

**INFORME SOBRE LA GEOQUIMICA, GEOCRONOLOGIA, Y
PETROGENESIS DE LOS GRANITOIDES DE LA HOJA DE
NAVATALGORDO**

Autor: **Fernando Bea.** Departamento de Mineralogía y
Petrología. Campus Fuentenueva. Universidad de
Granada

INTRODUCCIÓN

Este informe está efectuado a partir de los siguientes datos:

- (1) 116 análisis de elementos mayores menores y traza, 50 encargados por CGS y el resto realizados por cuenta de la Universidad de Granada.
- (2) 373 análisis de minerales en 13 láminas delgadas distintas
- (3) 4 isocronas Rb-Sr, tres de ellas encargadas por CGS, y la cuarta realizada por cuenta de la Univ. de Granada.

He de hacer notar que en el cuadrante SW de la hoja existen importantes discrepancias entre la cartografía efectuada por CGS y mis propias observaciones de campo. Se resalta este punto, puesto que afecta a la agrupación en facies de las muestras estudiadas, a las isocronas efectuadas, y a la interpretación petrogenética posterior. En mi opinión, el puzzle entre las facies 10, 12 y 14 que se observa dentro de dicho cuadrante en la cartografía elaborada por CGS, refleja características post-emplazamiento, y no corresponden a la existencia de distintos cuerpos con entidad plutónica diferenciada. Por el contrario, parece tratarse de facies locales del mismo cuerpo intrusivo, todas ellas con unas características cronológicas, geoquímicas, mineralógicas y estructurales comunes. Dicho cuerpo, denominado en este informe como la unidad de Hoyos, tiene una edad Rb-Sr de 317 Ma (Fig. 10, isocrona construida con muestras recogidas entre Hoyos del Espino y Navarredonda de Gredos), y limita al W con las migmatitas de la Peña Negra mediante un contacto transicional, planar y subhorizontal, que buza aproximadamente 10-15 ° al ESE. La unidad de Hoyos está intruida hacia el E por la Unidad del Alberche, cuya edad Rb-Sr es de 306 Ma (Fig. 12, realizada a partir de muestras recogidas entre Navalacruz y Hoyocasero), y tiene una geometría vertical. El contacto entre ambas unidades es difícil de precisar cartográficamente debido a la falta de contraste litológico así como a la cataclasis generalizada que producen las fallas de la Navarquita y Peña Aguda, pero puede situarse al E de San Martín del Pimpollar y tiene una dirección general N 140 E, y muy probablemente esté controlado por las cizallas de fase 3 (ver MAPA).

Obviamente, no pretendo entrar en polémica con CGS por esta cuestión. Considero que CGS es libre de publicar la cartografía que

considere conveniente, así como de suprimir y modificar de este informe todo aquello que estime oportuno. Sin embargo, por coherencia personal, yo no puedo efectuar una descripción geoquímica basada en una geología de campo que discrepa substancialmente de mis propias observaciones. Insisto en el derecho de CGS de modificar este informe de acuerdo con la cartografía por ellos elaborada, pero ruego respete mis derechos a (1) no figurar como autor del mismo si no estoy de acuerdo con las modificaciones efectuadas, y (2) a hacer públicas mis ideas al respecto de la manera que considere más adecuada.

AGRUPACIÓN DE LAS MUESTRAS

A efectos del presente informe, se han considerado las unidades cartográficas reflejadas en el mapa de CGS y de las que se dispone de resultados geoquímicos. Dichas unidades son las siguientes: (1) Rocas Intermedias y Básicas; (2) Hoyos; (3) Alberche; (4) Menga; (5) Navacepedilla; (6) Garganta del Villar; (7) Boquerones; (8) San Martín de la Vega; (9) Granito de Nódulos Restíticos; (10) Pórfidos.

La adscripción de las muestras estudiadas a cada unidad se ha hecho de acuerdo con la cartografía de CGS en todos los casos excepto en el mencionado cuadrante SW, donde se la utilizado el límite cartográfico dibujado en rojo en el mapa adjunto, en el que también se han señalado los cortes muestreados para las isocronas.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Para las muestras analizadas en la Universidad de Granada se ha seguido la siguiente metodología:

- **Análisis de Elementos Mayores:** Mediante fluorescencia de rayos X, sobre perlas de fusión con tetraborato de litio. La precisión estimada para concentraciones de analito del 10%, 1% y 0.1% fué repectivamente de ± 0.5 rel. %, ± 1.0 rel. %, y ± 5 rel. %.
- **Análisis de Elementos Traza:** Mediante espectrometría de masas con fuente de ionización por antorcha de plasma (ICP-MS) sobre disoluciones nítricas (4 vol% NO_3H , factor de dilución 1:1000) de las muestras previamente atacadas con NO_3H + FH en un reactor a

presión activado mediante microondas. La precisión estimada para concentraciones de analito del 100 ppm, 10 ppm y 1 ppm fué respectivamente de ± 2.5 rel. %, ± 2.0 rel. %, y ± 10 rel. %.

- Análisis de Minerales: Mediante microsonda electrónica utilizando patrones sintéticos, con un voltage de aceleración de 15 kV y corriente de filamento de 15 nA. La precisión estimada fué mejor que ± 2 rel. % para los elementos mayores y ± 5 rel. % para elementos menores respectivamente.

TIPOLOGÍA GRANÍTICA

Las muestras estudiadas tienen una composición que va desde tonalítico-granodiorítica en las Rocas Intermedias y Básicas, a granítico-adamellítica con proporciones variables de términos leucograníticos en las unidades Hoyos, Alberche, Menga y Navacepedilla, y netamente leucogranítica en las unidades Boquerones, San Martín, Nódulos y Pórfidos.

La proyección de las muestras en los diagramas tipológicos de Bea, et al., in litt. pone de manifiesto lo siguiente:

- Las rocas intermedias y básicas (Fig. 1) tienen afinidades calcoalcalinas, siendo idénticas a las descritas en zonas vecinas (ej.: Franco y Figuerola, 1986, Pereira, 1992; Pereira, et al., 1992)
- Las rocas granodiorítico-adamellíticas (con $64 \% < \text{SiO}_2 < 70\%$) de las unidades Hoyos, Alberche, Menga y Navacepedilla tienen una tipología correspondiente a granitos SC (Fig. 2), y varían entre dos extremos: uno muy aluminoso, representado por algunas muestras de la unidad de Hoyos, y otro menos aluminoso, representado por las muestras de las unidades de Menga y Navacepedilla, que se proyectan muy cerca del límite con el campo de los granitos I. El grado de peraluminismo está directamente relacionado con el nivel de aloctonía de las unidades, siendo la unidad menos alóctona (Hoyos) también la más peraluminosa.
- Los leucogranitos de las unidades de Boquerones y Hoyos se proyectan totalmente dentro del campo de los granitos SC (Fig. 3). Los leucogranitos de San Martín de la Vega son igualmente

aluminosos que los anteriores, pero menos magnesianos, por lo cual se proyectan dentro del campo de los granitos SG. Los pórfidos se reparten entre los campos SC y SG. Lo más destacado de este diagrama es la posición de los leucogranitos de Menga y Navacepedilla, que caen en su mayoría dentro del campo de los leucogranitos I, mientras que las facies granodioríticas de estas mismas unidades son claramente S. Esta evolución hacia un polo subaluminoso de las muestras más diferenciadas es contraria a lo que ocurre normalmente en series graníticas diferenciadas (ej.: Debon y Le Fort, 1982) y muy probablemente esté relacionada con el hidrotermalismo post-magmático que caracteriza a ambas unidades, capaz de producir un fenómeno de schillering generalizado en los feldespatos y, en ocasiones, verdaderas episienitas.

En conclusión, los datos de elementos mayores indican la existencia de tres conjuntos litológicos diferentes:

- En primer lugar, un conjunto subaluminoso, de afinidades calcoalcalinas, formado por las rocas intermedias y básicas, escasamente representado en la zona.
- Las rocas peraluminosas se subdividen su vez en dos grupos distintos, caracterizados por distintos modelos de enriquecimiento en fósforo (Fig. 4). Un modelo de enriquecimiento, representado por B en la Fig. 4, está definido por las muestras de las unidades con facies granodioríticas, y es característico de granitoides peraluminosos ricos en Ca (Bea, et al., 1992). El otro modelo de enriquecimiento, representado por C en la Fig. 4, está formado por las muestras de las unidades más silíceas, y es característico de granitoides peraluminosos pobres en Ca. Por tanto, los plutones peraluminosos estudiados se clasifican en (1) un grupo "granodiorítico", formado por las unidades de Hoyos, Alberche, Menga y Navacepedilla, y (2) un grupo "leucogranítico" formado por las unidades de Boquerones, Garganta del Villar, San Martín de la Vega y Pórfidos.

GEOQUIMICA DE ELEMENTOS TRAZA

La composición de elementos traza de todas estas rocas se caracteriza por (1) la riqueza en Li y Rb, (2) bajos valores de la relación K/Rb, y (3) contenidos en Sr y Ba de moderados a bajos. Todas estas características son típicas de granitos peraluminosos en cuya génesis han jugado un papel importante las micas. Desde el punto de vista tipológico, los elementos traza más útiles son U y Th. La proyección de las muestras en el diagrama Th-U (Fig. 5) pone de manifiesto la existencia de dos grupos composicionales distintos: el primero está formado por todas las muestras excepto las de Boquerones, y corresponde a una relación Th/U \approx 5, próxima al valor "normal" de Th/U = 3.6. El segundo grupo está formado solamente por las muestras de Boquerones, caracterizadas por Th/U < 1.

Respecto de la Tierras Raras (REE), todas las muestras estudiadas presentan una notable uniformidad (Fig. 6). Las muestras pertenecientes a las unidades de Hoyos y Alberche tienen casi exactamente el mismo espectro condritico, que se caracteriza por: (1) moderada fraccionación de Tierras Raras Ligeras (LREE) a Pesadas (HREE), (2) espectro casi plano de HREE, situado a nivel 10X condrito, y (3) una pequeña anomalía negativa del Eu. Únicamente escapa a esta regla una muestra de un dique aplítico perfeldespático de la unidad de Hoyos. El espectro de REE que presentan estas rocas es el típico de materiales metapelíticos, lo que apunta a un origen por anatexia cortical sobre un protolito con un importante componente metasedimentario.

Las muestras pertenecientes a las unidades de Menga, Navacepedilla, y Garganta del Villar tienen un espectro muy parecido a las de las unidades de Hoyos y Alberche, aunque con una mayor anomalía negativa del Eu. Esto puede estar producido por fenómenos muy diversos, desde un mayor grado de fraccionación magmática que implique fraccionación de feldespatos (probablemente la situación en Menga y Navacepedilla) hasta diferencias en el protolito o en los mecanismos de fusión y segregación de fundido.

Los granitos de Boquerones y San Martín de la Vega presentan los espectros de REE más peculiares. El granito de San Martín se caracteriza por un espectro condritico plano, con (1) escasa fraccionación LREE/HREE,

(2) contenidos de LREE 10 veces inferiores a los de las otras facies, y (3) una fuerte anomalía negativa de Eu. Esto es típico de leucogranitos muy fraccionados, e indica que el leucogranito de San Martín de la Vega no ha cristalizado directamente a partir de un magma anatético, sino que representa el término más evolucionado de una secuencia de diferenciación magmática. El granito de Boquerones se caracteriza por una elevada fraccionación de HREE, lo que podría ser consecuencia de la permanencia de granate como fase restítica en la fuente anatética. Hay que señalar que, aunque la cordierita es el mineral tipomórfico de las migmatitas de este sector, también aparecen esporádicamente algunas facies con granate (Pereira, 1992; Pereira, 1993).

MINERALOGIA QUIMICA

Se han estudiado mediante microsonda electrónica las fases mayores de que aparecen en las láminas enviadas a tal efecto por CGS. Dichas fases mayores son: (1) biotita; (2) moscovita; (3) plagioclasa; (4) feldespato alcalino; (5) cuarzo, que obviamente no se ha incluido en el estudio. Hay que resaltar que entre las muestras enviadas a estudio por CGS no se encuentra representado el granito de Boquerones.

Biotita

La proyección en el plano ideal de la biotita (Fig. 7) muestra tres grupos claramente diferenciados:

- En primer lugar, están las biotitas del conjunto granodiorítico, que tienen valores de $Mg/(Mg+Fe)$ muy uniformes, entre 0.35 y 0.4, pero contenidos de $VIAl$ mucho más variables, entre 0.1 y 0.4 átomos por fórmula unidad (fórmula estructural calculada sobre 11 oxígenos). Estadísticamente, las muestras de la unidad de Hoyos tienden a tener los valores más elevados de $VIAl$, mientras que las de Menga y Alberche tienen los valores mínimos. El aluminismo de las biotitas, por tanto, está directamente relacionado con el aluminismo de la roca total.
- Por otra parte, se identifican dos grupos netamente diferenciados que corresponden a dos leucogranitos. Las biotitas del granito de Garganta del Villar son algo menos magnesianas y más aluminosas

que las del conjunto granodiorítico. Las biotitas del granito de San Martín de la Vega son extremadamente ferrosas y muy aluminosas.

Moscovita

Entre las muestras estudiadas sólo aparece moscovita en las pertenecientes al conjunto leucogranítico. La proyección en el diagrama de Monier (Fig. 8) muestra que se trata de moscovitas primarias, más ricas en Ti las del granito de Garganta del Villar, y proyectándose las del granito de San Martín en el extremo que representa el mayor grado de mayor evolución.

Plagioclasas

Las plagioclasas del conjunto leucogranítico son albita casi pura, en el caso del granito de San Martín de la Vega, y oligoclasa-albita en el de Garganta del Villar. Este último granito presenta plagioclasas con modelos de zonado muy variables, desde zonados inversos (núcleo An₁₂, borde An₂₉) hasta zonados directos (núcleo An₂₇, borde An₁₄), o cristales sin zonar.

Las plagioclasas del conjunto granodiorítico presentan un amplio rango composicional y modelos de zonado muy diversos. Las plagioclasas de la unidades Hoyos tienen una composición media en torno a An₃₅, mientras que las de Alberche están en torno a An₄₅. Además de ser ligeramente más cálcicas, las plagioclasas de Alberche presentan también notables diferencias respecto de las de Hoyos en cuanto a los modelos de zonado. En la Fig. 9 se muestran cuatro perfiles de cristales grandes de plagioclasa, dos correspondientes a plagioclasas de la unidad de Hoyos, y otros dos a plagioclasas de la unidad de Alberche. Las plagioclasas de Hoyos tienen un modelo de zonado directo, con un gran núcleo casi uniforme en torno a An₄₀ (H-1) y An₃₀ (H-2), y luego un estrecho borde de composición An₂₀₋₂₅. Las plagioclasas de Alberche, por el contrario, presentan modelos de zonado oscilatorio mucho más complejo, con núcleos que puede llegar hasta An₅₅₋₆₀ o incluso superiores.

Feldespatos potásicos

Las facies del conjunto granodiorítico tienen por lo general megacrystales de feldespato potásico, encontrándose también dicho mineral dentro de la mesostasis. Las muestras del conjunto leucogranítico

no son tan porfídicas, y tienen abundante feldespato potásico en la mesostasis. En las muestras de la unidad Hoyos, el feldespato potásico aparece sin el enrejado de la microclina, y análisis mediante difracción de rayos X (Bea, inéd.) muestra que se trata de ortosa (índice de triclinicidad, $D \approx 0.2$). Todas las demás facies, incluidas las granodioritas de Alberche, presentan sistemáticamente microclina de la más alta triclinicidad ($D \approx 1$).

En todos los casos, los cristales de feldespato potásico aparecen con pertitas de desarrollo moderado, generalmente de tipo "vein", "flame" o "string". La composición de la fase potásica es muy constante de facies a facies, y está situada en torno a $\text{Ort}_{95}\text{Ab}_5$.

GEOLOGIA ISOTOPICA Y GEOCRONOLOGIA

Se han efectuado cuatro isocronas la unidades de Hoyos, Alberche, Menga, y Boquerones:

- La isocrona de la unidad de Hoyos (Fig. 10) da una edad de 317 ± 30 Ma, con una relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial de 0.708528 ± 0.002035 y una MSWD de 14.3.
- La isocrona de la unidad de Boquerones (Fig. 11) da una edad de 311 ± 35 Ma, con una relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial de 0.713833 ± 0.008561 y una MSWD de 20.6.
- La isocrona de la unidad de Alberche (Fig. 12) da una edad de 306 ± 4.8 Ma, con una relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial de 0.708312 ± 0.00023 y una MSWD de 0.19.
- La isocrona de la unidad de Menga (Fig. 13) da una edad de 302 ± 25 Ma, con una relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial de 0.708595 ± 0.002131 y una MSWD de 10.1.

Las isocronas de las unidades de Hoyos, Boquerones y Menga tienen un margen de error muy elevado, que en los casos de Hoyos y, probablemente, Boquerones, refleja la presencia de material restítico, en el caso de Menga probablemente sea consecuencia del hidrotermalismo postmagmático. La isocrona de Alberche, por el contrario, tiene un ajuste excelente.

Es necesario hacer constar que los valore de MSWD han sido calculados para errores típicos (2 sigma) de ± 0.5 para $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ y ± 0.1 para $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$,

cuando los sistemas de instrumentación empleados tienen valores netamente inferiores a los anteriores. Puede estimarse, por tanto, que los resultados de las isocronas son esencialmente correctos en términos absolutos y, sobre todo, definen claramente la secuencia de formación de las unidades. Esta secuencia sería: primero Hoyos, luego Boquerones, después Alberche y casi simultáneamente, Menga.

Las tres facies granodioríticas estudiadas, Hoyos, Alberche y Menga, tienen exactamente la misma relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial, con valores oscilando entre 0.7083 y 0.7806. Esto indica: (1) que todas ellas se han producido a partir de un reservorio isotópicamente homogéneo; y (2) este reservorio tiene una naturaleza cortical, con escasa o nula participación de material mantélico. Los datos de Pereira (1992) y Pereira et al. (1992) sobre el complejo anatético de la Peña Negra, muestran que los materiales de este constituyen efectivamente un reservorio isotópicamente homogéneo, con unos valores de la relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ hace 320 Ma muy parecida a la obtenida sobre las isocronas del conjunto granodiorítico. Se concluye por tanto que el protolito de dicho conjunto debió de ser muy similar a dicho complejo anatético.

La isocrona de Boquerones da una relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial de 0.713833, netamente más elevada que la de las facies granodioríticas. Esto sugiere que no deriva del mismo protolito, sino de materiales más pelíticos, probablemente mediante un proceso anatético a baja tasa de fusión parcial.

CONCLUSIONES

A partir de todos estos datos puede concluirse lo siguiente:

- Existen tres conjuntos litológicos distintos: (1) Rocas Intermedio-básicas, (2) conjunto granodiorítico, representado por las unidades de Hoyos, Alberche, Menga y Navacepedilla, (3) conjunto leucogranítico, representado por las unidades de Boquerones, Garganta del Villar, San Martín de la Vega, granito de nódulos restíticos y los pórfidos.
- Las rocas intermedio-básicas tienen afinidades calcoalcalinas, y por inferencia a partir de otras zonas donde están mejor representadas,

puede tratarse de productos mantélicos contaminados por asimilación cortical.

- El conjunto granodiorítico es peraluminoso y deriva de un protolito cortical isotópicamente homogéneo. La producción de fundido sobre este protolito ha tenido lugar de manera aproximadamente continua durante un lapso de 15 Ma. En primer lugar se originó la unidad de Hoyos, y luego las unidades de Menga y Alberche. La correlación negativa entre peralumismo y nivel de aloctonía de las facies granodioríticas puede explicarse por la descarga progresiva de restitas con el mayor grado de evolución magmática.
- Las diferencias químicas y mineralógicas entre las unidades de Hoyos y Alberche están relacionadas con el mayor grado de fusión parcial y evolución magmática más larga de Alberche. El mayor grado de fusión parcial produjo núcleos restíticos de plagioclasa más ricos en anortita, y el mayor grado de evolución magmática permitió el desarrollo de zonados oscilatorios de las plagioclasas así como la descarga de restitas. La descarga de restitas también disminuyó el peralumismo del sistema, lo que favoreció la formación de biotitas menos aluminosas. Es probable que ambos hechos estén relacionados a su vez con la mayor fertilidad del protolito que produjo Alberche, quizá debido a mayor porcentaje de componente néisico.
- El conjunto leucogranítico es más heterogéneo.
- El granito de los Boquerones tiene una identidad geoquímica específica, y se caracteriza por relaciones Th/U y contenidos de HREE netamente inferiores a los del resto del conjunto leucogranítico. Deriva de un protolito isotópicamente distinto (más pelítico) que el de las granodioritas dejando granate con fase residual
- El granito de San Martín de la Vega representa el extremo de una larga evolución magmática, y está caracterizado por altas relaciones Fe/Mg y el empobrecimiento en Tierras Raras ligeras, U y Th. Con los datos actuales no puede decidirse a partir de qué series se ha diferenciado, pero parece probable que lo haya hecho a partir de un magma semejante al que dio lugar al granito de Garganta del Villar.

BIBLIOGRAFIA

- Bea, F., Corretgé, L. G. and Fershater, G. B. (in litt.). A systematic typology of granitoid rocks from major element composition.
- Franco, P. and Figuerola, L. C. G. d. (1986). Las rocas básicas y ultrabásicas en el extremo occidental de la Sierra de Avila (Provincias de Avila y Salamanca). *Stud. Geol. Salmanticensis*. **XXIII**: 193-219.
- Pereira, M. D. (1992). El Complejo Anatéctico de la Peña Negra (Batolito de Avila): Un estudio de la anatexia cortical en condiciones de baja presión. *Salamanca*.
- Pereira, M. D., Ronkin, Y. and Bea, F. (1992). Dataciones Rb/Sr en el Complejo Anatéctico de la Peña Negra (Batolito de Avila, España Central): Evidencias de magmatismo pre-hercínico. *Rev. Soc. Geol. España*. **5 (1-2)**: 129-134.
- Debon, F. and Le, F. P. (1982). A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Trans. Roy. Soc. Edinburg: Earth Sci.* **73**: 135-149.
- Bea, F., Fershater, G. and Corretgé, L. G. (1992). The Geochemistry of Phosphorus in Granite Rocks and the Effect of Aluminium. *Lithos*. **29**: 43-56.
- Pereira, M. D. (1993). Geotermobarometría del granate en el Complejo de la Peña Negra, España central. Implicaciones sobre la evolución del metamorfismo hercínico. *Rev. Soc. Geol. España*. **6**: 131-140.

Diagrama Tipológico para las Rocas Intermedio-Básicas.

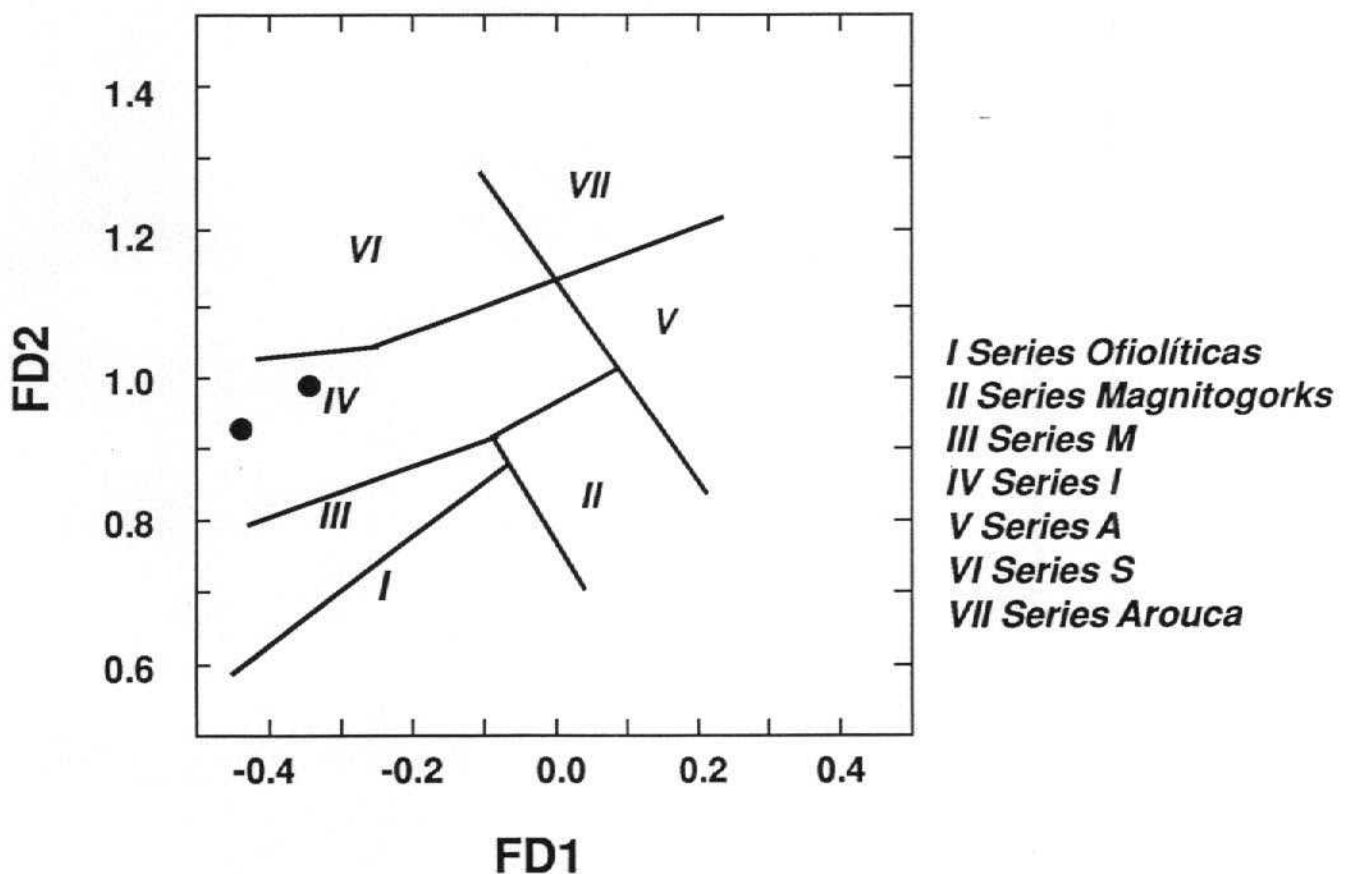
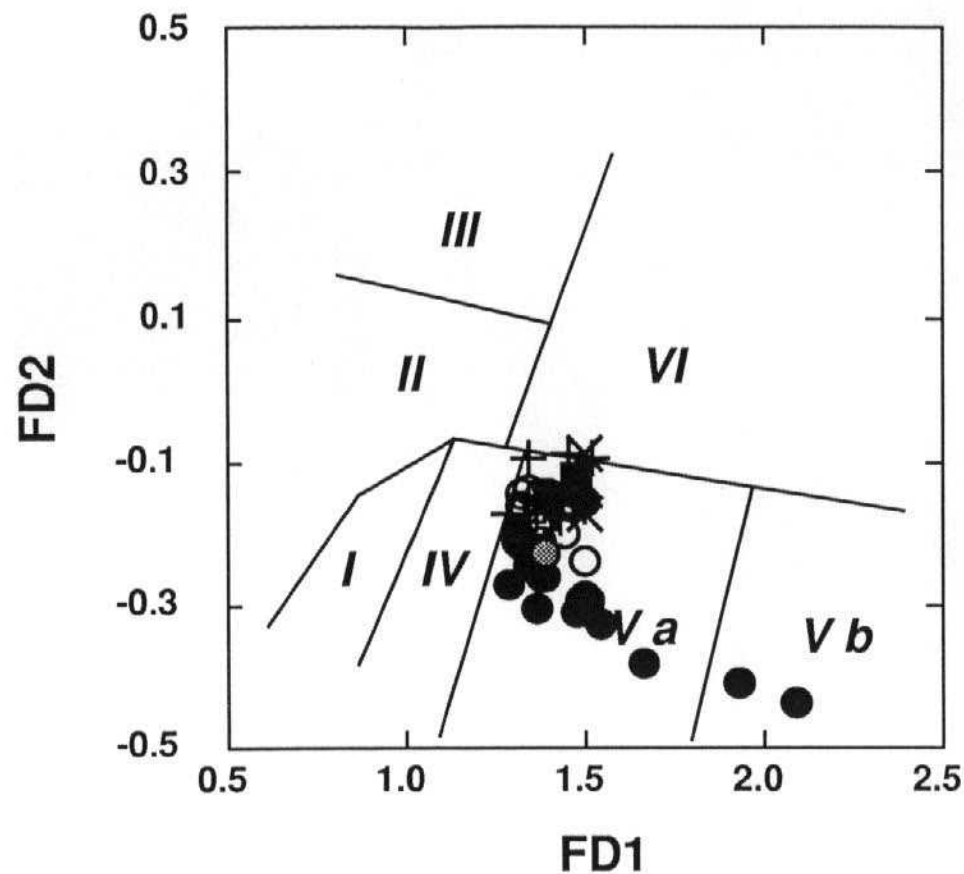


Fig. 1.- Proyección de las rocas intermedio-básicas en el diagrama tipológico para rocas intermedias.

$$FD1 = 10 * [0.0119 * ASI - 0.0970 * ICA - 0.0537 * K / (Na + K) + 0.0608 * Fe / (Fe + Mg)]$$

$$FD2 = 10 * [0.0611 * ASI - 0.0111 * ICA + 0.0721 * K / (Na + K) + 0.0341 * Fe / (Fe + Mg)]$$



Leyenda

- Facies Hoyos
- Facies Alberche
- × Facies Menga
- + Facies Navacepedilla

Clave

- I Granitos M***
- II Granitos A tipo 2***
- III Granitos A tipo 1***
- IV Granitos I***
- Va Granitos SC (cordierita)***
- Vb idem pero mas aluminosos***
- VI Granitos SG (granate)***

Fig. 2.- Proyección de las rocas del conjunto granodiorítico en el diagrama tipológico para rocas con SiO₂ entre 64% y 70%.

$$FD1=10*[0.1099*ASI-0.0850*ICA+0.0892*K/(Na+K)+0.0127*Fe/(Fe+Mg)]$$

$$FD2=10*[-0.0591*ASI-0.0533*ICA+0.0091*K/(Na+K)+0.0906*Fe/(Fe+Mg)]$$

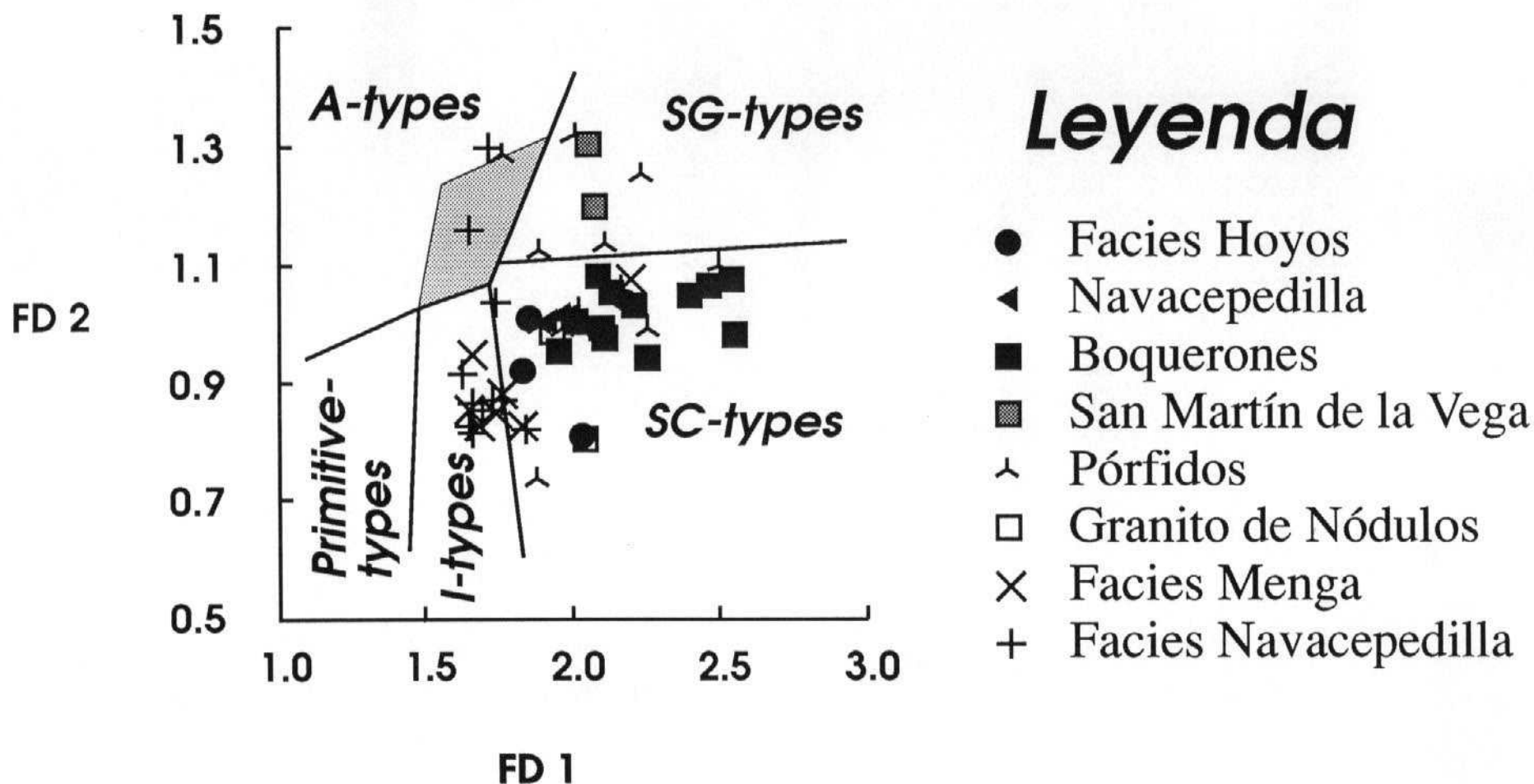


Fig. 3.- Proyección de las rocas del conjunto leucogranítico en el diagrama tipológico para rocas con SiO₂ > 70 %.

$$FD1=10*[0.1601*ASI-0.0354*ICA+0.048*K/(Na+K)-0.026*Fe/(Fe+Mg)]$$

$$FD2=10*[0.0061*ASI-0.0434*ICA+0.0145*K/(Na+K)+0.1236*Fe/(Fe+Mg)]$$

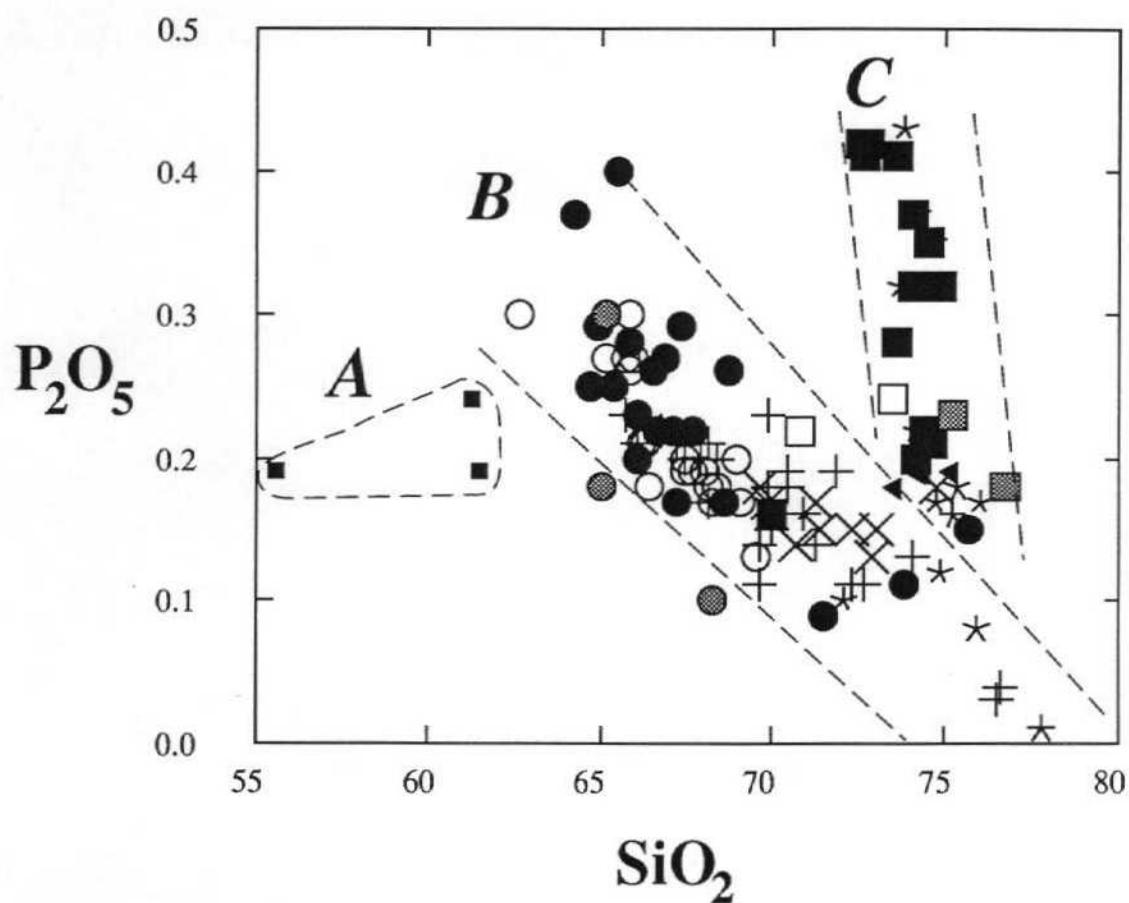


Fig. 4.- Diagrama P_2O_5 vs SiO_2 de las muestras estudiadas. A representa el campo de las Rocas Intermedio Básicas. B representa el conjunto granodiorítico. C representa el conjunto leucogranítico.

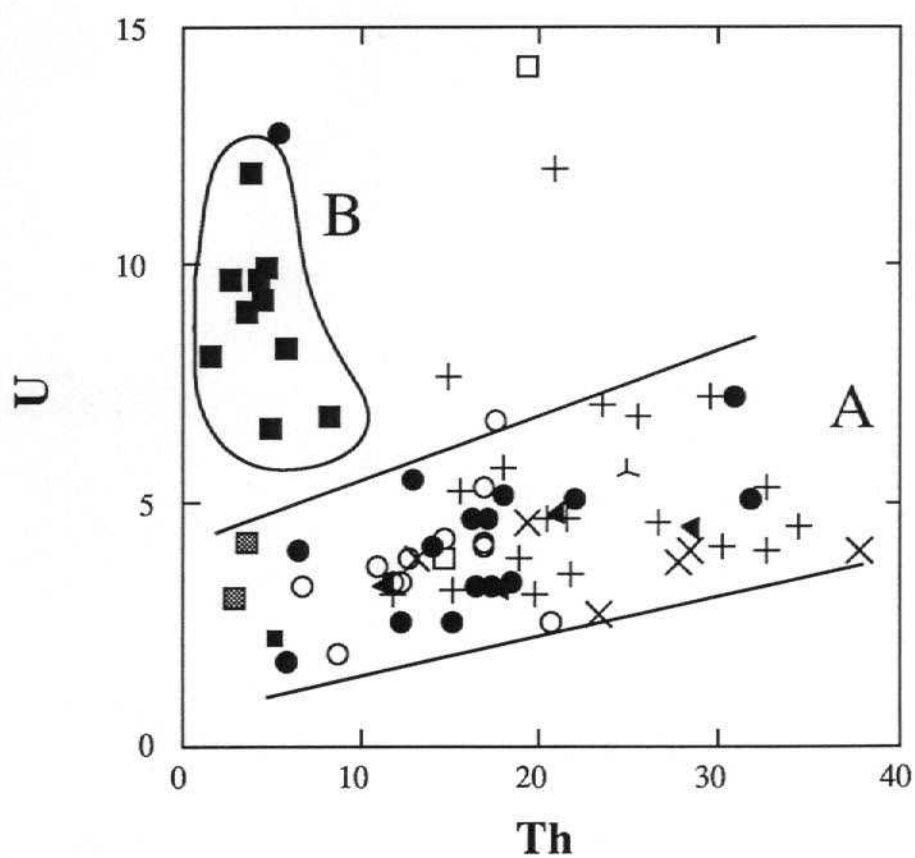


Fig. 5.- Diagrama U-Th de las muestras estudiadas. Mismos símbolos que en la1 Figs. 3 y 4. A representa la tendencia normal de rocas corticales. B representa el campo definido por el granito de Boquerones.

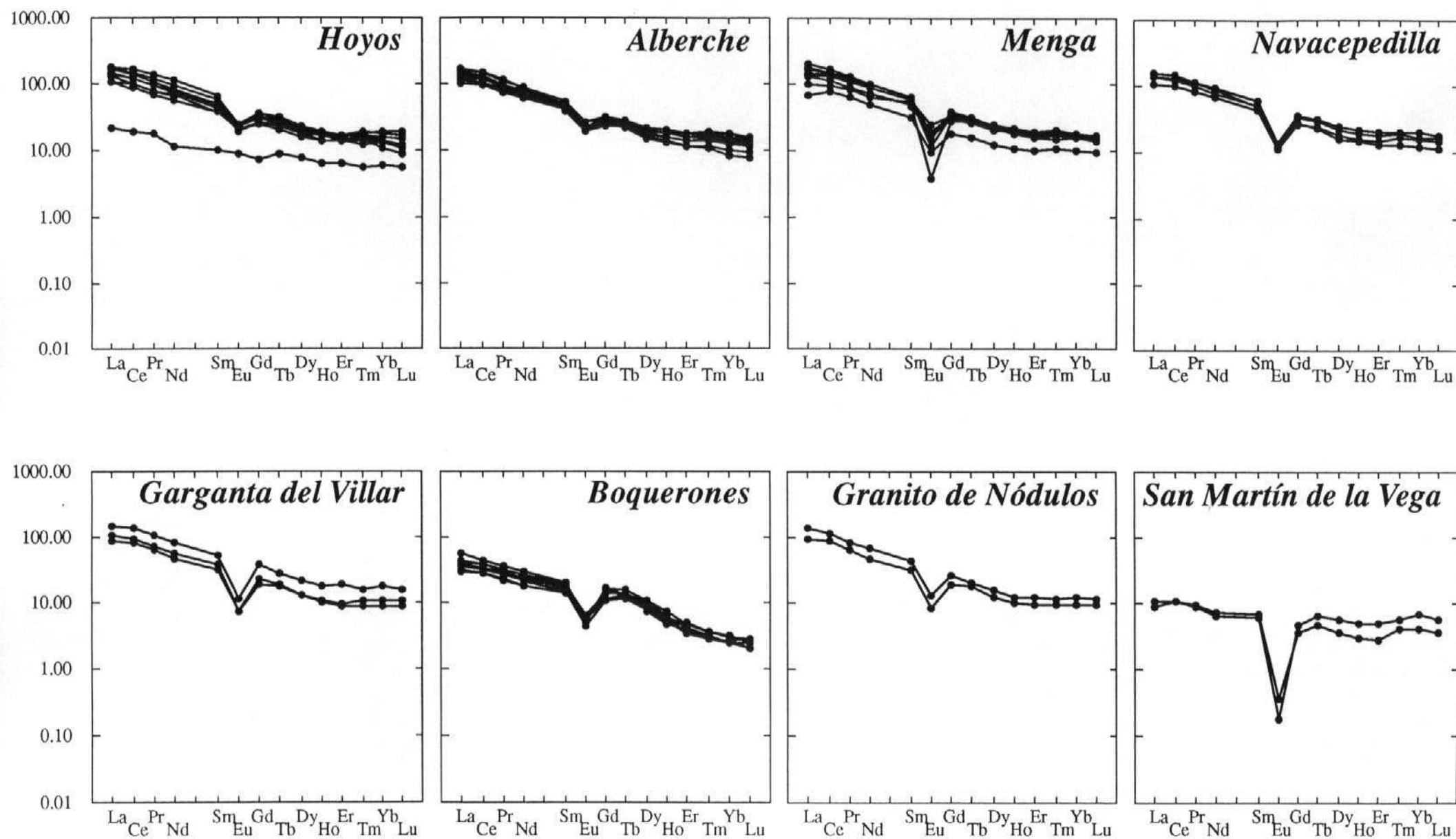


Fig. 6.- Espectros condriticos de las muestras estudiadas.

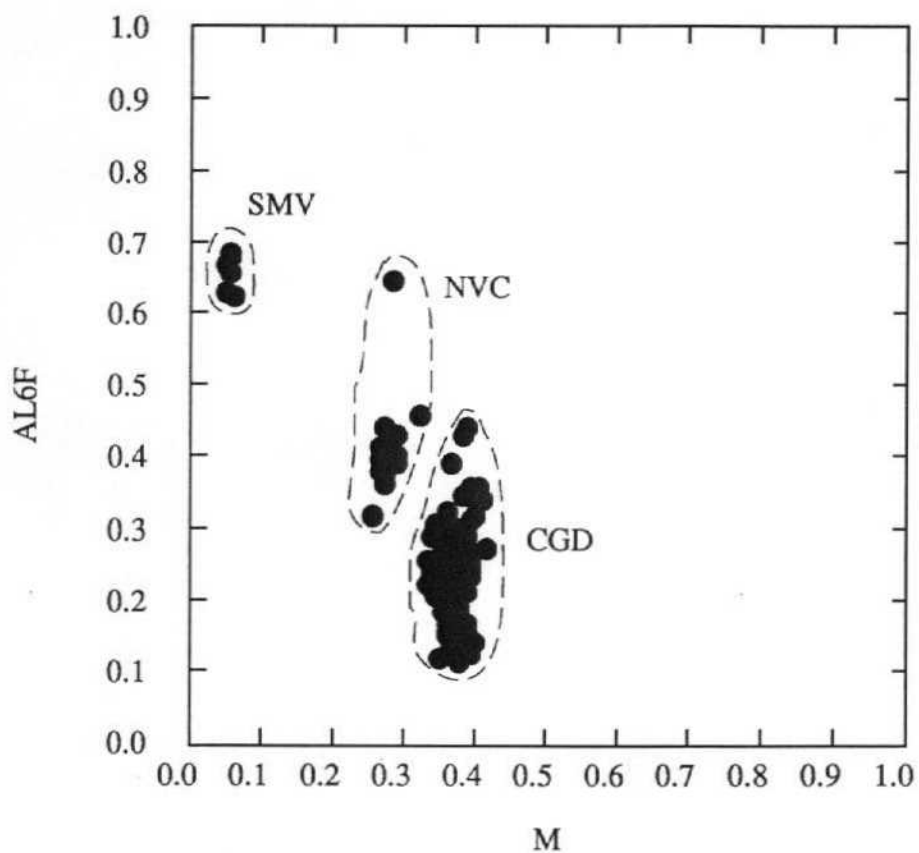


Fig. 7.- Proyección de las biotitas analizadas en el plano ideal de la biotita. SMV, NVC, y CGD representan respectivamente los campos definidos por las muestras de los granitos de San Martín, Navacepedilla y conjunto grabodiorítico.

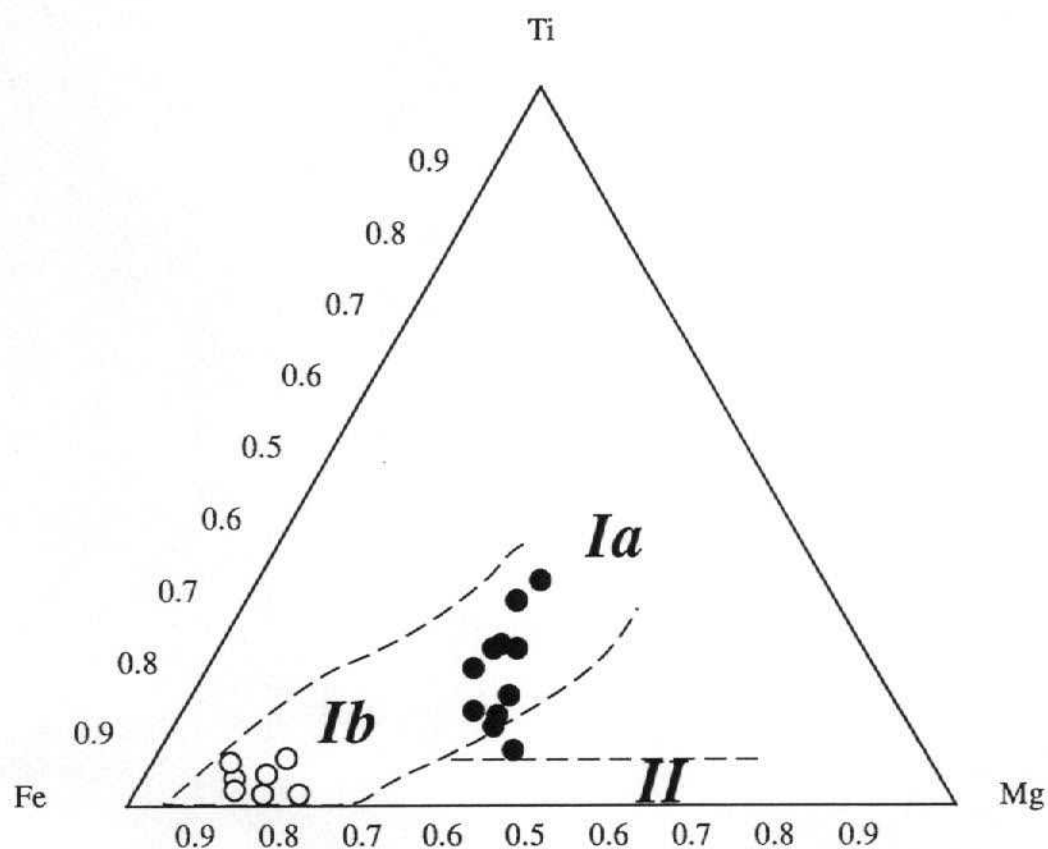


Fig. 8.- Proyección en el diagrama de Monier (modificado por Pereira, 1992) de las moscovitas estudiadas. El campo I corresponde a moscovitas primarias, evolucionando en series diferenciadas desde Ia a Ib. El campo II representa el de las moscovitas secundarias.

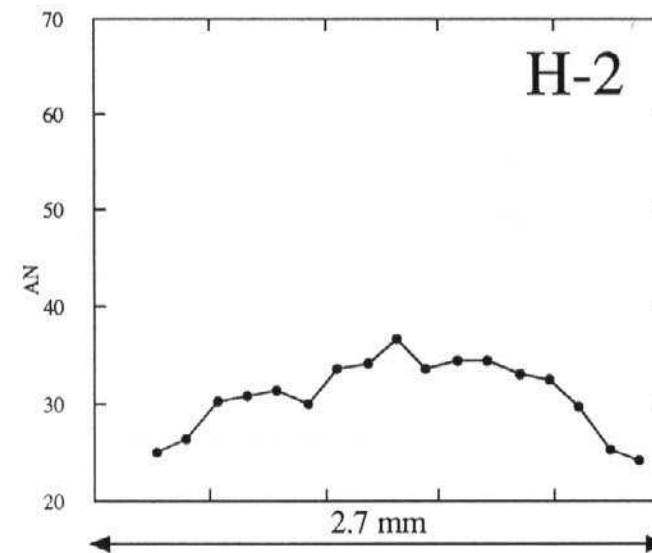
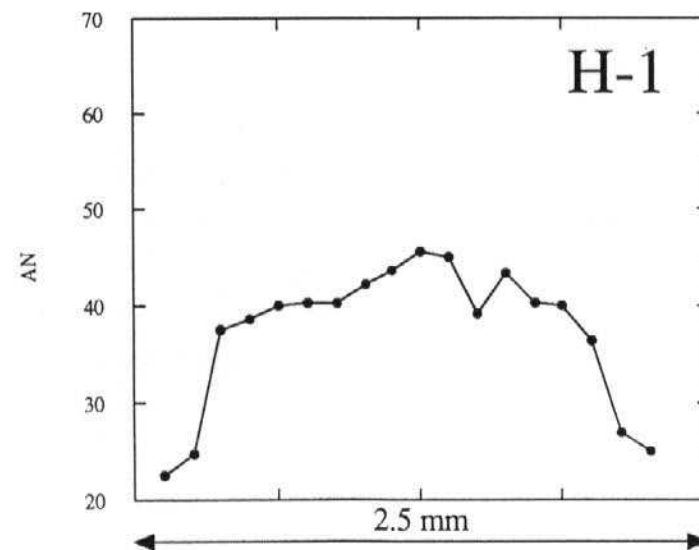
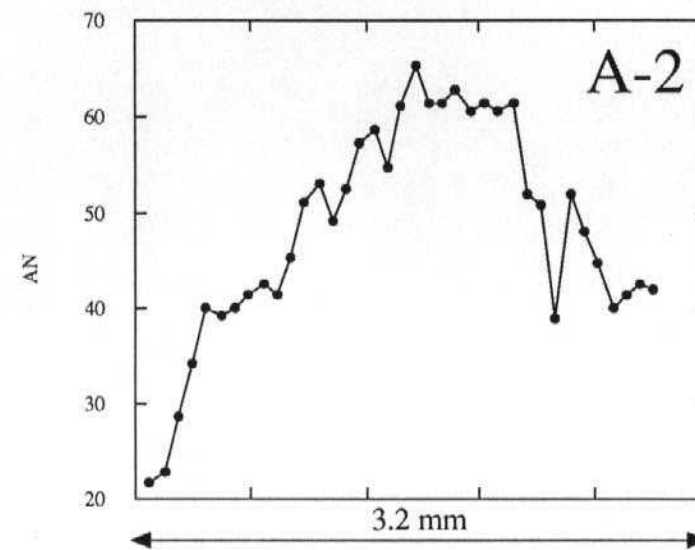
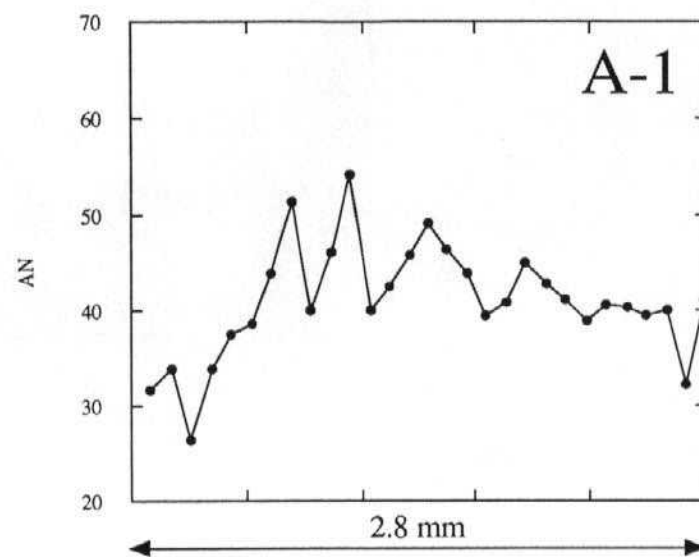


Fig. 9.- Modelos de Zonado de Plagioclasas en Facies Granodioríticas

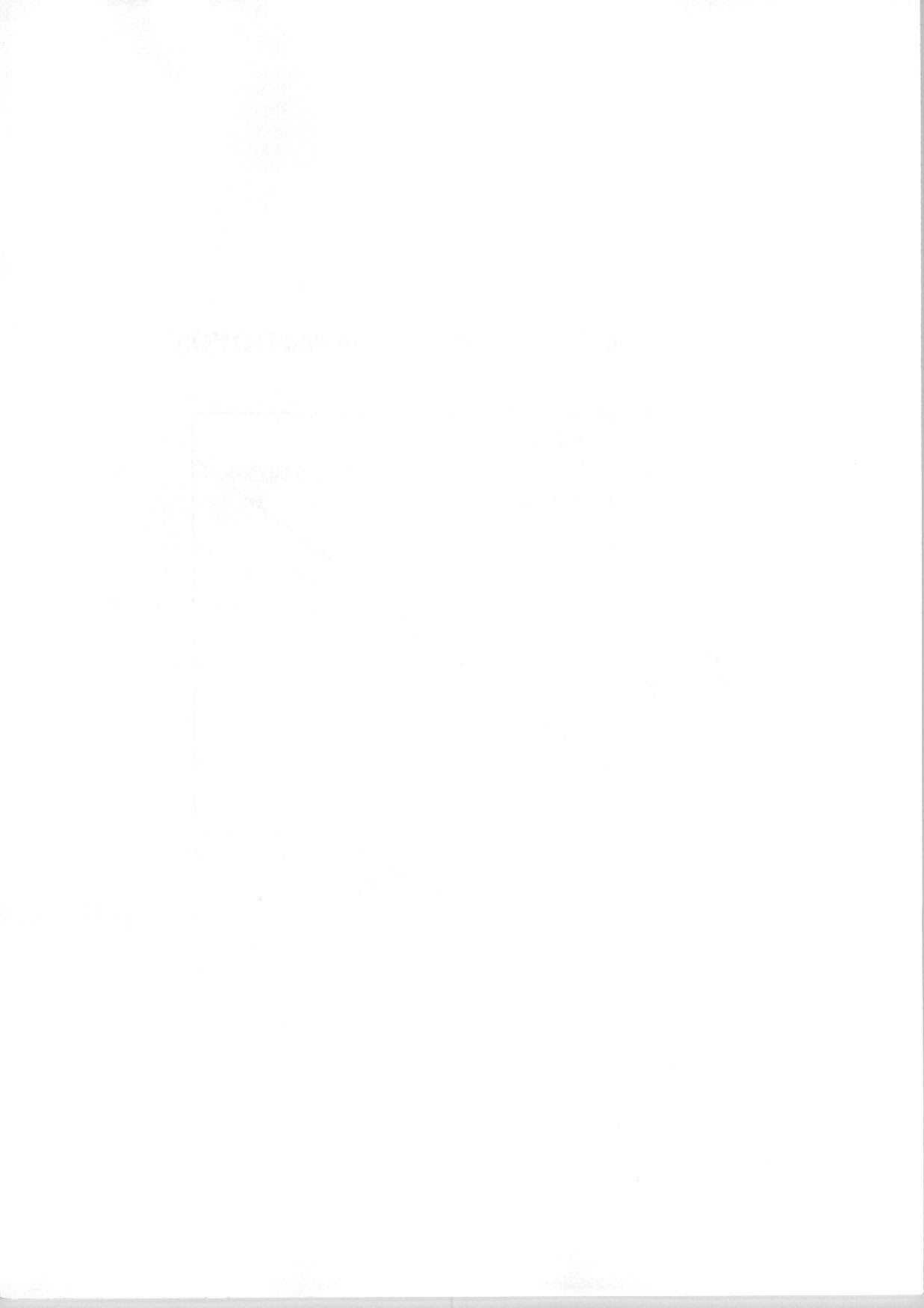


Fig. 10.- Isocrona de la unidad HOYOS

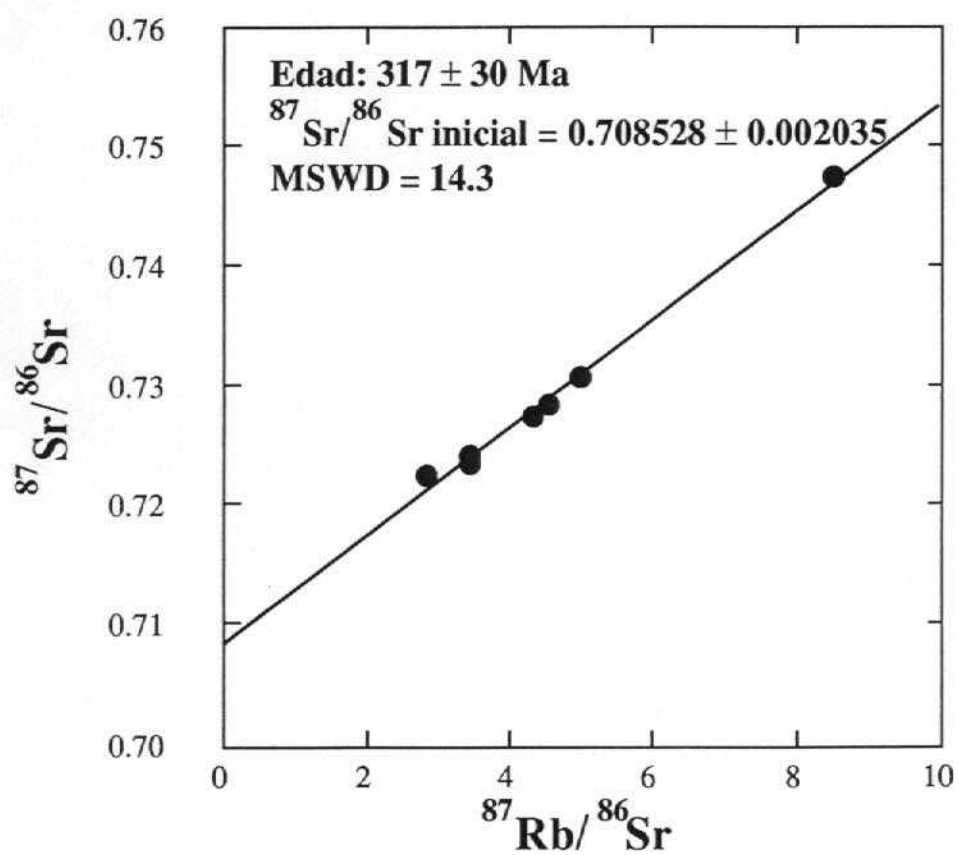


Fig. 11.- Isocrona de la unidad de BOQUERONES

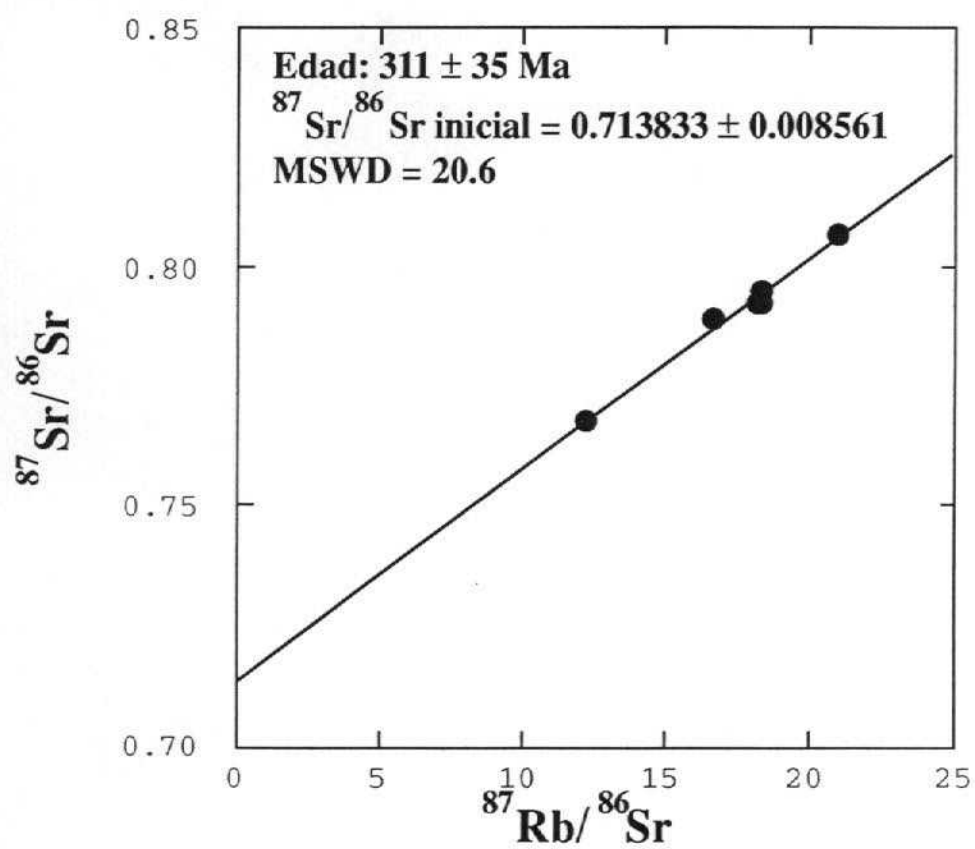


Fig. 13.- Isocrona de la unidad MENGA

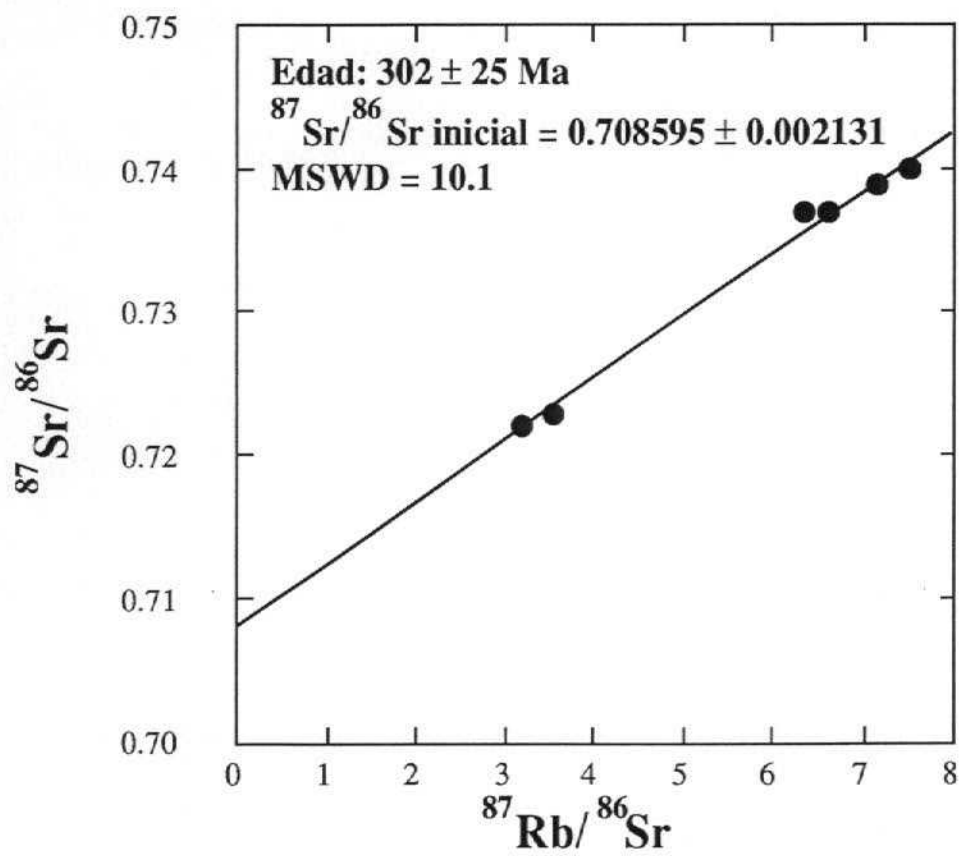
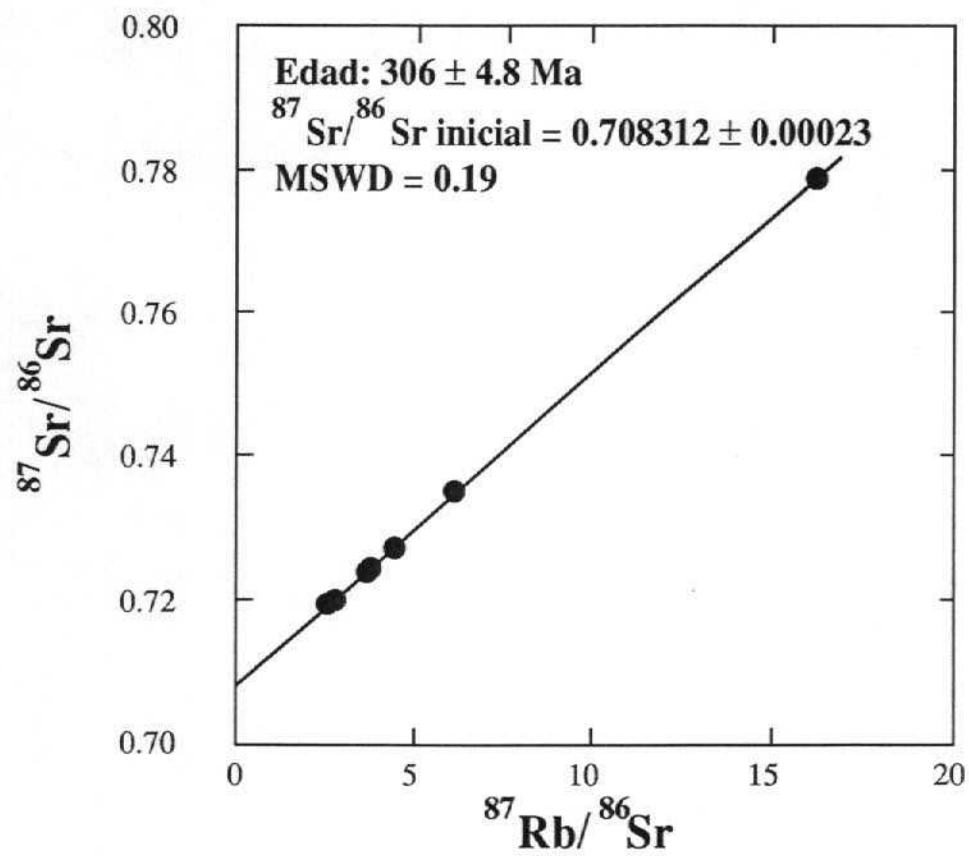
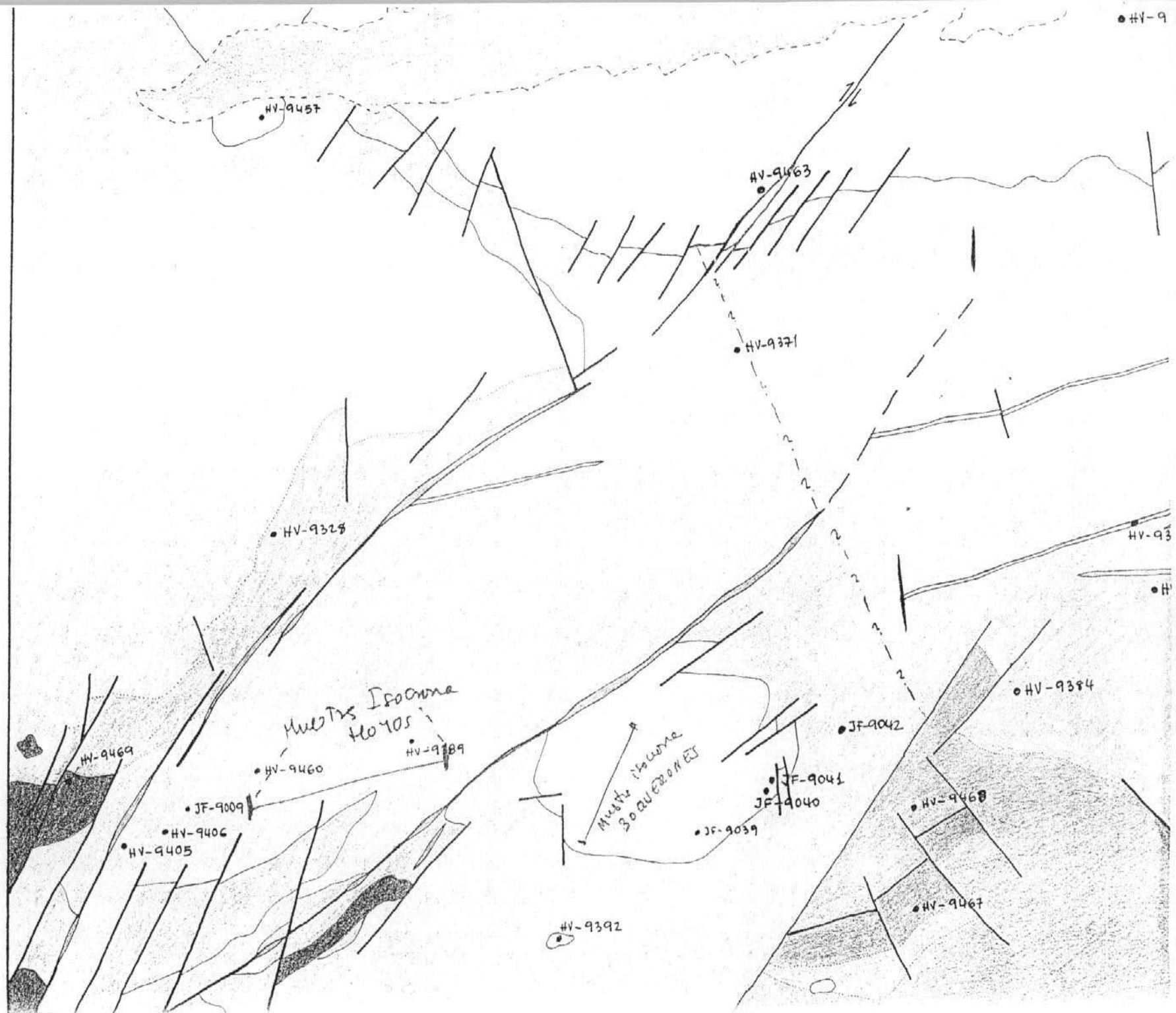
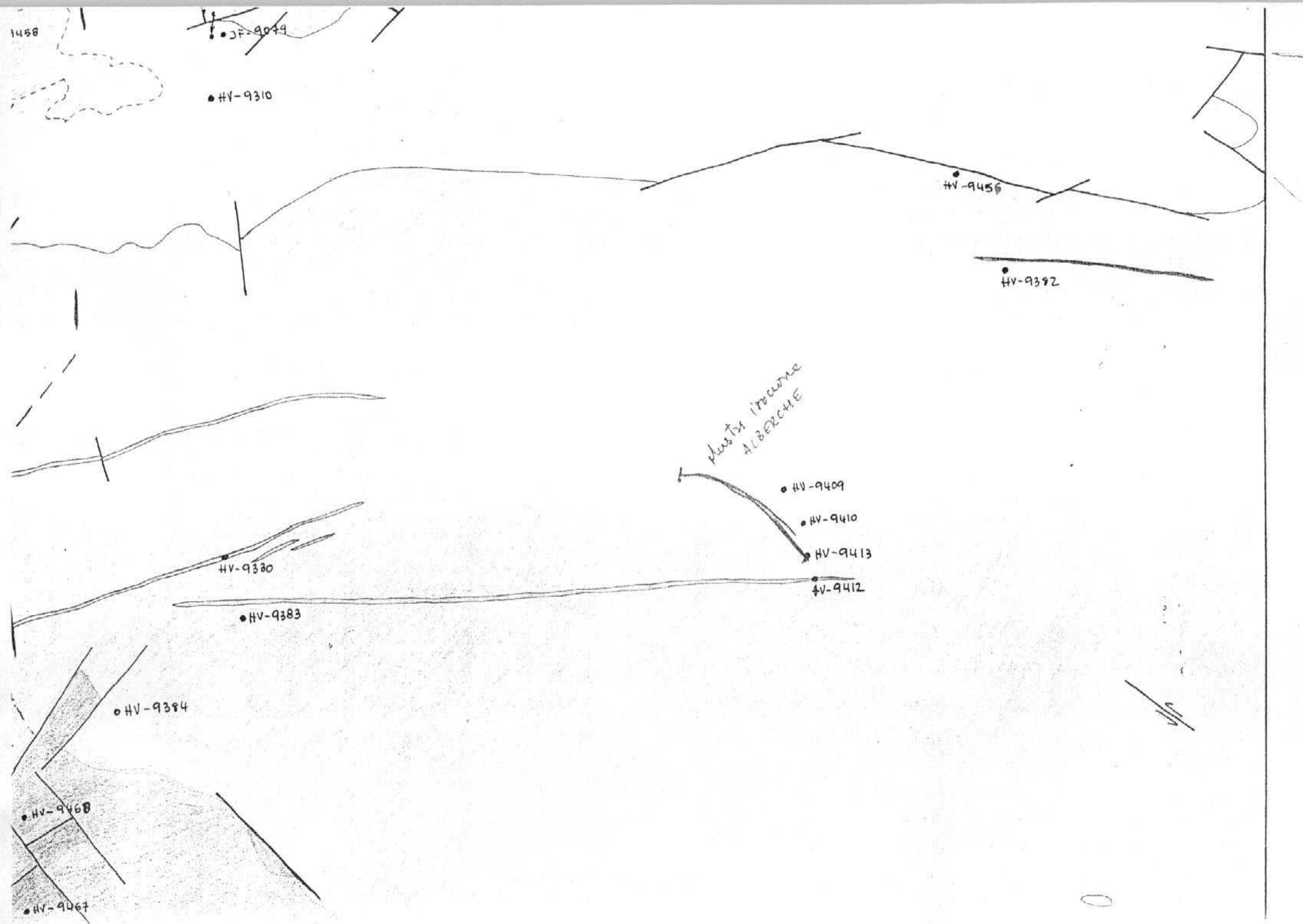


Fig. 12 Isocrona de la unidad ALBERCHE







● HV-9310

● HV-9320

● HV-9383

● HV-9384

● HV-9468

● HV-9467

plus 100m
ALBERCHÉ

● HV-9409

● HV-9410

● HV-9413

● HV-9412

● HV-9456

● HV-9392

1458