

“ESTUDI GRAVIMÈTRIC I MAGNÈTIC DE LA GARROTXA”

Manuel Villarroya i Albert Casas

I.-INTRODUCCIÓ:

Al llarg dels anys 1980 i 1981 s'han realitzat un seguit de determinacions geofísiques, dins de l'àmbit de l'antic Comtat de Besalú, a fi d'obtenir el mapa d'anomalies de Bouguer de la gravetat i el mapa d'anomalies de camp magnètic total d'aquesta àrea, els resultats i la interpretació de les quals es presenten en aquesta comunicació.

II.-SITUACIÓ GEOGRÀFICA:

L'àrea limitada en l'aixecament del mapa gravimètric i del magnètic, presentats en aquesta nota, inclou la zona centre i els límits sud i sud-est de l'antic Comtat de Besalú. Geogràficament queda emmarcada dins del Sistema Transversal Català. Aquest sistema presenta una disposició allargada en direcció nord-oest sud-est i s'estén entre el Pirineu i el massís de les Guilleries.

L'àrea estudiada té una superfície de 700 Km² i queda limitada pels meridians de longitud 6° 11' 00" (a l'oest), 6° 28' 00" (a l'est) i pels paral·lels de latitud 42° 05' 30" (al sud) i 42° 16' 30" (al nord).

La morfologia del relleu és molt variada i la seva estructura complexa.

III.-MARC GEOLÒGIC:

El Sistema Transversal Català, en sentit geològic, és un “horst” o massís que es troba intercalat entre dues depressions: la de l'Empordà, a l'est i la de l'Ebre, a l'oest (J.FAYAS, 1974; B.DONVILLE, 1976) i constitueix la terminació oriental de la conca terciària de Catalunya, entre la zona axial pirenaica al nord i la serralada Catalana al sud i a l'est (F.KROMM, 1967).

Aquest massís està constituït fonamentalment per formacions calcàreo-detrítiques, d'edat eocena, sedimentades directament sobre el Paleozoic del llinar de la Garrotxa. Els materials eocens es troben emmascarats a molts indrets per colades basàltiques quaternàries -postmindelians (LI. SOLÉ, 1962)- situades en la part centre-oest i sud-oest de la zona, i també per un important sistema de terrasses, sedimentades principalment al llarg del riu Fluvià.

La tectònica ha jugat un paper molt important en la configuració morfològica de l'àrea: nombroses fractures de direcció est-oest (produïdes per l'efecte de la compressió alpina) i nord-sud (en general nord 160, produïdes a finals del Terciari) han compartimentat la zona en una sèrie de grans blocs que s'han anat desplaçant entre sí, tant en la direcció horitzontal com en la vertical.

Per altra banda el Sistema Transversal Català està afectat per un conjunt de plecs, de direcció est-oest, continuació del sistema subpirinenc que afecta tot l'Eocè (J.TOURNON, 1968). Aquest sistema de plecs és molt palès en la zona

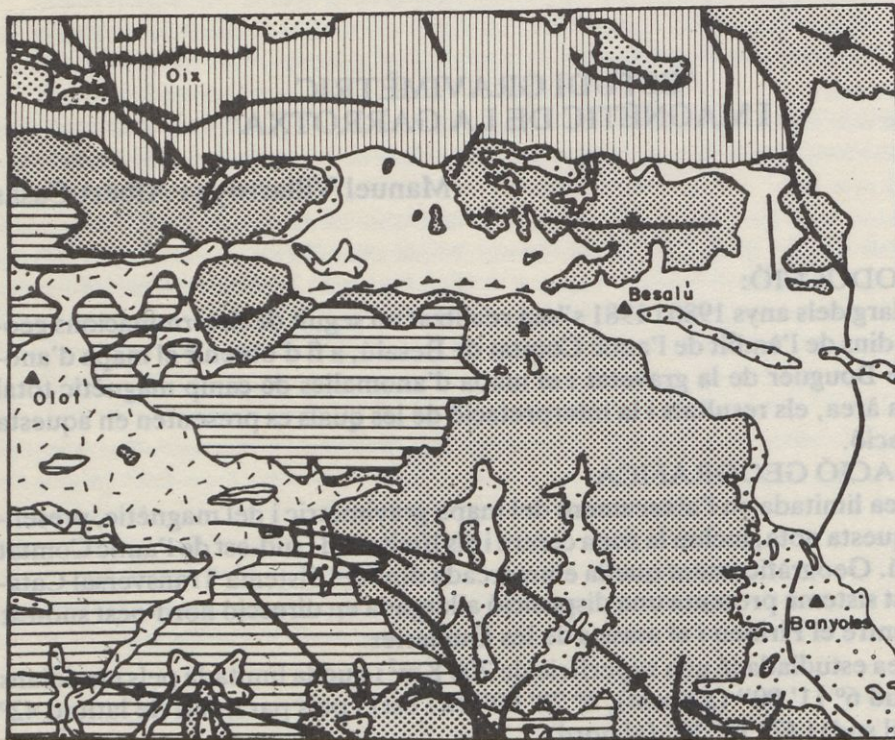
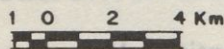
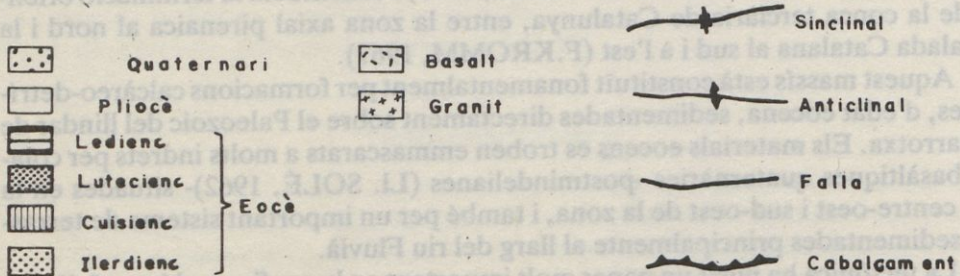


Fig. 1) Esquema geològic



L L E G E N D A :



nord del Comtat de Besalú, però a mida que ens dirigim vers el límit sud es va suavitzant.

IV.-APARELLS DE MESURA:

IV.1. GRAVIMETRIA.- Per la determinació de la component vertical de la gravetat s'ha utilitzat un gravímetre SCINTREX, model CG-2. Aquest és un gravímetre dels anomenats inestables o astàtics, ja que tendeix a la modificació del seu estat d'equilibri a fi d'obtenir una més gran sensibilitat en la mesura.

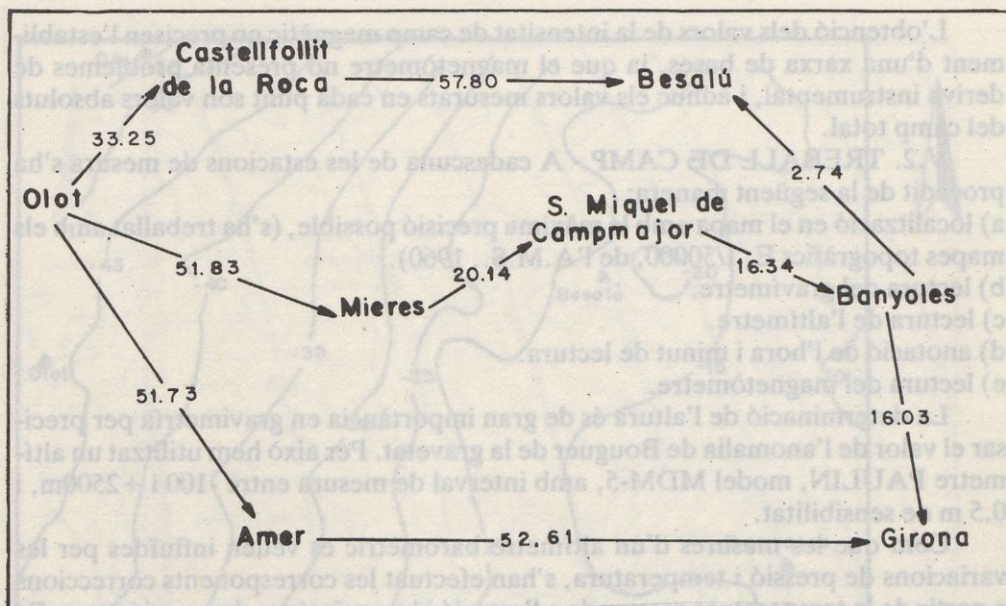


Fig. 2) Xarxa de bases gravimètriques.
Valors en mGal.

És interessant assenyalar en aquest apartat que el gravímetre no ens dona la mesura del valor absolut de la component vertical de la gravetat, sinó la diferència d'aquesta magnitud entre dues estacions.

La precisió del gravímetre es de 0.01 mGal, encara que nosaltres hem obtingut una precisió mitjana de 0.06 mGal (1mGal : 0.01 cm/s²).

IV.2. MAGNETOMETRIA.- La mesura del valor de la intensitat de camp magnètic total s'ha realitzat amb un magnetòmetre de protons GEOMETRICS, model G-816. La lectura en aquest aparell es digital, amb una sensibilitat de + - 1 gamma (1 gamma : 10⁻⁹ Tesla).

V.-MÈTODE DE TREBALL:

V.1.ESTABLIMENT DE LA XARXA D'OBSERVACIONS.- Per cobrir la zona d'estudi s'han realitzat 175 mesures, espaiades tan regularment com ha estat possible. D'aquestes se n'han escollit vuit, considerades com estacions base pels perfils gravimètrics i que, en conjunt, formen l'anomenada xarxa de bases (Fig.2).

Cada perfil gravimètric ha de començar i acabar a la mateixa base perquè els valors obtinguts a cada itinerari siguin comparables entre si i per controlar l'efecte de deriva del gravímetre. A la vegada, totes les bases de la zona s'han enllaçat en un itinerari comú per poder fer comparables entre sí els valors gravimètrics de tots els perfils. Els valors absoluts de la gravetat s'han obtingut per referència amb el de la base gravimètrica que l'Instituto Geográfico Nacional té a la ciutat de Girona.

L'obtenció dels valors de la intensitat de camp magnètic no precisen l'establiment d'una xarxa de bases, ja que el magnetòmetre no presenta problemes de deriva instrumental, i àdhuc els valors mesurats en cada punt són valors absoluts del camp total.

V.2. TREBALL DE CAMP.- A cadascuna de les estacions de mesura s'ha procedit de la següent manera:

- a) localització en el mapa amb la màxima precisió possible, (s'ha treballat amb els mapes topogràfics E: 1/50000, de l'A.M.S., 1960).
- b) lectura del gravímetre.
- c) lectura de l'altímetre.
- d) anotació de l'hora i minut de lectura.
- e) lectura del magnetòmetre.

La determinació de l'altura és de gran importància en gravimetria per precisar el valor de l'anomalia de Bouguer de la gravetat. Per això hem utilitzat un altímetre PAULIN, model MDM-5, amb interval de mesura entre -100 i +2500m, i 0.5 m de sensibilitat.

Com que les mesures d'un altímetre baromètric es veuen influïdes per les variacions de pressió i temperatura, s'han efectuat les corresponents correccions a partir de la temperatura mesurada a l'estació i les variacions de pressió atmosfèrica de l'estació meteorològica, amb registre barogràfic, més propera.

V.3. TREBALL DE GABINET.-

V.3.1. Dades gravimètriques: Per calcular el valor de l'anomalia de Bouguer de la gravetat de cadascuna de les estacions és necessari restar al valor de la gravetat observada i mesurada per nosaltres al camp, el valor de la gravetat teòrica en funció de la seva latitud geogràfica.

La gravetat teòrica es pot calcular, a partir de diverses fórmules, per un punt de latitud coneguda situat a la superfície de l'el·lipsoide terrestre (en termes generals, el nivell del mar). La fórmula emprada per nosaltres és la proposada per l'International Union of Geodesy and Geophysics l'any 1967, la qual considera la Terra com un el·lipsoide aplatat pels pols ($f: 1/298.25$). L'expressió matemàtica d'aquesta fórmula és:

$g_T: 978.0319 (1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^2 \phi)$ cm/s², on g_T és la gravetat teòrica i ϕ la latitud geogràfica.

Al valor teòric calculat se li han d'efectuar una sèrie de reduccions en funció de l'altura i la topografia pròpia de cada estació, per tal de treballar amb la gravetat teòrica real a la cota de la estació i no amb el valor de la seva projecció sobre l'el·lipsoide de referència.

El valor de l'anomalia de Bouguer de la gravetat s'ha calculat a partir de la següent expressió:

$$A_{NB} : g_o - g_T : g_o - (g_T - Fh + Bhd - T)$$

on:

g_o : gravetat observada i mesurada al camp,

g_T : gravetat teòrica de l'estació,

g_T : gravetat teòrica de la projecció de l'estació sobre l'el·lipsoide de referència,

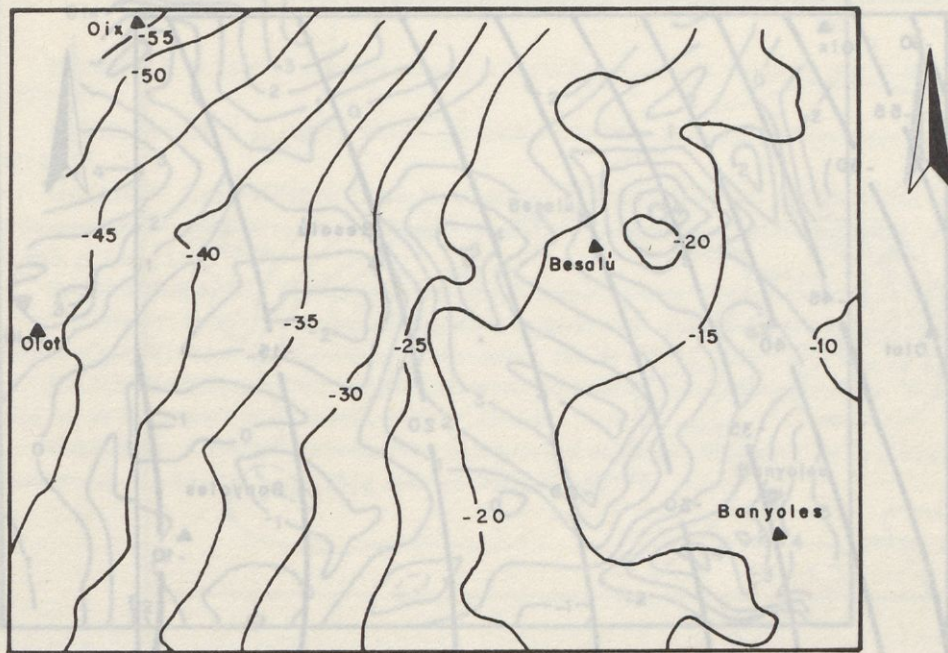
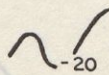
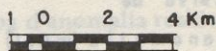


Fig. 3) Mapa d'anomalia de Bouguer



Carba de
isoanomalia (mGal)

- F : coeficient de Faye (0.3086 mGal/m),
 B : coeficient de Bouguer (0.04191 mGal/m),
 d : densitat mitjana dels materials situats al dessota de l'estació,
 h : alçada de l'estació,
 T : correcció topogràfica.

Pel càlcul de la correcció de Bouguer s'ha utilitzat un valor de densitat mitjana igual a 2.67 g/cm^3 .

La correcció topogràfica s'ha calculat gràficament per a totes les estacions, mitjançant el mètode de HAMMER (1939) fins a la zona I (4469 m).

Amb els valors abtinguts s'ha construït el mapa d'isoanomalies de Bouguer (Fig. 3), amb una equidistància entre corbes de 5 mGal.

Com que l'anomalia de Bouguer reflecteix la suma de dos tipus d'anomalia, una de caràcter regional (produïda per fenòmens d'origen profund) i un altra de caràcter residual (produïda per fenòmens superficials, més localitzats), s'ha procedit a la separació d'ambdós tipus d'anomalia mitjançant l'ajust per mínims quadrats d'una superfície polinòmica de segon grau.

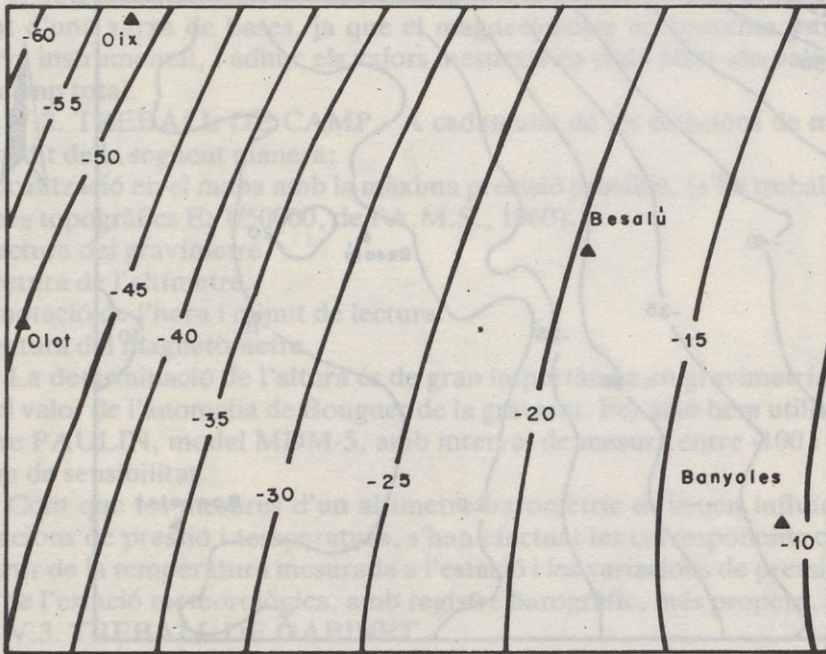
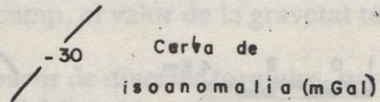
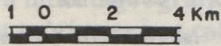


Fig. 4) Mapa d'anomalia regional.



V.3.2. Dades magnètiques: El mapa d'anomalies magnètiques de camp total s'ha realitzat amb les mesures brutes obtingudes al camp, ja que les correccions seculars entre els diferents dies de mesura i lunisolars durant un mateix dia són molt petites (de l'ordre de 20 gammes), en comparació amb els efectes a mesurar. Per altra banda, la reducció a un nivell de referència comú no és necessària, ja que el gradient vertical del camp magnètic és de $-0.047 \cdot F_0$ gammes/m, on F_0 és el valor local de la intensitat de camp magnètic expressada en oerstedts.

VI.-DISCUSSIÓ DELS RESULTATS:

A partir dels mapes gravimètrics y magnètic es poden inferir una sèrie de característiques geològiques que de tot seguit esmentem:

El mapa d'anomalies de Bouguer presenta un traçat molt suau en les corbes isoanòmals i dominada per la tendència regional. Aquesta tendència (reflectida a la figura 4) té un gradient de direcció est-oest, que augmenta notablement cap el nord-oest, de -1.3 mGal/Km a -2.5 mGal/Km . Aquest gradient regional pot interpretar-se com degut a l'augment del gruix de l'escorça terrestre en aquesta direcció, ja coneguda per altres mètodes geofísics (GALLART et al., 1980), encara que els valors obtinguts en el límit nord-oest semblen reflectir una anomalia en l'augment lent del gruix.

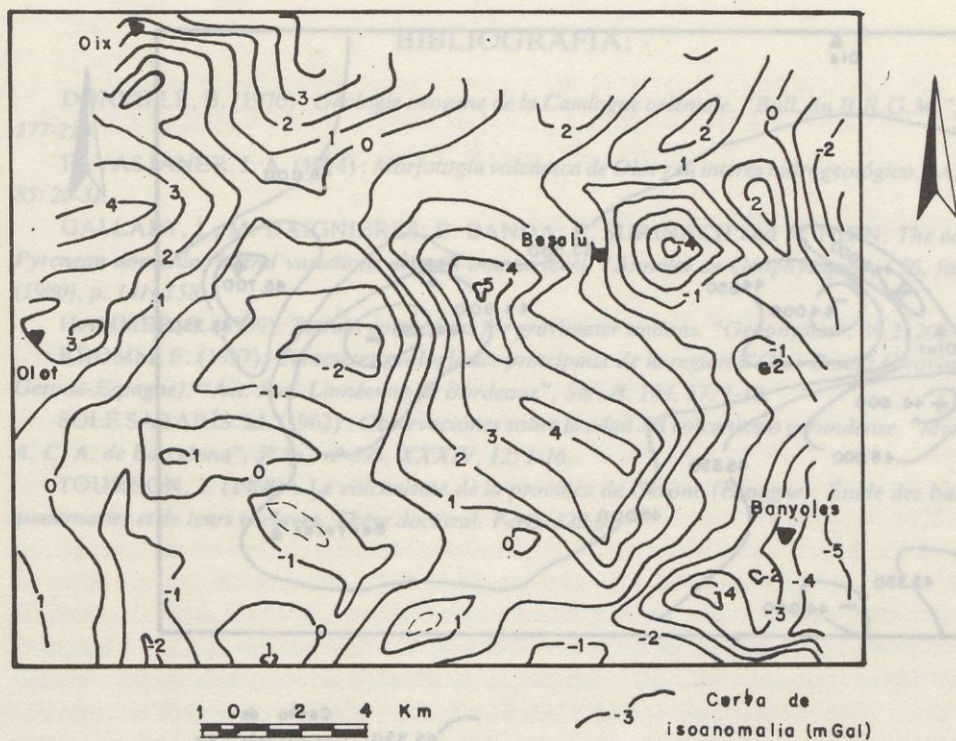


Fig. 5) Mapa d'anomalia residual.

El mapa d'anomalies residuals presenta màxims i mínims destacats, encara que el contrast entre ells no és massa fort, ja que només hi ha 10 mGal de diferència entre els valors extrems.

D'aquest mapa es poden destacar les següents anomalies:

A) Positives.-

- Anomalia estesa per la zona d'Olot, probablement relacionada amb la presència de les colades basàltiques.

- Anomalia en el límit nord del mapa i de direcció est-oest que pot associar-se amb el pas gradual a formacions litològiques més denses (margues - gresos - calcàries) cap el nord, així com a una disminució de la cobertura eocena en aquesta mateixa direcció.

- Anomalia estesa desde Argelaguer fins a Sant Miquel de Campmajor, possiblement deguda a l'existència d'un nivell d'anhidrites prou potent (250 m a les zones de més gruix), situat a poca fondària i amb una densitat mitjana atribuïble de 2.9 g/cm^3 , clarament contrastada amb els 2.4 g/cm^3 de densitat mitjana dels sediments suprajacents.

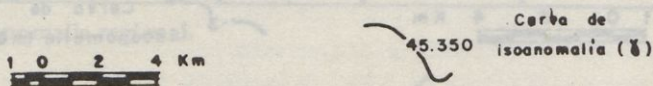
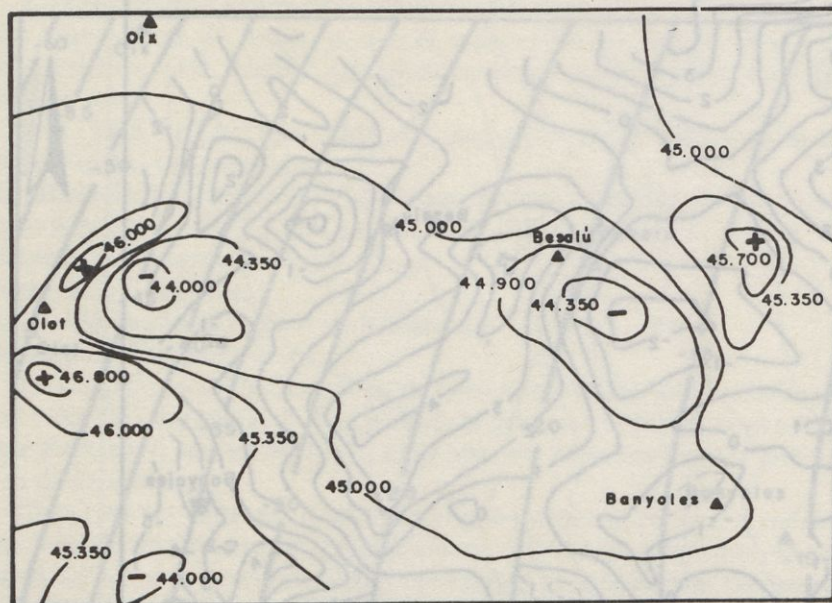


Fig. 6) Mapa d'anomalia geomagnètica.

B) Negatives.-

- Anomalia de direcció nord-sud en el límit est del mapa, relacionada amb la falla de Banyoles, que separa el horst de la Garrotxa amb la fosa de l'Empordà.

- Són també remarcables els dos mínims de -4 mGal, produïts per fosses subsidents, centrades al nord de Camós i sobre Bruguers. El primer sembla tenir una relació clara amb la tectònica observada en superfície, mentre que en el segon el seu efecte probablement ha quedat emmascarat pels sediments Pliocens i Quaternaris.

En el mapa d'anomalies geomagnètiques destaquen dues zones amb clara bipolaritat: una prop d'Olot, amb una diferència d'intensitat magnètica, entre màxim i mínim, de 2800 gammes, i l'altre, de menor contrast, a les rodalies de Besalú, amb 1350 gammes. D'altra banda també s'ha de destacar un mínim magnètic a la zona de Sant Feliu de Pallerols.

La bipolaritat d'Olot, així com el mínim de la zona sud del mapa, estan clarament relacionats amb els materials volcànics. En canvi, l'anomalia magnètica detectada a l'est de Besalú no té evidències geològiques superficials i creiem que està originada per l'existència de roques basàltiques en profunditat.

BIBLIOGRAFIA:

- DONVILLE, B. (1976) : *Géologie néogene de la Catalogne orientale*. "Bull. du B.R.G.M.", IV-3 177-210.
- FAYAS JANER, J. A. (1974) : *Morfología volcánica de Olot y su interés hidrogeológico*. "Agua", 85: 20-31.
- GALLART, J.; M. DAIGNIERES; E. BANDA; E. SURIÑACH and A. HIRN: *The eastern Pyrenean domain: lateral variations al crust-mantle level*. "Annales de Géophysique", t.36, fasc. 2, (1980), p. 141--158.
- HAMMER, S. (1939): *Terrain corrections for gravimeter stations*. "Geophysics", 39,2: 205-222.
- KROMM, F. (1967): *Caractères géologiques principaux de la region d'Olot-Besalú (Province de Gerone-Espagne)*. "Act. Soc. Linnéenne de Bordeaux", Sér. B, 104, 17: 1-18.
- SOLÉ SABARÍS. LI. (1962) : *Observaciones sobre la edad del volcanismo gerundense*. "Mem. R. A. C. A. de Barcelona", 3ª ép., nº 695, XXXIV, 12: 1-16..
- TOURNON, J. (1968) : *Le volcanisme de la province de Gerone (Espagne). Étude des basaltes quaternaries et de leurs enclaves*. Thèse doctoral. Paris. 128 p.