2 y 3b), con anomalías tipo placa en las riolitas (v.g., aflorantes y subaflorantes con susceptibilidades comprendidas entre  $187$  y  $523 \times 10^{-6}$  ucgs en el perfil de la figura 10) sobre las que se superponen anomalías tipo dique de una frecuencia superior (figura 11). En la hoja de Nerva el Va de la escama de Concepción, donde la abundancia de magnetita es mayor que en cualquier otra parte en la Faja, se comporta como una placa magnética global (tonos verdes y superiores en la escala de color de las figuras 3c y 3d. Véanse las anomalías y susceptibilidades de las figuras 13 a 18). Superpuestos sobre su firma magnética aparecen ejes someros e intensos que tienden a correr según diversos afloramientos y áreas subaflorantes de mayor

susceptibilidad en las rocas Va de cada zona, y no según las Vb existentes. Por ejemplo, en la zona centro-O cinco de los siete afloramientos de rocas Vb no se asocian a anomalías. Tanto los datos radiométricos (figura 4c) como los gravimétricos (figura 5c) ponen en cuestión su caracterización como basaltos, por lo que en estos casos puede tratarse de rocas Vi. Adicionalmente, se distinguen varios bloques de anomalías, definidas por lineaciones más o menos yuxtapuestas y discontinuas en toda la zona de indicios mineros.

B) Los profundos, sobre todo en pizarras, pero también en Va y Vi. Puesto que este tipo de campo alto no es el característico del PQ y Culm, y los datos gravimétricos descartan la presencia de volúmenes importantes de rocas Vb bajo las citadas litologías en muchas ocasiones, a falta de muestreos más detallados tanto en superficie como en sondeos, queda por discernir la causa segura de tales respuestas. Deben existir tramos de mayor magnetismo en las riolitas (como lo exigen los modelos 2D de las figuras 6 a 18), o jaspes magnéticos en profundidad.

Todo lo descrito concuerda con los resultados de un muestreo de susceptibilidades reciente en la Faja (informe 40454, 1996): considerando el conjunto de las 1222 muestras, el 96% de los valores son inferiores a un umbral de  $200 \times 10^{-6}$  ucgs, típicos de un comportamiento paramagnético, lo que indica que la Faja es en conjunto una región demagnetizada. Dejando aparte las rocas plutónicas, sólo presentan valores superiores al umbral citado las rocas volcánicas básicas (incluyendo las diabasas además de los basaltos) con un 5.2% de muestras con  $k > 200 \times 10^{-6}$  ucgs ("la baja susceptibilidad del conjunto puede ser debida a los procesos de alteración a que han estado sometidas estas rocas; el opaco fundamental es la ilmenita y la presencia de magnetita es aleatoria", informe 40454); los jaspes (el 36% con valores superiores, pero se tomaron pocas muestras; 8 de los 11 jaspes presentan una  $k > 150 \times 10^{-6}$  ucgs, la media del conjunto es de  $206 \times 10^{-6}$  ucgs); y las riolitas (8% de ellas con  $k > 200 \times 10^{-6}$  ucgs), pero aparentemente, sólo las ubicadas en la escama de Concepción de la hoja de Nerva y su prolongación O (escama de S. Telmo en la hoja 937). Dadas las bajas susceptibilidades de las volcanitas básicas y la agrupación geográfica citada de las riolitas más magnéticas, como los jaspes constituyen una litología marginal (pero significativa, pudiendo dar lugar a anomalías magnéticas locales importantes como lo atestiguan los mapas del vuelo), se concluye la no existencia de marcador magnético regional en la Faja más particularizado que el CVS en su conjunto (informe 40445).

Por lo que se refiere al análisis estructural, existen anomalías profundas bajo la escama de Lagunazo en la zona NO de la hoja de Calañas, y bajo el Culm y epiclásticas en la zona centro-O de la hoja de Nerva. Su interpretación es dudosa y está fuera del alcance de este estudio. Salvo precisamente en el borde S de la escama de Lagunazo, con posibles anomalías de "basamento", más sencilla es la delineación magnética de los límites de las unidades estructurales (klippes, escamas y mantos), pues se manifiestan casi siempre como zonas demagnetizadas de mínimo o mínimo relativo. Las fallas tienen en general ese mismo carácter de campo bajo, presentando muchas de ellas una excelente respuesta en la imagen del gradiente magnético vertical (gradiente que destaca la expresión de los rasgos más superficiales y elimina en gran medida la superposición de anomalías), siendo por tanto fácilmente cartografiables con el apoyo de este tipo de documento (v.g., las fallas NO-SE y NE-SO hercínicas). Las soluciones obtenidas por el método de Euler contribuyen a la ubicación tridimensional de los cuerpos anómalos. Como las soluciones de Euler son muy sensibles a diversos factores de proceso de datos, conviene compararlas, sobre todo en lo que afecta a las determinaciones de profundidad, con los resultados de otros métodos, v.g., interpretación de cortes 2D (figuras 6 a 18) ó profundidades gráficas (v.g., SPECTOR y LAWLER, 1995). Para toda esta descripción estructural y análisis de profundidades, véanse los informes 40469, 40474 y 40475.

## 2) Radiometría

Las medidas radiométricas provenientes de un espectrómetro aéreo calibrado constituyen una buena aproximación de los contenidos de radioelementos de las rocas, de manera que cada registro radiométrico puede considerarse una medida geoquímica, si bien con medios geofísicos, de la distribución de los radioisótopos naturales  $^{40}\text{K}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{238}\text{U}$ , y  $^{232}\text{Th}$ . Diferentes tipos de roca tienen diferentes contenidos de radioisótopos según su evolución magmática y ciclo geoquímico posterior (DARNLEY y FORD, 1987), pero la amplitud de los rangos de variación hace que una determinada proporción de éstos no identifique unívocamente un tipo litológico. No obstante, hoy se admite que la radiometría aeroportada ofrece, a través del mapa radiométrico ternario K-U-Th, la imagen geofísica de más calidad como instrumento de correlación con la cartografía geológica de superficie.

En los casos de las áreas de estudio de las hojas de Calañas, y sobre todo, Valverde, en el mapa radiométrico ternario (figuras 5a y 5b, respectivamente) quedan bastante bien cartografiadas las distintas unidades litoestratigráficas de cada hoja cuando tienen suficiente extensión de afloramiento. Éstas son susceptibles de ser subdivididas desde el punto de vista radiométrico en varias subzonas, ya sean de elementos puros, mezclas binarias, o ternarias neutras sin elemento dominante: tanto en Va (áreas monoelemento de K o U, y binarias de K+Th, K+U y U+Th), Ep (áreas de K+Th, K+U, U+Th, y neutras), Vi (zonas sin respuesta y áreas de U+Th), y PQ (áreas de K+Th, U+Th, y neutras). Los basaltos se caracterizan por la ausencia de respuesta radiométrica, salvo en los casos de asignaciones cartográficas dudosas. Los contrastes entre formaciones son más acusados en la zona NE de la hoja de Valverde: son netos los de PQ y Vb; el Va de los Picotes presenta zonas tenues de los 3 tonos de mezcla y los tres tonos puros, mientras que el Va del manto de Berrocal (al N y con dos imbricaciones en el klippe) es más neutro y más radiactivo. En el caso de la hoja de Nerva (figuras 5c y 5d), el Va de la escama de Concepción se caracteriza por la complejidad y variabilidad de las respuestas radiométricas, que cubren toda la gama posible de firmas de K, U, y Th, K+Th, K+U y U+Th, y neutras, muy prolijas de describir. En esta escama el carácter radiométrico de las rocas Vb es también bastante heterogéneo, existiendo asignaciones cartográficas probablemente erróneas: en algunos casos deben ser rocas Vi, en otros su extensión de afloramiento debe aumentarse a costa del Va. Por tanto, la radiometría incide también en la insuficiencia de la cartografía de superficie para explicar el abanico de firmas registrado.

La interpretación del significado de las subzonaciones radiométricas, algunas fáciles de detectar en superficie (v.g., clorificaciones o sericitaciones), pero otras sin duda disimuladas para el geólogo de campo, exige la realización de trabajos de detalle sobre el terreno con espectrómetros portátiles. Este tipo de trabajo permitiría diferenciaciones más finas, v.g., de zonaciones y correlaciones en pizarras o en rocas Va de distintas unidades estructurales, dudosas por lo ruidoso de los mapas radiométricos por efectos de topografía y redes de drenaje. El cruce de los contenidos en radioelementos con otros parámetros físicos de la roca en muestreos detallados podría aclarar el significado de ciertas anomalías magnéticas ó pesadas en la Faja, como en las escamas con riolitas de mayor magnetismo ó en las posibles zonaciones por densidad en pizarras.

En síntesis, la combinación de anomalías magnéticas y radiométricas caracteriza muy bien unidades como las pizarras del PQ y volcanitas intermedias y básicas, sirviendo

para resolver casos de ambigüedades cartográficas. Precisamente, esto ha sido así en la reciente cartografía 1:25.000 de estas zonas, donde se han demostrado las elevadas posibilidades cartográficas (de superficie y subsuelo) del uso conjunto de los métodos magnético y radiométrico en un entorno SIG. El cruce de las anomalías del vuelo con los datos de la gravimetría estructural de la Faja de 1992 en el entorno de los indicios mineros se realiza más abajo, en el epígrafe 5.

### **3. METALOGENIA DE LAS ZONAS ESTUDIADAS**

La Faja Pirítica se caracteriza por la presencia de numerosos e importantes yacimientos ligados al volcanismo del Carbonífero Inferior. Dejando aparte los filonianos, los indicios se suelen clasificar en dos grupos (v.g., Mapa metalogenético de España, hoja nº 75, Sevilla):

- A) Depósitos e indicios de sulfuros masivos.
- B) Depósitos e indicios de manganeso.

A) Las mineralizaciones de sulfuros masivos se sitúan exclusivamente en el CVS y hoy día está universalmente aceptada la hipótesis genética volcanosedimentaria para dichas mineralizaciones (morfología estratiforme, plegamiento de la mineralización con la roca encajante, estructuras sedimentarias en las masas piríticas, texturas, etc). Genéticamente el aporte de iones sulfurados,  $S^{2-}$ , está ligado con la actividad fumarólica e hidrotermal póstuma del volcanismo que la genera y consecuentemente las masas de sulfuros derivadas se sitúan en el tiempo y espacio a techo de los episodios volcánicos, encajando bien en materiales piroclásticos, si la deposición tiene lugar cerca de los focos de emisión, bien en materiales sedimentarios si se produce en zonas más alejadas. En este sentido existe toda una transición entre "masas proximales" y "masas distales". En relación con las zonas de emisión, pueden existir chimeneas cuya mineralización con morfología de columnas y estructura en stockwork, se sitúa a muro de los mismos. Lógicamente los yacimientos distales, que han sufrido un proceso de transporte y resedimentación, difícilmente van a presentar a muro un stockwork mineralizado próximo.

Las masas de sulfuros se sitúan generalmente a techo de los niveles inferiores del volcanismo o en las rocas sedimentarias relacionadas con el mismo. No se puede hablar de

un único "nivel volcánico" productivo; a escala regional se puede considerar el vulcanismo ácido como un metalotecto litológico para estas mineralizaciones. La morfología es estratiforme, al menos a escala de afloramiento, aunque a mayor escala, puede ser más apropiado hablar de masas lentejonares, cuyas dimensiones varían de 50 a 3000 m. de longitud, de 3 a 100 m. de potencia y 30 a 350 m. de profundidad, y con un tamaño de menos de 1 a 50 millones de toneladas.

Las rocas encajantes presentan generalmente una alteración, consecuencia del hidrotermalismo asociado al vulcanismo, y que fundamentalmente viene definida por silicificación, cloritización, sericitación y a veces carbonatación, que funcionan como metalotectos geoquímicos.

Por último, hay que destacar, por su importancia económica, las monteras oxidadas (gossan) de las masas de sulfuros, originadas por procesos de lixiviación y migración de los cationes más móviles, dando lugar a un enriquecimiento secundario de los elementos más inertes, particularmente Ag y Au.

Se estiman en unos 1700 millones de toneladas las reservas de la Faja Pirítica, cifra que con leyes medias de alrededor de 44-48% S; 39-44% Fe; 2-6% Cu+Pb+Zn; 0,2-1,5 gr/t Au y 5-30 gr/t Ag, además de elementos minoritarios como 0,2-0,5% de Se, Co, Hg, etc; arroja unos tonelajes del orden de  $15 \times 10^6$  de Cu,  $13 \times 10^6$  de Pb,  $35 \times 10^6$  de Zn, 41000 Tm de Au y 880 Tm de Au (LEISTEL et al, 1998).

En cuanto a la clasificación por sustancia, debido a que la mayor parte de los yacimientos de sulfuros masivos de la Faja Pirítica comprenden las tres menas ya sea de pirita, pirita cobriza y/o polimetálicos o complejos en proporciones muy variables de unos a otros, la designación de una u otra nomenclatura corresponderá a la sustancia dominante o que haya sido objeto de explotación. De todos modos las características o formas de yacer son comunes.

Dentro de las áreas contempladas en el presente trabajo, se encuentran un buen número de depósitos destacables de sulfuros polimetálicos (tablas I y II) como los pertenecientes al Grupo Tharsis, con Filón Norte (75), Sierra Bullones (13), Filón Centro (2.5), Filón Sur (4.5) y Esperanza (6) en la zona NO de la hoja de Calañas, y San Platón (2.5), Angelita (1.2), Monte Romero (0.8) y Cueva de la Mora (4.2) en las centrales de

Nerva. Las cifras entre paréntesis ( $\times 10^6$ ) son las toneladas extraídas más reservas existentes según LEISTEL et al, 1998. La paragénesis en general está constituida por pirita, calcopirita, galena, esfalerita, oro, plata, cobres grises, marcasita, bornita, pirrotina, arsenopirita y óxidos de hierro. Entre los depósitos de pirita cobriza destacan: Lagunazo (6) y Esperanza (6) en la zona NO de la hoja de Calañas, y San Miguel (1.3), Angostura, Concepción (56) y Poderosa (0.6) en Nerva. La paragénesis habitual está constituida por pirita, calcopirita, calcosina, covellina, malaquita, bornita y cobre grises. Por último, entre los depósitos de pirita hay que resaltar los del Grupo Tharsis en general, siendo la paragénesis más habitual pirita, calcopirita, pirrotina, arsenopirita, y tetraedrita.

Como se puede ver, existen depósitos representados en uno u otro tipo de mena, sobre todo en los de mayor tamaño, bien por estar constituido por varias masas o por presentar algún tipo de zonación. Además, dentro del PQ indeferenciado existen indicios de pirita, de escaso interés, constituidos por pequeños lentejones y capas centimétricas de pirita oxidada interestratificada en las pizarras.

B) Los depósitos e indicios de manganeso son de origen volcano-sedimentario y se encuentran estrechamente ligados a las masas de sulfuros, y como éstos, situados en el CVS, normalmente a techo de aquéllas. El metalotecto litológico está constituido por facies finas de los niveles medio y superiores del volcanismo, representadas por pizarras, tobas y tufitas, así como lentejones de jaspes y pizarras moradas. En la literatura tradicional de la Faja Pirítica, se le considera como metalotecto estratigráfico y denomina Formación Manganesífera. La mena de estos depósitos está constituida por silicatos (rodonita) y carbonatos (rodocrosita) como minerales primarios, produciéndose en la montera óxidos y peróxidos secundarios (pirolusita, psilomelano, wad). La mineralización, irregularmente distribuida con potencias de 1 a 30 m. se presenta en forma de bolsadas, nódulos, pequeños lentejones y también rellenando huecos, diaclasas y fracturas. Los indicios son, en general, de tamaño pequeño y medio, no llevándose a cabo actualmente ninguna explotación. Son muy numerosos, llegándose a contabilizar cerca de 300 en toda la zona Surportuguesa (entre España y Portugal). La falta de una investigación geológico-minera adecuada, impide el conocimiento real de los depósitos y de sus reservas.

Los depósitos e indicios de Mn más importantes presentes en las zonas de estudio (tablas I y II), son: Soloviejo, Cobullos, Romerita-Pimpollar, en la hoja de Nerva; Oriente, Palanco, y Aurora en la de Valverde. El más importante de todos ellos es Soloviejo, que

presenta unas reservas estimadas del orden de  $1 \times 10^6$  Tm con ley media de 32% Mn.

Las tablas I y II presentan los 44 indicios y depósitos de la base de datos de la Faja Pirítica, base institucional del ITGE, ordenados de O a E, en cada una de las zonas estudiadas de Calañas, Valverde y Nerva (15, 9, 8 y 12, respectivamente). Además de las características de los indicios, las tablas muestran la conexión de éstos con las anomalías geofísicas gravimétricas y del vuelo (la respuesta de gravedad indicada por G, la magnética por M, y la radiométrica por su carácter geoquímico). Todos los indicios aparecen georeferenciados en las figuras 3, 4, y 5 indicándose su nombre y una clave de sustancia (s: sulfuros; m: Mn) y tamaño (p, m, g: pequeño, mediano, grande).

Las descripciones de las tablas provienen de la base de indicios citada, actualizada y corregida con datos de la hoja metalogenética 1:200.000 de Sevilla (nº 75), y de proyectos recientes como el publicado por LEISTEL et al, 1998. Las coordenadas (UTM, huso 29) se dan con una resolución de 50 m; el tamaño distingue las pequeñas labores de exploración o rapiña de los grandes depósitos con varios millones de Tm de reservas, con un tipo intermedio de cierta ambigüedad respecto a la especificación del tamaño medio, pero que podría estar alrededor del millón de toneladas según las cifras citadas más arriba; la caja se define en general como formación manganesífera para los depósitos de Mn o piroclastos y epiclastitas para los sulfuros; la mineralogía manifiesta la sustancia, compuestos de Mn o sulfuros, sin distinguir entre minerales principales y accesorios, ni primarios de productos de oxidación; no se ha incluido campo de alteraciones por coincidir con el tipo genérico citado más arriba; y la morfología y observaciones son auto-explicativas. Para más detalle pueden consultarse las fuentes utilizadas (base digital, la hoja nº 75 y LEISTEL et al), no siempre coincidentes (v.g., reservas de Cueva de la Mora).

Resumendo, en las zonas de estudio existen 20 indicios estratiformes de Mn (asociados a jaspes, de pequeña o media dimensión, yaciendo intercalados tectónicamente entre pizarras, usualmente denominadas formación manganesífera): ocho en la zona NO de Calañas, cinco en la NE de Valverde, y siete en las zonas centrales de Nerva; y 23 yacimientos de sulfuros complejos (con morfología lentejona estratiforme, condicionada por deformaciones tectónicas, y tamaño muy variable desde medianos a grandes o muy grandes, como los del grupo Tharsis): seis en la zona NO de Calañas, cuatro en la NE de Valverde (todos pequeños), y trece en las zonas centrales de Nerva; y por último, un pequeño indicio filoniano en la zona NO de Calañas.

	NOMBRE	X	Y	T	LITOLOGÍA	MINERALOGÍA	MORFOLOGÍA	OBSERVACIONES	ANOMALÍAS
CALAÑAS	Casa Cartijilla	660100	4166600	P	Pizarras moradas y jaspes	Piro, Psi, Rc, Rd	Lentejonar E-O	Pequeña labor de rapifia	
	La Choza	660500	4166600	P	Tobas ácidas	Piro, Psi, Rc, Rd	Filoniana NO-SE	Labor insignificante	
	Huerto del Tejar	661000	4164900	P	Pizarras grises	Piro, Psi, Rc, Rd	Lentejonar E-O	Labores insignificantes	K+Th
	Campo del Moro	661100	4167000	P	Tobas ácidas y jaspes	Piro, Psi, Rc, Rd	Lentejonar E-O	Labores de rapifia	G, M
	Cortijo los Amantes	661600	4166300	P	Pizarras moradas y jaspes	Piro, Psi, Rc, Rd	Lentejonar E-O	Dos cortas pequeñas	
	Lagunazo	662000	4166400	G	Pizarras y tobas finas	Py, Cp	Lentejonar E-O	Cortas-int. Expl. $5 \times 10^5$ Tm (hasta 1902)	K+U
	Embalse Lagunazo	662900	4165100	P	Pizarras moradas	Piro, Psi, Rc, Rd	Lentejonar E-O	Labores insignificantes	
	Las Culebras	665100	4164000	P	Pizarras, tobas, jaspes	Piro, Psi, Rc, Rd	Lentejonar E-O	Pequeñas labores de explotación	
	San Fernando	665300	4165600	P	Pizarras, tobas, jaspes	Piro, Psi, Rc, Rd	Lentejonar E-O	Pequeña labor de explotación	U
	Filón Centro	665800	4162300	G	Pizarras y tufitas	Py, Cp, Sp, G	Estratiforme E-O	Reservas $3 \times 10^6$ Tm. Grupo Tharsis	G, M
	Filón Sur	666650	4161800	G	Pizarras	Py, Cp, Sp, G	Lentejonar N85°E	El Au del gossan en explotación actual.	U+Th
	Filón Norte, Sierra Bullones	667000 666250	4162900 4162900	G G	Pizarras y tufitas Pizarras y tufitas	Py, Cp, Sp, G	Estratiforme E-O	Dos masas Filón N y Sierra Bullones a cielo abierto. Reservas: $90 \times 10^6$ Tm	G, K+Th, M (Ambos)
	Mina Cascabelero	667100	4166500	M	Pizarras y jaspes grises	Piro, Psi, Rc, Rd	Lentejonar ESE-ONO	Corta de 60 m de largo	
	La Esperanza	667550	4161650	G	Pizarras y tobas finas	Py, Cp, Az, Mq, Cv, Cc	Lentejonar N85°E	Explotada en corta hasta 1974	U
VALVERDE	Guadina	704700	4168000	M	Pizarras, tobas, tufitas	Rc, Piro, Psi	Lentejonar N115°E	Extraídas 4000 Tm en 1943	Neutra
	Mina Oriente	704800	4166700	M	Pizarras, tobas, tufitas, jaspes	Rc, Piro, Psi	Lent. N110°E (bolsas)	Se explotaron los peróxidos y carbonatos	Neutra, M
	Palanco	705100	4168000	G	Pizarras, tobas, tufitas, jaspes	Rc, Piro, Psi	L. N60-80E (masiv. y bol)	Corta 130x48x60 m e int. Aband. en 1970	
	San José	705700	4167800	M	Pizarras, tobas, tufitas, jaspes	Piro, Psi	Lent. N95°E (bolsas)	Crestón de jaspes de 660 m. Gran corta	Neutra, M
	Mina del Rizón	705700	4169000	P	Tobas ácidas	Py, OxFe	Lentejonar E-O (bolsas)	Socavón y pozos	
	Mina del Cura	707500	4165100	P	Tobas ácidas	Py, Cp, G, Sp	L. N95E, disem. y remov.	Pequeño registro con azufrones y gossan	K+U
	Aurora	708000	4169300	P	Pizarras, tobas, tufitas, jaspes	Rc, Piro, Psi	Lentejonar E-O (bolsas)	Lent. de jaspes de 100m (dis. de py y cp)	Neutra
	Mina Chiflón	708400	4165000	P	Tobas ácidas	Py, Cp, Mq	N105E (azufión y gossan)	Se trabajó de 1907 a 1910. Alta ley en Cu	K
	Los Barreros	708700	4164100	P	Pizarras	Py, OxFe	N95E (capillas-nódulos)	Registro pequeño	

TABLA I. INDICIOS DE LAS ZONAS NO DE LA HOJA DE CALAÑAS Y NE DE LA HOJA DE VALVERDE.

NOMBRE	X	Y	T	LITOLOGIA	MINERALOGIA	MORFOLOGÍA	OBSERVACIONES	ANOMALIAS
<b>ZONA OESTE</b>								
Castillejo	691200	4182900	P	T. ácidas, piz	Py	Lentejonar N100°E (Masiva)	Pozos y pocillos	
Cueva de la Mora	692000	4184200	G	T. ácidas, piz	Py,Cp,Po,Sp,G,OxFe,Mg	Estratiforme N100°E (Masiva)	Reservas de 40x10 <sup>6</sup> Tm con leyes de 0.5-2% Cu. Explotación inactiva desde los años 60. Labores a cielo abierto e interior.	G, K+Th, M
Romerita	694200	4183600	M	P. mor, tuf,jasp	Rc, Rd, Piro, Psi,OxFe	Lent. E-O (bolsada y removil.)	Lentejones de jaspes con Mn. Corta abandonada en 1958	
Monte Romero	694700	4183700	M	T. ácidas	Py,Cp,Sp,G,Tr,Bo,Cc	Estra. N98°E (masiva y disem)	Explotado por labores de interior entre 1956 y 1978.	U+Th
La Vieja	694900	4181300	M	Piz,tob,tuf,jasp	OxFe,Py,Cp,Piro, Psi	Lentejonar E-O	Jaspes con nódulos de Mn y disemina de py y cp. Labores de rapiña	
La Africana	695100	4182400	P	Piz, tufita, jasp	OxFe,Py (Piro, Psi)	Lentejonar N105°E (bolsadas)	Lentejones de jaspe con Mn. Labores pequeñas: calcatas, pocillos.	
Angelita	695900	4184000	M	T. ácidas, piz	Py,Cp,Sp,G,Bo,Tr	Lentejonar E-O (Masiva)	Labor interior aband. en 1925 Producción: 10 <sup>6</sup> Tm, rico en Cu.	
San Miguel	698300	4182000	M	Tobas ácidas	Py,Cp,Sp,G,Mg,Hm,Cc,Cv	Varios lentejones	Corr/Pot:600/10-40 m.Abandonado en 1926.Extraídas 1.3x10 <sup>6</sup> Tm.	U+Th
<b>ZONA ESTE</b>								
Angostura	701000	4182600	M	Tobas ácidas	Py,Cp,Cc,OxFe	Dos lentejones	C/P: 100-400/25 m. Aban. en 1931. Extraíd. 1.8x10 <sup>6</sup> Tm (1.2% Cu)	U
Sta. Bárbara	702800	4183100	P	Jaspes,pizarra	Rd,Rc,Peróx y Ox Mn,Hm	Lentejonar	Pozos y galerías	
Solviejo	703100	4181300	G	Piz, tobas, tuf	Piro, Psi, Rc, Rd.	Lentej N94°-105°E (Masiva)	A cielo abier e int, aban.en 1973.Mina de Mn mayor de la Faja	U
Esperanza	703500	4182200	M	Tobas ácidas	Py,Cp,Ox.Fe	Cinco lentejones	Corrida/Potencia: 150/15 m. Abandonado en 1931	K+U
Concepción	704600	4183500	G	T. ácidas,piz.	Py,Cp,Asp,Cc,Bo,Sp,G,Mg	Masa lentejonar	C/P:400/20 m. Varias cortas antiguas. Explot. por int. hasta 1986.	G, K+Th, M
San Platon	704800	4182400	G	Tobas ácidas	Py,Cp,Sp,G,Au,Ag,Tr,Ba	Masa lentejonar	300-700/15 m. Aban. en 1934. Reservas: 3 x10 <sup>6</sup> Tm. Cortas e int.	K+Th
San Jose	706000	4181900	P	Tobas ácidas	Py,Lm	Lent. N90°-95°E (diseminada)	Pequeñas labores, pozos, socavones	K
La Poderosa	706200	4180600	P	Piz, tobas, tuf	Piro, Psi	Lentejonar N100°E	Lentejón de jaspe de 50 m. Bolsadas de Mn. Labores pequeñas.	
Buitrera	706200	4181400	P	Tobas ácidas	Py,Lm	Lent. E-O(masiva-diseminada)	Numerosos y pequeños registros.	Th
Poderosa	706500	4180800	M	Tobas ácidas	Py,Cp,Cc,Cv,Lm	Lentejonar N105°E (Masiva)	Explotado a c. abierto e int. de 1864 a 1924, extraídas 6 x10 <sup>6</sup> Tm	K+U
El Soldado	706800	4182200	P	Tobas ácidas	Py,Cp,Sp,Cc,OxFe	Masas pequeñas	Corrida/Potencia: 500/15-20 m. Abandonado en 1917.	
Cobullos	707900	4181300	G	Piz, tobas, tuf	Rc, Rd, Piro, Psi	Lentejonar EO (bolsadas)	Ab. en 1973. Pozos-labores de rapiña.Corrída de jaspes de 3500 m	

### CLAVE

T = tamaño (P: pequeño, M: mediano, G: grande). Mineralogía: Asp: arsenopirita (FeAsS), Az: azurita {Cu<sub>3</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>}, Au: oro, Ba: baritina (BaSO<sub>4</sub>), Bo: bornita (Cu<sub>3</sub>FeS<sub>4</sub>), Cc: calcosina (Cu<sub>2</sub>S), Ce: cerusita {Pb(CO<sub>3</sub>)}, Cp: calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>), Cv: covellina (CuS), Fr: freibergita (Tr con Ag), G: galena (PbS), Gth: goetita {a-FeO(OH)}, Hm: hematites (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Jp: jaspe (sílice criptocristalina ferruginosa), Lm: limonita {FeO(OH).nH<sub>2</sub>O}, Mq: malaquita {Cu<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>}, Mg: magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), OxFe: óxidos de hierro, OxMn: óxidos de Mn, Piro: pirolusita (MnO<sub>2</sub>), Po: pirrotita (Fe<sub>1-x</sub>S), Psi: psilomelano (MnO<sub>2</sub>BaOH), Py: pirita (FeS<sub>2</sub>), Q: cuarzo (SiO<sub>2</sub>), Rc: rodocrosita (MnCO<sub>3</sub>), Rd: rodonita (MnSiO<sub>3</sub>), Sb: estibina (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), Sp: esfalerita (ZnS), Tr: tetraedrita (Cu<sub>12</sub>Sb<sub>4</sub>S<sub>13</sub>).

**TABLA II. INDICIOS DE LOS SECTORES CENTRALES DE LA HOJA DE NERVA**

#### **4. UBICACIÓN DE INDICIOS MINEROS EN LAS ANOMALÍAS DEL VUELO.**

Las respuestas geofísicas de los indicios podrían ser descritas en los siguientes términos:

**a) Magnetismo** (mapas y perfiles en figuras 3a-3d y 6 a 18, respectivamente).

- Indicios de Mn: entre los ocho del área NO de la hoja de Calañas, sólo Campo del Moro (pequeño) parece originar anomalía magnética (figuras 3a y 6). Por ejemplo, Tejar (figuras 3a y 6), Las Culebras y S. Fernando (figuras 3a y 7) no producen anomalía, como tampoco Mina Cascabelero (figuras 3a y 9). En la parte NE de la hoja de Valverde, entre cinco indicios, todos con jaspes menos Guadina, sólo Mina Oriente y S. José (ambos medianos) están ubicados en posiciones centradas del flanco N de anomalías intensas (unos 40 nT. Figuras 3b, 10 y 11); mientras que Guadina y Palanco lo hacen en mínimos relativos. Aurora aparece sobre un eje de máximo magnético cuyo origen es atribuible a jaspes, figuras 2, 3b y 12. En las zonas centrales de la hoja de Nerva, a pesar de que es notoria la abundancia de anomalías y que los 7 indicios contienen jaspes, ninguno de ellos origina anomalía magnética; es más, se localizan en zonas de gradiente suave o mínimos magnéticos relativos (figuras 3c, 3d, 14, 15, 17 y 18).

- Indicios de pirita-cobre: entre los seis de la zona NO de la hoja de Calañas, todos grandes, Filón Centro, Bullones y Filón N causan anomalía magnética (figuras 3a, 8 y 9). En la hoja de Valverde, ninguno de los 4 (son pequeños y registros) produce anomalías (Cura y Barreros claramente. Rizón está en mínimo relativo. Sobre Chiflón existe un máximo débil no modelizable mediante un objeto aflorante. Figuras 3b, 11 y 12). En cuanto a los trece indicios de los sectores centrales de la hoja de Nerva, todos en la escama de la Concepción, se posicionan en situación marginal no centrada en el flanco N de las anomalías (figuras 3c y 3d, y 13 a 17), salvo Cueva de la Mora, figura 13, y Concepción, figura 16 (ambos grandes y con magnetita en su paragénesis).

En resumen: dando por correcta la georeferencia UTM de los indicios, entre los 44 existentes, sólo ocho (3 de Mn entre 20, Campo del Moro, Mina Oriente y San José; y 5 de pirita-Cu entre 23, Filones Centro y Norte, Bullones, Cueva de la Mora y Concepción) podrían considerarse "directamente relacionados" con anomalías magnéticas susceptibles de modelización mediante un objeto minero (indicadas por M en el campo ANOMALÍAS de

las tablas I y II). Obsérvese que parece no existir ninguna característica en las tablas I y II (mineralización, tamaño, caja) que determine claramente la producción de anomalía, ni siquiera la presencia de magnetita en el indicio, caso de S. Miguel (tabla II), dado el contexto de superposición y yuxtaposición de anomalías que caracteriza la escama de Concepción de la hoja de Nerva, lo que pondría de manifiesto mayor abundancia de magnetita en la roca de caja que en el mismo yacimiento. En este sentido, todos los yacimientos con magnetita de la Faja (San Telmo, Aguas Teñidas, Cueva de la Mora, San Miguel, Concepción, Peña de Hierro y Minas del Castillo de las Guardas) se ubican en la gran corrida N de riolitas magnéticas de las hojas 937, 938 y 939.

Bien entendido que la afirmación "directamente relacionados" se hace en base a la situación geométrica de cada indicio respecto a las anomalías tanto en mapa (figuras 3a a 3d) como en perfil, de forma que sea plausible su modelización bidimensional (figuras 6 a 17) con cuerpos homogéneos en la posición de los indicios, pues el origen de la anomalía magnética está por determinar (a falta de reconocimientos de campo y medidas de susceptibilidad en muestras de superficie y de sondeos). El contenido original en minerales ferromagnéticos de la roca pudo haberse alterado (o no) por el fenómeno que dio lugar al indicio, fenómeno que por otra parte puede dar una respuesta magnética más amplia o deslocalizada respecto de él (en todo caso las anomalías en cuestión son bastante locales: someras y de extensión reducida en general). Habría que considerar además la historia posterior (metaforfismo, cataclasis, alteración) al emplazamiento del indicio. Los estudios detallados de las causas y evolución del magnetismo son arduos y costosos, incluyendo medidas de susceptibilidades, tipo de fase magnética y su modo de yacer, y de remanencia y paleomagnetismo.

No obstante, en términos más generales, la mayor parte de los indicios se ubican en zonas anómalas de máximo magnético (zonas rojas en los mapas de las figuras 3a a 3d). Las excepciones son: Tejar, Culebras, Filón Sur y Esperanza en la zona NO de la hoja de Calañas, estos dos últimos grandes y de sulfuros; en el NE de la hoja de Valverde quedarían fuera de zonas anómalas Los Barreros y Mina del Cura; mientras que en las áreas centrales de la hoja de Nerva sorprende la situación de campo bajo de los indicios de Mn. Tampoco en el caso de todas estas excepciones existe ninguna característica (roca aflorante, mineralización, tamaño) que determine la ausencia de anomalía

Puede concluirse por tanto que la situación general de los indicios suele ser en las

zonas marginales (no centradas en el flanco N) de las anomalías. Dado que existe un gran número de anomalías magnéticas sin relación con indicio alguno e indicios, incluso minas importantes como se acaba de citar, sin relación con firmas magnéticas, no debe considerarse al magnetismo un rasgo necesario ni suficiente de la existencia de un indicio significativo. En cambio, sí queda claro que las anomalías magnéticas, al poner de manifiesto de forma inmediata la presencia del CVS, constituyen una primera y muy útil guía de exploración a verificar en fases sucesivas con otras herramientas, lo que es especialmente cierto en donde aquél no aflora. Añadir que en las zonas estudiadas aquí, las anomalías más intensas sólo parecen tener algún indicio de Mn en su proximidad (salvo Cueva de la Mora, Concepción y S. Platón), por lo que en la exploración directa deben tomarse precauciones. No obstante, en la hoja de Calañas también los indicios de pirita-cobre se encuentran en un entorno textural con anomalías claras en la zona de Tharsis (Filón Norte y Centro), que no parecen culturales por la intensidad de los gradientes y consistencia lateral entre perfiles (a este respecto SEARA, 1986, cita mediciones de susceptibilidad de hasta  $5000 \times 10^{-6}$  ucgs en las cortas de Tharsis, sin especificar cual). Respecto a zonas prospectivas del Va como es el klippe de los Picotes en el NE de la hoja de Valverde, en su parte centro-E (con ejes someros e intensidad intermedia) no existe ningún indicio, a pesar de tratarse de firmas correlacionables con texturas magnéticas similares en áreas donde sí existen numerosos indicios, como es el caso de la escama de la Concepción, ni puedan considerarse asociados a presencia extensa de básicas en profundidad como se va a describir más adelante.

Por tanto, la textura del campo magnético se convierte en un factor muy a tener en cuenta para guiar la exploración minera, en el sentido de que: 1) las anomalías magnéticas más intensas pueden asociarse a jaspes (en las zonas de Calañas y Valverde), con o sin indicios de Mn próximos; 2) los ejes anómalos de máximo más intensos en riolitas no tienen indicios de sulfuros inmediatos en la mayor parte de los casos; y, 3) la mayoría de los indicios se ubican en zonas de intensidad intermedia, en las áreas periféricas o marginales de las anomalías magnéticas, caso de numerosos indicios en la escama de Concepción y área de Tharsis, aunque no siempre es así, como ocurre en el citado Va de los Picotes .

En resumen, para finalizar, objetivos mineros a cubrir a nivel regional en la Faja Pirítica con datos aeromagnéticos, podrían ser los siguientes:

- Identificación de estructuras volcánicas prospectivas bajo diferentes tipos de cobertura (Culm, PQ, Terciario), de vital ayuda para guiar las exploraciones de cuerpos mineralizados ocultos. Asimismo, diferenciación y caracterización de formaciones litológicas y estructuras (fracturación, lineamientos, cizallas) con expresión geológica superficial no discernible, con relación directa o indirecta en la ubicación de cuerpos mineralizados
- Posible detección directa de cuerpos mineralizados con respuesta magnética, con las precauciones sobre la textura de las anomalías citada más arriba. A título informativo, en la globalidad de la Faja Pirítica, el número de indicios asociados con anomalías magnéticas destacables es bajo: suman un total de 29 entre los 345 de la base de datos, considerando tales los que se ubican en zonas de gradiente superior al 5% en un mapa de pendientes de la malla de campo magnético total (que, dada la superposición de anomalías, puede ser un criterio similar al de la modelización, usado más arriba). Obsérvese que en la base de indicios existen 7 con magnetita, citados anteriormente, y 12 con pirrotina, aunque esto no es, como se ha visto, determinante de la producción de anomalía.

#### b) Radiometría.

Por lo que se refiere a indicios y anomalías radiométricas (figuras 4a a 4d, y 6 a 18), en el campo ANOMALÍAS de las tablas I y II, se indica su carácter geoquímico en cada caso. Estos datos se presentan agrupados a continuación, acompañados de la codificación de sustancia y tamaño:

Neutra	K+Th	U+Th	K+U	K	U	Th
Guadina (mm)	Tejar (mp)	F. Sur (sg)	Lagunazo (sg)	Chiflón (sp)	S. Fernando (mp)	Buitrera (sp)
Oriente (mm)	F. Norte (sg)	M. Romero (sm)	Cura (sp)	S. José (sp)	La Esperanza (sg)	
S. José (mm)	Bullones (sg)	S. Miguel (sm)	Esperanza (sm)		Angostura (sm)	
Aurora (mp)	C. Mora (sg)		Poderosa (sm)		Solviejo (mg)	
	Concepción (sg)					
	S. Platón (sg)					

**Tabla III. FIRMAS RADIOMÉTRICAS DE LOS INDICIOS.**  
(Código sustancia-tamaño entre paréntesis)

Se aprecia que existen 24 indicios ubicados en anomalías radiométricas. Como ocurría con el magnetismo, parece no existir ninguna característica del indicio (sustancia, tamaño) que determine la producción de un determinado tipo de anomalía (en la base de datos de indicios las alteraciones se suelen describir de manera genérica como sericitaciones y clorificaciones, y afectan a la mayoría de ellos, como se ha citado en el apartado anterior). No obstante, sí puede observarse que:

\*En la mayoría de los casos se trata de anomalías combinadas (neutras, K+Th, U+Th, K+U) demasiado amplias como para hablar de relación directa alguna con el indicio en cuestión. Cuando no se trate de anomalías claramente formacionales, v.g., formación manganesífera, el K y Th pueden indicar simplemente presencia de pizarras. Por lo que respecta al U, se debe tener en cuenta su erratismo geoquímico, y el nivel de ruido de su canal de registro. Por otro lado, dada la insuficiencia de la cartografía 1: 50.000 para explicar el abanico de firmas registrado (apartado 2b), tampoco se puede asegurar el carácter formacional en buena parte de las situaciones; con el nivel de información cartográfica disponible no es posible resolver esta ambigüedad.

\*Con todas las prevenciones anteriores, los indicios (minas) grandes tienden a situarse en anomalías radiométricas (pero puede tratarse de anomalías antrópicas). Se trata de 9 casos entre los 12 indicios de este tamaño.

\*Las anomalías más claras se dan en el Va (en la zona centro-E de Nerva), y las más dudosas en las pizarras del Pq y epiclásticas (caso de los yacimientos de la zona de Tharsis).

Por tanto, nos encontramos en una situación en la que la interpretación de detalle, y en particular cualquier intento de establecimiento de relación indicio-anomalía, requiere de los pertinentes reconocimientos de campo con espectrómetros portátiles, y determinaciones geoquímicas "ad hoc" de K, U y Th en las correspondientes muestras con ejemplares tanto de superficie como de sondeos (esto es necesario para estudiar perfiles de edafogénesis de la roca base que puedan enmascarar respuestas, v.g. de alteración hidrotermal, de otro modo observables, como muy bien señalan DICKSON y SCOTT, 1997. La alteración hidrotermal suele implicar aumentos de K de la roca original y removilización sobre todo de U, por el material aportado por los fluidos y los cambios de T, P, pH y Eh). No sería recomendable descartar las posibilidades de la radiometría en la detección directa de mineralizaciones en la Faja. El análisis de las firmas radiométricas de mineralizaciones de sulfuros está en su infancia. Los estudios de detalle, con la

consideración tanto de la roca base como de los efectos de meteorización y formación de suelos, de la distribución de radioelementos dentro de depósitos minerales son todavía raros, y muchas veces confidenciales

La conclusión final de estos dos apartados 4a) y 4b) debería ser que casi todos los indicios se ubican en zonas anómalas magnéticas, aunque en posición marginal, o radiométricas, amplias, probablemente formacionales, y de elevado grado de ambigüedad en cuanto a su interpretación. Las razones últimas de esta situación debería establecerse con los pertinentes trabajos de campo y desmuestra para la determinación de los parámetros físicos y geoquímicos involucrados (susceptibilidad y otros estudios sobre el origen del magnetismo que se consideren pertinentes por un lado; contenidos en K, U, Th por el otro).

## **5. CARACTERÍSTICAS GRAVIMÉTRICAS DEL ENTORNO DE LOS INDICIOS**

Las figuras 5a a 5d contienen las anomalías de Bouguer de los sectores estudiados (anomalías residuales, obtenidas por eliminación de una regional polinómica de tercer grado), calculadas a una densidad de reducción de  $2.6 \text{ g/cm}^3$ . Las figuras 6 a 18 representan modelos 2D gravimétricos y magnéticos según varios perfiles N-S de 5 Km de longitud en las zonas estudiadas: 4 en Calañas, 3 en Valverde, y 6 en Nerva. Los perfiles se han obtenido por interpolación de las mallas gravimétrica y magnética (anomalías de campo total en ambos casos), sobre la coordenada X UTM de los indicios más significativos. En los cortes, representados a E 1:50.000, se indica el campo medido (línea de cuadros) y el calculado respuesta del modelo (línea continua), y en el pie de figura su origen X, Y. En los modelos se tiene en cuenta el nivel topográfico (modelo digital del terreno), al que se refieren las profundidades. Obsérvese que sobre los perfiles se proyectan indicios desplazados hasta 200 m respecto de la coordenada X, y que el origen Y y las escalas verticales para la anomalía de Bouguer no son siempre los mismos entre perfiles de una o varias zonas. Se etiquetan tanto las unidades litoestratigráficas de cada corte ya en el perfil magnético o en el gravimétrico (mismos colores y códigos que en la figura 2), así como el par petrofísico susceptibilidad-densidad (k,d) de cada bloque del modelo.

En general, en los perfiles (figuras 6 a 18) se aprecia claramente el efecto de las tendencias regionales, la gravimétrica descendente hacia el N, y la magnética de signo opuesto. La tendencia gravimétrica, muy clara en las zonas de las hojas de Calañas y Nerva, mientras que en la de Valverde queda disimulada en el centro por contrastes de densidad entre ácidas, y al N por las básicas de la zona, se modela con una estructura de un *background* o basamento de carácter desconocido (metasedimentario o no) más denso que los sedimentos peliculares, con la presencia eventual de volcánicas básicas profundas (en Nerva). Este basamento, etiquetado con B, está siempre en profundidad por necesidad del cálculo de la respuesta del modelo, aunque quede a veces fuera del corte representado en cada figura. La respuesta magnética regional se modela mediante las citadas rocas básicas no someras, y cuerpos de alta susceptibilidad ubicados en profundidad en pizarras (Calañas) que se representan con trama vertical en los perfiles. La asignación de estos cuerpos de mayor susceptibilidad magnética y profundidad a unidades y litologías reales es arriesgada e imposible sin el apoyo de datos de otros métodos geofísicos y sondeos.

De la inspección de los mapas de Bouguer se deduce inmediatamente que la cartografía gravimétrica manifiesta, como la magnética, la presencia del CVS aflorante o próximo a la superficie. En la interpretación 2D el componente regional de las anomalías se modeliza en base a elevaciones y descensos del basamento citado, sobre el que se admite todo tipo de prevenciones y cuyo estudio queda fuera del alcance del presente análisis; mientras que el componente residual se ajusta por variaciones de densidad y susceptibilidad en las rocas volcánicas ácidas y pizarras, con la presencia eventual de respuestas de volcánicas básicas someras e indicios mineros. En general, se han utilizado los rangos de densidades y susceptibilidades proporcionados por el estudio de petrofísica de la Faja realizado por el ITGE en 1996 mencionado en el apartado 2.1. de interpretación magnética, si bien estos datos se han de considerar aproximados a las situaciones en profundidad, pues no se disponen de medidas en sondeos. Los modelos magnéticos resultan más complicados que los gravimétricos, por la necesidad de introducir subbloques de mayor susceptibilidad en pizarras y Va para lograr ajustes satisfactorios.

En el área NO de la hoja de Calañas existen tres extensas anomalías de gravedad (figura 5a): una en el Pq al SO, otra sobre la zona de Tharsis al SE, y la tercera al N en el Vi de la escama de Lagunazo. Dado que en la cartografía de superficie dominan rocas ligeras y los máximos sólo coinciden parcialmente con los afloramientos de Vi (incluso una buena parte de ellos se localiza en mínimos gravimétricos claros lo que implica, por su

contraste positivo de densidad respecto a los metasedimentos, variaciones de densidad y/o una extensión en profundidad más bien limitada), el campo gravífico debe ser explicado más por la geología del subsuelo que por la cartografía citada. En efecto, llama la atención en los perfiles de gravimetría (figuras 6, 7, 8 y 9) la presencia del gradiente regional descendente hacia el Norte ya citado, más o menos importante, de entre 6 y 10 mGal según el perfil seleccionado. Además de este gradiente y el de la escama de Lagunazo, también regional a la escala de este estudio, existen pocas anomalías gravimétricas de alta frecuencia salvo las de las minas de Tharsis al SE y el indicio de Campo del Moro al NO (la forma de esta anomalía sugiere un problema de ruido, incluso podría pensarse en algún error de medición o proceso, pero tras el análisis de los datos gravimétricos de campañas de detalle de SEIEMSA, se llegó a la conclusión que tal anomalía es real. Las características y ubicación de este máximo conducen a atribuirle un origen bastante superficial y una densidad elevada de  $4.00 \text{ g/cm}^3$ , correspondiente a un cuerpo de sulfuros). En cualquier caso, se aprecia en todos los perfiles de este área que el componente volcánico más denso debe ser muy minoritario, quedando explicada la mayor parte de la anomalía gravimétrica por el modelo de basamento. Los máximos magnéticos se posicionan tanto sobre mínimos y zonas de gradiente gravimétrico, como es el caso de los ejes magnéticos al S y SE de la escama de Lagunazo, o sobre máximos como los ejes del N de la citada escama o los del PQ del SO y de la zona de Tharsis. No obstante, en estas situaciones máximo-máximo la textura de las anomalías magnéticas (de alta frecuencia) y gravimétricas (de baja frecuencia) es tan diferente que su origen es probablemente distinto, salvo donde ocasionalmente el  $V_i$  o  $V_b$  someros pueda explicar ambas.

En general, en este área NO de la hoja de Calañas la mayoría de los indicios se ubican en mínimos gravimétricos o zonas de gradiente correspondientes a los máximos formacionales y extensos citados, de menor interés, y sin anomalías magnéticas asignables, salvo los casos ya referidos de Campo del Moro y las minas de la zona de Tharsis cuyas anomalías son modelizables en perfil (figuras 8 y 9, tabla I).

En la zona NE de Valverde el mapa de Bouguer presenta una serie de anomalías tanto sobre todo el CVS como sobre el PQ al S. Las rocas  $V_b$  aparecen bien cartografiadas (extremo N de los perfiles de las figuras 10, 11 y 12), mientras que las  $V_a$  del klippe de los Picotes tienden ubicarse en zonas de campo gravífico bajo, salvo los tres amplios ejes de máximo de tendencia O-E que penetran desde el O: el de más al N según Rizón, el

intermedio ligeramente al S de la línea Guadina-S. José, y el del S sin indicio próximo de referencia (figuras 5b y 10 a 12). El máximo de gravedad en Rizón se modela mediante ligeros contrastes de densidades entre las rocas Va del klippe de los Picotes y del manto de Berrocal al N (2.68 frente a 2.65-2.63 g/cm<sup>3</sup>, figuras 10 y 11). El máximo al S del eje de Guadina a S. José se ajusta mediante este mismo contraste y la presencia de una lámina de rocas Vb al S de este eje (figuras 10 y 11). En ambos casos la coincidencia con anomalías magnéticas es sólo parcial, dándose en las anomalías tipo placa ya sean de riolitas más densas con bandas de mayor susceptibilidad o rocas Vb (figura 10), y no en los diques que provocan las respuestas magnéticas de mayor frecuencia espacial (figura 11). Respecto del resto de indicios, Oriente y Cura se sitúan en mínimos gravimétricos, y en zonas de gradiente de máximos formacionales extensos lo hacen Aurora y los Barreros. Chiflón aparece en un máximo relativo débil no modelizable mediante un objeto aflorante (figura 12). Por tanto cabría que calificar como de menor interés gravimétrico la situación general de los indicios de esta zona. Los débiles máximos de la zona centro-E del Va del klippe pueden explicarse por variaciones litológicas en rocas Va, v.g. el contraste de densidades entre riolitas y dacitas, más o menos coincidentes con ciertos ejes magnéticos aquí (si bien las tendencias y curvado no son los mismos, figuras 3b, 5b y 12); un muestreo petrofísico detallado resolvería esta cuestión. Convendría también analizar mapas de Bouguer con otras densidades de reducción (v.g., 2.55 y 2.65 g/cm<sup>3</sup>) y evaluar posibles efectos topográficos.

En la zona centro-O de la hoja de Nerva el mapa de Bouguer (figura 5c) aparece dominado por dos ejes de mínimo que siguen, respectivamente, el Culm de la Escama de Nerva al S, y las epiclásticas de la de Concepción, y un gran arco N de máximos de gravedad sobre todo tipo de litologías de esta última: estos máximos se modelan con la placa global de Va de la escama de Concepción, y rocas Vb no aflorantes próximas a Cueva de la Mora, yuxtapuestas a su propia masa (figura 13), o al N de Monte Romero (figura 14). La placa global de Va y las rocas Vb citadas sirven para ajustar las respuestas magnéticas, si bien se requieren además dos zonas profundas de mayor susceptibilidad, una en Va (figura 13) y la otra en pizarras (figura 14). Obsérvese que los supuestos basaltos de la cartografía no producen anomalías de gravedad en la mayoría de los casos (sólo en dos de los 7 afloramientos del área, uno de ellos causante también de anomalía magnética, lo que muy probablemente confirma la errónea clasificación de estas rocas como se citó más arriba. Figuras 3c y 5c).

En la zona centro-E de Nerva el mapa de bouguer (figura 5d) presenta una clara tendencia regional descendente hacia los granitos del N (nítida en las figuras 15 a 18). Al igual que en la zona occidental, la placa global de Va de la escama de Concepción produce un máximo suave y extenso, sobre el que se superponen máximos más netos sin correspondencia con la cartografía de superficie y que resultan modelables mediante rocas Vb en profundidad: este es el caso bajo Soloviejo (figura 15), igual ocurre entre S. Platón y Concepción (figura 16. Obsérvese la amortiguación de la respuesta de la masa de ésta por los granitos del N), bajo La Poderosa y entre Buitrera-S. José (figura 17), y bajo Cobullos (figura 18). En toda esta zona los ejes magnéticos de máximo tienden a ubicarse en mínimos de gravedad, dándose por tanto menor relación entre las anomalías magnéticas y gravimétricas que en la zona occidental: las áreas de mayor susceptibilidad en el Va requeridas aquí para el ajuste de los modelos magnéticos son más numerosas, así como más modestas las susceptibilidades del Vb.

Por tanto, cabe destacar respecto de la situación gravimétrica de los indicios estudiados en los dos sectores centrales de la hoja de Nerva:

a) De los cinco indicios grandes sólo dos son modelizables como masas mineras (Cueva de la Mora y Concepción, cuyas respuestas también se podrían ajustar con rocas Vb). Otros dos se posicionan próximos a anomalías, pero no centrados (Soloviejo y Cobullos, de Mn), todas ellas modelables por láminas o diques anchos de rocas Vb; incluso S. Platón se ubica en un mínimo relativo.

b) En amplios y suaves máximos formacionales existen indicios de todo tipo, pequeños y de sulfuros como Castillejo, y medianos como Romerita y Vieja de Mn, y Monte Romero, Angelita y S. Miguel de pirita-Cu, agrupados todos en la zona occidental. En la zona oriental son indicios ubicados en mínimos gravíficos Africana, Sta. Bárbara y El soldado, todos pequeños y el último de sulfuros, y el grande ya citado de S. Platón. Las anomalías gravimétricas del resto de indicios son modelables por rocas Vb como se ha descrito, o tienen afloramientos de diabasas próximos como el eje intermedio entre Angostura y Esperanza (figura 5d).

Para las cuatro zonas de estudio puede concluirse en general que, con el nivel de detalle de la gravimetría de partida (4 puntos/km<sup>2</sup>. Informe 40415), sólo los yacimientos muy grandes, de varias decenas de millones de Tm de reservas, aseguran un determinado

tipo de respuesta gravimétrica (que puede incluso quedar enmascarada por gradientes regionales); son los cambios litológicos y estructurales los que imprimen carácter a los mapas de Bouguer explicando la mayor parte de las anomalías, y condicionando la situación gravífrica de la mayoría de los indicios, que ocurre sobre todo en mínimos o zonas de gradiente formacionales. En la interpretación bidimensional de los perfiles el componente residual se ajusta por variaciones de densidad en las rocas volcánicas ácidas y pizarras, con la presencia eventual de respuestas de volcánicas básicas someras e indicios mineros. Por lo que respecta a los perfiles magnéticos se pone de manifiesto la correlación entre valores del campo y geología, con máximos asociados en general a las rocas ácidas y zonas más susceptibles dentro de ellas y de las pizarras, y a basaltos no aflorantes. El nivel de correlación entre firmas magnéticas y gravimétricas es mayor en las zonas de Valverde y centro-O de Nerva que en el resto, pero siempre parcial por la complejidad causada por la superposición de anomalías. Esta superposición es especialmente grande en el caso del magnetismo: las anomalías de mayor frecuencia que aparecen en afloramientos de riolitas no suelen tener relación con cuerpos densos más o menos someros. Menor aún es la relación entre las anomalías magnéticas (¿alguna de basamento?) y gravimétricas profundas (salvo las posibles debidas a basaltos en Nerva).

Desde el punto de vista de los indicios, es notorio que en su entorno los modelos 2D de las anomalías magnéticas y gravimétricas sólo requiere de objetos mineros en ocho y seis casos respectivamente, exigiendo en cambio cuerpos más amplios y profundos que se han considerado formacionales en general como se aprecia en las figuras de los perfiles ajustados. No obstante, no debe olvidarse la ambigüedad de la interpretación de los métodos de campo potencial que hace posible soluciones alternativas, y la baja densidad del muestreo gravimétrico de partida.

## 6. CONCLUSIONES

1) La zona NO de la hoja de Calañas presenta un magnetismo con escasa relación con la cartografía geológica. Sólo de algunas anomalías de alta frecuencia espacial puede decirse que son originadas por jaspes y diabasas. En las zonas NE de Valverde y centrales de Nerva el comportamiento del CVS es más predecible: además de en basaltos y jaspes (con excepciones en ambos), en estas zonas las rocas volcánicas ácidas encierran numerosos ejes magnéticos de máximo con sus correspondientes mínimos, de forma que constituyen fajas de rocas claramente discernible por su textura magnética, cosa que no ocurre en la zona NO de Calañas, si bien las anomalías no se ajustan a los detalles de la cartografía dentro de las volcanitas citadas. Todo ello concuerda con los resultados de un muestreo reciente de petrofísica en la Faja realizado por el ITGE.

2) Mientras que es posible interpretar los ejes magnéticos someros ya por las asignaciones cartográficas mencionadas, ya mediante zonas de mayor susceptibilidad en riolitas, existen anomalías magnéticas profundas en las zonas estudiadas de Calañas y Nerva, cuya interpretación es dudosa y está fuera del alcance de este estudio. Salvo precisamente en el borde S de la escama de Lagunazo, con posibles anomalías de basamento, más sencilla es la delineación magnética de los límites de las unidades estructurales (klippes, escamas y mantos), pues se manifiestan casi siempre como zonas demagnetizadas de mínimo o mínimo relativo. Las fallas tienen en general ese mismo carácter de campo bajo, presentando muchas de ellas una excelente respuesta en la imagen del gradiente vertical, siendo por tanto fácilmente cartografiables con el apoyo de este tipo de documento. Las soluciones obtenidas por el método de Euler contribuyen a la ubicación tridimensional de los cuerpos anómalos.

3) Las zonaciones radiométricas, ya sean de elementos puros, mezclas binarias, o neutras, caracterizan en distinto grado las unidades de pizarras, volcánicas básicas y ácidas de los sectores estudiados: bastante bien en Valverde, y de manera aceptable en Calañas y Nerva, donde ponen de manifiesto algunas imprecisiones de la cartografía. La interpretación del significado de las subzonaciones requiere la realización de trabajos de detalle sobre terreno con espectrómetros portátiles, lo que permitiría realizar diferenciaciones litológicas más finas y correlaciones en pizarras o rocas volcánicas ácidas de distintas unidades estructurales, así como podría aclarar el significado de ciertas anomalías magnéticas ó pesadas en la Faja.

4) Dando por correcta la georeferencia UTM de los indicios, entre los 45 existentes en las cuatro áreas de estudio, sólo ocho (3 de Mn entre 20, Campo del Moro, Mina Oriente y San José; y 5 de pirita-Cu entre 23, Filones Centro, Norte, Bullones, Cueva de la Mora y Concepción) podrían considerarse directamente relacionados con anomalías magnéticas susceptibles de modelización, sin que exista característica aparente (mineralización, tamaño, caja) que determine la producción de anomalía. Bien entendido que el origen de la anomalía magnética está por determinar (a falta de reconocimientos de campo y medidas de susceptibilidad en muestras de superficie y de sondeos). El contenido original en minerales ferromagnéticos de la roca pudo haberse alterado (o no) por el fenómeno que dio lugar al indicio y habría que considerar además la historia posterior (metaforfismo, cataclasis, alteración) a su emplazamiento. Los estudios detallados de las causas y evolución del magnetismo son arduos y costosos, incluyendo medidas de susceptibilidades, tipo de fase magnética y modo de yacer, y de remanencia y paleomagnetismo.

5) No obstante, en términos más generales, la mayor parte del resto de indicios se ubican en áreas de máximo magnético, en las zonas marginales (no centradas en el flanco N) de las anomalías. Dado que existe un gran número de anomalías magnéticas sin relación con indicio alguno e indicios, incluso minas importantes, sin relación con firmas magnéticas, no debe considerarse al magnetismo un rasgo necesario ni suficiente de la existencia de un indicio significativo; en cambio, sí queda claro que las anomalías magnéticas constituyen una primera y muy útil guía de exploración a verificar en fases sucesivas con otras herramientas, sobre todo en zonas de CVS no aflorante. En las cuatro áreas estudiadas es posible añadir que la textura del campo magnético se convierte en un factor muy a tener en cuenta para guiar la exploración minera, en el sentido de que las anomalías magnéticas más intensas pueden asociarse a jaspes (en las zonas de Calañas y Valverde), con o sin indicios de Mn próximos, y que los ejes más marcados en riolitas no tienen indicios de sulfuros inmediatos en la mayor parte de los casos, y sí las zonas de intensidad intermedia, con numerosos indicios en áreas marginales de las anomalías (escama de Concepción y área de Tharsis), aunque no siempre es así, como ocurre en las volcánicas ácidas de los Picotes.

6) Por lo que se refiere a datos radiométricos, en 24 casos se produce una asociación de los indicios con anomalías, con mayor frecuencia multielementales, pero en general se trata de anomalías demasiado amplias como para hablar de relación directa alguna. Las

anomalías pueden ser formacionales en ciertas situaciones, v.g., formación manganesífera, o responder a zonas arcillosas o de alteración en otras, pero dada la insuficiencia de la cartografía 1: 50.000 para explicar el abanico de firmas registrado, tampoco se puede asegurar el carácter formacional en buena parte de los casos. Los indicios (minas) grandes tienden a producir anomalías radiométricas (pero puede tratarse de anomalías antrópicas). Se trata de 9 casos entre los 12 indicios de ese tamaño. Las anomalías más claras se dan en el Va (en la zona centro-E de Nerva), y las más dudosas en las pizarras del PQ y epiclásticas (caso de los yacimientos de la zona de Tharsis).

Por tanto, nos encontramos en una situación en la que la interpretación de detalle, y en particular cualquier intento de establecimiento de relación indicio-anomalía, requiere de los pertinentes reconocimientos de campo con espectrómetros portátiles, y determinaciones geoquímicas "ad hoc" de K, U y Th en las correspondientes muestras con ejemplares tanto de superficie como de sondeos

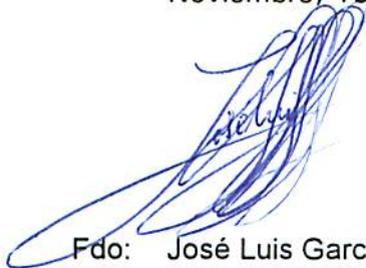
7) De la inspección de los mapas de Bouguer se deduce que la cartografía gravimétrica manifiesta inmediatamente, como la magnética, la presencia del CVS aflorante o próximo a la superficie. En la interpretación bidimensional de cortes extraídos de las mallas totales, el componente regional de las anomalías se modeliza en base a elevaciones y descensos de un basamento necesariamente especulativo con el nivel de información disponible, mientras que el componente residual se ajusta por variaciones de densidad y susceptibilidad en las rocas volcánicas ácidas y pizarras, con la presencia eventual de respuestas de volcánicas básicas someras e indicios mineros. El nivel de correlación entre firmas magnéticas y gravimétricas es mayor en las zonas de Valverde y centro-O de Nerva que en el resto, pero siempre parcial por complejidad causada por la superposición de anomalías. Esta superposición es especialmente grande en el caso del magnetismo: las anomalías de mayor frecuencia espacial que aparecen en riolitas no suelen tener relación con cuerpos densos más o menos someros.

8) Por lo que respecta a la situación gravimétrica de los indicios, puede concluirse para las cuatro zonas de estudio que sólo en el caso de los yacimientos muy grandes, de varias decenas de millones de Tm de reservas, se puede asegurar una respuesta gravimétrica de máximo; en general son los cambios litológicos y estructurales los que imprimen carácter a los mapas de Bouguer y los que condicionan la situación gravífrica de la mayoría de los indicios, que ocurre sobre todo en mínimos o zonas de gradiente

formacionales. En el área NO de la hoja de Calañas sólo el pequeño indicio de Campo del Moro y las grandes minas de la zona de Tharsis, y Cueva de la Mora y Concepción en la banda central de la hoja de Nerva, producen anomalías de gravedad que son modelizables en perfil. No obstante, no debe olvidarse la ambigüedad de la interpretación de los métodos de campo potencial que hace posible soluciones alternativas, y la baja densidad del muestreo gravimétrico de partida.

En conclusión, la combinación de anomalías gravimétricas, magnéticas y radiométricas proporciona guías de exploración muy útiles en la prospección minera y caracteriza bien su entorno de pizarras y volcanitas, delimitando rasgos estructurales y sirviendo para resolver casos de ambigüedades litológicas. Dado que el CVS, que alberga todas las mineralizaciones, es una unidad anómala en conjunto frente a los metasedimentos de PQ y Culm, casi todos los indicios se ubican en general en zonas anómalas gravimétricas, magnéticas, y/o radiométricas, más o menos amplias o de detalle. Se necesitan trabajos petrofísicos y geoquímicos en las zonas concretas de anomalía (determinaciones de densidad, susceptibilidad y otros estudios sobre el origen del magnetismo que se consideren pertinentes por un lado, contenidos en K, U, Th por el otro) para comprender el alcance de las complejas relaciones entre éstas y las mineralizaciones.

Noviembre, 1999



Fdo: José Luis García Lobón



Ángel Peláez Martínez

## **7. REFERENCIAS**

DICKSON, B.L., and SCOTT, K.M., 1997, Interpretation of aerial gamma-ray surveys: adding the geochemical factor. AGSO Journal 17: 187-199.

DARNLEY, A.G. y FORD, K.L., 1987. Regional airborne gamma-ray surveys. Exploration'87 Proceedings. Geophysical methods: advances in the state of the art. pp 229-240.

GARCÍA LOBON, J.L., 1999. Interpretación del vuelo magnético y radiométrico de la Faja Pirítica en las hojas a E 1:25.000 nº 959-I Villanueva de las Cruces y 960-II Berrocal. Boletín Geológico y Minero 110: 255-272.

ITGE. 1993. Mapa metalogenético de España E 1:200.000. Hoja nº 75 Sevilla.

LEISTEL, J. M., MARCOUX, E., PASCUAL, E., QUESADA, C., SÁNCHEZ, A. y THIÉBLEMONT, D. 1998. The massive sulphide deposits of the Iberian Pyrite Belt. Mineralium deposita, 33: 2-30.

SPECTOR, A., and LAWLER, T.L., 1995, Application of aeromagnetic data to mineral potential evaluation in Minnesota. Geophysics 60: 1704-1714.

SEARA, J.L., 1986, Geophysical exploration for the stratabound volcanogenic sulphide deposits of the Spanish Pyrite Belt. Exxon unpublished report.

### Informes Fondo documental ITGE.

"Gravimetría estructural en la faja de minerales piríticos del SW de España. 1992." Informe 40415.

"Proyecto Integrado de Estudio Geológico y Metalogenético de la Faja Pirítica. Fase I.". Informes de Geofísica nºs 40445 (1995. Proceso de datos e interpretación regional), y 40454 (1996. Informe de Petrofísica).

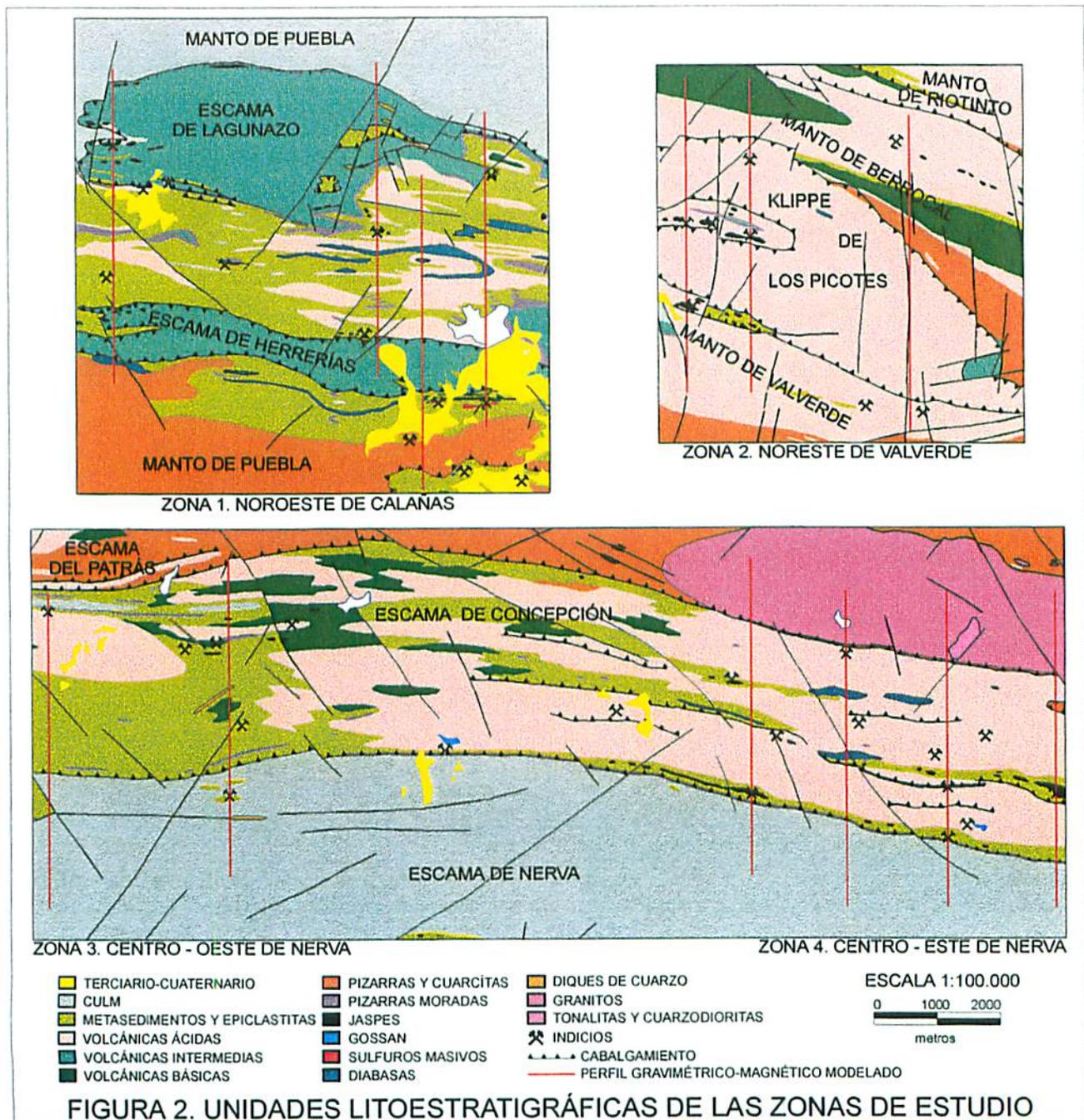
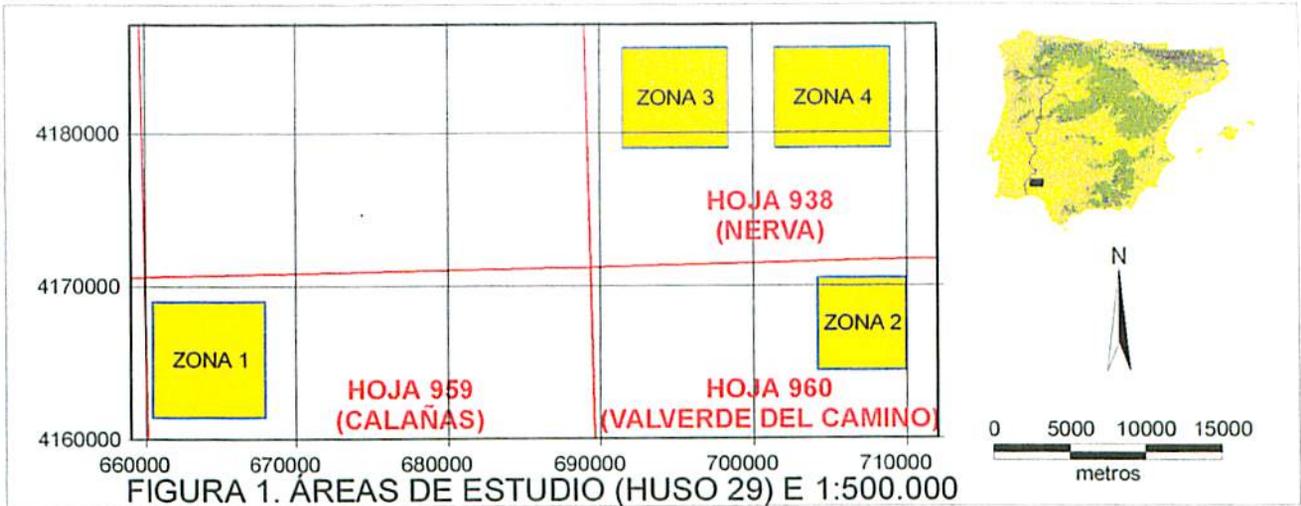
"Exploración aeromagnética y radiométrica de la Faja Pirítica y zonas limítrofes. 1997".

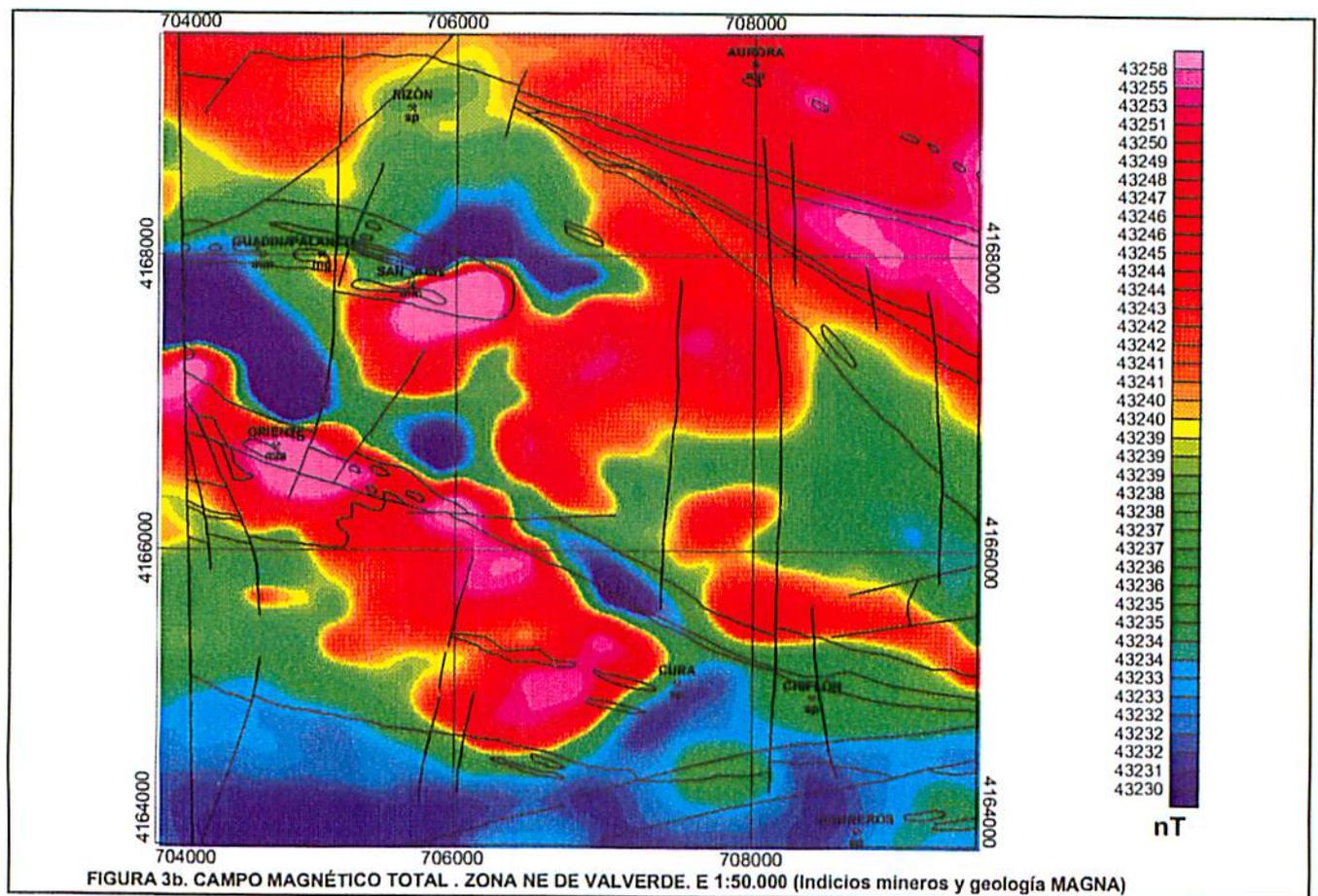
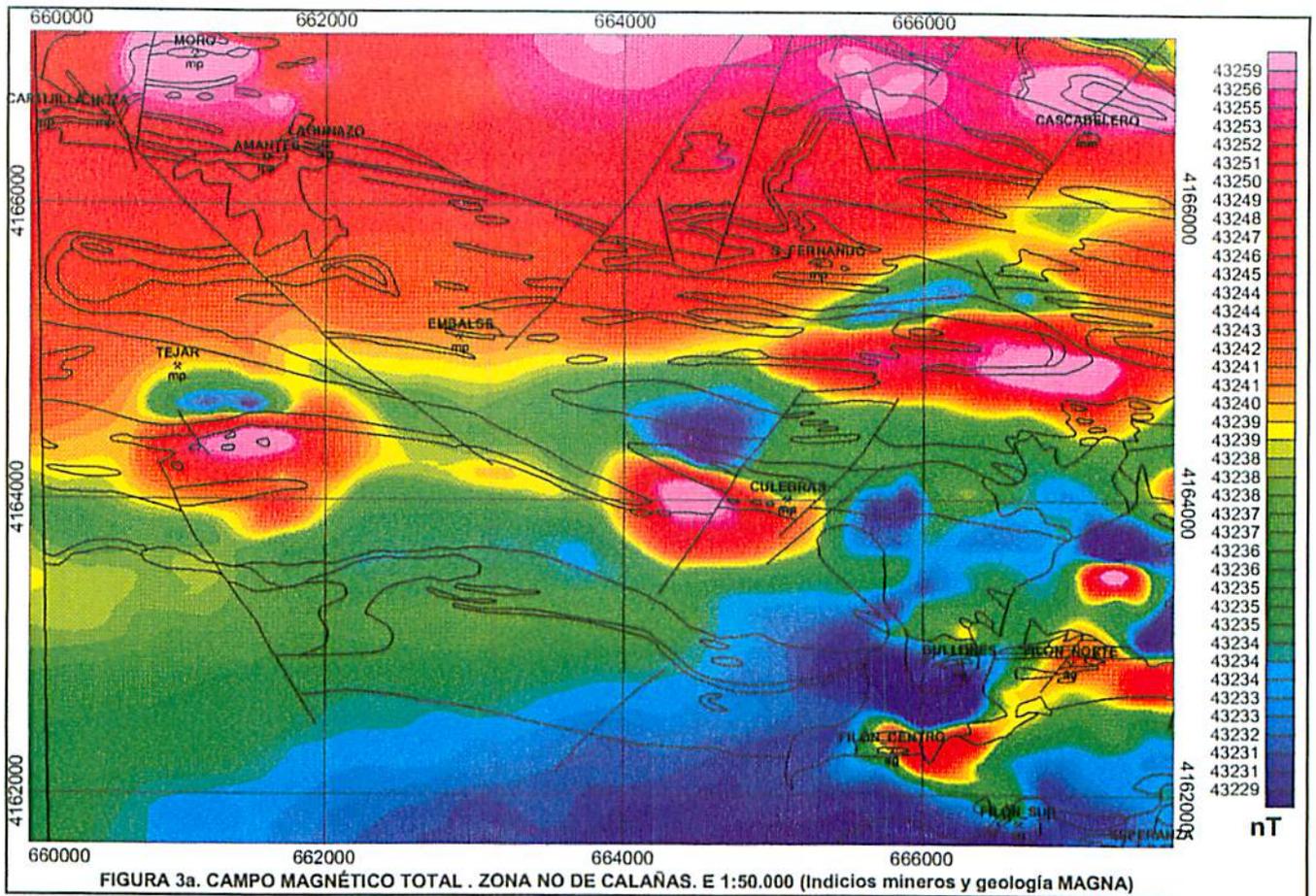
**Informe n° 40464**

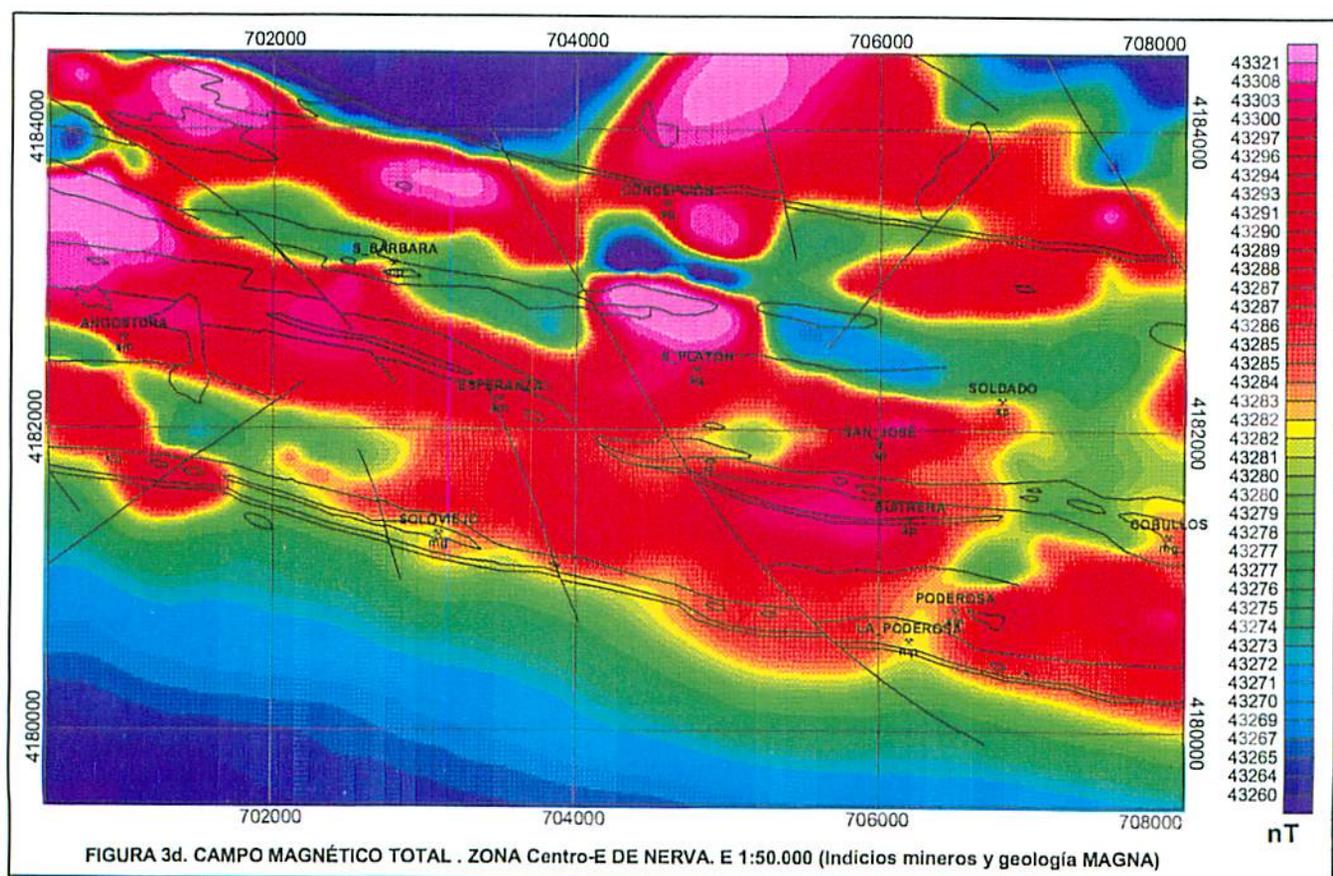
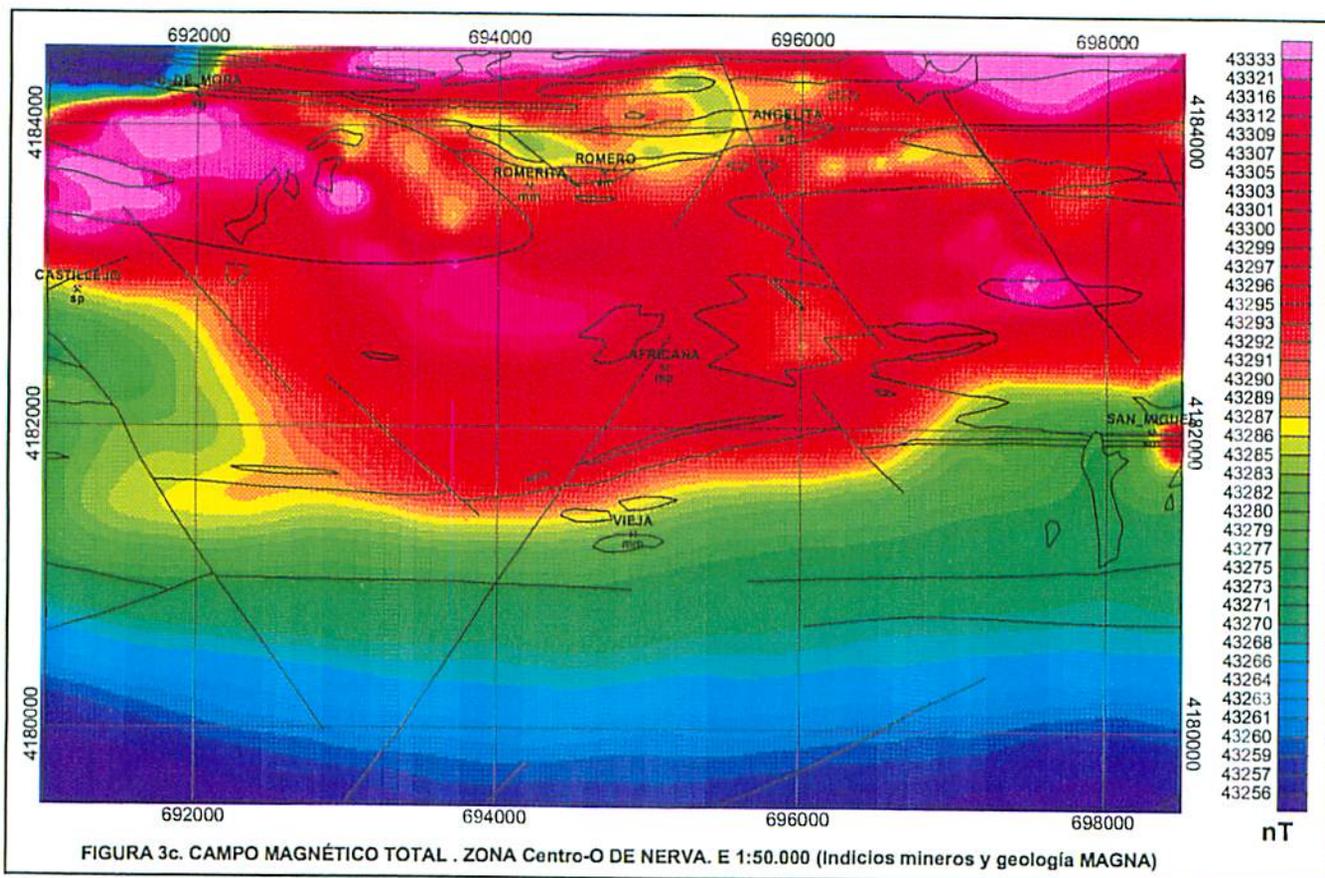
**"Análisis de detalle del vuelo magnético y radiométrico de la Faja Pirítica en la hoja 1:25.000 960-II Berrocal". Informe 40469 (1998).**

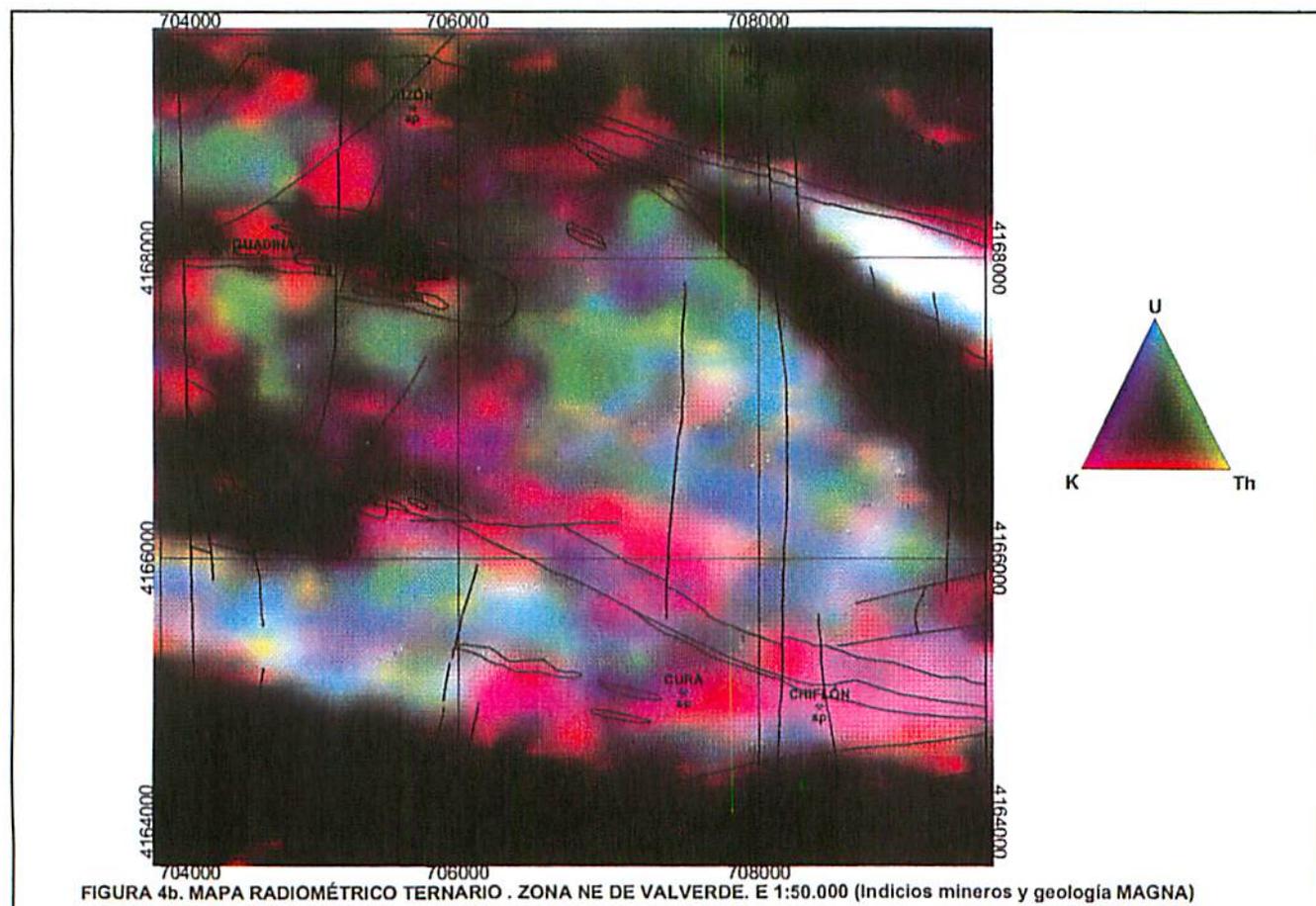
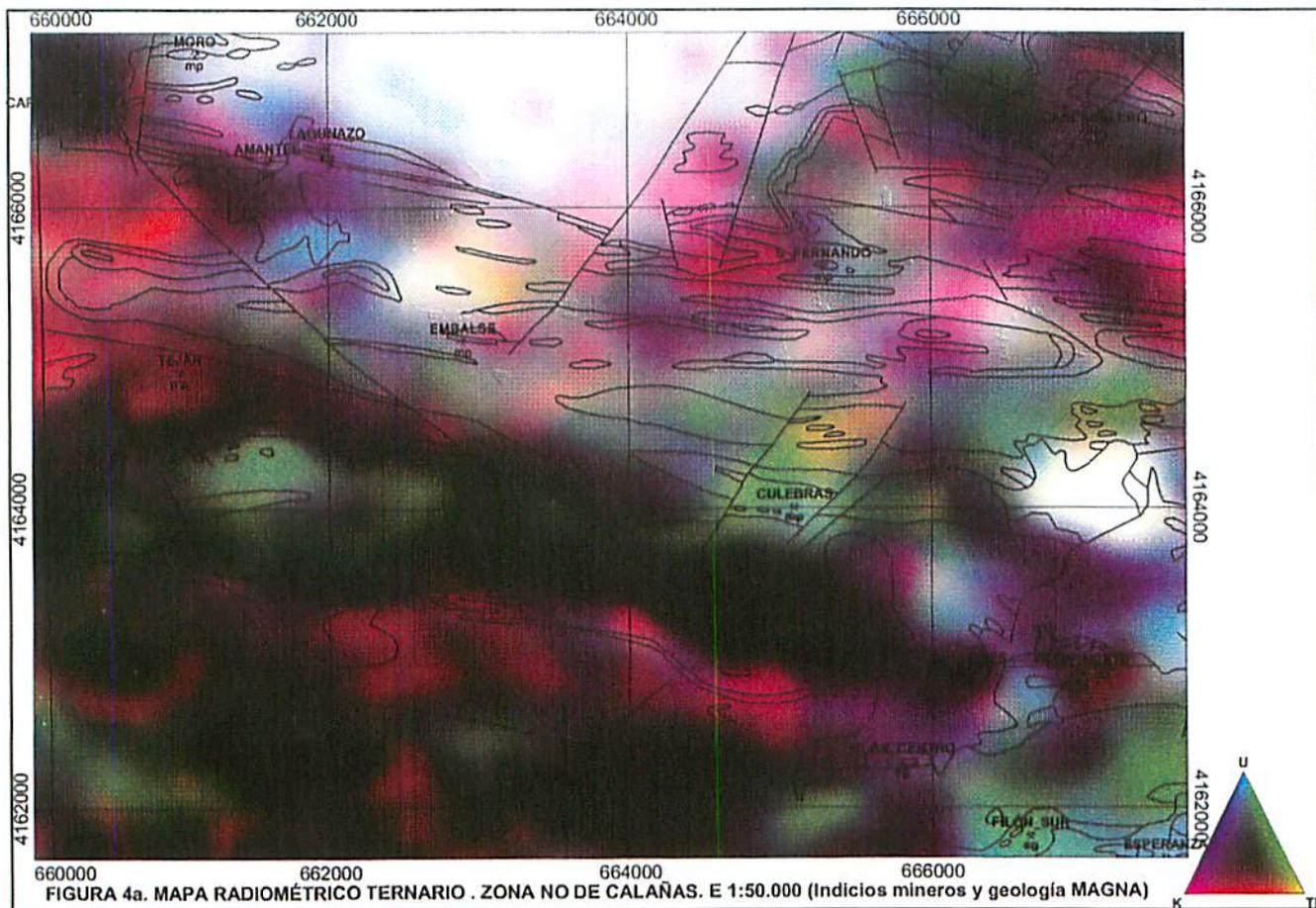
**"Análisis de detalle del vuelo magnético y radiométrico de la Faja Pirítica en la hoja 1:25.000 959-I Villanueva de las Cruces". Informe 40474 (1998).**

**"Análisis de detalle del vuelo magnético y radiométrico de la Faja Pirítica en el sector central de la hoja 1:50.000 938 Nerva". Informe 40475 (1999).**









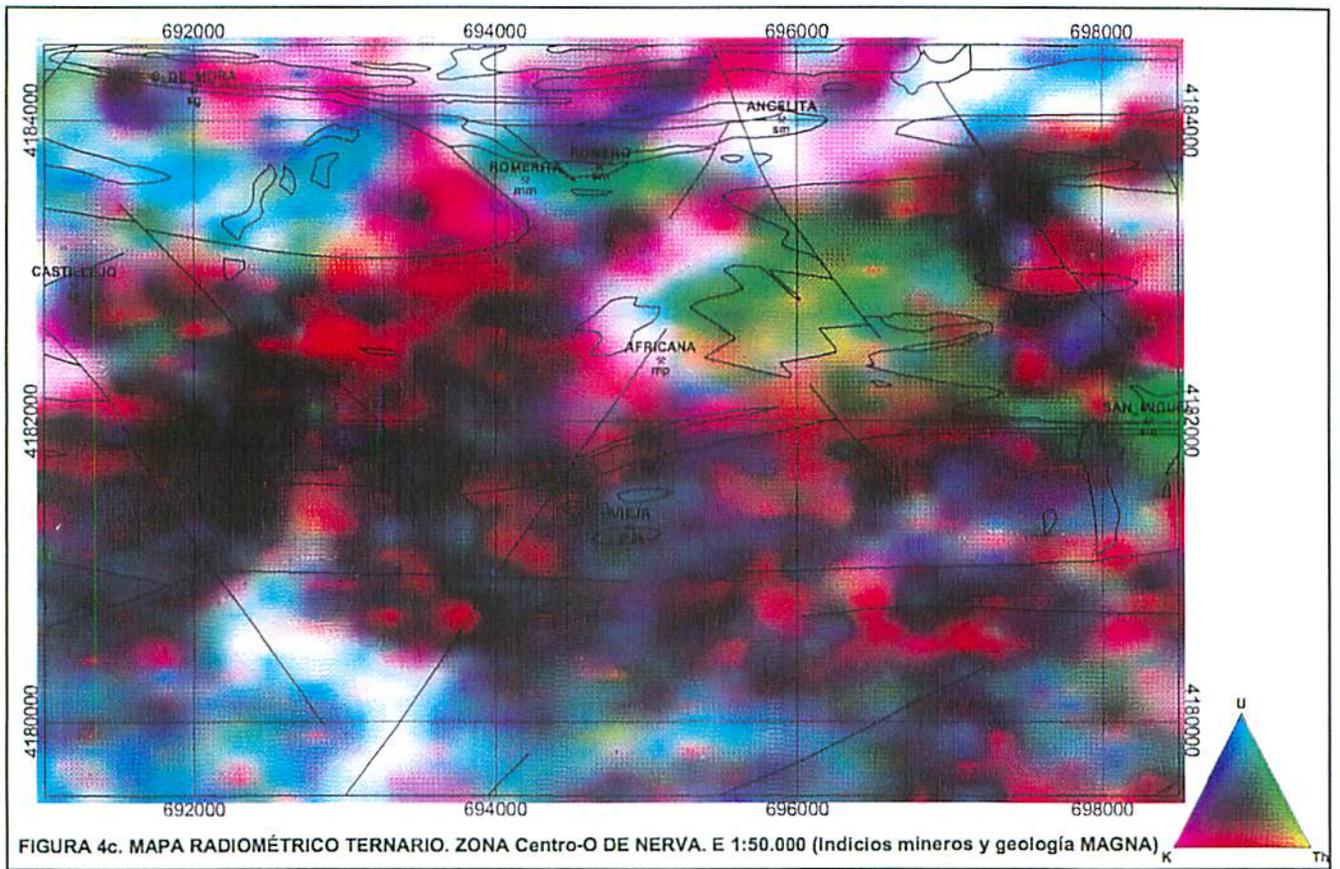


FIGURA 4c. MAPA RADIOMÉTRICO TERNARIO. ZONA Centro-O DE NERVA. E 1:50.000 (Indicios mineros y geología MAGNA)

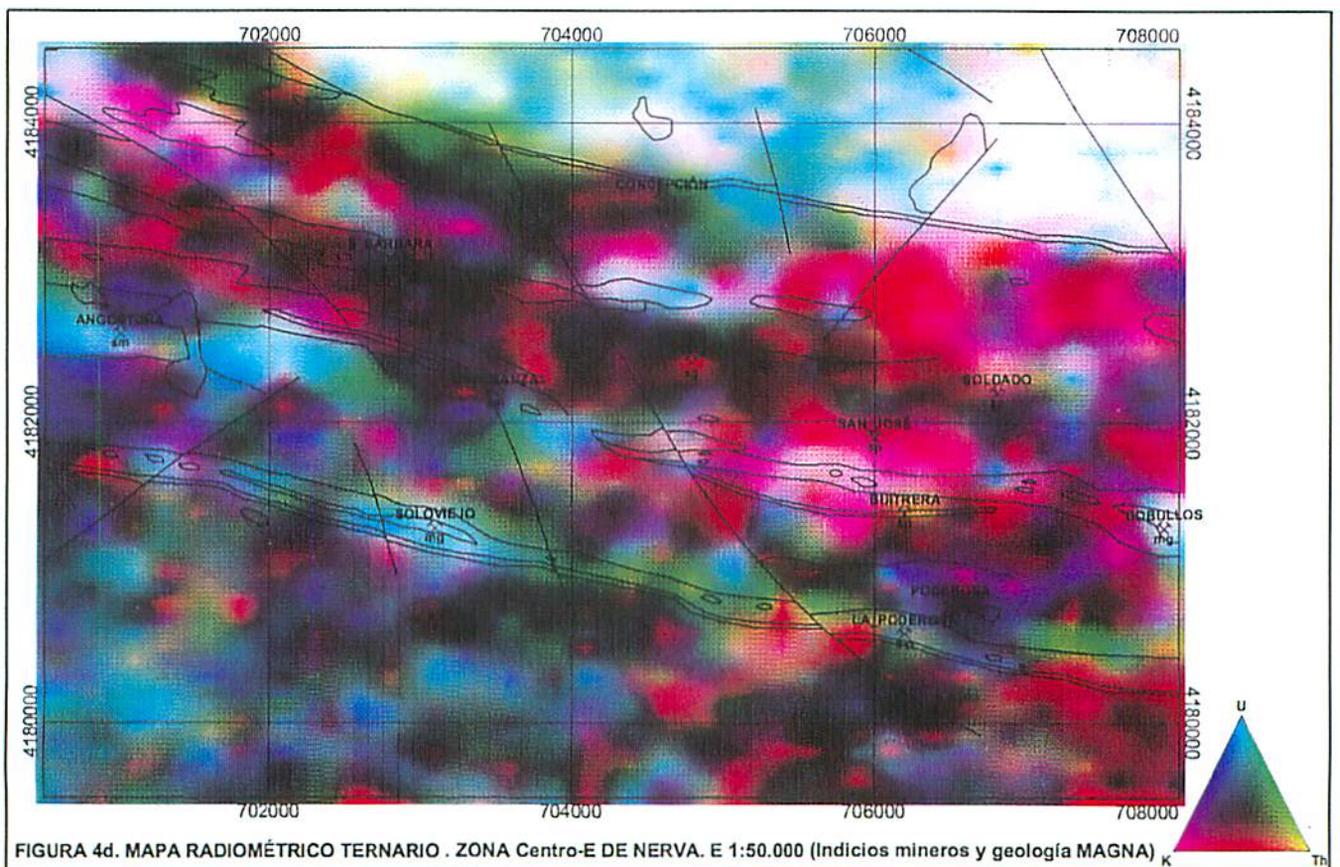
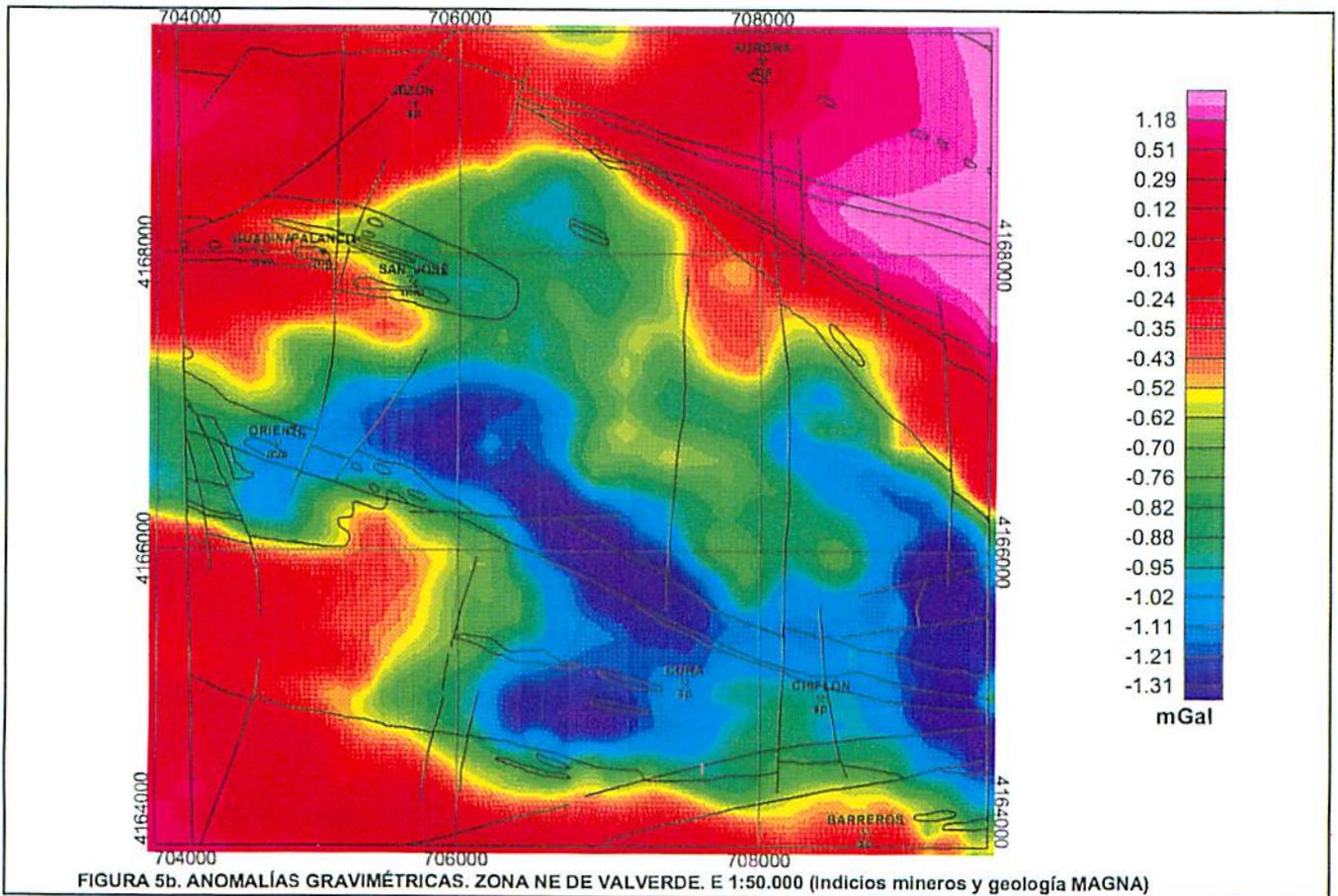
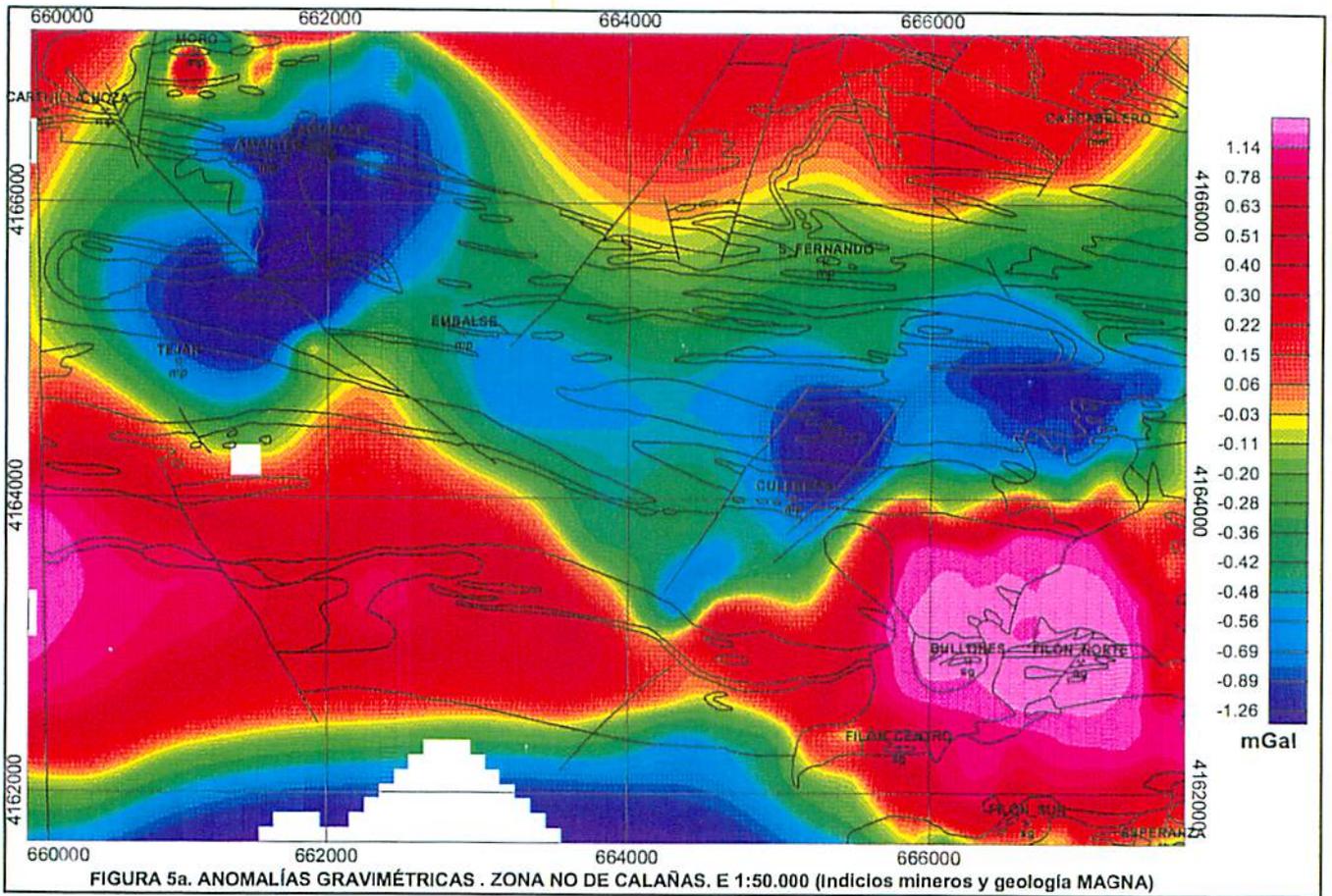
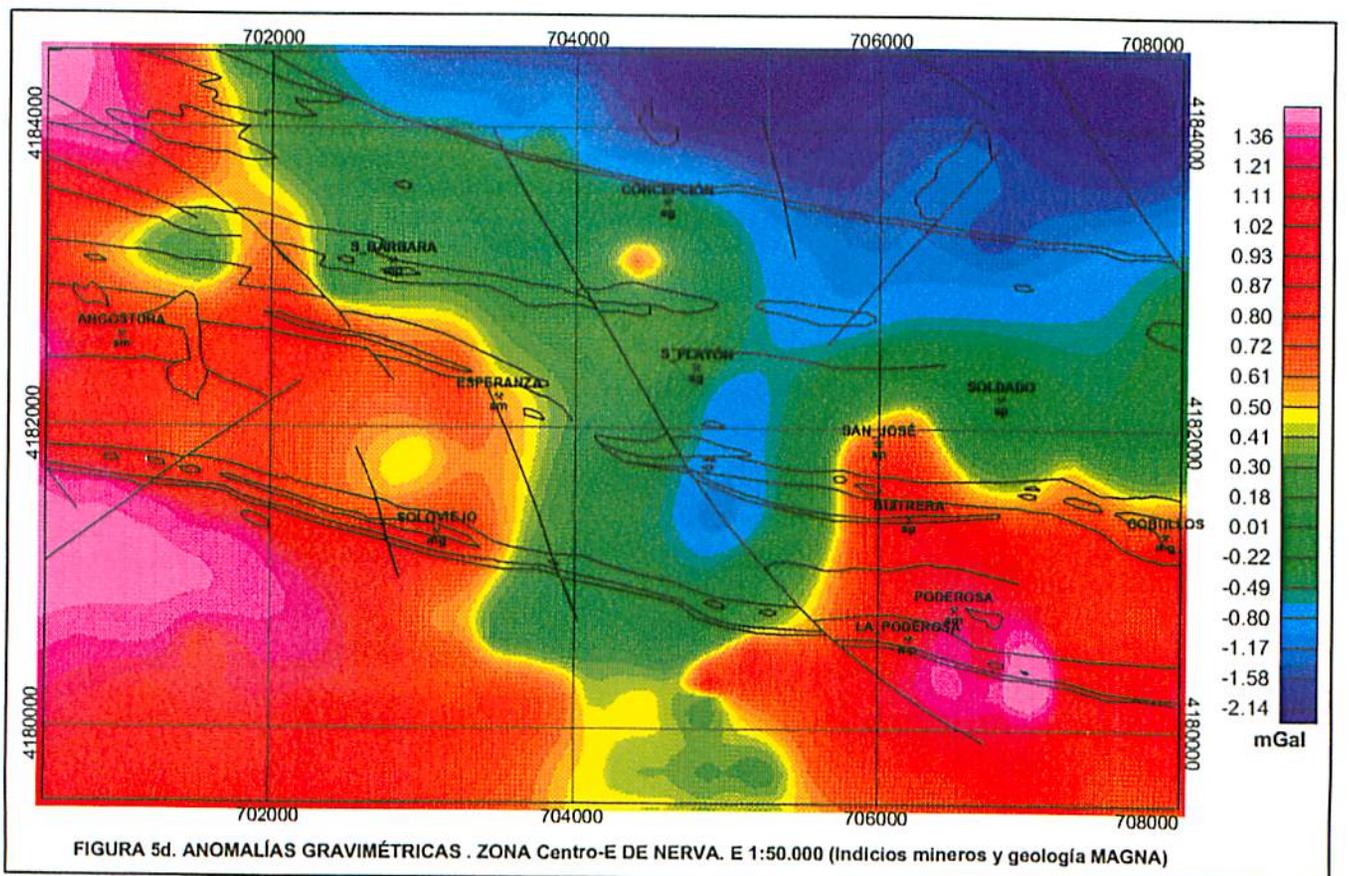
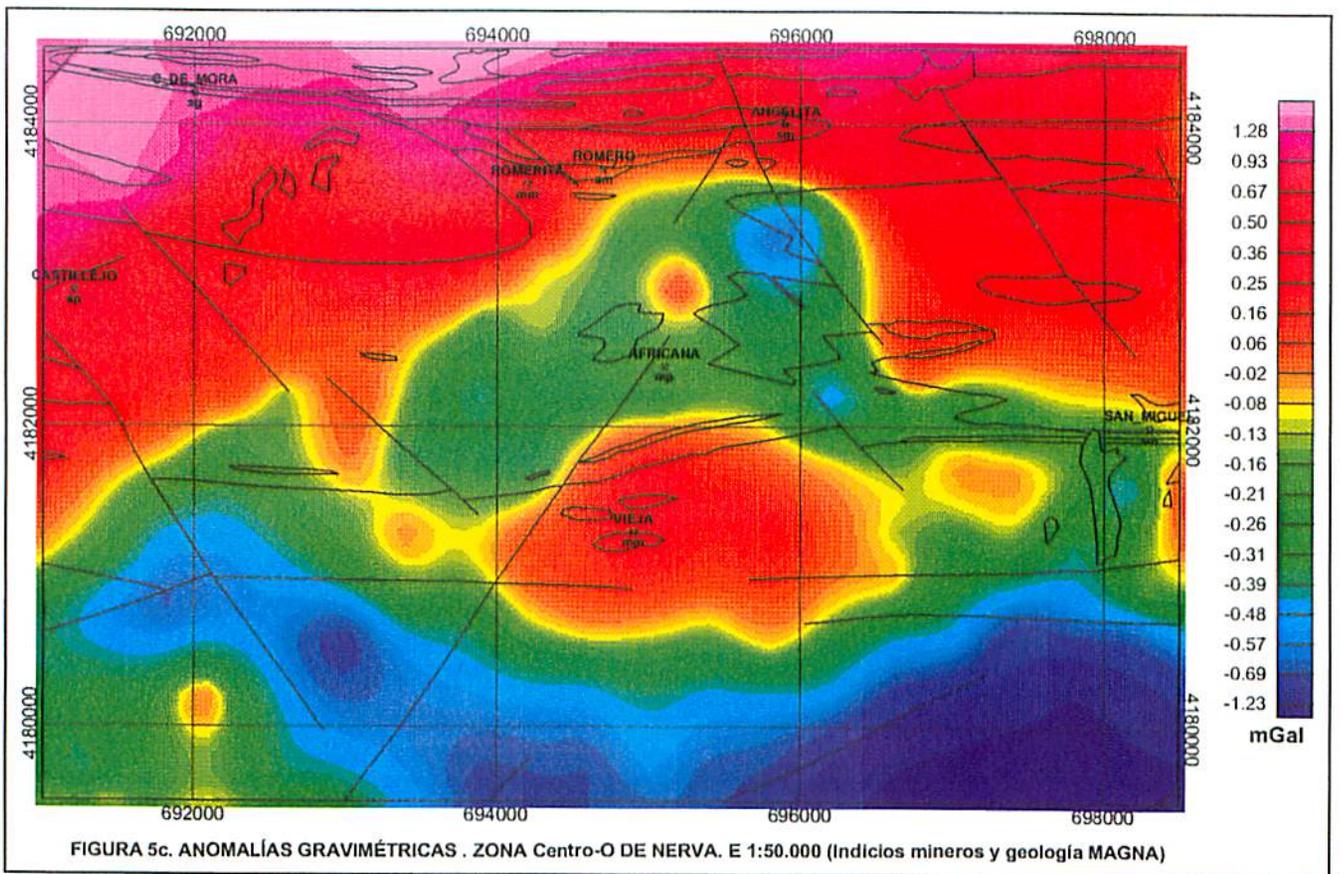


FIGURA 4d. MAPA RADIOMÉTRICO TERNARIO . ZONA Centro-E DE NERVA. E 1:50.000 (Indicios mineros y geología MAGNA)





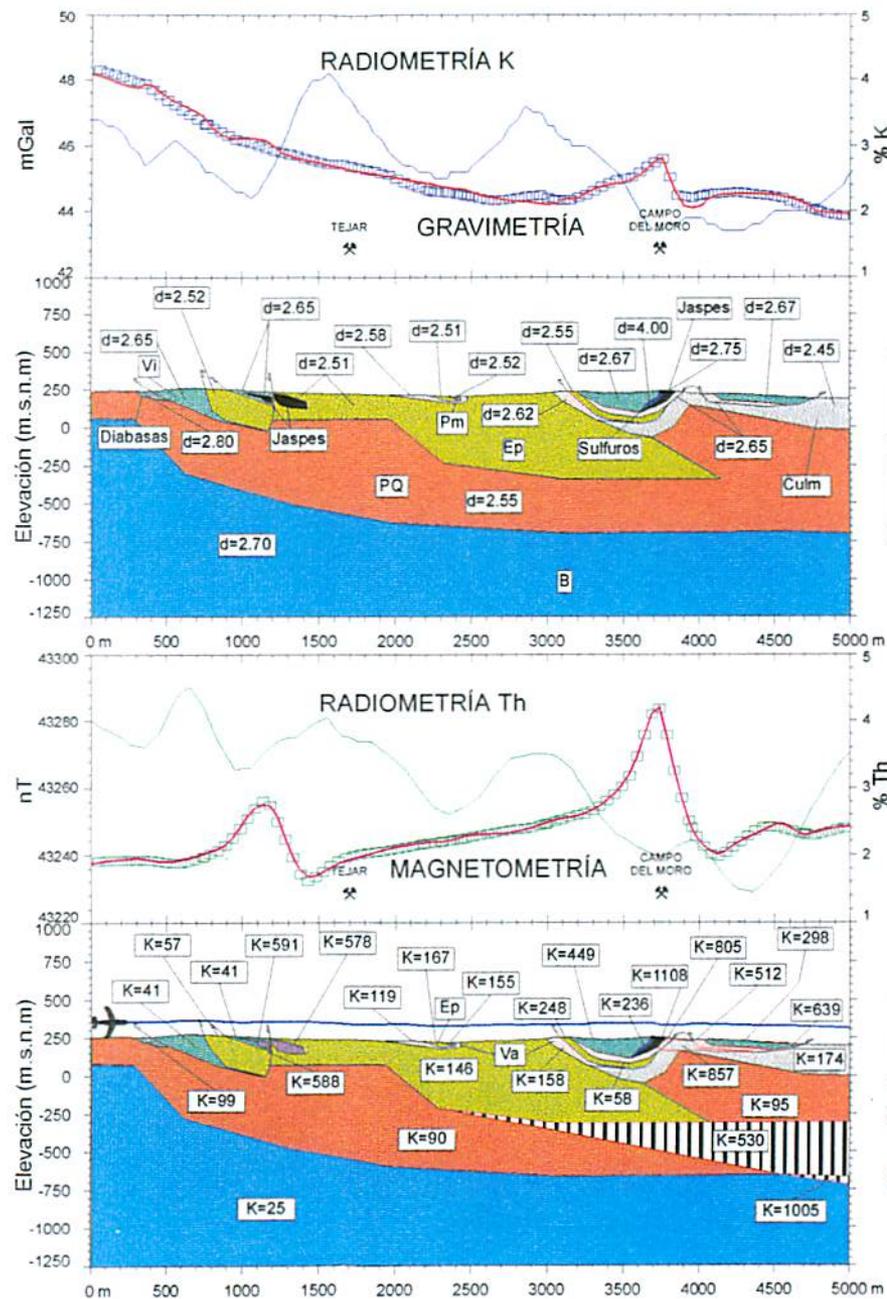


FIGURA 6: Perfiles de TEJAR-CAMPO DEL MORO (Origen: X=661100, Y=4163200).

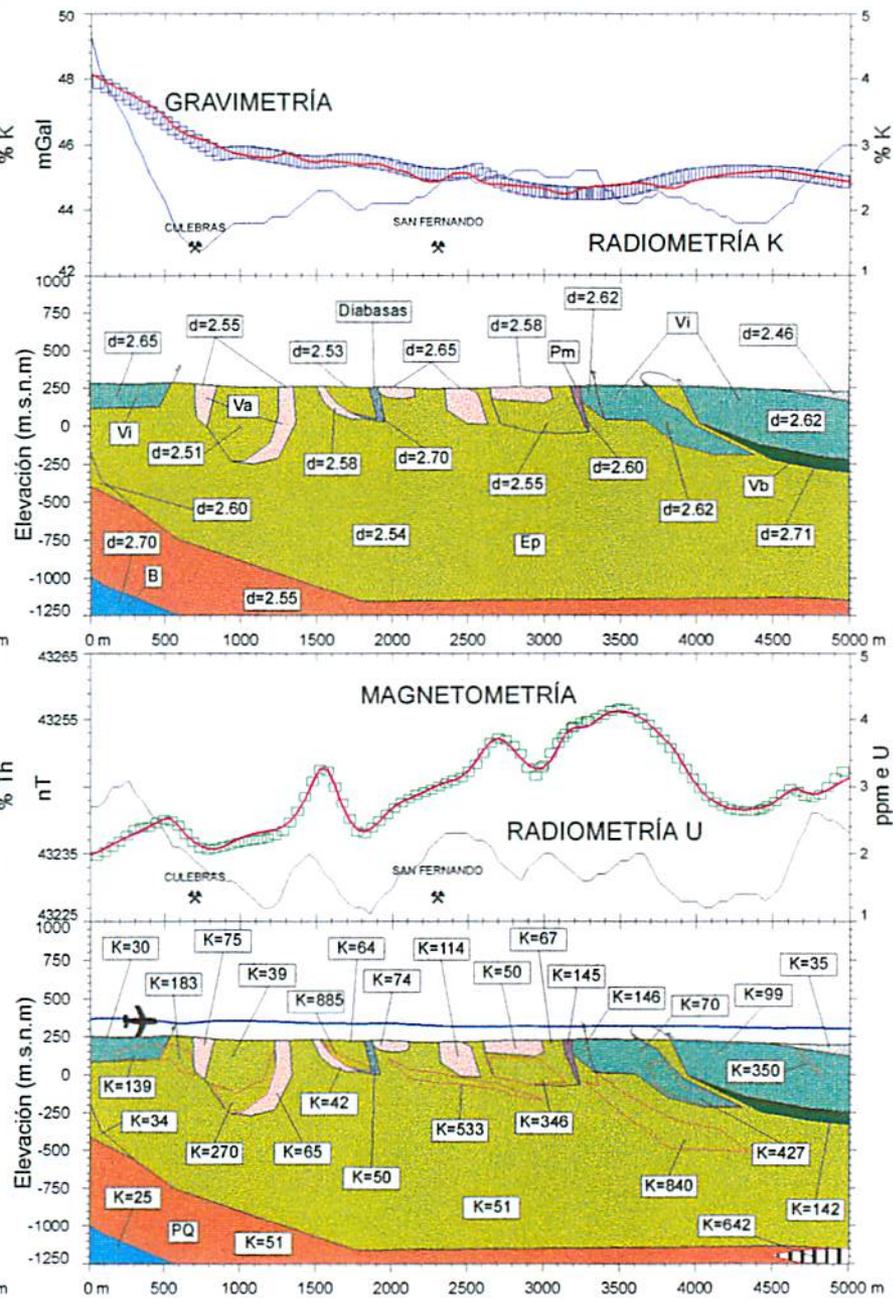


FIGURA 7: Perfiles de CULEBRAS-SAN FERNANDO (Origen: X=665300, Y=4163300).

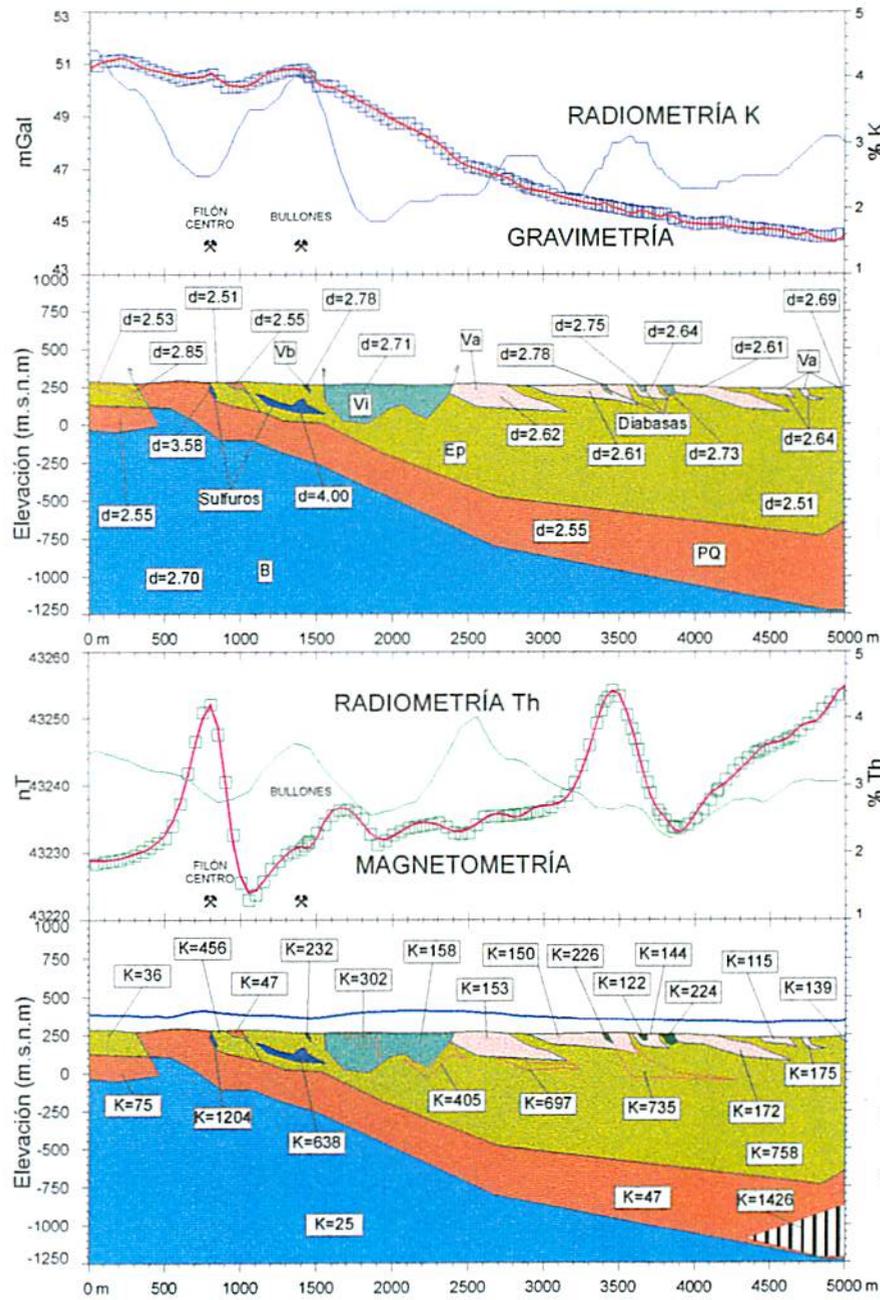


FIGURA 8: Perfiles de FILÓN CENTRO-BULLONES (ORIGEN: X=666000, Y=4161500).

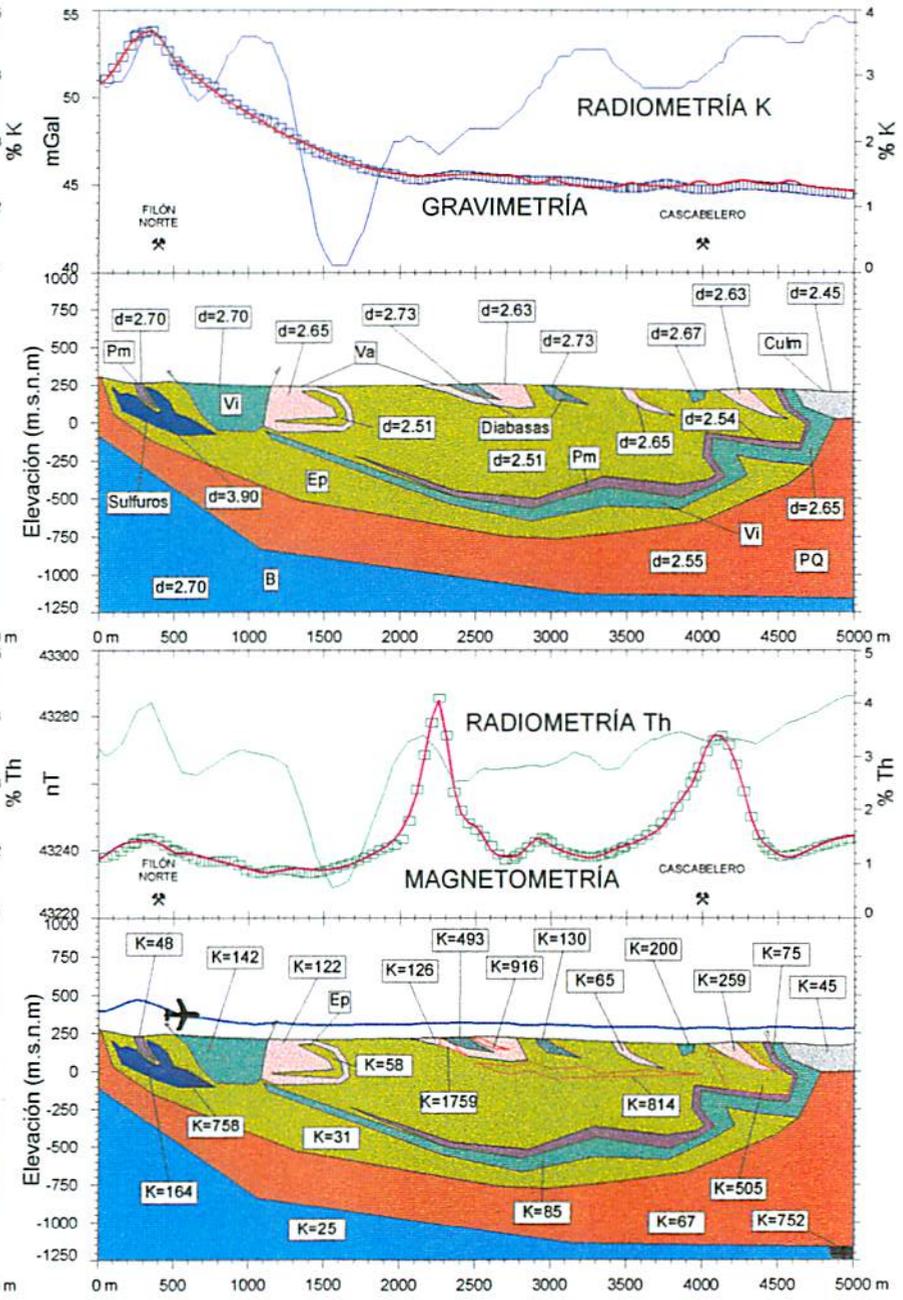


FIGURA 9: Perfiles de FILÓN NORTE-CASCABELERO (ORIGEN: X=667000, Y=4162500).



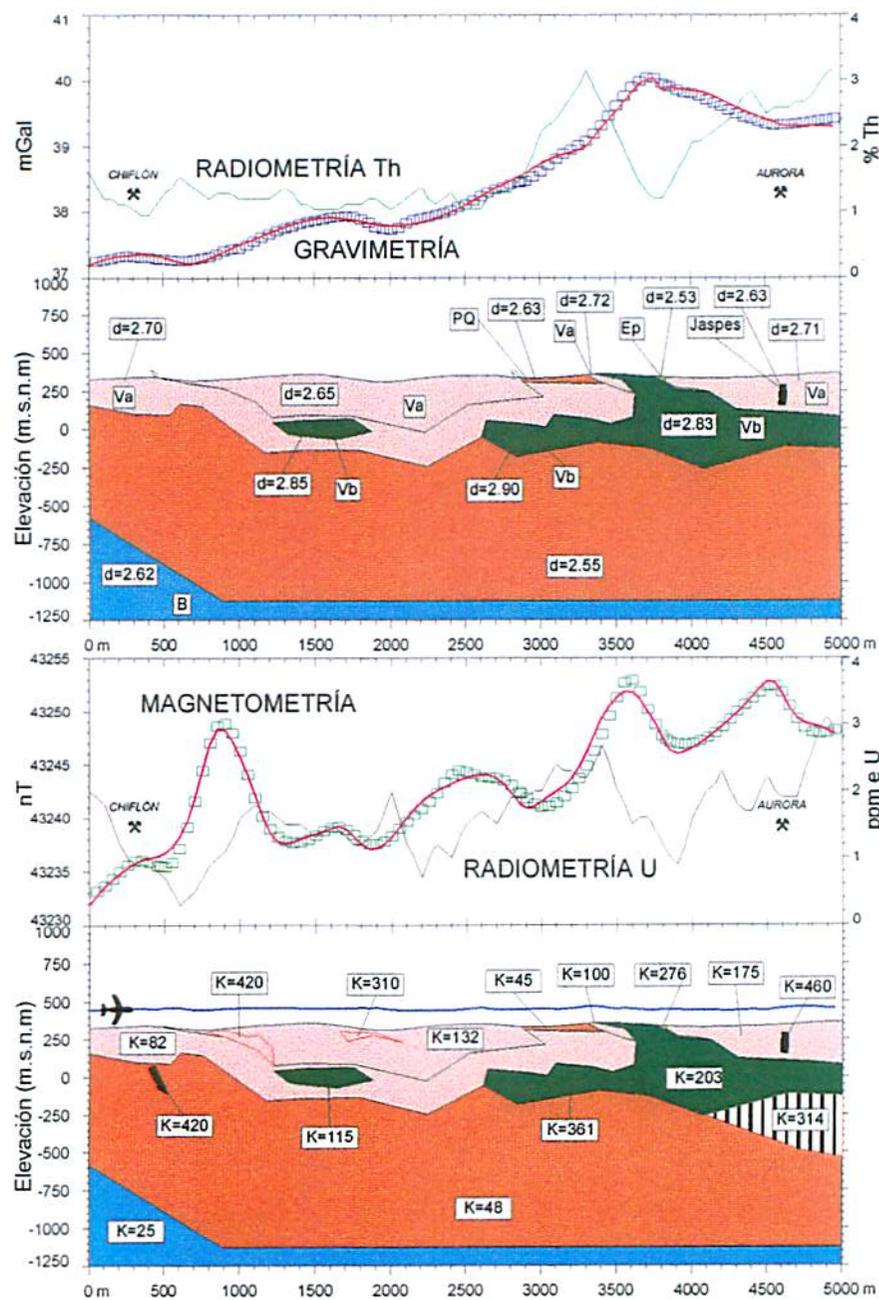


FIGURA 12: Perfiles de CHIFLÓN-AURORA (ORIGEN: X=708200, Y=4164700).

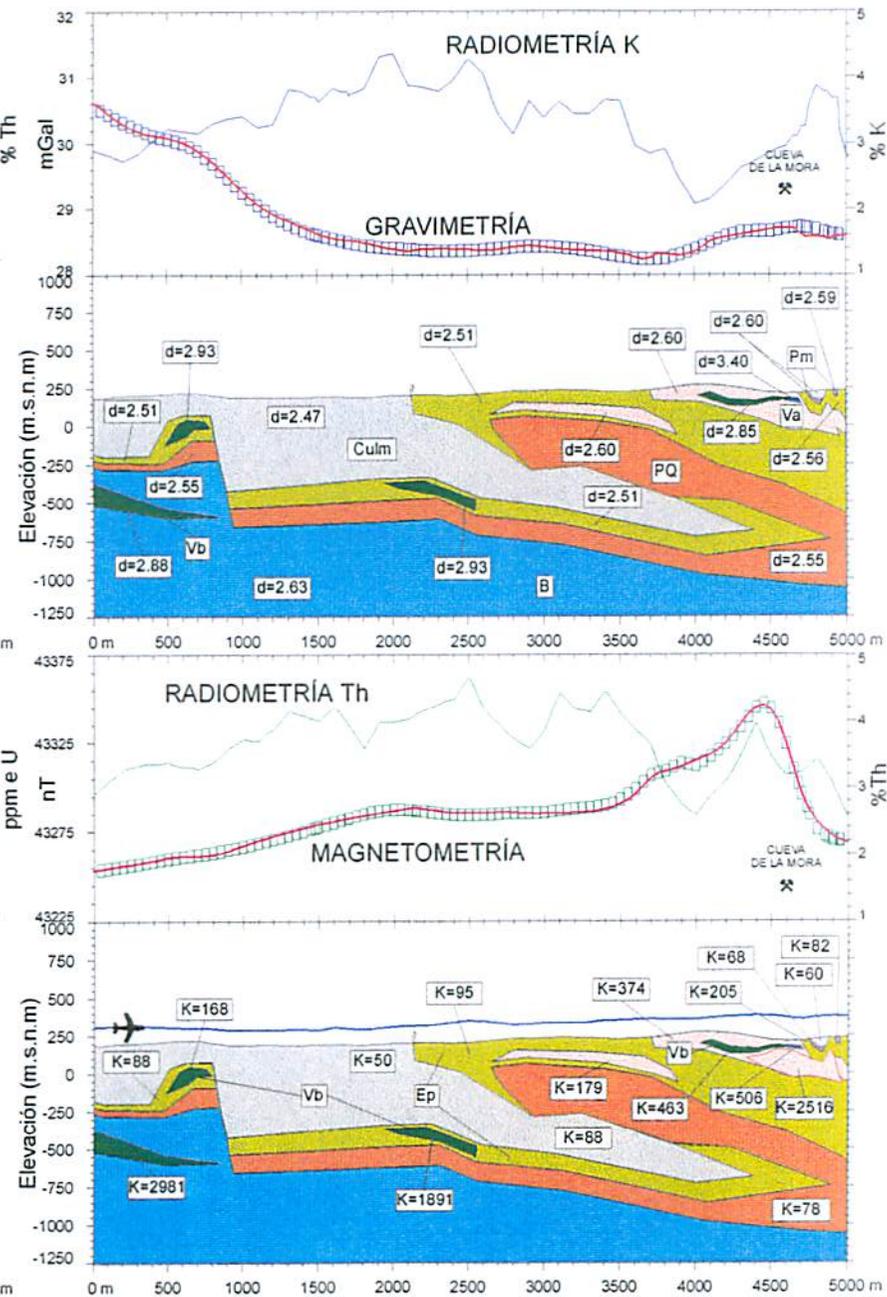


FIGURA 13: Perfiles de CUEVA DE LA MORA (ORIGEN: X=692000, Y=4179500).

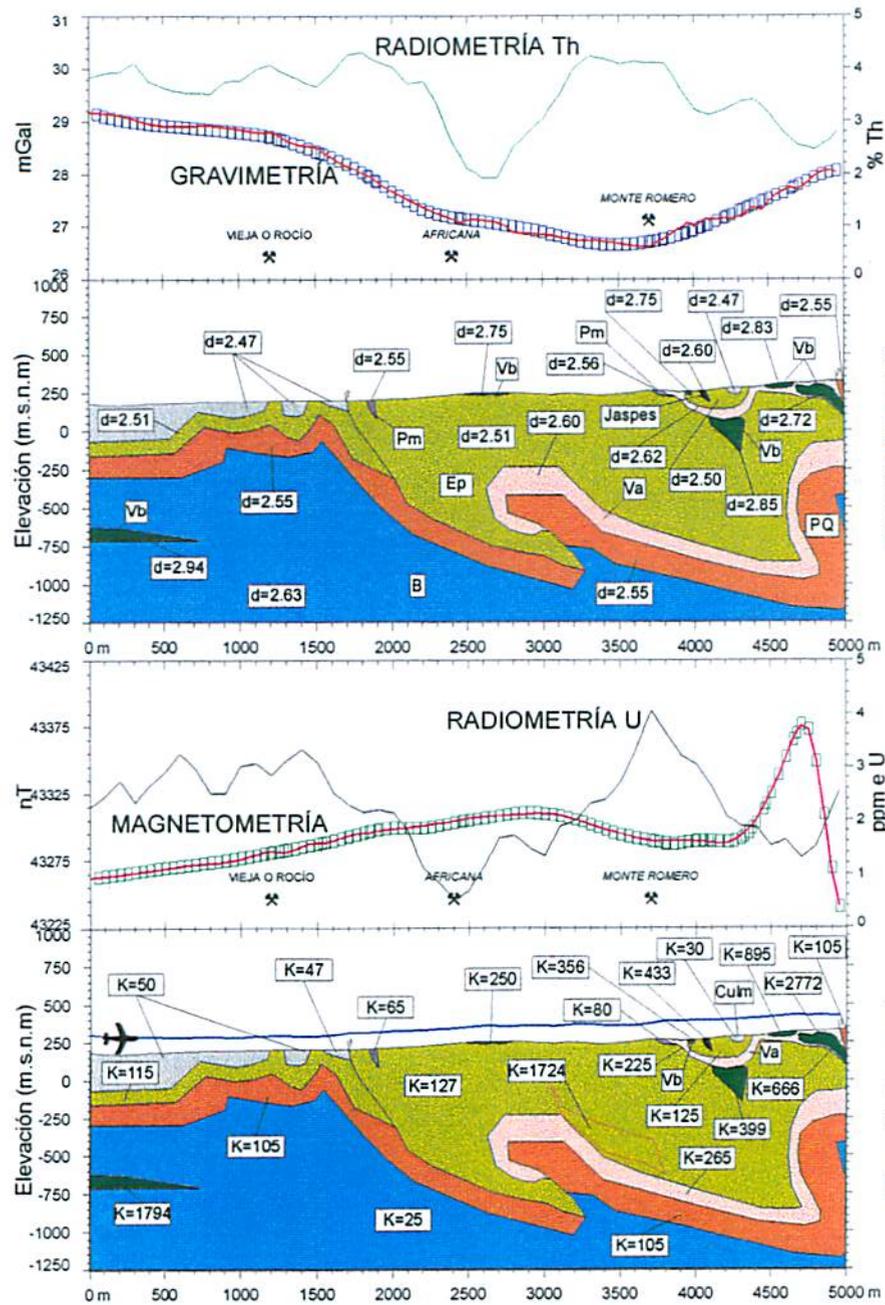


FIGURA 14: Perfiles de VIEJA-MONTE ROMERO (Origen: X=694900, Y=4180000).

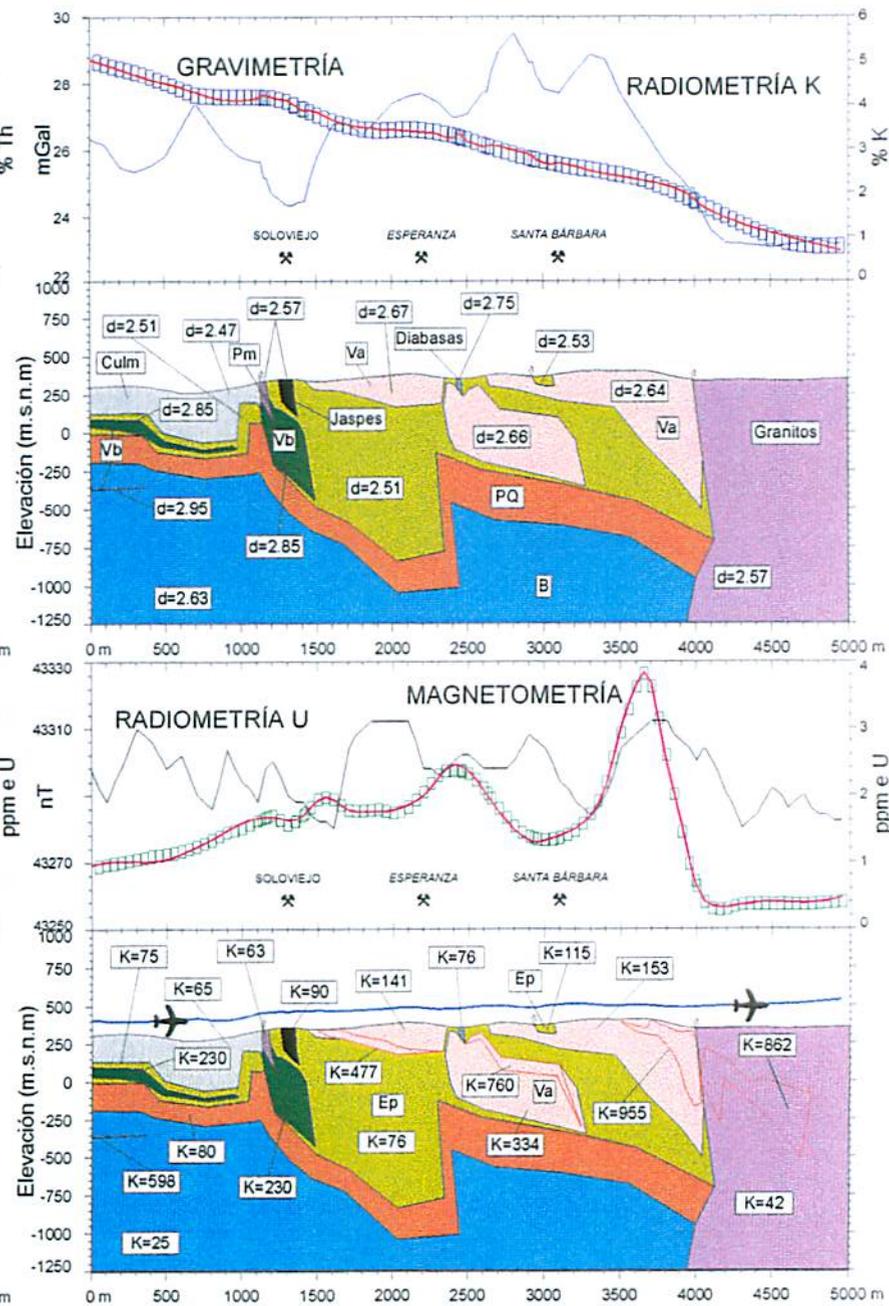


FIGURA 15: Perfiles de SOLOVIEJO-SANTA BÁRBARA (Origen: X=703100, Y=4180000).

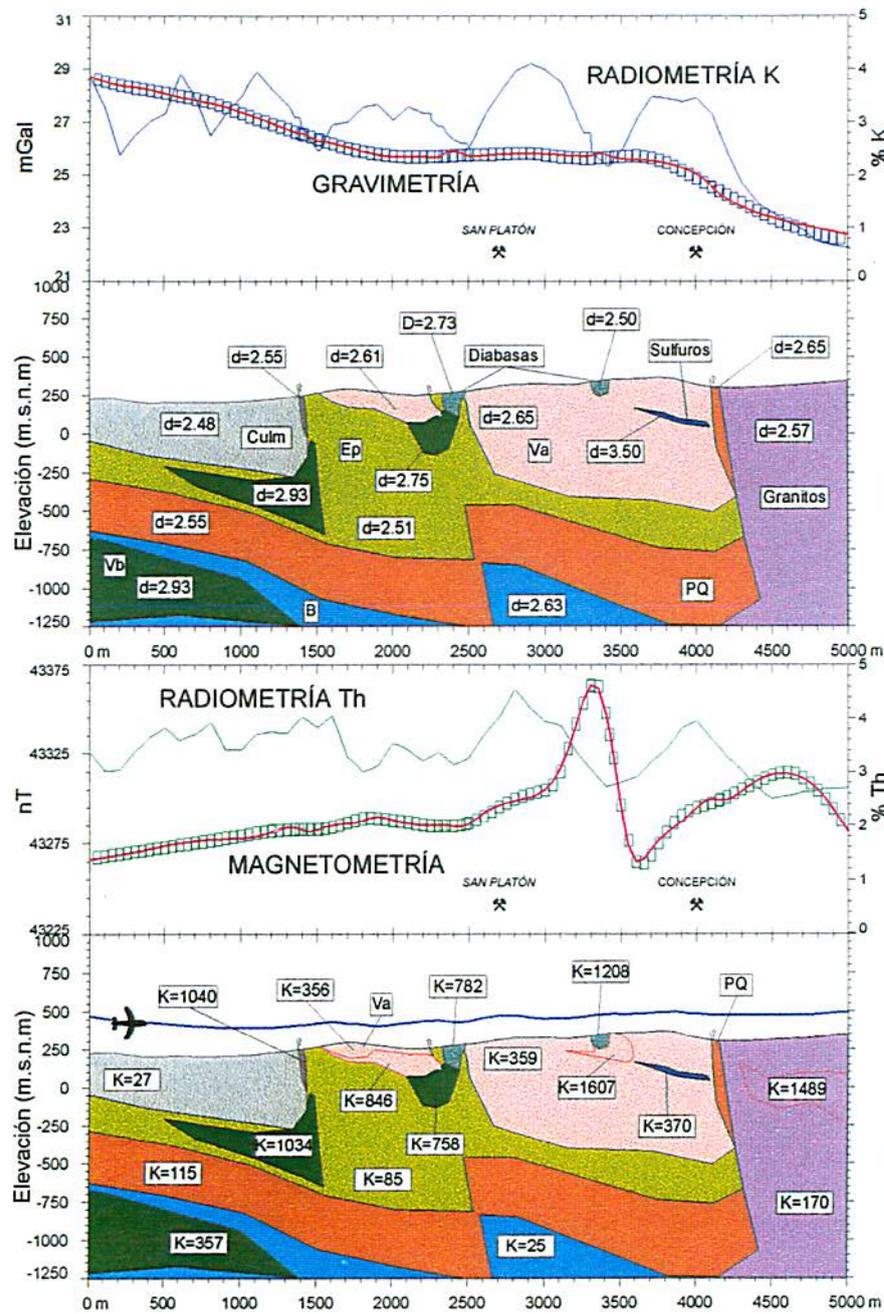


FIGURA 16: Perfiles de SAN PLATÓN-CONCEPCIÓN (Origen: X=704600, Y=4179500).

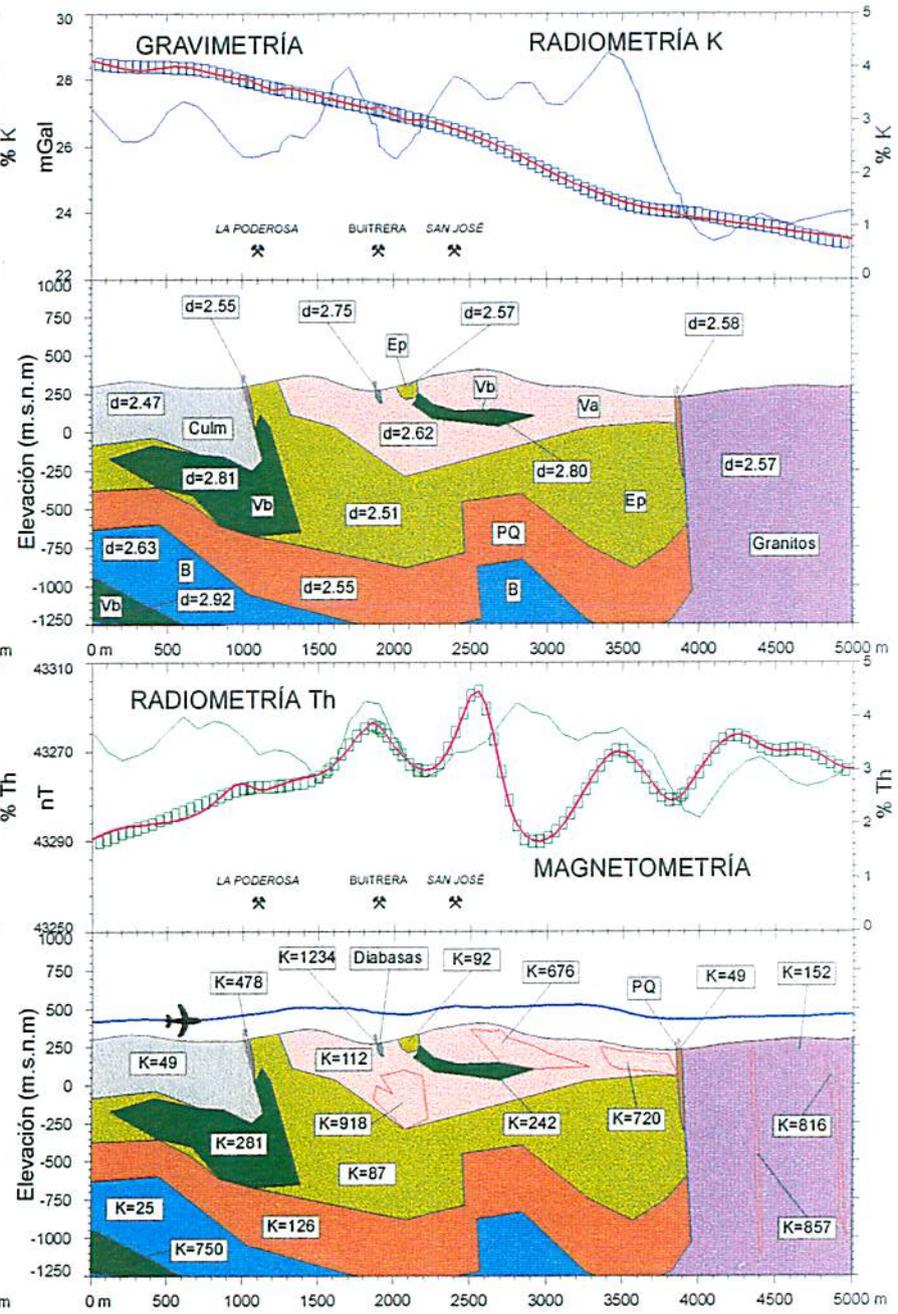


FIGURA 17: Perfiles de LA PODEROSA-BUITRERA (Origen: X=706200, Y=4179500).

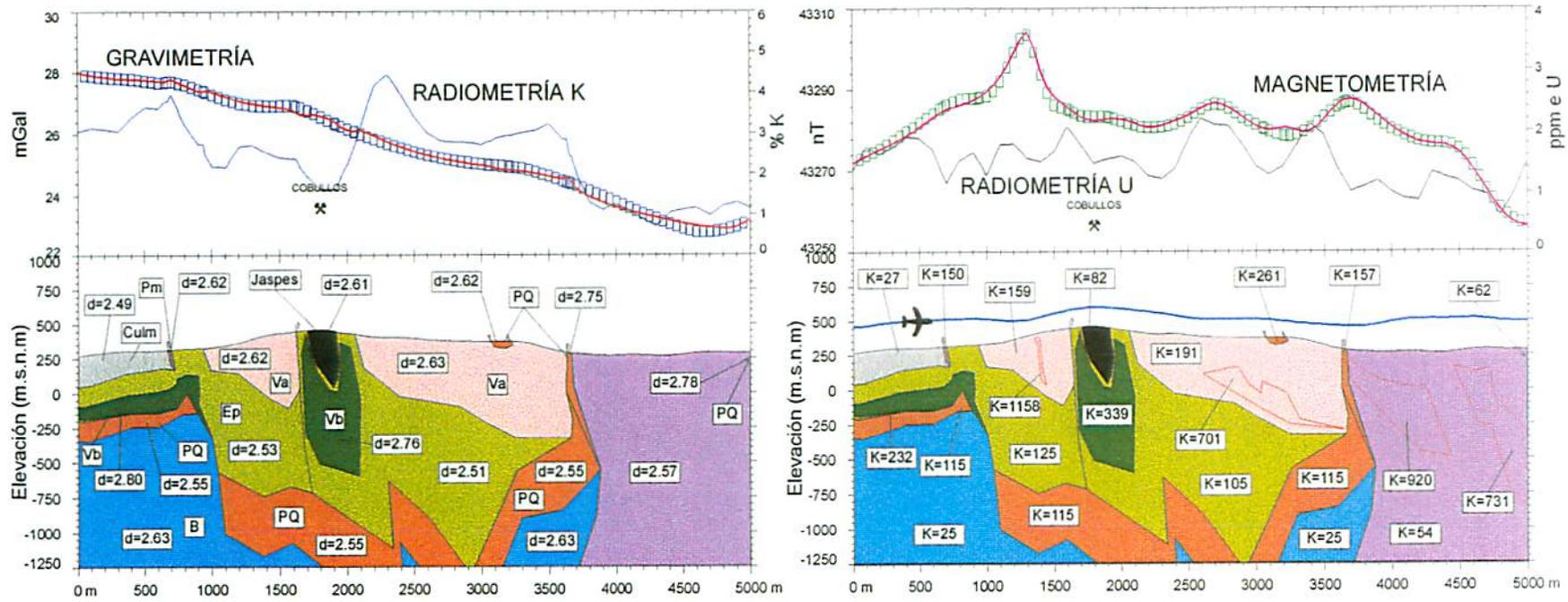


FIGURA 18: Perfiles de COBULLOS (Origen: X=707900, Y=4179500).