

del alcalino básico (V). Este régimen extensional continuó en el Triás, asociado tanto al *rifting* Atlántico, condicionando el magmatismo toleítico mencionado, como al *rifting* relacionado con la apertura del Neo-Tethys (Stampfli, 1996). Ambos sistemas de *rifting* están conectados al inicio del Jurásico (Ziegler y Stampfli, 2001). El inicio de la sedimentación y magmatismo pérmicos, en el dominio pirenaico puede ser considerada, a su vez, diacrónica con su equivalente calcoalcalino (Pérmico Inferior) en la Cadena Ibérica, no estando registrado magmatismo durante el Pérmico Medio en este segundo dominio (*cf.* Cap. 5.4).

Este contexto de transición del régimen transtensivo al netamente extensional permite explicar la destacada participación de componentes corticales en el magmatismo calcoalcalino del Pérmico Inferior de los Pirineos, en tanto que el alcalino del Pérmico Medio representa a un magma mantélico de escasa interacción con componentes corticales (sólidos o magmas). Este hecho puede explicar su afinidad transicional hacia la estrictamente alcalina.

3.5. EL CICLO ALPINO EN LA CORDILLERA PIRENAICA: ETAPAS Y MATERIALES.

3.5.1. El Triásico de los Pirineos

(F. Calvet^(†), E. Anglada y J.M. Salvany).

La serie triásica se presenta en los Pirineos, al igual que en gran parte de la Península Ibérica como una alternancia de secuencias siliciclásticas y carbonáticas y/o evaporíticas (Virgili *et al.*, 1983; Sopena *et al.*, 1988). En la Península Ibérica, las tres secuencias carbonáticas (representadas por las facies Muschelkalk inferior, Muschelkalk superior y Fm Imón, con edades Anisiense, Ladiniense y Rhaetiense respectivamente) están presentes en la parte oriental de la Cordillera Ibérica, Cadenas Costeras Catalanas y en la parte oriental de la Cuenca del Ebro. En los Pirineos, al igual que ocurre en la parte occidental de la Cordillera Ibérica y de la Cuenca del Ebro, así como en la Cuenca de Aquitania, en el antepaís septentrional de los Pirineos, solo están presentes dos secuencias carbonáticas que representan al Muschelkalk superior (Ladiniense) y a la Fm Isábena (Rhaetiense), equivalente en edad a la Fm Imón de la Cordillera Ibérica (Calvet *et al.*, 1993). Únicamente en la parte más septentrional de los Pirineos (Banys d'Arles, Masarac) y al sur de Pont de Suert han sido citados la presencia de carbonatos de edad Anisiense superior (Fréchengues y Peybernès, 1991a,b). El Triásico de la vertiente sur de los Pirineos está constituido por cuatro unidades litoestratigráficas (Fig. 3.23) que, de base a techo corresponden al Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper y Fm Isábena.

El **Buntsandstein** de los Pirineos meridionales está constituido por conglomerados, areniscas y lutitas de color rojo, que reposan en discordancia angular sobre diferentes términos del zócalo varisco y sobre el Pérmico en facies saxoniense. Con espesores situados entre los cien y el millar de metros, el Buntsandstein aflora en los Pirineos al sur de la Zona Axial, en las Unidades de Nogueres y Cadí (Nagtegaal, 1969; Gisbert *et al.*, 1983, 1985), en el macizo de Orotz-Betelu y alrededor de los macizos vascos (Müller, 1969, 1973).

De manera general el Buntsandstein de los Pirineos presenta dos megasecuencias granodecrecientes (Müller, 1969, Gisbert *et al.*, 1985). La primera megasecuencia está formada por un conglomerado basal, con espesores entre los 15 m máximos en los Nogueres (Gisbert *et al.*, 1985) y unos 40 en

el País Vasco (Müller, 1969), que grada verticalmente a areniscas y lutitas con espesores situados entre los 60 m máximos en los Nogueres y Cadí o entre 40 y 220 m en el País Vasco (Müller, 1969). La segunda megasecuencia consiste en una unidad de conglomerados, areniscas y lutitas formando secuencias granodecrecientes que, en las unidades de los Nogueres y Cadí, tiene espesores máximos de unos 100 m. La parte superior de esta megasecuencia corresponde a una unidad de lutitas de colores rojos en la base con alguna intercalación arenosa y de paleosuelos carbonatados, y de lutitas con colores verdes o gris verdosos a techo que incluyen algún nivel centimétrico de dolomías ocreas. El espesor de esta unidad lutítica superior oscila entre los 16 a 22 m en los Nogueres y Cadí y los 30 a 55 m en el País Vasco. Las facies Buntsandstein son interpretadas como depósitos fluviales, generalmente sistemas trezados, de proximales a distales que evolucionan en la vertical (unidad lutítica de la megasecuencia superior) a depósitos de llanura de inundación con influencia marina. En la unidad de areniscas y lutitas de la megasecuencia inferior, Broutin *et al.* (1988) describen una asociación polínica procedente de la zona de los Nogueres (Palanca de Noves), atribuida al Thuringiense. En los conglomerados, areniscas y lutitas de la megasecuencia superior, Broutin *et al.* (1988) (Baró, Unidad de los Nogueres) y Calvet *et al.*, (1993) (Puerto de Ortzoño, Navarra) describen una asociación polínica que indica una edad Anisiense inferior-medio. En las lutitas superiores de esta secuencia, Calvet *et al.* (1993) describen una asociación polínica, procedente de diversas localidades de los Nogueres y de la Unidad del Cadí (Igüerri, Sant Sebastià de Buseu, Bagà), que indica una edad Anisiense inferior.

El **Muschelkalk** de los Pirineos meridionales corresponde al Muschelkalk superior. Con un espesor total que oscila entre los 30 a 50 m en las Sierras Marginales, y de 50 a 80 m en los Nogueres, Cadí y País Vasco, está formado por tres unidades litológicas que son, de base a techo, unidad de dolomías margosas, unidad de calizas grises y unidad de calizas y/o dolomías tableadas. El contacto con el Buntsandstein es gradual a nivel de afloramiento y corresponde a un *onlap* a nivel regional. Se interpretan como depósitos de rampa carbonatada homoclinal. La unidad inferior del Muschelkalk (dolomías margosas) contiene (Hostalets, Unidad de los Nogueres) una asociación palinológica que, por la presencia de *Camerospirites secatus* y la ausencia de formas del Carniense indican una edad Ladiniense superior (Calvet *et al.*, 1993). La unidad intermedia del Muschelkalk (calizas grises) contiene foraminíferos relativamente abundantes. Se han reconocido dos asociaciones principales; una de ellas, asociada a las facies micríticas de la base está formada por Nodosáridos; la segunda, que aparece en la parte superior de la unidad, contiene esencialmente Involutínidos. Esta asociación con especies próximas a la zona de Turriplomina meso-Triásica (subzona de *Angulodiscus praegaschei*) de la zonación de Salaj *et al.* (1988) para la región carpato-balcánica, indica una edad Ladiniense superior (Longobardiense) (Márquez *et al.*, 1990; Calvet *et al.*, 1994). En esta misma unidad se ha descrito la presencia de conodontos; concretamente *Pseudofurnishius murcianus* BOOGARD (Montcortès, Cabestany, Guixera de Tost, en las Unidades de Nogueres y Cadí) y de *Sephradiella mungoensis* DIEBEL en el puerto de Belate (País Vasco) (March, 1991). Estas formas indican una edad Ladiniense superior y son los mismos multielementos que aparecen en el Muschelkalk de las Cadenas Costeras Catalanas (March, 1991). La unidad superior del Muschel-

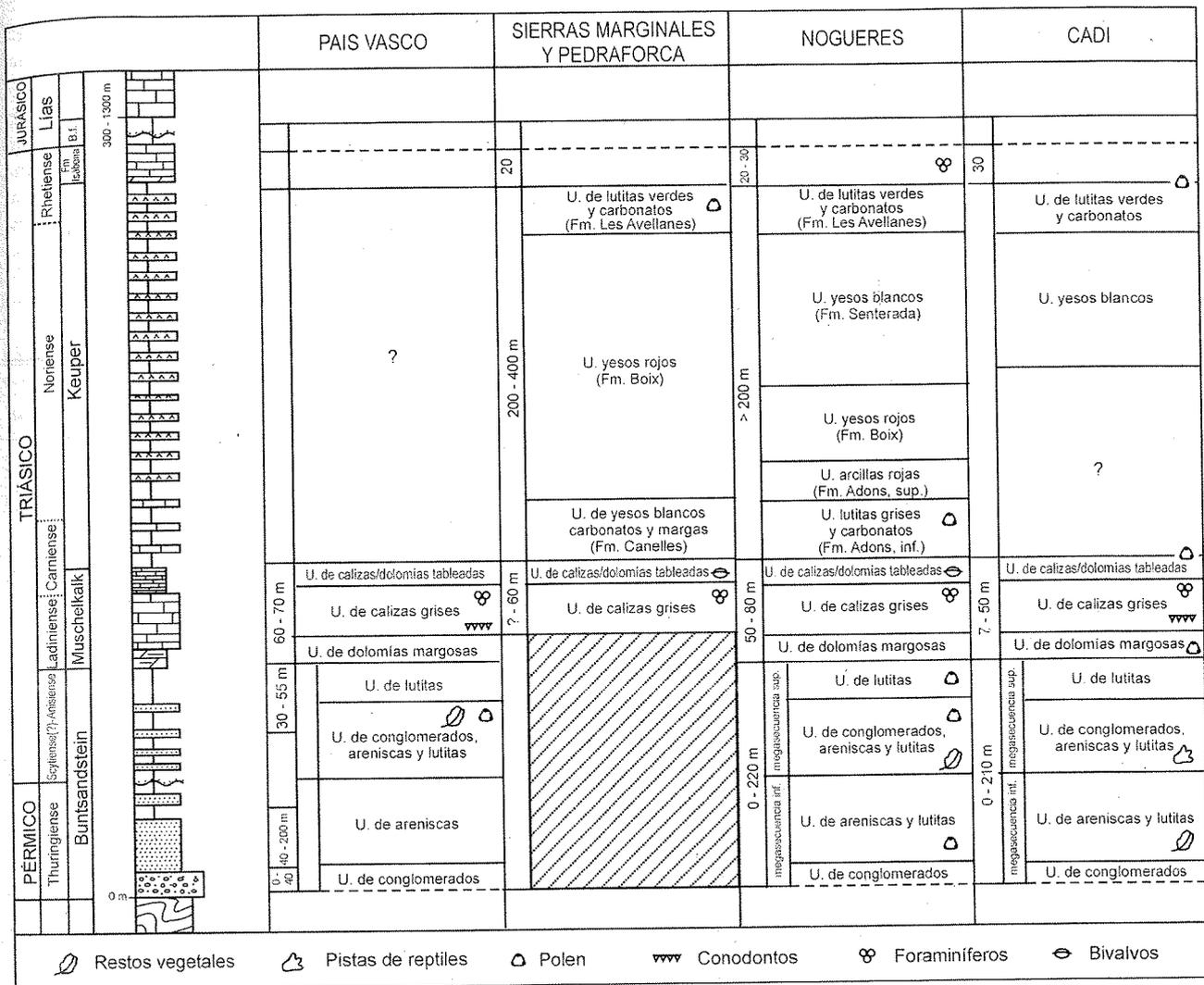


Figura 3.23.- Principales características de las unidades litoestratigráficas del Triásico de los Pirineos.

kalk (unidad de calizas y/o dolomías tableadas) contiene una fauna de moluscos bivalvos como *Pseudocorbula gregaria* (MUNSTER), *Neoschizodus laevigatus* (GOLDFUSS), *Myophoriopsis keuperiana* (QUENSTED), *Unionites muensteri* (WISSMAN), *Pleuromya elongata* (SCHLOTHEIM), *Planucopsis cf. teruelensis* WURM (1911), *Laxonema* sp., *Bakevillia* sp., "*Natica*" sp. Si bien desde el punto de vista bioestratigráfico estas especies cubren todo el Triásico Medio, *Pseudocorbula gregaria*, *Neoschizodus laevigatus*, y *Unionites muensteri*, son frecuentes en los niveles superiores del Muschelkalk superior de la Cordillera Ibérica correspondientes al Ladiniense superior (Márquez-Aliaga y López-Gómez, 1989). En el tránsito de esta unidad a la unidad basal del Keuper (lutitas grises y carbonatos) Calvet *et al.* (1993) describieron la presencia de una asociación polínica (Oden, Unidad del Cadí) correspondiente al Carniense medio - superior.

El Keuper de los Pirineos meridionales ha sido revisado recientemente por Salvany y Bastida (2004) (Fig. 3.23). Aflora esencialmente en las unidades de los Nogueres y Cadí, con espesores estimados del orden de 200 m donde presenta evaporitas y depósitos arcillosos y carbonatados de gran desarrollo, así como en las Sierras Marginales, con espesores del orden de 300 a 400 m de una serie esencialmente evaporítica.

En las Sierras Marginales Salvany y Bastida (2004) reconocen, en el Keuper, tres unidades litoestratigráficas. La unidad basal, denominada Fm Yesos de Canelles, en contacto neto sobre el Muschelkalk y con un espesor entre 30 y 43 m, está formada por tres tramos litológicos que corresponden a yeso-carbonatos con estructuras de corriente, yeso laminado con arcillas y carbonatos alternando cíclicamente, y yesos laminados y nodulares. Esta unidad sería equivalente a la Unidad K1 del Keuper de Levante (Ortí, 1974) y a la Fm Miravet de las Cadenas Costeras Catalanas (Salvany y Ortí, 1987). La unidad intermedia, denominada Fm Yesos de Boix, en contacto neto sobre la anterior bien visible por el cambio de coloración de blanco a rojo, está formada por una potente acumulación de capas de yeso y arcillas yesíferas sin ninguna ordenación secuencial. El espesor sobrepasa los 200 m y, por los datos del sondeo Surpirenaica-1 (Klimowitz y Torrecusa, 1990), puede estimarse en hasta 400 m. Los yacimientos de sales del subsuelo corresponderían a esta unidad. En la parte superior de esta unidad se individualiza un tramo arcilloso versicolor, de unos 40 m, que da paso a la unidad superior. Esta unidad sería equivalente a la Unidad K4 del Keuper de Levante (Ortí, 1974) y a la Fm del Molar (Salvany y Ortí, 1987) de las Cadenas Costeras Catalanas. La unidad superior, o Fm Arcillas y Carbonatos de Les Avellanes, con un espesor del orden de 60 m, está formada por un tramo inferior de arcil-

llas gris-verdosas con capas de dolomías laminadas y oolíticas y algún horizonte rojo, y un tramo superior de arcillas verdosas y calizas laminadas de tonalidad ocre. Esta unidad equivale a la Fm Gallicant del Keuper de las Cadenas Costeras Catalanas (Salvany y Ortí, 1987).

En los **Nogueres** el Keuper tiene cuatro unidades litoestratigráficas (Salvany y Bastida, 2004). La unidad inferior o Fm Arcillas y carbonatos de Adons, en tránsito gradual con el Muschelkalk y con un espesor entre 65 y 100 m, está formada por dos tramos que en trabajos previos habían sido descritos como unidades independientes (Salvany, 1990; Salvany y Bastida, 1994; Calvet *et al.*, 1993). El tramo inferior está compuesto por arcillas grises con amplio desarrollo de carbonatos en capas decimétricas de dolmicritas masivas y laminadas, así como *grainstone* oolíticos y de peloides parcialmente dolomitizados. El tramo superior está compuesto por arcillas rojas y versicolores con un mayor desarrollo de carinulosas y costras silíceas. El tránsito entre ambos tramos es gradual. El techo del tramo inferior ha sido datado como Ladiniense superior – Carniense por Fréchengues *et al.* (1992) por su contenido palinológico (Noguera de Tor). Esta unidad no tiene un referente litoestratigráfico con otras unidades del Keuper peninsular. El tramo superior de arcillas rojas podría ser equivalente a la serie detrítica intermedia (K2-K3) del Keuper de Levante (Ortí, 1974). La segunda unidad o Fm Yesos de Boix corresponde a la misma unidad definida en las Sierras Marginales. En la Unidad de los Nogueres tiene menor espesor (60 m en Montardit). La tercera unidad o Fm Yesos de Senterada, se dispone en contacto neto sobre la anterior y en tránsito gradual con la unidad suprayacente. Se trata de una unidad yesífera muy uniforme, constituida por yeso laminado con carbonato, de color blanco-gris, ocasionalmente negruzco, en capas centimétricas a métricas. Esta unidad es comparable a la unidad K5 del Keuper de Levante (Ortí, 1974). La unidad superior o Fm Arcillas y Carbonatos de Les Avellanes se corresponde con la unidad descrita en las Sierras Marginales aunque con una potencia algo menor (entorno a los 45 m). Baudelot y Taugourdeau-Lantz (1986) describen una asociación palinológica de edad Rhaetiense en el techo del Keuper en la Poble de Lillet (Cadi). Calvet *et al.* (1993) describen una asociación palinológica procedente de Noves de Segre (Nogueres) y La Nou (Cadi) que indicarían probablemente una edad Rhaetiense.

La **Fm Isábena** de los Pirineos meridionales fue definida por Calvet y Anglada (1987) y Arnal *et al.* (1994). Está formada por calizas y localmente dolomía, con un espesor situado entre los 20 y 35 m. El límite inferior de la unidad es gradual sobre las facies lutítico-carbonatadas del techo del Keuper. Su límite superior es una superficie de erosión sobre la que se disponen las facies siliciclásticas de la Brecha ferruginosa que constituyen la base del Lías (Garrido-Megías y Ríos, 1972; Ramon, 1989) que correspondería a una toba volcánica (Peyberñès y Papon, 1968) denominado Miembro de cineritas y brechas por Fauré (1984). Equivale a la Fm Imón de la Cordillera Ibérica y a las Fm de Boutenac (Peyberñès *et al.*, 1988) de la vertiente francesa y a la Dolomía de Carcans de la Cuenca de Aquitania (Curnelle, 1983). Márquez *et al.* (1994) distinguen tres miembros en esta unidad. El miembro inferior, Mb de dolomías y lutitas de Bruguet (10 m), está formado por dolomías tableadas con laminación paralela, ripples de corriente, pseudomorfo lenticulares, lutitas y brechas, es interpretado como depósitos de llanura de inundación costera en un clima semi-árido. El miembro intermedio, Mb de calizas oolíticas de Bonansa (5-12 m), en contacto

neto sobre el anterior, está formado por *packstones-grainstones* oolíticos, de intraclastos, *packstones* de pellets y *mudstones-wackestones*. Corresponden a facies de plataforma somera con el desarrollo de pequeñas barras oolíticas. El miembro superior, Mb de calizas tableadas de Colobó (5-15 m), en contacto neto sobre el anterior, está formado por calizas tableadas en capas decimétricas y, localmente dolomías. La base de la Fm Isábena contiene, en Noves de Segre (Nogueres) una asociación polínica que indica una edad Rhaetiense (Calvet *et al.*, 1993). En el miembro de calizas oolíticas de Bonansa (Nogueres) Márquez *et al.* (1994) citan la presencia de una fauna de foraminíferos que, por la presencia de *Gandinella falsosfriedli* (SALAJ, BORZA et SAMUEL), y la ausencia de *Triasina hantkeni* MAJZON situaría a esa unidad en la zona *Gandinella falsosfriedli* de Salaj *et al.* (1988) que indicaría una edad Alauniense terminal a Sevatiense medio (Noriense s.s. terminal? – Rhaetiense s.l. inferior).

3.5.2. El Triásico de la Cordillera Cantábrica

(S. Robles y V. Pujalte)

El Sistema Triásico está representado en la mayor parte de la Cordillera Cantábrica por depósitos de facies Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper, en discordancia sobre materiales del Carbonífero o del Pérmico inferior, además de por rocas ígneas (“ofitas”). Como excepción, en Asturias no aparecen materiales característicos de facies Buntsandstein ni Muschelkalk, lo que hace difícil su individualización, incluso faciología, del Pérmico. La sucesión Asturiana no suele superar 250 m de potencia y está formada eminentemente por lutitas, margas y areniscas rojas, verdes y marrones con intercalaciones de yeso en la parte superior y con un nivel de dolomías y calizas tableadas en el techo (Conjunto Superior de Manjón *et al.*, 1992; Unidad de Transición de Suárez Vega, 1974; Fm Fuentes de Martínez García, 1991). Estos materiales se atribuyen, al menos en su techo, al Rhaetiense (Martínez García *et al.*, 1998 y Barrón *et al.*, 2002). En contraste, en la parte occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Cantabria y N de Palencia) el Triásico aparece ampliamente desarrollado, en particular sus depósitos de facies Buntsandstein que afloran espectacularmente (ver Fig. 3.72). Por ello esta zona se considera el área tipo para describir las características estratigráficas del Triásico de las Cordillera Cantábrica.

3.5.2.1. Buntsandstein

El “Buntsandstein” (Fm Alto Campó de Espina, 1997) está constituido por depósitos siliciclásticos (conglomerados, areniscas y lutitas rojas) organizados en una sucesión compleja de carácter positivo, que incluye algunos tipos de huellas reptilianas (Frets, 1965; Sainz de Omeñaca, 1977) y fragmentos vegetales de *Voltzia* (Maas, 1974). Su espesor es muy variable, pasando de 120 m en Rueda de Pisuerga (zona meridional de los afloramientos) a cerca de 950 m en el perfil del río Nansa (zona central) y disminuyendo nuevamente a 100-450 m en la zona septentrional (Figs. 3.24, 3.72). Debido a estas variaciones las unidades conglomeráticas basales del Buntsandstein sólo aparecen bien desarrolladas en las sucesiones más potentes (p.ej. Peña Sagra, Pico Tres Mares y La Cohilla-Tudanca), mientras que las más ricas en lutitas, situadas al techo de la sucesión, están presentes en todos los sectores (Fig. 3.24). Las variaciones de potencia, el acunamiento de unidades y la orientación de las paleocorrientes están