

Edad Rb-Sr mediante isocrona de minerales de las tonalitas biotítico-hornbléndicas del Macizo del Montnegre (Cordilleras Costeras Catalanas)

Rb-Sr mineral age of hornblende-biotite tonalites from the Montnegre Massif (Catalan Coastal Ranges)

A. Del Moro (*), & P. Enrique, (**)

(*) Istituto di Geocronologia e Geochimica Isotopica. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Via Cardinale Maffei n.36, Pisa 56127 (Italy).

(**) Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Zona Universitària de Pedralbes. 08071 Barcelona.

ABSTRACT

A Rb-Sr mineral isochrone has been made from one of the most typical units of the Catalan coastal batholith. The age obtained, 284 ± 7 Ma, is 15 Ma older than the previous whole-rock isochrone available in this area whereas the Sr_0 is only slightly lowered. This discrepancy is attributed to an anomalous result obtained in the sample with lower $^{87}Rb / ^{86}Sr$ which was of critical importance for the isochrone slope.

Key words: Rb-Sr isochrone, Hercynian granitoids, Catalan Coastal Ranges.

Geogaceta, 20 (2) (1996), 491-494
ISSN: 0213683X

Introducción

El Macizo del Montnegre constituye un sector de unos 500 Km² del batolito tardiercyniano calcoalcalino de las Cordilleras Costeras Catalanas. La parte meridional de dicho macizo está formada por varias intrusiones independientes de granodioritas, tonalitas y granitos que comparten numerosas características mineralógicas y químicas comunes.

La hipótesis de que estas intrusiones proceden de una fuente magmática común sirvió de base para la realización de una isocrona de "rocas totales" incluyendo composiciones comprendidas entre tonalitas y leucogranitos (Enrique & Debon, 1987), proporcionó una primera aproximación a la edad de dichas rocas de 269 ± 4 Ma y una relación $Sr_0 = 0.71068 \pm 6$.

Dado que las intrusiones consideradas muestran una distinta cronología relativa de emplazamiento (desde las tonalitas hasta los leucogranitos) el objeto principal de este trabajo ha consistido en intentar precisar la edad de la intrusión más antigua (considerada desde el punto de vista geológico) mediante la realización de una isocrona Rb-Sr de minerales.

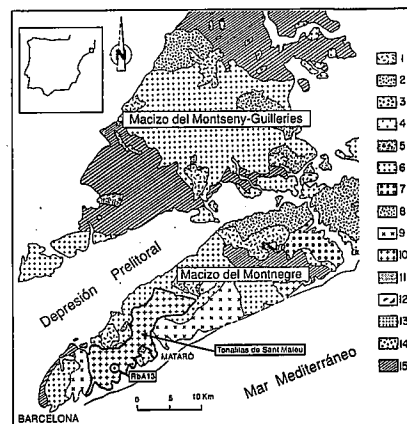


Fig. 1.- Situación geológica del Macizo del Montnegre y de las principales unidades plutónicas. Leyenda: 1-5 Granitos; 6-9: Granodioritas; 10: Tonalitas; 11: Dioritas y gabros hornbléndicos (bojites); 12: Cortlandtites; 13: Pórfidos graníticos; 14: Felsitas y aptitas porfíricas; 15: Rocas sedimentarias y metamórficas paleozoicas.

Fig. 1.- Geological setting of the Montnegre Massif and location of the main plutonic units.

LEGEND: 1-5: Granites; 6-9: Granodiorites; 10: Tonalites; 11: Diorites and hornblende gabbros (bojites); 12: cortlandtites; 13: Granite porphyries; 14: Felsites and porphyritic aptites.- 15: Paleozoic sedimentary and metamorphic rocks.

Dicha isocrona permite la determinación de la edad con una única roca, utilizando sus componentes minerales separados como muestras distintas para lo cual se requiere como condición necesaria previa que todos los minerales utilizados se hallen en mutuo equilibrio isotópico. Sin embargo ello sólo es teóricamente posible en el caso de que no haya habido un recalentamiento superior a las temperaturas de bloqueo del sistema Rb-Sr de los distintos minerales, ya que en dicho caso la edad obtenida sería inferior a la edad del emplazamiento (o más exactamente la del cierre del sistema rocoso durante la cristalización y enfriamiento de la roca magmática).

Es importante destacar que no existen evidencias geológicas de una actividad tectónica significativa que haya afectado a las rocas plutónicas hercynianas con posterioridad a su formación. Los efectos de la Orogenia Alpina en el área considerada se reducen a movimientos verticales a lo largo de fracturas las cuales, si bien los responsables del relieve actual, han mantenido intactas las rocas en el interior de los bloques correspondientes.

La obtención de una edad superior en

Cuarzo 30.0	Plagioclasa 48.3	Feldespató-K 5.8	Biotita 14.0	Hornblenda 1.5
Apatito 0.20	Circón 0.04	Miner. opacos 0.14	Clorita/epidota 0.18	Índice de color 15.9

Tabla 1.- Composición modal de la tonalita biotítico-hornbléndica de Teià, estudiada en este trabajo.

Table 1.- Modal composition of the Teià hornblende-biotitic tonalite studied in this work.

la isocrona de minerales que en la isocrona de rocas totales plantea un problema adicional que también se intenta explicar en este trabajo.

Características de la muestra

Situación geológica: La muestra estudiada (RbA13) procede de una cantera de tonalita biotítico-hornbléndica situada en el término municipal de Teià (Barcelona) la cual forma parte de la intrusión de las "tonalitas de Sant Mateu" (Enrique, 1990) (Coordenadas U.T.M. 443.47-4595.47). Dicha intrusión, alargada en una dirección NE-SW, de forma irregular y de composición muy uniforme, se extiende sobre una superficie de 82 Km² a lo largo de la Cordillera Litoral en la mitad meridional del Macizo del Montnegre (Fig.1).

Petrografía: La composición modal se muestra en la tabla-1.

La textura de la roca es bastante heterogranular con una distribución de tamaños de grano muy amplia (desde 1-5 mm, en la mayoría de las plagioclasas, hasta 10-15 mm en los cristales de hornblenda).

La plagioclasa es el mineral más abundante, es generalmente idiomorfa y tiene un intenso y complejo zonado oscilatorio y "patchy zoning" que pone de manifiesto el desarrollo de importantes corrosiones y cambios bruscos de condiciones durante su crecimiento. La biotita y la hornblenda también son generalmente idiomórficas. La biotita presenta un característico desarrollo prismático pseudo-hexagonal de hasta 10 mm de longitud y 5 mm de anchura. Presenta un pleocroísmo marrón intenso y contiene inclusiones relativamente abundantes de plagioclasa, apatito y circón.

Los cristales de hornblenda presentan un pleocroísmo verde intenso y se hallan generalmente maclados. Contienen algunas inclusiones de plagioclasa, biotita, apatito y circón.

Los granos de feldespató potásico (principalmente microclina) forman placas alotriomorfas poiquilíticas y, junto al cuarzo, representan las últimas fases de la cristalización magmática.

Los minerales secundarios son muy poco abundantes lo cual constituye una buena indicación de que la roca no ha sufrido alteraciones muy importantes desde su formación.

Los principales consisten en reemplazamientos parciales de sericita, y en menor grado de clinozoisita y epidota, de los cristales de plagioclasa. La biotita y hornblenda también pueden hallarse ocasio-

Muestra: n ^o :	Plag. p-41	Plag. p-9	Plag. p-14	Plag. p-15	Feld-K p-39	Biotita p-16	Antíbol p-27	Roca total A-13
SiO ₂	56.84	53.19	54.18	60.65	64.06	36.88	47.79	SiO ₂ 63.57
TiO ₂	0.02	0.07	0.03	-	-	3.50	0.67	TiO ₂ 0.63
Al ₂ O ₃	27.49	28.98	28.67	24.26	18.56	14.40	6.35	Al ₂ O ₃ 16.87
FeO	0.08	0.20	0.25	0.11	0.03	20.52	18.11	Fe ₂ O ₃ 4.80
MnO	-	-	-	-	-	0.53	0.72	MnO 0.07
MgO	-	-	-	-	-	10.71	11.34	MgO 1.85
CaO	9.58	11.24	10.73	5.95	0.91	0.00	11.18	CaO 5.10
Na ₂ O	6.15	5.54	5.59	8.48	0.91	0.13	0.93	Na ₂ O 2.82
K ₂ O	0.16	0.13	0.10	0.21	15.02	9.38	0.57	K ₂ O 2.63
BaO	-	-	-	-	0.73	-	-	P ₂ O ₅ 0.12
H ₂ O	-	-	-	-	-	3.93	2.00	P.F. 0.60
Total	100.35	99.33	99.54	99.67	99.31	99.97	99.67	99.06
Si	2.545	2.427	2.459	2.710	2.985	5.628	7.025	Cu 3
Al	1.450	1.558	1.534	1.278	1.019	2.590	1.100	Pb 22
Al (IV)	-	-	-	-	-	2.372	0.975	Zn 65
Al (VI)	-	-	-	-	-	0.219	0.125	Rb 95
Fe	0.003	0.008	0.009	0.004	0.001	-	-	Ba 602
Fe+3	-	-	-	-	-	0.000	0.807	Sr 221
Fe+2	-	-	-	-	-	2.619	1.419	Nb 10.8
Ti	-	-	-	-	-	0.402	0.075	Zr 120
Mn	-	-	-	-	-	0.069	0.090	Y 24
Mg	-	-	-	-	-	2.435	2.484	Th 10.10
Ca	0.460	0.549	0.522	0.285	0.000	0.000	1.760	U 2.70
Na	0.533	0.490	0.492	0.735	0.082	0.038	0.266	La 28.86
K	0.009	0.008	0.006	0.012	0.893	1.826	0.107	Ce 72.00
Ba	-	-	-	-	0.013	-	-	Nd 25.32
Total	5.001	5.041	5.022	5.024	4.993	15.607	17.134	Sm 5.04
ab % mol	53.2	46.8	48.2	71.2	8.3	-	-	Eu 1.08
or % mol	0.9	0.7	0.6	1.2	90.4	-	-	Gd 3.98
an % mol	45.9	52.4	51.2	27.6	0	-	-	Dy 3.71
cs % mol	-	-	-	-	1.3	-	-	Er 1.99
Mg/(Mg+Fe ₂)	-	-	-	-	-	0.48	0.636	Yb 2.11
(Ca+Na) (B)	-	-	-	-	-	-	2	Lu 0.33
Na (B)	-	-	-	-	-	-	0.24	-
(Na+K) (A)	-	-	-	-	-	-	0.134	-
Fe ₃ /(Fe ₃ +Alvi)	-	-	-	-	-	-	0.866	-

Tabla 2.- Análisis y fórmulas estructurales de los minerales esenciales de la tonalita biotítico-hornbléndica y composición de elementos mayores y trazas de la roca total. Análisis de minerales: Microsonda electrónica Cameca SX50 (15 kV, 10 nA); elementos mayores: AAS; elementos traza: XRF Philips PW 1400 (Universidad de Barcelona); tierras raras: ICP (C.N.R.S. Nancy).

Table 2.- Analyses and structural formula of the main minerals of the tonalite, and trace and major-element composition of the whole-rock. Mineral analyses: Electronic microprobe Cameca SX50 (15 kV, 10 nA); major-element data: AAS; trace elements: XRF Philips PW 1400 (University of Barcelona); REE: ICP (C.N.R.S. Nancy).

nalmente reemplazados en parte por clorita y algo de epidota.

Mineralogía: La composición de la plagioclasa es muy variable en función de su pronunciada zonación oscilatoria. No obstante puede considerarse muy cálcica tratándose de un granitoide ya que varía entre oligoclasa y labradorita. Algunos núcleos alcanzan hasta An_{61} , mientras que los valores mínimos analizados corresponden a An_{22} (el valor medio de 15 análisis es de An_{41}).

La composición del anfibol corresponde a la de una magnesio-hornblenda (Leake, 1978).

En la tabla 2 se dan algunas composiciones de la plagioclasa, feldespato potásico, biotita y hornblenda, así como la composición en elementos mayores y trazas de la roca total.

Datos isotópicos

Para el cálculo de la isocrona se ha realizado una separación de minerales con el objeto de obtener un conjunto de muestras con relaciones $^{87}Rb/^{86}Sr$ bien diversificadas.

Los concentrados minerales escogidos han sido: biotita, feldespato potásico y plagioclasa.

La biotita, por su alta relación $^{87}Rb/^{86}Sr$, es ideal para la definición de la edad, ya que ésta se ve poco afectada por pequeñas variaciones de las relaciones iniciales $^{87}Sr/^{86}Sr$.

La plagioclasa, por el contrario, debido a su baja relación $^{87}Rb/^{86}Sr$ nos puede definir con mucha precisión la relación inicial $^{87}Sr/^{86}Sr$ (Sr_0).

Tanto la separación de minerales como la determinación de las relaciones isotópicas del Rb y del Sr han sido realizadas en el "Istituto di Geocronologia e Geochimica Isotopica" del C.N.R. de Pisa. Las concentraciones y las relaciones isotópicas del Rb y del Sr de las muestras han sido obtenidas por dilución isotópica mediante un espectrómetro de masas ISOMASS 54 E de colector simple. El error en la determinación de la relación $^{87}Rb/^{86}Sr$ es del 1%. La obtención de los datos y su tratamiento se han realizado siguiendo los procedimientos de Ludwig (1987).

Los resultados correspondientes se muestran en la tabla 3.

La isocrona construída teniendo en cuenta las cuatro muestras, es decir, la roca total, la plagioclasa, el feldespato potásico y la biotita, nos proporciona una edad de 284 ± 7 Ma con una $Sr_0 = 0.71026 \pm 8$ y $MSWD = 4.5$. (Fig.2)

La edad obtenida podría estar determinada únicamente por la biotita ya que ésta

	Rbppm	Srppm	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr + 2\sigma$	
Roca total	100	228	1.271	0.71601 ±	42
Plagioclasa	9.4	482	0.056	0.71048 ±	8
Feldespato-K	189	189	2.889	0.72165 ±	33
Biotita	426	5.3	257.371	1.75059 ±	65

Tabla 3.- Concentraciones y relaciones isotópicas del Rb y del Sr de la roca total y de los separados minerales de la tonalita.

Table 3.- Concentrations and isotopic ratios Rb-Sr of the whole-rock and mineral separates of the tonalite.

se halla muy alejada del origen. De aquí la conveniencia de construir una nueva isocrona eliminando la biotita del cálculo.

Considerando solamente los datos de los tres puntos restantes (roca total, plagioclasa y feldespato potásico) se obtiene una edad de 284 ± 11 Ma con una $Sr_0 = 0.71026 \pm 8$ y $MSWD = 8.9$ (Fig.3).

La concordancia entre las dos isocronas nos proporciona una buena garantía de que los minerales se hallan en equilibrio isotópico entre sí y por tanto también con la roca considerada en su conjunto

(roca total). Así pues consideraremos la isocrona de 4 puntos como la mejor aproximación en base a su menor MSWD, muy próximo a los valores considerados como aceptables.

Sin embargo la edad obtenida (284 ± 7 Ma) difiere notablemente de la obtenida por Enrique & Debon (1987) sobre 8 rocas totales (269 ± 4 Ma).

Esta diferencia resulta sorprendente ya que representa una edad 15 Ma más antigua en la isocrona de minerales que en la de rocas totales, lo cual representa un resulta-

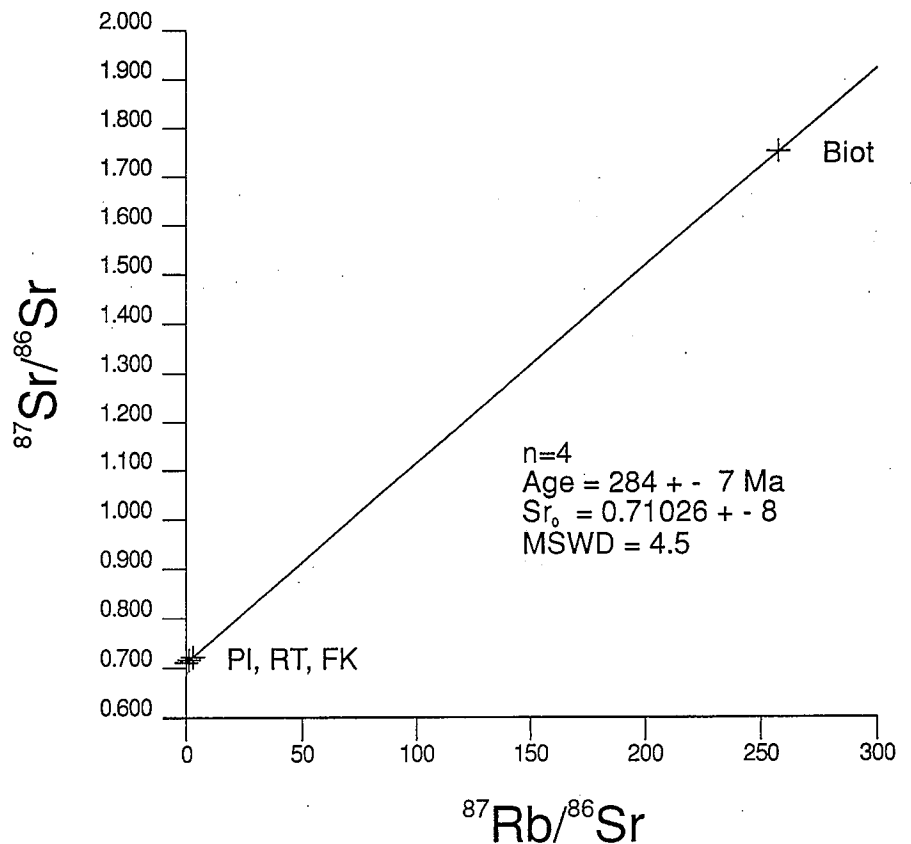


Fig. 2.- Isocrona de minerales obtenida a partir de la roca total (RT) (muestra RbA-13) y concentrados minerales de plagioclasa (PI), feldespato potásico (FK) y biotita (Biot).

Fig. 2.- Rb-Sr mineral isochrone using the whole-rock (RT)(sample RbA-13), and the following mineral concentrates: plagioclase (PI), potassic feldspar (FK) and biotite (Biot).

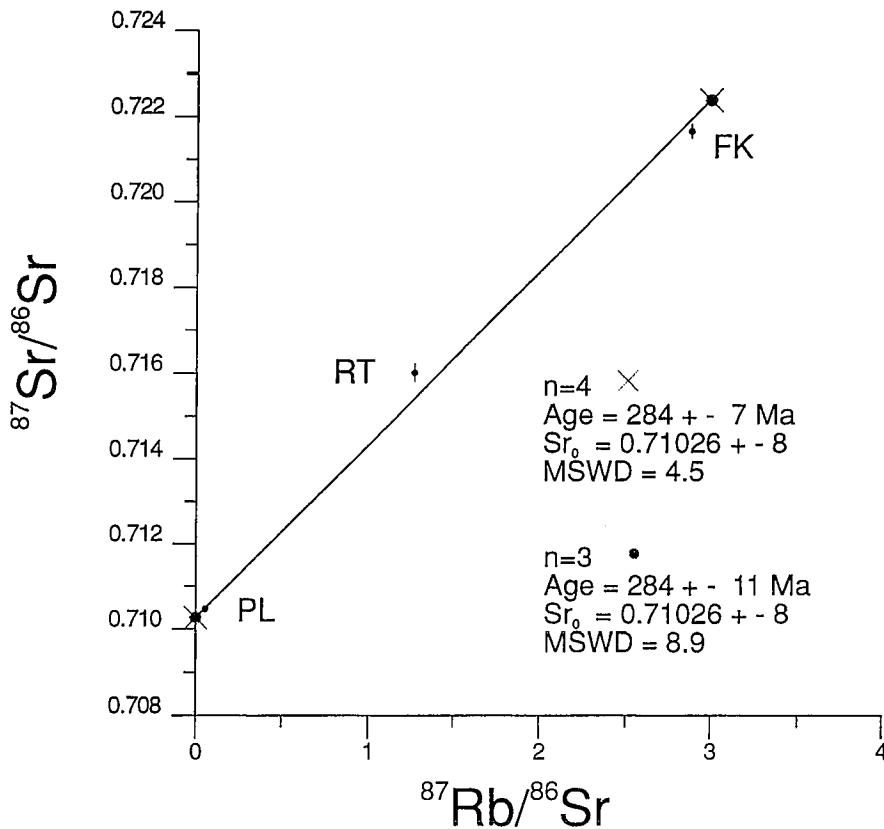


Fig. 3.- Isochrone obtenida usando únicamente la roca total (RT), la plagioclasa (PI) y el feldespato potásico (FK). A destacar la coincidencia entre las dos isocronas (la de 4 puntos de la figura 2 -aspas-, y la obtenida prescindiendo de la biotita -círculos-).

Fig. 3.- Rb-Sr mineral isochrone using only the whole-rock (RT) and the concentrates of plagioclase (PI) and potassic feldspar (FK). Note the coincidence between the two isochrones (one of them, that of figure 2, made from 4 points -crosses-. The other, made without the biotite -circles-).

do contrario de lo que cabría esperar en el caso de que el sistema isotópico se hubiera abierto con posterioridad a la cristalización y enfriamiento de las rocas por debajo de la temperatura de bloqueo.

Algunas posibles explicaciones son las siguientes:

a) El sistema de rocas totales podría no cumplir la condición necesaria de homogeneidad isotópica inicial, es decir, algunas muestras podrían tener relaciones Sr_0 iniciales distintas.

En este caso no se trataría propiamente de una isocrona y los valores obtenidos referentes a la edad y a la relación isotópica inicial del Sr carecerían de significado.

b) Errores analíticos.

c) Una combinación de las dos anteriores.

La muestra A-125 de Enrique & Debon (1987) corresponde a una roca leucotonalítica de dimensiones decimétricas que gradúa hacia la tonalita A-55 sin contactos intrusivos bruscos. Este paso progresivo, sus dimensiones y su escasa alteración observable sugieren, a priori, unas características isotópicas comunes con la roca huésped.

Sin embargo, si ello no fuera así, debido a su situación en el diagrama, con valores $^{87}Rb/^{86}Sr$ bajos, podría modificar muy significativamente los valores de la edad obtenida sin variar de manera notable la relación Sr_0 del sistema.

Ello se puede poner claramente de manifiesto sustituyendo la muestra A-125 por la muestra del concentrado de plagioclasa estudiado en este trabajo (RbA-13-PI).

La nueva isocrona que se obtiene, también de 8 puntos, se modifica para dar una edad de 283 ± 6 Ma, $Sr_0 = 0.71033$ y $MSWD = 8.8$.

En consecuencia, la menor edad obtenida en la isocrona de Enrique & Debon (1987) podría deberse a un valor $^{87}Sr/^{86}Sr$ del punto A-125 relativamente más alto que el resto de las muestras ya sea por una diferencia composicional original o por un error analítico en la determinación del Rb o el Sr.

Conclusiones

La isocrona de minerales de la tonalita biotítico-hornbléndica del Macizo del Montnegre analizada proporciona una edad de 284 ± 7 Ma con una $Sr_0 = 0.71026$ y $MSWD = 4.5$.

La coincidencia entre la edad obtenida considerando la biotita o utilizando únicamente los puntos correspondientes a la plagioclasa, roca total y feldespato potásico nos indica que los minerales se hallan muy probablemente en equilibrio isotópico entre ellos.

La edad superior obtenida respecto a la isocrona de rocas totales previamente publicada podría explicarse por un valor anómalo obtenido en la muestra con relación $^{87}Rb/^{86}Sr$ más baja (A-125), lo cual habría hecho disminuir apreciablemente la pendiente de la recta con una variación muy pequeña de su relación $^{87}Sr/^{86}Sr$.

La edad Rb-Sr obtenida resulta ser mucho más próxima a las edades de otros granitoides tardi-hercinianos de áreas geográficas circundantes, como Quérigut (280 Ma, Ben Othman *et al.*, 1984) o Saint Laurent de Cerdans (282 ± 5 Ma, Cocherie, 1985) en los Pirineos orientales.

Referencias

- Ben Othman, D., Fourcade, S. & Allègre, C.J. (1984): *Earth and Planet. Sci Letters*, 69: 290-300.
- Cocherie, A. (1985): Thèse Doct. Univ. Rennes. Documents du B.R.G.M. No 90.
- Enrique, P., 1990. *Acta Geologica Hispanica* 25: 39-64.
- Enrique, P & Debon, F. (1987): *C.R. Acad. Sci. Paris*, 305: 1157-1162.
- Leake E. (1978): *Min. Mag.*, 42: 533-563.
- Ludwig, K.R. (1987): *U.S. Geol. Surv., Open File Rep.*, 85-513.