

Las ignimbritas de Castellar de N'Hug (Pirineo Catalán)

J. MARTÍ⁽¹⁾ y A. BARRACHINA⁽²⁾

(1) Instituto de Geología «Jaime Almera» (CSIC). c/Martí i Franqués s/n. 08028 Barcelona.

(2) Departamento de Geoquímica, Petrología i Prospecció Geològica. Universitat de Barcelona. Fac. de Geología. Zona Univ. de Pedralbes. 08007 Barcelona.

RESUMEN

En la zona de Castellar de N'Hug existen importantes intercalaciones de materiales piroclásticos entre las facies detríticas de la Unidad Roja Inferior (Autuniense). Se trata de ignimbritas de distinta naturaleza, que presentan en ocasiones una extensión considerable, y que están asociadas a depósitos plinianos de caída y a depósitos de oleadas piroclásticas. Estas ignimbritas derivan de erupciones plinianas generadas durante la formación de una gran caldera volcánica que corresponde al complejo riolítico de Grèixer.

Palabras clave: Ignimbritas. Oleadas piroclásticas. Erupciones plinianas. Caldera volcánica.

ABSTRACT

Different well developed ignimbrites occur interbedded within terrigenous detritic facies in the Lower Red Unit (Autunian). These ignimbrites are related to plinian fall deposits and pyroclastic surge deposits. They resulted from plinian eruptions produced during the formation of the Grèixer rhyolitic volcanic caldera. The areal extension of these ignimbrites can occasionally be very wide (further than 80 km away from the vent).

Key words: Ignimbrites. Pyroclastic surge deposits. Plinian eruptions. Volcanic caldera.

INTRODUCCIÓN

Los materiales tardihercánicos del Pirineo afloran en bandas estrechas que orlan los afloramientos de materiales hercánicos. Gisbert (1981, 1983 a y b) establece una división de terrenos tardihercánicos del Pirineo Catalán en cinco unidades informales: Unidad Gris (Estefaniense B), Unidad de Tránsito (Estefaniense C-Autuniense), Unidad Roja Inferior (Autuniense), Unidad Roja Superior (Saxoniense) y Unidad de Facies Buntsandstein (Triásico inferior).

En el Pirineo Catalán han podido reconocerse cuatro cuencas tardihercánicas bien diferenciadas (Martí, 1986) —cuenca de Malpàs-Sort, cuenca del Cadí, cuenca de Nevà-Campelles-Bruguera y cuenca del Grèixer-Castellar de N'Hug-Camprodón—, incorporadas todas ellas a unidades alóctonas alpinas. En estas cuencas, la deposición de materiales sedimentarios continentales estefanopérmicos estuvo acompañada de una importante actividad volcánica, siendo el volumen de materiales volcánicos, en ocasiones, superior al de los depósitos sedimentarios.

En el volcanismo tardihercánico del Pirineo Catalán se distinguen claramente dos episodios. El primero y más importante es de naturaleza calcoalcalina y abarca desde el inicio de la Unidad Gris hasta los primeros tramos de la Unidad Roja Superior. El segundo episodio está representado únicamente por un afloramiento de traquiandesitas emplazadas con posterioridad a la sedimentación de la Unidad Roja Superior.

El volcanismo estefano-autuniense posee un marcado carácter explosivo, siendo los depósitos piroclásticos los materiales volcánicos más abundantes volumétricamente. Entre estos, los depósitos más representativos son las ignimbritas, cuyas características, así como los mecanismos eruptivos que los originan, varían a lo largo del tiempo (Martí, 1986).

En este trabajo se estudian las ignimbritas autunienses de la cuenca Grèixer-Castellar de N'Hug-Camprodón, todas ellas de composición riolítica y originadas por procesos eruptivos puramente magmáticos. Algunas de estas ignimbritas se caracterizan por su gran extensión, siendo posible reconocerlas también en la cuenca del Cadí, de forma que constituyen unos excelentes niveles guía en este sector del Pirineo Catalán.

IGNIMBRITAS Y DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS ASOCIADOS

En la cuenca de Grèixer-Castellar de N'Hug-Camprodón no se depositó la Unidad Gris. La Unidad de Tránsito y la Unidad Roja Inferior están bien representadas, siendo la importancia relativa de la primera en la región de Ogassa-riu Ter, mientras que la Unidad Roja Inferior constituye la formación dominante en los alrededores de Castellar de N'Hug. Hay que señalar también la presencia de dos importantes afloramientos de rocas volcánicas masivas situados en los bordes Este y Oeste de la cuenca original. El primero corresponde a las dacitas de Camprodón, las cuales han sido asociadas a la Unidad de Tránsito por Gisbert *et al.* (1983). En el segundo

caso se trata del complejo riolítico de Grèixer, el cual se sitúa sobre el borde occidental de la cuenca.

En la parte central de la cuenca, concretamente en el sector de Castellar de N'Hug (fig. 1), la Unidad Roja Inferior presenta una potencia de más de 800 m. Está constituida mayoritariamente por materiales sedimentarios (lutitas y areniscas), entre los que se encuentran algunas intercalaciones de depósitos piroclásticos. Estos corresponden, en gran parte, a ignimbritas y cineritas y se encuentran repartidos a lo largo de toda la unidad. No obstante, a unos 70 m de la base se encuentra la intercalación más importante. Se trata de un tramo de unos 30 m de potencia (tramo ignimbrítico principal), constituido por ignimbritas de diversa naturaleza, con depósitos de oleadas piroclásticas («pyroclastic surge») asociados y con al-

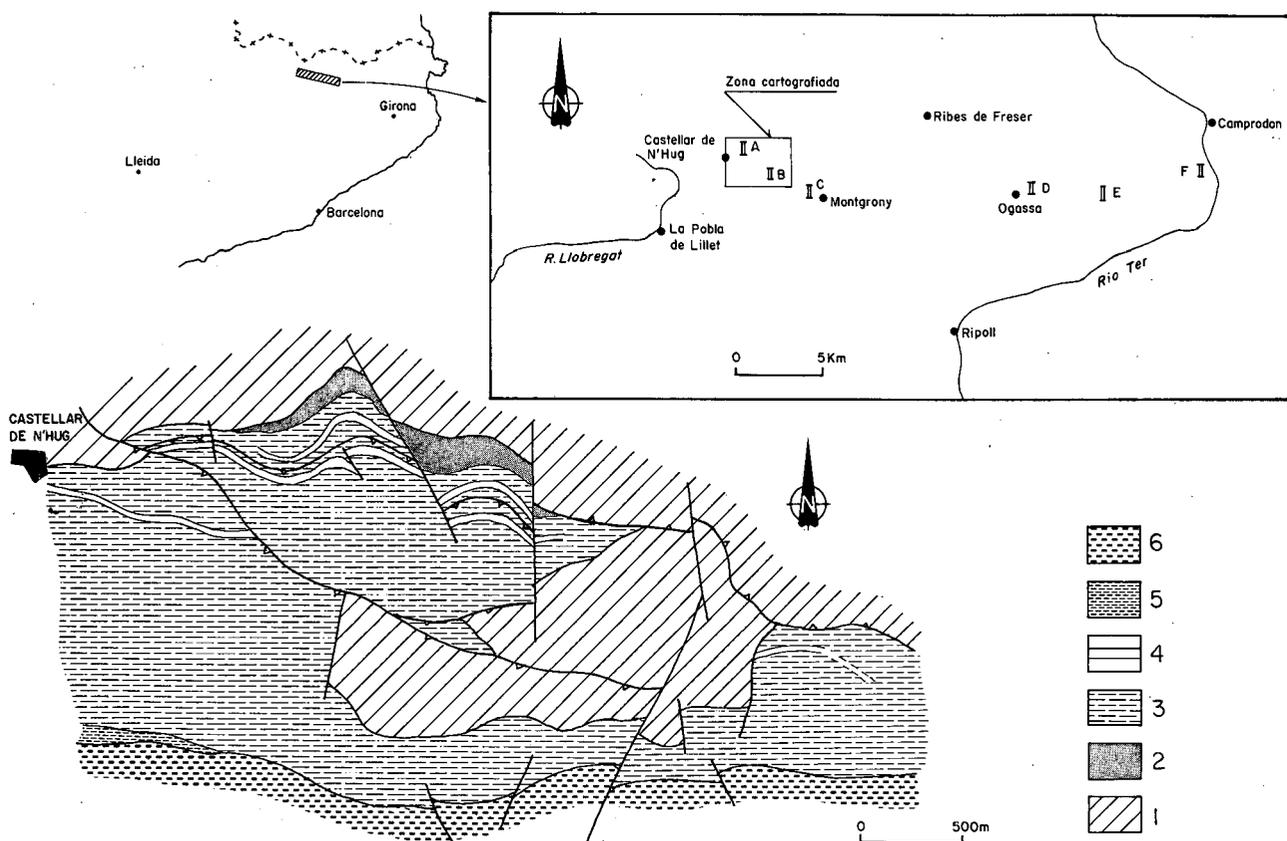


Figura 1. — Cartografía geológica del sector de Castellar de N'Hug (simplificada de Muñoz, 1985) y esquema de situación de las columnas estratigráficas de la figura 2. 1) Hercínico indiferenciado; 2) Unidad de Tránsito; 3) Unidad Roja Inferior; 4) Tramo ignimbrítico principal; 5) Unidad Roja Superior; 6) Mesozoico indiferenciado.

Figure 1. — Geological map of Castellar de N'Hug area (simplified after Muñoz, 1985) and location of stratigraphic sections of figure 2. 1) Hercynian rocks; 2) Transit Unit; 3) Lower Red Unit; 4) Main ignimbritic section; 5) Upper Red Unit; 6) Mesozoic rocks.

guna intercalación de areniscas tobáceas. Algunas de estas ignimbritas se pueden seguir a lo largo de toda la cuenca o incluso en la cuenca del Cadí. Se reconocen tres tipos de ignimbritas que hemos denominado tipos B, C y D, respectivamente (fig. 2). En el contacto con la Unidad de Tránsito se sitúa otro nivel piroclástico muy continuo que hemos denominado ignimbrita tipo A.

IGNIMBRITAS

Las principales características de estas ignimbritas y de los depósitos piroclásticos asociados se muestran en la lámina I y sus rasgos principales pueden resumirse del siguiente modo:

Tipo A

La ignimbrita tipo A corresponde a un nivel de «ash flow» (ignimbrita de tamaño de grano inferior a los 2 mm), que presenta una potencia media de 1,5 m y que está constituida principalmente por cristales de cuarzo (10 %), plagioclasa (35 %) y biotita (8 %) (lam. I, fig. a). Los cristales de cuarzo corresponden mayoritariamente a fragmentos y algunos presentan golfos de corrosión. Los cristales de plagioclasa son subidiomórficos a idiomórficos, están bien maclados polisintéticamente y algunos están zonados. Los cristales de biotita son subidiomórficos y aparecen parcialmente cloritizados. La matriz (47 %) está totalmente diagenizada, pero en algunas secciones es posible reconocer aún pseudomorfos de los vitroclastos originales. Esta ignimbrita contiene muy pocos fragmentos líticos.

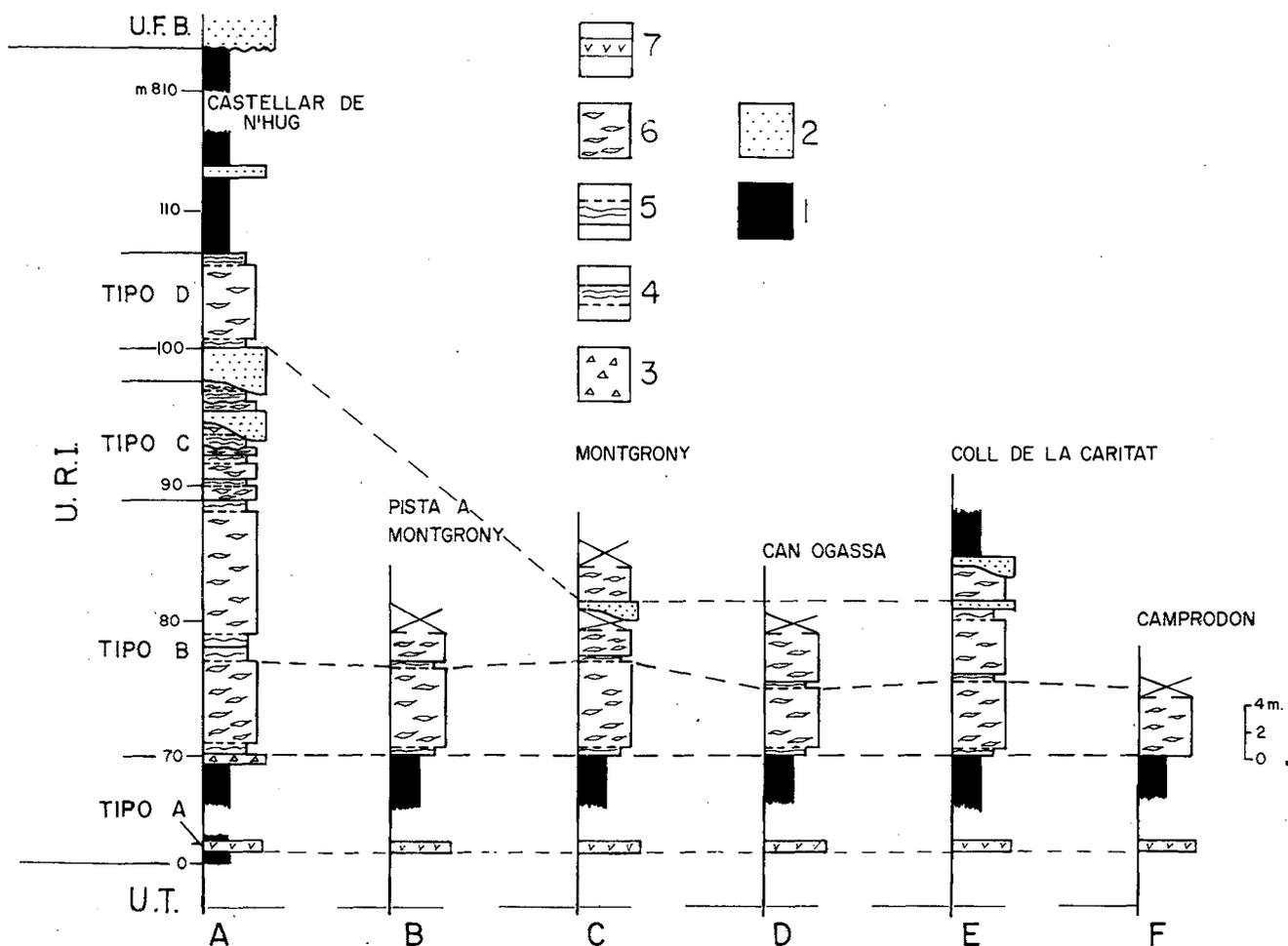


Figura 2. — Columnas estratigráficas de las ignimbritas de Castellar de N'Hug (la situación está indicada en la figura 1). 1) Lutitas; 2) Areniscas; 3) Depósito pliniano de caída; 4) «Ash cloud surge»; 5) «Ground surge»; 6) Ignimbrite; 7) «Ash flow».

Figure 2. — Stratigraphic sections of the Castellar de N'Hug ignimbrites. 1) Lutites; 2) Sandstones; 3) Plinian pumice fall; 4) Ash cloud surge; 5) Ground surge; 6) Ignimbrite; 7) Ash flow.

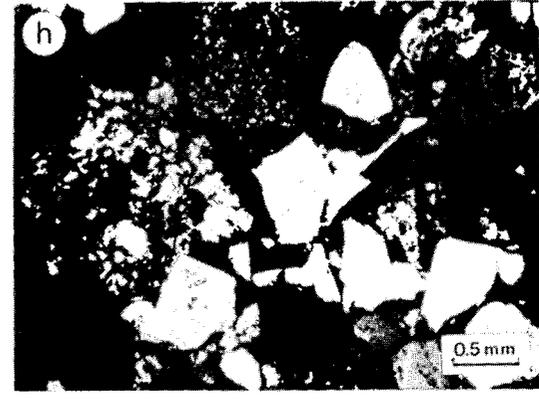
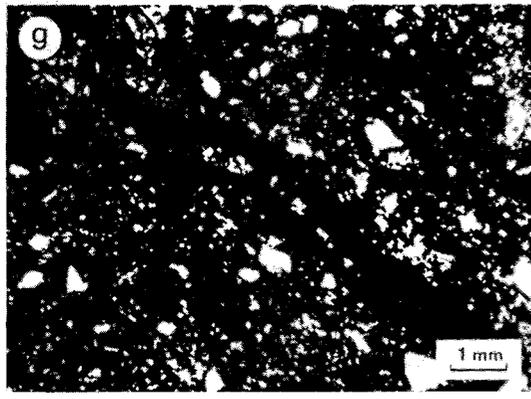
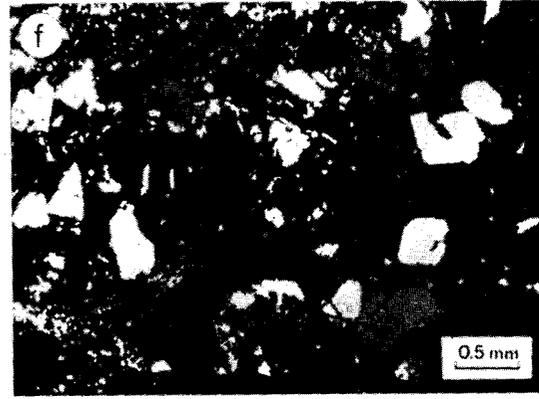
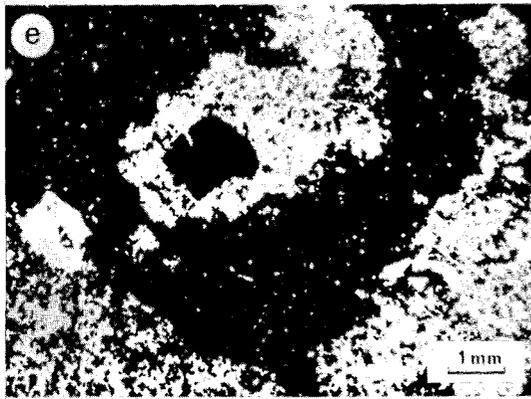
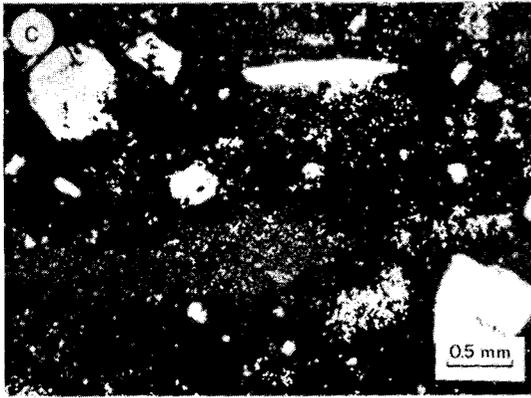
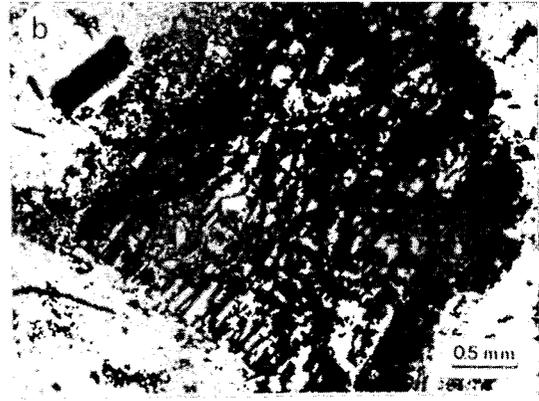
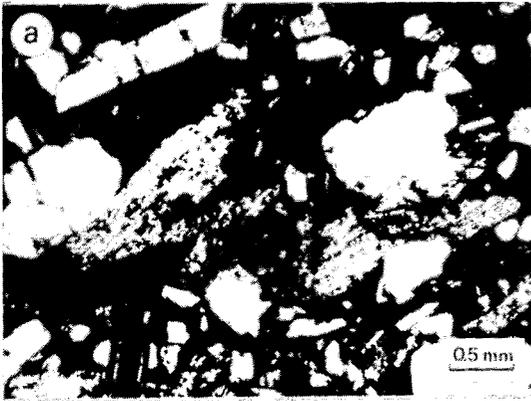


LÁMINA I. Aspectos microscópicos de las ignimbritas de Castellar de N'Hug.

Fig. a. — Cristales de cuarzo, plagioclasa y biotita en la ignimbrita tipo A.

Fig. b. — Fragmento vesicular de pumita en el depósito pliniano de caída.

Fig. c. — Fragmentos pumíticos desvitrificados y cristales de cuarzo y feldespato potásico en las ignimbritas tipo B.

Fig. d. — Fragmento pumítico desvitrificado con fenocristales de cuarzo en las ignimbritas tipo C.

Fig. e. — Fragmentos pumíticos desvitrificados con fenocristales de cuarzo y feldespato potásico en la ignimbrita tipo D.

Fig. f. — Fenocristales de cuarzo y matriz desvitrificada en un depósito de «ground surge» asociado a la base de las ignimbritas tipo B.

Fig. g. — Depósito de «Ash cloud surge» asociado a techo de la ignimbrita tipo D.

Fig. h. — Cristales de cuarzo y feldespato potásico y fragmentos líticos de ignimbrita en una arenisca tobácea.

PLATE I. Microscopide details of the Castellar de N'Hug ignimbrites.

Fig. a. — Quartz, plagioclase and biotite crystals in type A ignimbrite.

Fig. b. — Pumice fragment of the plinian pumice fall.

Fig. c. — Devitrified pumice fragment and quartz and k-feldspar crystals in type B ignimbrites.

Fig. d. — Devitrified pumice fragment bearing quartz crystals in type C ignimbrites.

Fig. e. — Devitrified pumice fragment bearing quartz and k-feldspar crystals in type D ignimbrites.

Fig. f. — Quartz crystals and devitrified vitroclastic groundmass in a ground surge deposit associated to a type B ignimbrite.

Fig. g. — Ash cloud surge deposit associated to a type D ignimbrites.

Fig. h. — Quartz and k-feldspar crystals and lithic fragments in a tuffaceous sandstone.

Tipo B

Se reconocen dos unidades superpuestas que se siguen a lo largo de toda la cuenca (fig. 2). Estas ignimbritas presentan asociados depósitos de oleadas piroclásticas del tipo «ground surge» y «ash cloud surge». En el sector de Castellar de N'Hug la unidad inferior reposa sobre un depósito pliniano de caída («plinian pumice fall») poco potente constituido por pumitas centimétricas totalmente desvitrificadas y silicificadas (lam. I, fig. b). Estas ignimbritas aparecen bien soldadas, continen cristales de cuarzo, plagioclasa feldespato potásico y biotita y están prácticamente desprovistas de líticos. La matriz es muy abundante (70 %) y homogénea. Está muy silicificada aun-

que es posible reconocer todavía una textura vitroclástica original. Las pumitas, transformadas totalmente a cuarzo criptocristalino, se presentan en forma de flamas y a menudo contienen cristales (lam. I, fig. C).

Tipo C

Las ignimbritas tipo C son siempre de potencia inferior al metro. Presentan asociados depósitos centimétricos de «ground surge» y «ash cloud surge». Estas ignimbritas erosionan y son erosionadas por niveles de areniscas tobáceas, lo que indica la sincronidad de ambos depósitos. Las ignimbritas tipo C presentan una matriz cinerítica cloritizada o ferruginizada muy abundante. Las pumitas son de tamaño centimétrico, están transformadas a cuarzo criptocristalino, aparecen más o menos estiradas y se caracterizan por contener cristales de cuarzo y feldespato potásico (lam. I, fig. d). Estas ignimbritas tampoco contienen fragmentos líticos. Las ignimbritas tipo C son las que presentan una menor extensión ya que quedan restringidas al área de Castellar de N'Hug.

Tipo D

La ignimbrita tipo D aparece a techo del tramo ignimbrito principal y se puede seguir tanto en esta cuenca como en la del Cadí. En la zona de Castellar de N'Hug presenta un depósito de oleada piroclástica tanto en la base como en el techo. En este sector tiene una potencia máxima de 6 m, la cual se reduce considerablemente en la otra cuenca. La ignimbrita tipo D presenta un aspecto similar a la ignimbrita tipo C, con pumitas poco estiradas transformadas a cuarzo criptocristalino que contienen cristales de cuarzo y feldespato potásico (lam. I, fig. e). La matriz es cinerítica, argilizada y parcialmente ferruginizada, lo que le confiere un color rojo similar al de sedimentos lutíticos de la misma unidad. Esta ignimbrita constituye un nivel guía excelente en este sector del Pirineo Catalán.

DEPÓSITOS DE OLEADAS PIROCLÁSTICAS ASOCIADOS A LAS IGNIMBRITAS

Los depósitos de «ground surge» aparecen en la base de las ignimbritas, mientras que los de «ash cloud surge» van asociados al techo de las mismas. Ambos depósitos presentan características muy similares. Se trata de depósitos de potencia centimétrica, bien estratificados y mejor clasificados que las ignimbritas, que presentan laminación paralela y, ocasionalmente, cruzada. Estos depósitos están enriquecidos en cristales (30-40 %) respecto de las ignimbritas a las que están asociados (lam. I, figs. f y g). En estos depósitos se ha podido reconocer la presencia de fragmentos líticos milimétricos (2-55 %) de riolitas y exquisitos. La matriz (60-70 %) está muy silicificada y parcialmente carbonatada, aunque la mayoría de los casos es posible distinguir una textura original vitroclástica pseudomorfozada por minerales secundarios.

CINERITAS

Los depósitos cineríticos son frecuentes en todas las cuencas estefano-pérmicas del Pirineo Catalán dentro de la Unidad Roja Inferior. Estos depósitos están constituidos por ceniza fina totalmente diagenizada, que contiene pequeños trozos de cristales de cuarzo, feldspatos y biotita. La mayoría de estos niveles están parcial o totalmente transformados a carbonato (caliches). Las características de estas cineritas, especialmente su amplia distribución, indican que se trata de depósitos de caída producidos por la dispersión horizontal de columnas eruptivas plinianas.

INTERACCIÓN ENTRE DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS Y DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS

La interacción entre depósitos piroclásticos y depósitos sedimentarios es un hecho que se pone de manifiesto al estudiar los materiales piroclásticos de la cuenca de Grèixer-Castellar de N'Hug-Camprodón. Esta cuenca constituye un claro ejemplo en que el volcanismo se desarrolla mayoritariamente cuando en ella ya se ha instalado un régimen sedimentario más o menos bien evolucionado. En estas condiciones los procesos piroclásticos reactivan, en muchas ocasiones a los procesos sedimentarios, por ejemplo debido a las importantes lluvias que normalmente acompañan a las erupciones, y el resultado son unos depósitos que presentan características mixtas entre ambos.

En el tramo ignimbrítico principal se observa como algunas ignimbritas erosionan a niveles de areniscas y como estos, a su vez erosionan a las ignimbritas. Los contactos entre ambos tipos de depósitos no son claros, como sería en el caso que unos fuesen muy posteriores a otros, sino que aparecen más o menos confusos, a menudo con interdigitaciones, lo cual indica una cierta sincronidad. Los depósitos detríticos formados en estas condiciones son muy ricos en cristales (lám. I, fig. h) y contienen numerosos fragmentos de las ignimbritas que erosionan.

Hay que señalar también, que los componentes volcánicos son muy abundantes en todos los depósitos detríticos de la Unidad Roja Inferior de esta cuenca, aunque no estén en contacto directo con niveles piroclásticos. Esto indica que la actividad volcánica fue muy importante durante la deposición de toda la unidad, a pesar de que la mayoría de los depósitos piroclásticos hayan podido ser erosionados.

INTERPRETACIÓN

Todas las ignimbritas estudiadas en la cuenca de Grèixer-Castellar de N'Hug-Camprodón muestran evidencias de haberse formado a partir de mecanismos eruptivos puramente magmáticos. La escasez de fragmentos líticos que presentan, la no asociación con depósitos de oleadas piroclásticas hidromagmáticas y su grado de soldadura así lo indican. En todos los casos también puede deducirse que se originaron por el colapso de una columna eruptiva pliniana. En este sentido hay que señalar la presencia del depósito pliniano de caída en la base del tramo ignimbrítico principal y la asociación generalizada de los flujos piroclásticos con depósitos de «ground

surge». El mecanismo del colapso de la columna eruptiva vertical es el más aceptado actualmente para explicar la génesis de ignimbritas (Sparks y Wilson, 1976; Wilson *et al.*, 1978; Sparks *et al.*, 1978).

Las ignimbritas tipo A, C y D son ejemplos de ignimbritas tipo «*Low Aspect Ratio* (LARI)», según la clasificación de Walker *et al.* (1980), las cuales son consideradas de alta energía por la extensión que pueden llegar a tener. Las ignimbritas tipo B, en cambio, mucho más potentes, son del tipo «*High Aspect Ratio* (HARÍ)». En este caso no presentan una distribución radial, sino que se emplazaron siguiendo una única dirección. La secuencia de ignimbritas tipo C demuestra la existencia de una inestabilidad continuada de la columna eruptiva, posiblemente asociada a la formación de una caldera de colapso, proceso que podría completarse con la emisión de la ignimbrita tipo D, que presenta una extensión radial de más de 80 km.

Los depósitos de «*ground surge*» se originan por colapso parcial de la parte externa de la columna eruptiva (Fisher, 1979) y pueden aparecer o no asociados a oleadas piroclásticas. En nuestro caso, este tipo de oleadas piroclásticas aparecen siempre en la base de depósitos ignimbríticos, lo que demuestra una estrecha relación en la génesis de ambos depósitos piroclásticos. Las oleadas piroclásticas del tipo «*ash cloud surge*» se producen por elutriación de material fino en el techo del flujo ignimbrítico durante su emplazamiento (Fisher, 1979), formando una nube acompañante que puede desplazarse independientemente del flujo principal (ignimbrita).

Así pues, la actividad volcánica en la cuenca de Grèixer-Castellar de N'Hug-Camprodón puede resumirse tal como indica la figura 3. Durante la deposición de la Unidad de Tránsito y cuando la estructura de la cuenca está ya bien definida, se produce el emplazamiento de un domo de dacitas en el borde oriental de la misma (fig. 3-A). Esta manifestación volcánica se encuentra muy localizada y no parece estar relacionada con ningún tipo de actividad explosiva. Durante la deposición de la Unidad Roja Inferior la actividad volcánica se concentra en

Figura 3. — Esquema interpretativo de la evolución de la actividad volcánica en la cuenca tardihercínica de Grèixer-Castellar de N'Hug-Camprodón (ver texto). 1) Unidad de Tránsito; 2) Dacitas (Unidad de Tránsito); 3) Unidad Roja Inferior; 4) Ignimbritas; 5) Riolitas; 6) Unidad en Facies Bundsandstein

Figure 3. — Eschematic diagram which shows the evolution of volcanic activity in the Grèixer-Castellar de N'Hug-Camprodón late-hercynian basin (see the text). 1) Transit Unit; 2) Dacites (U.T.); 3) Lower Red Unit; 4) Ignimbrites; 5) Rhyolites; 6) Bundsandstein Facies Unit.

CUENCA DEL CADÍ

CUENCA DE GRÉIXER - CASTELLAR - CAMPRDON

E

W

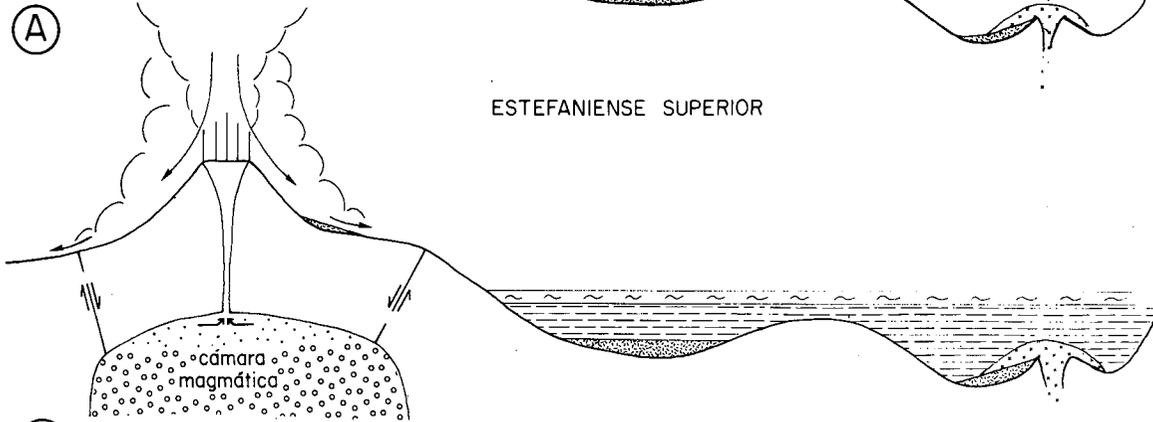
Gréixer

Castellar de N'Hug

Camprdon

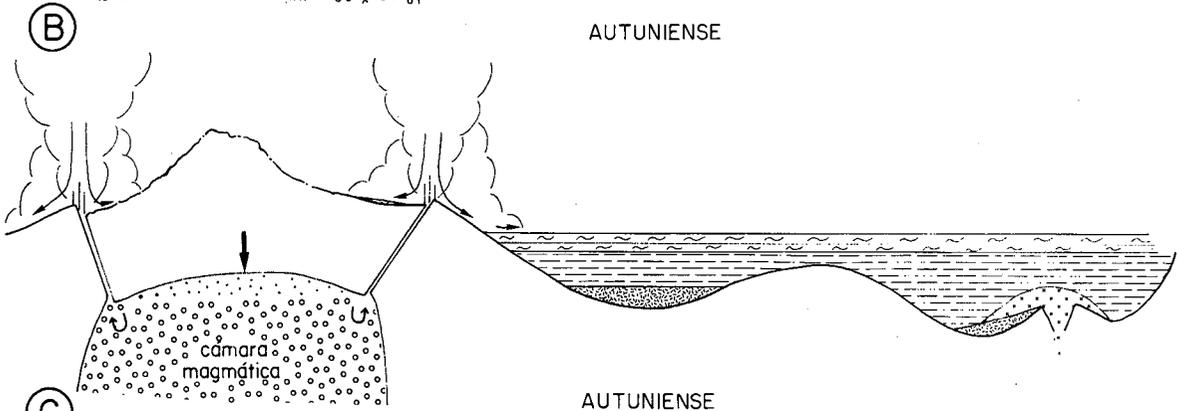
(A)

ESTEFANIENSE SUPERIOR



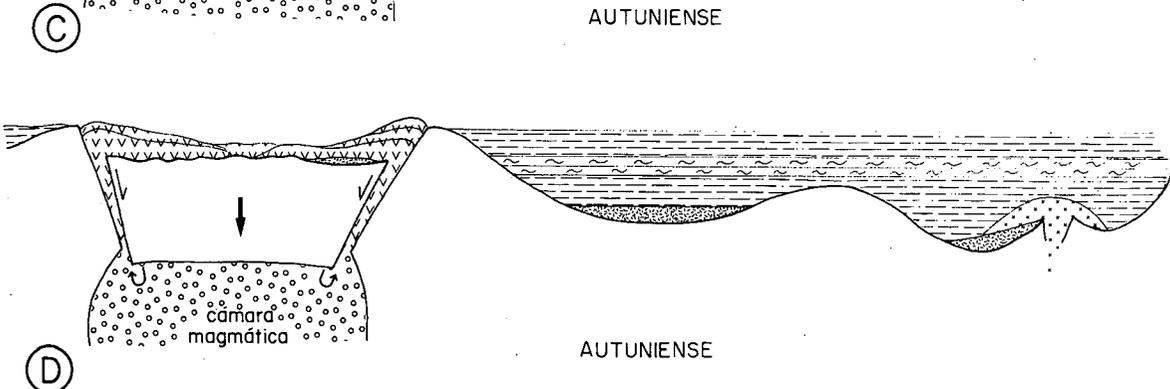
(B)

AUTUNIENSE



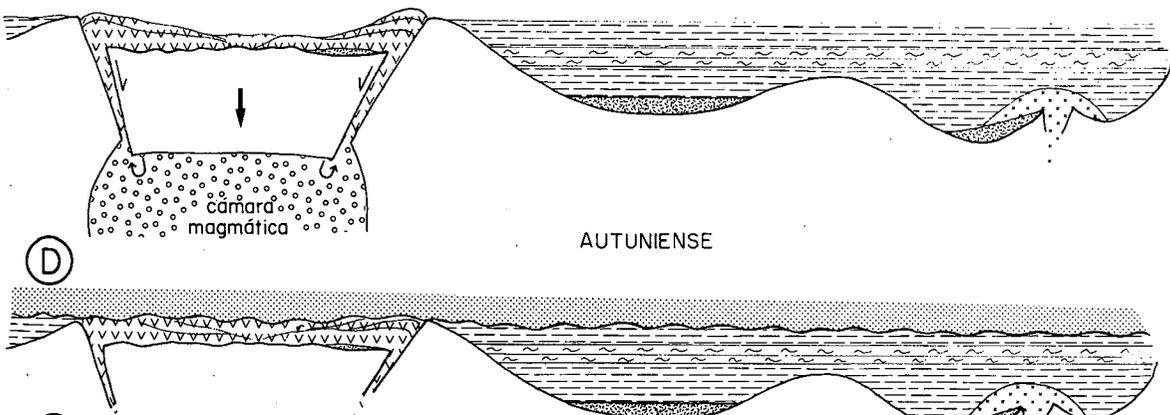
(C)

AUTUNIENSE



(D)

AUTUNIENSE



(E)

TRIASICO INFERIOR



1



2



3



4



5



6

el borde occidental de la cuenca, dando lugar inicialmente a un edificio volcánico de tipo central. La actividad de este edificio se manifiesta ya desde el inicio de la sedimentación de la Unidad Roja Inferior, tal como lo demuestra el carácter tufítico de los sedimentos y la presencia de algún nivel piroclástico intercalado (ignimbrita tipo A). Esta actividad volcánica, caracterizada por erupciones plinianas puramente magmáticas, va aumentando progresivamente hasta dar lugar a dos unidades ignimbriticas perfectamente identificables en toda la cuenca (ignimbritas tipo B, fig. 3-B). Seguidamente, y durante la misma fase eruptiva, tiene lugar la deposición de varias ignimbritas de escasa potencia (ignimbritas tipo C), lo que indica una inestabilidad continuada de la columna eruptiva. Este hecho hay que relacionarlo con el inicio de la formación de una caldera de colapso como resultado de una considerable pérdida de presión dentro de la cámara magmática, debida a la disminución progresiva en el contenido de volátiles que ésta experimenta durante las erupciones anteriores. A continuación, la actividad volcánica se concentra principalmente en los bordes de la caldera y se produce la emisión de la ignimbrita que marca la fase paroxismal de la erupción (ignimbrita tipo D, fig. 3-C). Posteriormente tiene lugar la extrusión de importantes coladas de lava riolítica, con alguna fase explosiva intercalada, las cuales se acumulan dentro de la caldera hasta llegar a colmarla (complejo riolítico de Grèixer, fig. 3-D).

CONCLUSIONES

Las ignimbritas de Castellar de N'Hug, aparecen asociadas a la Unidad Roja Inferior (Autuniense), y constituyen un claro ejemplo de coladas piroclásticas generadas, durante erupciones magmáticas plinianas, por el colapso de la columna eruptiva vertical. Su origen está relacionado con la formación del complejo riolítico de Grèixer, el cual corresponde a una caldera volcánica

de colapso generada, posiblemente, por el hundimiento de un edificio central. La extensión de estas ignimbritas, algunas de las cuales son perfectamente reconocibles en gran parte del Pirineo Catalán, permite que sean consideradas como excelentes niveles guía.

BIBLIOGRAFÍA

- FISHER, R.V., 1979: Models for pyroclastic surges and pyroclastic flows. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 6: 305-318.
- GISBERT, J., 1981: *Estudio geológico-petroológico del Este faniense-Pérmico de la Sierra del Cadí (Pirineo de Lérida)*. *Diagénesis y sedimentología*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza (inédita): 314 pp.
- GISBERT, J., 1983: El Pérmico de los Pirineos españoles. En *Carbonífero y Pérmico de España* (Martínez Díaz, C. Coord.). Xº Congreso Internacional de Estratigrafía y Geología del Carbonífero, Madrid: 405-420.
- GISBERT, J. (1983b): Las molasas tardihercínicas del Pirineo. In *Libro Jubilar en J.M. Ríos*, Tomo II. I.G.M.E. 168-184.
- GISBERT, J., GARCÍA, A., GASCON, F., MARTÍ, J. y BROU-TÍN, J., 1983: El Estefaniense, Pérmico y Triásico del Pirineo Oriental. Sedimentología, diagénesis y recursos de interés económico. *Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya*: 114 pp.
- MARTÍ, J., 1986: *El vulcanisme explosiu tardihercinià del Pirineu Català*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. (inédita) 304 pp.
- MUÑOZ, A., 1985: *Estructura alpina i herciana a la vora sud de la zona axial del Pirineu Oriental*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona (inédita): 305 pp.
- SPARKS, R.S.J. y WILSON, L., 1976: A model for the formation of ignimbrite by gravitational column collapse. *J. Geol. Soc. London*, 132: 441-451.
- SPARKS, R.S.J., WILSON, L. y HULME, G., 1978: Theoretical modeling of the generation, movement and emplacement of pyroclastic flows by column collapse. *J. Geophys. Res.*, 83 (B4): 1727-1739.
- WALKER, G.P.L., HEMING, R.F. y WILSON, G.N., 1980: Low Aspect Ratio Ignimbrites. *Nature*, 283 (5744): 286-287.
- WILSON, L., SPARKS, R.S.J., HUANG, T.C. y WATKINS, N.D., 1978: The control of volcanic column heights by eruption energetics and dynamics. *J. Geophys. Res.*, 85: 1829-1836.