

# Magnetocronología del Plioceno superior continental de la cuenca de Guadix-Baza (Cordilleras Béticas)

*Continental magnetostratigraphy of the Late Pliocene in the Guadix-Baza Basin (Betics, Spain)*

M. Garcés (\*) (1), (\*\*), J. Agustí (\*\*\*) y J.M. Parés (\*)

(\*) Institut de Ciències de La Terra "Jaume Almera", CSIC, Lluís Solé i Sabarís s/n, 08028-Barcelona.

(\*\*) Dept. de G D G i P, Universitat de Barcelona, Facultat de Geologia, Zona Universitària de Pedralbes, 08071-Barcelona.

(\*\*\*) Institut de Paleontologia Miquel Crusafont, Escola Industrial 23, 08028-Sabadell

(1) Actualmente en Fort Hoofddijk, Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands

## ABSTRACT

Stratigraphic superposition of mammal fossil-rich localities makes the Galera section (Baza Fm, Guadix-Baza Basin, Betics) very appropriate for magnetostratigraphic dating of the Late Pliocene continental biochronology. Independent correlation to the geomagnetic polarity time scale provides a precise calibration of the late Ruscinian and Villanian local mammal zones. The *Mimomys occitanus* zone (MN15) ranges from chron C2Ar to the upper half of C2An, the Ruscinian/Villanian boundary being placed between 2.7 and 3.3 Ma. Earliest record of the *Mimomys cappetta* zone is found above the Gauss/Matuyama boundary (2An/2r at 2.58 Ma). The early/late Villanian boundary (MN16/MN17) is recorded in the upper half of C2r, between 2.0 Ma and 2.3 Ma. A sedimentary hiatus of 300 kyr is suggested to correlate to a lower Villanian basin-wide unconformity.

**Key words:** Magnetostratigraphy, Late Pliocene, Ruscinian, Villanian, Guadix-Baza, Mammal.

*Geogaceta*, 20 (5) (1996), 1033-1036  
ISSN:0213683X

## Introducción

La aplicación de la magnetoestratigrafía en secuencias continentales cenozoicas dio paso en los años 70 y 80 a un refinamiento excepcional de la biocronología de mamíferos fósiles en regiones como Norteamérica y Siwaliks (Pakistán). En el área circummediterránea, sin embargo, el inmenso volumen de información paleontológica y biocronológica, se ha encontrado tradicionalmente falto de una calibración temporal precisa. Las numerosas localidades clásicas de vertebrados fósiles, bien conocidas desde un punto de vista biocronológico y base de referencia para las llamadas unidades MN (Mammal Neogene) de Mein (1975), han estado siempre desligadas de potentes secuencias estratigráficas. Con frecuencia estas localidades se encuentran en afloramientos pequeños, alterados o en litologías poco apropiadas para el análisis paleomagnético. Paradójicamente, el desarrollo de la datación magnetoestratigráfica en Europa se ha visto en cierto modo lastrado por una inercia histórica de investigación paleontológica en localidades sin soporte estratigráfico suficiente. En este trabajo se presenta el análisis magnetoestratigráfico de los sedimentos lacustres del Plioceno superior de la serie de Galera (Cuenca de Guadix-Baza), donde se cuenta con un rico registro pa-

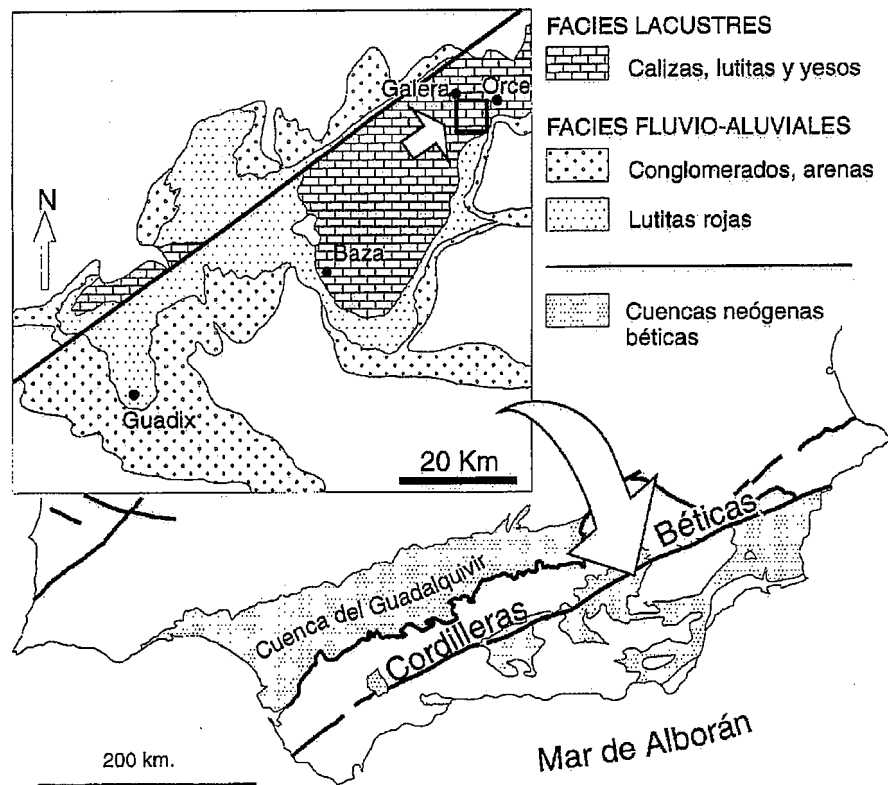


Fig.1.- Esquema geológico de la cuenca de Guadix-Baza (adaptado de García Aguilar y Soria, 1986-87) con indicación del área estudiada.

Fig.1.- Geogical sketch of the Guadix-Baza basin (after García Aguilar and Soria, 1986-87) and situation of the study area.

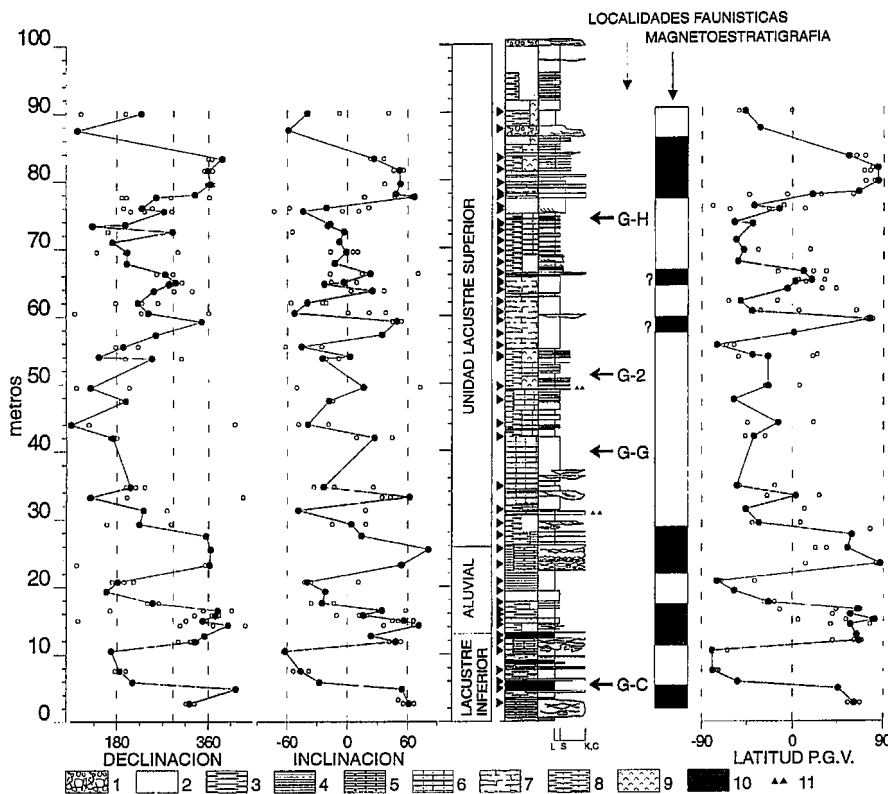


Fig. 2.- Secuencia de polaridad magnética de la serie de Galera (Fm. Baza). Círculos blancos indican direcciones de muestras individuales; círculos negros indican direcciones medias de cada estación. (1) conglomerados, (2) areniscas, (3) lutitas, (4) arcillas rojas, (5) calizas micríticas, (6) calizas porosas, (7) calcarenitas, (8) margas, (9) yeso y gipsarenitas, (10) limos orgánicos, (11) nódulos y horizontes de sílice.

Fig. 2.-Magnetic polarity sequence of the Galera section (Baza Fm.). White dots indicate individual sample directions; black dots indicate mean site directions. (1) conglomerates, (2) sandstones, (3) silstones, (4) red clays, (5) mudstones, (6) porous limestones, (7) carbonatic sandstones, (8) marls, (9) gypsum and gypsarenites, (10) organic-rich silts, (11) silica nodula/beds.

leontológico del Rusciniense superior y Villaniense (Agustí *et al*, 1986). Su correlación con la Escala de Tiempo de Polaridad Geomagnética (ETPG) aporta una datación precisa de la biozonación local de la cuenca de Guadix-Baza y sus correspondientes biocronozonas MN.

**La Cuenca de Guadix-Baza y la serie de Galera**

La depresión de Guadix-Baza (Fig. 1) es la mayor de las cuencas intramontañosas que se desarrollaron como respuesta al levantamiento isostático que afectó a la parte central de las Cordilleras Béticas a partir del Plioceno (Montenat *et al*, 1990). El relleno Plio-Pleistoceno está dividido en dos formaciones principales, separadas por un alto paleogeográfico. La Formación Guadix, compuesta por sedimentos fluvio-aluviales rojos, ocupa la parte occidental de la cuenca mientras que la parte oriental está dominada por los sedimentos lacustres de la Formación Baza (Vera, 1970). En el sector de Galera y Orce, la Fm. Baza está dividida en

tres unidades (Vera *et al*, 1984): un miembro inferior calizo, un miembro detrítico rojo y un miembro limoso-calizo superior. En la sección de Galera (Fig.2), el miembro inferior (unidad lacustre inferior) está representado por 13 metros de alternancias de margas y calizas nodulares lacustres con intercalaciones de niveles de limos oscuros de origen palustre. El miembro detrítico rojo (unidad aluvial) está compuesto por 10 metros de areniscas y limos de carácter aluvial. El miembro limoso-calizo superior (unidad lacustre superior) alcanza una potencia de 80 metros en los que alternan calcarenitas, calizas y margas. En los tramos arenosos dominan las estructuras tractivas, con superficies erosivas y paleocanales rellenos de cantos intraformacionales. También se reconocen niveles de gipsarenitas y horizontes con nódulos de sílice. La parte superior de la sección de Galera presenta una secuencia granocreciente con areniscas y microconglomerados a techo, donde predominan los componentes detríticos de origen metamórfico procedentes de la erosión de los relieves de las Zonas Internas béticas.

En las unidades lacustres inferior y superior se encuentran localidades ricas en restos fósiles, mientras que la unidad aluvial intermedia es estéril. La localidad G-C en la parte inferior de la serie de Galera tiene una edad Rusciniense superior (Agustí, 1986). En base a la presencia de *Dolomys adroveri* y *Mimomys occitanus*, esta localidad se atribuye a la zona de *Mimomys occitanus* (MN15), la división más alta dentro del Rusciniense. Las localidades G-G y G-2, en el miembro lacustre superior aportan una edad Villaniense Inferior (zona MN16), con asociaciones pertenecientes a la zona de *Mimomys cappettai*. La localidad G-H, situada en la parte superior del mismo miembro, aporta material perteneciente a la zona de *Mimomys cf. reidi* (= zona de *Mimomys pliocaenicus*) del Villaniense superior (MN17).

**Magnetoestratigrafía**

El muestreo paleomagnético se realizó en un total de 76 estaciones repartidas en los 100 metros de potencia de la serie de Galera; a 2 kms al SE de Galera a lo largo de la carretera de Huescar a Cullar-Baza. Fueron muestreadas todo tipo de litologías y los testigos orientados in situ con una brújula magnética. Sedimentos arenosos poco consolidados se impregnaron con una solución de silicato de sodio con objeto de impedir la disgregación de las muestras durante la manipulación. El análisis de las muestras fue llevado a cabo en un magnetómetro criogénico de 3 ejes GM400 CCL en el laboratorio de paleomagnetismo del Instituto de Ciencias de La Tierra Jaume Almera de Barcelona (CSIC). Para la determinación de las componentes de magnetización característica se emplearon las técnicas habituales de desmagnetización progresiva térmica y por campos alternos en tres muestras por cada estación (Garcés, 1993). La eliminación de las componentes secundarias de campo reciente fue más efectiva mediante el lavado térmico a 250°C, mientras que el lavado por campos alternos solo resultó positivo en las rocas de granulometría más fina, con menos muestras visibles de alteración. Por encima de 250°C se reconoce una componente característica con polaridades tanto normales como inversas y con temperaturas de desbloqueo entre 350°C y 600°C. Los análisis de magnetización remanente isotérmica denotan la presencia generalizada de magnetita en todos los niveles (Garcés, 1993). Ocasionalmente la magnetita puede venir acompañada de alguna fase de sulfuros de hierro en determinados niveles de limos palustres o hematites en los tramos rojos de la unidad aluvial intermedia.

La secuencia de polaridad magnética resulta a partir del cálculo de la latitud del polo geomagnético virtual para cada estación (Fig.2). Se reconocen un total de ocho magnetozonas bien determinadas. No se ha considerado una estación aislada de polaridad

normal en la parte media de la serie por ser en este tramo donde el afloramiento presenta una mayor grado de alteración y donde la identificación de la componente característica resulta menos fiable. Igualmente resulta incierta la magnetozona normal pre-

sente en el metro 65. Si bien ésta se encuentra representada por tres estaciones consecutivas con latitudes del PGV positivas, todas ellas dan valores anormalmente bajos, entre 0 y +30°.

**Correlación con la ETPG**

La correlación de la serie de Galera con la ETPG se basa en la característica secuencia de inversiones magnéticas observada así como en la conocida relación entre el Rusciniense superior y la cronoestratigrafía estándar en la cuenca del Guadalquivir. En la sección de Asta Regia (Cádiz), sedimentos del Rusciniense superior con *Dolomys adroveri* cubren a margas marinas con *Globigerina nepenthes*, *Globorotalia margaritae* y *G. crassaformis* s.s. (Aguirre et al, 1992), asociación atribuida a la zona de foraminíferos planctónicos PL1b (Berggren et al, 1995). En base a la correlación de la zona PL1b con la parte alta del cron C3n, la parte basal de la serie de Galera, con asociaciones de roedores atribuibles a la zona más alta del Rusciniense, puede correlacionarse con el cron C2An (Fig. 3). Consecuentemente, la potente magnetozona inversa representada por la primera mitad del miembro lacustre superior se corresponde con el cron C2r; y la magnetozona normal situada hacia el techo de la serie con el cron C2n (Olduvai). Una posible equivalencia de esta magnetozona con Jaramillo (cron C1r.1n) puede descartarse en base a la correlación de este cron con faunas del Pleistoceno con *Mimomys savini* (Zagwijn y Jong, 1984).

De la correlación magnetoestratigráfica se desprende que la serie de Galera representa un lapso de tiempo de 1.9 Myr, entre 3.4 Ma y 1.5 Ma, con una tasa de acumulación media aproximada de 6-7 cm/kyr. Una truncación en la correlación en la parte superior de la unidad aluvial sugiere una condensación o hiatus equivalente a unos 300 kyr (entre 2.6 Ma y 2.9 Ma). Esta discontinuidad estratigráfica coincide con el cambio súbito en las condiciones de deposición que significa la expansión del sistema lacustre sobre sus márgenes. Podría correlacionarse con la discontinuidad descrita por Martín Suárez (1988) en éste sector de la cuenca en una posición bioestratigráfica equivalente, y con la discordancia intravillaniense observada más al oeste en la Fm. Guadix (Vieras, 1991). Ello sugiere la existencia de un hiato sedimentario a escala de toda la cuenca, que abarcaría parte del Villaniense inferior y podría explicar la falta de registro de la zona de *Mimomys stehlini* en Guadix-Baza.

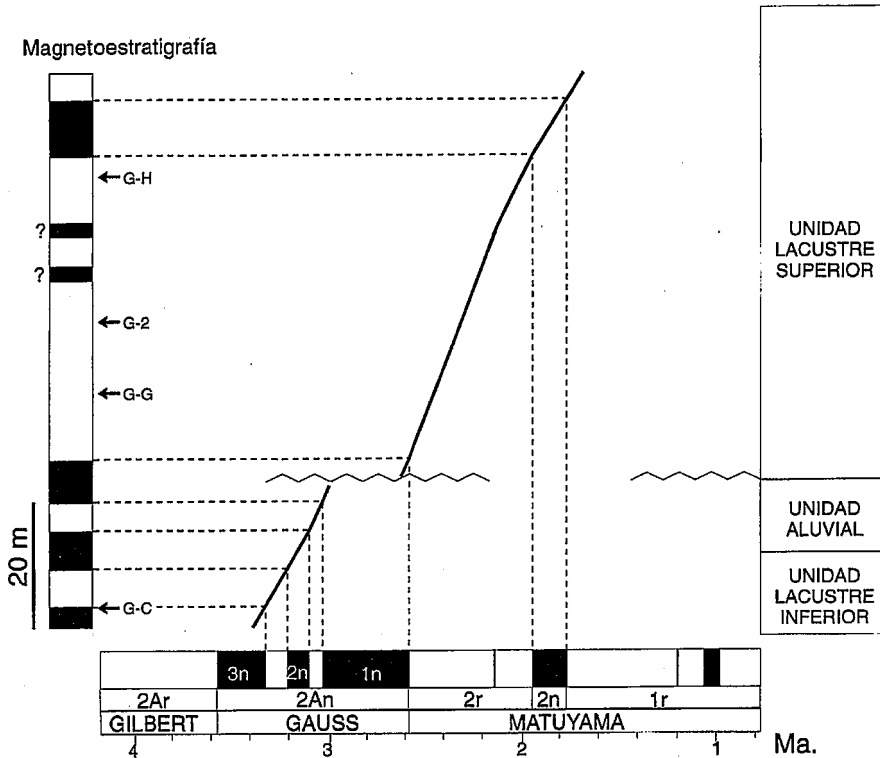


Fig.3.- Correlación de la serie magnetoestratigráfica de Galera con la E.T.P.G. (Cande y Kent, 1995). De la correlación lineal de los tramos lacustres se obtiene una tasa media de acumulación de 6-7 cm/kyr. La truncación a techo de la unidad aluvial sugiere un hiato sedimentario de 300 kyr.

Fig.3.- Correlation of the magnetostratigraphic sequence of the Galera section to the G.P.T.S. (Cande & Kent, 1995). The linear correlation in the lacustrine units indicates mean accumulation rates of 6 to 7 cm/kyr. The truncation by the top of the alluvial unit suggest a sedimentary hiatus of 300 kyr.

| Ma | ETPM CK95 | CRONOLOGIA ESTANDAR | CRONOLOGIA CONTINENTAL | ZONAS LOCALES Guadix-Baza        |
|----|-----------|---------------------|------------------------|----------------------------------|
| 1  | C1n       | PLEISTOCENO         | TORINGIENSE            | <i>Arvicola cantiana</i>         |
|    | C1r       |                     | BIHARIENSE             | <i>Mimomys savini</i>            |
| 2  | C2n       | PLIOCENO SUPERIOR   | MmQ4                   | <i>Allophaiomys pliocaenicus</i> |
|    | C2r       |                     | MmQ3                   | <i>Mimomys ostramosensis</i>     |
| 3  | C2An      |                     | MN17                   | <i>Mimomys cf. reidi</i>         |
|    | C2Ar      |                     | MN16                   | <i>Mimomys cappettai</i>         |
| 4  | C2An      | PLIOCENO INFERIOR   | MN15                   | <i>Mimomys occitanus</i>         |
|    | C2Ar      |                     | MN14                   | <i>Trilophomys castroi</i>       |
| 5  | C3n       |                     |                        |                                  |

Fig. 4. Cronología del Plioceno superior continental en la Cuenca de Guadix-Baza y correlación con la escala cronoestratigráfica estándar.

Fig.4.- Late Pliocene continental chronology from the Guadix-Baza basin and correlation to the standard marine chronostratigraphy.

**Cronología continental del Plioceno superior**

La datación magnetoestratigráfica de la serie de Galera indica que las faunas del Rusciniense superior (MN15) de la localidad G-C se sitúan dentro del cron C2An.3n, en la parte basal de Gauss, extendiéndose por tanto por encima del límite Zancliense/Plasenciense (Fig. 4). En base a la correlación de la zona MN16 con la parte alta de Gauss en la cuenca de Riez-Valensole (Biquand *et al.*, 1990), el límite MN15/MN16 debe encontrarse en la mitad superior del cron C2An, entre 3.3 Ma. y 2.7 Ma aproximadamente. Las localidades G-G y G-2 con *Mimomys cappettai* (Villaniense inferior, MN16) se correlacionan en Galera con la mitad inferior del cron C2r (Matuyama). La base de la zona de *Mimomys cappettai* se sitúa muy próxima al límite Gauss/Matuyama (2.58 Ma), pudiendo correlacionarse con el datum de Equus en la localidad villanfraniense de Montopoly en Italia (Lindsay *et al.*, 1980). El Villaniense superior (MN17) con *Mimomys cf. reidi* aparece ya a techo del cron C2r, a 2 m por debajo del cron C2n (Olduvai). El límite MN16/MN17 es necesariamente anterior a 1.95

Ma, muy probablemente entre 2.26 Ma y 1.95 Ma. En base a la correlación de la zona de *Mimomys ostromosensis* con la parte inferior de Matuyama en Cortes de Baza (Oms *et al.*, 1994), el límite Villaniense/Bihariense puede situarse muy próximo al límite C2n/C1r, en coincidencia con la edad del límite Plioceno/Cuaternario de la escala cronológica estándar.

**Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos DGICYT PB 94-1265 y CII\*-CT94-0114.

**Referencias**

Aguirre, J., J. Agustí, J. Castillo, y FJ Ferriz (1992). *Atlantic General events during the Neogene*, pp. 11-14, Lisboa.  
 Agustí, J. (1986). *Mem. Soc. Geol. It.*, 31167-31173.  
 Berggren, WA, FJ Hilgen, CG Langereis, DK Kent, JD Obradovich, I Raffi, ME Raymo y NJ Shackleton (1995). *Geol. Soc. Am. Bull.*, 107(11): 1272-1287,  
 Biquand, D, M Dubar y F Semah (1990). *Quaternary Res.*, 33(2): 241-252.

Cande, SC y DV Kent (1995). *J. Geophys. Res.*, 100: 6093-6095  
 Garcés, M (1993). *Tesis de licenciatura*. D.G.D.G.P, Universitat de Barcelona, 131 pp. ,  
 García Aguilar, JM y FJ Soria, (1986-87). *Acta Geol. Hisp.*, 21: 91-95.  
 Lindsay, EH, ND Opdyke y NM Johnson (1980). *Nature*, 287(5778):135-138.  
 Martín Suarez, E (1988). *Tesis doctoral*. Univ. Granada, 241 pp.  
 Mein, P (1975). *Report on the activity of the RCMNS working groups, Bratislava*, 78-81.  
 Montenat, C, P Ott d'Estevou, J Rodríguez Fernández y C Sanz de Galdeano (1990). *Paleont. i Evol.*, 2: 25-59.  
 Oms, O, M Garcés, JM Parés, J Agustí, P Anadón, R Julià (1995). *Phys. Earth. Planet. Int.*,85: 173-180.  
 Vera, JA (1970). *Bol. Geol. y Min. Esp.*, 81429-81462.  
 Vera, JA, J. Fernández, A.C. López Garrido y J. Rodríguez Fernández (1984). *Paleont. Evol.*, 18: 3-11.  
 Viseras, C (1991). *Tesis doctoral* Universidad de Granada, 327 pp.