

# DATAACIONES Rb/Sr EN EL COMPLEJO ANATÉCTICO DE LA PEÑA NEGRA (BATOLITO DE ÁVILA, ESPAÑA CENTRAL): EVIDENCIAS DE MAGMATISMO PRE-HERCÍNICO.

M.D.Pereira (1), Y.Ronkin (2) y F.Bea (3)

(1) Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. 37001 SALAMANCA.

(2) Institute of Geology and Geochemistry. Pochtovy per. 7. 620151 Sverdlovsk. RUSSIA

(3) Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad de Granada. 18071.- GRANADA.

## RESUMEN

El estudio geocronológico del Complejo Anatéctico de la Peña Negra (CAPN) mediante el método Rb/Sr ha permitido: 1) Determinar la edad mínima del protolito del CAPN, formado por migmatitas y ortoneises, obteniéndose una edad de  $528 \pm 14$  m.a., con una relación  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial} = 0.7071$ ; 2) Determinar la edad de las granodioritas subautóctonas, formadas anatécticamente a partir de los anteriores. Para ellas se obtiene una edad de  $310 \pm 6$  m.a. Este valor data también al período más intenso de migmatización, contemporáneo con la generación de las granodioritas, así como a la fase II de la orogenia Hercínica, con la que son sincinemáticas éstas. La relación  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial} = 0.7096$ , confirmando una fuente híbrida entre migmatitas y ortoneises; y 3) Identificar la existencia de un magmatismo básico pre-hercínico, con una edad de  $416 \pm 21$  m.a. y una relación  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial} = 0.7051$ .

**Palabras clave:** Complejo Anatéctico de la Peña Negra, geocronología Rb/Sr, protolito, migmatitas, ortoneises, granodioritas subautóctonas, anatexia, orogenia Hercínica.

## ABSTRACT

A Rb/Sr geochronologic study of the Peña Negra Anatectic Complex (CAPN) has allowed us: 1) To determine the minimum age of the CAPN protolith, made of migmatites and orthogneisses. It gives an age of  $528 \pm 14$  m.a., with initial  $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.7071$ ; 2) To determine the age of subautochthonous granodiorites, anatectically developed from the above mentioned protolith. We have obtained an age of  $310 \pm 6$  m.a. This value can also date the most intensive period of the migmatization and the second hercynian deformation phase, both being contemporaneous with the generation of granodiorites. Their initial  $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.7096$  supports the idea of a hybrid source composed of migmatites and orthogneisses. 3) To identify the existence of a pre-hercynian basic magmatism, obtaining a  $416 \pm 21$  m.a. age with initial  $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.7051$ .

**Key words:** Peña Negra Anatectic Complex, Rb/Sr geochronology, protolith, migmatites, orthogneisses, subautochthonous granodiorites, anatexis, hercynian deformation.

Pereira, M.D., Ronkin, Y. y Bea, F. (1992): Dataaciones 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: 129-134.

Pereira, M.D., Ronkin, Y. and Bea, F. (1992): Rb/Sr geochronological study on the Peña Negra Anatectic Complex (Avila batholith, Central Spain): evidences of pre-hercynian magmatism. *Rev. Soc. Geol. España*, 5: 129-134.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Complejo Anatéctico de la Peña Negra (CAPN) es el dominio migmatítico de mayor envergadura que se encuentra en la Sierra de Gredos (Fig. 1) (véase Bea y Pereira, 1990), y en el que mejor representados están

los fenómenos anatécticos que han dado lugar a los granitoides hercínicos del batolito de Avila (Bea, 1985; Bea y Pereira, 1990; Bea *et al.*, 1990).

La roca regional del CAPN la forman unas migmatitas diatexiticas, de composición granodioritoide y de origen esencialmente paraderivado a las que se de-

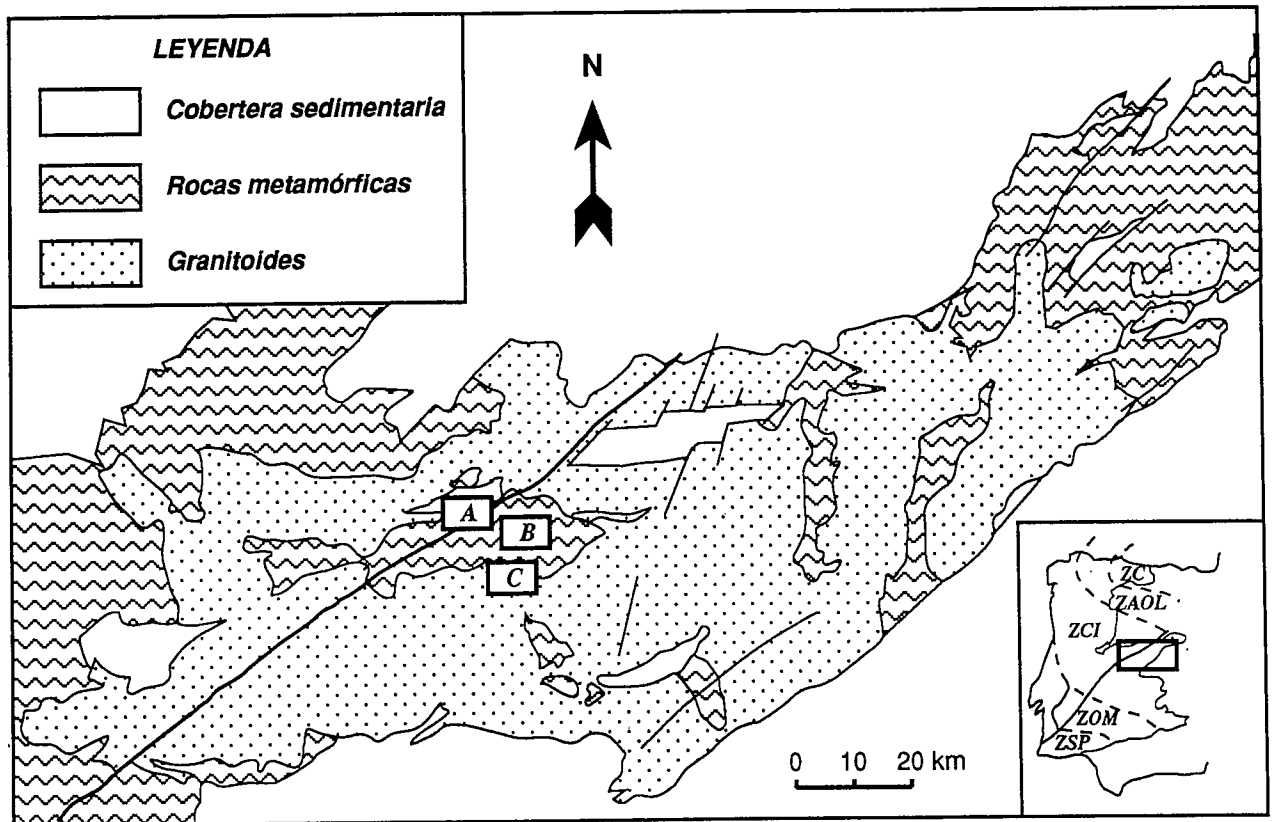


Fig. 1.-Esquema geológico del Batolito de Avila (Sistema Central Español), con localización del Complejo Anatéctico de la Peña Negra y de las zonas donde se han recogido las muestras para su estudio geocronológico. A: Ortoneises y Migmatitas; B: Granodioritas subautóctonas; C: Complejo Básico del Prado de las Pozas.

Fig. 1.-Geological sketch of the Avila Batholith (Spanish Central System), with the location of the Peña Negra Anatectic Complex and the areas where the sampling for geochronological study was made. A: Orthogneisses and Migmatites; B: Subautochthonous granodiorites; C: Prado de las Pozas Basic Complex.

nomina "migmatitas mesocráticas" y que constituyen la fuente esencial del magmatismo hercínico en la zona (Pereira, 1989; Bea y Pereira, 1990). Los productos anatécticos más abundantes aparecen formando cuerpos autóctonos o sub-autóctonos de dimensiones de hectométricas a kilométricas, con geometría estratoidal y contactos subhorizontales. Se trata de granodioritas o adamellititas caracterizadas por la presencia de cordierita modal así como la abundancia de megacristales de feldespato potásico definiendo una fábrica planar subhorizontal (Pereira, 1989). Son las denominadas "granodioritas subautóctonas", cuyas relaciones con la deformación regional indican que son de sin -a tardicinemáticas con la segunda fase de deformación hercínica (Pereira, 1989; Bea y Pereira, 1990).

Englobados dentro de las migmatitas mesocráticas existen otros litotipos. Dos de ellos tienen un origen claramente ortoderivado: (1) el ortoneis de La Almohalla (Bea *et al.*, 1990), y (2) pequeños cuerpos de rocas básicas de composición diorítica o gabroide que cortan a las migmatitas mesocráticas, pero que a su vez están cortados por las granodioritas subautóctonas.

Este trabajo es un estudio geocronológico mediante el método Rb/Sr de estos materiales. Se trata de los primeros resultados de una campaña exhaustiva de datación radiométrica que se está realizando en estos mo-

mentos (Pereira, *en prep.*). Los objetivos aquí perseguidos son esencialmente tres: (1) datar la anatexia hercínica, a través de la edad de las granodioritas subautóctonas, (2) datar los cuerpos de rocas básicas intrusivos en el protolito y establecer su posible relación con las series anatécticas, y (3) averiguar la propia edad del protolito del CAPN mediante datación del ortoneis de La Almohalla y las migmatitas mesocráticas.

## 2. MUESTRAS ESTUDIADAS

Las muestras estudiadas se han seleccionado de entre un conjunto mucho más amplio que forma parte de la Tesis Doctoral de M.D. Pereira (*en prep.*) y del que existía previamente una completa información geoquímica a partir de análisis realizados en el Servicio General de Análisis Químico Aplicado de la Universidad de Salamanca mediante métodos de emisión ICP-AES y por Absorción Atómica.

Entre dicho conjunto se han seleccionado 16 especímenes representativos (véase descripción petrográfica y geoquímica en Pereira, 1989, 1990; Bea y Pereira, 1990 y Bea *et al.*, 1990):

- 5 muestras de granodioritas subautóctonas, todas

ellas pertenecientes a la Unidad de la Lastra (Pereira, 1990):

- 5 muestras pertenecientes al complejo básico del Prado de las Pozas (Bea, *inéd.*; Morenoventas, 1991)
- 6 muestras de las series migmatíticas de la Peña Negra, de las cuales 3 pertenecen al ortoneis de La Almohalla, 2 lo hacen a la facies común de las migmatitas mesocráticas, y 1 pertenece a las migmatitas pelíticas.

Hay que destacar que el complejo básico del Prado de las Pozas (CBPP) no pertenece propiamente al CAPN, sino que aflora dentro de la Unidad de Hoyos (Bea, 1985), que es el borde SE de CAPN. Se ha decidido llevar a cabo el estudio del CBPP en vez de estudiar directamente los pequeños cuerpos de rocas básicas que están dentro del CAPN debido a las razones siguientes:

— En primer lugar, las enormes similitudes existentes entre la granodiorita de Hoyos y las granodioritas subautóctonas del Complejo, así como entre los materiales del CBPP y las rocas básicas que están dentro del CAPN, permiten sugerir que tienen un origen común y se trata, por tanto, de manifestaciones del mismo fenómeno magmático.

— Además, la geoquímica previa mostró que las muestras del CBPP poseen un rango de la relación Rb/Sr más adecuado para construir una isocrona que el de las rocas básicas aflorantes en el CAPN.

— Y por último, el mal afloramiento y la intensa meteorización de dichas rocas básicas hacen difícil realizar un muestreo con fines geocronológicos.

### 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En las localidades seleccionadas para estudio geocronológico se ha realizado un muestreo específico, recogiendo una cantidad de material superior a 10 kg/muestra. Se ha tenido especial cuidado en que el material estuviera lo más fresco posible, puesto que la existencia de alteración produce una disminución en la edad obtenida por datación geocronológica que puede llegar al 15% (por el aumento en Rb/Sr debido la pérdida de Sr, mientras que la relación  $Sr^{87}/Sr^{86}$  permanece invariable o aumenta ligeramente (ver Goldich y Gast, 1966; Bottino y Fullagar, 1968; Dasch, 1969; Fullagar y Ragland, 1975; etc...)).

Las muestras recogidas se han triturado en una quebrantadora de mandíbulas de acero endurecido hasta granulometría inferior a 5 mm. A partir de este material se separaron por cuarteo aproximadamente 100 gr, para ser molidos hasta granulometría inferior a 40 micras en un molino de aros excéntricos equipado con tarro de carburo de tungsteno.

La determinación de Rb y de Sr en las muestras se ha llevado a cabo por duplicado, primero en el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad de Salamanca, mediante absorción atómica (Rb) e ICP-AES

(Sr), y después por Fluorescencia X (Rb y Sr) en el Instituto de Geología y Geoquímica de Sverdlovsk. La concordancia entre los valores de Rb/Sr obtenidos en ambos laboratorios es mejor que el  $\pm 0.1\%$  relativo. La separación de Rb y Sr se realizó mediante resinas de cambio iónico según el método desarrollado en el Laboratorio de Geología Isotópica del Instituto de Geología y Geoquímica de Sverdlovsk. La relación actual fue obtenida mediante un espectrómetro de masas Finnigan MAT 282 en dicho laboratorio, operado en modo de colección estático. La relación  $Sr^{87}/Sr^{86}$  está normalizada a  $Sr^{86}/Sr^{88} = 0.1194$ . Las relaciones finales han sido ajustadas relativas a un valor de 0.70800 para el standard Eimer y Amend de  $CO_3Sr$ . La incertidumbre analítica típica fue de  $\pm 0.6\%$  para  $Rb^{87}/Sr^{86}$  y  $\pm 0.006\%$  para  $Sr^{87}/Sr^{86}$  ( $2\sigma$ ). La reproductibilidad a largo plazo se estimó mediante el análisis repetido del standard BCR-1 (USGS) con un valor mejor que 0.2%. Como constante de desintegración del Rb se ha utilizado  $\lambda = 1.42 \cdot 10^{-11} a^{-1}$ .

Las isocronas se han ajustado utilizando una regresión ponderada por mínimos cuadrados, según el método recomendado por Wilkinson (1989).

## 4. ESTUDIO GEOCRONOLÓGICO

### 4.1. La edad del Protolito

Todas las muestras de los materiales migmatíticos del Complejo de la Peña Negra se proyectan en la misma isocrona (Fig. 2), que da una edad de  $528 \pm 14$  m.a. y una  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial} = 0.7071$ . Resulta destacable que dentro de la misma isocrona se alineen con tal precisión muestras de origen dispar, ortoderivadas las de los ortoneis de La Almohalla, y paraderivadas las de las migmatitas mesocráticas. Esto indica que hace  $528 \pm 14$  m.a. se produjo un estado de homogeneidad isotópica que, en principio, podría explicarse mediante dos hipótesis alternativas: (1) homogeneidad isotópica inicial debido a que los metasedimentos hayan sido resultado bien de productos volcanoclásticos cogenéticos con el ortoneis intrusivo, o bien de productos clásticos generados a partir del propio ortoneis; (2) homogeneización sino post-intrusión del ortoneis debida a un episodio metamórfico capaz de abrir el sistema Rb/Sr en los minerales de las series metasedimentarias y que podría haber sido inducido, incluso, por la intrusión del magma que dió lugar al ortoneis. De momento no hay bases para decidir entre dichas alternativas; el problema queda abierto a la espera de nuevos datos Sm/Nd y U/Pb (Pereira, *en prep.*). En consecuencia, la edad de  $528 \pm 14$  m.a. para el ortoneis de las Almohalla debe considerarse solamente como un valor mínimo.

Sin embargo, dicha edad parece razonable, puesto que es compatible con las relaciones que el ortoneis presenta con la deformación regional (ver Bea *et al.*, 1990), y sólo resulta ligeramente más joven que las edades U/Pb obtenidas sobre circones ( $\approx 560$  m.a., Bischoff *et al.*, 1978), pero algo más antigua que las edades

Material	$Sr^{87}/Sr^{86}_{actual}$	$Rb^{87}/Sr^{86}_{actual}$	$Sr^{87}/Sr^{86}_{310\text{ m.a.}}$
Ortoneis	0.7107	0.633	0.7082
Ortoneis	0.7141	1.127	0.7091
Ortoneis	0.7147	1.253	0.7092
M.M. común	0.7217	2.016	0.7182
M.M. común	0.7227	2.278	0.7127
M.M. pelítica	0.7415	4.756	0.7205

Tabla 1.- Valores de las relaciones isotópicas actuales y hace 310 m.a. (calculados según la ecuación 1) para muestras representativas de la composición del protolito del Complejo Anatóctico de la Peña Negra.

Table 1.- Values of the present isotopic ratio and the ratio 310 m.y. ago (calculated from the equation 1) belonging to representative samples for the composition of the Peña Negra Anatectic Complex.

### Serie de la Peña Negra

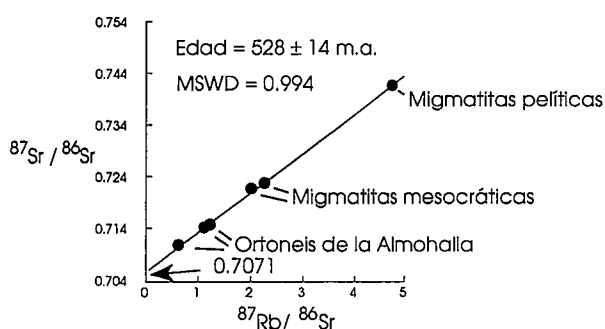


Fig. 2.- Isochrone formada por las muestras de migmatitas y ortoneises de la serie de la Peña Negra.

Fig. 2.- Isochron made up by Peña Negra migmatitic series and orthogneisses.

Rb/Sr ( $\approx 500$  m.a., Vialette *et al.*, 1987) obtenidas sobre otros neises del Sector de Guadarrama. Si en los trabajos actualmente en curso se confirmase que los vecinos neises de Castellanos (Franco, 1980), Martinamor (García de Figuerola y Franco, 1975; Díez Balda, 1986) y Bercimuelle (Díez Balda, 1986) tienen una edad similar al de La Almohalla, tal como los datos geológicos aportados por estos autores parecen sugerir, tendríamos la evidencia de un importante magmatismo calcoalcalino de edad Panafricana en la parte axial de la Zona Centro Ibérica (ZCI) que podría anteceder al magmatismo alcalino de edades en torno a 490 m.a. característico de las zonas marginales al NE y SW de la ZCI (Serrano-Pinto *et al.*, 1987).

#### 4.2. Las Granodioritas Subautóctonas

Las granodioritas subautóctonas producen una isocrona bien definida (Fig. 3) que da una edad de  $310 \pm 6$  m.a. y  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial} = 0.7096$ . Esta edad corresponde a la del plutonismo sincinemático dominante en la ZCI (Serrano-Pinto *et al.*, 1987), y es prácticamente idéntica a la de las granodioritas de la superficies HO

(Bea, 1985) obtenidas en Gredos centro-sur, que oscilan entre 301 y 323 m.a. (Bea *et al.*, en prep.). Dado el carácter anatóctico de las granodioritas subautóctonas, junto con el sincinematismo con la fase II hercínica, la edad de aquellas sirve para fijar (1) la edad de dicha fase de deformación y (2) la edad de la máxima producción anatóctica, que por tanto y para esta zona, pueden situarse entre 320 y 310 m.a., aproximadamente en el límite Namuriense-Westfaliense. No obstante, la edad que se obtiene para este plutonismo en la zona estudiada es algo más reciente que la que se obtiene en el sector oriental del Sistema Central (Ibarrola *et al.*, 1987; Casillas, 1989), situándose aquí el paroxismo de la fase II hercínica en torno a los 344 m.a. Esto podría ser indicativo del carácter migratorio que tiene esta fase de deformación a lo largo de la cadena hercínica.

Por otra parte, el valor de las granodioritas subautóctonas permite precisar la composición de su fuente anatóctica. A este respecto, Pereira (1990) ha sugerido mediante un estudio de balance de masas que las granodioritas subautóctonas se produjeron por anatexia de una fuente de composición híbrida entre ortoneises y migmatitas mesocráticas. A partir de los datos medidos sobre las muestras del protolito es posible calcular los valores que tendrían los diversos materiales del CAPN en el momento de la formación de las granodioritas, hace 310 m.a. Esto puede realizarse mediante la expresión:

$$Sr^{87}/Sr^{86}_{310\text{ m.a.}} = Sr^{87}/Sr^{86}_{actual} - Rb^{87}/Sr^{86}_{actual} * \lambda t ; [\text{ecuación. 1}]$$

$$\text{donde } \lambda = 1.42 * 10^{-11} \text{ a}^{-1} \text{ y } t = 0.31 * 10^9 \text{ a.}$$

Cuando se resuelve esta ecuación, los ortoneises de La Almohalla dan  $Sr^{87}/Sr^{86}_{310\text{ m.a.}} = 0.7092$ ; las migmatitas mesocráticas de la facies común dan  $Sr^{87}/Sr^{86}_{310\text{ m.a.}} = 0.7127$ , y las migmatitas mesocráticas de la facies rica en componente pelítico dan  $Sr^{87}/Sr^{86}_{310\text{ m.a.}} = 0.7205$  (Tabla 1). Las granodioritas subautóctonas tienen  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial} = 0.7096$ , y las granodioritas HO tienen  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial} = 0.7087 - 0.7113$  (Bea *et al.*, *in litt.*), valores que son intermedios entre los del ortoneis de La Almohalla y los de las migmatitas mesocráticas de la facies común, lo que confirma la idea de un fuente híbrida propuesta por Pereira (1990). Sin embar-

### Granodioritas Subautóctonas

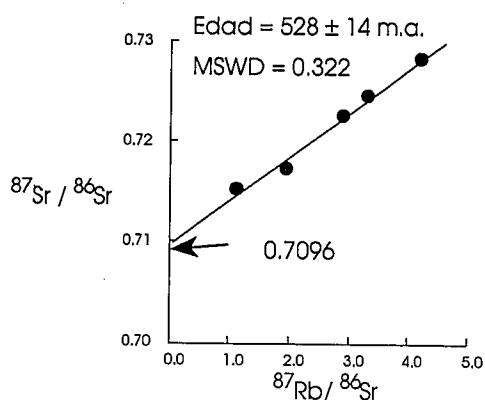


Fig. 3.- Isocrona formada por las muestras de granodiorita subautóctona de la Peña Negra.

Fig. 3.- Peña Negra subautochthonous granodiorites isochron.

### Complejo Básico del Prado de las Pozas

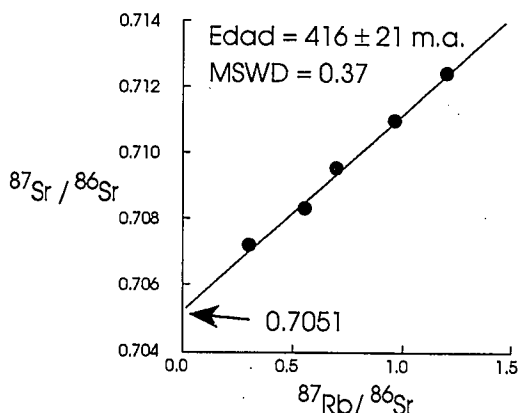


Fig. 4.- Isocrona formada por las muestras del Complejo Básico del Prado de las Pozas.

Fig. 4.- Prado de las Pozas Basic Complex isochron.

go, un sencillo cálculo aritmético a partir de los datos de la Tabla 1 indicaría que las proporciones relativas en la fuente serían: ortoneis = 0,501 y migmatita = 0,489 respectivamente, mientras que el cálculo por balance de masas a partir de los elementos mayores da un resultado distinto, ortoneis = 0,235 y migmatita = 0,865 (*ibid.*). Es obvio que la consistencia entre el balance de masas a partir de  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial}$  y el efectuado sobre elementos mayores es mala, y ello deberá ser refinado en el trabajo que está siendo llevado a cabo por uno de los autores (Pereira, *en prep.*). Pero lo que también parece fuera de toda duda es la naturaleza híbrida entre ortoneis y migmatita de la fuente anatéctica e, incluso, la relación causal entre la presencia de ortoneises y el desarrollo anatéctico de las granodioritas su-

bautóctonas. En pocas palabras, cada vez se confirma más la idea de que la anatexia hercínica sólo generó volúmenes apreciables de granitoides allá donde el protolito tuvo una litología ortoneísica (Bea, 1985).

### 4.3. El Complejo Básico del Prado de las Pozas

La isocrona llevada a cabo sobre el CBPP (Fig. 4) da una edad de  $416 \pm 21$  m.a. con  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial} = 0.7051$ . Esta isocrona muestra un alto MSWD (4.37) debido al pequeño intervalo composicional de la relación Rb/Sr.

Esta edad es aproximadamente 100 m.a. anterior a la de las granodioritas hercínicas más antiguas y excluye cualquier relación cogenética con ellas. Las relaciones de campo entre los materiales del CBPP y la granodiorita HO son compatibles con dicha idea, ya que esta intruye a las rocas básicas por medio de una red de diques anastomosada, los contactos entre ambas rocas son siempre rectos, y fragmentos de la roca básica se dispersan en la granodiorita como enclaves angulosos, sin que haya evidencias apreciables de hibridación. Pero hay que destacar que en el sector de Gredos se han descrito otros cuerpos de rocas básicas cuyas relaciones con el encajante son completamente distintas de las del CBPP y apoyan el que se trate de rocas hercínicas ya que, cuando están encajadas en el metamórfico parece que desarrollan metamorfismo de contacto post-fase 1, y si están incluidas en las granodioritas muestran hibridación, incluso mezcla magmática (Franco y García de Figuerola, 1986; Sánchez, 1987; Franco y Sánchez, 1987; Morenoventas, 1991).

Por consiguiente, se apunta la posibilidad de la existencia de dos tipos de rocas básicas, unas de edad silúrica, pre-anatécticas, cuyo mejor representante es el CBPP, y otras carboníferas, sin-anatécticas, que podrían estar representadas por los cuerpos de Becedillas o Puente del Congosto en la parte norte de la Sierra de Gredos (Franco y García de Figuerola, 1986; Sánchez, 1987; Franco y Sánchez, 1988) o el cuerpo de El Arenal - El Hornillo en la zona sur (Morenoventas, 1991). Pero la falta de datos geocronológicos hace que esta idea sea, de momento, una mera especulación que deberá ser contrastada en el futuro.

### 5. CONCLUSIONES

- 1.- La edad más antigua obtenida en este estudio es la del protolito del Complejo Anatéctico de la Peña Negra, compuesto por migmatitas y ortoneises.
- 2.- Los ortoneises de La Almohalla tienen una edad mínima de  $528 \pm 14$  m.a.
- 3.- La edad que se obtiene para las granodioritas subautóctonas es de  $310 \pm 6$  m.a., que también representa la edad paroxística de la migmatización así como la de la fase II en la zona.
- 4.- Los valores de  $Sr^{87}/Sr^{86}_{inicial}$  de las granodioritas son coherentes con la génesis a partir de una fuente

híbrida ortoneis-migmatitas, previamente deducida por un estudio de balance de masas sobre elementos mayores.

5.- En cuanto a las rocas básicas, se sugiere la existencia de dos generaciones de ellas: una anterior a la orogenia Hercínica, que hemos datado con una edad de  $416 \pm 21$  m.a., y otra, cuyas relaciones de campo indican que sólo son ligeramente anteriores a los granitoides hercínicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bea, F. (1985): Los granitoides hercínicos de la mitad occidental del Batolito de Avila (Sector de Gredos). Aproximación mediante el concepto de superficies. *Real Acad. Cienc. Ex. Fis. Nat.*, Madrid, 79: 549-572.
- Bea, F. y Pereira, M.D. (1990): Estudio petrológico del Complejo Anatéctico de la Peña Negra (Batolito de Avila, España Central). *Rev. Soc. Geol. España*, 3: 87-103.
- Bea, F., Ibarra, M.I. y Pereira, M.D. (1990): Migmatización metatexitica y fenómenos anatécticos en la Formación Almohalla. *Bol. Geol. Min. España*, 101: 187-209.
- Bischoff, L., Heinz, L., Muller, P. y Schmidt, K. (1978): Geochemische und geochronologische Untersuchungen an Metavulkaniten und Orthogneisen der östlichen Sierra de Guadarrama (Spanien). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 155: 275-298.
- Bottino, M.L. y Fullagar, P.D. (1966): Whole-rock Rb-Sr age of the Silurian-Devonian boundary in northeastern North-America. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 77: 1167-1176.
- Casillas-Ruiz, R. (1989): *Las asociaciones plutónicas tardihercínicas del sector occidental de la Sierra de Guadarrama, Sistema Central Español (Las Navas del Marqués-San Martín de Valdeiglesias)*. *Petrología, Geoquímica, Génesis y Evolución*. Tesis Univ. Complutense de Madrid.
- Dasch, E.J. (1969): Strontium isotopes in weathering profiles, deep-sea sediments and sedimentary rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 33: 1521-1552.
- Díez-Balda, M.A. (1986): El Complejo esquistó-grauváquico las series paleozoicas y la estructura hercínica al sur de Salamanca. *Acta Salmanticensis*, 52, Ed. Universidad de Salamanca: 162 p.
- Franco, M.P. (1980): *Estudio petrológico de las formaciones metamórficas y plutónicas al Norte de la depresión Corneja-Ambles (Sierra de Avila)*. Tesis Univ. Salamanca.
- Franco, M.P. y García de Figuerola, L.C. (1986): Las rocas básicas y ultrabásicas en el extremo occidental de la Sierra de Avila (Provincias de Avila y Salamanca). *Stvd. Geol. Salmant.*, 23: 193-219.
- Franco, M.P. y Sánchez, T. (1987): Características petrológicas en el área del Mirón (N del valle del Corneja, prov. de Avila). In: *Geología de los granitoides y rocas asociadas del macizo Hespérico* (F.Bea et al., Eds.), Rueda, Madrid: 293-314.
- Fullagar, P.D. y Ragland, P.C. (1975): Chemical weathering and Rb-Sr whole rock ages. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39: 1245-1252.
- García de Figuerola, L.C. y Franco, M.P. (1975): Las formaciones infraordovícicas y el borde de las granodioritas al E de Guijuelo (Salamanca). *Estudios Geol.*, 31: 487-500.
- Goldisch, S.S. y Gast, P.W. (1966): Effects of weathering on the Rb-Sr and K-Ar ages of biotite from the Morton Gneiss, Minnesota. *Earth Planet Sci. Lett.*, 1: 372-375.
- Ibarrola, E., Villaseca, C., Vialette, Y., Fúster, J.M., Navidad, M., Peinado, M. y Casquet, C. (1987): Dating of Hercynian Granites in the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System). In: *Geología de los granitoides y rocas asociadas del macizo Hespérico* (F.Bea et al., Eds.), Rueda, Madrid: 377-383.
- Morenoventas, I. (1991): *Petrología de los granitoides y rocas básicas asociadas de la Sierra de Gredos, Sistema Central Español*. Tesis Univ. Sevilla.
- Pereira, M.D. (1989): *Migmatización diatexitica y la Génesis de las Granodioritas Subautóctonas del Complejo Anatéctico de la Peña Negra (Batolito de Avila)*. Tesis de Licenciatura. Univ. de Salamanca.
- Pereira, M.D. (1990): Evolución petrológica y geoquímica de las granodioritas subautóctonas del Complejo Anatéctico de la Peña Negra (Batolito de Avila). *Stvd. Geol. Salmant.*, 26: 249-268.
- Sánchez, T. (1987): *Características petrológicas del área del Mirón (N. de la depresión del Corneja, Prov. de Avila)*. Tesis de Licenciatura, Univ. de Salamanca.
- Serrano-Pinto, M., Casquet, C., Ibarrola, E., Corretgé, L.G. y Portugal-Ferreira, M. (1988): Síntese geocronológica dos granitoides do maciço hesperico. In: *Geología de los granitoides y rocas asociadas del macizo Hespérico* (F.Bea et al., Eds.), Rueda, Madrid: 69-86.
- Vialette, Y., Casquet, C., Fúster, J.M., Ibarrola, E., Navidad, M., Peinado, M. y Villaseca, C. (1987): Geochronological study of orthogneisses from the Sierra de Guadarrama (Spanish Central System). *N. Jb. Mineral, M.*, 10: 465-479.
- Wilkinson, L. (1989): *SYSTAT: the system for Statistics*. Evanston, IL: 638 p.

Recibido el 8 de noviembre de 1991  
Aceptado el 30 de enero de 1992