

contrasta significativamente con el que se deduce de la primera asociación. La extensión de bosque subsiste, aumentando la extensión de espacios descubiertos con carácter estépico y áreas puntuales de pedregales tipo montañoso.

En resumen, la sucesión estratigráfica de las asociaciones de roedores de la Cueva de Gabasa sugiere un cambio paleoecológico en los alrededores próximos a la cavidad consistente en el paso de un área arbolada y con pradera húmeda a una zona boscosa con intercalación de abundantes espacios descubiertos. Este cambio aquí reflejado puede interpretarse, a modo de hipótesis, como el resultado de una oscilación climática en la que se pasa de un ambiente de tipo interstadial a otro de características más rigurosas, que consideramos de un inicio estadal.

#### Agradecimientos

Agradecemos a Ana I. Gascón la delineación de las figuras.

#### Referencias

- Chaline, J. (1970): *Munibe*, t. 22, fasc. 1, 2, p. 43-49.  
 Gil Bazán, E. (1985): *Bajo Aragón, Prehistoria*, VI, p. 37-43.  
 Ruiz Bustos, A.; García Sánchez, M. (1977): *C. P. Gr.*, p. 6-16.

Recibido el 7 de septiembre de 1987  
 Aceptado el 2 de octubre de 1987

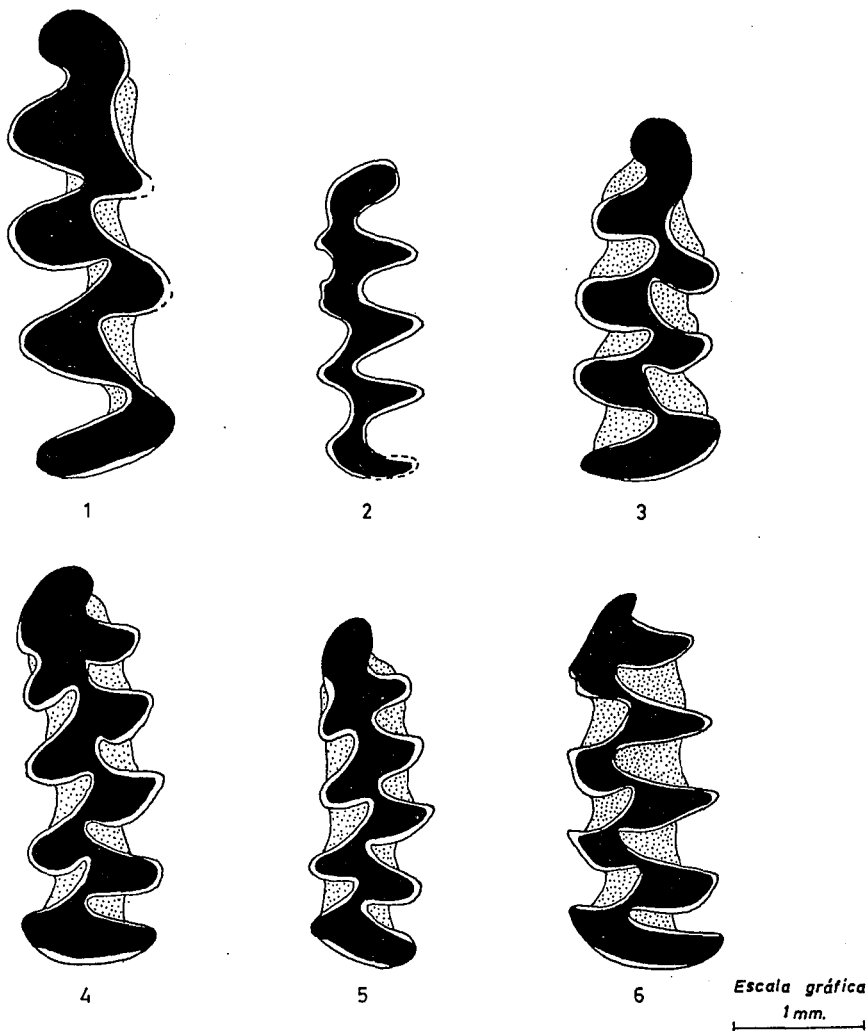


Fig. 2.—1) M<sub>1</sub> de *Arvicola* sp. 2) M<sub>1</sub> de *Pliomys* cf. *Ienki*. 3) M<sub>1</sub> de *Microtus nivalis*. 4) y 5) M<sub>1</sub> de *Pitymys duodecimcostatus*. 6) M<sub>1</sub> de *Microtus brecciensis*.

## Las rocas volcánicas neógenas de Nuévalos (provincia de Zaragoza)

**E. Ancochea.** Universidad Complutense. Departamento de Petrología y Geoquímica. IGE-CSIC. 28040 Madrid.  
**M. Muñoz.** Universidad de Granada. Departamento de Mineralogía y Petrología. IAGM-CSIC. 18071 Granada.  
**J. Sagredo.** Instituto de Geología Económica. CSIC-UCM. U.E.I. de Petrología. 28040 Madrid.

#### ABSTRACT

On the basis of petrological data, the ultra-alkaline character of the volcanics from Nuévalos is clearly pointed out. This character rejects any type of relationship with Permian and Mesozoic volcanic events. Furthermore, analogies with plio-quadernary volcanics from Cofrentes suggest a similar episode related to a tensional regime that can be linked to the opening of the Valencia gulf. The volcanics are massive and look a porphyritic crystalline texture. Mineralogical composition define them as olivine-nephelinite rocks. They have a large amount of xenocrysts from mantle spinel-peridotite. The high xenocryst accumulation percentage has modified the original character of the primary melt. The whole geochemical data suggest a parental magma derived by a very low degree of mel-

ting (4,3%) from a peridotitic mantle source, strongly enriched in incompatible elements, and from a depth near to 100 km.

Ancochea, E.; Muñoz, M., y Sagredo, J. (1987): Las rocas volcánicas neógenas de Nuévalos (provincia de Zaragoza). *Geogaceta*, 3, 7-10.

**Key words:** *Vulcanism, olivine nephelinites, partial melting, upper mantle.*

**Localización y contexto geológico**

Las rocas volcánicas de Nuévalos fueron citadas por primera y única vez como limburgitas por F. Quiroga (1885), atribuyéndole una edad terciaria de acuerdo con sus características geológicas-petroológicas y por su relación con los «basaltos nefelínicos» de Campos de Calatrava.

Su localización (fig. 1) no resulta muy sencilla ya que no llega a aflorar claramente, observándose únicamente una zona más o menos ovalada de unos 20 m<sup>2</sup> formada de abundantes cantos redondeados de material volcánico, cuyas relaciones de contacto con el Tremadoc (hoja 437 Ateca) son poco claras. Su aspecto textural de roca masiva de alta cristalinidad, junto con la forma oval del afloramiento parecen indicar que se trata de una chimenea post-Paleozoica.

Es de señalar que este vulcanismo no tiene ninguna relación con el que aflora en esta misma zona de carácter calcoalcalino, dado como Permo-Carbonífero, ni tampoco con el Triásico-Jurásico existente en las regiones colindantes. Sin embargo, presenta analogías con los de edad más reciente de Campos de Calatrava y Cofrentes. Por ello, posiblemente podría relacionarse con el período distensivo que tiene lugar en esta región a partir del Mioceno Medio en relación con la creación de la cuenca valenciana (Alvaro et al., 1978) con el que parece también relacionado el vulcanismo de Cofrentes.

**Petrología y mineralogía**

La composición mineralógica (fig. 2) las define como nefelinitas olivínicas. Todas las muestras poseen una textura de tendencia porfídica en las que destaca el alto grado de cristalinidad de la matriz. De esta forma, la diferencia de tamaños entre fenocristales de olivino y clinopiroxeno y matriz es reducida. Esta última, definitiva del conjunto textural de la roca, está constituida por un entramado intersertal de prismas euhedra-

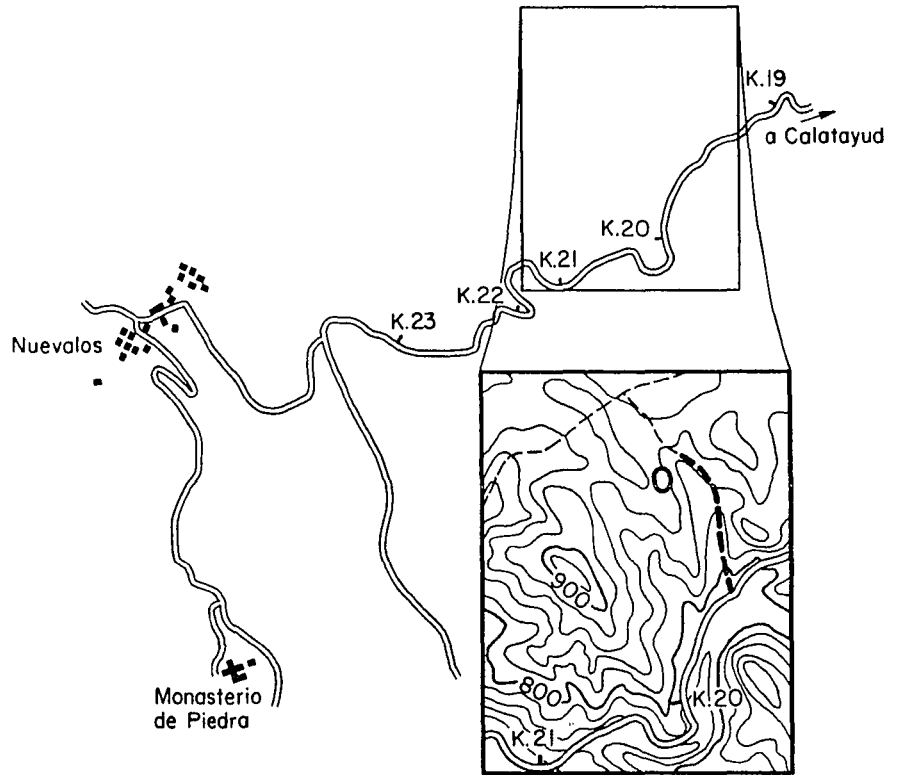


Fig. 1.—Localización del afloramiento.

les de diopsido-salita (rica en TiO<sub>2</sub>) englobando los granos de olivino, abundante titanomagnetita, placas de

biotita-flogopita y apatito subordinado. Todo ello aparece incluido en un fondo de nefelina cuya composición

	FENOCRISTALES	MATRIZ
OLIVINO		Fo <sub>81</sub> - Fo <sub>80</sub>
CLINOPIROXENO		Wo <sub>49</sub> En <sub>41</sub> Fs <sub>10</sub> - Wo <sub>51</sub> En <sub>38</sub> F <sub>10</sub>
NEFELINA		Ne <sub>75</sub> Ks <sub>22</sub> Q <sub>3</sub>
TITANOMAGNETITA		Ne <sub>73</sub> Ks <sub>23</sub> Q <sub>4</sub>
		Ti <sub>0,8</sub> Fe <sub>2,2</sub>
MICA		Flogopita Mg <sub>72</sub> Fe <sub>28</sub>
		Biotita Mg <sub>64</sub> Fe <sub>36</sub>

Fig. 2.—Composición mineralógica.

(fig. 2) indica unas condiciones de cristalización entre 500°-700°C, lo que confirma su carácter tardío en la cristalización. Las transformaciones secundarias del olivino y de la nefelina son frecuentes. El primero se altera a un agregado serpentínico identificado mediante D. R. X. como crisotilo y la segunda a ceolitas (identificada como filipsita) o a un agregado mica-ceo de tipo illita. Este tipo de transformación de la nefelina explica la baja relación del Na<sub>2</sub>O frente al K<sub>2</sub>O (tabla 1) para este tipo de roca.

Un aspecto destacado en la petrología de estas rocas es la presencia de numerosos xenocristales de olivino, clinopiroxeno y espinela procedentes de peridotita mantélica de la que incluso llegan a encontrarse pequeños enclaves.

Los xenocristales de olivino son los más frecuentes y de mayor tamaño (12 mm-3 mm) lo que enmascara la textura de la roca dando la impresión de un carácter porfídico acusado. Sin embargo, la distinción entre xenocristales de olivino y el de los generados a partir del fundido es muy clara. Los primeros son más ricos en Fo (90-92) y presentan caracteres texturales de flujo sólido (maclado mecánico, bandas y lamelas de deformación y zonas de trituración) y situaciones de reequilibrio con el fundido (zonas de trituración recrystalizadas con infiltración de fundido), representadas por vidrio rico en MgO y CaO que dan lugar a intercrecimientos simplectíticos, así como a diferentes tipos de figuras de corrosión.

Aspectos equivalentes de texturas de reacción muestran los xenocristales de clinopiroxeno (diopsido-Cr) con la salvedad de que los intercrecimientos microgranulares o simplectoides de interacción están representados por clinopiroxeno y vidrio. En numerosas ocasiones estas zonas de reequilibrio en el diopsido están aureoladas por el nuevo clinopiroxeno (más rico en Ti) y muchos de los fenocristales presentan un núcleo con reliquias texturales de estas reacciones, lo que indica que sirvieron de catalizador para la nucleación de los nuevos fenocristales.

Los xenocristales de espinela corresponden a un magnesio-cromita aluminica (Cr/Cr+Al= 0,12 y Mg/Mg+Fe<sup>2+</sup>=0,76). Aparecen en formas lobuladas, esqueléticas o simplectoides, cuya reacción con el fundido está representada por una aureola de tita-

Tabla I

	1 (N-4)	2 (N-10)	3 (N-11)	4 (N-6)
SiO <sub>2</sub> .....	40,08	40,97	40,49	40,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8,41	8,40	7,86	6,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	5,12	4,23	4,42	4,13
FeO .....	5,94	6,81	6,66	7,15
MnO .....	0,18	0,19	0,19	0,19
MgO .....	16,74	17,84	17,51	19,03
CaO .....	10,46	10,27	10,39	10,15
Na <sub>2</sub> O .....	1,53	1,00	1,53	0,98
K <sub>2</sub> O .....	1,10	1,30	1,31	1,18
TiO <sub>2</sub> .....	2,54	2,41	2,52	2,31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	1,06	1,09	1,08	1,11
H <sub>2</sub> O .....	6,37	5,67	5,74	5,94
Total .....	99,53	100,18	99,70	99,11
Ba .....	1.010	566	877	787
Ce .....	128	118	117	117
Cr .....	763	706	703	744
Cu .....	0	6	9	23
Ga .....	15	14	11	13
La .....	104	60	98	74
Nb .....	79	77	45	76
Ni .....	552	566	512	600
Pb .....	12	4	3	4
Rb .....	40	36	39	39
Sr .....	677	624	724	674
Y .....	29	27	27	28
Zn .....	102	99	113	101
Zr .....	233	210	232	208
Valor MG .....	76,25	77,26	76,90	77,98

Analistas: J. Sagredo y E. Ancochea.

Tabla II\*

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub> .....	43,14	43,06	43,01	41,31	41,49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	8,76	7,32	10,31	11,47	12,11
FeO <sub>TOT</sub> .....	11,29	11,66	12,24	11,25	12,56
MgO .....	18,49	20,43	13,55	12,72	12,77
CaO .....	11,05	10,89	12,34	13,92	10,20
Na <sub>2</sub> O .....	1,44	1,05	1,67	3,14	4,85
K <sub>2</sub> O .....	1,31	1,27	1,59	0,94	1,86
TiO <sub>2</sub> .....	2,65	2,48	3,16	3,45	2,77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	1,15	1,19	1,39	0,97	1,17
Valor MG ...	76,81	77,98	69,13	69,59	67,28
Ba .....	810	787	1.001	870	777
Ce .....	120	117	142	96	116
Cr .....	729	744	535	535	—
La .....	84	74	106	74	105
Nb .....	69	76	81	31	66
Ni .....	558	600	243	245	276
Rb .....	39	39	46	37	48
Sr .....	675	674	820	941	1.056
Y .....	28	28	33	26	29
Zr .....	221	101	128	269	229

1. Media de los análisis 1, 2 y 3 (tabla I).

2. Análisis 4 (N-6).

3. Posible magma primario de Nuévalos (extracción de 13,2% de olivino y 5,1% de clinopiroxeno).

4. Media de las nefelinitas olivínicas «primarias» de Campos de Calatrava (Ancochea, 1982).

5. Nefelinita olivílica «primaria» de Cofrentes (Ancochea *et al.*, 1984).

\* Todos los análisis reducidos a 100 sin H<sub>2</sub>O antes de recalcular el FeO<sub>TOT</sub>.

nomagnetita con mayor contenido en Cr y Al y menor en Ti (0,5) que la de las nefelinitas. En numerosas ocasiones las formas simplectíticas aparecen en relación con zonas microgranulares de trituración y recristalización de los cristales de olivino, dándose el paso progresivo: olivino con deformación mecánica —zona microgranular de olivino— espinela simplectítica.

### Geoquímica y petrogénesis

Se han efectuado cuatro análisis químicos de elementos mayores y menores (tabla I). En la tabla II se presenta la media de tres de ellas, así como las composiciones medias de otras nefelinitas olivínicas españolas: las de Campos de Calatrava (Ancochea, 1982) y las Cofrentes (Ancochea et al., 1984). El quimismo de todas ellas es bastante similar, sin embargo existen algunas diferencias referidas a los contenidos en  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $MgO$ ,  $H_2O$ , Cr y Ni. El bajo contenido de  $Na_2O$  y la consiguiente baja relación de  $Na_2O/K_2O$  parece ser debida, como se ha indicado anteriormente, a procesos de alteración de la mineralogía primaria, así mismo causantes también de los elevados contenidos en  $H_2O$ . El resto de las características «anómalas» de estas rocas: altos  $MgO$ , Cr y Ni así como bajo  $Al_2O_3$ , pueden justificarse por su elevado contenido en olivino y clinopiroxeno esencialmente xenolíticos. Así, la muestra N-6 (análisis 4, tabla I) más rica en xenocristales que el resto, lo es también en  $MgO$ , Cr y Ni, y muestra valores menores de  $Al_2O_3$  e incluso  $Na_2O$ .

La gran cantidad de xenolitos peridotíticos no deja duda sobre el origen mantélico de estas rocas, al tiempo que indican que se trata de líquidos que no han podido sufrir procesos importantes de diferenciación, pero sí modificaciones por acumulación de xenocristales. Así la roca N-6 en comparación con el resto (tabla II) es más rica en los elementos ferromagnesianos y más pobre en casi todos los demás elementos. Normativamente su contenido en olivino es de 29,5% frente al 25,4% de las otras. Tomando como patrón el contenido en magnesio y suponiendo que las diferencias son debidas a acumulación de olivino forsterítico ( $Fo_{86}$ ), la acumulación sería de un 6%. Un modelo de acumulación, mediante ajuste por mínimos

cuadrados de los elementos mayores, da como resultado una acumulación de 6,3% de olivino con un residual de 1,49 o de un 6,7% de olivino y 1,5% de clinopiroxeno con un residual de 1,46.

Utilizando como criterios geoquímicos para identificar magmas primarios el contenido en Ni (entre 200 y 400ppm) y el valor MG (mayor de 67), tanto la elevada concentración de Ni como el valor MG indican, para el conjunto de las rocas de Nuévalos, la existencia de acumulación de componentes máficos. Dados los valores medios de Ni (558ppm) y solamente mediante extracción de olivino, para llegar a los rangos característicos de los magmas primarios necesitamos extraer para tener un magma con 400ppm de Ni un 4,2% de olivino, para 300ppm un 9,3% y para 200ppm un 19,5%. Estos porcentajes de extracción serían superiores si suponemos participación de clinopiroxeno. Así, para una relación olivino: clinopiroxeno de 4:1, se obtendrían rocas con 400, 300 y 200ppm de Ni respectivamente con extracción de 5,1%, 11,3% y 23,6%.

Si suponemos que el contenido en Ni y Cr del posible magma primario es similar al de otras nefelinitas olivínicas y tomando como comparación la media de los contenidos de las nefelinitas olivínicas «primarias» de Campos de Calatrava (tabla II)  $Ni=245$  ppm y  $Cr=535$  ppm se obtienen los siguientes resultados: porcentaje de extracción (acumulación) 18,3% (olivino el 72% y clinopiroxeno el 28% es decir 13,2% de olivino y 5,1% de clpx). En la tabla II figura cual sería la composición química del posible magma primario al extraer esos porcentajes de olivino y clinopiroxeno. Como puede verse sus características geoquímicas serían mucho más parecidas ahora a las de otras nefelinitas olivínicas primarias, las diferencias en los contenidos en  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ , Cr y Ni no serían ya importantes y únicamente los valores de  $Na_2O$  permanecerían anómalos. El valor  $MG=64,13$  también sería concordante y típico de un magma primario.

Los elevados valores de  $P_2O_5$  y demás elementos incompatibles de este posible magma primario, o de otro similar, serían siempre muy elevados indicando que se han debido originar por muy bajas tasas de fusión parcial. Suponiendo que el fós-

foro se comporta como elemento totalmente incompatible, y a partir de un modelo pirolítico tendríamos grados de fusión del orden del 4,3%, ligeramente inferiores a los calculados para Cofrentes (5%) y Campos de Calatrava (6,4% medio), pero dentro de su rango. El cálculo efectuado a partir del  $K_2O$  daría una fusión del 8%, pero la posible movilidad de este elemento desaconseja tomar en consideración este valor.

Para un grado de fusión parcial como el calculado (4,3%), y más aún si fuera superior, los contenidos en elementos incompatibles indican que la fuente mantélica de la que proceden estas rocas ha de estar notablemente enriquecida en dichos elementos. Como mínimo dichos enriquecimientos han de ser superiores a 10 veces el valor condritico para Ba, La y Nb y a 6 veces para el Ce; valores estos muy semejantes a los que se obtienen a partir de otras rocas peninsulares similares.

En cuanto a la profundidad de generación de estos magmas, la presencia de restos de enclaves de peridotita con espinela implica que, como mínimo, se han formado a presiones mayores de los 10kb (> 30km). Los trabajos experimentales en este tipo de roca indican, por su parte, profundidades próximas a 100 km y temperaturas del orden de 1.150°-1.200°C (Brey y Green, 1975). El menor grado de fusión parcial de estas nefelinitas frente a las de Campos de Calatrava e incluso las Cofrentes pueden reflejar o menores anomalías térmicas en este área, o mayores profundidades de formación o ambas cosas.

### Referencias

- Alvaro, M.; Capote, R. y Vegas, R. (1978): *Acta Geol. Hispánica.*, 14, 172-177.
- Ancochea, E. (1982): *Colección Tesis Doctorales*. Universidad Complutense. Madrid. nº 203/83. 675 pp.
- Ancochea, E.; Muñoz, M. y Sagredo, J. (1984): *I Congreso Español de Geología*. T. II, 1-13.
- Brey, G. P. y Green, D. M. (1975): *Contrib. Mineral. Petrol.* 49, 93-103.
- I. G. M. E. (1983): *Mapa Geológico de España 1: 50.000*. Hoja 437 Ateca.
- Quiroga, F. (1985): *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 14, 75-93.

Recibido el 12 de septiembre de 1987  
Aceptado el 2 de octubre de 1987