

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS
EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

DISCURSO

LEIDO EN EL ACTO DE SU RECEPCION

POR EL EXCMO. SEÑOR

D. ANTONIO ALMELA SAMPER

Y

CONTESTACION

DEL EXCMO. SEÑOR

D. FRANCISCO HERNANDEZ-PACHECO DE LA CUESTA

EL DIA 15 DE MARZO DE 1967



DOMICILIO DE LA CORPORACION:

VALVERDE, 22. MADRID

Teléfono 221 25 29

1 9 6 7

Depósito legal: M. 3.937.—1967

DISCURSO
DEL
EXCMO. SR. D. ANTONIO ALMELA SAMPER

TEMA:

. TECTONICA PIRENAICA

Excmos. Sres. Académicos.

Señoras, señores :

Es bien sabido que la meta en que todo investigador científico sueña, de manera más o menos consciente, es llegar a ocupar un puesto en una Academia; y yo en mis correrías geológicas o sentado ante mi mesa de trabajo, al meditar sobre los problemas geológicos que tenía en estudio y redactar las observaciones hechas en el campo, he pensado muchas veces en la inmensa satisfacción que me produciría, que algún día la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales pudiera llamarme a ocupar un puesto en ella.

Pero convencido de los relevantes méritos que era necesario atesorar para conseguir este honor, pensaba en ello como en algo tan deseable como imposible de alcanzar.

La vida transcurre con gran rapidez, y casi sin darme cuenta de ello me encuentro ante la gratísima pero ardua obligación de leer mi discurso de ingreso en esta Docta Casa, que me ha hecho el gran honor de traerme a su seno.

Es costumbre que el beneficiario estime su designación como un inmerecido honor, dada la modestia de su labor científica, y al hacer yo otro tanto, podría creerse que no hago más que seguir una costumbre establecida y cumplir con un formulismo. Nada más lejos de la realidad. Al redactar estas mal hilvanadas ideas, comprendo la sensación de pequeñez, temor y turbación que sin duda han tenido que sentir en momentos como el presente los que me han precedido en este apurado trance, y que sus frases no obedecían al cumplimiento de una elegante costumbre, sino a la real convicción de no merecer el gran honor que se les hacía. Este es mi estado de ánimo en estos momentos. Me doy cuenta de la responsabilidad que cae sobre mí

y de lo poco que he hecho para merecer esta distinción frente a las ilustres personalidades que integran hoy la Academia y las excelsas figuras que han sido sus antecesores. Ello me hace estimar mi elección, no como premio a unos merecimientos que sinceramente creo desproporcionadamente bajos, sino como estímulo para continuar en la labor de investigación geológica y colaborar con todo entusiasmo en los trabajos de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Me toca a mí ocupar la vacante que deja D. Eduardo Hernández-Pacheco y Estevan, pero dudo poderla llenar, porque su gran personalidad, claro juicio y laboriosidad hacen sumamente difícil su sustitución.

Hace más de treinta años que conocí a D. Eduardo y desde entonces guardo para él y su memoria un sincero afecto y una gran admiración. Un sincero afecto por la bondad con que acogía a cuantos a él se acercaban en solicitud de consejo y orientación para el trabajo, razón por la que fue muy querido de sus alumnos y colaboradores. Una gran admiración por su amor al trabajo, sus dotes de observación, cualidad fundamental para el geólogo, y su certera visión para extraer consecuencias y establecer síntesis.

Esta labor de síntesis requiere en primer lugar un detallado trabajo analítico, pero sobre todo una claridad mental que permita captar las analogías y diferencias, y con ello establecer las deducciones sintéticas que la observación permita obtener.

Sintetizar es la operación más delicada de realizar y la que más tiempo requiere, porque no es tarea fácil resumir en un número relativamente pequeño de páginas todo el cúmulo de informaciones de que hoy se puede disponer en cualquier materia de la que se intente hacer una exposición lo más sucinta y completa posible. No es ciertamente una ironía la conocida frase de quien se excusaba por no haber tenido tiempo suficiente para hacer más breve el resumen de cierto voluminoso expediente.

Esta rara y preciosa cualidad la poseyó en alto grado D. Eduardo, lo que le permitió componer ya en 1912 su "Ensayo de síntesis geológica del Norte de la Península Ibérica"; en 1922, su magnífico discurso de ingreso en la Academia, bajo el título "Rasgos fundamentales de la constitución e historia geológica del Solar Ibérico"; y más tarde el discurso de apertura de la Academia en 1934, titulado "El paisaje en general y las características del paisaje hispánico". En este mismo año vio la luz su "Síntesis fisiográfica y geológica de España"; posteriormente, "El solar de la Historia Hispana",

y en 1955, su magna obra "Fisiografía del Solar Hispano", en dos partes, seguida de una tercera titulada "Prehistoria del Solar Hispánico".

Sus profundos conocimientos geográficos y geológicos permiten a mi ilustre antecesor no hacer una fría descripción de las cuestiones tocadas en sus estudios, sino ver y poner de manifiesto la íntima relación del paisaje con la geología que lo impone y justifica, e incluso la íntima dependencia de la geografía en que se encuentran los hechos históricos y, por lo tanto, de la geología, que fatalmente condiciona a aquélla.

Pero todo ello expuesto con una tan envidiable galanura y amenidad que hace su lectura grata hasta para las personas más ajenas a estas disciplinas.

La gran capacidad de trabajo, que fue una de las virtudes que atesoró don Eduardo, hizo que no sólo realizara una meritoria labor en el campo de la Geofísica, la Geología y la Prehistoria, sino que realizó y expuso importantes hallazgos paleontológicos.

En 1914 publica un trabajo titulado "Los vertebrados terrestres del Mioceno de la Península Ibérica", en el que se resumen todos los conocimientos hasta entonces adquiridos sobre este tema. Estos trabajos le llevaron al estudio del Mioceno de Palencia y al descubrimiento del yacimiento paleontológico del Cerro del Otero, lo que dio lugar a que publicara la importante "Memoria geológica y paleontológica del Mioceno de Palencia", a cuyo estudio siguieron, entre otros, los de los yacimientos de los alrededores de Madrid y de Concud (Teruel).

Su labor paleontológica no se limitó al estudio de los vertebrados, sino que se ocupó también de seres más antiguos, como las cruzianas del Ordoviciense, y además la fortuna le deparó el descubrimiento del importante yacimiento de Arqueociátidos de la Sierra de las Ermitas, de Córdoba, hoy clásico y visitado por muchos paleontólogos y estudiantes.

Estas investigaciones le permitieron descubrir varias especies fósiles nuevas de pistas ordovicienses, Arqueociátidos, tortugas y mamíferos miocénicos.

Como reconocimiento a su valía y a la labor científica desarrollada, le han sido dedicadas especies nuevas fósiles por Gómez Llueca, Bataller, Solé, Lambert, Royo, Vidal y Meléndez.

La alta calidad científica de D. Eduardo Hernández-Pacheco le ha sido unánimemente reconocida, tanto en España como en el extranjero, como lo prueba haber sido investido Doctor honoris causa por la Universidad de

Toulouse; y a mí me cupo el honor, por ser a la sazón Presidente de la Comisión Nacional de Geología, de solicitar para él la Gran Cruz de Alfonso X el Sabio, y posteriormente la gran satisfacción de hacer entrega de este preciado galardón a sus hijos, pues ya entonces su quebrantada salud nos impidió el placer de entregársela a él directamente, recluido como estaba en su finca de Alcuéscar, en la provincia de Cáceres.

Don Eduardo Hernández-Pacheco es el último de los fisiógrafos y geólogos españoles que por su larga e intensa labor, sus excepcionales dotes de observación y sus estudios sobre un amplio abanico de temas relativos al solar hispano, ha sido capaz de efectuar un trabajo tan importante para el progreso de la ciencia como es el establecimiento de síntesis en las que se resumen y condensan todos los conocimientos hasta entonces adquiridos sobre la materia estudiada.

La actual atomización de la ciencia hace cada vez más difícil de realizar esta labor, que constituye los peldaños en que se han de apoyar los investigadores posteriores para hacer avanzar la ciencia. Por ello, creo que entre sus más de ciento ochenta publicaciones que nos ha legado, y de las que más de cuarenta son de gran importancia, le debemos una especial gratitud por aquellas que representan la condensación de los conocimientos sobre un determinado tema y nos brindan las consecuencias generales que de aquéllos se desprenden.

La figura bondadosa y patriarcal de D. Eduardo Hernández-Pacheco quedará por siempre como canon y modelo a emular por todo aquel que sienta el anhelo de realizar una labor útil y fructífera en la ciencia.

TECTONICA PIRENAICA

Al tratar de encontrar un tema a desarrollar en este trascendental acto, me encuentro con dos grandes limitaciones. En primer lugar, no me ha llamado Dios por el camino de la literatura, y tengo fundados temores de que mi exposición resulte farragosa, peligro que se hace todavía mayor dado que los temas que mi especialización me permite elegir son en general áridos y necesitarían una pluma más ágil que la mía para darles alguna amenidad.

En mis años de estudios geológicos intensos tuve que dedicar atención especialísima al Pirineo, unas veces para realizar investigaciones de geología pura y otras orientando el estudio hacia sus posibilidades petrolíferas. El contacto íntimo y prolongado con esta región me ha hecho admirarla y amarla profundamente, y los recorridos efectuados por sus montes y valles me han proporcionado goces inefables, que en el geólogo son sin duda más hondos que en un excursionista o montañero normal, ya que con nuestra profesión disfrutamos doblemente de las bellezas del paisaje, al contemplar no sólo las características del terreno, sino la razón geológica de que éste sea así y no de otro modo.

Por estas razones, al enfrentarme con esta ardua coyuntura he creído que la mejor manera de salir airoso del apuro es hablar de algunos problemas geológicos del Pirineo, en especial de su tectónica, que considero de gran interés, y en donde existen todavía cuestiones que aclarar. He pensado que mi amor hacia esta entrañable Cordillera iba a serme de gran ayuda y a espolearme para poner un poco de orden en mis fragmentarios conocimientos sobre su constitución geológica. Mi temor es que mi escasa habilidad expositiva haga menguar aquel interés.

La incomparable belleza del Pirineo, con sus profundos valles y enhies-

tos picachos, y sus ibones, arroyos y escondidos riachuelos, cautivó a espíritus tan selectos como los de D. Luis Mariano Vidal y D. Lucas Mallada, y en su "Descripción de la provincia de Huesca", este último geólogo lanza un grito de entusiasmo ante tanta maravilla, pero se pregunta si debemos bendecir su existencia o murmurar de ella, pues sin su presencia, la historia de España y la de Europa hubiera seguido sin duda derroteros diferentes, aunque no podemos saber si mejores o peores. Pero puesto que a Dios plugo crear esta Cordillera, toca a los hombres estudiarla para tratar de conocerla a fondo y sacar todo el partido posible de sus características.

Esto decía Mallada en el año 1878, y realmente hasta entonces la vertiente sur pirenaica era prácticamente desconocida, pues sólo existían algunos estudios parciales de geólogos extranjeros, especialmente franceses, y una breve descripción geológica de Aragón y Cataluña, de Maestre. Entonces casi simultáneamente aparecen, en 1875, el trabajo de Vidal sobre la provincia de Lérida, y en 1878, el de Mallada sobre la provincia de Huesca.

A partir de este momento, los estudios geológicos sobre el Pirineo se multiplican. Geólogos españoles y franceses principalmente se aplican al estudio detallado de zonas más o menos extensas, y varios distinguidos geólogos de la escuela de Stille publican trabajos muy interesantes y útiles sobre diversas zonas del Pirineo.

La bibliografía geológica de los trabajos publicados en los últimos cien años es tan extensa que resulta ya muy difícil consultar toda ella. Por otra parte, la constitución geológica del Pirineo abarca aspectos tan variados, que su estudio exhaustivo requeriría años de dedicación y publicaciones de una extensión muchísimo mayor de la que debe tener una conferencia.

Me he visto así constreñido, para no abusar de vuestra benevolencia, a elegir tan sólo un aspecto de la geología pirenaica, y en este sentido me ha parecido más interesante exponer una visión de conjunto y una puesta al día de un determinado problema sobre todo el ámbito pirenaico, que traer todos los diferentes aspectos de la geología de una porción reducida del Pirineo.

En este orden de ideas, y dado que mis actividades geológicas en el Pirineo se han orientado fundamentalmente hacia el estudio estratigráfico y tectónico del Secundario y Terciario, he creído que debía dejar de lado los tan interesantes como complejos problemas que plantea el Paleozoico y la tectónica herciniana, y elegir como tema de mi disertación la tectónica pi-

renaica propiamente dicha; es decir, los distintos fenómenos orogénicos que se producen a lo largo de las eras Secundaria y Terciaria, hasta dar al Pirineo su actual fisonomía, y las anomalías y diferencias que se vienen observando desde hace mucho tiempo entre las vertientes septentrional y meridional de la Cordillera.

Esto plantea problemas que, a pesar de los muchos estudios ya realizados, no están resueltos, o bien la solución dada no es suficientemente convincente. Si la exposición, forzosamente breve, que a continuación se desarrolla, y en la que haré especial hincapié en los problemas no resueltos, sirve como acicate a mis jóvenes colegas para insistir y profundizar en su estudio, consideraré que mi trabajo ha sido de alguna utilidad.

El primer problema que se le plantea a quien va a realizar un estudio, no importa sobre qué tema, a lo largo de todo el Pirineo, es el de sus límites. ¿Hasta dónde llega esta cordillera llamada Pirineo? En su extremidad oriental no existe problema, porque el Mediterráneo se encarga de resolverlo. Pero hacia poniente, ¿dónde termina el Pirineo? ¿Debe considerarse como Pirineo sólo la parte de cordillera que nos separa de Francia o no existe solución de continuidad entre esta zona y la Cordillera Cantábrica?

Unos geólogos opinan que el Pirineo tiene un núcleo paleozoico y que al desaparecer éste al llegar a las Vascongadas pierde su carácter fundamental, y a partir de ahí ya no se le puede considerar como Pirineo.

Por el contrario, otros geólogos estiman que las características geológicas son las mismas, en esencia, en el Pirineo propiamente dicho y en la Cordillera Cantábrica, y debe considerarse todo como Pirineo.

Finalmente, Lamare sostiene que las características geológicas de la porción de cordillera existente en la provincia de Navarra son muy diferentes de las que se observan más al este, por lo que cree que no puede considerarse como Pirineo propiamente dicho más que el que se extiende por Aragón y Cataluña.

Por mi parte creo que debe considerarse como Pirineo sólo la zona que sirve de frontera con Francia, no sólo por las razones geológicas que se exponen más adelante, sino también porque éste es el límite que tácita o explícitamente se admite por todo el mundo, ya que cuando se habla de Pirineo nadie entiende por ello la Cordillera Cantábrica.

Hechas estas observaciones, veamos cuáles han sido los efectos produ-

cidos por las presiones orogénicas sobre el Pirineo, a partir de la Era Secundaria.

Esta impresionante cordillera, con sus grandes moles graníticas y paleozoicas, sus escarpadas laderas y sus elevadas cumbres, que llegan hasta los 3.400 metros de cota, da una sensación de inamovilidad y permanencia que está muy lejos de la realidad, si a ésta la contemplamos con ojos de geólogo. Lo cierto es que a lo largo de las eras Secundaria y Terciaria ha sufrido muy frecuentes movimientos, suaves en el Secundario y muy violentos en el Terciario, que han estado modificando casi constantemente su disposición.

En lo que sigue me ocuparé de la vertiente española, pero será preciso hacer frecuentemente referencia a la vertiente francesa, tanto por buscar en ella argumentos complementarios como por poner de manifiesto las curiosas divergencias que se ofrecen en ambas vertientes y que dan a cada una de ellas su fisonomía propia.

Según Zwart, una característica muy tardía de la orogenia herciniana ha sido la fragmentación del basamento paleozoico antes del Triásico en macizos individuales, unos actualmente aflorantes, como son la zona axial pirenaica, el macizo de las Cinco Villas y los varios existentes en la vertiente norte pirenaica, y otros sin duda ocultos bajo los sedimentos más modernos de la cuenca del Ebro. Gran parte de las diferencias que se observan entre las dos vertientes pirenaicas, así como las anomalías sedimentarias y tectónicas que existen en la vertiente sur, son sin duda debidas al juego recíproco de estos bloques paleozoicos.

Tras la violenta orogenia herciniana, a lo largo de toda la Era Secundaria, se extiende un dilatado periodo de aparente calma, en el que sólo excepcionalmente es posible ver discordancias angulares entre los sedimentos. Pero esta calma se refiere tan sólo a las presiones tangenciales, que son las que dan lugar a los accidentes más llamativos. Por el contrario, se suceden con gran frecuencia los movimientos isostáticos de grandes bloques del yacente paleozoico, que dan lugar a continuas y muy notables variaciones en la serie estratigráfica, pero pocas veces a discordancias angulares.

CARACTERÍSTICAS SEDIMENTARIAS

Veamos primero, aunque sólo sea en sus rasgos más generales, cuáles son las variaciones que se producen en la serie sedimentaria secundario-terciaria, para analizar luego los fenómenos que han dado lugar a tales hechos y a la tectónica impresa a estos estratos.

El final del Paleozoico y el principio del Secundario viene señalado en todo el ámbito pirenaico por la existencia de una serie detrítica roja, en la que no es fácil establecer diferenciación, que viene denominándose Permo-Triás. Sin embargo, al final del Permiano se ha debido producir algún pequeño reajuste, pues tanto Ashauer como Misch señalan respectivamente marcadas discordancias entre los sedimentos permianos y los triásicos, en Pla de San Tirs y en Aguiró, y también D. Eduardo Hernández-Pacheco cita la existencia de discordancias permo-triásicas.

El Triásico, que tanto en la vertiente francesa como en la española aparece con su típica facies germánica, no siempre muestra sus tres pisos, pues la caliza conchífera y marina del medio, en muchas ocasiones está ausente por no haber llegado hasta allí la transgresión.

La serie de estratos del Triásico viene coronada, tanto en Francia como en España, por un paquete grueso de calizas dolomíticas cavernosas, o carniolas, que los geólogos franceses denominan Infralías y los españoles Suprakeuper, y que en realidad constituyen el tránsito del Triásico al Liásico. A partir de este momento es cuando comienza, como vamos a ver, la frecuente inestabilidad de nuestra cordillera.

Desde las inmediaciones orientales del meridiano de Pamplona hasta muy cerca del río Noguera Ribagorzana, encontramos una extensa e interesante laguna estratigráfica que da lugar, entre otras cosas, a una total ausencia de sedimentos jurásicos. Pero a partir del valle de este río, hacia levante aparece este terreno en múltiples afloramientos hasta que llegamos a la zona de Berga y la Poble de Lillet. Desde aquí hasta el Mediterráneo ya no vuelve a presentarse el Jurásico en la vertiente sur pirenaica.

Así pues, en el área surpirenaica comprendida entre los ríos Noguera Ribagorzana y Llobregat existe el Jurásico, pero constituido fundamentalmente por un Liásico, casi siempre muy fosilífero, que soporta muchas veces un nivel de caliza dolomítica del Jurásico medio. El Jurásico superior, si en algún sitio existe, no creo haya sido determinado paleontológicamente nun-

ca, pero no es imposible que en el paquete dolomítico, de muy difícil datación, puedan existir niveles del Jurásico superior.

En Navarra aparece de nuevo este terreno, pero esta vez llega a ser más completo, pues sus sedimentos van del Infralías al Lusitaniense, en el Jurásico superior.

En la vertiente francesa, la sedimentación durante el Jurásico es más continua, y desde el Mediterráneo al Cantábrico se encuentran los niveles jurásicos sin que exista el hiato que se observa en la provincia de Huesca y en las de Barcelona y Gerona.

También el terreno Cretáceo presenta en el Pirineo curiosas variaciones, tanto de facies como de potencia.

El inferior, que en Santander y las Vascongadas es muy completo y con espesores extraordinarios, en Navarra se reduce notablemente, y si en la zona de Tolosa es todavía muy completo, con horizontes que van del Neocomiense al Aptense, concordantes con el Jurásico, en las vertientes norte y sur del macizo de Cinco Villas se reduce a una serie de Aptense-Albense, con características tectónicas interesantes que luego veremos. Los niveles inferiores en la zona de Aralar son de facies continental, pero más al norte son todos marinos con facies zoógenas, pizarreñas y detríticas.

Este Cretáceo inferior, más allá de la frontera tiene una notable facies de pudingas que no aparecen en el resto del Pirineo. Se trata de la llamada "pudinga de Mandibelza", constituida por cantos rodados de cuarcita con un cemento margo-arenoso negruzco (de donde su nombre de "monte negro"), que con una longitud de más de cuarenta kilómetros se extiende por el macizo francés de este nombre. Su edad, según Lamare, es infracretácea, pero Casteras estima que la parte más oriental es ya cenomanense.

El Cretáceo superior se inicia con unas calizas del Cenomanense, a las que siguen margas grises, puras o arenosas, con niveles de calizas, que en la vertiente norte pasan a una alternancia de margas y calizas de tipo flysch.

Si avanzamos hacia levante, el Cretáceo inferior desaparece al llegar al valle del Arga, y sólo en el río Urrobi se encuentra un último asomo con facies continental.

Esta ausencia del Cretáceo inferior se extiende por toda la zona en que falta también el Jurásico, así que no vuelve a encontrarse hasta que nos aproximamos al río Esera, en la aureola secundaria del núcleo paleozoico, y al Noguera Ribagorzana en la zona de Montsech.

El Cretáceo superior, que es el único que queda en esta zona, aparece

bajo el Eoceno, formando una gran media cúpula, de concavidad hacia el este, que en el Pico de Anie rodea al núcleo paleozoico que se extiende de manera continua desde allí hasta el Mediterráneo. Este Cretáceo comienza, según recientes investigaciones, en el Cenomanense, que casi siempre contiene calizas con *Praealveolina*. Así se ha podido datar el Cenomanense en el Pico de Anie, testigo respetado por la erosión en el Pico del Moro o de Balaitous, en el Cretáceo cobijado de Gavarnia, en el Turbón, Cotiella y en la Sierra de Chia, entre otros sitios, pudiendo asegurarse que el Cretáceo que rodea al Paleozoico axial comienza en el Cenomanense.

Pero no sucede lo mismo si nos desplazamos hacia el sur. En las sierras de Leyre y Navascués y en las sierras marginales de Aragón, desde la de Santo Domingo hasta el Noguera Ribagorzana, falta el Cenomanense y el Turonense, comenzando el Cretáceo ya en niveles más o menos altos del Senonense.

El Cretáceo superior, que, con potencia mayor o menor es de facies marina, conserva este carácter en Navarra y Aragón, en la zona septentrional de nuestra vertiente pirenaica, hasta llegar al río Esera, en donde al llegar a Campo, los niveles superiores muestran un tránsito rápido a la facies continental garumnense, con arcillas rutilantes y areniscas rojas. En la zona meridional, esta facies aparece en la parte oriental de la Sierra de Leyre y luego en todas las sierras marginales de Aragón.

En el río Esera vuelve a aparecer el Cretáceo inferior, que no lo hace más al sur hasta el Montsech, en las márgenes del río Noguera Ribagorzana. Pero este terreno comienza ya en el Aptense-Albense, con calizas y margas frecuentemente muy fosilíferas, de facies marina.

Desde aquí hasta el valle del río Llobregat, al norte de Berga, las series estratigráficas ofrecen notables variaciones.

El Cretáceo inferior, potente y muy fosilífero en las proximidades del Pirineo axial, no se encuentra en la zona media entre Tremp y Oliana; pero reaparece en el Montsech con un nivel lignitífero en el Aptense y vuelve a no estar presente más al sur en Camarasa y Os de Balaguer.

El Cretáceo superior tiene una presencia mucho más constante en Huesca y Lérida, pero mientras del Montsech hacia el norte es muy completo, al sur de esta sierra queda reducido, como sucede en las sierras marginales de Huesca, al Senonense, coronado siempre con la facies roja garumnense, que llega a tener una gran potencia, por ejemplo en Coll de Nargó.

A partir del río Llobregat, hacia levante, el Cretáceo sufre una rápida

disminución. El inferior ya se ha extinguido antes de llegar al río, y al norte de Berga el Cretáceo no parece comenzar hasta sus niveles más altos, constituidos por un Maestrichense con Orbitoides y una facies garumnense con lignitos.

Más al norte, en el contacto con el Paleozoico axial, se ve tan sólo una estrecha faja de Permotriás y Garumnense que llega, con algunas soluciones de continuidad de orden tectónico, hasta el norte de Figueras, en donde desaparece definitivamente el Cretáceo.

La vertiente pirenaica francesa tiene durante el periodo cretáceo características estratigráficas que difieren bastante de las que hemos visto en la vertiente española.

El Cretáceo inferior, Aptense-Albense, existe en toda la extensión desde el Mediterráneo al Cantábrico, acompañado muchas veces de los demás tramos de la serie, si bien su facies varía y se hace parcialmente lacustre, especialmente en la mitad oriental. El Cretáceo superior, comenzando por el Cenomanense, está también presente a todo lo largo de la Cordillera, aunque a veces falta el Turonense o es de determinación dudosa. En la mitad occidental la facies flysch domina en los niveles superiores al Cenomanense. Vemos, pues, que en Francia no se producen los grandes hiatos que se observan en Huesca y Lérida, ni la reducción de todo el Cretáceo a sólo la facies garumnense, como sucede en Gerona.

El Eoceno se extiende con considerable potencia a todo lo largo de la vertiente sur pirenaica, con facies francamente marina en Huesca y Lérida, pero con intercalaciones continentales en la base del Eoceno inferior en Gerona y en el Luteciense superior en Gerona y en la cuenca de Tremp. Esta segunda intercalación, en la zona de Ripoll y Olot, se extiende por todo el Eoceno superior.

Otro detalle interesante de la estratigrafía del Eoceno es que en diferentes sitios, y en especial desde el río Cinca hasta Navarra, a partir del Luteciense superior, el Eoceno adopta la facies flysch.

Hacia el sur, tanto en sus afloramientos en la vertiente interna de la Cordillera Litoral Catalana, a la altura de Montblanch, como en Camarasa, Os de Balaguer y vertiente meridional de las sierras marginales de Huesca, disminuye mucho de potencia, no quedando de él más que la caliza de Alveolinas del Luteciense. También por el oeste, más allá de Pamplona, el Eoceno va perdiendo potencia, hasta quedar reducido en la cuenca de Vi-

llarcayo a unos niveles continentales con algún banco de caliza de Alveolinas.

El tramo superior, Ludiense, es ya continental en todo el ámbito surpirenaico y constituye el comienzo de la potentísima serie de esta facies que comprende todo el Oligoceno y Mioceno de la cuenca del Ebro.

Desde la Sierra de Sis, en la orilla izquierda del río Isábena, hasta la zona de San Lorenzo de Morunys (Lérida), pasando por las sierras de San Salvador y Boumort, grandes masas de conglomerados oligocenos transgresivos, subhorizontales, han quedado como testigos de gran interés orogénico, que descansan sobre el Secundario o el Eoceno y que plantean problemas que a mi juicio no están todavía resueltos.

En la vertiente francesa, sólo en la parte oriental es visible la serie Eoceno-Oligoceno, porque antes de llegar al río Garona, el Mioceno transgresivo avanza hacia el sur hasta recubrir casi por completo el Eoceno, que sólo a retazos aislados asoma desde aquí hasta Biarritz.

La serie eocena de la vertiente nord-pirenaica tiene en el Luteciense superior la llamada pudinga de Palassou, cuyo equivalente es, a mi juicio, en España la serie continental de Olot. Pero hay que hacer notar, porque es de suma importancia para la interpretación tectónica, que en el resto del Pirineo central y occidental no aparece ninguna formación continental sincrónica con la pudinga de Palassou, más que por excepción en el centro de la cuenca de Tremp, en donde ha sido estudiada por Crusafont una interesante fauna de mamíferos del Luteciense superior.

Una vez expuestos en rápida síntesis los rasgos generales más importantes de la serie sedimentaria post-paleozoica pirenaica, vamos a ver los problemas que plantea la orogenia de esta interesante cordillera y las opiniones más recientes que sobre su formación se han emitido, dejando de lado aquellas otras anteriores que ya han sido estudiadas y rechazadas. Como es de sobra sabido, hubo un tiempo en que estuvo muy en boga la teoría sostenida por Bertrand, de los mantos de arrastre de edad alpina, para explicar la estructura del Pirineo; pero ésta ha sido ya desechada por todos los modernos tectonicistas.

METAMORFISMO

Es de antiguo conocida la existencia, en la vertiente francesa, de rocas de edad secundaria afectadas por un metamorfismo bastante intenso, fenómeno que sólo excepcionalmente se produce en la vertiente sur. Este metamorfismo tiene lugar en estrechas fajas de rocas de edad que llega hasta el Albense, si bien recientemente se admite que el Cenomanense inferior también está metamorfizado; de modo que la acción metamórfica debe ser más reciente.

Según Ashauer, hay metamorfismo de contacto y dinamometamorfismo. Con el plegamiento principal se ha originado un intenso dinamometamorfismo, y como consecuencia del diastrorfismo se produce una inyección de rocas ígneas que dan lugar a un metamorfismo de contacto que enmascara al anterior.

Según Mattauer, Proust y Ravier, por el estudio de las edades absolutas de las micas de los granitos y gneis del Pirineo, se han determinado cuatro grupos de edades: dos paleozoicas, una aptense-cenomanense (100 a 130 millones de años) y una mesozoico-terminal-principio del Cenozoico (70 a 80 millones de años).

Así el metamorfismo estudiado puede estar relacionado con estos granitos modernos y ser intracenomanense o del fin del Cretáceo.

Hay que hacer notar, en primer lugar, que los niveles metamorfizados son anteriores al Cretáceo superior y que el metamorfismo se extiende, según muy bien ha cartografiado Casteras, a lo largo del borde de la zona primaria axial, entre ésta y los macizos primarios de la Barousse, Milhas, Trois-Seigneurs, Saint Barthélémy y Agly; es decir, que el metamorfismo aparece sólo en la región en que existen macizos primarios satélites, entre éstos y el Pirineo axial.

Por el contrario, en la vertiente sur no afloran macizos primarios satélites y no existen niveles secundarios metamorfizados.

Los macizos primarios desgajados que se ven en la región del Segre y los Nogueras son sin duda bloques desprendidos del núcleo primario axial, corridos sobre el Triásico y no enraizados.

Por excepción, Lamare señala en Navarra, al sur del macizo de Cinco Villas, lo que él denomina "manto de los mármoles", constituido por el Triásico, Jurásico y Cretáceo inferior, formando un sinclinal en cuya rama

norte las calizas están metamorfizadas y contienen cristales de dipiro y tremolita. No hay Cretáceo superior, pero un accidente longitudinal separa esta faja metamórfica de otra situada al norte, que contiene Cretáceo superior de facies flysch y que separa el manto de los mármoles del macizo primario de Cinco Villas.

No puede ser casual que en el único sitio de la vertiente sur pirenaica en donde aparece un Secundario metamórfico se encuentre también éste en las inmediaciones de un macizo primario destacado de la zona axial.

Si en la vertiente francesa existen muchas veces rocas intrusivas próximas a la faja de metamorfismo, en Navarra no existen granitos aflorantes más que muy lejos de los niveles metamorfizados. Así pues, creo que los macizos primarios satélites han jugado un importante papel en la metamorfización y que ésta es, cuando menos, predominantemente dinámica. Queda sin embargo mucho que estudiar para llegar a aclarar de manera definitiva el fenómeno del metamorfismo del Secundario pirenaico.

LAS DISCORDANCIAS EN EL SECUNDARIO

También en cuanto a las discordancias angulares entre estratos existen diferencias acusadas entre las dos vertientes del Pirineo.

En la española, sólo de manera muy excepcional se observan discordancias antes del Oligoceno.

Aparte de las que aparecen entre Permiano y Triásico, que excepcionalmente señalan algunos autores y a las que antes me he referido, Lamare pone de manifiesto en el Pirineo navarro la existencia de una orogenia ante-aptense atestiguada por el hallazgo en diferentes sitios de brechas sedimentarias de edad cretácea. Además, el Aptense-Albense recubre en neta discordancia toda clase de terrenos desde el Lusitaniense al Devoniano.

Pero fuera de esta región, no parece que existan más indicios de orogenia ante-aptense que el hiato stratigráfico, que en muchas zonas se observa, entre el Liásico o Dogger y el Cretáceo inferior, pero sin que se reconozca una discordancia angular.

En la vertiente septentrional, según Casteras, en los Hautes Pyrénées hay una sedimentación continua del Jurásico al Cretáceo inferior, pero en los Pirineos Orientales el Neocomiense reposa sobre diferentes términos

del Jurásico y por lo tanto existe una fase ante-neocomiense. También la transgresión aptense es clara y la fase ante-aptense importante.

Al sur de Saint Gaudens el Aptense tiene una brecha de base y descansa sobre el Jurásico medio, pero sin discordancia.

En cambio, los sondeos de investigación petrolífera de Santa Susana y Lacq demuestran que existe una sedimentación continua desde el Dogger hasta el Aptense, condiciones que se extienden mucho en Aquitania.

Todo esto, unido a la falta en la vertiente sur de sedimentos de diferentes pisos del Jurásico, hasta llegar a desaparecer este terreno en su totalidad, indica que el periodo que comprende el Jurásico y el Cretáceo inferior ha sido de poca estabilidad, produciéndose frecuentes juegos de los bloques del zócalo primario, que han dado lugar a variaciones de las áreas de sedimentación y en algunas zonas incluso a brechas sedimentarias y discordancias.

El tránsito del Cretáceo inferior al superior trae consigo un cambio de importancia en las áreas de sedimentación y en la fisonomía del Pirineo.

Tras unos movimientos orogénicos, que en la vertiente sur son de tipo epirogénico, los sedimentos del Cenomanense avanzan transgresivos sobre los niveles anteriores hasta descansar sobre el Permotriásico, e incluso sobre el Paleozoico de la zona axial, en el que dejan testigos en el Pico de Moros o Balaïtous y en Gavarnia, en donde se ha comprobado la presencia del Cenomanense por las Praealveolinas que contienen.

Esta invasión transgresiva del Cenomanense se ha hecho todavía más llamativa hacia el oeste, pues avanza en este sentido a lo largo de la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica hasta muy adentro de la provincia de León.

En la vertiente española del Pirineo, el Cenomanense sólo excepcionalmente es algo discordante sobre el Cretáceo inferior en la zona de Orgañá. Cuando avanza sobre terrenos más antiguos, esta discordancia se acentúa más, como sucede, según Ciry, cuando descansa sobre el Permotriásico, y ya en total discordancia cuando el substrato es el Paleozoico.

También Lamare acusa la orogenia ante-cenomanense y la frecuente discordancia de los sedimentos cenomanenses sobre las formaciones anteriores. Este movimiento da también lugar a emersiones que elevan el marizo, sólo alcanzado ya por el flysch del principio del Cenomanense.

La orogenia ante-cenomanense, excepto en Navarra, en donde es algo más intensa, en el resto de la vertiente meridional se reduce a un acusado

descenso epirogénico que da lugar a que el mar cenomanense invada grandes áreas, alguna de las cuales no había sido con toda probabilidad ocupada por las aguas después de la orogenia herciniana. Tal sucede con el Paleozoico axial en su parte más occidental.

En la vertiente francesa, la orogenia ante-cenomanense se ha dejado sentir con alguna mayor intensidad. Hace ya más de noventa años que Magnan señaló en la región de Camarade, en el Ariège, la existencia de una discordancia acusada entre el Cenomanense y el Albense, discordancia que ha sido comprobada por los geólogos que han trabajado después en la región. También Jacob habla de un paroxismo ante-cenomanense en el Pirineo occidental y Lapparent señala brechas cenomanenses en la región de Hendaya. Por último, el descubrimiento del yacimiento de gas de Saint Marcet puso de manifiesto la existencia de una brecha cenomanense que constituye la roca depósito del gas.

Durante todo el Cretáceo superior, la continuidad de sedimentación es grande en gran parte del borde sur del Pirineo, a lo largo de las provincias de Navarra, Huesca y Lérida. Sólo en algunos sitios parece que falta el Turonense, lo cual puede ser debido a alguna emersión local o que en realidad no falte, sino que está mal definido.

Pero no sucede lo mismo si nos desplazamos hacia el sur o entramos en las provincias de Barcelona y Gerona.

En ambos sentidos los movimientos epirogénicos positivos que se produjeron al fin del Triásico dieron lugar a que no se depositen en extensas áreas el Jurásico ni el Cretáceo, hasta el Turonense inclusive, por lo que en las sierras marginales de Huesca el Senonense descansa en aparente concordancia sobre las carniolas de tránsito del Triásico al Jurásico.

En Barcelona y Gerona, la emersión se continúa todavía más, y al norte de Berga sólo queda del Cretáceo el Maestrichtense y la facies garumnense, que ya sola se prolonga en estrecha faja bordeando con el Permotriásico el Paleozoico axial hasta la altura de Figueras.

OROGENIA DEL SECUNDARIO

Veamos ahora qué interpretación puede darse a los hiatos estratigráficos y discordancias que se han señalado.

Es evidente que tras la deposición del Triásico surgen unos relieves hercinianos en la provincia de Huesca y en Cataluña oriental, en los que no se deposita desde el Jurásico hasta el Turonense inclusive, hiato que en Barcelona y Gerona se extiende hasta el Maestrichtense.

El Paleozoico axial del Pirineo leridano sufre también los efectos de una epirogenia positiva, que da lugar a que se desarraiguen retazos que resbalan sobre el Triásico y dan lugar a las masas de Paleozoico que, desprendidas del núcleo axial, descansan sobre el Triásico en la zona que va desde el río Segre hasta el Noguera Ribagorzana.

Esta interpretación parece más lógica, ya que se supone el fenómeno coetáneo con la emersión de los relieves de Aragón y Cataluña oriental. Admitir una edad más reciente para el desplazamiento de estos macizos paleozoicos obliga a suponer que en el substrato que soporta a este Paleozoico existía una serie secundaria, constituida por Jurásico y Cretáceo, que ha sido erosionada y barrida antes de producirse el desplazamiento del Paleozoico; y no parece lógico que una erosión tan intensa haya podido detenerse en las blandas arcillas del Triásico, sobre las que ahora descansa aquel Paleozoico.

Por el contrario, entre los ríos Esera y Llobregat existe una cuenca de sedimentación en que las series son bastante completas, salvo una corta interrupción en el Jurásico superior y Cretáceo inferior.

Según Souquet, esta cuenca quedaba limitada al sur al nivel de Camarasa, Sierra Carbonera y Montroig, pero en cambio por el norte se unía a la vertiente nordpirenaica.

Rat opina también, por la analogía de facies existente al norte y al sur, que durante el Aptense la zona axial estaba sumergida.

Sin embargo, la total ausencia de testigos jurásicos y eocretáceos en la zona axial resulta un poco sorprendente de haber recibido ésta la respetable cantidad de sedimentos correspondientes a este periodo. Máxime si se tiene en cuenta, en cambio, que existen testigos de Cretáceo superior que descansan directamente sobre el Paleozoico.

Esto me ha hecho buscar otra plausible interpretación estudiando los

datos complementarios de que se dispone, procedentes de los sondeos de investigación petrolífera realizados en la región.

Estos datos son los siguientes :

Un sondeo en Sanahuja (Lérida) mostró sobre el Triásico directamente el Garumnense y el Oligoceno marino, y un sondeo cerca de Lérida cortó bajo el Oligoceno continental directamente el Triásico y debajo el Paleozoico; mientras que el sondeo de Basella (Lérida) dio sobre Paleozoico, Neocretáceo y Eoceno marino.

Parece, pues, evidente que el límite oriental de sedimentación del Jurásico-Cretáceo viene dado aproximadamente por una línea sensiblemente orientada al NE. que pasa por Lérida y Berga.

En la provincia de Huesca son varios los sondeos de que se tienen datos estratigráficos.

De norte a sur, los sondeos de Benabarre y Monesma, en el área sinclinal de Tremp, tienen columnas estratigráficas muy completas, con Triásico, Jurásico y Cretáceo inferior y superior.

El sondeo de Monzón dio Triásico, Jurásico y Eoceno marino, y los de Sariñena y Esplús, Triásico y Jurásico bajo el Terciario continental.

Más al sur, el sondeo de Ballobar dio sobre el Paleozoico, Triásico, Jurásico y Cretáceo inferior.

Los sondeos de Fraga, Candanos y Bujaraloz, dispuestos casi en un paralelo, cortaron sobre el Triásico, presente en todos ellos, el primero Cretáceo superior, el segundo Jurásico y Cretáceo inferior y el tercero sólo Cretáceo inferior.

Por último, el sondeo de La Zaida, ya en el Ebro, encontró sobre el Triásico sólo Jurásico.

Vemos en primer lugar que hay una gran inestabilidad del fondo marino, que da lugar a columnas estratigráficas muy variadas, y en segundo lugar que mucho más abajo de los últimos afloramientos jurásicos y cretáceos, y a igual distancia de los afloramientos jurásicos y cretáceos de la provincia de Teruel, los sondeos acusan la presencia de Jurásico, Cretáceo inferior y Cretáceo superior.

A mayor abundamiento, el sondeo de Isona, al norte del Montsech, cortó Triásico, Jurásico y Cretáceo superior, pero falta Cretáceo inferior, siendo así que tanto al norte como al sur aflora también este último.

Puesto que en la zona de afloramientos del área de sedimentación del Segre y los Nogueras hay lugares en que no existe el Cretáceo inferior, y

más al sur, en pleno Terciario continental, unos sondeos han dado muestras de Cretáceo inferior y otros de Cretáceo superior, cabe la interpretación de que esta cuenca de sedimentación del Secundario ha estado unida por el sur con la de Teruel y el Maestrazgo, pero que la inestabilidad del fondo marino ha permitido que la erosión actuase de manera diferente en unos sitios que en otros, dando lugar a la desaparición del Cretáceo inferior en unas zonas y del superior en otras.

Esta cuenca de sedimentación ha estado limitada al sureste hasta las postrimerías del Cretáceo, por un macizo emergido que debía comprender desde la Cordillera Prelitoral Catalana hasta una línea que pasa por Lérida y Berga.

El límite occidental lo constituye otro gran macizo que se extendería desde el río Esera hasta Pamplona, emergido en su parte occidental desde el fin del Triásico, pero en su extremo oriental sólo a partir del Jurásico superior. La transgresión cenomanense, y más a fondo la senonense, ha hecho avanzar hacia el sur los sedimentos de estos pisos del Cretáceo superior, sobre aquel macizo.

La ejecución de nuevos sondeos en esta región y el estudio estratigráfico y sedimentológico de lodos y testigos de todos ellos, permitiría decir si esta interpretación es correcta.

LA OROGENIA PIRENAICA PROPIAMENTE DICHA

Al final del Cretáceo se produce una gran invasión del mar eoceno en ambas vertientes pirenaicas. En la norte se extiende desde Cette hasta Biarritz y en el sur penetra por la provincia de Gerona y llega hasta la de Burgos.

Esta invasión va acompañada de una surrección del Pirineo axial al que el mar neocretáceo había invadido por el oeste, hasta más allá del circo de Gavarnia.

Según Mattauer y Proust, en el Pirineo oriental existe una brecha post-albenise, tal vez eocena, discordante sobre el Cretáceo inferior o sobre Jurásico. De aquí deducen que hay dos fases: la primera, finicretácea o eocena precoz, profunda, de pliegues de gran dimensión, y la segunda bartoniense, de tipo de pliegues de cobertura.

Estimo que esta idea es en parte aplicable a la totalidad del Pirineo. Este se alza suavemente por la acción de un pliegue de fondo al final del Cretáceo, dando lugar a la iniciación de la media cúpula que tan maravillosamente dibuja el Cretáceo superior en la región del Pico de Anie. Al mismo tiempo se producen las dos cuencas de sedimentación en las que se va a depositar el Eoceno.

Este abombamiento ha debido de ser muy suave, pues en la vertiente sur no se ve nunca una discordancia angular entre Cretáceo y Eoceno.

Comienza, pues, la sedimentación eocena, y en el Luteciense superior se produce un curioso fenómeno, que da lugar a una discordancia. Es éste la aparición de unos pliegues de orientación sensible norte-sur que se inician en los ríos Cinca y Bellós y terminan por el oeste antes de llegar al Gállego, vergentes los primeros hacia el oeste y que van perdiendo intensidad en este sentido. El plegamiento se produce al final del Luteciense, y los tramos superiores son discordantes sobre éste. También en la zona de Camarasa hay unos pliegues orientados norte-sur, pero la ausencia de un Eoceno completo impide datarlos con precisión.

Contemporánea con estos plegamientos es la iniciación del tramo rojo continental que aparece en la región de Olot y que llega a ocupar todo el Eoceno superior; e igualmente de edad luteciense superior es el tramo continental fosilífero de la cuenca de Tremp. Otro fenómeno que conviene tener en cuenta es que en extensas zonas de las provincias de Huesca y Navarra hay un tránsito de la facies marina al flysch, a partir del Luteciense superior.

También es sensiblemente contemporánea la conocida "pudinga de Pallassou", que aparece en la vertiente francesa.

Basándose en la presencia de esta pudinga, muchos geólogos, y entre ellos muchos franceses, estiman que la tectónica pirenaica propiamente dicha es Luteciense superior.

Así, por citar sólo algunos ejemplos más o menos modernos, diré que Jacob, en 1930, señala un paroxismo intraeoceno. De Sitter dice que en la vertiente norte parece que la formación postorogénica más temprana es del Luteciense superior; Glangeaud cree que el máximo paroxismo se alcanza en el Luteciense superior, y Cuvillier y otros sostienen que en el Luteciense medio el Pirineo surge de manera brutal con la orogenia pirenaica propiamente dicha.

En primer lugar, parece extraño que una orogenia que se considera la

más importante dé lugar en la vertiente sur tan sólo a unos pocos pliegues de dirección totalmente reñida con la pirenaica, y que salvo en estos pliegues no se vuelva a ver en absoluto ninguna otra discordancia dentro del Eoceno marino.

Pero, además, el mismo Jacob dice que en Biarritz las capas están levantadas, que el Mioceno es discordante sobre la pudinga de Palassou y que en el golfo de Gascuña no hay discordancia en el complejo.

A mayor abundamiento, Casteras, en los cortes de su magnífico estudio sobre el Pirineo oriental, dibuja todos los estratos del Eoceno y Oligoceno levantados y concordantes, y lo mismo señalan Bonnard, Daguin y otros geólogos petroleros para la región de Biarritz.

Creo que, tanto en la vertiente francesa como en la española, sólo en muy pocas ocasiones se señala una discordancia intraeocena, y en cambio siempre el Luteciense y el Bartonense aparecen con sus estratos levantados.

Como es innegable la existencia de estas discordancias y de los niveles detríticos, es evidente que ha habido una primera fase orogénica en el Luteciense superior, pero su importancia es menor de la que generalmente se le atribuye, y en modo alguno pudo dar lugar a la surgencia brutal de la cordillera.

Esta fase pirenaica ha debido tener repercusión diferente al norte y al sur, y probablemente no será ajeno a ello la existencia de los macizos paleozoicos satélites.

La vertiente española ha debido conservar una mayor rigidez y por lo tanto sólo se ha producido en el Luteciense superior una ligera emersión que ha tenido como consecuencia la formación de intercalaciones continentales, tales como las de Capella (Huesca) y Ballobar y Ager (Lérida), perfectamente datadas por sus faunas de mamíferos fósiles, estudiadas con detalle por Crusafont, y la de Ripoll-Olot. Tanto esta formación continental, como la de Capella, ya no soportan ninguna otra facies marina, y todas ellas, en las que no se aprecia discordancia angular con los niveles marinos infrayacentes, parece que deben paralelizarse con la pudinga de Palassou. Además el juego de algunas fracturas profundas ha ocasionado una presión lateral y la formación en Huesca del sistema norteado de pliegues y la subsiguiente discordancia.

Otro dato de la actividad orogénica durante el Luteciense superior lo proporciona la serie de conglomerados de facies marina que se intercalan

concordantes en la serie eocena de Santa Liestra, y la frecuente facies flysch del Eoceno superior.

En la vertiente norte, en cambio, el movimiento tal vez más brusco de los macizos primarios ha ocasionado una más violenta erosión y la formación de la pudinga de Palassou.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que en la vertiente francesa del Pirineo no es fácil realizar un estudio íntegro de la serie terciaria, que sólo en el tercio oriental aparece completa en grandes extensiones. Mucho antes de llegar al río Garona, el Neogeno avanza transgresivo ocultando en muchos sitios el Paleogeno, que sólo aflora ya en el resto del área en retazos aislados.

En cambio, en la vertiente española el Paleogeno se nos ofrece con un gran desarrollo, y en ningún sitio, salvo en las sierras marginales de Huesca, se observa discordancia alguna intraeocena. Creo, pues, que podemos decir que el plegamiento pirenaico, por lo que a España se refiere, se inicia con suaves movimientos epirogénicos al final del Cretáceo y otros algo más intensos en el Eoceno medio, pero que el periodo de orogenia violenta no comienza hasta que termina la deposición de los sedimentos eocenos de facies marina.

Veamos ahora cómo tiene lugar esta orogenia.

Todos los geólogos que han trabajado en el Pirineo español están de acuerdo en que desde el río Segre hacia levante, y desde el río Cinca hacia poniente, el tránsito del Eoceno al Oligoceno es continuo y sin discordancia alguna. Al final del Bartonense se cierra por levante el profundo golfo eoceno del Ebro y ya los sedimentos que se depositan a partir de este momento, Ludicense, Oligoceno y Mioceno, son de facies continental. Pero hay más; en todas las áreas en donde se puede seguir toda la serie oligocena, no se aprecia discordancia alguna entre sus estratos. A pesar de ello, en los bordes de la serie secundaria, en los Nogueras y en las sierras marginales de Huesca, se ven los niveles altos del Oligoceno, constituidos predominantemente por conglomerados, transgredir en discordancia acusada, bien sobre estratos más antiguos del Oligoceno o sobre el Eoceno o el Secundario. El fenómeno es todavía más llamativo, entre otros sitios, en las sierras de Sis (Huesca), San Salvador y Boumort (Lérida), en donde grandes extensiones de conglomerados subhorizontales, de estratificación confusa, yacen discordantes sobre el Secundario y el Eoceno, como testigos aislados de la serie a que pertenecen.

Esta discordancia intraoligocena ha sido interpretada de diferente manera por los distintos geólogos que la han estudiado y con frecuencia se han considerado como oligocenos los estratos inferiores a la discordancia, y como miocenos los superiores.

Pero Ashauer fue el primero que vio con claridad el fenómeno y sentó las bases que, a mi juicio, permiten llegar a una explicación plausible de la orogenia pirenaica.

Al estudiar el Paleogeno catalán observó, en el profundo corte que a éste da el río Cardoner, cerca de San Lorenzo de Morunys, una discordancia insensible y progresiva que lleva los estratos superiores del Oligoceno a descansar con una discordancia de 90° sobre los inferiores de este terreno. El fenómeno, sobre el que no insisto porque nos hemos ocupado de él en varias publicaciones, se repite, aunque no de manera tan visible, en diversos puntos, alejados entre sí, del valle del Ebro.

Todas estas observaciones nos han llevado a la conclusión de que la orogenia pirenaica no es producto de un paroxismo producido en un determinado momento, sino que es una surrección que ha tenido lugar todo a lo largo del Oligoceno, produciéndose simultáneamente la erección, erosión de la zona axial y sedimentación de las capas oligocenas.

Téngase presente que la ausencia de fósiles en estas capas altas, transgresivas y muy detríticas, impide datarlas con exactitud, y que lo mismo pueden ser del Oligoceno que ya del Mioceno.

Según esta explicación, parecería lógico atribuir los conglomerados transgresivos de las sierras de Sis, San Salvador, Boumort, etc., a los niveles más altos del Oligoceno e incluso del Mioceno. Pero el descubrimiento, ya hace tiempo, de fósiles en Sosis, en los niveles lignitíferos de base de la masa de conglomerados discordantes que el río Noguera Pallaresa corta aguas arriba de Poble de Segur, obliga a rectificar el concepto y buscar una explicación satisfactoria para los datos discrepantes que se han obtenido.

La edad atribuida a estos lignitos ha sufrido muchas variaciones por los geólogos que han estudiado el problema. Refiriéndonos sólo a las modernas interpretaciones, Jacob atribuye los lignitos al Bartonense por sus fósiles lacustres; Dalloni, Misch y Selzer dicen que los plegamientos son anteoligocenos, pero Ashauer estima que esto no está de acuerdo con lo que pasa en el Pirineo oriental, en donde el Oligoceno y el Eoceno son concordantes.

Bataller encuentra en los lignitos de Sosis el primer mamífero, que no

clasifica acertadamente y le atribuye edad bartoniense; pero Crusafont, en reiterados reconocimientos allí efectuados, ha conseguido reunir y determinar una abundante y variada fauna de mamíferos, que hacen de éste el yacimiento eoceno más rico de España. Esto ha permitido establecer con toda precisión la edad de los lignitos de Sosis, que es ludiense. De esta manera queda fijada la edad bartoniense superior para la discordancia que separa esta serie continental transgresiva del Secundario-Eoceno infrayacente.

Más al oeste, en Huesca, en Cajigar, existe también sobre el Eoceno marino una serie discordante que comienza con un nivel de conglomerados, al que siguen calizas y arcillas continentales con lignitos que contienen una flora e indicios de mamíferos que parecen indicar también una edad ludiense. Estos bancos continentales se unen a la potente serie de conglomerados transgresivos de la Sierra de Sis.

Estos datos prueban de manera indudable que al final del Bartonense un paroxismo pliega violentamente las capas y da lugar a la formación de potentes masas de conglomerados postorogénicos transgresivos y subhorizontales, que nos han dejado como testigos, entre otros menores, las sierras de Sis, San Salvador y Boumort, en la zona de los Noguerras.

Otras pruebas de este diastrofismo ante-ludiense son el fuerte plegamiento del Secundario-Eoceno en los Noguerras, en donde no se ven involucrados niveles superiores al Bartonense, y la facies continental que a partir del Ludiense adoptan todos los niveles terciarios de la vertiente sur pirenaica. También la masa de conglomerados calizos que al norte de Oliana descansa concordante sobre el Bartonense marino es otro indicio de actividad diastrófica bartoniense.

Vemos, por lo tanto, que existe una completa discrepancia entre los conglomerados transgresivos de Sosis, datados paleontológicamente como ludienses, y el resto del Oligoceno, que desde el río Segre hacia levante y desde el río Cinca hacia poniente es muy potente y concordante con el Eoceno, no pudiéndose observar ninguna fuerte discordancia hasta niveles muy altos, que pudieran ser ya en algunos casos miocenos.

Y no se diga, por la ausencia de documento paleontológico, que los niveles discordantes de estas otras zonas pueden ser ludienses, pues en muchos sitios, entre ellos Oliana, que queda muy cerca del Ludiense discordante de la Sierra de Boumort, el Bartonense marino es indudable por su abundancia de fósiles y sobre él se desarrolla una potente serie de estratos con-

tinenciales que comienzan por un lentejón de conglomerado ludiense, todo ello perfectamente concordante con el Bartonense. En cambio la discordancia franca se produce en niveles de conglomerados ya muy altos, oligocenos o tal vez miocénicos.

Por lo tanto, parece obligado admitir en el Pirineo edades diferentes de plegamiento; pero lo sorprendente es que estas diferencias de edad se encuentren tan próximas como la Sierra de Boumort y la zona de Oliana, separadas en línea recta por sólo unos doce kilómetros.

El reconocimiento de estas dos edades no es nada nuevo, pues Misch ya dice que toda la tectónica de los Nogueras es ante-oligocena, pero que los Pirineos centrales se distinguen de los orientales, que según Ashauer son de edad sávica; mientras que al oeste de los Nogueras el plegamiento es también post-oligoceno, opinión que también sostiene Selzer.

HISTORIA GEOLÓGICA POST-HERCINIANA

Ante los hechos y observaciones a que acabo de hacer referencia, creo que la tectónica post-herciniana puede interpretarse, en sus grandes rasgos, de la siguiente manera:

La violenta tectónica herciniana, en su fase tardía produjo el resquebrajamiento del macizo de los sedimentos paleozoicos, violentamente plegados, y la formación de una serie de bloques que han jugado de manera independiente en las sucesivas etapas orogénicas.

Durante el periodo Triásico se depositan los sedimentos de este terreno en todo el ámbito pirenaico, con su típica facies germánica, situación que se mantiene mientras dura la sedimentación de las calizas dolomíticas del Retiense o Suprakeuper.

Entonces se produce una primera emersión del núcleo central pirenaico, del Macizo del Ebro, desde Pamplona hasta el río Cinca, y del Macizo Catalán desde la línea Lérida-Berga hacia el este. Quedan sumergidos los macizos paleozoicos de la vertiente francesa, así como la zona del río Cinca y los Nogueras, en donde continúa la deposición de los sedimentos jurásicos.

Creo que la interpretación más lógica que se puede dar a la ausencia de sedimentos jurásicos en el núcleo central pirenaico y macizos del Ebro y Catalán es que no se han depositado, pues es sumamente raro que, ha-

biéndose depositado, la posterior erosión no haya respetado absolutamente ningún testigo.

En cambio el área de sedimentación del Jurásico en la vertiente sur del Pirineo central enlaza con la fosa ibérica, según han demostrado, entre otros, los sondeos de Ballobar, Sariñena, Candasnos y La Zaida.

El macizo paleozoico de Navarra sigue un régimen más parecido al de los macizos satélites franceses. También en él se deposita el Jurásico hasta el Lusitaniense, mientras que en Francia se ha localizado en muchos sitios, a todo lo largo de la Cordillera, un Jurásico Superior, a veces bastante completo.

En el Jurásico superior se produce, en la vertiente sur del Pirineo, una detención de la sedimentación, sin duda por un movimiento positivo muy general, por lo que en España sólo se han determinado en el ámbito pirenaico sedimentos del Liásico y de la oolita.

Este régimen de macizos emergidos se continúa durante el Cretáceo inferior, que sólo se deposita en Navarra y en la zona de los Nogueras, a veces no completo, pues la sedimentación no se inicia en muchos sitios hasta el Aptense.

La fase orogénica ante-aptense, señalada por los geólogos franceses en la vertiente norte, en la vertiente sur se traduce por un hundimiento de las áreas de sedimentación del Jurásico y una transgresión del Aptense, que cierra la laguna estratigráfica. En Navarra esta fase es algo más aguda, pues Lamare señala allí brechas estratigráficas del Cretáceo inferior. De todos modos, no se aprecia una clara discordancia angular en ningún sitio, de modo que esta fase orogénica es muy suave.

Mayor importancia tiene la fase ante-cenomanense, señalada en Francia por todos los geólogos, con discordancias estratigráficas acusadas.

Al final del Cretáceo inferior se produce un hundimiento general que afecta cuando menos a la mitad occidental del Pirineo. El Cenomanense avanza transgresivo sobre el núcleo paleozoico axial y deja sus testigos en el Pico de Moros y en Gavarnia. Pero en la vertiente española se trata sólo de un hundimiento epirogénico, que en muy contadas excepciones da lugar a alguna discordancia angular. Tal sucede en Orgañá y en Navarra.

No sabemos hasta dónde quedó sumergido el ámbito pirenaico durante la transgresión cenomanense, pues sólo restan los testigos mencionados, pero parece claro que este hundimiento pirenaico no afectó a su extremo oriental

ni a los macizos Catalán y del Ebro, pues en ninguno de estos sitios se encuentran sedimentos cenomanenses.

El Macizo del Ebro se hunde definitivamente al final del Turonense o comienzos del Senonense y los sedimentos de este último piso se extienden en una nueva transgresión por todo el ámbito de la vertiente sur pirenaica, desde Navarra hasta el río Llobregat, pero el Macizo Catalán permanece emergido hasta las postrimerías del Cretáceo.

Conviene insistir en que todos estos movimientos que se producen a lo largo del Cretáceo son emersiones y hundimientos que dan lugar a retrocesos y avances del mar, de carácter tranquilo, pues no se producen plegamientos que den lugar a posteriores discordancias angulares, ni brechas sedimentarias que indiquen un periodo de intensa denudación. Desde los ríos Urrobi e Irati, en Navarra, hasta Artesa de Segre, el Senonense descansa transgresivo sobre las areniscas y pizarrillas del Triásico o sobre las carniolas de tránsito del Triásico al Jurásico, sin que exista una discordancia angular apreciable.

En las postrimerías del Cretáceo, la Cordillera Pirenaica sufre un empuje epirogénico ascendente al mismo tiempo que se hunde el Macizo Catalán, lo que a nuestro juicio da lugar a que no se depositen en la Cordillera los sedimentos eocenos y a que al norte y al sur de ella se formen sendas fosas en las que se sedimenta una potente serie, que se inicia en el Eoceno inferior y que llega en extensas zonas hasta el Mioceno superior.

En favor de esta interpretación se tiene la ausencia de Eoceno, tanto en la media cúpula de Cretáceo superior que rodea por el oeste al Pico de Anie, como en los testigos cretáceos del Pico de Moros y de Gavarnia.

Otro argumento en favor de la ausencia de sedimentos secundarios y eocenos en la zona axial de los Pirineos Centrales y Orientales es la composición de los conglomerados terciarios.

En las partes más septentrionales y próximas al Paleozoico, los cantos rodados de las grandes masas de conglomerados subhorizontales de la zona de los Nogueras son en su gran mayoría paleozoicos, mientras que más al sur estos mismos conglomerados están constituidos predominantemente por cantos rodados post-paleozoicos.

También los conglomerados ludienses, que en Oliana coronan la serie eocena marina y están más alejados del núcleo paleozoico del Pirineo, son de canto exclusivamente calizo, sin que se encuentre más que de una manera excepcional algún canto paleozoico.

Es decir, los agentes erosivos en el núcleo del Pirineo sólo han podido trabajar sobre estratos paleozoicos, mientras que más al sur han encontrado ya formaciones más modernas.

También puede aducirse la ausencia de Eoceno en toda la faja de sedimentos secundarios de la vertiente francesa.

Esta emersión del Pirineo, que yo estimo como definitiva, ha dado lugar a una de las diferentes intrusiones graníticas, que probablemente ha sido la que ha intervenido en la metamorfización del Secundario inmediato al Paleozoico axial.

El Eoceno que se deposita en la cuenca de sedimentación de la vertiente sur pirenaica, disminuye notablemente de potencia hacia el sur y hacia el oeste, hasta el punto de que en la cuenca de Villarcayo sólo quedan unas hiladas de caliza de Alveolinas, entre capas de facies continental neta.

Como, por otra parte, el Eoceno gerundense ofrece bastantes analogías con el francés de los Pirineos Orientales, incluso por la existencia en Gerona de niveles asimilables a la pudinga de Palassou, es evidente que la conexión entre las dos cuencas ha tenido que efectuarse a través del Pirineo o rodeando a éste por el Mediterráneo. Los argumentos expuestos más arriba me inclinan a esta última interpretación.

Según ella, se deposita la serie eocena en ambas cuencas, enlazadas por el Mediterráneo, y en el Luteciense superior se produce un nuevo empuje orogénico indudable, pero al que creo se le ha dado una importancia mayor de la que en realidad tiene.

Esta nueva fase orogénica ha debido producir un mayor desequilibrio en la vertiente francesa, probablemente por el juego de los macizos satélites paleozoicos, que ha tenido como consecuencia la formación detrítica de la mencionada pudinga; pero tanto en los Pirineos Orientales como en Biarritz todo el Eoceno es concordante y está plegado.

En la vertiente española se deja sentir menos los efectos de este paro-xismo, que sólo deja como muestras el tramo rojo intermedio del Eoceno de Gerona, los niveles continentales del Luteciense, los pliegues norteados, en las provincias de Huesca y Lérida, y la facies flysch.

Pero la orogenia pirenaica propiamente dicha, entiendo que no se inicia hasta el final del Bartonense.

En este momento un fuerte pliegue de fondo levanta todavía más el núcleo paleozoico y su orla de estratos secundarios, plegamiento que en la zona de los Nogueras se extiende hacia el sur, hasta Camarasa.

La denudación es intensa en esta zona de los Pirineos Centrales, y se deposita en la vertiente sur una extensa y potente serie de conglomerados, perfectamente datados en su base por la fauna fósil de Sosis, de edad ludiense.

Este paroxismo bartoniense se acusa también en todo el resto de la vertiente meridional por el hecho de que en toda ella se inicia con el Ludiense la facies continental, que continuará a todo lo largo del Terciario. De modo que una consecuencia importante del paroxismo bartoniense es el cierre de la cuenca marina eocena y su cambio a facies continental.

El diastrofismo del final del Bartoniense, producido en la zona de los Nogueras, se transmite con retardo a un lado y a otro de la misma.

Por ejemplo, el borde oriental de esta zona, en el que se encuentra la Sierra de Peramola, al oeste del Segre, muestra el Secundario plegado y volcado sobre los conglomerados que recubren en concordancia al Bartoniense de Oliana, o sea que este pliegue y vuelque es post-bartoniense.

Por cierto que aquí se produce una curiosa anomalía, en la que no sé si habrán reparado otros geólogos que han estudiado la región y que creo valdría la pena de estudiar con detenimiento.

Las estructuras tectónicas que en la zona de los Nogueras se orientan sensiblemente este-oeste, en el anticlinal de Oliana y sierras de Peramola, Turp, Aubens y otras, se arrumban al noreste. Pero hay más; la Sierra de Cadí, de orientación muy uniforme este-oeste, tiene su extremidad occidental recurvada hacia el sur, buscando las alineaciones anteriores.

Pues bien: el hecho que a mí me parece interesante es que la alineación de las sierras de Peramola y Turp coincide y es la prolongación ideal de la alineación del valle del río Têt, en la vertiente francesa.

Esto podría indicar la existencia de una fractura de fondo en el Paleozoico axial, que ha jugado al final del Eoceno, ocasionando estas estructuras de orientación en desacuerdo con la del resto del Pirineo.

El paroxismo bartoniense de la zona de los Nogueras se propaga en Cataluña desde el Segre hacia levante, y en Aragón y Navarra desde el Noguera Ribagorzana hacia poniente, pero no de manera brutal, sino lenta y continuamente, a todo lo largo del Oligoceno.

La presión continuada durante todo este lapso de tiempo, originada sin duda por un pliegue de fondo, hace que se vaya elevando paulatinamente la zona axial del Pirineo. La cobertura de estratos post-paleozoicos, que ya durante el Eoceno había comenzado a resbalar, acentúa su despla-

zamiento a lo largo de los flancos del núcleo herciniano, a partir del Ludense, con lo que los sedimentos que se depositan durante este periodo y el comienzo del Oligoceno están constituidos en muchos sitios por conglomerados en los que la proporción de elementos del Paleozoico es mayor o menor, según se formen más o menos cerca del Pirineo axial.

Al mismo tiempo las fosas de subsidencia de las vertientes francesa y española se hundén también de manera continua, si bien en España es netamente observable el desplazamiento de su eje hacia el sur, a partir del Cretáceo superior hasta el Mioceno.

El resbalamiento de la cobertura secundario-eocena da lugar a la formación de pliegues violentos que, salvo excepciones, se vuelcan hacia las fosas de subsidencia y en muchos casos, como sucede en el Monte Perdido, se produce un apilamiento de pliegues en cascada cuyos flancos llegan a quedar en posición subhorizontal.

En Gavarnia, un retazo de Cretáceo queda cabalgado por el Paleozoico, que le impide resbalar como lo hace el resto del recubrimiento, y juntamente con el retazo de Cretáceo respetado en el Pico de Moros se nos muestra ahora, como testigo del caparazón que en otro tiempo cubrió esta zona del Pirineo.

Las alineaciones tectónicas ofrecen también divergencias en su orientación, de la vertiente francesa a la española.

La temprana surrección del Pirineo Central es sin duda la causa de las diferentes alineaciones tectónicas que se observan en la zona española. Por el contrario, en la francesa es más constante el rumbo de las estructuras, que muestran una orientación media este-oeste; diferencia que es posible sea debida a que los macizos satélites paleozoicos han atenuado los efectos de esta fase orogénica.

El plegamiento bartoniense de la zona de los Nogueras ha levantado este espolón de estratos secundario-eocenos plegados en dirección este-oeste, que llega hasta Camarasa y condiciona las alineaciones tectónicas que a continuación van apareciendo al este y al oeste.

Al oeste del río Noguera Ribagorzana, la presencia de esta masa plegada, proyectada hacia el sur, obliga a los estratos, que se van plegando luego de una manera continua, a orientarse al oeste-noroeste, posición que de manera constante conservan las estructuras hasta más allá de la Sierra de Leyre, en Navarra.

Por el contrario, la probable fractura del zócalo paleozoico a que se

ha hecho antes referencia, orienta en su misma dirección noreste-suroeste los pliegues desde Oliana hasta el extremo occidental de la Sierra de Cadí. El diapiro de Montmagastre, al noreste de Artesa de Segre, es probablemente la manifestación más meridional de este sistema de pliegues. Pasado este accidente, las estructuras se orientan este-oeste.

La fosa del Ebro, en continuo hundimiento, recibe los sedimentos de la serie sinorogénica ludiense-oligocena, constituidos frecuentemente en su base por conglomerados. Estas capas, en las zonas próximas a la cordillera, se van plegando sucesiva y continuamente, apareciendo con frecuencia las capas inferiores de la serie volcadas hacia el interior de la cuenca. Allá donde la erosión profundiza bastante en estas formaciones, como sucede en San Lorenzo de Morunys, Riglos, Agüero y Peña de Oroel, puede apreciarse una discordancia progresiva que coloca las capas superiores de la serie en total discordancia sobre las inferiores.

Pero si los agentes erosivos no han cortado profundamente a este paquete, se ve unas veces las capas continentales concordantes con el Eoceno y otras discordantes sobre diferentes terrenos, según se trate de capas más o menos altas de la serie continental.

Como en el estado de nuestros conocimientos es prácticamente imposible señalar el límite Oligoceno-Mioceno, se ha considerado frecuentemente como Mioceno los niveles transgresivos discordantes, pero lo que antecede demuestra que no existe base suficiente para establecer esta diferenciación.

Al final del Oligoceno o principio del Mioceno se produce un recrudecimiento de la actividad orogénica que eleva de nuevo la cordillera, hace retroceder hacia el sur el área de sedimentación del Mioceno y da lugar a que se depositen nuevos niveles de conglomerados, que quedan en posición subhorizontal. Estos conglomerados deben corresponder a los niveles más altos de las masas transgresivas de las sierras de Sis, San Salvador y Boumort, y a los conglomerados de este carácter que descansan sobre el Secundario de la Sierra de Peramola.

EL PIRINEO NAVARRO

Unas últimas palabras sobre el Pirineo Navarro y sobre la extensión geográfica que debe darse a la palabra Pirineo.

Como hemos visto al principio, las opiniones de los geólogos están divididas, pues mientras unos estiman que esta denominación debe reservarse a la zona comprendida desde el río Oria hasta el Mediterráneo, otros estiman que no hay razones geológicas para separar el Pirineo propiamente dicho de la Cordillera Cantábrica.

Lamare, que con tanto cariño ha estudiado el Pirineo Navarro, estima que sus macizos paleozoicos no son ni una surgencia del núcleo paleozoico axial que en el Pico de Anie se hunde bajo el recubrimiento cretáceo, ni un macizo satélite como los de la vertiente norte. Es una unidad con caracteres y fisonomía propios, y el Pirineo propiamente dicho se termina al hundirse en el Pico de Anie el Paleozoico axial.

Evidentemente, el Paleozoico navarro no puede considerarse como una resurgencia del núcleo pirenaico. En Navarra se presentan estructuras que no pueden relacionarse con las pirenaicas propiamente dichas, tales como las de Aralar y el llamado manto de los mármoles, con una vergencia al norte opuesta a las que se encuentran en la vertiente surpirenaica. También la estructura de Burunza, a poniente del río Oria, orientada al noreste y vergente hacia el este, no guarda relación alguna con las estructuras pirenaicas.

En cambio la orientación oeste-noroeste de la Sierra de Aralar y la vergencia al norte de ésta y del manto de los mármoles, muestran una disposición que con las mismas características se continúa por las Vascongadas hasta Bilbao.

La desaparición del Paleozoico antes de llegar al río Oria, para no reaparecer hasta Asturias, la sedimentación de un Cretáceo de extraordinaria potencia a partir del río Oria, y la formación desde este río hasta Bilbao de estructuras orientadas al oeste-noroeste y vergentes al norte, son a mi juicio razones suficientes para establecer una diferencia entre el Pirineo de Aragón y Cataluña y la Cordillera Cantábrica.

En cuanto al Pirineo Navarro, si efectivamente ofrece caracteres que separan sus macizos paleozoicos de los de la vertiente pirenaica francesa, indudablemente estos macizos son otros tantos bloques como se debieron

formar al final de la orogenia herciniana. Además se da la circunstancia de que también aquí ha tenido lugar un metamorfismo, que constituye excepción en la vertiente sur de la cordillera, lo que hace que exista una cierta semejanza con los macizos satélites franceses.

Así pues, a mi juicio está justificado considerar como Pirineo propiamente dicho la cordillera que se extiende desde el Mediterráneo hasta el río Oria, pero reconociendo que el Pirineo Navarro tiene unas características propias que hacen de él una unidad algo diferente del Pirineo Catalano-Aragonés.

* * *

Este rápido recorrido a lo largo de las formaciones secundarias y terciarias del Pirineo nos deja ver las muchas lagunas que todavía existen en su conocimiento para poder llegar a la completa interpretación de los fenómenos tectónicos que han dado lugar a la estructura actual.

Son ya muchos los geólogos que han dedicado su tiempo y conocimientos al estudio de nuestra Cordillera, pero sus observaciones se han circunscrito a zonas más o menos reducidas o extensas, y se echa de menos los trabajos de síntesis que permitan tener una idea suficientemente aproximada de la forma en que se ha producido la tectónica pirenaica, del proceso de emersión de la Cordillera y de la correlación geológica entre las dos vertientes, que explique satisfactoriamente todas las anomalías y diferencias que entre ambas existen.

Es ésta sin duda una labor ardua y larga, que por el cúmulo de información que hay que tener en cuenta y por la labor complementaria que todavía hay que realizar, no puede ser hoy atacada individualmente, sino que tiene que ser emprendida por un equipo entusiasta de geólogos, captados por la incomparable belleza del Pirineo y profundamente atraídos por sus interesantes problemas geológicos, que sin prisa y sin pausa se apliquen amorosamente a reconstruir su historia geológica. Sean mis últimas palabras una cordial llamada a los geólogos franceses y españoles y a cuantos se sientan interesados por el esclarecimiento de la geología pirenaica, para que, dentro del marco de los Congresos de Pirineístas, que regularmente celebramos y tan buena coyuntura ofrecen para ello, realicen esta tarea de equipo y de hermandad franco-española en justo homenaje a este Pirineo de nuestros amores.

D I S C U R S O

D E L

EXCMO. SR. D. FRANCISCO HERNANDEZ-PACHECO
DE LA CUESTA

Excmos. Sres. Académicos.
Señoras y señores.

Acabamos de oír un documentado discurso referente a la Cordillera Pirenaica, seguido de una síntesis respecto a su historia, fundamentalmente orogénica, en tiempos del Secundario y del Terciario; discurso referente sin duda a una de las unidades morfo-estructurales más interesantes de la Península Hispánica, por la grandiosidad y belleza de sus paisajes, por el variadísimo conjunto de formaciones geológicas que la integran y por la compleja evolución que este conjunto de montañas ha tenido a lo largo de su historia.

Pero antes de comentar lo que doctamente se nos ha expuesto, juzgo preciso indicar cuál es la personalidad del ingeniero y profesor don Antonio Almela Samper, que hoy ha de incorporarse a esta Real Academia, en consideración a sus méritos y constante labor en el campo de la Geología, tanto en tareas docentes como de investigación, lo que ha de contribuir, al colaborar entre nosotros, a dar prestigio a la Corporación, que con gran satisfacción y contento lo recibe en su seno.

Viene a ocupar el Sr. Almela Samper la vacante de esta Real Academia de Ciencias dejada por fallecimiento de don Eduardo Hernández-Pacheco y Estevan, cuya personalidad científica, en el campo de la investigación geológica, ha expuesto con mucho afecto y con gran conocimiento de detalles el Sr. Almela. Le expreso por ello mi gratitud y reconocimiento como hijo, como alumno y, durante años después, como colaborador en su labor de investigación científica.

Abusando sin duda de vuestra amabilidad, y pidiéndoos me perdonéis por el tiempo que pueda emplear en ello, voy a exponer algunos rasgos de la personalidad humana que complementen la idea que de mi padre y maestro se pueda tener como hombre de ciencia, debido ahora a lo indicado por Almela Samper y, con anterioridad, a la dicho por el Secretario General de esta Real Academia, don Obdulio Fernández, al leer su magnífico trabajo biográfico en relación con mi padre, con motivo de inauguración de Curso de esta Corporación Científica.

Mi padre y maestro es de ascendencia extremeña y tenía acusada resistencia física, sin que su constitución denunciara tal hecho. Era incansable en las largas caminatas, aguantando bien no sólo las inclemencias del tiempo, sino el hambre y la sed. En épocas no acusadamente de tiempo desagradable y, durante campañas de trabajos en el campo, prefería pasar la noche a campo raso en cualquier paraje apropiado y agradable por su ambiente natural, que no bajo techo en ventas o posadas. Elegía para acompañante y servir de práctico, incluso cuando otro colaborador compartía sus tareas de investigación, a gentes campestres, guardas de fincas, cazadores, leñadores o carboneros, pues decía que el conocimiento empírico que estas gentes tienen del ambiente natural, de los detalles del relieve, de los accidentes diversos de la campiña o del tipo de terreno, en muchos casos le habían conducido a lugares claves, favoreciendo así de modo notorio su labor. De estos tipos guardaba muy gratos recuerdos y refería de ellos anécdotas muy divertidas, en relación con sus campañas científicas, especialmente por Sierra Morena y por Extremadura Central.

Cuando joven era aficionado a la caza y a la pesca, y en verano los aguardos a las tórtolas al amanecer, junto a charcos residuales en las vallo-nadas, o las estancias pescando en la orilla de las albuernas, eran muy frecuentes. En aquellos tiempos en Extremadura la endemia palúdica había llegado a ser preocupación sanitaria nacional, pese a ello jamás padeció fiebres de este tipo, y sí las padecían y con frecuencia sus acompañantes.

Heredó de sus padres un conjunto de fincas rústicas, olivares y tierras abiertas y un terreno de relativa extensión situado en Extremadura Central, cerca de las estribaciones de la Sierra de San Pedro, terreno que era en realidad un espeso jaral, un loberil, como denominaban a estas zonas las gentes de los pueblos inmediatos, con incipiente arboleda de encinas y alcornoques. Con gran interés y constancia se preocupó de convertir este conjunto de fincas en cuidado plantío de olivos, higueras y viñas, y el espacio

ocupado por denso jaral en una pequeña dehesa. Tarea llevada a cabo durante muchos años y favorecida por los conocimientos científicos del joven naturalista. Esta rústica hacienda dio a mi padre una cierta independencia a lo largo de su vida, pudiendo así desarrollar con más holgura sus tareas de investigación en época de vacaciones.

Al comenzar el presente siglo inicia sus tareas docentes como Catedrático en el Instituto Nacional de Segunda Enseñanza de Córdoba, Centro docente que ocupaba y sigue ocupando amplio edificio que tenía entonces más características de oscuro y tranquilo recinto conventual que no alegre y bullicioso centro docente para la juventud. Amplió ventanas y acristaló puertas para que entrase en lo posible el sol en los amplios y tristes pasillos, los que incluso, y en determinados espacios, fueron adornados con tiestos de flores, y pese a la opinión de muchos de que los traviesos muchachos no los respetarían, pronto se demostró lo contrario, pues ellos se ocupaban de su cuidado, regándolos y teniéndolos limpios y sustituyendo los menos vistosos por otros más floridos.

En este mismo Instituto inició con los alumnos del último año las excursiones al campo, recogiendo insectos y animales diversos, herborizando y buscando en canteras y socavones mineros rocas y minerales diversos. Estas excursiones ocasionaron a veces el descubrimiento de yacimientos minerales o de fósiles, como el del bismuto nativo en Los Pedroches, el de Arqueociátidos en terrenos inmediatos a las Ermitas de Córdoba, o el primitivo "taller" metalúrgico en Cerro Muriano, donde el hombre neolítico preparaba las menas cobrizas para la obtención de este utilísimo metal. Tales salidas al campo aún son recordadas con placer por algún antiguo alumno, quienes recibían estas enseñanzas en plena naturaleza con extraordinaria curiosidad y contento. Organizó también las enseñanzas prácticas en el Instituto, con tareas de clasificación de plantas, disecciones sencillas de animales y uso del microscopio, cuestiones que apasionaban a los muchachos.

Siendo ya Catedrático de la Universidad de Madrid, además de las enseñanzas de cátedra, dirigió un gran número de tesis doctorales y planteó determinados temas de investigación que tenían ya como antecedentes los llevados a cabo en Córdoba, tanto por los llanos de la Campiña como por la Sierra. Así, la investigación del Terciario de Castilla y sus vertebrados fósiles, la significación geotectónica del Guadarrama, siguiendo las directrices iniciadas por Quiroga, Macpherson y Calderón, la estratigrafía y estructura de las formaciones afectadas por la orogenia hercínica en las alineaciones de

los Montes de Toledo, la copia y descripción de las pinturas trogloditas y rupestres de Asturias, Levante y en el ámbito del Campo de Gibraltar, el desarrollo de su teoría científica del paisaje y características del paisaje español, entre otros, fueron temas que, una vez iniciados y ya orientados, cedía con placer a sus jóvenes colaboradores para que los prosiguieran y los terminaran y sacasen conclusiones. Así fueron dándose a conocer trabajos geológicos bien desarrollados y de interés por Darder, Carandell, Gómez Lluca, Royo Gómez, De Pedro, entre los desgraciadamente desaparecidos, y, por otros, que continúan en la actualidad trabajando y publicando con destacado rendimiento en temas diversos de Geología, por lo que realmente puede decirse que Hernández-Pacheco creó escuela.

Hasta muy avanzada edad, después de su jubilación como Catedrático de la Universidad de Madrid, continuó trabajando. Entre los 70 y 75 años, como Jefe de la expedición nombrada por el Gobierno, exploró y estudió en sentido amplio el territorio de Ifni, recorrió el Sahara Español en amplias zonas y dejó ya planteados problemas que, posteriormente, entre otros me cupo el placer de continuar. Cumplidos ya los 80 años dio a conocer tres voluminosas obras publicadas por esta Real Academia, referentes a la Historia de España en relación con sus características geográficas, a la Prehistoria y, fundamentalmente, el estudio y significación de su arte troglodita y rupestre y a la descripción fisiográfica del conjunto peninsular hispano.

Finalmente, a los 85 años, cuando por cruenta dolencia fue preciso amputarle una pierna, una vez repuesto, rogó se le trasladase a Alcuéscar, solar de sus antepasados en donde pasó su niñez y mocedad. Allí resignado, pero no desesperado, entre sus gentes, como él decía, aguardó tranquilo el tránsito hacia la otra vida, lo que tuvo lugar a los 94 años de edad.

Sirva su recuerdo como ejemplo de una vida de gran laboriosidad, desarrollada con optimismo, constancia y buen humor.

Nace en Valencia don Antonio Almela Samper el 23 de julio de 1903, siendo hijo del militar don Antonio Almela Díaz-Crespo y de doña Marina Samper Devis. Desarrolla sus primeros estudios en el Colegio de Cervantes y los de Bachillerato en el Instituto de Segunda Enseñanza de Valencia, pero antes de cursar el tercer año fallece su padre. Sus estudios van a proseguir, pero sin la guía y consejos que la mayor parte de los muchachos, más o menos directamente, reciben afortunadamente de sus padres. No tarda el joven alumno en sentir un mayor atractivo, una vocación, por las cues-

tiones y problemas científicos, inclinación que se acentúa en los dos últimos años de sus estudios de Bachillerato.

Trasladada su madre a Madrid, y con vocación ya acrecentada hacia las Ciencias, cursa la carrera de Ingeniero en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, siendo excelente alumno, terminando sus estudios en 1926, contando apenas 23 años. Por entonces aún no pensó orientar su actividad profesional hacia temas de investigación geológica, pero la vida pasada de muchacho en un país de gran luminosidad, de buen tiempo en casi todas las estaciones del año, teniendo ante sí paisajes muy variados, que con frecuencia tenían como fondo el Mediterráneo, acrecentaban más y más su atractivo hacia el campo, su afición a las excursiones y vida al aire libre, lo que habría de ser, pasado el tiempo, la razón fundamental de su inclinación hacia los estudios geológicos y que no le atrayesen los trabajos mineros.

En un principio orientó su vida profesional hacia la industria siderúrgica, entrando en 1927 como Ingeniero a formar parte del personal técnico de la Compañía Siderúrgica del Mediterráneo, entidad industrial radicada en Sagunto, en las proximidades de Valencia, su ciudad natal, y en el ambiente que tanto atraía al joven Ingeniero. Permaneció en este destino hasta 1933: años que, según nos manifestó Almela en diversas ocasiones, están llenos de recuerdos gratísimos e imborrables, relacionados con excursiones campestres efectuadas con compañeros de trabajo, recorridos que casi siempre tenían como fondo los pintorescos y luminosos perfiles de la Sierra de Espadán, tan rica y variada en tonalidades. En otras caminatas le impresionaban los espectaculares apilamientos de las areniscas del rodeno, cuyas intensas coloraciones rojas contrastaban armónicamente con las variadísimas tonalidades verdes del matorral o con las masas arbóreas de los pinares. Pero no solamente producía gozo la contemplación de estos paisajes al ya incipiente geólogo, sino que se acentuaba más y más su interés en relación con los rasgos geológicos de la Sierra de Espadán, incrementándose así la curiosidad por este paisaje y por los problemas científicos que lo determinaban, por lo que Almela nos indica en una de sus publicaciones que "el que contempla este mismo paisaje con conocimientos geológicos, no sólo aprecia su belleza plástica, sino que comprende el por qué de su morfología; por qué se ha formado aquel valle; a qué se debe aquel cantil herido por los rayos del sol poniente que le arrancan colores increíbles".

Almela terminó por encariñarse, por sentir gran atractivo por las cuestiones geológicas, lo que le instó a solicitar en 1934 una de las plazas de

Ingeniero Auxiliar del Instituto Geológico y Minero de España, para las que se había convocado concurso de méritos, siendo designado para ocupar una de ellas.

Extraordinaria ventaja fue para el joven Ingeniero de Minas, señor Almela, ya geólogo, el poder salir al campo acompañado y guiado por tan buenos maestros como don Agustín Marín y don Primitivo Hernández Sampelayo, queridos y respetados amigos míos, y compañeros que pertenecían a esta Real Academia, y por don Enrique Dupuy de Lôme, Ingeniero de Minas, también muy distinguido en el campo de la Geología, quienes fueron sus mentores, recibiendo de ellos constantes enseñanzas en las diferentes ramas de la Geología y, respectivamente, de Petrografía, de Paleontología y de las prácticas de observación en el campo, en relación con el levantamiento de mapas geológicos.

Sintiendo atractivo Almela desde un principio por la Paleontología fue destinado al Museo y Laboratorio de Paleontología del Instituto Geológico y Minero, a las órdenes de don Primitivo Hernández Sampelayo, quien supo inculcarle la gran afición hacia los fósiles, pasión que se acrecienta con el tiempo y que pronto habría de manifestarse en interesantes publicaciones referentes a estas cuestiones, no tardando, por ello, en ser designado para la Jefatura de tal servicio, cargo que viene desempeñando en el Instituto desde 1950. Cuatro años después, en 1954, fue nombrado Profesor Numerario de Paleontología de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, cargo que en la actualidad sigue desempeñando con gran capacidad y con beneficio muy destacado para sus alumnos.

A la actividad docente va unida la gran capacidad de trabajo de Almela en el campo, que se desarrolla, muy particularmente, pasada nuestra guerra civil, a partir de 1940, en que inicia intensas campañas de estudio en colaboración con su querido compañero J. M. Ríos, Profesor, como él, de Geología en la Escuela de Ingenieros de Minas y Académico Numerario de esta Real Academia, actividad conjunta que prosigue en la actualidad y de la cual son fruto muy numerosas e interesantes publicaciones, orientadas hacia el conocimiento de las formaciones secundarias y terciarias de la depresión del Ebro y comarcas próximas. Objeto de estudios por Almela han sido igualmente las zonas paleozoicas y de rocas endógenas del centro y occidente de España, así como el reconocimiento de las formaciones secundarias en amplios espacios de Andalucía, del sureste peninsular y de Levante.

De especial y gran interés son también las actividades científicas lleva-

das a cabo por Almela Samper en el campo de la Geología, en relación con campañas de prospección y explotaciones petrolíferas, a partir de 1940.

Al mismo tiempo asciende en el Instituto Geológico y Minero de España, en 1944, a Ingeniero tercero; en 1949 se le nombra Ingeniero Vocal y, en 1950 y 1953, pasa a Ingeniero segundo y primero, respectivamente. En Marruecos es nombrado por la Alta Comisaría, en 1953, Vocal de la Comisión de Estudios Geológicos Petrolíferos, por lo que realizó diversas campañas de estudios geológicos e hidrogeológicos en aquel país.

Como Profesor Numerario de la Escuela de Ingenieros de Minas, habiendo desempeñado los cargos de Subdirector del Instituto Geológico y Minero desde 1954 a 1957, y de Director entre 1958 a 1966, siendo Consejero de la Junta de Energía Nuclear desde 1959, y Consejero del Consejo de Minería desde 1965; ha tomado parte en varios Congresos y Reuniones internacionales y nacionales de Geología e Ingeniería, presentando siempre a estos certámenes trabajos de interés y actualidad. El señor Almela es doctor honoris causa de la Universidad de Dijon, y está en posesión de la Gran Cruz del Mérito Militar y de la Encomienda de Alfonso X El Sabio.

Vida de tan destacada actividad docente y científica del Profesor e Ingeniero señor Almela ha fructificado en un gran conjunto, variado y rico, de publicaciones geológicas y paleontológicas, muchas de ellas, en colaboración con otros colegas.

Por lo expuesto, esta Real Academia se siente honrada y satisfecha al recibir al Sr. Almela en su seno y, como ya antes he indicado, es segura su valiosa colaboración científica.

En la gran actividad desarrollada por el señor Almela Samper destaca acusadamente las cuestiones relacionadas con la Cordillera Pirenaica, como ha demostrado con la lectura de su discurso de recepción en esta Real Academia, consecuencia lógica, pues, como he indicado, Almela antes de decidirse por las tareas de investigación geológica, gozaba recorriendo la campiña y admirando el paisaje, y vimos el gran atractivo que sobre él ejercía los lejanos relieves de la Sierra de Espadán y el interés que llegó a tener por la razón de su variado aspecto. No debe extrañarnos pues, que una vez orientada su vida profesional hacia la geología, que el Pirineo, con la grandiosidad de sus paisajes y por la variedad de enigmas geotectónicos encerra-

dos entre su poderoso relieve, fuesen desde un principio objeto de su máximo interés.

Pueden diferenciarse sus estudios referentes al Pirineo en dos fundamentales conjuntos, el que agrupa los de Geología pura y aquel otro que reúne los de Geología aplicada.

De ellos y de otras investigaciones y trabajos llevados a cabo por técnicos diversos, nacionales y extranjeros, se deriva que la tectónica pirenaica, tanto la hercínica como la que tuvo lugar en tiempos secundarios y fundamentalmente del Terciario, o sea las diversas fases de la orogenia alpina, está aún inconclusa, no bien conocida, apreciándose además patentemente el gran influjo que en las estructuras alpinas tienen las acciones del substrato hercínico pirenaico. Por ello, para los geólogos, y este es el caso de Almela, el Pirineo no debe ser considerado como sólo un accidente fronterizo, sino que debe ser visto como constituyendo una gran unidad fisiográfica y geotectónica de extraordinario interés, en relación con la cual tenemos la obli-gación los del lado de allá y los de acá, de conocerla mucho más a fondo, pues pese a la extraordinaria, a la muy copiosa bibliografía referente al Pirineo, son muchos los problemas que están por resolver, y otras cuestiones francamente embrolladas por haber sido estudiadas por geólogos de muy diferentes criterios, lo que ha determinado sacar a veces conclusiones muy diversas y en ocasiones dispares.

Una de las cuestiones a dilucidar es cuál sea el límite real del Pirineo, no siendo dudoso para Almela que esta gran cordillera se desarrolla desde Vasconia hasta el litoral catalán, no siendo esta la opinión sustentada por Lamare, que sólo considera como verdadero Pirineo los altos relieves aragoneses y catalanes.

Otro problema que también está claro para Almela es que no se trata de una cordillera Cántabro-Pirenaica, pues estos dos conjuntos montañosos son unidades morfo-estructurales independientes, si bien alineados, más en apariencia que en realidad, en el mismo sentido, pero entre ellos existe clara discontinuidad.

Por los estudios que vengo haciendo del litoral cantábrico, y recientemente por tierras de Vizcaya, estoy perfectamente de acuerdo con Berthois y colaboradores en que el eje pirenaico, rebasado el macizo paleozoico de Las Cinco Villas, en tierras de Guipúzcoa y alcanzada Vizcaya, tiende a arrumbarse hacia el noroeste, terminando por abismarse en el Cantábrico. Más hacia occidente se inician las alineaciones cantábricas, que más al sur

de estas zonas del país vasco puede admitirse avancen más hacia el este o este-sureste, pero con independencia total respecto al Pirineo.

Es también rasgo de interés, tardío o póstumo, de la orogenia hercínica la individualización pre-triásica del substrato paleozoico del Pirineo en bloques o macizos independientes, unos aflorantes, como el de la zona axial, el de Las Cinco Villas o los existentes en las vertientes norte, otros no al descubierto, como los que yacen bajo las formaciones modernas en la depresión del Ebro. El influjo de todos ellos, como hace destacar Almela, es causa de las diferentes características geotectónicas que se acusan en ambas vertientes. De importancia también notoria, en relación con la inestabilidad de la Cordillera, como fenómeno que anuncia la orogenia alpina, es la falta o existencia de depósitos jurásicos en amplios tramos pirenaicos en sus dominios meridionales. Así, desde zonas inmediatas a Pamplona, hasta cerca del Noguera Ribagorzana, el Jurásico falta, existe en múltiples y grandes manchones a partir de este encajado valle hasta las zonas de Berga y Pobla de Lillet, volviendo a faltar los sedimentos jurásicos desde esta localidad hasta alcanzarse el Mediterráneo, falta o presencia de esta formación geológica que no siempre comprende a un mismo conjunto sedimentario, lo que demuestra el comienzo de una nueva orogenia, ya iniciada tímidamente avanzado el Triásico y que se acentúa acusadamente en el Cretáceo, y va a alcanzar sus fases álgidas durante el Terciario inferior y medio, fenómenos que están en íntima relación con la presencia, desde el Cinca a Navarra, a partir del Luteciense superior, de la facies del flysch, formación que denuncia la inestabilidad de los fondos marinos, así como la causa de la presencia, en tiempos algo posteriores y en la vertiente norpirenaica, de los conglomerados de tipo Palassou, y los de Montserrat y de los Mallos de Riglos en las meridionales, causa debida a la iniciación de intensos ciclos de erosión sobre conjuntos sedimentarios recientes y destacadamente emergidos, pero no con igual valor en el dominio de la Cordillera, por lo que en el Pirineo central y occidental no aparecen estas potentes masas de pudingas sino muy accidentalmente, como acontece en la Cuenca de Tremp.

Así pues, las fases orogénicas alpinas estaban teniendo lugar, siendo debidas a fenómenos de plegamiento por presiones laterales o a fenómenos epirogénicos. Sólo en determinadas zonas determinados corrimientos locales han tenido lugar, como acontece en el macizo del Monte Perdido, pues los grandes mantos de corrimiento admitidos por Bertrand, es modo de ver hoy totalmente desechado.

Otra cuestión de gran interés, y que contribuye a diferenciar ambas vertientes del Pirineo, es la existencia en la septentrional de conjuntos sedimentarios del Secundario afectados por procesos metamórficos de acusada intensidad, lo que sólo muy excepcionalmente acontece en las vertientes del sur, procesos metamórficos que alcanzan en determinados parajes al Cenomanense inferior. Nos ha indicado Almela que para Ashauer estos procesos son de tipo dinamometamórficos y de contacto, a consecuencia de intrusiones de rocas endógenas surgidas debido a procesos diastróficos, fenómenos que determinaron el metamorfismo del primer tipo y enmascararon al proceso metamórfico dinámico anterior.

Existen pues en el Pirineo intrusiones de rocas granudas paleozoicas a causa de la orogenia hercínica que ocupan la zona axial y, lo que es de mayor interés, otras de igual tipo de edad aptiense-cenomanense, y, finalmente, una postrera intrusión terminal, también de materiales rocosos endógenos que coincide con el principio del Cenozoico, rocas en estos dos últimos casos que aparecen inyectadas en conjuntos de la cobertera secundaria.

Se admite por Casteras que tales fenómenos de metamorfismo de contacto están relacionados, además, con la existencia de masas sedimentarias primarias, estando las bandas metamorfizadas localizadas a lo largo del borde de la zona axial y entre éste y determinados macizos paleozoicos satélites. Obedeciendo a una misma causa puede admitirse, y está de acuerdo con ello Almela, que la presencia del manto de los mármoles señalado por Lamare en Navarra, al sur del macizo paleozoico de Las Cinco Villas, manto integrado por sedimentos triásicos, jurásicos y cretáceos inferiores que dan origen a un sinclinal, cuya rama norte caliza está marmorizada, sea un proceso debido y provocado por la presencia del mencionado macizo paleozoico.

No podemos glosar las interesantes cuestiones expuestas por Almela en su discurso referentes a las discordancias existentes en las series sedimentarias de ambas vertientes del Pirineo que forma su cobertera, ni lo relacionado con las orogénesis acaecidas en el Secundario, pues alargáramos demasiado esta disertación, pero sí he de indicar que estas fundamentales cuestiones están deducidas por Almela, en muchos casos, teniendo en cuenta los datos obtenidos por él mediante los sondeos profundos llevados a cabo en zonas pirenaicas de Lérida y Huesca.

En relación con la orogenia pirenaica propiamente dicha, se deduce por lo expuesto por Almela que se inicia mediante dos fases de elevación, en especial para la vertiente francesa, una al finalizar el Cretáceo, por plega-

miento con invasión del mar eoceno, transgresión que rebasa hacia el oeste los dominios del Pirineo a uno y otro lado del eje hercínico primario, invasión marina que va acompañada de la segunda fase de alzamiento epirogénico acusado de la zona axial; pero existiendo, según Mattauer y Proust, en el Pirineo oriental, una brecha postalbense, e incluso eocena, en discordancia sobre el Cretáceo inferior o el Jurásico que se extiende a todo el Pirineo, se puede admitir, como hace Almela, dos fases diferentes en la fase de plegamiento orogénico: una, finicretácea o del Eoceno precoz, de tipo profundo y de muy amplios pliegues, y otra, posterior y de tipo de plegamientos de cobertera.

Seguidamente se va a depositar el tramo rojo de facies continental en la comarca de Olot, que abarca a todo el Eoceno superior, así como el tramo luteciense igualmente continental, muy fosilífero, de la Cuenca de Tremp. Además, en zonas de Huesca y de Navarra, a partir del Luteciense superior, hay un tránsito de las típicas facies marinas hacia las de tipo flysch, constituyéndose al mismo tiempo los conglomerados de Palassou en la vertiente francesa, lo que hace que para muchos geólogos, principalmente franceses, la tectónica realmente pirenaica sea del Luteciense superior, apoyándose para llegar a tal conclusión, en razones estructurales, Jacob, Glangeaud, Bonnard, Daguin, Casteras y otros distinguidos geólogos, como ha indicado Almela. Pero tal modo de ver está especialmente en relación con la vertiente francesa, pues en las vertientes españolas, donde el Paleógeno se desarrolla muy ampliamente, en ningún lugar, salvo en las zonas marginales de las sierras de Huesca, aparecen discordancias intraeocenas, por lo que para las vertientes meridionales del Pirineo hay que admitir que el alzamiento pirenaico se inicia mediante movimientos epirogénicos al finalizar el Cretáceo, teniendo lugar otros del mismo tipo, pero más intensos, en el Eoceno medio, comenzando la orogenia realmente violenta una vez que ya ha tenido lugar la sedimentación eocena de facies acusadamente marina. Detalles que ya han sido indicados por Almela al leer su documentado discurso.

Mediante una muy interesante y documentada síntesis ha expuesto Almela la historia geológica post-hercínica del Pirineo, pudiendo así seguirse paso a paso el resurgimiento y la formación de esta gran cordillera a partir de los tiempos secundarios. Pero aún queda mucho por hacer, se nos indica, pues realmente el Pirineo está constituido por series sedimentarias muy complejas y estructuras muy complicadas y diversas en sus diferentes zonas.

De acuerdo con Almela, son muchos los trabajos de síntesis que es nece-

sario llevar a cabo para así poder fundamentar concepciones suficientemente documentadas y llevar a efecto otras nuevas no bien conocidas. Labor de mucho tiempo que sólo podrá irse desarrollando mediante trabajos de equipo, como indica Almela, por medio de una intensa cooperación hispano-francesa, pues aunque los trabajos emprendidos y desarrollados por geólogos aislados tienen importancia, en muchos casos se caracterizan por haber llegado a soluciones planteadas con ideas preconcebidas o alcanzan conclusiones a veces discutibles, y que introduciendo ideas y puntos de vista nuevos en vez de contribuir a la solución lógica de problemas plantean otros, a veces, sin fundamento lógico.

El Pirineo bien merece nuestra atención, que nos preocupemos como geólogos en resolver los enigmas ocultos en su grandiosa y compleja arquitectura. Sus variados paisajes, a veces de insuperable belleza, atraen cada vez con más fuerza a los que los conocen. Estas montañas brindan un ambiente natural muy apropiado para las nuevas generaciones de geólogos. Id allá, interesaros por sus fenómenos fisiográficos y geológicos, pues tal ambiente, a veces inclemente, os hará sanos y fuertes, templará vuestro espíritu y será la razón de que alcancéis el merecido placer de haber conseguido la solución al problema que os habíais planteado.