

REAL ACADEMIA DE FARMACIA

LA TECTONICA PENINSULAR Y  
SU RELACION CON LAS AGUAS  
MINEROMEDICINALES

DISCURSO LEIDO EN EL ACTO DE SU RECEPCION

POR EL

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

Y

CONTESTACION

DEL

EXCMO. SR. DR. D. ROMAN CASARES LOPEZ

Académico de número

ESTADES -- Artes Gráficas

Evaristo San Miguel, 8 - MADRID



LA TECTONICA PENINSULAR Y SU RELACION CON LAS  
AGUAS MINEROMEDICINALES



EXCELENTÍSIMO SEÑOR,

EXCELENTÍSIMOS SEÑORES ACADÉMICOS,

SEÑORAS Y SEÑORES:

Me habéis llamado a vuestro seno, sin méritos para merecer tan alto honor. Vuestro acuerdo me llena de agradecimiento y de alegría; pues, al convivir en esta egregia Corporación científica con personas de tanto saber, de ellas he de recibir constantes enseñanzas.

Vuestra benevolencia y afecto han sido grandes, pues el hecho de verme aquí sólo se explica, por el deseo que tenéis de premiar una labor que no tiene otro mérito que la constancia y la ilusión con que se llevó a cabo. Con anhelo me uno a vosotros para proseguir labor y estudios muy afines a los vuestros.

No enturbia el acto de hoy el recuerdo triste de ninguna personalidad científica desaparecida que me precediese en el puesto que voy a ocupar; pues al reorganizarse este Real Academia de Farmacia por el excelentísimo señor ministro de Educación Nacional, don José Ibáñez Martín, se decretó que a ella pudieran pertenecer, como académicos de número, hombres de ciencia que se ocuparán de cuestiones afines a las vuestras; así, pues, vengo, como naturalista, a formar parte de la Corporación que, magnánima, me ha abierto sus puertas.

He elegido como tema de mi discurso, las relaciones existentes entre la tectónica y las aguas mineromedicinales de la Península. Se trata de un trabajo de síntesis, que tiene en cuenta lo hecho ya por distinguidos geólogos que estudiaron los países que integran la Península Hispánica; si bien, me permita, a veces, exponer algunos puntos de vista míos, tanto tectónicos como hidrogeológicos, para complementar algunas cuestiones.

Sé que el discurso ha resultado muy extenso y no lo suficientemente didáctico, como fuere de desear; pero es tal la complejidad de la Península y son tantos y tan variados los problemas que se ofrecen al analizar estas cuestiones que me

ha sido imposible presentaros un trabajo más ultimado y conciso.

La tectónica y la hidrología son dos ciencias que hasta cierto punto se complementan; por ello, quizá, cuando se inician científicamente los estudios hidrológicos, ya bien avanzado el siglo pasado, forman doctrina conjuntamente con los de geología, pues los manantiales mineromedicinales eran considerados como un fenómeno más en los complejos problemas estudiados. Por ello, NARANJO, EZQUERRA DEL BAYO, SCHULZ, LUJÁN y otros, nos dan las características de tales manantiales al ocuparse de la descripción de los terrenos geológicos en los que brotan.

Posteriormente, se individualizan estos estudios y llega a constituir rama especial la hidrología, si bien en relación íntima siempre con otras ciencias, tales como la geofísica y la meteorología, pero sin perder por ello contacto con la ciencia geológica, que contribuye, conjuntamente con las otras, a determinar las causas y el origen probable de los fenómenos hidrológicos.

Otras ciencias, como la química y la ingeniería, son auxiliares, ocupándose la primera de la especial composición de las aguas, y la segunda, de los medios necesarios para hacer de ellas perfecta captación, conjunto de conocimientos y de técnicas que entregan finalmente el agua del manantial mineromedicinal, con sus características propias, perfectamente conocidas, al médico, para que sean por él empleadas en los usos terapéuticos más convenientes, en relación con sus especiales cualidades.

Desde la más remota antigüedad, las aguas de manantiales que ofrecían determinados caracteres, denunciados por su temperatura, sabor, olor, etc., debieron llamar la atención del hombre, llegando con el tiempo a comprobar que muchas aguas de este tipo tenían poder curativo.

Pero las aguas mineromedicinales, pese a su extraordinario interés en Medicina, ya bien conocidas por los antiguos romanos y los árabes, no sólo deben ser consideradas en este sentido, pues si éste es ya de gran importancia, también lo es la significación que dentro del campo de la geología y de la geofísica tienen, pues pueden darnos idea muy directa de las zonas profundas de la corteza terrestre situadas a seis-ocho kilómetros de hondura, regiones adonde ha de tardarse mucho tiempo en llegar directamente, pudiendo así deducirse por medio del conocimiento de tales aguas, lo que en estas zonas pueda ocurrir y, en consecuencia, qué significación geoquímica tengan los fenómenos que en tales regiones se desarrollan.

El agua mineromedicinal no puede tener más que dos orí-

genes: o proviene directamente de ciertas masas de rocas que al estado de magmas ocupan zonas más o menos profundas de la corteza terrestre, o son aguas de origen meteórico que después de un recorrido, a veces largo y complejo a través de las zonas superficiales de la corteza terrestre, surgen de nuevo a la superficie del terreno.

Pero en ambos casos, la composición, disposición y estructura de los terrenos influyen directamente en la circulación y característica de tales masas líquidas. Por ello, el conocimiento geológico-tectónico del país en que brotan las aguas mineromedicinales es necesario, para darse cuenta de cuál sea la razón de la existencia y calidad de tales manantiales.

Por ello he creído conveniente hacer una síntesis de los rasgos geotectónicos de la Península y relacionar con ellos, en sus líneas generales, los manantiales mineromedicinales, lo que nos dará idea de la íntima relación que guardan entre sí las aguas profundas con la tectónica, problemas que se estudian en el campo de la hidrogeología.



# LA TECTONICA PENINSULAR Y SU RELACION CON LAS AGUAS MINEROMEDICINALES

## COMPLEJIDAD FISIOGRAFICA Y GEOLÓGICA PENINSULAR

*Varietad del paisaje.*—Carácter muy destacado de nuestra Península es la de ofrecer gran complejidad fisiográfica y geológica, lo que se refleja en su variado y sorprendente paisaje.

Basta analizar un mapa topográfico de la misma, de no gran escala, para rápidamente darse cuenta de la extraordinaria variedad del relieve. Todo es contraste y oposición. A la elevada Cordillera pirenaica, de gran altitud media, de escasos y difíciles pasos, húmeda y boscosa, se opone la depresión ibérica, ruda y desnuda casi de vegetación; en muchas zonas, con acentuadas características desérticas.

Las altiplanicies de Castilla, las mesetas de mayor altitud media de Europa, duras por su clima, de pobres campos, de dilatados y lejanos horizontes, contrastan con las bajas llanuras del Guadalquivir, muy poco elevadas sobre el mar, variadas y amenas y cubiertas por ubérrimos cultivos. A las quebradas y laberínticas serranías de Cuenca y Teruel, surcadas por profundas vallonadas, se opone la penillanura extremeña, sencilla y plácida; a los embotados y calvos relieves del Sistema Central, las laberínticas serranías béticas.

Y no sólo el relieve, sino también los valles de los ríos peninsulares, ofrecen en ocasiones rasgos de aparente anormalidad, pues salvan accidentes que a su paso parecen oponerse, cuando en realidad han sido ellos, con sus acciones erosivas, los que se han encajado en el terreno, haciendo surgir formas quebradas en países anteriormente más sencillos.

*Rasgos geológicos.*—Más variada, si cabe, es aún la geología y la tectónica peninsular, lo que queda reflejado de modo muy patente en los mapas geológicos, cuyos diversos colores o signos, bien claramente indican la gran variedad de terrenos que forman nuestros campos, estando en ellos además representados lo más diferentes materiales litológicos.

Si con atención se analiza cómo estos variados terrenos y zonas se distribuyen en el solar hispano, pronto se echa de ver

que los más antiguos quedan situados hacia el W. y NW., así como a lo largo de determinadas alineaciones montañosas, donde constituyen sus zonas axiales. Pudiendo también en algún caso dar origen, en conjunto, a la totalidad del macizo montañoso, pues representan tales materiales las zonas más profundas, los cimientos de viejas cordilleras, semidesaparecidas hoy, por la continuada acción erosiva de los tiempos.

*El conjunto hercínico. Las formaciones prepaleozoicas y graníticas.*—Hacia Galicia y las zonas septentrionales de Portugal, en la región galaicoduriense, dominan las extensas manchas del Estratocristalino, con sus variadísimas rocas néficas y sus pizarras metamórficas, tan diversas y típicas. En relación con ellas quedan grandes batolitos graníticos y de otras rocas muy afines, de composición ácida, a las que acompañan masas, igualmente eruptivas, de rocas granudas, más o menos básicas, tales como las dioritas, los gabros y otras menos abundantes, que tan particular carácter petrográfico dan a determinados parajes galaicos del NW. peninsular.

Desde allá y en anchas e irregulares bandas, tales conjuntos litológicos, estratocristalinos y eruptivos, avanzan hacia el SE., e incurvándose ampliamente alcanzan las regiones centrales de la Península. Tal es lo que ocurre con el neis y los granitos que forman las zonas axiales de los principales plegamientos hercínicos, rocas que en alargados manchones atraviesan los campos de la Beira Alta y de Tras os Montes, penetrando, al avanzar más hacia el E. en tierras de España, por los campos meridionales de Zamora y occidentales de Salamanca, para ocultarse finalmente bajo la cobertera de los sedimentos recientes del Terciario de la campiña castellana.

Más al S., y con pequeñas interrupciones, las zonas estratocristalinas y los berrocales graníticos, se incurvan, alcanzando los límites fronterizos y avanzando hacia el ENE., dan origen al Sistema Central y relieves a él subordinados, llegando así tales formaciones hasta el corazón de las tierras castellanas.

Otras amplias bandas corren más hacia el mediodía, y después de constituir los amplios campos del Alentejo, penetran en la Extremadura española, y trazando un gran arco y en corridas paralelas, dan origen a los ejes de un conjunto intensamente plegado, hasta quedar interrumpidas, en sus porciones más avanzadas por tierras de Andújar y Linares, por el gran accidente tectónico de la falla del Guadalquivir, originándose así el escarpe meridional de la Sierra Morena, que da frente a la depresión bética.

De todas estas grandes manchas, la más extensa está constituida fundamentalmente por el estratocristalino del campo de Evora y Beja, cuya prolongación oriental avanza hacia el E., salvada la frontera, dando origen a la sierra de Aracena,

donde son frecuentes diversos apuntamientos de rocas eruptivas de tipo granudo muy variadas, conjunto que más hacia Levante es bruscamente interrumpido, como las anteriores bandas y manchas, por la gran falla bética.

Masas de rocas graníticas y estratocristalinas más o menos aisladas superficialmente, se destacan hacia los campos situados al S. de Toledo, así como otras que a manera de jalones aparecen a lo largo del valle y depresión del Tajo, por Alcántara, Garrovillas y puente del Arzobispo, en los extensos pizarrales de la Extremadura Central.

Fuera de estas zonas, sólo en el eje de la gran cordillera pirenaica, en su segmento central, volvemos a encontrar grandes masas de granitos, más o menos relacionados en las comarcas orientales, con manchones de rocas metamorfizadas del paleozoico inferior que ocupan fundamentalmente tierras francesas, por las zonas situadas al N. de Andorra, alcanzando el litoral mediterráneo en el cabo de Creus.

Más al S., los granitos aparecen en la zona axial de la cordillera costercatalana, al S. de Gerona. Dan origen también a grandes manchas al N. de Barcelona y de Tarragona, marcando así el núcleo orográfico de este reborde tectónico de Cataluña.

Importante es también la amplia zona metamórfica de Sierra Nevada y del gran promontorio de Los Filabres, así como la situada más hacia el NE. de la sierra de las Estancias, pues con los afloramiento de la serranía de Ronda, de rocas eruptivas no ya tan antiguas, forman la masa fundamental de estos importantes relieves meridionales de la Península.

*Los materiales paleozoico hercínicos.*—Intimamente subordinados a los terrenos estratocristalinos y graníticos, en su amplio sentido, quedan las formaciones del Paleozoico inferior, desde el Cámbrico al Carbonífero medio. Forman, en general, todo el occidente peninsular, desde las Asturias occidentales y los límites por el W. de León, Zamora y Salamanca. Rebasan hacia el S. la depresión del valle medio del Tajo, y se extienden ampliamente al occidente de Toledo y por Extremadura, ocultándose, al fin, hacia el E., bajo la cobertera terciaria de la antiplanicie del Duero y de La Mancha, por tierras zamoranas, salmantinas, de Toledo, Ciudad Real y Albacete.

Más hacia el SW. y S., ocupan grandes espacios por los campos del Alentejo Central y en la Alta Andalucía, quedando finalmente todos estos materiales primarios bruscamente interrumpidos por la falla del Guadalquivir.

Se amolda todo este conjunto de terrenos a los principales sinclinales del estratocristalino, quedando con frecuencia atravesados por las intrusiones de los extensos batolitos graníticos y rocas afines, pudiendo decirse que en tales monótonos con-

juntos, son fundamentalmente las cuarcitas del Silúrico las pocas que dan origen a las alineaciones montañosas, ásperas y seguidas, constituyendo a veces también relieves más o menos destacados, las calizas del Cámbrico. En cambio las pizarras, sumamente homogéneas, forman la rasa superficie de las penillanuras, recorridas en zanja por una red fluvial típicamente epigénica.

Así, pues, la diferenciación litológica, en muchos casos, es la que en tales países ha dado origen al relieve, el cual se orienta, en general, siguiendo la dirección fundamental de los arrumbamientos tectónicos, que van más o menos en este occidente peninsular con gran frecuencia de NW. a SE.

Tales formaciones y rocas integran también las zonas axiales de los Pirineos y de la Cantábrica, dando origen en ésta a las más altas cumbres, las colosales masas calizas del Carbonífero inferior. También materiales paleozoicos relativamente variados constituyen las zonas axiales de la cordillera litoral catalana, así como el macizo de la Demanda y las zonas medias del Sistema Ibérico, desde el Moncayo a los relieves situados entre Daroca y Cariñena y a la sierra de Santa Cruz, que queda más hacia el SW.

El resto de los afloramientos del Paleozoico inferior son ya de escasa importancia por su extensión, aunque con significación muy importante geológico-tectónica.

*El conjunto paleozoico posthercínico.*—Con extensión mucho menor, o dando origen a cuencas de reducidas dimensiones, se señalan en la Península materiales paleozoicos, que se depositaron después del gran paroxismo hercínico. Quedan tales formaciones localizadas a lo largo de amplios sinclinales que se amoldan más o menos a los ejes de la alineaciones hercínicas.

Descansan discordantemente sobre el resto del Carbonífero, cuando existe, o sobre el conjunto paleozoico inferior, frecuentemente, mediante conglomerado de base.

Bien representadas están tales formaciones en la zona cantábrica, donde en Asturias dan origen a las cuencas carboníferas del Nalón, Caudal y Aller (cuenca central), del Narcea (cuenca occidental) y de Arnao, en la zona litoral.

En las vertientes meridionales de la Cantábrica, desde la cuenca carbonífera de Villablino (León), hasta la de Barruelo, ya en los límites de la provincia de Santander, una serie de pequeñas cuencas se alinean, ofreciendo entre sí características muy semejantes, siendo la discordancia entre los dos conjuntos tectónicos muy clara y típica.

En el Pirineo, este fenómeno también se ofrece claro en la pequeña cuenca, ya no explotada, de San Juan de las Aba-

desas, donde el Carbonífero posthercínico da origen a una discordancia tectónica de las más claras de la Península.

En las zonas centrales, en la cuenca de Puertollano, el fenómeno es más patente, pues el Estefaniense, pasando insensiblemente al Pérmico inferior (Autuniense), descansa con marcada discordancia sobre las cuarcitas y las pizarras del Ordovícico (Silúrico), dando origen éstas a un amplio sinclinal hercínico, y el Carbonífero y Pérmico a un doble sinclinal en forma de quilla de barco, alargado y comprimido en este gran pliegue silúrico.

Características semejantes ofrece el Carbonífero de Belmez-Peñarroya, donde da origen a la base de la formación posthercínica paleozoica, que descansa discordantemente sobre las calizas dinantienses, sobre materiales pizarrosos y cuarcitosos del Silúrico y Cámbrico o sobre el Estratocristalino.

Lo mismo sucede con los manchones carboníferos de Extremadura, por tierras de Llerena y Zafra, y con algunos otros pequeños afloramientos existentes en la provincia de Cuenca. Siendo muy típica la pequeña cuenca carbonífera de Villanueva de las Minas, en la provincia de Sevilla, una de las de tectónica más compleja de España.

Finalmente, interesante es la alargada cuenca carbonífera situada al N. de Portugal y al E. de Oporto. Cruza de NW. a SE, el Duero, viniendo aquí el Estefaniense, más o menos relacionado con el Westfaliense a superponerse con marcada discordancia sobre los materiales del Paleozoico inferior, constituido por sedimentos cámbricos y silúricos.

Fué la base tectónica astúrica, y en algún caso la erzica, las que motivaron en estas diferentes comarcas, la separación neta, mediante discordancia tectónica, entre los dos conjuntos de formaciones paleozoicas.

En el Pérmico, se origina una emersión muy amplia de todo el conjunto hercínico y posthercínico paleozoico, debido a un amplio movimiento eustático, representativo de la fase tectónica posthercínica, fenómeno de gran interés en la Península, pues explica el carácter litoral que van adquiriendo los sedimentos y su evolución hacia facies continentales, terminando por cerrarse el proceso sedimentario, al predominar finalmente el ciclo erosivo en las masas continentales emergidas.

Tal emersión se prolonga hasta los tiempos finales del Pérmico, no pudiendo por ello separarse los sedimentos del Triásico inferior de los del Pérmico superior, pues se enlazan sin discontinuidad, dando origen así a un conjunto sedimentario especial Permotriásico de facies continental, característico de muchas zonas peninsulares.

## LA EDAD DE LOS GRANITOS PENINSULARES

*Las intrusiones graníticas.*—Es muy conveniente indicar que todas las grandes masas de granitos y rocas afines que aparecen en el conjunto hercínico, dando origen a batolitos, no parecen ser de la misma edad.

COTELO NEIVA (1), supone que los granitos de las Beiras, del Duero y del Miño, que dan origen a un conjunto muy afín, constituyen un mismo tipo magmático o tipos muy próximos. Son, con toda probabilidad, postestefanienses y antetriásicos, estando muy relacionada su intrusión con la fase hercínica saálica.

Admite, además, una intrusión prehercínica, o, mejor, preestefaniense, pues existen en los sedimentos estefanienses del Duero, arcosas, materiales que tienen forzosamente que proceder de masas graníticas continentales. No obstante, COTELO NEIVA duda de la existencia de granitos típicamente caledonianos.

TEIXEIRA, al resumir tales cuestiones (2), nos indica la gran discrepancia que hay respecto a la cronología de las intrusiones de estas rocas, pero de todos modos, todas estas masas estaban ya consolidadas y, en muchos casos, formaban la superficie del terreno, al finalizar los tiempos paleozoicos.

Como en algunos lugares (3), los granitos han metamorfizado a las capas silúricas y estefanienses, encontrándose cantos rodados de esta roca en los conglomerados de la última formación, se admite una intrusión en la fase astúrica o poco anterior; otra fase sería algo posterior al Estefaniense medio, es decir, urálicosaaálica.

Granitos más antiguos que tales fases orogénicas, pero nunca conservados en estas zonas, correspondientes a intrusiones anteriores al Pérmico inferior, parecen existir hacia el Alentejo, pues CARRINGTON DA COSTA (4) admite en las zonas meridionales de tal región, granitos de época caledónica.

Así, pues, respecto a las intrusiones graníticas, éstas pueden haber tenido lugar en dos grandes fases: una antigua, caledónica, de la cual sólo algunos batolitos se han conservado;

---

(1) COTELO NEIVA (J. M.): «A idade dos granitos portugueses». *Boletín Soc. Geol. de Portugal*, vol. III, t. II. Porto, 1943.

(2) TEIXEIRA (C): «Alguns aspectos da geologia dos granitos do Norte de Portugal». Publ. da *Soc. Geol. de Portugal*. Porto, 1945.

(3) TEIXEIRA (C.): «A geología do granito e a tectónica Galaico-Minhota». *Las Ciencias. An. de la Asoc. Esp. para el Prog. de las Cienc.*, año X, número 4. Madrid, 1943.

(4) GARRINGTON DA COSTA (J.): «A tectónica de Portugal no quadro da orogenia hispánica». *Las Ciencias*, año X, número 2. Madrid, 1945.

otra hercínica, que es la que da origen fundamentalmente a los macizos graníticos del occidente peninsular.

En relación con Galicia, PARGA PONDAL (1) admite tres sucesivas erupciones: granitos arcaicos, que presentan textura nefítica y gran alteración de sus feldespatos, siendo en ellos abundante la moscovita, y rara o faltando la biotita; granitos huronianos, de textura granuda con los feldespatos también alterados, estando por la cantidad bien ponderadas las dos micas, y granitos hercínicos, con textura porfiroide y abundante biotita, destacando en particular los fenocristales de feldespato, poco o nada alterados.

Esta clasificación ha sido poco aceptada por los que posteriormente se han ocupado de estas cuestiones. Las alteraciones de los distintos granitos pueden ser motivadas por fenómenos de diatrofismo.

Tal es lo que se observa en determinadas zonas del Guadarrama, como la Pedriza del Manzanares, donde un mismo tipo de granito pasa en espacio de terreno muy corto a constituir masas arenoso-caolínicas, sueltas, mientras a escasos metros la roca permanece inalterada. En Extremadura, tal fenómeno es frecuente, y lo mismo hemos observado en Galicia, hacia las zonas meridionales del valle medio del Sil.

Los granitos del Pirineo y los de las sierras costero catalanas, según el profesor SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (2), corresponden a la orogenia hercínica, pues las pizarras del Paleozoico inferior de la cordillera litoral y algunos sedimentos calizos están intensamente metamorfizados, fenómeno que alcanza incluso a las pizarras del Carbonífero inferior. De todos modos, tal cuestión no está completamente dilucidada, y en particular en lo que se refiere al Pirineo.

Con respecto a Extremadura española, los estudios que actualmente estamos haciendo nos van indicando que las masas graníticas corresponden a dos épocas, pues los materiales del Paleozoico inferior, Cámbrico y Silúrico, en general, aparecen intensamente metamorfizados. Pero, a veces, los mismos materiales descansan sobre granitos, sin ofrecer señal alguna de metamorfismo, lo que nos indica la presencia en tales zonas, de granitos hercínicos y otros anteriores, probablemente relacionados con intrusiones antecámbricas.

Otras masas de tipo microgranudo y con predominio de micas blancas, atraviesan claramente a los considerados como hercínicos, dando lugar a amplios diques o manchones más o menos

---

(1) PARGA PONDAL (I.): «Ensayo de clasificación cronológica de los granitos gallegos». *An. da Fac. de Ciênc. do Porto*, t. XX, Porto, 1935.

(2) SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.): «Estudio de las rocas eruptivas de España». *Real Acad. de Cienc. Exact., Fís. y Nat. Madrid*, 1936.

extensos, pero siempre locales. El mismo fenómeno se observa en el Guadarrama y en Galicia, demostrando esto que incluso en la tectónica hercínica, las emisiones fueron al menos dos.

En los granitos típicamente hercínicos la textura cataclástica es poco frecuente o falta, siendo, por el contrario, muy típica y espectacular en los que consideramos de edad prehercínica, quizás caledónicos.

En cuanto a la composición mineralógica, ROSAS DA SILVA (1) clasifica los granitos según «las condiciones en que se presentan sus afloramientos», admitiendo dos intrusiones prehercínicas que corresponden a los de mica blanca y negra, y otra intrusión hercínica, con granitos porfiroides con biotita.

SCHNEIDER (2) y otros tectónicos, relacionan la composición de los granitos, más que con la edad, con la situación que en los diferentes arcos o zonas tectónicas ocupan tales materiales batolíticos.

Por todo lo indicado, las masas graníticas peninsulares y de las rocas afines, sienitas, dioritas, etc., parecen ser debidas a dos grandes intrusiones: una hercínica, efectuada en dos fases, que da lugar a los batolitos más extensos, y otra prehercínica, hasta ahora no perfectamente localizada en el tiempo.

Todo el conjunto hercínico, el posthercínico, así como las grandes masas graníticas intrusivas y rocas afines que ocupan casi todo el occidente peninsular, dan origen a la España silíceo de EDUARDO HERNÁNDEZ-PACHECO (3), que puede prolongarse con el mismo carácter a la mayor parte del territorio portugués.

#### LA COBERTERA PIRENAICO-ALPINA

*Los materiales secundarios y del terciario inferior.*—A partir de los tiempos pérmicos, los fenómenos tectónicos, como hemos visto, sufren un gran amortiguamiento. Van a caracterizarse más por los desplazamientos verticales y desnivelaciones que por los plegamientos, debido a lo cual se suceden invasiones y retiradas del mar, transgresiones y regresiones marinas que afectarán a amplias zonas peninsulares. Tales procesos durarán hasta ya comenzados los tiempos terciarios (Luteciense), en que se inician de modo franco la fase tectónica

---

(1) ROSAS DA SILVA (D. J.): «Granitos do Porto». Porto, 1936.

(2) SCHNEIDER (A.): «Prospecção mineira e zonas geotectónicas na metalogénese ibérica». *Separ. da Técnica. Rev. de Engenharia dos Alunos do I. S. T. Inst. Sup. Técnico.* Lisboa, 1947.

(3) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): «Síntesis fisiográfica y geológica de España». *Trab. Mus. Nac. de Cienc. Nat. Ser. Geol.*, número 38. Madrid 1932.

alpina, en su sentido amplio, con los movimientos pirenaicos, fase que adquiere su máxima intensidad entre el Burdigaliense y el Helveciense, cuando ya se ha constituido el Pirineo y comienzan a formarse las montañas peninsulares verdaderamente alpinas.

Las formaciones secundarioterciarias, plegadas durante tales fases tectónicas, ocupan en el territorio peninsular mucha menor extensión superficial que el conjunto hercínico, que queda en parte cubierto por estos depósitos.

Se inician en el solar hispano tales formaciones en el borde cantábrico, hacia las Asturias centrales, extendiéndose desde aquellos parajes ampliamente, por el país montaños y desde el N. de Palencia y Burgos, hasta el litoral vasco.

Más hacia el E., forman las vertientes meridionales del Pirineo y sus montañas externas, descansando a veces la cobertera secundaria, sobre las propias regiones axiales del Pirineo, formadas por el conjunto hercínico. Tal ocurre, por ejemplo, con el macizo del Monte Perdido.

Menos desarrollo superficial y continuidad tiene tal conjunto en el sistema litoral catalán, siendo en él los terrenos secundarios más inferiores, los que aparecen representados con mayor extensión. Hacia las zonas litorales de Villanueva y Geltrú, destacan las formaciones cretáceas; desde Montblanch, y hacia Tarragona, se extienden grandes manchones miocenos; entre Tarragona y Tortosa, el conjunto secundario es complejo y variado.

En la Ibérica, en el país que rodea a Soria, y fundamentalmente en el que se extienden hacia el N., dando origen a las altas sierras de Urbión y de Cebollera, así como al complejo y quebrado Maestrazgo, aparecen constituidos por terrenos preponderantemente cretáceos. Este conjunto da origen a dos amplios territorios, con destacado predominio del infracretáceo, formación que en el Maestrazgo alcanza hasta las costas mediterráneas, ocupando en ellas un amplio frente, pues se extiende desde Castellón de la Plana, hacia el N., hasta rebasar el Ebro y formar las quebradas sierras de estas porciones meridionales de Tarragona.

Hacia las serranías de Guadalajara, Cuenca y Teruel, domina también la cobertera pirenaico-alpina, que, uniéndose al nudo del Maestrazgo, forma así las vertientes mediterráneas de estas tierras, desde el borde meridional de la depresión del Ebro, hasta el corredor de Valencia a Utiel. Más hacia el S., se inicia el dominio del sistema bético-peníbético, que desde el cabo de San Antonio, avanzando hacia el SW. da origen a extenso y complejo país, uno de los más interesantes de la Península, por lo que respecta a sus características geológico-tectó-

nicas, y que limitado por el Mediterráneo hacia el SE., al S. por los altos relieves béticos, serranía de Málaga y Ronda y al N. por la depresión bética, se hunde en el Atlántico en el chaflán de Cádiz, rebasado ya el estrecho de Gibraltar.

En Portugal, este conjunto está en realidad sólo representado por materiales secundarios que ocupan la orla atlántica desde Aveiro a Lisboa, así como la serrata de la Arrábida. Al S. queda el Algarve litoral, formado por tales terrenos, desde la desembocadura del Guadiana hasta el cabo de San Vicente.

En todas estas zonas son abundantes las calizas, que representando a diversas formaciones, dan lugar a depósitos, a veces de gran potencia. También abundan los materiales margosos, ofreciendo en general todos estos países un aspecto fisiográfico bastante común, que en su conjunto forman la España caliza de E. HERNÁNDEZ-PACHECO (1).

*Los materiales postalpinos.*—En el transcurso de los piroxismos pirenaico alpinos, la Península, en sus zonas centrales, se deprime, constituyéndose dos amplios fosos al N. y S. del Sistema Central.

Lo mismo acontece en la periferia del macizo hespérico, originándose la depresión del Ebro, del Guadalquivir y del Tajo, y Sado, en tierras portuguesas.

En los fosos castellanos, luego elevados durante el Plioceno, se depositan aluviones en general finos y homogéneos, arenosos y arcillomargosos de tipo continental, conjunto que se inicia a partir del Oligoceno y que termina en el Mioceno superior. En esta época, en el Vindoboniense, es cuando se constituyen, en determinadas comarcas semiendorreicas, las grandes masas de margas y yesos. La fase final da lugar a la cobertera caliza del Ponticense.

Al finalizar el Terciario se cubren amplios espacios al N. y S. de la Cordillera Central y al S. de la Cantábrica, de enormes masas de aluvión que dan lugar en sus zonas más cercanas a las sierras a depósitos caóticos de bloques de grandes tamaños y a canturrales que, degenerando hacia el llano, dan origen a aluviones de tipo arenosoarcilloso; materiales típicos de tales formaciones se extienden al N. de Madrid, hasta la base del Guadarrama.

Hacia los Montes de Toledo, y en grandes espacios de Extremadura, el Plioceno está representado por depósitos no potentes de canturrales arcillosos, de tono rojizo, que cubriendo en general al Paleozoico pizarroso, dan origen a las «rañas».

Todos estos materiales, en general, descansan horizontal-

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO. (E.): «Síntesis fisiográfica y geológica de España». *Trab. Mus. Cienc. Nat. Ser. Geol.*, número 38. Madrid, 1932.

mente. Hacia el borde de las cuencas, los niveles inferiores formados por conglomerados, aparecen a veces inclinados, estando concordantes con las formaciones del Cretáceo, afectadas en estas zonas, por la tectónica alpina.

En Aragón, el fondo de la depresión ibérica está ocupado por depósitos de facies marinas regresivos del Oligoceno, con sales. Estas formaciones encierran niveles potásicos que constituyen, en el subsuelo, una gran riqueza.

Las formaciones de facies continental se inician con potentes masas de conglomerados (conglomerados de Montserrat), que forman un anillo, si bien muy incompleto en torno a la depresión, pues también se los encuentra hacia las zonas de borde en Riglos (Huesca), y en la provincia de Logroño, al S. del Ebro.

Del Oligoceno superior y en el centro de la depresión aparecen potentes masas de yeso, muy replegadas, y sobre ellas se inician las formaciones miocenas, yesosomargosas, sensiblemente horizontales.

Finalmente, las areniscas más o menos yesosas forman el terreno, terminando la serie con los finos canturrales que cubren los sazos, quizás pliocenos, en la zona central de esta amplia cuenca; depósitos que se relacionan con los cuaternarios, representados ya por las terrazas fluviales.

La depresión bética es de evolución mucho más reciente. Hasta tiempos muy avanzados del Terciario estuvo ocupada por un amplio golfo marino, comenzando la regresión marina ya bien avanzado el Plioceno, cuyos materiales arcillomargosos, sensiblemente horizontales, rellenan ampliamente sus zonas centrales. Este proceso de colmatación no ha terminado, pues se continúa en época actual, siendo las marismas del Guadalquivir el resto aún sin rellenar del antiguo golfo marino.

Evolución semejante ha seguido la depresión del Tajo y Sado, si bien en ella, a partir del Mioceno superior marino, desnivelado en época muy reciente, dominan las masas de aluviones pliocenocuaternarias, que son las que forman toda la llanura que rodea los extensos estuarios de ambos ríos.

Las altiplanicies de Castilla y las depresiones ibérica, bética y del Tajo y Sado, quedan, pues, ocupadas en general por materiales preponderantemente arcillosos y margoarcillosos. Estas altiplanicies y depresiones ofrecen, en general, aspecto bastante semejante, dando origen a la España arcillosa de E. HERNÁNDEZ-PACHECO (1).

*La formación cuaternaria.*—Para nuestro objeto, el conjun-

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): «Síntesis fisiográfica y geológica de España». *Trab. del Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Geol.*, número 38. Madrid, 1932.

to de tales sedimentos no tiene gran importancia, pues sólo en zonas muy restringidas alcanzan potencia y desarrollo superficial de cierta importancia. En el resto del país, tales materiales dan origen a mantos de aluviones muy superficiales y localizados, que, por otra parte, ofrecen características muy semejantes con las grandes masas de sedimentos de origen continental del Terciario superior, con los que constituye un conjunto muy armónico en la mayor parte de las zonas donde el Cuaternario merece ser tenido en cuenta.

Especial carácter presentan estos depósitos, a lo largo de los amplios valles, pues dan origen a los diferentes niveles de las terrazas fluviales, que mejor o peor conservados se escalonan sobre las laderas que los limitan.

### LA MINERÍA Y LAS AGUAS MINEROMEDICINALES

*Porvenir de los yacimientos minerales.*—Se viene hace ya tiempo indicando que la prospección y las labores mineras en las zonas relativamente superficiales de la corteza terrestre ha entrado en un período que pudiéramos denominar de «última etapa» (1). Tan sólo, acaso, ciertos países del Asia Central, del Africa Meridional y América amazónica, así como las tierras polares, se encuentran aún bastante menos avanzados en este sentido, pero, de todos modos, la preocupación del hombre es grande, pues parece que los recursos que quedan en la mayor parte del mundo a este respecto son, en realidad, «muy escasos», lo cual se ha acentuado a lo largo del sig'lo en que vivimos, por el uso, o mejor abuso, insensato que de ellos se hace y mucho más en estos últimos años.

Es necesario, pues, investigar, e incluso explotar, las zonas corticales aun no conocidas, ya francamente profundas; alcanzar niveles situados hacia los 5.000 m. bajo la superficie del suelo, si se quiere que el déficit de metales y otras materias industriales no se acuse de modo inquietante. Dejar la «película superficial», que hasta ahora se ha investigado y explotado, y ahondar en la corteza terrestre, como ya hasta cierto punto se ha hecho, con los estudios de prospección y sondeo en las regiones petrolíferas, donde se ha rebasado los 2.500 m. de hondura.

Comenzará entonces una nueva época de la prospección que siguiendo a SCHNEIDER pudiera denominarse «minerogeológica», pasándose de los estudios casi exclusivamente bidimensio-

---

(1) SCHNEIDER (A.): «Prospecção mineira e zonas geotectónicas na metalogénese ibérica». *Sep. Técnica. Rev. Eng. dos Alunos do I. S. T. Lisboa*, 1947.

nales a los tridimensionales, en los que tanto puede orientar la tectónica.

Pero, para llevar a la práctica lo que se indica, parece lógico se inicien nuevos métodos en el estudio de los yacimientos minerales que sirvan de base a la concepción de nuevas hipótesis.

Para nosotros, las aguas profundas, a las que también se las ha denominado juveniles, por proceder de las zonas magmáticas y surgir por primera vez a la superficie de la tierra, constituyen un «mineral» más de los muchos que se explotan, pero un mineral en ciertos aspectos de extraordinario interés, pues débesele considerar como «mineral vivo», por cuanto los cambios que sufre son constantes, desprendiendo energías diversas, calor, radioactividad, etc., y otras que aún nos son, hasta cierto punto, desconocidas y que tanta influencia tienen sobre el organismo humano, por lo que tales aguas han sido consideradas desde antiguo como milagrosas, por el alto poder curativo que muchas de ellas tienen.

La presencia de las aguas mineromedicinales, en su amplio sentido, en la superficie terrestre, dando origen a manantiales o fuentes, está íntimamente relacionada más que con los rasgos geológicos del país, con su tectónica, pues ya hemos indicado que un gran conjunto de ellas, las juveniles, proceden de las masas magmáticas profundas y surgen a la superficie después de recorridos más o menos largos y complejos, siguiendo los accidentes tectónicos que caracterizan a la región, amoldándose más o menos por ello a los pliegues y, en particular, a las superficies de contacto anormal de las diversas unidades tectónicas y a las fracturas o fallas que cortan a éstas.

Pero el «mineral agua» de origen interno, así como las restantes que brotan en la superficie terrestre y, especialmente en nuestro caso, las denominadas aguas mineromedicinales, no llegarán a agotarse, como las otras reservas minerales explotadas por el hombre, en los tiempos geológicos en que vivimos, pues unas se renuevan constantemente mediante el ciclo meteórico, y las otras, al ser segregadas por los magmas profundos, han de continuar surgiendo a la superficie de la tierra durante períodos de tiempo muy largos y de duración incalculable.

Por ello es necesario dar a conocer las características tectónicas de nuestra Península, para relacionar así la hidrología y, en particular, la profunda, con la constitución o arquitectura de nuestros países, tema fundamental del presente discurso.

## RASGOS TECTÓNICOS DE LA PENÍNSULA

En nuestra Península han actuado fundamentalmente dos períodos tectónicos u orogénéticos. El más antiguo, hercínico o variscico, que tuvo lugar en los tiempos medio superiores del Paleozoico, y el Alpino, en su amplio sentido, o mejor Pirineo-Alpino, cuyos fenómenos o fases orogénéticas comienzan a iniciarse los tiempos terciarios, alcanzando su máxima intensidad al mediar el Mioceno, épocas en las que surgen las fundamentales alineaciones montañosas: Pirineos, Cantábrica, ibérica y sistemas béticos en su amplio sentido, que son los que dan el carácter orográfico fundamental a nuestra Península.

*La tectónica caledoniana.*—Muy discutida ha sido la opinión mantenida por distintos geólogos de la existencia de fenómenos orogénicos anteriores a la fase hercínica o variscica, cuestión ésta que se presenta, en realidad, muy confusa; pero que es necesario analizar para poder así tener conocimiento, más o menos aproximado, de cuáles fueron los rasgos geotectónicos de las viejas tierras peninsulares durante los tiempos en que se inician los movimientos hercínicos, que tan intensamente habían de remover y afectar a zonas que hoy forman parte integrante del solar hispano.

Ya MACPHERSON (1) admitía que los núcleos de tierras más antiguas de la Península, Galicia, Guadarrama-Gredos y Sierra Nevada, debían de haber sufrido un proceso tectónico en épocas geológicas muy antiguas, que plegó los materiales estratocristalinos que forman sus cimientos más profundos. Tal fenómeno, sobre todo, era, a su parecer, muy patente en Galicia.

En época algo posterior, CALDERÓN (2) y MACPHERSON (3), otra vez, vuelven a ocuparse de estas cuestiones; pero hay que tener en cuenta que, en aquella época, los estudios orogénéticos estaban aún poco adelantados. Así, pues, las conclusiones a que llegaron estos hombres de ciencia no son hoy día mantenidas; pero, de todos modos, SUESS, en su trabajo *Das Antlitz der Erde*, se inspiró al tratar de la Península en sus trabajos, y lo mismo sucedió, más tarde, con FISCHER y VILLKOMM.

Para MACPHERSON, el conjunto agnostozoico de Galicia, con

---

(1) MACPHERSON (J.): «Breve noticia de la especial estructura de la Península Ibérica». *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. VIII, Madrid, 1879.

(2) CALDERÓN (S.): «Ensayo orogénico sobre la Meseta Central de España». *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. VIII, Madrid, 1885.

(3) MACPHERSON (J.): «Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica». *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XXIX, Madrid, 1900.

sus tres términos: de neís granitoides, de los neís micáceos y de las pizarras cristalinas, zona ésta la más superior, habían sido afectados por una tectónica anterior a la formación de los sedimentos cámbricos.

A tales movimientos atribuía, en el NW. peninsular, las alineaciones montañosas dirigidas de NE. a SW., sierras constituidas por neís y pizarras cristalinas.

Así, pues, el macizo galaico estaba ya constituido como viejo núcleo continental cuando sobrevinieron los fenómenos tectónicos de la fase hercínica, admitiendo que los plegamientos debidos a tal edad, al chocar con tal macizo, se desviaron en curva, siendo a ello atribuido el gran arco que las formaciones paleozoicas trazan en los límites de Asturias con Galicia, o sea, en el contacto del Paleozoico, con el viejo escudo estratocristalino y granítico.

También es digno de tenerse en cuenta, como recientemente hemos podido comprobar, la discordancia, al menos aparente, que ofrecen las zonas situadas al extremo NW. de Galicia, y que constituyen la Sierra Capelada, región interesante y variadísima por sus rocas de tipo granudo y metamórfico.

Las diaclasas fundamentales y los planos de pizarrosidad a lo largo de este áspero macizo gallego se orientan sensiblemente de SW. a NE. Así, igualmente, están orientadas las diferentes fajas y masas de las variadas rocas que lo constituyen.

Tal dirección es casi normal a los arrumbamientos que ofrecen las alineaciones de los neís y de los terrenos metamórficos del Paleozoico inferior, que en estas zonas se orientan de Norte a Sur. Hay aquí, quizá, otro núcleo cortical que bien pudiera representar restos del viejo batolito y del país intensamente metamorfizado por los fenómenos orogénicos de fase pre hercínica.

Estos fenómenos fueron considerados por CHOFFAT (1) más aparentes que reales, pues no admitía época tectónica anterior a la hercínica. haciendo observar que tal recurvamiento afecta a los batolitos graníticos, y, por lo tanto, no pueden ser de edad anterior —según él— a tales masas graníticas que surgieron como consecuencia de la compresión hercínica.

Estas cuestiones quedan así, sin resolución patente, durante varios años.

Posteriormente se (2) inician los estudios de la cordillera

---

(1) CHOFFAT (P.): «Espagne et Portugal. Extr. L'Ann. Geol. Universall», t. X, 1897, París, 1894-1895.

(2) M.: «Memoria explicativa de la Hoja núm. 421. Barcelona». Mapa geológico a escala 1:50.000. Inst. Geol. y Min. de España. Madrid, 1928.

«Memoria explicativa de la Hoja núm. 420, San Baudilio de Llobre-

litoral catalana, cuyo núcleo, fundamentalmente, es hercínico, apareciendo constituida en sus zonas axiales por un batolito granítico, al que acompañan rocas, igualmente granudas, como sienitas, dioritas y otras, masas recubiertas por una potente aureola metamórfica de terrenos que en conjunto da origen a un gran anticlinal paleozoico, formado por el Silúrico medio y superior, sobre el que descansan formaciones devónicas y carboníferas, éstas ya mucho menos metamorizadas o sin metamorizar, lo que nos indica la acción en el conjunto sedimentario, de fenómenos de época hercínica.

Pero, en estas zonas, los efectos de la orogenia anterior a la hercínica son patentes, pues hacia los campos de Pineda, la discordancia entre las formaciones del Culm (Carbonífero inferior) y los materiales silúricos es muy clara, siendo el Carbonífero inferior francamente transgresivo sobre el Silúrico, pues sus sedimentos se inician, a veces, por masas de conglomerados de base. Tal discordancia y transgresión demuestra la existencia de plegamientos neocalledonianos, y de cuyo desarrollo e intensidad puede decirse bastante poco, debido al avanzado grado de destrucción alcanzado por tan viejo relieve terrestre, que está hoy arrasado hasta sus zonas más profundas. Se admite, pues, el hecho merced sólo a la discordancia existente.

También podemos fundamentar tal hipótesis, en los fenómenos eruptivos aquí existentes. En diversos lugares, el Silúrico aparece atravesado por diques de diabasas, fenómeno que es particularmente patente en el Tibidabo. Pero, en cambio, tales rocas no atraviesan nunca a los materiales calizos del Devónico, ni a los del Carbonífero inferior, aquí representados por el Culm.

Fácilmente se comprende que la edad de tales rocas diabásicas no es posterior al Gotlándico superior, siendo anteriores al Devónico medio, lo que demuestra que estas intrusiones eruptivas corresponden a una fase tectónica anterior a la hercínica o variscica; o sea, de edad caledoniana.

La dirección de tales diques es de WNW. a ESE, mientras que la de los pórfidos, posteriores y de edad hercínica, se arrumban hacia el ENE., señalándose así, patentemente, su diferente edad.

Se admite también en estos parajes un movimiento caledoniano antiguo por SCHRIEL (1), fundamentándose para ello en los diferentes tipos de facies existentes entre los sedimentos

---

gat». Mapa geológico a escala 1:50.000. Inst. Geol. y Min. de España. Madrid, 1930.

(1) SCHRIEL: «Walter der geologische bau des Katalonischen Küstengeberges Zwischen Ebronundung und Ampurdan». Berlín, 1929.

del Silúrico superior y los del inferior; pero, según SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, tal hecho no demuestra, de modo indudable, la existencia de la pretendida tectónica. En todo caso, el movimiento caledoniano aquí correspondería a la fase caledónica póstuma o bretona.

También en la cordillera cantábrica, y en su segmento occidental, admite KEGUEL (1) la existencia de movimientos pre hercínicos, fundándose en las discordancias estratigráficas y ausencia de depósitos por haberse producido ciclos erosivos en tierras emergidas, debido a fenómenos tectónicos caledonianos, admitiéndose, respecto a estas dos fases, una que tuvo lugar al final del Ordoviciense o en el Llandóvery, sin poder precisarse más y que podrían corresponder a la fase tectónica, y otra, igualmente caledónica, que tendría lugar entre el Gotlándico superior y el Devónico inferior, y que podría representar a la fase bretónica.

Movimientos también caledonianos son admitidos por B. MELÉNDEZ (2), en el segmento medio paleozoico de la Ibérica, donde el Devónico inferior descansa discordantemente sobre el conjunto cámbrico-silúrico.

Son discutibles los movimientos pre hercínicos en las zonas centrales de la Península a lo largo de la Cordillera Central y países paleozoicos inmediatos a la misma con ella relacionados.

Recientemente, tales fenómenos orogénicos son admitidos por SCHNEIDER (3), pues este autor supone que determinados núcleos pizarrosometamórficos, que alineados a lo largo del gran arco hercínico, siguen, en sus zonas centrales, al eje de culminación mesética, corresponden a retazos de un país plegado en la fase caledoniana, pues sus planos de esquistosidad varían de 65° a 90° en relación con las direcciones hercínicas.

Representarían en este caso los citados núcleos, los restos de un «interpaís», restos que hoy se alinean a lo largo del eje de la culminación media del movimiento hercínico.

Este hecho ha tenido anteriormente otra interpretación, pues HERNÁNDEZ-PACHECO (4) discute la opinión de MACPHERSON respecto a la existencia de movimientos orogénicos anteriores al Cámbrico, y cuyas huellas creía reconocer en los plie-

---

(1) KEGUEL (W.): «Gotlandicum in den Kantabrischen Ketten Nordspaniens». *Zeitschr. der Deutsch. Geolog. Gesellch.* Fas. 1-2. Berlín, 1929.

(2) MELÉNDEZ y MELÉNDEZ (B.): Tectónica del Cámbrico aragonés. *Las Ciencias. An. Asoc. Esp. Prog. Cienc.* Año VIII. Núm. 4. Madrid, 1943.

(3) SCHNEIDER (A.): «Prospecção mineira e zonas geotectónicas na metalogénia ibérica». *Sept. da Técnica. Rev. de Ing. dos Alunos do I. S. T.* Lisboa, 1947.

(4) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): Discurso de recepción en la Real Academia de Ciencias Exac. Fis. y Nat. Madrid, 1922.

gues de neis y de pizarras cristalinas orientados de NW. a SE., núcleos de tierras que situaba MACPHERSON, respectivamente, en Galicia, en la Cordillera Central y en las zonas estrato-cristalinas de la cordillera bética. En tales zonas existen montañas muy destruidas, arrumbadas de NE. a SW. o de ENE. a WSW, respecto a las cuales el profesor HERNÁNDEZ-PACHECO (Eduardo) dice: «En estos accidentes se aprecia más el carácter de discordancia que el de plegamiento, pues aun en los segmentos montañosos y restos de montañas a que me vengo refiriendo se advierte, por una parte, que están constituidos, en general, por pliegues monoclinales. con frecuencia recortados por fracturas» (1).

Para MACPHERSON, la cordillera central es resultado de lo que él llamaba direcciones derivadas de los plegamientos hercínicos; pero tal desviación, para HERNÁNDEZ-PACHECO (Eduardo), es «más aparente que real, y creo es debida a la reunión de tres tipos de pliegues de edades muy diversas: los hercínianos dominantes, los arrumbados al Noreste, que, como expondré a continuación, deben suponerse originados por movimientos póstumos a los hercínianos, y los alpinos de edad terciaria, que se agotan y terminan en las Asturias occidentales» (1).

Por todo lo indicado, no puede dejar de admitirse la presencia de retazos más o menos dispersos, de viejos núcleos corticales que aún conservan las características más que de una fase pre hercínica, correspondiente, como hemos visto, al plegamiento caledoniano, la de un proceso epirogenético.

Por su avanzado grado de destrucción, debido a largos e intensos ciclos de erosión, que destruyeron tal arquitectura tectónica hasta sus zonas más profundas y por los intensos fenómenos de diatrofismo que tales masas volvieron a sufrir en tiempos de la fase hercínica, es difícil reconocer de modo claro y amplio, los restos de tan viejo país, que a veces arrumbado, más o menos paralelamente con el sistema hercínico, hace aún más difícil o imposible, la separación de ambas fases tectónicas, pues el predominio de los rasgos de la más reciente o hercínica es, pudiéramos decir, casi absoluto.

Si difícil es reconocer los rasgos de este período orogénico caledoniano en nuestra Península, más lo es interpretar a qué zonas corresponden, dentro del sistema, los espacios o núcleos a él atribuidos, y más aún, determinar cuáles fueron las masas sólidas corticales o antepaíses que actuaron en tales plegamientos.

Pero esto, para nuestro objeto, no tiene gran interés, pues

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): Discurso de recepción en la Real Academia de Ciencias Exac. Fis. y Nat. Madrid, 1922.

sólo nos ha de interesar los accidentes tectónicos que más o menos directamente se relacionen con la hidrología, y que veremos son los que se derivan de los sistemas tectónico-orogénicos, Hercínico o Variscico y Pirenaico-Alpino.

*El plegamiento hercínico o variscico.*—El primer gran plegamiento que afecta a la Península es el Hercínico o Variscico, del cual hoy podemos tener datos suficientes para ser estudiado e interpretado debidamente por conservarse en las diversas formaciones geológicas que forman nuestro suelo, sus efectos, alineaciones de pliegues y las raíces de los mismos. Tal fase tectónica dió origen a un levantamiento orogénico, a una gran cordillera, que, si bien destruída hoy, rebajada y reducida en algunos casos a extensas penillanuras, aun en las zonas que ella ocupó pueden reconocerse los intensos plegamientos y los núcleos eruptivos que formaron sus zonas profundas axiales.

A este viejo sistema de montañas derruídas se le ha denominado modernamente por SCHNEIDER (1) sistema Ibero-Atlántico, y constituye hoy un macizo rígido y estable de tipo cratónico, al cual denominó HERNÁNDEZ-PACHECO Macizo Hespérico (2).

Tal macizo se extiende desde la gran falla del Guadalquivir, hacia el N., ocupando todo el Occidente y el NW. peninsular, a excepción de la orla mesozoica portuguesa y del Algarbe meridional o litoral. Terminando hacia Oriente, al quedar cubierto por la cobertera secundaria, mediante una línea sinuosa que iniciándose en las Asturias Occidentales sigue al W. del sistema ibérico, bordeando luego las zonas orientales de La Mancha, hasta alcanzar los relieves paleozoicos de la Sierra Morena.

En tal Macizo Hespérico o sistema tectónico Ibero-Atlántico, quedan incluídas ambas Castillas, ocupadas predominante y superficialmente por una potente cubierta terciaria que oculta a los terrenos paleozoicos afectados por la tectónica hercínica.

Tal proceso orogenético, según se desprende de los estudios efectuados recientemente por gran número de distinguidos geólogos, fué de tipo alpino.

Por ello se admite que todo el espacio que hoy ocupa la Península formaba un gran geosinclinal, en la que se había acumulado los sedimentos del Paleozoico inferior y medio, o sólo los comprendidos desde el Devónico medio al Carbonífero

(1) SCHNEIDER (A.): «Prospecção mineira e zonas geotectónicas na metalogénia ibérica». *Sept. da Técnica. Rev. de Ing. dos Alunos do I. S. T. Lisboa*, 1947.

(2) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): «Síntesis fisiográfica y geológica de España». *Trab. del Mus. Nac. de Cienc. Nat. Serie Geol.* núm. 38. Madrid, 1932.

medio superior, si se admite la existencia de la fase caledoniana.

Tal conjunto de terrenos descansaba sobre formaciones agnostozoicas, ya consolidadas desde épocas muy lejanas.

Al comenzar la fase orogénica hercínica o variscica actúan, comprimiendo meridianamente a la geosinclinal, dos masas de empuje continentales o antepaíses, situada una hacia el N., a la que se denominó por SCHNEIDER (1) Vasco-Aquitana; otra, hacia el Mediodía, llamada Atlántico azoreana, masas continentales que quedaban fuera del actual ámbito peninsular. Entre ambas zonas, y conforme ellas actuaban comprimiendo al geosinclinal, se constituyó un interpaís, que ocupó amplia faja o zona, que, desde las regiones medias occidentales de Galicia, seguía en sentido N.-S., hacia el Macizo de la Estrella, e incurvándose al E. pasaba algo al S. de lo que hoy constituye el sistema central —Gredos, Guadarrama, Somosierra—, para después, estrechándose bastante, continuar en dirección al Mediterráneo, pasando por las zonas situadas hoy al NW., y próximas al archipiélago balear.

Tanto los antepaíses, como la banda formada por el interpaís, estaban constituidos por núcleos rígidos de características cratógenas, conservándose en el interpaís, y según el modo de ver de SCHNEIDER, como ya se ha indicado, restos o núcleos continentales afectados anteriormente por la tectónica prevariscica.

Algo parecido sucede, si admitimos la presencia de una tectónica caledoniana, en la zona axial paleozoica de la cordillera litoral catalana, pues también allí se descubren núcleos prehercínicos englobados por esta fase orogénica.

Ofrecen las zonas hercínicas arquitectura bastante simétrica que es, como se ha indicado, de tipo alpino; quedando todo el conjunto, en general, distribuido del siguiente modo, al terminar el proceso tectónico, siguiendo a SCHNEIDER: Al N. y al S., las dos masas continentales rígidas o antepaíses; en la zona media, y más o menos equidistante a los dos antepaíses e incurvándose al NE., el interpaís, que divide así a la geosinclinal plegada en dos zonas o tramos, uno septentrional y otro meridional, comprendido cada uno entre un antepaís y el interpaís intermedio.

El tronco N. es menos regular por la orientación de sus fundamentales líneas de plegamientos y ejes que el meridional, pues en el primero se aprecia cómo los ejes tectónicos siguen líneas sinuosas que ofrece encurvamientos cóncavos, dirigidos hacia el SW., en el occidente peninsular, por tierras portuque-

---

(1) SCHNEIDER: Obra citada.

sas y leonesas fronterizas inmediatas y, hacia el NE., por Oriente, en tierras aragonesas, espacios litorales catalanes y, probablemente, en las zonas mediterráneas situadas al NW. del archipiélago balear.

En el tramo meridional, las líneas tectónicas hercínicas avanzan trazando un gran arco de circunferencia cuyo centro estaría situado más o menos hacia las zonas cumbreñas del viejo macizo de Gredos.

En esta arquitectura derruida hercínica de tipo alpino pueden distinguirse, a uno y otro lado del eje formado por el interpaís, distintas unidades tectónicas, que se constituyeron conforme el proceso orogénético avanzaba en su génesis: Zona de telecapas o unidad superficial formada por amplios y seguidos conjuntos o paquetes de pliegues, en cuyo núcleo dominan los magmas de granitos normales y granitos aplíticos; zona de las plesiocapas, más replegada y profunda, cubierta por la anterior, en la que dominan los magmas granitodioríticos y dioríticos, y zona de las subcapas, la más externa, caracterizada por apretado replegamiento, y en la cual la presencia de los magmas, que han debido quedar muy profundos, sólo se manifiestan por apófisis, diques y venas de rocas porfídicas ácidas.

En orden cronológico, la unidad primeramente plegada fué la de las plesiocapas, seguida por el conjunto de las telecapas, que envuelve el anterior. La última fase es la de las subcapas o zona externa. Al mismo tiempo surge, en las regiones centrales del plegamiento o eje del sistema, el interpaís que separa, como se ha indicado, los dos troncos fundamentales de este edificio tectónico.

En esta última fase ha desaparecido la geosinclinal marina, habiendo sido reemplazada por un núcleo montañoso, por una masa continental, cuyos restos son los que hoy podemos reconocer y estudiar en los países indicados.

La zona donde mejor se manifiestan los restos arrasados y desmantelados del conjunto hercínico descrito, es el SW. peninsular, por tierras de Toledo, Extremadura, Andalucía occidental y el Alentejo, dando origen a unidad independiente más moderna y alpídica, la orla mesozoica lusitana y el Algarbe litoral.

La gran falla del Guadalquivir interrumpe bruscamente el dominio hercínico que queda más al SE. en la Andalucía central y oriental, cubierto por potentes formaciones secundarias y terciarias, afectadas por la tectónica alpina.

Al N. del interpaís, el conjunto hercínico sólo se manifiesta claro hacia Occidente, por tierras portuguesas, Galicia y el reino de León. Luego, la cobertera terciaria de Castilla y el Secundario, más profundo, lo ocultan, pero podemos seguirlo, porque a veces asoma, dando origen a núcleos más o menos

extensos en las montañas ibéricas, en la costera catalana y en el Pirineo, pudiendo por ello reconstruirse la marcha de sus grandes líneas de pliegues y ejes fundamentales.

De un alto interés es, pues, geológica, tectónica y mineralógicamente, considerada la zona hercínica oculta por la cobertura terciariosecundaria de la altiplanicie del Duero, pues, sin duda, debemos mirarla como reserva nacional para cuando la minería deje las zonas superficiales por agotamiento y se adentre en la profundidad de la corteza terrestre, buscando los yacimientos que allí, lógicamente, deben de existir.

Al finalizar la fase orogénica hercínica o variscica, el país por ella plegado se consolida convirtiéndose con el tiempo en queda firme y estable, sino que, debido a fenómenos tectónicos una zona rígida de característicos cratógenos. Este país no postumos hercínicos, sufre una serie de movimientos eustáticos que lo desnivelan, y subdividen en diversos bloques o compartimentos corticales. Tales bloques quedan, pues, unos en alto, mientras otros, al hundirse, dan origen a verdaderos fosos.

En relación con tales fenómenos está la flexión que el terreno sufre a lo largo de la frontera portuguesa (1).

En este conjunto de accidentes y siguiendo los ejes fundamentales de las alineaciones hercínicas, se destacan relieves orogenéticos dirigidos en las zonas suroccidentales de la Península, con componente NW.-SE. A tales accidentes, en concordancia con la tectónica posthercínica los denominó HERNÁNDEZ-PACHECO (Eduardo) (2) «alineaciones hespéricas del viejo macizo peninsular».

Los diferentes bloques así constituídos quedan separados entre sí, por grandes fallas que guardan directa relación con los fenómenos de metalogénesis subsiguientes y con la presencia, a lo largo de ellos, de manantiales hidrotermales de tipo profundo y juvenil.

No pasaron desapercibidos tales fenómenos de descompresión para HERNÁNDEZ-PACHECO (Eduardo), pues respecto a ellos y en relación con las cordilleras españolas nos dice (página 28) (3); «Las montañas hespéricas son orogénicamente de dos tipos: primero, cordilleras que deben su origen a empujes tangenciales y que están formadas por plegamientos de sus estratos; segundo, montañas y otros accidentes orográficos que

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): Discurso de recepción en la Real Academia de Ciencias. Madrid, 1922.

(2) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): «Síntesis fisiográfica y geológica de España». *Trab. del Mus. Nac. de Cienc. Nat. Ser. Geol.*, núm. 38. Madrid, 1932.

(3) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): Discurso de recepción en la Real Academia de Ciencias. Madrid, 1932.

tienen su principal origen en acciones de descompresión de la litosfera, que han actuado mediante descensos en la vertical o hundimientos.»

«Generalmente se observa en la Península que a cada gran movimiento tangencial ha seguido, en el tiempo, una remisión en los empujes tangenciales, que han producido accidentes tectónicos y orográficos de tipo distinto de los que formaron las presiones tangenciales.»

Como fosos posthercánicos deben citarse fundamentalmente los de Castilla; como zonas de levantamiento, que dan origen a alineaciones orogénicas con núcleo hercínico, la Ibérica hacia el E. y la zona de máximas elevaciones que sigue la traza de Lisboa-Guarda-Braganza-León.

Además de tales accidentes de desnivelación, se acusan al Sur del eje del interpaís hercínico, la gran fractura del sistema central, que hace que todo el conjunto de bloques meridionales, con respecto a tal línea, estén más bajos que los situados al N. Tal fractura es la principal del sistema denominado, por HERNÁNDEZ-PACHECO, de las Hispánidas (1), y al que es debido muy fundamentalmente el relieve del Macizo Hespérico, que desciende, en general, en gradería mediante escalones de Norte a Sur.

Pero no sólo los bloques corticales se removieron en sentido vertical, sino que también se desplazaron lateralmente, si bien en espacios de no gran recorrido, dando ello por resultado a verdaderos desenganches transversales, a las direcciones hercínicas que pueden perfectamente ser reconocidos tanto en el Alentejo como en la Extremadura española y Montes de Toledo y, muy particulamente, en el sistema central, cuyos distintos segmentos, Sierra de la Estrella, Gata, Gredos, Guadarrama y Somosierra, no son sino eslabones, separados y desplazados lateralmente entre sí por tales fracturas transversales, que quedan orientadas en general de WSW, a ENE., fracturas que tienen también relación muy íntima con los criaderos metálicos y las aguas mineromedicinales.

Todos estos accidentes que fracturan y desnivelan en diversos bloques al Macizo Hespérico, caracterizan un tipo especial de tectónica, denominada sajónica, cuya fase fundamental se desarrolló a lo largo del Pérmico y que continuó durante los primeros tiempos del Secundario, hasta que se inician los movimientos previos de otra fase geotectónica muy importante, o sea, la Pirenaico-Alpina, que es la que últimamente ha afectado a la Península.

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): «Síntesis fisiográfica y geológica de España». *Trab. del Mus. Nac. de Cienc. Nat. Ser. Geol.*, número 38. Madrid, 1932.

*El sistema alpidico.*—El macizo firme y rígido o cratón que con el tiempo se convirtió el ámbito peninsular, después de la fase orogenética hercínica, a lo que contribuyeron las grandes intrusiones graníticas, dando más solidez al conjunto paleozoico, que fué al mismo tiempo intensamente metamorfozido, y la posthercínica, fundamentalmente caracterizada por sus fenómenos eustáticos, no quedó estable, sino que, posteriormente, sufrió lentas oscilaciones o movimientos verticales que motivaron en amplias zonas el avance unas veces o la retirada otras del mar, dando origen ello a trasgresiones y regresiones marinas, a la formación de mares epicontinentales y golfos que quedaban separados por promontorios terrestres de achatados y no acentuados relieves.

Poco a poco estas cuencas marinas se acentúan, se hacen más profundas en el ámbito ocupado hoy por nuestra Península, recibiendo en su fondo variada serie de sedimentos de facies muy diversas dominando las de origen marino, que comenzaron siendo epicontinentales y que se caracterizaron, avanzados ya los tiempos secundarios, por tipos de mar profundo.

Al iniciarse los movimientos alpinos, el viejo macizo occidental, arrasado, en general, hasta zonas muy profundas, hasta las raíces de la vieja cordillera hercínica, y que va a actuar como antepaís en el nuevo proceso orogenético, se ha deprimido a lo largo de dos amplias zonas. Se extienden estas, aproximadamente, a lo largo de los ejes de las ramas N. y S. de la arrasada cordillera hercínica, penetrando el mar en ellas ampliamente hacia occidente, dando origen así a dos fosos geosinclinales, divertículos de un viejo mar intercontinental, el Tety, matriz donde se van a constituir las grandes cordilleras alpinas que van a surgir, circundando a este mar Mediterráneo terciario.

Otra masa continental, que también va a actuar del mismo modo, queda hacia aquel Mediterráneo occidental, al E. de las tierras actuales de la Península, zona que se prolongaba por Occidente, hasta lo que hoy es Mar de Alborán.

Al S. de tales tierras mediterráneas, queda localizado el gran escudo Nortafriano, masa rígida que constituye también un gran antepaís. Otra masa continental que ofrece idénticas características, formaba entonces la zona Suroccidental del ámbito peninsular y enlazaba con el continente hercínico, situado al N. de tales masas continentales.

El nuevo proceso orogenético que va a afectar al geosinclinal mediterráneo, comprendido entre tales masas de tierras, va a ser el resultado de acciones y reacciones muy fundamentalmente ejercidas entre las tierras Nortafreanas y las del Suroeste de Europa, ya bosquejadas entonces, entrando en juego

también el viejo escudo peninsular o Macizo Hespérico, unido por el NW. con las tierras que se extendían más allá de lo que hoy es occidente europeo y con las masas de tierras existentes entonces en el Mediterráneo occidental, hoy abismadas entre Africa y la Península, en los parajes marinos de Baleares y Alborán.

Es muy probable que las tierras emergidas entre el continente africano y la masa hercínica peninsular, que daba origen a una gran isla, contituyera más que un antepaís una masa alargada de ciertas características de interpaís, en particular en sus porciones más occidentales, las que pudieran ser denominadas «Interpaís de Alborán» por la posición aproximada que ocupaba.

El proceso orogenético que va a caracterizar a estas zonas va a dar origen a una gran cordillera de tipo alpino, a un eslabón más de los muchos que contornean al viejo Mediterráneo, y que, como todos estos macizos, nos ofrecen tectónica y orográficamente ciertas características comunes. Así, pues, distinguiremos en tal cordillera, situada entre dos viejos macizos, con sus rebordes replegados por el esfuerzo o presiones ejercidas: las antifosas, que quedan localizadas entre el nuevo relieve que surge, y los macizos antiguos, que están a su vez limitados por las cadenas marginales; la cordillera fundamental recién constituida y las depresiones intermedias.

En las cordilleras marginales, predominarán las fracturas sobre los plegamientos, dando origen a montañas de tipo germánico, en la cordillera central los plegamientos, siendo éstas, pues, genuinamente alpínicas, lo que es debido a que estas zonas son relativamente plásticas u orógenas, y aquéllas, muy rígidas o cratógenas, plegándose con facilidad, mientras las otras se quiebran al estar ya consolidadas.

Se comprende que los ejes del proceso orogenético, que va a tener origen debido a la tectónica alpina, se acomodasen, hasta cierto punto, a lo largo de depresiones marinas que se formaron en el conjunto hercínico, dando origen estas zonas o bandas de mínima resistencia a los geosinclinales, donde se acumularon potentes masas de sedimentos eminentemente orógenos.

El eje alpino septentrional, al que denominamos pirenaico-cantábrico, quedó orientado, en general, de E. a W., el meridional o nevádico se arrumbó de WSW. a ENE. Hacia el Norte y Sur de tales ejes quedan hoy situadas las montañas de orogenia alpina en su más amplio sentido consideradas, tales como los Pirineos y el sistema ibérico, que se enlazan por Oriente mediante el sistema costero catalán, conjunto alpídico que ocupa la porción septentrional de España. Hacia el S. quedaban las zonas que dieron origen a Sierra Nevada y núcleo de los

Filabres y demás relieves béticos, así como las montañas del Rif, separadas éstas de las que ocuparon el mediodía de España por el interpaís de Alborán, hoy abismado en estas zonas del Mediterráneo occidental.

Se prolongan tales relieves hacia Occidente, en el primer conjunto por la cordillera cantábrica, y en el segundo, en cierto modo, que el Algarve portugués y zonas abismadas en el Atlántico, al occidente de la Península y Marruecos.

Hacia Oriente, el conjunto bético e ibérico llegan a coincidir en un amplio espacio, avanzando fundidos ambos sistemas en dirección de la costa levantina, dando origen al quebrado país que termina en el Cabo de San Antonio, prolongándose después hacia el archipiélago balear, bajo las aguas del Mediterráneo, terminando, al fin, por desaparecer más allá del archipiélago, sin que se sepa qué arrumbamiento puedan seguir tales plegamientos de modo cierto.

Así, pues, en líneas generales, puede admitirse con STILLE (1) que los Pirineos y el sistema bético son las porciones más intensamente plegadas al N. y al S. de la Península, respectivamente, la rama Sur y la rama Norte de dos grandes cordilleras alpidicas, siendo más simétrica, en su conjunto, la meridional que la septentrional. El sistema ibérico, intermedio, vendría a ser un interpaís situado entre las dos alineaciones tectónicas principales.

Muy discutida es la manera como todas estas montañas, originadas por el plegamiento Pirenaico-Alpino, se enlazan entre sí, en el ámbito peninsular, así como las relaciones orogénicas que puedan tener, cuestión ésta que ha de ser aún fundamentada por nuevos y sistemáticos estudios geológico-tectónicos, para llegar así a localizar, de modo lo más aproximadamente posible, los núcleos rígidos o masas continentales que determinaban los antepaíses e interpaíses, pues ellos son los que sirviendo de pilares, desviaron las oledadas tectónicas, obligándolas a encurvarse y seguir determinadas direcciones, que, no estando perfectamente fijadas, nos denuncian pero no nos aclaran completamente, el enigma de la situación de tales núcleos rígidos formados por las viejas tierras.

Al hacer el estudio tectónico de las montañas originadas por la fase tectónica Pirenaico-Alpina de la Península, es necesario tener en cuenta que las zonas axiales profundas, orogénicamente consideradas, están constituidas por el conjunto paleozoico hercínico, anteriormente plegado, y que representaba una gran masa consolidada y rígida, al sobrevenir esta segunda fase tectónica.

---

(1) STILLE (H.): «Uber westmediterrane Gebirgszusammenhänge». *Abh. Ges. Wiss. i Göttingen. Math. Phys. Kl. N. F.* XII, 1927.

En la mayoría de los casos, tal conjunto, orográficamente da lugar al eje de culminaciones que en la Sierra Nevada, la Cordillera cantábrica y fundamentalmente en el Pirineo, eleva sus cúspides escarpadas y bravías a gran altitud, hasta rebasar, en esta última cordillera, el nivel de las nieves permanentes.

No es posible, pues, prescindir de él, pues, al reaccionar más o menos pasivamente, él es el que ha dado especial carácter estructural al edificio tectónico. Por ello, no sólo es necesario tener en cuenta las características geológicas de la cobertera secundarioterciaria, o sea, del conjunto alpídico, sino también del zócalo o basamento hercínico, que tan directamente influye en el tipo tectónico de nuestras montañas, a las que presta tan especial carácter.

*Rasgos orogénicos de Sierra Nevada y de los sistemas montañosos a él subordinados.*—La característica fundamental del conjunto de la Sierra Nevada y de los relieves subordinados a él es su asimetría, dentro de un tipo clásico alpino. Pero tal asimetría es sólo aparente, pues todo este conjunto no es sino la rama Norte de un doble y simétrico plegamiento, dando origen la rama Sur a las alineaciones montañosas del Rif.

El enlace que se supone de ambas ramas, a través de la zona del Estrecho de Gibraltar puede o no ser admitido, siendo más lógico suponer, como se ha indicado, que las alineaciones bética y rifeña continúan hacia Occidente hasta abismarse en el Atlántico.

De existir arco tectónico de enlace, a través del Estrecho, éste sería de característica secundaria y como unión de ramas orogenéticas derivadas de las dos principales.

La concepción que del conjunto bético se tiene hoy es bastante compleja, y ésta se deriva de los numerosos trabajos que de este interesante país se han hecho, entre otros, por MACPHERSON, CALDERÓN, NICKLÉS, BERTRÁN, KILIAN, ORUETA y DOUVILLÉ, a finales del siglo pasado, y al comienzo de éste, por BROUWER y sus alumnos, CARANDELL, HERNÁNDEZ-PACHECO, GAVALA, GIGNOUX, DARDER y STILLE ya en época reciente, y muy fundamentalmente por FALLOT, BLUMENTHAL, STAUB, VAN BEMMELEN y BRINKMANN. Todos estos autores han complicado, en cierto modo, tales cuestiones por haber usado terminología bastante variada para designar las diversas entidades tectónicas. Por otra parte, según el modo de interpretar los fenómenos en estas zonas ocurridos, el conjunto de opiniones propuestas puede agruparse en dos concepciones o escuelas: por un lado, las que siguen con las naturales modificaciones y adelantos la antigua escuela española, iniciada por

MACPHERSON (1), y a la cual seguimos con HERNÁNDEZ-PACHECO (Eduardo), y por otro, los que se agrupan en la que pudiéramos denominar escuela extranjera, y cuyo conjunto lo forman principalmente los discípulos de BROUWER y, en particular, R. W. VON BEMMELEN (2) y los geólogos BLUMENTHAL, STAUB y FALLOT.

Según la primera escuela, todo el país que constituye estas zonas meridionales españolas debe ser considerado como autóctono; es decir, que está enraizado con las zonas profundas de la corteza terrestre, habiéndose plegado *in situ* y no presentando, por lo tanto, fenómenos de desp'azamiento o corrimiento que hagan que grandes conjuntos de pliegues, dando origen a unidades tectónicas de la corteza terrestre, hayan resbalado sobre otros, a los cuales cabalgan y cubren, dando origen a una tectónica «movilista», que es lo que sustenta la escuela extranjera.

Los dos modos de ver, en estos últimos años han evolucionado hacia un tipo de tectónica que podría ser considerada como de características intermedias, pues los corrimientos de decenas y decenas de kilómetros, admitidos como típicos y característicos del país bético por los geólogos que estudiaron la región van localizándose más y más, viniéndose a admitir una tectónica paraautóctona o con desplazamientos de unidades de algunos kilómetros, y que rara vez pasan de 15 a 25. Este es el modo de ver de FALLOT y hacia él tienden en la actualidad los que se ocupan de estas cuestiones, pues en este caso la decena, incluso la veintena de kilómetros, de desplazamiento significa relativamente poco, dada la extensión enorme del edificio tectónico formado por el conjunto bético en su amplio sentido considerado.

Conviene antes de analizar la tectónica de estas zonas tan complejas de la Península, indicar someramente las unidades orográficas fundamentales de la misma.

Las serranías béticas, en su conjunto, alcanzan algo más de 600 Km. entre las zonas de Gibraltar y el Cabo de San Antonio, siendo toda esta zona, que alcanza anchuras superiores a 135 Km., según el meridiano del Mulhacén, sumamente compleja, contrastando tal hecho con la uniformidad del Pirineo.

Cabe distinguir en este conjunto bético orográficamente considerado, una zona de montañas, limitada al S. por el Mediterráneo, que es la que alcanza las culminaciones mayores que da origen a la cordillera, o mejor, Macizo Penibético;

---

(1) MACPHERSON (J.): «Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica». *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XXIX. Madrid, 1900.

(2) VAN BEMMELEN (K. W.): «Bijdrage tot de Geologie der Betische Ketens in der Provincie de Granada», 1927.

otra, hacia el interior, limitada al N. por la depresión del Guadalquivir, que da origen al conjunto Subbético.

Entre ambas alineaciones queda una zona deprimida, no bien definida, jalonada por las hoyas de Guadix y Baza, y por las amplias vegas de Granada y Antequera, zona que da origen a la depresión penibética. Al N. y limitando los dominios béticos queda la amplia y bien definida depresión bética, seguida por el Guadalquivir, que se va amoldando más o menos a la gran falla que los originó.

*Los plegamientos alpinos en el conjunto de las cordilleras béticas.*—Con grandiosidad extraordinaria se ha desarrollado el proceso tectónico u orogenético en el conjunto formado por el elevado macizo de Sierra Nevada y las restantes sierras y alineaciones que dan origen a los relieves béticos, pero tal proceso no ha sido interpretado por todos los autores del mismo modo debido a su complejidad. Así, los primeros geólogos españoles y MACPHERSON, fundamentalmente, consideraron al conjunto bético como una gran cordillera de plegamientos autóctonos, representando las dos ramas principales, Subbética y Penibética, un grandioso conjunto de pliegues, separados por ancha sinclinal intermedia o depresión penibética. Para estos geólogos, la Sierra Nevada era una gran bóveda anticlinal autóctona, rodeada por una orla triásica con buzamiento periclinal de sus diferentes capas.

NICKLÉS (1) y DOUVILLÉ (2), debido a los contactos anormales por ellos observados entre diferentes conjuntos litológicos, así como algunas cobijaduras y corrimientos locales, comprendieron que la estructura debía ser mucho más compleja.

Pero fueron STAUB (3) y BROUWER (4), en 1926, quienes llamaron la atención sobre el interés orogenético de estas montañas, al reconocer en el sistema bético, una tectónica de gran estilo, con amplios mantos de corrimiento superpuestos, dando origen a un tipo alpídico clásico y eminentemente alóctono, por cuanto las raíces de algunos mantos, o sea el origen de los mismos, quedaban situados a 150 Km. de distancia de donde se encuentran «barados» los testigos de los mismos, después del corrimiento.

---

(1) NICKLÉS (R.): «Sur l'existence de phenomenes de charriage en Espagne dans la zone subbetique». *Bull. Soc. Geol. France*, 4.<sup>a</sup> ser. IV. París, 1904.

(2) DOUVILLÉ (R.): «Esquis géologique des Préalpes subbetiques (partie centrale)». *Ser. A. París*, 1906.

(3) STAUB (R.): «Ideas sobre la tectónica de España». *Real Acad. Cien. Bell. Let. y Nobl. Art. Córdoba*, 1927.

(4) BROUWER (H. A.): «The structure of the Sierra Nevada». *Proceed. Kon. A. Kad. v. Wetensch. XXIX. Amsterdam*, 1926.

Estudiada la región por BLUMENTHAL (1) y FALLOT (2) llegaron a las mismas conclusiones, pero dándonos de tales fenómenos un esquema mucho más moderado, no admitiendo tan colosales desplazamientos de los diferentes conjuntos.

Según tales autores, en estas zonas meridionales de la Península, pueden ser admitidas las unidades tectónicas que se describen a continuación.

*El Prebético.*—Sintéticamente este país, de tan quebrada orografía y complicada tectónica, aparece constituido en su basamento más profundo, por un conjunto estratocristalino y paleozoico, sobre el que descansa el Trías, y una serie secundarioterciaria bastante completa, en la que dominan los sedimentos neríticos, con intercalaciones, no muy frecuentes, de otros de facies continental, materiales éstos que parecen proceder del escudo hespérico. Tal conjunto da origen al Prebético.

En tal serie, representan al conjunto posthercínico, los materiales que con el Trías se depositaron de modo normal, sobre el conjunto hercínico, serie que cesa al iniciarse las fases previas al movimiento Alpino.

Todo el conjunto está considerado como autóctono, quedando cubierto por una serie de unidades tectónicas que se superponen, dando origen al grandioso edificio de estas zonas meridionales de la Península.

Esta envoltura externa, que cubre el zócalo de la cordillera y que se desplazó en oleadas sucesivas de SE. a NW. resbalando sobre ella y cada una sobre la anterior, da origen a una serie de mantos superpuestos, entre los que existen verdaderas discontinuidades.

La serie, situación y significación tectónica de cada uno de los diferentes mantos que descansan sobre el conjunto que forma el basamento autóctono o Prebético, siguiendo a FALLOT (3), es la siguiente:

*Citrabético u Hoja de Antequera.*— Esta unidad, aparece formada por el Trías germanoandaluz, es decir, arcillosoyesí-

---

(1) BLUMENTHAL (M.): «Versuch einer tektonischen Gliederung der Betischen Cordilleren von Central und Südwest Andalusien». *Eclogae geol. Helv.* XX, 1927.

Sur les relations tectoniques entre les zones betique-penibetique et subbetique du Sud Overt de l'Andalucie. *C. R. Ac. Soc. CXCVII.* París, 1933.

(2) FALLOT (P.): «Etat de nos connaissances sur la structure des chaînes betique et subbetique». *Livre jubilaire.* S. G. F. París, 1930.

(3) FALLOT (P.): «Estudios geológicos en la zona subbética, entre Alicante y el río Guadiana Menor». *Publ. del Cons. Sup. Inv. Cient.* Madrid, 1945.

fero y calizodolomítico. Según STAUB (1) forma una unidad independiente con respecto a la serie Subbética. No corresponde, pues, a la unidad superior tectónicamente considerada. Así, pues, el Citrabético descansaría, o mejor se intercalaría, entre el zócalo Prebético y el conjunto Subbético, fundamentalmente, fuera de las zonas formadas por el verdadero núcleo axial del macizo Sierra Nevada y Filabres, zona donde la disposición tectónica es ya otra.

Pero, para FALLOT, tal independencia del Citrabético de STAUB no existe, pues nos indica que el «despegue» que se observa del Triásico citrabético es sólo debido a su comportamiento mecánico, dada la plasticidad de las grandes masas de tal formación, que forma, en realidad, la base del Subbético. Hay aquí, sí, diferenciación tectónica, pero no individualización de entidades diferentes. De todos modos, el conjunto subbético se desplazó favorecido por tal plasticidad, corriendo así el Subbético sobre el Prebético.

No se sabe si el Triás inferior del Subbético, al que se ha denominado Citrabético u Hoja de Antequera, al considerarla como unidad independiente por BLUMENTHAL, se desplazó, a su vez, y con qué valor, sobre el basamento secundarioterciario del Prebético.

La separación de las dos unidades se hace, según STAUB, mediante un conjunto formado por Flysch y el Cretácico, preponderantemente calizo, lo que no es admitido por FALLOT, quien indica que el Triás forma la base normal del Subbético, quedando separado de tal unidad debido sólo a dislocaciones diferenciales de tipo litológico, dada la diversa plasticidad del conjunto.

Hay que añadir que, para STAUB, el origen de este Citrabético viene del N., del borde del macizo hespérico, y como descansa sobre el frente del Prebético lo califica STAUB de «ultraibérico»; pero, al no admitirse la independencia de este Citrabético, su origen ha de ser el mismo que el de toda la unidad subbética.

*Hoja del Bético de Sierra Nevada.*—Está integrada por el Paleozoico muy metamorfozado, el cual engloba o queda envuelto a su vez por un conjunto de sedimentos que comprende desde el Mesozoico al Numulítico de facies batial, muy trastornados y también metamorfozados, que dan origen a la «mischungzone». Para STAUB, el núcleo paleozoico representa a los montes apeninos de los Alpes, mientras que el complejo de la «mischungzone» correspondería a los «esquistos lustrosos» alpinos. Estas zonas han de ser aún objeto de nuevos estudios, pudiendo

---

(1) STAUB (R.): «Der Deckenbau Südspaniens in den Betischen Cordilleren». *Vierteljahrschr. d. Naturforsch. Gesellsch.* LXXIX. Zurich, 1934.

do admitirse tales suposiciones sólo a reserva del hallazgo de pruebas que las confirmen o no.

*Hoja de Granada.* (Hoja de las Alpujárridas de los holandeses y de BLUMENTHAL).—Estas distintas unidades sólo son admitidas por STAUB como unidades locales.

Tal conjunto está constituido por el Paleozoico y el Triás, y da origen a una inmensa unidad tectónica que cubre el bético de Sierra Nevada, que va desde el SW. de Ronda hasta Cartagena.

De este gran conjunto, según STAUB, fué arrastrada hacia el N., debido al desplazamiento de la hoja de Málaga, la zona superior triásica más externa y que comprende también los tramos más recientes del Retiense, dando así origen a la «hoja de Murcia», que descansa sobre la parte más externa del Cítrabético u hoja de Antequera, constituyendo el Subbético externo o septentrional. Tal hoja de Murcia queda representada por las sierras de Orihuela y Arana y por la sierra de Espuña. Hacia el W. la hoja de Granada da origen a los rondaides de BLUMENTHAL, representados por la sierra de Míjar y Sierra Blanca. A los rondaides (hojas de Lujar y Lanjarón) pertenece también el «Rood Dekblad» de BEMMELEN.

*Hoja de Guajar.*—Tal unidad fué creada por BEMMELEN, y representa para STAUB el núcleo cristalino de la hoja de Murcia. Se la puede considerar, pues, como otra unidad de las rondaides.

*Subbético interno.*—Tiene el mismo origen que el Subbético externo, pero representa sólo la zona superficial triásica de la hoja de Murcia, pero en su porción no arrastrada por la hoja de Málaga, aunque sí desgarrada y trastocada.

Hay que tener en cuenta que FALLOT no admite que la hoja de Murcia provenga del Subbético interno, al ser desgarrado y desplazado por la hoja de Málaga, pues el triás de la base del subbético está formado sólo por triás calizo y dolomítico, y el Subbético externo (hoja de Murcia) contiene triás andaluz.

*Hoja de Málaga.*—Es el conjunto o unidad más superior y meridional, en cuanto a su origen, de las unidades béticas, según BLUMENTHAL. Tal concepción persiste y se supone que representa ya al borde N. de Africa, no siendo, pues, ya alpino, sino ultrapeníbético.

Consta de un paleozoico especial, propio de esta unidad, estando en ella muy reducido el conjunto triásico. La masa permotriásica es ya muy importante, y la facies calizodolomítica del muschekal es notoria. La serie secundaria sólo parcialmente aparece unida a esta hoja, que se ofrece típica en España y formando las cumbres cristalinas de Sierra Nevada-Filabres.

Así, pues, el conjunto orogénico meridional de la Penínsu-

la está constituido por un basamento autóctono, el Prebético, un núcleo integrado por el Bético de Sierra Nevada, envuelto por la «mischungzone», y tres hojas fundamentales: hoja de Granada, hoja de Guajar o núcleo cristalino de la hoja de Murcia y la hoja de Málaga, que han resbalado sucesivamente, envolviendo a las zonas axiales de estas cordilleras, al superponer los unos sobre los otros.

*Fases orogenéticas alpínicas.*—Se admite por los geólogos que han estudiado estas regiones, en lo que va de siglo, que las fases orogenéticas que han afectado a la región, dentro ya de la tectónica alpina, fueron varias.

Para STAUB (1), los fenómenos comienzan con una fase en el Cretáceo medio, seguida de otra posterior, que tiene lugar entre el Cretáceo superior y el Numulítico, dando origen a los movimientos larámicos. A continuación se inicia la tercera fase postnumulítica y anteburdigaliense, que correspondería más o menos a los movimientos sávicos.

Los alemanes BRICKMAN (2) y GALLWITZ (3) admiten antes otras fases, las neokiméricas, que tuvieron lugar entre Jurásico superior y Cretáceo inferior.

Para los holandeses, los corrimientos béticos se originan al final del triás. Tal hipótesis ha sido muy discutida, pero sin poder llegar a una conclusión cierta. En cuanto a los movimientos kiméricos, no parecen haber existido, pues el Titónico y el Cretáceo inferior, están siempre concordantes en toda la zona subbética.

Hay que tener en cuenta que muchas discordancias dentro del conjunto prebético pueden ser motivadas por la regresión del final del Jurásico, y en el Subbético a fenómenos mecánicos por diversa plasticidad de los conjuntos litológicos.

Los primeros movimientos que se han comprobado por estudios recientes son los austrícos, entre Neocomiense y Aptiense, que afectan al Bético de Málaga, mientras que en el Subbético, la sedimentación es rigurosamente continua durante todo el Cretáceo.

Los más fundamentales en la zona bética son los movimientos pirenaicosávicos del Oligoceno y los esteáricos postaquitanenses que dieron lugar a relieves importantes.

Durante el Mioceno, tienen lugar los corrimientos, tanto más modernos cuanto más externos son a la zona subbética.

---

(1) STAUB (R.): «Gedanken zur Tectonik Spaniens». *Vierteljahrsh. der Naturf. Ges.* Zurich, LXXI, 1926.

(2) BRICKMAN (R.): «Betikun und Keltiberikum in südostspanien. Beitrage zur Geologie der Westlichen Mediterrangebiete.» Núm. 6. *Weidmannsch Buchhandlung.* Berlín, 1931.

(3) GALLWITZ (H.): Die Apatitlagerstätte von Jumilla in Süd-östlichen Spanien. *Zeitschn. f. prakt. Geol.* P., 1933.

Por Jaén y Alicante, antes de iniciarse el Aquitaniense, y entre Aquitaniense y Burdigaliense, tienen lugar las fases sábrica y staírica, siendo las más acentuadas, hacia la sierra de Segura, los de la segunda fase, estaírica, que tienen lugar entre Burdigaliense y Vindoboniense.

En la zona subbética y en las regiones occidentales no se aprecian discordancias tectónicas en el Paleogeno; a lo sumo se han originado discordancias debidas a fenómenos de regresión marina.

En este país los paroxismos más intensos parecen haberse sucedido en dos fases. Para BLUMENTHAL, los corrimientos de las rondaidas tienen lugar después del Cenomanense y antes del Numulítico, dando lugar a las fases austricolarámicas. Para FALLOT, los últimos movimientos de las alpujarridas son posteriores al Eoceno superior, o sea prepirenaicos, pero no se sabe aún si alcanzaron al Oligoceno.

La hoja de Málaga, según FALLOT (1), se origina posteriormente, deslizándose sobre un estrato poco plegado y quizá ya trabajado por los agentes erosivos, dando origen a un corrimiento epiglíptico, pero no se conoce con seguridad la edad de tal fenómeno, pues sólo se ha podido determinar que al S. de la sierra de Arana hay capas oligocenas discordantes de lepidoclinas.

Al comenzar el Burdigaliense, todos estos fenómenos habían ya terminado.

Más hacia el N., por Priego y las zonas de Mula, así como hacia Hellín, se han reconocido movimientos postburdigalienses, pero ya el Helveciense casi no está afectado por ellos, mostrándose en general sólo desnivelado.

Más hacia el S., entre el Vindoboniense y el Pontiense, se han reconocido movimientos locales no importantes que no alcanzaron al bético.

En este conjunto, y como última fase orogénica de gran importancia, tienen lugar después del Pontiense, plegamientos de gran radio que afectan a toda la zona meridional, pudiendo calcularse que de los 3.500 m. de altitud que actualmente alcanzan en números redondos las cumbres principales, 1.500 m. corresponden a los plegamientos de fondo del postpontiense, pero la seriación de fases en tal edad (conjunto rodánico) es aún poco conocida en el Subbético, siendo probable existan fases locales y muy desiguales. Tal orogenia alcanzó hasta la zona

---

(1) FALLOT (P.): «Estudios geológicos en la zona subbética, entre Alicante y el río Guadiana Menor». *Publ. del Cons. Sup. Inv. Cient. Madrid*, 1945.

prebética, pues el Pontiense de Hellín (1) está bastante basculado, pero ortogonalmente en relación con los plegamientos anteriores a tal formación. Esta orogenia se manifestó entre los meridianos de Antequera y Santa Pola; más hacia el E. no parece haber tenido lugar, terminando, pues, en estas épocas la verdadera orogenia alpina, en las cordilleras meridionales de la Península, fenómenos que fueron seguidos por movimientos epirogénicos.

*Volcanismo.*—Estas manifestaciones se iniciaron en el litoral mediterráneo y países inmediatos en el Vindoboniense, teniendo lugar las erupciones importantes durante el Pontiense y en época posterior. Pero el volcanismo no es sólo litoral, sino que algunos núcleos quedan muy al interior de la Península; tal es lo que ocurre con los de Fortuna, Calasparra, Monegriльо, sierra de las Cabras (2) y Jumilla, todos miocenos o del Plioceno antiguo y motivados por las fases postpontienses.

Tales materiales surgen en zonas deprimidas en relación con el resto del país.

La erosión ha atacado profundamente a tales regiones, habiendo desaparecido las formaciones en amplias zonas, por lo que se comprende la extraordinaria complejidad de tales montañas peninsulares, que han de ser objeto aún de detenidos y prolongados estudios.

### CORDILLERA PIRENAICA

*Característica general.*—Puede decirse que, orográficamente, es la única gran cordillera peninsular. Con sus 450 kilómetros de longitud y anchuras de 50 a 75 kilómetros en sus zonas axiales, da origen a un conjunto grandioso de montañas escarpadas y de gran belleza natural.

Pueden ser considerados los Pirineos como una cadena originada por un proceso tectónico muy profundo que afectó con pliegues de fondo, al viejo núcleo hercínico.

Ocupándonos del conjunto de los Pirineos en sus vertientes meridionales, cabe distinguir sintéticamente tres grandes unidades estructurales: los relieves externos situados hacia el Sur, que dan origen a un complejo fundamentalmente jurásicocretáceo y eoceno, o casi exclusivamente eoceno a veces, que dan lugar a las montañas marginales. A este conjunto corresponden las alineaciones de Peña de Oroel, sierra de Guara y el Monsech. Más al interior, se alzan los prepirineos, que son fun-

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): «Estudio fisiográfico y geológico del territorio comprendido entre Hellín y Cieza». *An. Univ. de Madrid*, tomo IV, Fasc. I (Ciencias), Madrid, 1935.

(2) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): Obra citada.

damentalmente cretáceos, pero al que acompañan conjuntos más o menos importantes del Eoceno. Como alineaciones típicas deben citarse Peña Collaradas, El Turbón y Pedraforca.

Finalmente, se alza la zona axial, que en general constituye la región de cumbres, integrada por el Paleozoico inferior, más o menos metamorfozado, y por grandes batolitos graníticos y de rocas afines.

Entre los relieves marginales y el prepirineo, existe una depresión erosiva más o menos marcada, que en el Pirineo de Aragón da origen a la canal de Berdún, que separando ampliamente las montañas marginales de los otros dos conjuntos pirenaicos, hace que desde aquéllos pueda contemplarse la verdadera cordillera en sus segmentos centrales, donde más bravías se ofrecen sus cumbres, dando origen a paisajes de grandiosa magnificencia.

En general, las alineaciones del prepirineo y de las montañas marginales quedan integradas por pliegues anticlinales, que forman complejos anticlinorios. La depresión puede en muchos casos estar representada por un amplio sinclinal.

En ocasiones, la regular seriación desde la zona axial a las montañas marginales, se ve alterada por accidentes de tipo regional o local. Quizá el mejor ejemplo sea el de la zona de pliegues o escarpes superpuestos de Las Nogueras, que luego describiremos.

En otros casos, estas segundas alineaciones casi desaparecen y se alcanza así el Pirineo axial, desde los llanos terciarios que ocupan la depresión del Ebro.

Tales unidades nos ofrecen rasgos geológicos y tectónicos bastante diferentes, según en las zonas que los consideremos. Al mismo tiempo nos muestran, cómo la arquitectura tectónica de tal cordillera se modifica de unas regiones a otras, si bien dentro de normas generales bastante comunes.

El Pirineo central o región axial está aún poco conocido. Dan origen, con su conjunto, a la masa central hercínica, sumamente compleja.

La fundamental característica que nos ofrecen estos altos relieves, que sobrepasan con frecuencia los 3.000 m., es que los materiales paleozoicos que los constituyen, representan con su masa hercínica, no al zócalo de la montaña, sino la montaña misma.

Más conocida geológicamente es la zona alpídica secundarioterciaria que queda más hacia el S., dando origen a un conjunto muy complejo en el que dominan netamente los rasgos de plegamiento alpino; cadenas que, como ha indicado STILLE (1),

---

(1) STILLE (H.): *Über westmediterrane Gebirgszusammenhänge*. *Abh. Wiss. i Göttingen. Inath. Phys. Kl. F. XII*, 1927.

es necesario conocer bien, para poder interpretar debidamente la estructura de los otros macizos situados hacia el E. y S. de nuestra Península.

Las zonas axiales nos ofrecen sólo, pese a su gran elevación, las porciones más hondas, los cimientos de la vieja montaña, debido a los repetidos y largos procesos erosivos a que ha estado sometida, siendo por ello difícil y complejo el estudio e interpretación de cómo fué el conjunto o edificio tectónico, cuyas ruinas contemplamos.

Tal estudio e interpretaciones es el que ha de indicarnos debidamente, la estructura alpídica de las montañas que constituyen el prepirineo, pues los restos de las viejas estructuras hercínicas pueden decirnos, si hay convergencia o no entre la tectónica hercínica y la alpídica, posteriormente desarrollada.

En la zona axial existen enormes macizos exclusivamente modelados en materiales hipogénicos, graníticos y en las envolturas paleozoicas más o menos metamorfizadas, que en amplios espacios los envuelven. Lo mismo sucede en las zonas de altas cumbres de Peguera, Montes Malditos, Balaitus, etc., conjunto que, habiendo sido intensamente plegado en un espacio suficiente, entre las dos masas rígidas que lo comprimían, ofrecen un régimen de pliegues que puede ser considerado, en su conjunto, como normal. Más hacia los extremos de la cordillera, el plegamiento presenta vergencias dobles; tal se observa en Pedraforca, donde la estructura fundamentalmente representa a un anticlinorio complejo, estrujado por su base, indicio de la falta de espacio para el desarrollo de un régimen de pliegues normales.

Pero aun poco se sabe de ellos, tanto en relación con su petrografía, como estructuralmente. Puede indicarse, no obstante, que los materiales considerados hasta hace poco como estratocristalinos en estas zonas, son en realidad sedimentos paleozoicos intensamente metamorfizados (1), habiéndose comprobado que las pizarras cuarzosas ordovicienses se han transformado por el batolito del Segre en corneanas y micacitas; las calizas devónicas, en mármoles y granatitas, y las ampelitas gotlándicas, en pizarras negras con chistolita.

También se ha podido ver que las aureolas metamórficas corresponden a dos tipos, por sus caracteres petrográficos y estructura. Uno da origen a la serie del tipo «Vosgos», integrada por neis glandular, neis hojoso, pizarras cuarzosas y micáceas, corneanas y micacitas. Es decir, caracterizada por la masa ba-

---

(1) LLOPIS LLADÓ (N.): «Problemas tectónicos de la zona axial pirenaica». *Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, tomo LIX, 19.º de la tercera serie. Madrid, 1946.

saí de neis ectinítico. Tal es lo que sucede en el alto valle del Ter y Freser, alto Valira y en Estats.

En el segundo tipo, la serie aparece integrada por cornubianitas, anfibolitas, granatitas, mármoles, micacitas y pizarras sericiticas, que dan origen al tipo «Rouergue». En este conjunto faltan los neis actiníticos, estando sustituidos, hasta cierto punto, por ectinitas altas, que se inician con cornubianitas o calizas cristalinas. Tal es lo que sucede en el Alto Segre y en las zonas meridionales de Andorra y en los macizos pirenaicos occidentales.

BERTRAND (1) ve en este metamorfismo varias fases de intensidad decreciente, a medida que la cadena hercínica del viejo Pirineo se va constituyendo, siendo para él el metamorfismo general precaledoniano, el que da origen a los neis y la serie metamórfica del tipo «Rouergue». Posteriormente, en el Variscico se originarían las intrusiones que determinaron el metamorfismo de contacto del tipo «Vosgos». Pero tal diferenciación y estudio está aún poco avanzado, en las zonas axiales pirenaicas.

LLOPIS LLADÓ (2) cree ver una cierta concordancia entre el tipo petrográfico de las aureolas y el carácter autóctono o intrusivo de los plutones o masas intrusivas hipogénicas, llegándose a admitir hoy un metamorfismo pretectónico, como ya supuso BERTRAND, lo que llevaría a aceptar tres etapas sucesivas en la cristalización de las masas intrusivas del Pirineo, una precaradociense, antetacónica; otra media hercínica, y otra post-tectónica, probablemente pérmica.

Todos estos materiales de la zona axial están afectados por la fase alpídica, y como se trata de conjuntos muy rígidos, han sido fracturados de modo muy diverso, no aun bien conocido en su sistemática general, fracturas que guardan relaciones muy íntimas con los manantiales mineromedicinales más o menos termales, que relativamente frecuentes brotan en tales regiones. Se comprende, pues, el extraordinario interés que para la hidrología de estas zonas tenga el estudio de los diversos problemas magmáticos y tectónicos anteriormente indicados.

Para el estudio de la génesis de una montaña, es necesario conocer la cuenca o lecho de su formación y tener idea del conjunto de sedimentos que lentamente se han ido depositando en ella y que han de constituir, en lo futuro, el edificio tectónico.

La serie estratigráfica parece comenzar en el Silúrico inferior, pero hacia sus zonas altas (Coradoc), siendo represen-

---

(1) BERTRAND (L.): «Sur la structure géologique du versant Nord des Pyrénées. *Bull. Serv. Cart. Geol. France.* Tomo XLII, núm. 204. París, 1940.

(2) LLOPIS LLADÓ (N.): Obra citada.

tativos tales sedimentos de un régimen litoral, lo que hace suponer, pues, la existencia de un macizo continental hacia el S., el Ibérico de LOTZE (1), que pudiera tener ascendencia caledoniana.

El conjunto de los sedimentos correspondientes al Paleozoico en el Pirineo oriental, alcanza a unos 2.500 m. de potencia, según ASHAUER y TEICHMÜLLER (2), comprendiendo del Cámbrico al Carbonífero. Más hacia el S. quedan reducidos tan sólo a 150 m., lo que viene en apoyo de la existencia de una masa de tierras emergidas. En el resto del Pirineo, la serie paleozoica se reconoce difícilmente, pero en realidad es muy compleja, y en ella se han registrado movimientos profundos que han determinado la formación de umbrales o resaltes transversales a la alineación general de la cadena, por elevaciones del fondo de la geosinclinal (3), pudiendo indicarse que los límites de la cuenca sedimentaria durante el Devónico, quedaban situados hacia el S. Durante el Carbonífero inferior es cuando la fosa sufre sus más profundas modificaciones, en virtud de movimientos de la fase bretona, que hacen que los sedimentos batiales cesen y comiencen los detríticos, indicio, pues, de movimientos que determinan emersión de tierras (4).

Estas no permanecen emergidas mucho tiempo, pues los sedimentos marinos se inician a continuación, comenzando con grauwasas, pizarras y calizas, conjunto que fué plegado en la fase sudética, entre el Carbonífero inferior y medio.

Se admite que las oleadas orogenéticas se han desplazado de E. a W., de Rosas a Vasconia. Durante tales procesos y entre el Devónico y el Pérmico, una zona emergida quedaba hacia el N., y una fosa de sedimentación, no muy profunda, hacia el S., que representa a la prefosa del borde N. del macizo del Ebro, lo que explica la variedad y complejidad de esta cuenca sedimentaria, donde se depositan y superponen los materiales que van a constituir el Pirineo hercínico, a consecuencia de la fase orogénica fundamental subsiguiente, que es la que dió el carácter especial a la zona axial de la cordillera.

---

(1) LOTZE (F.): «Estratigraphie und Tektonik des Keltiberische Grungebirge». *Abh. der Ges. der Wiessensch zu Göttingen*. Berlin, 1929.

(2) ASHAUER (H.) un TEICHMÜLLER (R.): «Die variscische und Alpidische Gebirgsbildung Kataloniens Beiträage zur geologie der westlichen Mediterrangebiete». N. 17. *Abh. Ges. Wiss. Göttingen*. Berlin, 1935.

(3) SOLÉ SABARIS (L.) y LLOPIS LLADÓ (N.): «Estudios geológicos en el alto valle del Segre». *Ilerda. Estud. Ilerdenses*. Lérida, 1944.

(4) ASHAUER (H.) und HOLLISTER (J. S.): «Ospyrenäen und Balearen. Beitrage zur Geologie der westlichen mediterrangebiete, n. II *Abh. Ges. Wiss. Göttingen*. Berlin, 1934.

*Rasgos generales de la zona axial pirenaica.*—La zona axial pirenaica ofrece, por todo lo indicado, muy compleja estructura tectónica, habiendo en ella actuado fundamentalmente dos grandes procesos orogénéticos: el hercínico paleozoico, que es el que da carácter local a la mayor parte de las montañas peninsulares (1), y el posterior, alpídico, terciario, que es el que las caracteriza regionalmente, pues fué más local y diferenciado.

El problema a resolver es doble, pues comprende el conjunto de fenómenos motivados por la tectónica hercínica y el de los derivados del proceso alpídico, siendo, pues, necesario descomponerlo para poder darse cuenta de los fenómenos propios correspondientes a cada orogénesis y comprender así debidamente la estructura de la montaña.

No es posible separar ambos procesos simplemente por el rumbo que siguen los pliegues, pues si bien se admite que las alineaciones hercínicas van de NW. a SE. y las alpídicas de E. a W., las flexiones frecuentes que éstos sufren hacen que tales datos tengan sólo un relativo valor. El problema puede resolverse de manera indirecta, apoyándose en la dirección de vergencia de los conjuntos plegados, pues sabido es, y ya se ha indicado, que éstos vergen hacia los antepaíses, y tanto más acentuadamente, cuanto más cercana está la zona de antepaís; pero como es frecuente que existan zonas rígidas de importancia secundaria que puedan dar origen a antepaíses locales, éstos modifican o determinan orogénesis diversas, por lo que tales localizaciones son difíciles y siempre dudosas. Por otro lado, todo macizo rígido, como los graníticos, deja sentir su presencia, desviando las ondas tectónicas, lo que aun complica más estas cuestiones.

No tienen, pues, las vergencias carácter decisivo para deducir de ellas la situación y extensión de los antepaíses.

No obstante, esta gran cordillera da origen a dos amplios conjuntos, el septentrional y el meridional, que ofrecen vergencias, respectivamente, al N. y S.; de aquí que puedan admitirse dos amplias zonas de antepaís, una hacia el N., en Aquitania; otra meridional, hacia la depresión del Ebro. Pero estas cuestiones necesitan un análisis más detallado, que no es ahora ocasión de hacer, y de las que ya otros se han ocupado en estudios especiales de tectónica (2).

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): «Ensayo de síntesis geológica del Norte de la Península Ibérica». *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Geol.* Número 3. Madrid, 1912.

(2) LLOPIS LLADÓ (N.): «Problemas tectónicos de la zona axial pirenaica». *Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, tomo LIX, 19.º de la tercera serie. Madrid, 1946.

En el eje, el papel preponderante en la génesis de las estructuras lo dan los diversos conjuntos litológicos que son muy diferentes, complicando más estas cuestiones, la actuación de etapas orogénicas sucesivas.

Dominan como estructuras en la zona axial, la superposición de escamas fuertemente imbricadas, no habiéndose reconocido desplazamientos horizontales de grandes conjuntos.

Es típico el régimen isoclinal, con imbricaciones y superposiciones de conjuntos litológicos rígidos, lo que da origen, en apariencia, a masas sedimentarias de enorme potencia.

También las calizas, pese a su gran rigidez, dan origen a acumulaciones de pliegues, a veces de considerable espesor, falladas por su poca plasticidad y por los efectos de las orogénesis posteriores.

Es, pues, la tectónica en tales zonas sumamente variada y de extraordinaria movilidad, debido a estar formada por masas orogénicas muy potentes y complejas.

Tal conjunto de plegamientos está hendido y fracturado por grandes roturas verticales, longitudinales y transversales, que han individualizado y subdividido a los macizos en bloques diversos; roturas que son asiento de un intenso termalismo. También estos fenómenos hidrogeológicos están en relación con la remoción de diversas dovelas más o menos compensadas que han dado origen al hundirse a valles longitudinales del tipo de La Cerdaña. Es decir, que la tectónica alpídica afectó al eje hercínico muy intensamente, pero con estilo tectónico germánico, mientras que en la fase anterior hercínica, se plegó muy intensamente, con típico régimen alpídico.

Todo lo indicado tiene variaciones locales de interés, pues en ellas se manifiestan estructuras tectónicas especiales.

En el alto valle del Segre puede decirse que se ponen en contacto la tectónica de la zona axial pirenaica hercínica con la típicamente de plegamientos, representada por la sierra del Cadí, que no es sino el frente septentrional del prepirineo.

En el resto de la cordillera, debido a falta de datos estratigráficos y a cierto desconocimiento tectónico de la zona axial, se sabe muy poco de la situación que pueden tener los macizos o antepaíses hercínicos causantes de la estructura orogénica, la que está ligada muy directamente también, con el problema de localización de los límites de las cuencas donde se acumularon los sedimentos.

El estilo dominante del conjunto hercínico en esta zona del Alto Segre, consiste en las reacciones mecánicas existentes entre materiales litológicos de plasticidad muy diferente y del efecto producido por la proximidad de masas rígidas, tales como las formadas por los macizos graníticos, dando todo ello un típico estilo imbricado, con grandes escamas distribuidas

en dos ramas, una SW. y otra NE., con vergencia hacia tales rumbos, separadas de una divisoria de pliegues poco apretados.

Al S., queda el país de plegamientos del prepirineo, de claro estilo jurásico, pero con cierta tendencia hacia imbricamientos, apreciándose despegues en sus diferentes conjuntos, debido a la diversa plasticidad litológica, ofreciendo una de las ramas vergencia N., dando origen a la serie Pedraforca; la otra verge al S., constituyendo la serie de Port de Compte, que está volcada sobre el conjunto terciario de la depresión del Ebro.

Más hacia el S. se inicia el régimen tabular, donde dominan las fracturas verticales.

Entre el conjunto hercínico y este otro alpídico, queda la zona deprimida de La Cerdaña, que desde Puigcerdá va a la Seo de Urgel, ocupada por materiales terciarios arcillomargosos más o menos dislocados, zona que no fué plegada durante la orogenia alpídica, sino que se acomodó a un estilo netamente germánico, es decir, de montañas bloques, tan frecuentes en las zonas de antepaíses alpídicos de la Península (1).

*Estructura de la zona de Las Nogueras.*—Hacia la región de Las Nogueras se destacan dos zonas de tectónica diferente: la constituída por la masa axial y la que da origen al conjunto meridional fundamentalmente mesozoico. Aquélla es preponderantemente hercínica, esta otra, alpídica.

El tránsito del conjunto meridional enteramente plegado de «las sierras», como lo denominó MICH (2), a la zona axial, ya consolidada y rígida, se hace por intermedio de dos grandes escamas superpuestas, conjunto que da origen al Paleozoico de la zona de Las Nogueras, estudiado recientemente por LLOPIS LLADÓ (3).

Aquí, en el borde meridional externo de la zona axial del Pirineo, dos unidades geológicas se superponen, dando origen a la grandiosa imbricación o superposición de las «capas de Las Nogueras», de DALLONI (4).

Esta estructura tectónica es la prolongación hacia occiden-

---

(1) SOLÉ SABARIS (L.) y LLOPIS LLADÓ (N.): «Sobre la tectónica del Alto Valle del Segre». *Inst. de Inv. Geol. «Lucas Mallada»*, número 6. Madrid, 1947.

(2) MICH (P.): «Der Bav der Mittleren Sudpyrenäen». *Abh. Gess. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl.* 3, F. H. 12, número 13. Berlín, 1934.

(3) SOLÉ SABARIS (L.) y LLOPIS LLADÓ (N.): «Sobre la tectónica del Alto Valle del Segre». *Inst. Inv. Geol. «Lucas Mallada»*, número 6. Madrid, 1947.

(4) DALLONI (M.): «Stratigraphie et tectonique de la région des Nogueras (Pyrenées Centrales)». *Bull. Soc. Geol. France*, 4.<sup>a</sup> Ser. 13. Madrid, 1913.

te de Montsech de Tor, que da origen al frente septentrional de la «serie de Pedraforca», que rebasa hacia el W. el valle del Segre.

Las escamas son dos, formadas, como se ha indicado, por el paleozoico, constituido por calizas devónicas y calizas y pizarras gotlandienses, separadas entre sí por un conjunto plástico, formado por el permotriás. La vergencia de las escamas, en general, es hacia el N., quedando volcadas sobre los materiales pizarrosos de ordoviciense del borde meridional de la zona axial del Pirineo.

Hay que indicar, no obstante, que en la escama más septentrional se aprecia, en su conjunto, un sinclinal más o menos apretado y perfecto.

Por ello hay una cierta doble vergencia en ella, que es septentrional en la rama S. de este pequeño sinclinal. La escama S. verge uniformemente al N.

La separación de esta doble superposición con el paleozoico axial, formado por pizarras ordovicienses, se efectúa también mediante discontinuidad mecánica, favorecida por la plasticidad del Permotriás.

Así, pues, el régimen de típicos plegamientos alpídicos de «Las Sierras», pasa al tipo hercínico por intermedio de tales escamas paleozoicas, también hercínicas, intensamente afectadas por la tectónica terciaria.

En esta zona, el eje pirenaico se comportó, pues, como un antepaís local autóctono y rígido, persistiendo en él su vieja característica hercínica. Se removió y modificó, adquiriendo rasgos tectónicos especiales, al influjo de las oleadas orogénicas la zona intermedia, también hercínica, y se plegó intensamente el país meridional que constituye «Las Sierras».

*Estructura del Macizo del Monte Perdido.*—Tectónica muy diferente nos ofrece el Macizo del Monte Perdido. En esta zona, los elementos geológico-tectónicos que entraron en acción fueron los siguientes:

Al N. de las culminaciones queda un conjunto hercínico, constituido por el Paleozoico inferior (1), fundamentalmente Silúrico, Devónico y Carbonífero, y masas intrusivas graníticas. El Paleozoico, en general, está metamorfizado. Al S., y dando lugar a la zona de cumbres, se destaca la potente formación secundarioterciaria, que comprende desde el Cretáceo superior hasta el Eoceno, o sea un conjunto posthercínico, afectado muy intensa y aparatosamente por la fase Alpídica.

Entre ambas formaciones se intercalan, teniendo más relación con el conjunto posthercínico que con el hercínico, niveles permotriásicos, cuyas margas arcillosas plásticas desem-

---

(1) MICH (P.): Obra citada.

peñan en zonas determinadas, papel muy importante en la dinámica tectónica pirenaica de estos lugares.

Grandes masas del conjunto hercínico, al desplazarse de Norte a Sur, han reaccionado contra la potente formación secundarioterciaria posthercínica, arrollándola y originando así a veces corrimientos de detalle de componente general Sur. Al removerse y replegarse el conjunto posthercínico, ha dado el carácter tectónico especial a estas zonas de cumbres del Pirineo Central de Huesca (1).

Así, pues, existen aquí, tectónicamente consideradas, dos masas sedimentarias fundamentales; una, autóctona, enraizada y unida sin discontinuidad con el substrato profundo; otra, alóctona, o sea que se ha desprendido de sus cimientos y que, deslizándose, avanzó de N. a S. Al primer conjunto corresponde la formación secundarioterciaria; al segundo, la paleozoica-granítica, si bien estos últimos materiales y, en zonas profundas, puedan ser autóctonos y soportar sobre ellos masas corridas del mismo conjunto, que han rebasado hacia el S. a tal cimiento estable. El contacto entre la zona corrida y la estable está marcado por el Permotriás, que ha favorecido por su plasticidad el movimiento.

Debido a tal fenómeno y durante la orogenia Pirenaica, y muy probablemente en su primera fase, todo el conjunto Cretácea-Eoceno (Campaniense - Maestrichtiense y Luteciense - Bartonense), se plegó aparatadamente, y cubriendo en ocasiones al conjunto hercínico, lo rebasó en altura, al formar sobre él una cobertera.

Tal masa, tan intensamente plegada, forma en el macizo pirenaico de que tratamos, las cumbres de Las Tres Sorores, que alcanzan en el Monte Perdido los 3.352 m. de altitud.

La compleja y típica tectónica de la cordillera pirenaica se continúa hacia Occidente, hasta alcanzar el país vasco, el cual, en sus zonas orientales, es la prolongación natural, hacia Occidente, del Pirineo, orográfica y tectónicamente considerado. Pero estas montañas pierden el carácter agreste que ofrecían en los macizos centrales pirenaicos, siendo sustituidas las escarpadas cimas y los profundos circos excavados por los hielos cuaternarios, por un relieve mucho más armonioso y suave, si bien no exento de acentuados desniveles. Hemos dejado lo áspero y bravío para entrar en un país más dulce, menos hos-

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.) y VIDAL BOX (C.): «La tectónica y la morfología del Monte Perdido y de las zonas de cumbres inmediatas en el Pirineo Central». *Estudios Pirenaicos*, núm. 4, julio-diciembre. Zaragoza, 1946.

til, en la «charme bosque», como acertadamente lo denominó LAMARE (2).

En estas zonas se ha podido comprobar que la especial estructura que las montañas ofrecen, es debido en gran parte a las reacciones que el zócalo ha ejercido sobre los conjuntos más superficiales que los cubren, dando origen a la cobertera secundaria.

Se descubren aquí pliegues profundos y amplios que afectan a los cimientos de las antiguas formaciones, ya consolidadas y plegadas por anteriores fases tectónicas. Tales pliegues determinan en la cobertera deformaciones que dan origen a plegamientos o a dislocaciones, según la potencia y plasticidad de sus rocas.

Pueden y deben considerarse los límites entre Navarra y Guipúzcoa, como zonas de tránsito de las características tectónicas del país. Hacia el E. queda la cordillera pirenaica, con sus unidades estructurales, montañas marginales, depresión intermedia, prepirineo y zona Axial.

En el dominio vascocantábrico, el Pirineo se modifica sensiblemente, de tal modo que rebasando el Pico de Anie se entra ya en otro tipo estructural. Persiste la zona axial paleozoica, aquí representada por los macizos de Roncesvalles, Laz y Quinto Real. Más hacia el W., tal zona axial paleozoica desaparece al hundirse hacia el W y NW. bajo la cobertera secundaria, abismándose después, muy probablemente, bajo las aguas del Cantábrico. Ha desaparecido, pues, el Pirineo por la inflexión tectónica de su zona axial, originándose así la depresión vasco, y va a comenzar la Cordillera cantábrica, que se va a alzar hacia Occidente, dando origen a otra importante alineación orográfica tectónica.

En Navarra, la masa hercínica axial del Pirineo, hacia Roncesvalles, ha actuado directamente desplazándose hacia el Sur y ha dado origen a una serie de plegamientos paralelos, que, a manera de oleadas tectónicas, se extienden hacia el Mediodía (1). Pero es aquí difícil separar las alineaciones que forman el Prepirineo de las montañas marginales. No obstante, las sierras de Leire, Navascués y otras deberían, en conjunto, ser consideradas como Prepirineo. Al S., las alineaciones son menos notorias, por ello puede decirse que las sierras externas en estas zonas no forman una clara unidad, ni estructural ni orográficamente.

---

(2) LAMARE (P.): «Recherches géologiques dans les Pyrenés basques d'Espagne». *Mem. Soc. Geol. France. N. S.*, tomo XII, número 2. París, 1936.

(1) LLOPIS LLADÓ (N.): «Sobre la estructura de Navarra y los enlaces occidentales de Pirineos». *Miscelánea Almera* (primera parte), volumen VII, Pub. Inst. Geol. Barcelona, 1945.

La separación del Prepirineo y de los relieves meridionales es poco marcada, pasándose de una zona a otra por tránsitos insensibles, más marcados por el carácter geológico de los sedimentos que por la arquitectura tectónica.

El conjunto de estas alineaciones navarras ofrece un cierto estilo isoclinal jurásico, con vergencia meridional, alineándose los valles paralelamente a los plegamientos, existiendo marcada concordancia entre el relieve y la tectónica. Nótanse a veces imbricaciones y superposiciones de escarpes, que se acentúan hacia el contacto con las zonas axiales; pero sin llegar nunca a la exaltación tectónica de las zonas de los Altos Pirineos.

Por todo lo expuesto, se deduce que los Pirineos se han formado debido a una serie de fases tectónicas, habiendo cada una dado sus características especiales a estas montañas; por ello, puede considerarse al Pirineo como cordillera integrada por una serie de ciclos orogenéticos superpuestos como indica CUETO y RUIZ DÍAZ (1).

La fase fundamental de tal tectónica hercínica ha sido hacia las zonas orientales, la Sudética, acaecida entre el Carbonífero inferior y el medio, en el resto de la cadena domina la fase Astúrica que sucedió entre el Carbonífero superior y el Stefaniense. A tales fases siguen otros movimientos que podemos considerarlos como réplicas, destacando los de la fase Saálica, del Pérmico inferior, que es fundamentalmente epirogenética.

En el secundario se reconocen fenómenos epirogenéticos en el mesocretáceo debidos a las fases Paleo-Alpídica y Vástrica, tanto hacia el Cinca, como en Navarra, dadas a conocer por MISCH (2).

En el Eoceno medio o superior y en el Oligoceno inferior, tienen lugar las fases orogenéticas fundamentales; o sea, las Pirenaicas, así como la Sávica, entre Oligoceno y Mioceno, dando origen a los grandes depósitos de conglomerados. Como fases postumas puede admitirse la Estaírica, intramiocena.

Estas fases parece se han sucedido desde la zona axial hacia la periferia.

*La depresión vasca.*—En el país que se ha denominado Depresión vasca (3), la zona axial pirenaica se aplanan, se ensancha y desaparece hacia el W. y NW., como ya hemos indicado,

---

(1) CUETO Y RUIZ DÍAZ (E.): «Nota acerca de la posición de los Pirineos en el Sistema Alpino». *Las Ciencias*, año VIII, núm. 3. Madrid, 1943.

(2) MISCH (P.): «Der Bau der mittleren Sudpyrenäen. *Abh. Gess. Wiss. Göttingen. Math. Phys. Kl.* 3. F. H. 12. N.º 13. Barlin, 1934.

(3) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): «Ensayo de síntesis geológica del Norte de la Península Ibérica. *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Geol.* Número 3. Madrid, 1912.

quedando al fin cubierta y oculta por los materiales secundarior terciarios, que vienen a formar así una cobertera.

La sencilla y clara estructura del Pirineo aragonés se difumina y pierde. Aquí no existe barrera áspera y bravía, sino relieves embotados en los que se han fraguado valles profundos por epigenia, dando ello origen a un país laberíntico y quebrado.

Las zonas morfoestructurales son varias y complejas, a lo que es debida la diversidad y belleza de estas tierras guipuzcoanas.

Destacan hacia el E. y NE. los macizos paleozoicos de Haya-La Rhune, Cinco Villas y Quinto Real, que dan lugar a verdaderos interpaíses. Contra ellos, y fundamentalmente contra el de Cinco Villas, vino a chocar el conjunto mesoter terciario, situado hacia el S., desde las zonas meridionales formadas por la sierra de Aralar. Tal masa, que verge al N., ha dado origen, en el contacto con el macizo hercínico, a una zona de violento diatrofismo (zona de los milonitos), fracturada e intensamente metamorfozada por fenómenos mecánicos, en la que se destaca la zona de mármoles; más hacia el S. quedan las superposiciones y fracturas, íntimamente relacionadas con fenómenos muy interesantes de diapirismo e hidrogeológicos (1).

Ha cesado el dominio de los plegamientos de tipo Alpídico, no teniendo en cuenta las zonas axiales, y se ha entrado en otro, que ofrece ya características sajónicas, propias de una cobertera que descansa y se comprime, contra un viejo país hercínico consolidado.

Pudiera indicarse que estas zonas vascas dan origen a un segmento de la cadena pirenaica —el occidental—, donde los terrenos paleozoicos axiales ocupan un lugar menos preponderante que en el resto de la cordillera, apareciendo ya éstos bajo la forma de macizos avanzados, los cuales constituyen los homólogos de los macizos satélites de las zonas norpirenaicas. A tales núcleos paleozoicos es debida la especial estructura, hasta cierto punto, de estas comarcas.

### CORDILLERA CANTÁBRICA

*Zona oriental.*—El país vasco occidental nos ofrece, en general, un tipo de tectónica intermedia entre el típicamente de plegamientos o Alpídico y el de roturas verticales o Germánicos y que pudiéramos calificar como régimen Sajónico, de gran interés por sus relaciones respecto a los diversos problemas hidrológicos que el país nos ofrece. Más allá, hacia el W., se inicia la Cordillera cantábrica. En estas comarcas aun el nú-

---

(1) LAMARE (P.): Obra citada.

mero axial no se manifiesta. Sólo la zona Alpídica o de cobertera es la que forma el terreno, siendo su estudio el que nos permite interpretar las características tectónicas de la región.

Hacia aquí, ya por tierras montañosas, vienen a coincidir, y hasta cierto modo a fundirse, dos tectónicas, de rasgos diferentes, la de tipo Ibérico y la Pirenaica, si bien esta última ya degenerada. Da la de tipo Ibérico origen a formas muy uniformes, la Pirenaica es mucho más compleja y variada, resultando de todo ello un país de gran variedad (1).

Hacia el S. dominan alineaciones anticlinales muy simétricas, que se complican bastante hacia los Montes Obarenes (2 y 3). Hacia el N. se extiende amplia estructura monoclinal. Ambos sistemas quedan separados por una zona deprimida y un largo anticlinal que se cierra periclinalmente.

En tal país, contacto de las provincias de Santander, Burgos y Vizcaya, es donde la formación del Cretáceo se presenta más completa y con mayor potencia, siendo monótonas las zonas inferiores wealdicas y mucho más variadas las superiores, que ofrece gran riqueza de conjuntos litológicos. Sobre el Cretáceo descansa el Eoceno, que, a su vez, soporta a masas importantes de conglomerados de base oligocenos.

Fenómenos diapíricos han hecho surgir a través del Cretáceo, y, anormalmente, a las arcillas del Keuper, acompañadas a veces por rocas eruptivas ofíticas.

El eje tectónico de este país queda integrado por una gran depresión sinclinal, arrumbada de SE. a NE., dando origen a las cuencas de Villarcayo, Medina de Pomar y Mijaraluenga, en las que el Eoceno y Oligoceno aparecen conjuntamente plegados.

Tales depresiones quedan rodeadas por anticlinales bastante pronunciadas y simétricas, cuyos flancos fundamentalmente aparecen constituídos por el Cretáceo superior, asomando el Wealdico en sus charnelas. Ambas formas tectónicas se cierran periclinalmente.

Más hacia el S., el Cretáceo, cada vez plegado más violentamente, da origen a acentuados trastornos y cabalgamientos, que vergen hacia el SW. y S.

El anticlinal de Medina de Pomar, está hendido por una falla

---

(1) RÍOS (J. M.), ALMELA (A.) y GARRIDO (J.): «Contribución al conocimiento de la Geología cantábrica». *Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, tomo LVIII, 18.º de la tercera serie. Madrid, 1945.

(2) SCHRIEL (W.): «Die Sierra de la Demanda und die Montes Obarenes». *Beitrag. zur Geol. des West. Medit.*, número 4. *Abh. der Ges. der Wiss. zu Gottingen*, Berlín, 1930.

(3) ARANEGUI (P.): «Los montes Obarenes». *Asoc. Española Prog. Cienc. Congreso de Cádiz*. Tomo VI. Cienc. Nat. Madrid, 1928.

importante que sigue casi todo su flanco N., dando lugar al valle de Golea, zona donde se inician tipos morfológicos muy destacados, debido a las diferentes consistencias y rigidez de los conjuntos litológicos, que dan origen a fuertes desniveles, como los de Oteo y los de La Lasa, Mena y Orduña, que hacen aparecer, bajo el Cretáceo superior y medio, al Wealdico, que muestra un régimen tectónico de gran violencia; ya cerca de Bilbao, aparecen de nuevo los conjuntos litológicos del Cretáceo superior.

En tal país comenzó la fase orogenética, al finalizar los tiempos cretácicos, dando origen a un ligero abombamiento del futuro anticlinal de Lalastra-Sobrón. Al final del Eoceno, otra débil fase orogenética determina un ciclo de intensa erosión, que da origen a los conglomerados oligocenos, siendo al final de tal período cuando ocurren las fases tectónicas más intensas, dando origen a los pliegues anticlinales de las sierras de Telsa y de Lalastra-Sobrón, y a los sinclinales de las depresiones de Villarcayo-Medina-Tobalinilla. Más hacia el NE., el Cretáceo y Eoceno se pliegan violentamente, y lo mismo sucede hacia el Suroeste con arrumbamientos generales de SE. a NW.

Existen, como se indicó, en estas zonas fenómenos curiosos y típicos de diapirismo, que no están relacionados con líneas de rotura; pero sí quedan localizados a lo largo de una zona de mínima resistencia.

Toda esta arquitectura se la supone descansando sobre el Triásico (Keuper), masa plástica que aísla la cobertera del basamento paleozoico hercínico. Se trata, pues, de un país de tectónica, en general, muy sencilla, en el que dominan masas litológicas no plásticas y que, en líneas generales, nos ofrece el rasgo de amplios plegamientos de tipo Jurásico, afectados longitudinalmente por fallas importantes que dan fundamental carácter a estas montañas.

*Tectónica del valle del Besaya.*—Más hacia Occidente he tenido ocasión de estudiar un país de características diferentes, y en donde los conjuntos litológicos dominantes son los rígidos y de gran potencia. Se trata del río Besaya en sus zonas de cabecera y valle medio.

Domina en la zona estudiada, casi en absoluto, la formación secundaria que se inicia en las areniscas triásicas del Bunter y termina en el Cretáceo inferior Urgoaptiense calizo.

Alternan en estas montañas los elementos plásticos, tales como las arcillas del Keuper y margas del Lías medio, con los conjuntos rígidos del Bunter, calizas marmóreas del Lías, areniscas wealdicas y las calizas urgaptienses del Cretáceo inferior.

El substrato profundo está constituido por el Paleozoico, sobre el cual descansan las areniscas triásicas; o mejor aún, el complejo Permotrias. Tal Paleozoico emerge en el límite sur de

la zona estudiada, dando origen a la Sierra Calva, formada por calizas carboníferas del Dinantiense, que se ponen en contacto anormal, con el conjunto secundario, mediante importantes fallas.

En todo este segmento del alto y medio Besaya, y muy particularmente, desde Bárcena de Pie Concha, hasta la alineación de calizas carboníferas, domina en absoluto un régimen típicamente sajónico, en el que un gran número de fallas paralelas (1) individualizan a gran número de bloques que se han removido independientemente los unos respecto a los otros. A veces, en los contactos de estos bloques y siguiendo los planos de falla, surgen aquí y allá las arcillas de Keuper, dando origen a fenómenos diapíricos, más o menos claros y relacionados a veces con emisiones de ofita.

Muy probablemente, la alternancia de los diferentes conjuntos litológicos, de plasticidad muy diferente, ha determinado tal tipo de tectónica, que se ha visto favorecida con la presencia de las arcillas triásicas.

El basamento hercínico obró en este caso, sin duda, como masa rígida, quizá afectada por amplios pliegues de fondo, zona a la que también debieron afectar las fracturas que rompen la continuidad de la cobertera secundaria, pues ya hemos indicado que el contacto entre las calizas dinantienses y el conjunto secundario se efectúa mediante grandes fallas, a las que deben subordinarse otras secundarias, más o menos paralelas, dando así origen a una zona fracturada, orientada en general, de E. a W., íntimamente relacionada con los manantiales termales de Caldas de Besaya y de Puente Viesgo, situado algo más al W.; fracturas de las que nos volveremos a ocupar por el gran interés que tienen en relación con la hidrogeología termal de estas zonas cantábricas que hasta la época actual siguen afectadas por movimientos de descompresión.

*Las montañas de Reinosa.*—A partir de las montañas de Reinosa y hacia el W., la cordillera cantábrica está fundamentalmente constituida por grandes conjuntos del Paleozoico, que es necesario tener en cuenta para hacerse cargo de la estructura de la cordillera, pues tales zonas influyeron mucho en el tipo orogenético de la misma, al ser afectadas por los fenómenos tectónicos pirenaicos.

De cómo está plegado el zócalo hercínico y la cobertera posthercínica en esta comarca, comprendida entre Reinosa y Cervera del Río Pisuerga, nos puede dar idea el estudio geo-

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): «Estudio geológico y fisiográfico del Valle Alto y Medio del río Besaya». *Fan. del Mus. Nac. de Cienc. Nat.* Madrid, 1941.

lógico que de tales zonas hice en 1943 (1), aprovechando datos de KABREMBERG (2), así como también siguiendo los trabajos de QUIRINC (H.) (3) y CIRY (4).

Aquí, en el Paleozoico, formado por el Carbonífero de Barruelo, una serie de pliegues, con vergencia hacia el S., se suceden en régimen más o menos imbricado, hasta quedar cubiertos por las potentes masas de areniscas arcillosas del Triásico y el resto de las series triásica y jurásica que se superponen a tales materiales y que forman las sierras de Híjar, la de los puertos de Seijos y valle de Campó de Suso.

La diferencia estructural entre el conjunto hercínico, el posthercínico y la cobertera secundaria, no puede ser más marcada, pues el primer conjunto se ofrece intensamente replegado, dando origen a régimen isoclinal diferenciado en un conjunto sucesivo de escamas. En el posthercínico, los pliegues son más amplios y seguidos, existiendo entre ambas formaciones patente discordancia tectónica, debido a la fase Astúrica. La cobertera secundaria, finalmente, debido a movimientos epirogénicos, no bien determinados, que se suceden a lo largo de los tiempos permosecundarios y que dan origen a discordancias tectónicas y a las fases tectónicas Prepirenaica y Pirenaica, se fractura en típico régimen sajónico, como tuve ocasión de comprobar al estudiar estas montañas.

*El macizo de los Picos de Europa.*—Más hacia Occidente, pasado el puerto de Piedras Luengas, se alza, al N. de la cordillera, el macizo de los Picos de Europa, formado por colosal mole caliza del Carbonífero inferior o calizas de montaña dinantienses.

Queda este macizo fuera, pues, de la zona axial, tanto tectónica como orográficamente considerado; pero, pese a ello, es donde se alcanzan las mayores culminaciones del sistema, sin que por ello dé lugar a la divisoria de aguas.

Respecto a la estructura y formación de este macizo publiqué un trabajo, no ha mucho (5), en el que sintéticamente se expone la génesis de los Picos de Europa.

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): «Fisiografía, geología y glaciario cuaternario de las montañas de Reinosa. *Mem. de la Real Acad. de Cienc. Exact. Fis. y Nat.* Tomo X. Madrid, 1944.

(2) KARREMBERG (F.): «Das Ausklingen der Pyrenäen faltung im östlichen Asturien». *Neven Jahrbuch für Min. etc.* Beil B. d. 74. Berlín, 1935.

(3) QUIRING (H.): «Die ostasturische Steim-Kohlen beken. *Archiv für Lagerstättenforschung.* Heft 69. *Preussische Geologische Landesanstalt.* Berlín, 1939.

(4) CIRY (R.): «Etude Géologique d'une partie des Pyrénées de Burgos, Palencia, León et Santander». Tesis doctoral. Toulouse, 1940.

(L.): «C. R. Soc. Geol. de France», II p. 39. Paris. 1936. *Acad. de Scien.* p. 149-187-987. Paris, 1938.

(5) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): «Nueva hipótesis de la formación de los Picos de Europa». *Rev. Invest. y Progreso*, año XV, págs. 215-227. Madrid, 1944.

Entre la verdadera cordillera y los Picos se interponen una serie de depresiones. La Liébana, hacia el E.; Valdeón, en el centro, y la depresión del Oseja de Sajambre, hacia Occidente. Por el N. quedan también aislados de la Sierra de Cuera, por la larga depresión erosivotectónica que pudiéramos denominar de Arenas de Cabrales.

Todo el conjunto se inclina, en general, hacia el N., estando integrado por tres formidables escamas que vergen hacia el Sur, presentando en esta dirección un alto y escarpado frente, que es, sin duda, el accidente tectónico debido a la falla más importante de la Península.

La anomalía de este macizo, tanto tectónica como orográficamente, puede ser explicada teniendo en cuenta su extraordinaria potencia, superior, en conjunto, a los 1.500 metros, y su gran rigidez.

La fase tectónica hercínica, en su fase Astúrica, afectó a estas zonas, plegando a los conjuntos plásticos, fundamentalmente pizarrosos. Los rígidos, además de plegarse débilmente, se fracturan, según dirección, de NW. a SE.

Posteriormente, este conjunto hercínico se hunde y desarticula debido a los fenómenos de descompresión posthercínicos, siendo después afectado por la tectónica pirenaica. En estas primeras fases que actúan, en general de S. a N., remueven acentuadamente las moles calizas del carbonífero de los Picos, replegándose, por el contrario, muy acentuadamente los conjuntos plásticos. Seguidamente, y debidos a fenómenos de descompresión postalpinos, se acentúan las depresiones tectónicas meridionales. Al finalizar todos estos fenómenos, el macizo de los Picos ha dado origen a un conjunto imbricado, formado por tres grandes unidades, que, en parte, se superponen y que dejan entre sí depresiones secundarias, ocupadas por materiales carboníferos, superiores a las calizas dinantienses, destacando la gran mole caliza al N. de la cordillera cantábrica, y sobresaliendo de las depresiones que la limitan, fundamentalmente por el S. y por el N.

Los Picos de Europa son, pues, un ejemplo magnífico de tectónica regional por diferenciación plástica de los grandes conjuntos litológicos calizos y pizarrosos de tan diferentes condiciones de rigidez.

*Zona Occidental de la Cantábrica.*—P. GROSCH (1) se ocupó también de la orogénesis de la Cordillera cantábrica en sus zo-

---

(1) GROSCH (P.): «Zur Kur Kenntuis des Paläozoicums und des Gebirgsbaues der Westlichen Cantabrischen Ketten in Asturien 'Nord-Spanien'. *Neue Jahrbuch für min. Geol. und Paläon Beilage*. Band. XXXIII. Stuttgart, 1912.

nas occidentales, donde ya el Paleozoico, fundamentalmente, constituye el gran relieve orográfico.

Señala este autor que la cordillera se ha formado debido, esencialmente, a dos fases orogénicas intensas. Una tuvo lugar al finalizar el Paleozoico, fase que plegó al país de Este a Oeste; el segundo período, decisivo para la morfología de estas montañas, se inició a fines del Eoceno y dió origen a los pliegues dirigidos de N. a S. Se admiten, además, otras fases secundarias, denunciadas por la presencia de niveles de conglomerado de base.

Los sedimentos más afectados son las pizarras y las cuarcitas del Silúrico inferior.

Estas sencillas ideas de GROSCH fueron, posteriormente, ampliadas por KEGUEL (1) y también por KARREMBERG (2), y fundamentalmente, en las zonas occidentales, por las notas publicadas por COMPTE (3), que estudió la estructura y los movimientos orogénicos al S. de la cordillera por tierras de León.

Indica KEGUEL, al ocuparse del conjunto hercínico, que en las Asturias Centrales hay indicios de fases orogénicas Caledonianas, fundamentándose para ello en la ausencia de depósitos en la serie silúrica. Así, las pizarras de Luarca, que corresponden al Ordoviciense superior y que alcanzan centenares de metros de potencia en las zonas occidentales de Asturias, faltan o quedan reducidas a espesores mínimos en las comarcas centrales. Como tales sedimentos son de tipo batial y se debieron depositar en una cuenca marina que debió rebasar ampliamente las zonas hoy ocupadas por estas pizarras, no es posible explicar tal fenómeno, de ausencia de depósito, por interrupción en la serie sedimentaria, sino por un proceso de intensa erosión durante el Gotlándico, teniendo, pues, que admitirse una fase orogénica que haría que los indicados fenómenos alcanzasen a niveles de varios centenares de metros de hondura, proceso que debió ocurrir al final del Ordoviciense o en el Llandóvery, pero sin que por ahora se pueda precisar más. Hay que indicar que no se han observado discordancias acentuadas, que tampoco indicarían gran cosa, teniendo en cuenta la extraordinaria diferencia plástica de los conjuntos litológicos y los efectos de la posterior tectónica alpina. Pero, teniendo en cuenta el intenso fenómeno erosivo anteriormente indicado, hay que admitir, según KEGUEL, movimientos de la fase tató-

---

(1) KEGUEL (W.): «Das Gotlandium in den Kantabrischen Ketten Nordspaniens. *Zeitschr. der Deutsch Geolog. Ges.*, Fas. 1-2. 1929.

(2) KARREMBERG (H.): «Das Ausktingen der Pyrenäenfaltong un östlichen Asturien». *Neven. Jahrbuch für Min.* etc. Beil. Bd. 74. Berlin, 1935.

(3) COMPTE (P.): C. R. des Scien. de l'Acad. Tomo 208, pág. 1.660. Paris, 1939. C. R. des Scien. de l'Acad. Tomo 208, pág. 2.002. Paris, 1939.

nica acaecidos entre el Ordoviciense y el Gotlandiense, y que quedarían localizados en el conjunto Caledónico.

Otra fase tectónica, igualmente caledoniana, es admitida también por este autor entre el Gotlandiense superior y el Devónico inferior, que representaría a la fase Bretónica o segunda fase Caledoniana, y que estaría indicada tanto por la evolución y cambio de facies que sufre el conjunto sedimentario, pues los depósitos uniformes y de típica facies marina de las pizarras de Bernesga, formadas durante la transgresión del Llandóvery del Ordoviciense medio, pasan a los estratos de areniscas de Villasimpliz, debidos éstos a una época regresiva durante el Taranón del Gotlándico inferior. A estos materiales se sobreponen pizarras arcillosas muy uniformes, indicios de un nuevo ahondamiento de la cuenca sedimentaria marina.

A partir de este nivel, el conjunto sedimentario falta, laguna estratigráfica que comprende al gotlandiense superior y a amplias zonas del Devónico inferior. El proceso es, pues, muy semejante al caso anterior, pues las masas devónicas, que debieron sedimentarse en una amplia cuenca, han desaparecido casi en absoluto, conservándose sólo en las Asturias centrales.

Hay indicios también de discordancias en el litoral inmediato a Cabo Vidrias, donde las cuarcitas y las pizarras que a ellas se superponen ofrecen buzamiento muy diferente a las de las calizas del devónico; pero el contacto entre ambos conjuntos no se ofrece claro, debido a que en estas zonas lo enmascaran derrubios y masas pizarrosas.

Puede, pues, deducirse que al menos el país cantábrico, durante la fase caledoniana, emergió en varias ocasiones, pero tal fenómeno fué debido más bien a movimientos epirogénicos y no a fases típicamente orogénicas.

La zona meridional de la cordillera cantábrica, en sus zonas centrales, está estudiada por COMPTÉ. En tal región existe una serie de cuencas carboníferas estefanienses alargadas, en general, de E. a W. Tales depósitos consisten en pizarras y areniscas con lechos de hulla, a veces muy potentes. La formación se inicia por un conglomerado de base.

Los terrenos de tal cuenca han sido muy intensamente plegados en la fase pirenaica, observándose una clara discordancia entre el conjunto paleozoico inferior y este Carbonífero superior.

Las cuencas están estructuralmente formadas por pliegues isoclinales, que aumentan de tamaño hacia el exterior, estando los planos axiales de los mismos inclinados hacia el S., observándose, no obstante, vergencias a veces septentrionales. Todas las cuencas quedan limitadas al S. por una gran falla, inclinada en esta dirección, que ace que el Estefaniense venga

a ponerse en contacto con el Devónico medio e inferior. Tal accidente da origen a un gran desnivel tectónico, que casi no se aprecia en el terreno cretáceo.

Se han observado también desplazamientos transversales, que han afectado a estos terrenos en dirección contraria a la disposición tectónica de sus formaciones, fenómeno que afecta asimismo a los terrenos cretáceos.

El secundario es de características transgresivas, y comienza, según las zonas, por el Cenomanense, Turonense o Cenomanense inferior, aflorando en el borde S. de la cordillera, a lo largo de una depresión periférica.

Los afloramientos paleozoicos, en su límite meridional, se levantan hasta la vertical, y aun en determinadas zonas aparecen volcados, lo que también ha sido indicado por CIRY (1).

Cuando el Cretáceo se superpone al Estefaniense, queda menos plegado, pero los arrumbamientos son muy semejantes, fenómeno que es general en todas las cuencas.

La orogénesis paroxismal tuvo lugar a finales del Wetfaliense, es decir, es de fase astúrica, siendo de esta época la formación del gran arco hercínico o «rodilla asturiana», que trazan las formaciones paleozoicas por Galicia, Asturias y León.

La concavidad, como es sabido, está vuelta hacia el E. y el NE, habiendo actuado los empujes en tal dirección, motivando en tal región una estructura típica de escamas, con cabalgamientos dirigidos hacia el interior de la cordillera.

Posteriormente, antes de depositarse el Estefaniense, todo el edificio orogénico fué derruido y transformado, en parte, en penillanura, sufriendo seguidamente, pasado tal período y antes del Cenomanense, toda la zona occidental de la cadena una emersión casi continua. Tal masa de tierras, durante el Pérmico, fué afectada por fenómenos tectónicos epirogénicos, muy diferentes, por tanto, a los anteriores, siendo, en general, difícil separarlos de los posteriores, que corresponden a los movimientos pirenaicos, pues ambos actuaron en la misma dirección.

De todos modos la falla, que limita por el S. a las cuencas de Sabero y Matallana, así como determinados plegamientos que han afectado a las cuencas carboníferas estefanienses, se originaron antes del Cenomanense.

La disposición del cretáceo, tanto en estas zonas, como hacia Oviedo y regiones orientales de la cordillera, indican que los movimientos pirenaicos son debidos a empujes de conjunto hacia el S., siendo ellos los que explican las acciones transversales, fuertemente acusadas por el conjunto hercínico.

---

(1) CIRY (R.): *C. R. Soc. Geol. de France*, II, pág. 39, 1936, y *Comp. Rendu. Acad. de Sic. de Paris*, 149, 187, 987, año 1938.

Los movimientos pirenaicos han tenido lugar en el N. de León en sentido ortogonal a los movimientos astúricos, y a ellas es debido, en gran parte, el plegamiento sufrido por las cuencas hulleras estefanienses.

El movimiento pirenaico dió origen también a la disminución de la anchura de las formaciones que formaban la cordillera, contribuyendo tal fenómeno, al comprimir al conjunto hercínico, al aumento de la curvatura de la rodilla asturiana, lo que dió origen a tensiones oblicuas.

También pueden explicarse por tales empujes, los desplazamientos transversales que determinaron las flexiones de las escamas, que caracterizan tectónicamente al conjunto hercínico.

Los estudios geológicos en estas zonas hercínicas (1) son relativamente fáciles por presentarse las formaciones paleozoicas sin metamorfizar, siendo en ellas relativamente frecuentes y ricos los yacimientos fosilíferos, pudiendo así ser reconocidos con seguridad, incluso sedimentos precámbricos.

Han sido también favorecidas las investigaciones en estas zonas por la acción erosiva de los ríos, que cortan, de N. a S., a los conjuntos sedimentarios, que dan origen a una especial estructura de escamas que presentan sus bases dirigidas hacia el interior de la cordillera, y que muy frecuentemente aparecen volcados hacia el S., dominando en tal conjunto las formas de gran flexibilidad.

Las escamas pueden ser seguidas sin discontinuidad en recorridos de hasta 60 kilómetros, siendo la dirección más corriente la de E. a W., pero no dejan de ser frecuentes los cambios de dirección bruscos debidos a desplazamientos horizontales como las doblan en ángulo recto, lo que denuncia las intensas acciones tectónicas pirenaicas, como ya se ha indicado, pero que no llegan nunca a dar origen a verdaderos desenganches laterales, pues domina siempre, como se ha dicho, el estilo de gran flexibilidad.

Por el estudio de las fases orogénicas que afectaron al Estefaniense y al Cretáceo, que sigue la depresión periférica meridional de la cordillera, se deduce que la arquitectura general del conjunto hercínico es debida a las acciones combinadas de varios movimientos, que se han venido sucediendo a partir de la fase astúrica, que es la que dió el carácter fundamental al zócalo hercínico cantábrico.

#### LAS CATALÁNIDAS

*Rasgos tectónicos de este sistema orográfico.*—El sistema

---

(1) COMPTE (P.): *C. R. de l'Acad. de Scien.*, tomo 208, pág. 2.008, París, 1939.

orográfico costero catalán y la sierra de Levante, o sea, las Catalánidas, tectónicamente consideradas, dan origen morfológicamente al borde oriental de la depresión del Ebro, según E. HERNÁNDEZ-PACHECO (1), pero estructuralmente deben ampliarse más hacia el SW., según N. LLOPIS LLADÓ (2), hasta rebasar el Ebro y entrar en la depresión valenciana.

Estas montañas están también estructuralmente enlazadas con el Pirineo y la Ibérica, debiendo, pues, como indica el último profesor citado, considerarlas como un sistema transversal ibero-pirenaico.

Dan origen en su conjunto a un gran anticlinal o, mejor, anticlinorio, debido a un potente pliegue de fondo (3), cuyo núcleo está formado por una masa batolítica de granito, rodeada de potente aureola metamórfica del paleozoico inferior. Tal conjunto es hercínico, habiendo sido, en el espacio de tiempo transcurrido desde el Carbonífero medio hasta el Triásico, intensamente atacado por ciclos sucesivos de erosión, que lo redujeron, al arrasarlo, al estado de penillanura.

La dirección general de estas montañas es hacia el NE., quedando separadas entre sí por distintas áreas deprimidas, que corren paralelas a las mismas.

El zócalo paleozoico, del que ya hemos hecho mención, constituye las paleocatalánidas, que no parecen haber tenido intervención en la tectónica alpina, pues obró como masa pasiva, pero sí dió origen a antepaíses locales, que indirectamente influyeron en la estructura alpídica posterior de este sistema orográfico.

Se admite incluso, como ya se ha indicado al tratar del conjunto hercínico peninsular, que estas zonas bien pudieran haber sido afectadas por una fase tectónica anterior, o al menos que aquí, antes de iniciarse la fase orogenética hercínica, existieran ya masas continentales emergidas, pues se aprecia existe discordancia entre las formaciones del Carbonífero inferior, Culm y los materiales silúricos (4), siendo el citado carbonífero, transgresivo sobre el Silúrico, pues los sedimentos de aquél se inician a veces por masas de conglomerados, como puede observarse en las cercanías de Pineda. Tal discordancia y trans-

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): «Síntesis fisiográfica y geológica de España». *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. Ser. Geol.*, número 38. Madrid, 1934.

(2) LLOPIS LLADÓ (N.): «Contribución al conocimiento morfoestructural de las Catalánidas». *Pub. C. S. I. C.* Barcelona, 1945.

(3) SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.): «Resumen geológico geognóstico de la Costa Brava». *Asoc. Esp. para el Prog. de las Cienc.* Congreso de Lisboa. Madrid, 1932.

(4) SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.): «Resumen geológico tectónico de la Sierra de Levante de la provincia de Barcelona». *Mem. de la R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XV. Madrid, 1929.

gresión nos indica la existencia de un plegamiento o, al menos, de una emersión continental de edad neocaledoniana, de cuyo desarrollo e intensidad bien poco puede decirse, debido al avanzadísimo estado de arrasamiento alcanzado por tan antiguísimas masas de tierras.

Pasadas las fases orogenéticas paleozoicas y el período de degradación de las montañas hercínicas, comenzaron los tiempos secundarios, que se inician al ser invadida la vieja superficie de arrasamiento paleozoica, por la transgresión triásica. Quizá también se depositasen sobre tales materiales sedimentos cretáceos, pero éstos han desaparecido posteriormente por erosión.

Después de un período de relativa tranquilidad orogénica, esta zona, ya plegada en el hercínico y quizá con raíces muy profundas caledonianas, comenzó a ser afectada por los fenómenos orogenéticos pirenaicoalpinos, que se desarrollaron en dos fases: la pirenaica eocena y la alpina miocena; pero, en sentido orográfico, el dominio tectónico es fundamentalmente hercínico, destacando en estas montañas los macizos del Tibidabo y de Vallvidriera, paleozoicos que ofrecen rasgos geológicos sumamente complejos (1).

Las formaciones, a partir del Trías, se arrumban hacia el NNW., buzando hacia el WSW., salvo variaciones de detalle.

La discordancia tectónica entre el Infracretáceo y el Triásico, puede ser interpretada como debida a una emersión, relacionada con los movimientos kiméricos, que determinaron la laguna estratigráfica jurásica.

El Terciario se inicia con el oligoceno, estando sus sedimentos formados por masas de conglomerados, margas y arcillas rojizas, conjunto que descansa con marcada discordancia sobre las anteriores formaciones, demostrando ello la existencia de los movimientos pirenaicos, iniciados al comienzo del Eoceno, y que, continuando, se acentuaron al final de tal período, siendo ellos los que dejan marcada huella en la orogenia terciaria de estas montañas.

A partir de esta época, se inicia el proceso del hundimiento del edificio orogénico, lo que explica el carácter transgresivo de las formaciones miocenas que descansan discordantemente sobre el Oligoceno inferior, señalándose así, de modo indudable, los movimientos acaecidos entre el Oligoceno y el Vindoboniense, que inician la fase orogenética típicamente alpina, y que da lugar a los grandes pliegues dirigidos de NE. a SW.,

---

(1) Inst. Geol y Minero de España: Mapa Geol. a escala 1:50.000. Explicación de la Hoja núm. 394. Calalla. Madrid, 1941. Idem idem Hoja número 421, Barcelona. Madrid, 1928.

con buzamientos muy generales de las formaciones hacia el Noroeste y Sureste.

Los fenómenos de hundimiento se acentúan en el Mioceno, época en la que se originan las cuencas del Vallés y Panadés, donde se pone de manifiesto las grandes fracturas que afectan al país, en particular una gran falla de unos 50 kilómetros de recorrido, ya observada por ALMERA (1).

El Mioceno superior es regresivo, superponiéndose sus depósitos continentales a los marinos del Helveciense y Sarmatienses, que quedan separados entre sí por discordancia tectónica.

Las fases epirogenéticas continuaron hasta el Cuaternario, pues el Plioceno marino del lado oriental de la gran falla del Llobregat, en Papiol, está elevado unos 100 metros sobre el actual nivel del Mediterráneo.

Las formaciones secundarioocenas, tectónicamente se pueden agrupar, dando origen en conjunto a las mesocatalánidas, que fueron afectadas muy intensamente por los plegamientos eoterciarios.

Finalmente, constituyen las eocatalánidas, fundamentalmente, los materiales oligocenos, siendo la estructura de este conjunto muy sencilla, habiéndose labrado en ellos formas muy destacadas debidas a fenómenos de diatrofismo.

Pero, aunque este conjunto de montañas forman una unidad estructural, las acciones orogenéticas se dejaron sentir en ellas de manera muy diferente, debido a su especial configuración y al dominio, según las regiones, de determinados conjuntos litológicos.

Se han distinguido por LLOPIS LLADÓ (2) las formas tectónicas de plegamiento de tipo pirenaico, que quedan localizadas hacia el Ebro; las de estructura sajónica, que se extienden fundamentalmente por el centro de las montañas y, finalmente, las de tipo germánico, que quedan hacia el NE. Todas ellas, como es natural, están enlazadas por tipos de transición de características intermedias.

Así, pues, es en estas montañas donde mejor puede estudiarse la evolución de las estructuras indicadas de unos a otros lugares.

Plegamientos de gran uniformidad y apretado régimen isoclinal pasan a regímenes de tipo jurásico, al mixto de pliegues y fallas, o sajónico y, finalmente, a la individualización

---

(1) ALMERA (J.): «Reconocimiento de la presencia del primer piso mediterráneo en el Panadés». *Mem. R. Acad. Cienc. y Art. de Barcelona*. Barcelona, 1897.

(2) LLOPIS LLADÓ (N.): «Contribución al conocimiento morfoestructural de las Catalánidas». *Pub. del Cons. S. Inv. Cient.* Barcelona, 1945.

de bloques y fosas, separados por grandes roturas que caracterizan al tipo germánico.

Pero como los conjuntos sedimentarios son también muy variados por su litología, en estas montañas puede apreciarse, además, la gran influencia de las rocas en el régimen o tipo estructural, determinando ello variaciones especiales o regionales, siendo tal país, por tanto, de un gran interés tectónico, dentro del ámbito peninsular.

Hacia los puertos de Beceite, el conjunto de plegamientos, progresivamente, va apretándose desde las zonas litorales hacia el contacto con la depresión del Ebro. Aquí dominan los materiales plásticos del triásico, representados por grandes masas de arcillas, lo que explica la compleja tectónica interna de estas montañas, donde los desenganches y cabalgamientos prestan un tipo especial a su orografía. La simplificación de tal estructura tiende hacia el régimen isoclinal y el jurásico, que es el que caracteriza al macizo de Monte Claro, donde aparece también sencillas estructuras tabulares.

En las zonas donde dominan los macizos calizos jurásicos y cretácicos, debido a su gran rigidez, los plegamientos son más enérgicos. La vergencia de las capas, en general, es hacia el NW.; pero hacia el SW. del Ebro, por Frades, las capas vergen hacia el SE., indicándonos esto la existencia de dos ramas en las catalánidas, separadas entre sí por una zona intermedia de estructura tabular.

Son, pues, las catalánidas, bilaterales, si bien las zonas del Sureste se hallen hundidas en el Mediterráneo, lo que está atestiguado por la presencia de importantes fallas a lo largo de la costa.

La vergencia nos indica también hacia dónde pudieron quedar situados los macizos más rígidos, pues sabido es que los pliegues vergen casi siempre en tal dirección. Tales macizos rígidos, formados por el paleozoico, dieron lugar a antepaíses locales que tuvieron gran influjo en el carácter de la estructura de los plegamientos del conjunto mesozoico, que evolucionan, como ya se dijo, desde el régimen imbricado, al de pliegues laxos y de fracturas tabulares, característico de la tectónica germánica.

Por su morfoestructura, las montañas catalanas pueden dividirse en cuatro zonas fundamentales: la orogénica, caracterizada por los plegamientos pirenaicos; la integrada por sedimentos epicontinentales, en los que el plegamiento es de tipo sajónico; el antepaís local, constituido por el basamento paleozoico, al que cubre el secundario y el terciario inferior, que nos ofrece régimen tabular de tipo germánico, y, finalmente, hacía el interior queda el antepaís del Ebro, con cobertera ter-

ciaria muy patente. Países que guardan, pues, gran relación con las diferentes formas tectónicas anteriormente citadas.

El régimen germánico de tipo tabular fué originado en época relativamente reciente (a finales del terciario) por grandes fracturas longitudinales, que en relación con otras transversales dieron origen al desquiciamiento de las diversas dovelas, que, hundiéndose, constituyeron depresiones o fosas, tales como el Vallés, el Panadés, la depresión de Reus, zonas que quedaron separadas por macizos paleozoicos o bloques erguidos (Tibidabo, Vallvidriera, Montseny), que soportan a veces débil cobertera de terrenos secundarios.

Las fallas, que aislan tales individualidades, van jal'onadas a veces por emisiones lávicas recientes y por manifestaciones hidrotermales de un gran interés, y que son las que dan fisonomía especial a estas comarcas, tan ricas en aguas minero-medicinales.

El hundimiento o, mejor, los desniveles relativos entre tales unidades o bloques quedan a veces señalados en el borde de los mismos, marcándose así las diferentes etapas de los hundimientos que afectaron a las depresiones periféricas. Tal se observa en la del Vallés y de la Selva.

Los plegamientos de las fases pirenaicoalpinas se sucedieron en el país en diferentes etapas. La primera fué preparatoria, y se caracterizó por pliegues de fondo muy amplios con formación de umbrales colgados (*Schwellen*), que señalan antiguos niveles topográficos, originándose, al mismo tiempo, lagunas estratigráficas por falta de depósito de ciertas formaciones. Tal fase fué seguida por la fundamental o paroxismal, que motivó intensos plegamientos. Se inicia en el Paleoceno, en las zonas del NE., y termina en el Oligoceno superior, en las del SW. La fase final o póstuma, que se caracteriza por fenómenos de distensión y hundimiento de amplias zonas o bloques, separados por grandes fallas, tuvo lugar en el Mioceno medio y superior.

Aun en el Plioceno y Cuaternario, los movimientos de acomodación, aunque tenues, continuaron.

Así, pues, las fases orogénicas han sido: la larámica, que tuvo lugar dentro del paleozoico; la pirenaicosávida, que fué la fundamental, y que ocurrió entre el Nunmulítico superior y el Aquitaniense.

Durante el Mioceno tienen lugar los movimientos póstumos, de difícil localización y separación, debido a la continuidad de las formaciones sedimentarias, pero que estarían situados en la fase antillica de BLAOKWELDER.

Dominó en la primera el proceso de plegamiento, en la segunda fase tienen lugar las dislocaciones verticales, y en las réplicas, la remoción de los diversos bloques constituidos en

la fase anterior, los que, al bascular y rehundirse, determinaron las erupciones volcánicas locales, de tipo basáltico, del Campo de Olot, así como la fase hidrotermal intensa que caracteriza al país.

Todo ello dió, finalmente, la configuración actual a estas montañas, borde de una masa continental, cuyas zonas orientales se abismaron en el Mediterráneo, quedando así, salvo detalles, dando lugar estas tierras del NE. peninsular, con las características geográficas y geológicas que hoy nos ofrecen, al enlace entre el Pirineo y la Ibérica.

### SISTEMA IBÉRICO

*Sus segmentos.*—El sistema ibérico pudiera, en su conjunto, dividirse en diferentes segmentos, según la estructura que los caracteriza y las formaciones geológicas en ellos dominantes.

Se destaca así un segmento NW., integrado por la sierra de La Demanda, donde es el paleozoico quien da el carácter a este relieve. A continuación se inicia la serranía de Soria con las sierras Urbión y Cebollera, fundamentalmente secundarias. Seguiría a esta zona el segmento que, iniciándose en Agreda y Ciria, comienza con el Moncayo, alta y embotada bóveda de núcleo paleozoico, que se continúa por aplastados relieves, fundamentalmente paleozoicos, hasta alcanzar las zonas de Montalbán y Calamocha. Finalmente aparece el Maestrazgo, que casi exclusivamente está formado por el infracretáceo y que alcanza al litoral mediterráneo.

Al SW. de esta alineación y salvada la depresión de Catalunya, Daroca, Calamocha, Teruel, Viver, Sagunto, así como la alineación de las sierras de la Almenara y de Santa Cruz, fundamentalmente silúricas, se extienden amplias las serranías de Guadalajara, Cuenca y Teruel, constituídas por quebrada cobertera secundaria que culmina en el nudo de Albarracín y Montes Universales, de variados rasgos geológicos y compleja y típica tectónica.

Tal conjunto orográfico, tan variado e interesante, ha sido estudiado recientemente por diversos geólogos, ocupándose, en especial, de la sierra de la Demanda SCHRIEL (1) y AITKEN (2).

Estas montañas fueron ya objeto de investigaciones desde mediados del siglo pasado. GRANDE, PELLICO y ZUARNAVAS se ocuparon en especial de la cuenca carbonífera de Pineda, si-

---

(1) SCHRIEL (W.): «Die Sierra de La Demanda und die Montes Obarenes». *Beiträge zur geologie der Westlichen Mittelengebietes*, núm. 4. Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Berlín, 1930.

(2) AITKEN (R.): «Datos geológicos sobre el Norte de La Demanda». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XXXII. Madrid, 1932.

tuada al NW del macizo. A finales del siglo pasado LARRACET (1) estudió el conjunto paleozoico, si bien dedicó más interés a las formaciones secundarias. Son también interesantes los trabajos de LOTZE (2).

*El macizo de la Demanda.*—SCHRIEL se ocupó detenidamente de la indentificación del paleozoico inferior, que datado como silúrico anteriormente, para él representa el Cámbrico, cuestión ésta que aún está por dilucidar de manera definitiva.

Sobre tal conjunto paleozoico se superponen los terrenos del Carbonífero superior, que ocupan el borde NW. del macizo, limitados hacia el exterior por estrecha orla mesozoica que contornea por su base a la sierra, constituida por el Triásico, con sus tres pisos, al que se superponen los conjuntos calizomargosos Jurásico y del Cretáceo inferior.

Tectónicamente, la sierra de La Demanda da origen a una gran bóveda anticlinal, hendida por estrecha depresión longitudinal.

Queda integrada La Demanda por tres unidades: la situada al N., y que da origen al macizo principal paleozoico, que culmina en San Millán y San Lorenzo; la que queda a Occidente, integrada por la depresión carboniferotriásica de Pineda, subdividida, a su vez, por el Triásico en dos partes. Hacia el S. de la fosa longitudinal o del Nagerilla, queda el macizo de Urbión, en parte paleozoico y en parte secundario, que forma la tercer unidad, en la cual la superposición del Mesozoico al Paleozoico es normal.

En este macizo se diferencian, de modo muy claro, la orogenia hercínica o variscica, antigua, de la pirenaico-alpina, más reciente, habiendo dado ambas la fisonomía especial que nos ofrece esta montaña.

En general, el núcleo paleozoico está plegado con arrumbamientos dirigidos de WSW. a ENE., siendo su tectónica de tipo alpino, dominando la estructura de plegamiento. Las formaciones secundarias que rodean o cubren, en parte, al macizo paleozoico, ofrecen tectónica netamente sajónica, con la formación de bloques plegados y fallados, constituidos por la orogenia de época pirenaicoalpina y a consecuencia de las fases de hundimiento subsiguiente.

El substrato paleozoico da origen a un conjunto de anticlinales y sinclinales que a veces degenera en escamas isoclinales, que pueden dar por exaltación origen a fenómenos de

---

(1) LARRACET (M.): «Recherches géologiques sur la région orientale de la province de Burgos et sur quelques points des provinces d'Alava et de Logroño». *These Fac. Paris*, Lille, 1896.

(2) LOTZE (F.): «Estratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirge». *Abh. der Gesell. der Wissenschaft. zu Göttingen*. Berlin, 1929.

corrimientos de tipo alpino, pero con desplazamientos de escaso valor.

La intensidad de los plegamientos en este núcleo varía desde una zona tectónica divisoria, con plegamientos sencillos, a partir de la cual las capas buzan en sentido opuesto, ofreciendo, en general, vergencia N. la zona que queda situada en tal dirección y meridional las que quedan hacia el S.

Los fenómenos de corrimiento se localizan precisamente en la separación de la zona central o divisoria tectónica, con las marginales, intensamente plegadas.

Por el N. la orla mesozoica, por el contrario, desciende bruscamente, lo que es debido a la gran fractura que ha originado el desplome hacia la depresión del Ebro de todo el país, situada hacia el N. Tal falla afecta al paleozoico y al secundario tan intensamente, que en algunas zonas aparecen sus estratos levantados hasta la vertical, y aun volcados. El salto de esta gran falla, según SCHRIEL, es de unos 1.500 metros, pudiendo apreciarse claramente que los terrenos terciarios miocenos, no han sido ya afectados por ella.

Rasgo tectónico muy destacado del macizo de La Demanda es la presencia de la interna fosa longitudinal, que lo divide en una porción norte y otra sur y que enlaza la zona del Nagerilla, situada al E., con la de Pineda, que queda al W. En la depresión se han depositado materiales del Carbonífero superior, Triásico, Jurásico y Cretáceo inferior (Wealdense). Tal accidente es debido, al hundimiento unilateral de la porción septentrional del gran anticlinorio de La Demanda.

En las vertientes meridionales el Secundario, al contrario de lo que ocurre en el N., cubre normalmente, pero con discordancia tectónica, al núcleo paleozoico, intensamente plegado. El buzamiento normal de los conjuntos tabulares mesozoicos es hacia el S., no obstante a veces se reconocen contactos anormales, por fallas locales, entre las dos unidades geológico tectónicas: la paleozoica y la secundaria, y aun dentro de esta misma. Lo mismo sucede hacia el W. y E., pero aquí no se ha reconocido la presencia de fallas.

No se han podido fijar fases orogénicas anteriores a la hercínica en este macizo y sólo acaso discordancias locales, debidas a movimientos epirogenios prehercínicos. El plegamiento que afectó al paleozoico fué el variscico, correspondiente a la fase astúrica, existiendo por ello discordancia patente entre el Paleozoico inferior y el Carbonífero superior (Estefaniense), existente en las zonas al NW. del macizo.

Entre el Estefaniense y el Triásico, parece existe también otra discordancia tectónica, que indicaría una débil fase orogénica saállica o, mejor, movimientos eustáticos acaecidos durante el pérmico superior.

Los movimientos posthercánicos comienzan con la fase kimérica, que han hecho que el Wealdico descansa sobre los conjuntos anteriores, con cierta discordancia.

Los plegamientos más recientes son típicamente pirenaicos, pero sin poder precisarse más, pudiendo quizá corresponder a la fase sávida, o sea, mesoalpinos.

En esta época es cuando se origina toda la estructura sajónica, al reaccionar el núcleo paleozoico rígido, sobre la cobertera secundaria, que se pliega, no muy acentuadamente, y se fractura en una serie de bloques mediante fallas que corren, más o menos, de NW. a SE.

De esta época es también la gran fractura septentrional, que aísla el bloque hercínico de la depresión del Ebro, y la longitudinal mediana, que lo hiende longitudinalmente de E. a W., tan íntimamente relacionadas con manantiales hidrotermales.

*El segmento central de la Ibérica.*—La zona paleozoica entre el Moncayo y Montalbán, que ofrece características muy homogéneas, ha sido estudiada recientemente a la altura de Daroca por B. MELÉNDEZ (1). En esta zona la estratigrafía del Paleozoico inferior es variada, pues se presentan, estando bien caracterizados por fósiles típicos, los terrenos Cámbricos, Silúrico y Devónico.

Las formaciones están arrumbadas, en general, de NNW. a SSE., mostrando de manera indudable las características de la tectónica hercínica. También están tales conjuntos afectados por la tectónica alpina, pues sus principales arrumbamientos sufren ligeras inflexiones hacia el S. Además, las charnelas anticlinales muestran ligera inclinación hacia el NW. o SE., que es también hacia donde se inflexionan los ejes atribuidos a tal período orogenético.

En estas zonas son también reconocidas fases posthercánicas y prealpínicas, que han dado lugar a fenómenos de descompresión, por ello determinados anticlinales han sido hendidos por fracturas que siguen dirección paralela al plegamiento hercínico.

En estas zonas, la alineación tectónica hercínica, según DEREIMS (2), es doble, como ocurre en La Demanda, amoldándose la rama SW. al curso del Jiloca y la NE. al de los ríos Orio y Huerva, enlazándose ambas ramas por un anticlinal tumbado hacia el NE., fallado en su clave.

---

(1) MELÉNDEZ Y MELÉNDEZ (B.): «Tectónica del Cámbrico aragonés». *Las Ciencias*, año VIII, núm. 4. Madrid, 1943.

(2) DEREIMS (A): «Recherches géologiques dans le Sud de l'Aragon». *These Fac. Sc. Paris. Lille*. Paris, 1898.

Posteriormente LOTZE (1), al estudiar la comarca, cumplió extraordinariamente, tanto la tectónica, como la estratigrafía del Cámbrico, admitiendo corrimientos de importancia de tal formación sobre el Silúrico, lo que no parece sea necesario admitir para interpretar debidamente, la estructura de esta alineación orográfica.

Recientemente HERNÁNDEZ SAMPELAYO (2) vuelve a aceptar, en cierto modo, la manera de ver de DEREIMS, pero suprimiendo la falla central, lo que hace en este caso admitir, en tal serie paleozoica, potencias sedimentarias enormes, para el Cámbrico.

B. MELÉNDEZ (3) al estudiar hace poco estas zonas, admitió la existencia de dos ramas en la alineación tectónica, que dan origen a un plegamiento isoclinal muy apretado y, en general, tumbado hacia el NE o SW, según la rama considerada, las que suelen presentarse falladas en sus líneas medias, accidentes que van marcados por masas de milonitos.

En general, la zona NE. es mucho más compleja, reconociéndose hacia Bedules una serie de fallas paralelas, ya reconocidas por LOTZE (4), que se continúan, según B. MELÉNDEZ (5) hacia el N., determinando ello contactos anormales entre las cuarcitas ordovicienses del Silúrico y las pizarras postdarmiacenses del Cámbrico. En estos accidentes la zona hundida, formada por las cuarcitas, queda hacia el SW., y la levantada, hacia el NE., correspondiendo a ella las pizarras cámbricas.

Tal conjunto cámbricosilúrico es continuo, por ello determinados niveles del Postdamiense han sido tomados como correspondientes a la base del Ordoviciense, y al contrario. No existiendo en tal formación fósiles típicos, el problema de fijar la estratigrafía es difícil y siempre dudoso.

El tránsito del Silúrico al Devónico, se efectúa mediante sedimentos que nos indican que el fondo de la geosinclinal paleozoica se elevaba lentamente, lo que determinó, finalmente, que los depósitos dwttonienses, de facies detrítica, se enlacen con los igualmente detríticos del Gediniense, situados ya en pleno Devónico.

---

(1) LOTZE (F.): «Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grungebirge». *Abh. des Ge. der Wiissensch. zu Goettingen*. Berlín. 1929.

(2) HERNÁNDEZ SAMPELAYO (P.): «El sistema Cambriano». *Mem. del Inst. Geol. y Min. de España*. Madrid, 1935.

(3) MELÉNDEZ Y MELÉNDEZ (B.): Obra citada.

(4) LOTZE (F.): «Über analogien Zwischen des Facies verhältnissen des Tertiärbecken von Calatayud (Spanien) un des deutschen Zechsteinbekens». *Z. Deutsch Geol. Ges. Monatsber.* S. 151, ff. Berlin, 1928.

(5) Obra citada.

Por otra parte, el Devónico es francamente regresivo, apareciendo en las zonas orientales representado por manchones de muy pequeña extensión, si se los compara con la extensión que alcanza el Cámbrico y el Silúrico. Faltan en absoluto los pisos más altos al Devónico superior medio.

Hay que indicar que los materiales del conjunto cámbrico-silúrico ofrecen un plegamiento mucho más acentuado que los devónicos, estando aquéllos más metamorfizados, pudiendo apreciarse, además, una verdadera discordancia estratigráfica en relación con la dirección de los plegamientos. El conjunto inferior buza fuertemente hacia el NE. y SW., y sus ejes van arrumbados de NW. a SE.; los materiales devónicos tienen, por el contrario, constantes y suaves buzamientos hacia el NW. y SE.

Por ello se admite aquí, por B. MELÉNDEZ, dos períodos sucesivos tectónicos: uno localizado al final del Silúrico, que sería caledoniano, al parecer de bastante importancia, pero de acentuadas características eustáticas; otro típicamente hercínico, que es el que caracteriza tectónicamente a la región.

Además, las formaciones paleozoicas han sido afectadas por fenómenos y movimientos posthercínicos que han fracturado al territorio, mediante fallas longitudinales que se arrumban de Noroeste a Sudoeste.

Toda esta zona actuó durante la orogénesis alpina, como antepaís, siendo prueba de ello la formación, en los depósitos mesozoicos que se superponen a él, de pliegues más o menos acentuados, mientras que el conjunto hercínico se fracturó y se removi6, originándose así en él, hasta cierto punto, una estructura sajónica más o menos típica.

Las líneas de fractura han sido a veces seguidas por erupciones posthercínicas de carácter diorítico y diabásico, y también por emisiones postalpinas de rocas ultrabásicas que determinaron los afloramientos de nuevalita.

*La cobertura secundarioterciaria de la Ibérica.*—Las zonas formadas por la cobertura secundaria de esta cadena, en su segmento celtibérico, han sido estudiadas por BRINKMAN (1), LOTZE (2) y HAHNE (3).

Los primeros trabajaron, respectivamente, hacia la provincia de Valencia y en la zona celtibérica, por tierras de Teruel,

---

(1) BRINKMAN (R.): «Bestikun und Keltiberikun in Südostpanien». *Beiträge zur Geologie des westlichen Mittelmeergebietes*. Nr. 6. Abh. Ges. Wiss. Göttingen, 1931.

(2) LOTZE (F.): Obra citada.

(3) HAHNE (C.): «Das Keltiberische Gebirgsland östlich der Linie Cuenca-Teruel-Alfambra». *Beiträge zur Geologie der westlichen Mittelmeergebietes*. N.º 5. Abh. Gess. Wiss. Göttingen. Berlin, 1930.

Castellón y Tarragona. HAHNE estudió la zona comprendida al E. de la línea Cuenca-Teruel-río Alfambra.

Tal región, que comprende la zona suroccidental del Maestrazgo, se caracteriza por las largas alineaciones de pliegues anticlinales y las acentuadas flexiones que éstos experimentan.

El Mesozoico, que comprende al Triásico, Jurásico, Cretáceo, más el Terciario inferior, forma un conjunto perfectamente concordante.

Por el contrario, existen discordancias tectónicas que afectan al conjunto terciario, fenómenos estudiados por primera vez por FALLOT y BATALLER (1), quienes recorrieron la región situada al S. de Alcoriza, en la que reconocieron movimientos efectuados entre el Oligoceno medio y el Tortonense, existentes también y determinados por fenómenos semejantes en otras comarcas de la región.

Otra discordancia existe entre el Terciario superior y el Mesozoico, habiendo fijado HAHNE una fase de plegamientos comprendida entre el Ludiense y el Mioceno superior, que pudiera corresponder a la fase sálica o estaírica, pero sin poder fijar'la con mayor exactitud.

Se han reconocido también plegamientos postmiocenos que actuaron con componente N.-S., pero la iniciación de tal fase no se ha podido fijar, siendo probable comenzase en época anterior a la fase rodánica. De todos modos, las capas miocenas se han desviado hasta quedar verticales, siendo tales dislocaciones asimétricas, pues están volcadas hacia el N.

A veces, por exaltación de los plegamientos, se han originado cabalgamientos del Terciario superior sobre el Secundario, pero faltando en tales zonas los sedimentos posteriores al Mioceno, no puede fijarse cuál haya sido la fase que los originó, que quizá aquí pudiera corresponder, pero con duda, a la rodánica.

El movimiento pirenaico en estas zonas sólo puede admitirse como probable, y respecto a los paleoquiméricos prejurásicos, faltan en absoluto, pues del conjunto de las observaciones hechas, todo el Secundario, como se indicó, es concordante.

Los plegamientos, antes de ser alcanzada la depresión del Ebro, son bastante apretados. Más hacia el N., los anticlinales, relativamente estrechos, alternan con sinclinales anchos, dando origen, algo más hacia el S., a sencillos abombamientos y a sinclinales muy amplios, en cuyas zonas centrales los estratos se ofrecen sensiblemente horizontales, siendo todos los pliegues asimétricos, pues caen hacia el N., llegando incluso, como se

---

(1) FALLOT (P.) y BATALLER (J. R.): «Itinerario geológico a través del Bajo Aragón y el Maestrazgo». *Mem. Real Acad. Cienc. y Art. Tercera época.* Vol. XX. Núm. 8. Barcelona, 1927.

dijo, a cabalgar los unos sobre los otros, originándose cobijaduras, aunque de pequeña escala, lo que denuncia que el empuje tectónico general vino del S. Se han producido aquí una serie de cobijaduras, en zonas de fractura por desplazamiento de pequeñas unidades tectónicas, hacia la depresión del Ebro, lo que denuncia el comienzo de la tectónica de mantos de corrimientos que algo más al S., por tierras de Valencia, se inicia ya francamente, pudiendo decirse que allí se inicia la tectónica bética típica del S. de España.

El tipo de estructura, pues, en estos campos noroccidentales del Maestrazgo, es de transición. Las grandes fracturas son escasas, dominando, en cambio, los plegamientos, pero existiendo verdaderos corrimientos; el tipo estructural pudiera ser considerado como intermedio entre el alpídico y el sajónico, pero con cierta tendencia jurásica. Tal estructura refleja, de modo patente, la reacción interna del zócalo hercínico, hasta cierto punto violenta, sobre la cobertera, ya aquí, con potencias relativamente grandes.

*Las serranías de Guadalajara y Cuenca.*—Para tener una visión de conjunto de estas serranías, formadas fundamentalmente por la cobertera secundaria, que descansa con marcadísima discordancia sobre el conjunto hercínico paleozoico, diremos cuáles son los rasgos tectónicos fundamentales de las zonas situadas hacia el SW. en el borde de tal país y ya en el contacto con el macizo hespérico.

Recientemente se han estudiado tales zonas, que ofrecen compleja topografía y variados rasgos geológicos y tectónicos, por los señores RÍOS, ALMELA y GARRIDO (1). También hace años yo recorrí tal región, publicando un trabajo que resumía la tectónica de estos campos (2).

En este país la formación secundaria es potente y compleja; la tectónica se caracteriza por ser muy uniforme y sencilla.

Se inicia en general con el Triásico, arcilloso, representativo del Keuper, e incluso a veces por las areniscas de la base. Siguen después masas potentes de calizas muy uniformes, a las que se superpone un conjunto muy subdividido en diferentes capas, al que denominan los campesinos «librerías», y que representan al Lías, que pasa al Jurásico en sus zonas más altas. Siguen los materiales detríticos areniscosos de la base

---

(1) RÍOS (J. M.), ALMELA (A.) y GARRIDO (J.): «Reconocimiento geológico de una parte de las provincias de Cuenca y Guadalajara». *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XLII, Madrid, 1944.

(2) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): «Característica geográfico-geológica del territorio del Alto Tajo». *Bol. R. Soc. Geográfica Nact.*, serie B, número 3. Madrid, 1933.

del Cretáceo, mucho más consistentes, cubiertos a su vez por el Cretáceo superior margoso calizo, que, en general, da origen a altos escarpes y cingleras, y en ocasiones a voladizos muy típicos. La potencia del Secundario puede llegar a alcanzar de 250 a 300 m.

Toda esta formación está en general afectada por una tectónica no intensa, iniciándose los movimientos, pero con acentuado carácter eustático, al comienzo del Secundario, dando origen a la transgresión triásicojurásica que invade las areniscas del triás inferior, depositando sobre ellas las carñiolas. Seguidamente, la retirada momentánea del mar da origen a la formación de las masas arcillosas yesíferas del Keuper. El régimen marino vuelve de nuevo, continuándose en el Jurásico, siendo los sedimentos de tipo regresivo, por originarse oscilaciones del fondo de este mar epicontinental, que dan al fin, en la base del Cretáceo, origen a una emersión de la masa continental, con depósito de las arenas weáldicas. Seguidamente, tiene lugar una fase orogénica, o mejor epirogénica, que afecta más intensamente a los viejos macizos paleozoicos situados hacia occidente que a la cobertera secundaria, fase seguida de una transgresión que abarca, en general, a toda la comarca durante el Cretáceo superior. En el Paleogeno, se inician los movimientos premonitores de la fase orogenética pirenaica, que dan origen a depósitos salinos en trozos de mar aislado, comenzando al final, la verdadera fase orogenética, aquí débil, que da origen a la formación de montañas, con depósito de conglomerados, fenómenos que no pasan del Paleogeno, iniciándose seguidamente los períodos de erosión, que dan el carácter al país, que termina en el Neogeno, para adquirir su actual aspecto y relieve.

Los plegamientos originados por la fase pirenaica son siempre de gran radio, reaccionando el zócalo hercínico sobre la cobertera secundaria, no excesivamente potente, que al plegarse arrumbó sus pliegues de NNW. a SSE. o de NW. a SE. En conjunto, los pliegues ofrecen un cierto tipo jurásico, si bien sean muy desiguales y no se sucedan sistemáticamente. Posteriormente, al final del Paleogeno y antes del Mioceno inferior, toda esta zona se fractura, individualizándose una serie de compartimientos en cuyos frentes de contacto se originan los pliegues en rodillas, estirados o francamente rotos por falla, que cuarteando el país longitudinalmente a las líneas de sus principales plegamientos, hacen descienda toda la región en gradería de NE. a SW., hacia la depresión del Tajo, adquiriendo la cobertera secundaria una estructura especial de rasgos sajónicos y jurásicos entremezclados, que pudiera ser considerada como típica y especial de este borde suroccidental de la serranía externa ibérica. Esta región representa el rebor-

de que se ha comprimido contra el macizo hespérico, siendo, pues, tal plegamiento de tipo de cordillera de antepaís, si bien muy debilitado.

No dejan de ser frecuentes las manifestaciones hidrogeológicas a lo largo de tales accidentes tectónicos, pudiendo citarse como manantiales típicos los de Huerta Pelayo, Riba de Saelices, Cuevas Minadas y Checa, en la provincia de Guadalajara, y los de Huélamo, Valdemeca, Solán de Cabras y Beteta, en la de Cuenca, todos de débil termalismo o fríos.

*La zona de unión de la estructura alpídica y pirenaica.*— Avanzando más hacia el SE., se alcanzan las zonas meridionales de Valencia y las septentrionales de Alicante, donde puede decirse que coinciden los conjuntos tectónicos orogénicos del sistema ibérico y del bético, comprendiendo tal país las zonas más avanzadas hacia el Mediterráneo, de ambos sistemas, si bien, el predominio de los rasgos tectónicos, sean ya francamente meridionales, es decir, béticos, más que pirenaicos.

No obstante ya se vió, al ocuparnos de las zonas situadas al N. y NW. del Maestrazgo, de las que se ocupó HAHNE, que hasta allí llegó la influencia meridional de los empujes, si bien muy aminorada; por ello, en general, todas las formaciones geológicas están empujadas y desplazadas, aunque muy levemente, del S. hacia el N.

DARDER (1), al tratar de este territorio alicantinovalenciano, reconoce en él al tipo genuino de la tectónica alpina de grandes mantos o unidades de corrimiento que caracterizan a todo el dominio meridional de España.

De N. a S., este geólogo encuentra correlativamente diferentes unidades tectónicas. Los sedimentos de las formaciones que integran este geosinclinal, pasan de las facies epicontinentales a las francamente profundas.

La serie se inicia al N. de este país por un conjunto autóctono de directriz ibérica, en el que están representados el Triásico, fundamentalmente arcilloso; un Jurásico preponderantemente calizo, y el Cretáceo, de facies nerítica.

Seguidamente tiene lugar la emersión eoceno-oligocena, a continuación de la cual se origina la transgresión aquitanienense, depositándose además sedimentos neríticos, representados fundamentalmente por molasas.

Tal unidad forma los macizos del Caroche, Sierra Corbera, el macizo de Mont d'Urber, y quizá el Mongó.

A este conjunto sigue un autóctono, de directriz alpídica, muy análogo por su constitución al conjunto anterior, pero fal-

---

(1) DARDER (B.): «Estudio geológico del Sur de la provincia de Valencia y Norte de la de Alicante». *Bol. del Inst. Geol. y Min. de España*, tomo LVII, 17.º de la tercera serie. Fasc. I y II. Madrid, 1945.

ta en él el Jurásico. El Burdigaliense es de facies más profunda, dando origen a las arcillas grises subbaciales denominadas «tap» en el país. Son sedimentos epicontinentales que se confundirían con los ibéricos, pero están afectados indirectamente por los grandes plegamientos del geosinclinal, dando lugar a imbricaciones con cabalgamientos locales, pero todo enraizado a escasa distancia.

Se trata de los primeros efectos del p'egamiento bético, sobre sedimentos de cobertera epicontinentales, y representan a la unidad prebética.

Tal unidad forma la zona suroccidental del Caroche, con recubrimientos locales de arrumbamiento SW.-NE. en los valles del Caroche, Bicorp, Quesa y Enguera.

También forma parte de esta unidad las sierras Grosa, Benjama, Onteniente, Agullet y parte de la de Benicadell, y los valles de Montesa y Albaida.

Se distingue a continuación un conjunto paraautoctono, orientado como el anterior. Lo forman el Triásico, conocido tectónicamente en las zonas andaluzas como triás citrabético, y el Jurásico, preponderantemente calizo. El Cretáceo es de facies más profunda, pero se inicia con sedimentos detríticos, lo que indica una facies tectónica neoguimérica. Durante este período cretáceo, los fondos marinos han sufrido frecuentes oscilaciones, ofreciendo los depósitos gran variedad de facies. Todos estos terrenos cretáceos inferiores y medios, están intensamente plegados por movimientos pirenaicos, de fase preponderantemente sálica.

Sobre tal conjunto descansa la trasgresión aquitaniense, con sedimentos neríticos y continentales, que esbozan ya la orografía actual en tiempos premiocénicos. El Burdigaliense es arcilloso, con los típicos depósitos de «tap» que descansan con discordancias sobre el Helveciense, de facies diferentes, lo que nos indica la existencia de movimientos eustáticos.

Esta unidad se estrecha hacia el SW., ensanchándose más hacia Sierra Mariola. Por el N. se desarrolla ampliamente, dando origen a imbricaciones y cabalgamientos muy horizontales, con enraizamientos lejanos. A veces se han originado verdaderos corrimientos.

Podría representar tal unidad, el subbético externo.

Sigue una gran serie de flysch, que asoma bajo el manto de la sierra de Aitana. Está constituida por Triás de tipo citrabético y una masa de flysch, que se inicia con el Luteciense, el Oligoceno o el Aquitaniense, según las zonas.

A veces, tal conjunto descansa sobre el Cretáceo senonense, de facies profunda.

Este conjunto de flisch y Triásico, debido a su plasticidad,

da origen a fenómenos diapíricos y se muestran siempre sumamente replegados y entremezclados entre sí.

Correspondería esta unidad al subbético andaluz de BLUMENTHAL, pero integrante de un subbético interno.

Reposando sobre el conjunto anterior viene el manto de Aitana, constituido en la base por Triás citrabético, siempre desgarrado y arrastrado en jirones por el manto superior corrido. El terreno más antiguo en esta unidad, es el Cretáceo batial, al que se superponen calizas eocenas muy potentes, en las que sólo se ha reconocido el Luteciense.

Esta serie seguiría hacia la Romana, pero sin pasar de esta zona, donde se inicia otra unidad superior, más compleja.

Este manto representaría al penibético, en el actual sentido de la tectónica del país bético.

Sobre el conjunto o manto de Aitana descansa el testigo de Puig Campana, cuyas calizas aptienses, negras y compactas, dan origen a la cúspide de la sierra.

Finalmente, se admite por DARDER el manto Orihuela-Algayat, que queda localizado en la zona SW. del país que ha estudiado. Está formado por calizas blancas o rojas, marmóreas, conjunto que se suponía era superior a los niveles calizos dolomíticos de las sierras de Orihuela y de Callosa de Segura, representativo del triás alpino.

Para DARDER, todo este conjunto constituye un único manto, del cual el Triásico forma la base.

Tales son las ideas que se tienen sobre tan interesante y compleja región; si bien, como indica el autor, aún es necesario hacer nuevos y detenidos estudios.

El basamento hercínico no aparece en ninguna parte en la zona que se ha estudiado.

La presencia del Triás arcilloso citrabético da origen, por plasticidad, a contactos anormales entre este conjunto y el Jurásico. Pero parece que no existen discordancias tectónicas; así, pues, los movimientos paleokiméricos no han afectado a esta región o lo han hecho con debilidad extrema.

Durante el Jurásico, al depósito de materiales en la geosinclinal fué continuo, señalándose ya en el Cretáceo variaciones del fondo marino, que son mucho menos acentuadas en las zonas de tectónica ibérica y en el autóctono de dirección alpídica, donde el carácter alpídico se mantiene. Al final, se origina una gran emersión de las formaciones, atribuida a la fase larámica.

La zona geosinclinal parece que pudiera haber sido afectada por la fase ávstrica, durante el Mesocretáceo y la larámica, que determinaría la emersión del Daniense. Faltan los movimientos austrícos en la zona central del geosinclinal, representada por la serie de fliysch. En el Eoceno inferior se señala

una importante emersión, faltando quizá los sedimentos del Eoceno superior y del Oligoceno inferior, si bien en parte tal conjunto pudiera haber desaparecido por erosión. De todos modos, pruebas claras de movimientos pirenaicos no existen en esta zona.

Todas estas fases, de haber existido, serían muy débiles y quizá representativas de fenómenos epirogénicos.

Entre el Eoceno superior y el Aquitaniense, se produjo la fase sálica, que dió origen a verdaderas montañas, proviniendo de la erosión de las mismas las masas de sedimentos continentales, muy detríticos; iniciales, según FALLOT, de la trasgresión miocénica, movimientos que debieron ser lo suficientemente enérgicos para dar origen incluso a fenómenos de corrimientos, admitidos y reconocidos por DARDER en estas zonas. Pero no puede aún especificarse si tal fase fué la que afectó principalmente a la región.

La fase estárica puede ser admitida, y sería la que determinó los movimientos tectónicos y corrimientos acaecidos entre el Burdigaliense y el Vindoboniense.

Los movimientos rodánicos están denunciados por las dislocaciones que ofrecen las capas que contienen lignitos, con restos de mamíferos y que corresponden al Pontiense superior y Plioceno inferior; pero, de todos modos, serían débiles y no ocasionarían plegamientos.

Durante el Plioceno superior y el Cuaternario tienen lugar los movimientos epirogénicos que dan origen a las playas levantadas del litoral alicantino.

Quizá la gran sismicidad de estas zonas representen los últimos fenómenos de las fases alpinas, según supone el señor DARDER.

Vemos, pues, que tal región se diferencia totalmente de la ibérica, pudiendo decirse que tiene ya francamente los rasgos y la estructura de las cordilleras alpídicas del mediodía de España, mientras aquéllas nos ofrecen la tectónica pirenaica.

Así, pues, al S. del Maestrazgo y al N. de estas tierras valencianas es donde los dos estilos tectónicos coinciden y se entremezclan.

## RESUMEN TECTÓNICO DE LA PENÍNSULA

De todo lo anteriormente expuesto respecto a tectónica, se ve cuánta complejidad y cuán variado son los problemas que aún quedan por resolver en nuestra Península, a pesar de lo mucho que han trabajado geólogos nacionales y extranjeros.

Como resumen, pudieran establecerse las siguientes ideas generales referentes a tectónica peninsular.

En los lejanos tiempos del Paleozoico inferior, en época si-

lúrica, en el espacio que actualmente ocupan las tierras peninsulares, debieron existir núcleos de masas continentales, más o menos dispersos y relacionados directamente con el gran continente noratlántico de entonces.

Muy poco sabemos de tan viejas tierras, que debían ocupar zonas más o menos extensas hacia Galicia, Alentejo y Extremadura española, y también originaban núcleos axiales en la Cordillera Central, Cantabria, Pirineos, sistema costero catalán y región ibérica.

No debieron tales masas continentales ser plegadas muy intensamente en lo que hoy es ámbito peninsular, durante las fases orogénicas caledonianas, pero sí alcanzar en determinados períodos del Silúrico, relativa gran altitud media, debido a movimientos de emersión muy acentuados y motivados por fenómenos amplios de epigenia.

Para tal interpretación nos apoyamos, como se ha visto, en las discordancias más o menos acentuadas y patentes que las formaciones geológicas nos ofrecen en diversos parajes, fenómenos reconocidos por diversos investigadores, lo que hace que los conjuntos Precámbrico, Cámbrico, Silúrico, por un lado, y las formaciones posteriores del Devónico y del Carbonífero inferior y medio, por otro, se pongan a veces en contacto mediante marcada discordancia tectónica.

Tales masas de tierras caledonianas, no sólo están integradas por materiales metamorizados y sedimentos diversos, sino también por batolitos graníticos, rocas que representan los núcleos más hondos de aquellos países que se nos ofrecen hoy arrasados hasta sus más profundas raíces, debido a largos y repetidos procesos o ciclos de erosión.

Bien poco es, como se ve, lo que podemos indicar de estos antiquísimos países, que forman a veces los verdaderos cimientos del solar hispano.

Sobre tales masas continentales y en zonas geosinclinales limitadas por ellas, se depositan posteriormente, con discordancias más o menos marcadas las formaciones comprendidas desde el Devónico inferior hasta el Carbonífero medio, si bien, en tal serie estratigráfica, faltan a veces algunos términos del conjunto, debidos a procesos erosivos por emersión temporal de aquellas viejas tierras.

En tiempos del Carbonífero superior, entre el Westfaliense y el Estefaniense, tal estado de cosas se interrumpe. Una gran fase orogénica, dentro del conjunto tectónico hercínico o varísico, tiene lugar, iniciándose así, mediante intensos plegamientos del conjunto paleozoico, la formación de la gran cordillera hercínica, que emergida de los mares y debido principalmente a la fase orogénica astúrica, cruzó con sus altos relieves el ámbito peninsular de NW. a SE., en sus zonas occi-

dentales, y con rumbos más variados, pero dominando las direcciones de W. a E. y de SW. a NE., en las regiones del NE. y N. de España.

No dejaron de tener influencia los viejos núcleos caledonianos, en la dirección y propagación de las alineaciones tectónicas hercínicas, pues obrando como núcleos profundos, resistentes y rígidos, desviaron sus arrumbamientos.

Sin duda, el accidente más importante en este sentido es el gran arco que todo el sistema hercínico septentrional traza por tierras occidentales de Asturias, en sus límites con Galicia y zonas situadas al NW. de León.

Gran arco abierto hacia el E. y NE., que denuncia al núcleo rígido formado por los materiales graníticos, estratocristalinos y del Paleozoico inferior, contra el que chocaron las oleadas tectónicas, de la fase orogénica hercínica.

Todo este gran conjunto orogénico fué de tipo alpídico, es decir, que en él dominaron los plegamientos, que se agruparon, dando origen a dos ramas principales: una septentrional y otra meridional, separadas entre sí por una zona media o divisoria que se caracteriza por la regularidad y menor exaltación de los pliegues.

En una y otra rama, los plegamientos que dan origen a regímenes isoclinales o a grandes conjuntos imbricados y rara vez corridos, se inclinan en general hacia afuera, es decir, que la vergencia de los pliegues es contraria en las dos ramas principales de tales alineaciones tectónicas.

Ciertos accidentes, que a veces pueden señalarse en el conjunto hercínico, fracturas o superposiciones, son debidos al proceso pirenaico alpino, que no plegó, sino que fundamentalmente quebró a los viejos conjuntos ya consolidados.

Al cesar la actividad orogénica y proseguir los intensos períodos de erosión subsiguientes, poco a poco la cordillera se rebaja, desapareciendo en ella las formas abruptas, iniciándose las fases de degradación, hasta ser reducida al estado de penillanura, quedando al descubierto las masas de rocas graníticas que forman los núcleos axiales, a lo largo de los fundamentales pliegues hercínicos y que se inyectaron en las raíces de esta vieja cordillera, en las fases paroxismales del plegamiento. Tal es lo que sucede en las zonas pirenaicas, en la costero catalana y en amplios espacios de todo el occidente peninsular.

Al mismo tiempo, y en determinadas zonas, se originan depresiones continentales y cuencas marinas, debido a procesos epirogenéticos, en los que se van depositando los materiales estefanienses del Carbonífero superior, ricos en carbón. Esto sucede al S. de la Cordillera Cantábrica y en las Asturias centrales y occidentales, en el Pirineo oriental, al N. de Portugal,

por tierra de Oporto, hacia Andalucía y en el centro de la Península, por Puertollano y otros parajes peninsulares.

Entre estas formaciones ricas en carbón y el viejo conjunto hercínico, ya plegado, se señalan típicas y patentes discordancias, que señalan y datan perfectamente en el tiempo, la edad de la fase orogénica de los movimientos hercínicos o variscos, que en la Península fué fundamentalmente la astúrica.

Desde el Estefaniense, hasta antes del Cenomanense, el conjunto occidental de la Península permaneció emergido. Sólo en sus bordes es invadido por mares epicontinentales, que dejan sus sedimentos neríticos sobrepuestos a los materiales paleozoicos, que son durante los tiempos pérmicos afectados por fenómenos tectónicos de característica muy diferente a los anteriores, pues el viejo conjunto de tierras emergido, núcleo fundamental del escudo hespérico, se fractura mediante grandes fallas oblicuas y se desnivela. Tal fase tectónica posthercínica, es de característica fundamentalmente epigénica.

Más hacia el E. y SE., se constituye a lo largo de estos tiempos mesozoicos, geosinclinales, en los que han de depositarse los materiales secundarios que han de dar origen en el Terciario, al conjunto de las cordilleras pirenaicoalpinas.

Algunas discordancias, en general no muy claras, y emergencias temporales, se originan en el Secundario. Estas se observan fundamentalmente al comienzo de este período y en tiempos jurásicos, pero no permiten de manera indudable separar estas fases kiméricas, de las que posteriormente inician las fases tectónicas pirenaicoalpinas y que tienen lugar al comienzo de los tiempos terciarios.

Se inicia ésta en el Eoceno, afectando fundamentalmente a los sedimentos posthercínicos existentes en las zonas donde se van a formar las principales alineaciones de las cordilleras Pirenaica, Cantábrica, Costero catalana y sistemas ibérico y bético; zonas geosinclinales ocupadas por el Carbonífero superior, Westfaliense y el Secundario, que habían alcanzado gran potencia y que constituían conjuntos típicamente orógenos.

El resto de las formaciones paleozoicas, ya afectadas por la tectónica hercínica y que constituyen grandes núcleos rígidos, no pudiendo plegarse, se remueven y fracturan de nuevo, quedando afectados por la tectónica de tipo sajón, en la que además de los plegamientos existen grandes fracturas que cortan a aquéllos más o menos oblicua o transversalmente a la dirección de sus ejes.

Las fases iniciales del plegamiento pirenaicoalpino en estas zonas, son las que quedan comprendidas en el conjunto de movimientos aústricos, que tienen lugar entre el Albense y el Cenomanense, y en los larámicos, acaecidos entre el Cretáceo superior y el Eoceno, todos débiles y dudosos. Los fundamen-

tales son los pirenaicos, que actúan entre el Bartoniense y el Tongriense.

Posteriormente, y hacia Levante y el Mediodía de la Península, comienza la tectónica propiamente alpina, que va a afectar a un conjunto sedimentario mucho más potente y completo, pues la geosinclinal existente en estos parajes, ocupados hoy por el sistema bético, persistió más tiempo, experimentando una génesis más regular.

No obstante, algunas emersiones sufrió a lo largo de los tiempos secundarios, y muy fundamentalmente durante los tiempos cretáceos, siendo estos fenómenos debidos a movimientos larámicos relativamente amplios, aunque muy irregulares y de característica epirogenética, que determinaron la falta de sedimentos de algunos niveles en la serie secundaria.

Pero la verdadera fase orogénica alpina en estas zonas, no comienza hasta ya bien avanzados los tiempos terciarios con los movimientos pirenaico-sávicos del Oligoceno y la esteárica post-aquitaniense, que dieron lugar a los más importantes relieves.

Las fases posteriores, también sávicas ya en el Mioceno, determinaron la formación de los grandes mantos de corrimiento que abarcaron muy amplias zonas de las sierras béticas en el Mediodía de España y que se propagaron hasta países situados al N. de las provincias de Alicante, Albacete y Jaén.

Pero esta fase orogénica pirenaicoalpina, tuvo en las distintas zonas características muy diferentes. Así, en la cordillera Cantábrica, al actuar las presiones de N. a S., plegaron al conjunto alpídico (Estefaniense y Secundario), dando origen a apretados regímenes de pliegues, a veces muy exaltados, allí donde tales sedimentos, en su conjunto, eran potentes y relativamente plásticos.

El núcleo hercínico, típicamente autóctono, también sufrió determinadas deformaciones, pues no constituía un núcleo extremadamente rígido, al faltar en él las grandes masas graníticas y al no estar por ello metamorfozadas las formaciones paleozoicas.

Así, tales terrenos se comprimieron en su conjunto transversalmente, disminuyendo la anchura de la cadena. Al mismo tiempo, se desplazaron desigualmente y en el mismo sentido grandes conjuntos de pliegues que forman corridas longitudinales importantes, de decenas de kilómetros, originándose en ellos tan sólo deformaciones, que determinaron flexiones, sin llegar a originar verdaderos desenganches laterales.

Cuando el conjunto hercínico, en lugar de ser relativamente flexible, estaba constituido por potentes conjuntos homogéneos y rígidos, éstos dieron origen a verdaderos pilares que se fracturaron transversal y longitudinalmente mediante grandes fallas, que los aislaron, mediante depresiones periféricas, del

resto de la cadena, dando origen a colosales moles, como ocurre con las calizas del Carbonífero inferior dinantienses de los Picos de Europa.

Si los conjuntos secundarios, es decir, la cobertera supra-hercínica, era potente, pero rígida, al impulso de las presiones se fractura longitudinalmente, formándose así bloques o compartimientos que descienden en gradería desde el eje orográfico de la cordillera, hasta el Cantábrico, dando origen a un tipo de tectónica típicamente sajónico.

Tal es lo que ocurre en la cuenca del Besaya y del Pas, donde las potentes masas de areniscas del Permotriás y del Wealdico, así como las calizas del Jurásico, por su rigidez y potencia, han dado origen a este tipo tectónico.

Dominan, por el contrario, regímenes de amplios y uniformes plegamientos de tipo jurásico, allí donde los conjuntos sedimentarios son relativamente potentes y flexibles. Tal es lo que ocurre al N. de Palencia y zonas meridionales de Santander, hacia el alto valle del Pisuerga.

Como tipo de tránsito entre una tectónica sajónica y esta otra jurásica, podrían ponerse los límites del país montaños con Bilbao y tierras burgalesas, donde los amplios plegamientos están interrumpidos por fallas que han determinado cuencas o depresiones sumamente típicas.

Son también frecuentes en estas últimas regiones los fenómenos locales de diaprisimo, por sugerencia anormal y a través de roturas muy locales, de masas arcillosas triásicas del Keuper, acompañadas o no de efusión de rocas de tipo ofítico, fenómenos que ocasionan a veces verdaderos trastornos locales, complejos que trastocan enormemente la disposición normal de las diferentes masas litológicas.

De todos modos, el conjunto hercínico de la cordillera Cantábrica, no obró, en realidad, como masa estable y rígida, al ser afectada por las fases tectónicas pirenaicas, pudiendo en esta cordillera, y fundamentalmente en sus zonas centrales y occidentales, apreciarse, en general bien, los efectos de ambos empujes.

Fenómenos muy semejantes y tipos de tectónica pueden ser observados en la cordillera Ibérica, si bien el núcleo hercínico sea autóctono, como en la cantábrica, pero aquí más rígido, debido a lo cual se hiende y agrieta al sobrevenir la tectónica pirenaica.

Así, la sierra de La Demanda nos ofrece grandes fallas, que la aíslan de la depresión del Ebro y que incluso afectan a su propio núcleo hercínico, que queda dividido longitudinalmente por una gran fractura que dió origen a importante fosa longitudinal ocupada por sedimentos posthercánicos, entre ellos por el Estefaniense productivo y conjuntos secundarios.

En el Pirineo, en el núcleo paleozoico, se inyectaron durante el proceso orogénico hercínico, grandes masas de rocas graníticas que dan lugar a inmensos batolitos que forman el corazón de la cordillera. Tales masas eruptivas han metamorfoseado profundamente a la cubierta paleozoica que los envuelven. Todo este conjunto obró, al sobrevenir la fase tectónica pirenaica, como mole estable y rígida, contra la cual se agotaron las oleadas tectónicas, que afectaron directamente al conjunto alpídico, formado por los sedimentos secundarios y la base de los del Terciario.

La estructura alpídica, que el conjunto hercínico de la zona axial nos ofrece, siendo rígido y estable, se fracturó al actuar sobre él esta segunda fase orogénica, originándose una tectónica de tipo sajónico.

Las formaciones secundarias, por el contrario, se pliegan en regímenes típicamente alpino, produciéndose hacia el exterior, las grandes alineaciones orográficas que dan origen a «las sierras» o conjuntos de pliegues que forman los Pirineos externos o marginales, en las vertientes meridionales, montañas a veces hendidas longitudinalmente por colosales fracturas o fallas.

Más hacia la zona axial de la cordillera, el régimen de pliegues no es siempre tan armónico, pasándose de un tipo a veces jurásico a estructura de plegamientos interrumpidos por fallas de tipo sajónico. Tal es el caso del prepirineo.

Pero lo más característico en esta gran cordillera es la gran diferenciación de tipos tectónicos regionales que podemos observar, lo que está en relación con la diversidad extraordinaria de su litología, que determina una serie muy variada de tipos estructurales por diferenciación litológica, que ofrecen rasgos especiales, según predominen los conjuntos rígidos o plásticos y varíe la potencia de los mismos.

Tienen en el Pirineo gran importancia las masas plásticas del Permotrias y en particular las arcillas del Keuper, así como las de los grandes conjuntos del flysch eoceno, pues ellas son las que en amplios espacios imprimen carácter local a la tectónica pirenaica.

En ocasiones también, el núcleo hercínico, ha actuado enérgica y activamente contra la cobertera secundarioterciaria. Tal es el caso de lo que ocurre en el macizo del Monte Perdido, en el Pirineo central, donde un conjunto de grandes paquetes, de terrenos mesozoicos y terciarios, aparecen superpuestos y brutalmente replegados al ser arrollados y empujados hacia el Sur por una masa alóctona hercínica, que al desplazarse, ha dado el especial carácter a este interesante macizo.

De todos modos, fuera de estas zonas y de otras semejantes, en el Pirineo navarro la tectónica pirenaica es de tipo fun-

damentalmente autóctono, separándose bien el conjunto hercínico axial, del alpídico de cobertera o marginal, por sus estructuras bien diferentes.

Aún pudiera indicarse que en algún caso, tal y como sucede en la zona de Las Nogueras, el paso de la estructura alpídica de la cobertera, a la hercínica axial, se efectúa por tipos intermedios, representados por escamas o grandes escudos imbricados y a veces localmente corridos, zona hercínica que sirve de tránsito entre ambas estructuras.

En el sistema costero catalán, la tectónica pudiera decirse que pierde la grandiosidad del pirenaico.

Estas sierras nos ofrecen una serie tectónica que representa a los diferentes tipos estructurales que van evolucionando de unas regiones a otras, de SW. a NE., en relación con la constitución de las montañas y con el predominio en ella de los conjuntos litológicos rígidos o plásticos. También aquí el núcleo axial influye muy directamente en la estructura de la cobertera, cuyo carácter varía según la potencia de las masas sedimentarias que la forma. En su totalidad, la Costero catalana da origen a un gran anticlinorio más o menos complejo, debido a potente pliegue de fondo, cuyo núcleo aparece constituido por el batolito granítico, rodeado de su aureola metamórfica, formada por el Paleozoico inferior, conjunto que representa al hercínico, y que antes de ser cubierto por la cobertera secundaria, fué reducido al estado de penillanura.

En estas montañas se han distinguido por los geólogos anteriormente citados formas o, mejor, estructuras de tipo pirenaico, que quedan localizadas hacia el Ebro, estructuras sajónicas que ocupan fundamentalmente las regiones centrales de las Catalánidas y de tipo germánico que quedan hacia el Noreste.

Las zonas fundamentalmente plegadas nos ofrecen el régimen isoclinal, de gran uniformidad, que pasa gradualmente al tipo jurásico, de amplios y uniformes plegamientos.

En el tipo sajónico, al quedar los pliegues cortados por grandes fallas, se originan discontinuidades y contactos anormales, pero sin llegar a individualizarse verdaderos bloques que son los que caracterizan a la tectónica germánica, bloques que removiéndose con independencia, dan origen a las depresiones o fosas, tales como el Vallés, la depresión de Reus y otros de morfología muy típica y que quedan limitados por importantes y patentes fracturas que las aíslan o, mejor, separan de los grandes bloques o pilares, que destacan en alto y que, en general, ofrecen en sus zonas de base los cimientos formados por el conjunto hercínico, dando así origen a compartimientos muy destacados, más o menos libres de coberteras secundarias, como ocurre con el Tibidabo, Montseny y otros.

Se comprende que en estas alineaciones, la morfoestructura sea muy variada, ofreciéndonos formas típicas, siendo por ello toda la región de un alto interés geomorfológico.

Las fases tectónicas alpidicas parecen iniciarse con los movimientos kiméricos, en este caso francamente epirogénicos, los cuales explicarían la laguna estratigráfica o carencia de depósitos del Jurásico en la serie secundaria.

La orogenia fundamental fué determinada por la fase larámica, de época pelecena y la pirenaicosávida del Neununmulítico, que determinaron los plegamientos principales en esta cordillera.

En tiempos miocenos predominan los fenómenos de hundimiento, siendo en tal tectónica típicas las dislocaciones verticales y debidas a diferentes fases, que con gran dificultad se las separa en el tiempo, por ello se les ha agregado en un conjunto denominado fase Antillica, de BLACKWELDER.

Estos fenómenos continuaron en tiempos pliocenos y aun cuaternarios, siendo los fenómenos sísmicos relativamente frecuentes en tales zonas, los que los denuncian.

Donde la tectónica adquiere características más violentas y extraordinarias y donde su tipo es más genuinamente alpidico, es en las quebradas regiones meridionales de España.

Hasta ahora los fenómenos tectónicos y orogenéticos han dado origen a plegamientos y dislocaciones más o menos intensos, que caracterizan a las diferentes montañas peninsulares. A veces ofrece exaltación extrema, pero en realidad no puede hablarse de tectónica movilista. Localmente, grandes conjuntos o unidades tectónicas no sólo llegan a superponerse anormalmente sobre otras, sino incluso dan origen a desplazamientos o deslizamientos de tipo horizontal, pero siempre tales fenómenos son de características locales. Tal es lo que ha sucedido, por ejemp'o, en las zonas del Pirineo central, con el macizo del Monte Perdido.

Pero en el conjunto bético lo fundamental en su tectónica, que pudiéramos calificar de «gran estilo», es la superposición de grandes conjuntos tectónicos u hojas de perfecta individualización, y que en oleadas sucesivas se han ido superponiendo al pasar por encima unas de otras y rebasar las zonas axiales de los núcleos fundamentales (Sierra Nevada-Filabres), extendiéndose hacia el N. de la Cordillera, dando origen a los grandes mantos tectónicos.

Por lo indicado se comprende que sea en estas regiones del mediodía de España, donde la tectónica adquiere sus características más violentas y sus rasgos más complejos y donde el tipo o estructura es más genuinamente alpidico.

El núcleo hercínico de estas montañas, formado por terrenos paleozoicos muy metamorfizados, quedó totalmente arra-

sado hasta sus más profundas raíces, probablemente durante los tiempos pérmicos. En tales zonas no se descubren los batolitos de tipo granítico, pero sí rocas estratocristalinas, que faltan en el Pirineo, en la Costero catalana, en la Cantábrica e Ibérica. Sobre este cimientto se depositaron los terrenos terciarios y una serie bastante compleja de Secundario y Terciario inferior, conjunto autóctono, como el anterior, y epicontinental, débilmente afectados por fenómenos orogénicos.

En estas zonas se origina el proceso orogenético a partir de los tiempos del Eoceno superior, cuyos empujes de componentes general meridional actúa de SSE. a NNW. Tales movimientos fueron precedidos por otros de características epirogénicas de relativa importancia, que se suceden a lo largo de los tiempos secundarios y que parecen haberse iniciado con la fase kimérica posttriásica, seguidos por la del cretáceo medio áustriaca y la postcretácea y antenumulítica o larámica, esta última con ciertas características orogénicas.

La fase tectónica principal, de francas características alpidicas y de gran violencia, tiene lugar posteriormente, dentro ya de los tiempos terciarios, no pudiendo fijarse en el tiempo con exactitud tal fase, en amplias zonas, pero parece queda comprendida entre finales del Oligoceno o muy al comienzo de los tiempos miocénicos, siendo por ello representativa quizá de los movimientos sávic-staíricos.

Lo que sí es posible fijar es que los fenómenos tectónicos, caracterizados por colosales desplazamientos de grandes unidades y que se miden por decenas de kilómetros, habían terminado cuando comienzan los tiempos burdigalienses, o, mejor aún, en épocas postaquitaniense y anteburdigaliense.

Después del Pontiense, cuando ya habían cesado las oleadas tectónicas que dieron origen a los mantos de corrimiento, tiene lugar una fase orogénica caracterizada por amplios pliegues de gran radio, que determinaron la elevación en masa de las principales alineaciones montañosas de estos sistemas y fundamentalmente de las grandes moles de la Sierra Nevada, de tal modo que de los 3.500 metros que, aproximadamente, alcanzan sus más elevados picos, más de 1.500 metros fueron debidos a este gran plegamiento de fondo, de época postpontiese, que pudiera clasificarse como rodánico, siendo, hasta cierto modo, de tipo epirogenético.

Las unidades tectónicas fundamentales, que se superponen al macizo autóctono bético y que, como unidad basal de conjunto, forma el Prebético, dando origen a este colosal y complejo edificio tectónico, son: el núcleo paleozoico de Sierra Nevada, más o menos mezclado con la *Mischungzone* y las tres hojas de Granada, constituidas por Paleozoico y Secundario; la hoja de Guajar o núcleo cristalino de la hoja de Murcia,

y la hoja de Málaga, constituida por un paleozoico especial, propio de esta unidad, y un Triásico con él relacionado, pero muy reducido, que pasa a Permotrias, más algunos elementos calizos secundarios.

Teniendo en cuenta cómo reaccionó el conjunto hercínico, al producirse las fases tectónicas alpinas, podemos en nuestra Península diferenciar tres tipos fundamentales de montañas o sistemas.

Uno de ellos, el pirenaico, y especialmente en sus zonas centrales, en donde la zona axial paleozoica, más o menos metamorfizada, y los grandes batolitos graníticos en ellas inyectados por las fases tectónicas hercínicas, han actuado, al constituir con su masa un macizo elevado, como masa estable y rígida, contra la que vinieron a estrellarse las oleadas alpinas.

Esto ha sido debido a que los fenómenos tectónicos afectaron a regiones muy profundas del zócalo de las viejas montañas, el cual fué elevado en masa al mismo tiempo que el conjunto alpídico se plegaba. Actuó, pues, el conjunto hercínico, en general, como inmenso pilar rígido que se elevó y resistió a la nueva fase orogénica sin ser casi afectado por ella, pues, a lo sumo, sólo determinados sistemas de fallas lo hendieron.

En algún caso, más que resistir, fué la zona axial la que reaccionó directamente al desplazarse en grandes masas y arrollar de N. a S. a los sedimentos alpídicos de la cobertera, actuando así como masa de empuje; tal ha sucedido en el macizo del Monte Perdido y en las zonas de Roncesvalles.

En la Cordillera Cantábrica, el conjunto paleozoico es ya mucho menos rígido, y en él no se descubren casi masas eruptivas intrusivas que le den compacidad y resistencia.

Por otra parte, las oleadas tectónicas debieron afectar menos profundamente al zócalo hercínico, no siendo por ello elevada su masa a tan gran altura, como lo fué en el Pirineo. Así, pues, ni resistió tan rígidamente el empuje alpídico, ni se opusieron a él. Por ello la extensión de la Cordillera se redujo mucho en su anchura e incluso su tectónica se modificó al sufrir la fase orogénica pirenaico-alpina, dando ello origen a alabeamientos transversales que desviaron, sin llegar a producir desenganches laterales, la dirección de los arrumbamientos de determinadas unidades tectónicas hercínicas.

En la Cordillera Cantábrica el núcleo hercínico refrenó en las zonas profundas las oleadas alpídicas, pero este zócalo fué por ellas afectado.

Finalmente, el cimientó autóctono de Sierra Nevada, en relación con la tectónica alpina, puede decirse que ni actuó, ni fué en realidad afectado por ella de modo directo.

La tectónica aquí afectó a niveles muy altos, por ello sobre

el núcleo axial, arrasado y sobre el cual se habían ya depositado una serie de terrenos secundarios y terciarios, pasaron arrastradas las diversas oleadas tectónicas, que recubrieron con sus mantos u hojas, la vieja arquitectura hercínica y el conjunto prealpídico, amontonándose sobre ellos, dando origen a los macizos relieves que caracterizan al nudo de Sierra Nevada.

Al final toda esta gran cúpula de arquitectura tan compleja y de rasgos tan típicamente alpídicos se elevó en masa, debido a grandiosos plegamientos de fondo.

Terminó la tectónica alpina en Sierra Nevada, del modo como comenzó en el Pirineo, pues en esta montaña el núcleo central debió elevarse a gran altura antes de iniciarse la fase tectónica principal que engendró a la Cordillera, mientras en Sierra Nevada, tal proceso fué posterior a la fase orogenética paroxismal. La Cordillera Cantábrica representa, pues, un tipo intermedio en estos tres ejemplos de orogenia alpídica peninsular.

#### LAS AGUAS MINEROMEDICINALES Y LA TECTÓNICA PENINSULAR

*Tipos de tectónica.*—La tectónica peninsular, según lo anteriormente expuesto, puede agruparse en los siguientes períodos y tipos fundamentales: tectónica hercínica, principalmente caracterizada por plegamientos de tipo alpídico; tectónica poshercínica de fracturas, motivada por fenómenos de distensión que afectó fundamentalmente a los macizos hercínicos, ya consolidados, a lo largo de los tiempos pérmicos; tectónica de tipo epirogenético, que se sucede muy irregularmente a lo largo del Secundario, y que removiendo a los compartimientos peninsulares, constituídos por los fenómenos anteriores, los desarticula y desnivela; período orogenético pirenaicoalpino, que pliega fundamentalmente al conjunto alpídico secundario y terciario inferior, cuando es potente, o lo fractura si constituya una cobertera de escasa potencia, con régimen sajónico-germánico; tectónica alpídicosajónica, que caracteriza a los países hercínicos, cuando han sido afectados por el período pirenaicoalpino, pues constituyendo ya tales conjuntos zonas rígidas, no se plegaron, sino que se fracturaron, originándose un tipo de tectónica mixta de pliegues y fallas, y, finalmente, tectónica de tipo germánico, que se origina a consecuencia de la fase postalpina, y que es la que, debido a intensos fenómenos epirogenéticos, da lugar a marcadas desnivelaciones de los grandes bloques corticales de la Península, a consecuencia de lo cual se constituyen las diferentes fosas —ibérica, bética, etc.—, las grandes zonas de hundimientos,

periféricas a la Península, que quedan bajo el mar, y la constitución de los pilares y macizos, tales como los de Castilla, cuando, por el contrario, los compartimientos terrestres se elevaron. Estas diversas unidades o bloques se bosquejaron ya, hasta cierto punto, a consecuencia de los movimientos posthercánicos, y removiéndose, debido al proceso indicado, nos presentan al ámbito peninsular tal y como lo contemplamos en la actualidad.

Como ya se indicó, la orogenia hercínica es la que fundamentalmente dió origen a las grandes intrusiones de granitos y rocas afines que vinieron a ocupar los núcleos profundos o zonas axiales de aquellas viejas cordilleras, iniciándose a partir de entonces, la serie de fases que caracterizan la solidificación o cristalización de tales magmas, así como los fenómenos derivados de mineralización e hidrológicos. Tales procesos vuelven a acentuarse de nuevo a consecuencia de los movimientos posthercánicos y epirogenéticos del Secundario, que determinan en muchos casos, el rejuvenecimiento de las grandes fracturas posthercánicas.

Con el proceso orogenético posterior, pirenaico-alpino, se reavivan nuevamente los fenómenos hidrotermales, pudiendo decirse que estamos en la actualidad en la fase póstuma de tal orogenia, a la que es debida todas las manifestaciones hidrológicas de los tiempos actuales, fenómenos íntimamente relacionados con los sistemas de fallas, que hienden en diferentes direcciones a la Península.

Así, pues, todas las alineaciones tectónicas originadas con anterioridad y rejuvenecidas casi en tiempos actuales, cadenas de montañas, depresiones, grandes fracturas y fallas secundarias y valles fluviales, más o menos subordinados a ellos, quedan arrumbados en determinadas direcciones, marcándose a veces, mediante fuentes y manantiales mineromedicinales el recorrido de estos accidentes tectónicos.

Se orientan tales accidentes de NW. a SE. o de NE. a SW. cuando siguen paralelamente a los antiguos plegamientos hercánicos, dando origen, en conjunto, en el occidente peninsular, a las alineaciones hespéridas. Otros van más o menos paralelos y subordinados a la falla del Guadalquivir, representando éstos, roturas posthercánicas orientadas de ENE. a WSW., que determinan las alineaciones hispánidas del macizo Hespérico. Los que oblicuamente cortan a estas últimas grandes fracturas y que quedan arrumbados de NNE. a SSW., son debidos a fenómenos de desenganche lateral, producidos a consecuencia de las últimas fases alpinas. Finalmente, las grandes fracturas, sensiblemente dirigidas de W. a E., muy fundamentales en la región cantábrica, son debidas a fenómenos de des-

compresión y hundimiento de la Cordillera Cantábrica hacia el mar, en tiempos del Terciario superior.

Además pueden existir otras grandes fracturas, ya con carácter local, particularmente hacia Levante y Sureste peninsular, cuyas variadas direcciones están subordinadas a la tectónica alpina, en su más amplio sentido, y relacionadas con los fenómenos de fractura y hundimiento de los óvalos mediterráneos, siendo estos últimos de época muy reciente.

Tales direcciones marcan las líneas directrices en que apoyarse para el estudio de la hidrología peninsular, en su más amplio sentido, así como para poder deducir las relaciones que tales fenómenos puedan tener entre sí.

Pero, según FREIRE DE ANDRADE (1), en realidad las grandes fallas sólo marcan la línea probable de los afloramientos o manantiales, siendo los cruces de las grandes fracturas, con otras mucho más pequeñas, los que muy frecuentemente dan origen en realidad a las fuentes mineromedicinales; por ello tales manifestaciones están siempre localizadas en puntos muy precisos.

#### LA COMPOSICIÓN Y CARACTERES DE LAS AGUAS MINEROMEDICINALES Y SU PROBABLE ORIGEN

*Variedad de las aguas profundas.*—Las aguas mineromedicinales se caracterizan por su especial composición química (2), que siempre está en relación con los rasgos litológicos de las formaciones geológicas, a través de los cuales ha circulado. También están en dependencia con la tectónica que afecta a los parajes en que nacen y con los terrenos de donde proceden.

Por ello las fuentes de este tipo son, en general, por sus características y composición, muy distintas, según queden localizadas en el macizo hespérico, en sus orlas secundarias, en las depresiones terciarias o en las montañas periféricas al mismo, diferencias que se acentúan aún más, cuando se comparan manantiales que nacen en zonas axiales de viejas cordilleras, constituidas por terrenos paleozoicos antiguos o macizos graníticos, con aquellas otras que surgen en las formaciones terciarias de origen continental. En el primer caso, todas las fuentes mineromedicinales están relacionadas, más o me-

---

(1) FREIRE DE ANDRADE (C.): «Considerações sobre alinha de depressões Barcelos-Montalegre». Bol. núm. 4. *Mus. de Min. e Geol. da Univ. de Lisboa*, 1935.

(2) LÓPEZ AZCONA (M.): «Composición elemental por métodos espectrales de aguas medicinales de la Península Ibérica». *Notas y Com. del Inst. Geol. y Min. de España*, núm. 17. Madrid. 1947.

nos directamente, con importantes fallas de origen antiguo, pero rejuvenecidas en época reciente, mientras que estas otras están en relación con los materiales litológicos superficiales de diversa permeabilidad, que forman el terreno y a través de los cuales circulan, brotando las aguas, cuando un accidente topográfico pone al descubierto, al estrato impermeable sobre el cual corren. Aquéllas suelen ser de origen profundo y quizá en parte magmático; estas otras son aguas superficiales, exclusivamente meteóricas. Se comprende, pues, cuán diferente sea el carácter y origen de su mineralización.

Hay que indicar, además, que las aguas meteóricas, en todo caso, son las que dominan en los manantiales, sea cual fuera su tipo, sobrepasando éstas, según varios autores, del 85 y aun del 90 por 100 del teórico total que surge a la superficie terrestre.

El origen de las aguas manantías, hasta cierto punto, puede ser deducido teniendo en cuenta los elementos que los análisis químicos identifican en ellas, y en particular en las más mineralizadas (1).

Los iones flúor, cloro, bromo, arsénico y fósforo constituyen, en parte, los magmas residuales; considerándoseles, en general, cuando aparecen en las aguas, como de origen magmático (2). No obstante, hay que tener en cuenta que a veces el fósforo puede provenir de formaciones sedimentarias, pero en estos casos, la cantidad de tal elemento suele ser importante, y lo mismo sucede con el cloro.

Pero si tales iones van acompañados por el flúor, entonces el origen de tales aguas puede ser, en parte, magmático. Esto es lo que explica la existencia de pequeñas cantidades de cloro en algunos manantiales que brotan en terrenos de cobertura secundaria, pues, pese a nacer en tales formaciones, su origen ha de ser considerado como profundo. Tal es lo que se observa en determinados casos en la orla mesozoica portuguesa.

También es conveniente, a este respecto, tener en cuenta el bromo y el boro, pues el primero, según indica LINDGREEN (3), es característico de las aguas superficiales, mientras que el boro es típico de las profundas (4). Por ello el manantial portugués de Monte Real, relativamente rico en boro (11 miligra-

---

(1) CUSTODIO DE MORAIS (J.): «Aguas minerais de Portugal, sua composição e origen». *Publ. Inst. Climat. e Hidrol.* Universidad de Coimbra, 1943.

(2) CASARES GIL (J.): «Trabajos inéditos y diversos análisis de aguas minero-medicinales».

(3) LINDGREEN (W.): «Mineral deposits». New York, 1933.

(4) GAUTIER (A.): «Caracter différentiels des eaux de sources d'origine superficielle au météorique, et des eaux d'origine central au igée».

mos por litro de  $B_2O_3$ ), explicaría la relación íntima existente entre sus aguas y los afloramientos eruptivos offíticos de época terciaria que caracterizan a la región en que nace (1).

La presencia de los iones  $CO_3^{=}$  y  $HCO_3^{-}$  y del gas carbónico, en las aguas mineromedicinales proviene, en gran parte, de la existencia en las aguas meteóricas, al estado de disolución, de dicho gas, por haber sido arrastrado de la atmósfera. Su presencia explica el ciclo, en la superficie terrestre, de los depósitos de carbonato cálcico, siendo éste el origen de las grandes masas de «tobas» calizas, tan abundantes en todas las zonas calcáreas de la Península.

Pero las aguas meteóricas y los manantiales que de ellas proceden, son pobres en gas carbónico, por ello sólo las fuentes ricas en este gas y en sus compuestos, deben ser consideradas como de origen profundo y a veces magmático.

Tal es lo que sucede en el Campo de Calatrava, zona eruptiva basáltica cuaternaria, donde son muy frecuentes los manantiales carbónicos, algunos de gran caudal, y de los que se desprenden directamente cantidades enormes de gas mediante intenso burbujeo. Tal ocurre con los hervideros de Fuensanta y los de Emperador, situados estos últimos en las mismas márgenes del Guadiana.

Muchos manantiales de Galicia son también ricos en gas carbónico, tal sucede con los de Verín, Mondariz y otros, todos ellos están en relación, con grandes fracturas o fallas, que hunden al macizo granítico y estratocristalino y que están jalonados por frecuentes manantiales medicinales que se continúan hacia Portugal, donde también las aguas ricas en carbónico son frecuentes, destacando las de Pedras Salgadas, Melgaço y Vidago, con 2.276, 2.027 y 1.580 miligramos por litro de agua, respectivamente.

En Cataluña, son aguas carbonatadas las de Amer, Palan-tín y Vila Roja, más o menos relacionadas con el campo de fracturas, situado al E. del distrito eruptivo de Olot.

Respecto a los iones  $SO_4^{=}$  y  $HS^{-}$ , que tan frecuentes son en muchas aguas, su origen es muy dudoso, suscitando la resolución del problema cuestiones variadas y complejas.

Se admite por algunos geólogos que los grandes depósitos de yeso pueden, hasta cierto punto, ser debidos indirectamente a fenómenos hidrológicos de origen profundo, pues se supone que el  $HS^{-}$  es arrastrado al exterior por las aguas, pudiendo, por los fenómenos de oxidación, ya en zonas superficiales y en presencia de la caliza, dar origen a sulfato cálcico.

---

(1) CUSTODIO DE MORAIS (J.): «Aguas mineraes de Portugal, sua composição e origen». *Publ. Inst. Clímt. e Hidrol.* Universidad de Coimbra, 1943.

cico hidratado, explicándose así la formación de determinadas masas de yeso. Tal hipótesis es muy ingeniosa, pero no parece que los grandes depósitos de yesos puedan por ella ser explicados, y sólo como fenómeno especial y muy localizado pudiera tal proceso ser tenido en cuenta.

Se ha admitido también que el ácido sulfúrico,  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , se forma en profundidad, pudiendo ser incluso de origen mgmático (1). Esta misma procedencia tendrían otros ácidos, tales como el  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , que dando origen a soluciones hídricas ácidas, pasarían posteriormente a alcalinas al reaccionar con los materiales de la corteza terrestre, a través de los cuales circulan las aguas que los contienen.

También se ha admitido que en algún caso puedan tener relación, las sustancias orgánicas existentes en los sedimentos, con la presencia del  $\text{HS}^-$ , pues podrían aquéllas reducir al  $\text{SO}_4^-$ . Pero el problema ha resolver es determinar si en las capas profundas de las formaciones geológicas se origina el  $\text{SO}_4^-$  o el  $\text{SH}^-$ , pues una u otra reacción depende de las especiales condiciones que fortuitamente se presenten.

En las formaciones sedimentarias se sospecha que el origen de las aguas sulfatadas cálcicas y sulfuroso-cálcicas, pueda ser debido a la presencia del yeso, pues en tales terrenos geológicos casi siempre tal mineral está asociado al cloruro sódico (2).

En las zonas paleozoicas del macizo Hespérico, como indica CUSTODIO DE MORAIS (3), estos iones podrían provenir de la existencia natural de las piritas, que son a veces muy frecuentes en las formaciones pizarrosas. Lo mismo podría suceder en ciertas zonas secundarias de la España cálcica, donde las piritas, diseminadas en margas y calizas, son relativamente abundantes.

Pero no debe desecharse en absoluto la idea, cuando se trate de formaciones paleozoicas hercínicas, de que el origen del  $\text{SO}_4^-$  y del  $\text{SH}^-$  sea profundo, mgmático.

Los cationes, disueltos en las aguas mineromedicinales, orientan muy poco respecto al origen de las mismas.

El sodio puede ser de origen sedimentario, tal es lo que sucede con los frecuentes manantiales salinos que brotan en el triásico peninsular, dando origen a las salinas: Salinas de Medinaceli (Soria), Salinas de Pisuerga (Palencia), Salinas

---

(1) GRATON: «Nature of oro forming fluid». *Econ. Geol.*, núm. 39, 1940.

(2) FREY (R.): «Les analyses d'eaux et leur interpretations géologique». *Ser. des Min. et de la Cart. Geol. Notes et Memoires*. Número 26. Rabat, 1933.

(3) CUSTODIO DE MORAIS: Obra citada.

(Alicante), Salinas de Cabezón de la Sal (Santander), Gerri de la Sal (Lérida), etc. Pero también puede tener origen magmático, por ello muchas aguas carbónicas profundas son relativamente ricas en tal elemento.

En otros casos, éste puede proceder de la acción de las aguas fluoradas, sobre los feldespatos calcosódicos.

Respecto al calcio, nada nos dice su presencia, pues pocas son las aguas que no lo contienen, e incluso algunas en gran cantidad, aunque sean de origen muy superficial, siendo siempre más abundante los compuestos carbonatados que los sulfatados.

Al carbonato cálcico suele, a veces, acompañar el magnesio, elemento que procede con gran frecuencia de las calizas dolomíticas.

Ricas son también las aguas en sílice ( $\text{SiO}_2$ ). Tal elemento abunda en las aguas minerales de Galicia y en las zonas portuguesas miñotas, en particular en las muy calientes. Procede del ataque de los ácidos, sobre los numerosos silicatos básicos de las rocas eruptivas. El origen de tales aguas suele ser profundo, y aun en parte magmático.

*El origen de la radiactividad.*—La radiactividad es otra cualidad de las aguas mineromedicinales, que puede indicarnos el origen de las mismas. Pero el profesor PINTO BASTO (1) hace destacar que no parece existir relación alguna entre la composición química y la radiactividad de las aguas medicinales portuguesas. De todos modos, sí se aprecia que tal cualidad se acentúa en los manantiales que brotan en campos graníticos o en los que nacen en macizos hercínicos, más o menos relacionados con las grandes intrusiones graníticas (2), afectados por fallas importantes. También suelen ser radiactivas las que brotan en terrenos donde existen afloramientos de rocas volcánicas de tipo ácido.

Como ejemplo de aguas de gran radiactividad deben citarse las portuguesas de Urgeiriça, manantial situado al N. del macizo granítico de la sierra de la Estrella, y las de Luso, potente manantial situado en la zona hercínica de la sierra de Bussaco, hendida por una gran falla longitudinal. Radiactivas son también las aguas de Valdemorillo, cerca de Madrid y situadas en el zócalo granítico del Guadarrama y situadas sobre la gran fractura que lo afecta.

---

(1) PINTO BASTO (E.): «Determinações de radioactividade em aguas minerais». *Rev. Fac. Cienc. Universidade de Coimbra*, vol. 6, num. 1, 3. Coimbra, 1936-37.

(2) COMBA SIGÜENZA (A.): «Génesis de los yacimientos de uranio y torio e influencia de estos elementos en la formación de manantiales de aguas radioactivas». *Rev. de Geofísica*, núm. 24, año VI. Madrid, 1947.

Los elementos radiactivos son relativamente abundantes, si bien muy diseminados en las zonas superficiales de los batolitos graníticos, faltando, por el contrario, en las rocas básicas muy profundas. Así, pues, la radiactividad de las aguas nos indica que su origen es relativamente poco profundo.

*El complejo problema del origen de las aguas mineromedicinales.*—Por lo anteriormente expuesto, y a manera de resumen, puede indicarse que, salvo casos muy especiales, casi todas las aguas mineromedicinales proceden, más o menos directamente, de las meteóricas, admitiéndose que más del 85-90 por ciento del caudal total que brota a la superficie terrestre tiene tal origen.

Admitida tal procedencia de la mayor parte de las aguas mineromedicinales, habría que diferenciar las que, antes de dar origen a las fuentes, han seguido un recorrido más o menos complejo y largo, y aquellas otras que vuelven a la superficie terrestre después de un somero y sencillo contacto con el terreno. Pero esto no siempre es fácil, pues, por lo ya indicado, incluso conociendo perfectamente bien la composición química y localización de un manantial mineromedicinal, sólo en casos muy especiales puede deducirse con seguridad el origen magmático profundo o superficial del mismo.

Las aguas que contienen flúor y bromo, dando origen a HF, BO<sub>2</sub>, así como las ricas en CO<sub>2</sub>, pueden ser consideradas como procedentes de zonas profundas, relacionadas con magmas residuales. Siendo, por el contrario, poco profundas las que contienen bromo, y relativamente superficiales y muy directamente relacionadas con las meteóricas aquellas en las que la cantidad de CO<sub>2</sub> es escasa.

Pero se da el caso paradójico que en pleno campo eruptivo de Calatrava (Ciudad Real) manantiales muy ricos en CO<sub>2</sub> y en sus componentes, los célebres hervideros, están junto e incluso relacionados mediante fallas, con otros manantiales que carecen en absoluto de dicho gas, pudiendo considerárselos como manantiales simples muy pobres en sustancias disueltas, lo que demuestra la complejidad de los problemas hidrogeológicos.

Respecto a la presencia en las aguas de los iones SO<sub>4</sub><sup>=</sup> y HS<sup>-</sup>, ya se vió que nada seguro nos indica, pues el ciclo del azufre es lo suficientemente complejo para que puedan sus compuestos estar presentes en aguas de muy diversa procedencia, admitiéndose que incluso pueden formarse por influjo de la materia orgánica existente en los sedimentos superficiales. Por otra parte, no hay que olvidar que en muchas formaciones geológicas correspondientes a edades muy diversas, los depósitos de yeso son abundantes, pudiendo proceder el azufre de las alteraciones de tal mineral, que daría origen a diferentes compuestos.

Los componentes de los cationes, sodio, calcio y magnesio, son abundantes en las aguas, procediendo casi siempre de las rocas sedimentarias, que forman la superficie del suelo, o de zonas de muy escasa profundidad. Los compuestos del silicio pueden caracterizar, hasta cierto punto, a las aguas profundas de alta temperatura, siendo su presencia, como se indicó, debida al ataque por los ácidos, de los silicatos básicos de las rocas y fundamentalmente de las eruptivas de tipo granítico.

La radiactividad de las aguas procede de las rocas graníticas y precisamente de las zonas más superficiales de los batolitos que tales rocas originan, siendo, sin duda, los minerales de uranio depositados en las pegmatitas, pero de origen profundo, o en los depositados en tales filones, pero de origen hidrotermal, los que influyen más directamente en este fenómeno físico por ser bastante solubles, no influyendo, por el contrario, apreciablemente, los compuestos de torio, pues, aun siendo también radiactivos, su solubilidad en el agua es muy escasa.

#### LOS MAGMAS Y SU RELACIÓN CON LAS AGUAS MINEROMEDICINALES

*Naturaleza de los magmas.*—Se ha visto que las aguas meteóricas, después de circular por los terrenos a profundidades más o menos grandes, se caracterizan por los materiales disueltos en ellas y procedentes de tales zonas de la corteza terrestre. Pero en muchos casos, el carácter químico y aun radiactivo de las aguas puede estar dado por las emanaciones que reciben de los magmas, al alcanzar gran profundidad, y muy fundamentalmente de los graníticos o los muy afines a ellos. Además, en algún caso, de estas mismas zonas provienen gases y masas de vapor de agua o agua líquida virgen, que, mezclándose con la meteórica, da a ésta especial carácter.

Por ello la hidrología y la metalogenia tienen tantos puntos de contacto, pues el agua mineromedicinal puede y debe ser considerada como un mineral más, muy complejo y con la ventaja sobre los demás de que es un «mineral vivo». De ello depende, sin duda, el poder curativo, a veces asombroso y no bien explicado, que muchas aguas de este tipo tienen, y en especial las de origen magmático.

Los magmas dan origen a masas, mezclas y aun a disoluciones de sustancias fundidas que tienen muy elevada temperatura, las cuales están sometidas a enormes presiones. Ocuparon en la corteza terrestre las zonas axiales profundas de las principales alineaciones tectónicas, cuando el proceso orogénico tuvo lugar.

Todo magma natural no es más que un compuesto bibásico

o mezcla de sustancias «refractarias» y de «volátiles» en proporción aproximada de un 90 por 100. En el conjunto de tales sustancias cabe distinguir dos tipos: las *pétreas*, que al solidificarse posteriormente darán origen a las rocas ígneas, y las *metálicas*, que en condiciones especiales originaron los criaderos metálicos.

La sustancia pétreo es, según las actuales teorías, una mezcla de *silicatos fundidos*, que al combinarse en el seno del magma sólo pueden originar un cierto número de combinaciones, *los catorce prototipos magmáticos* admitidos, cuestión ésta que no entro a analizar, por salirse del tema que desarrollo.

Tales prototipos magmáticos, cuando el magma alcanza presiones y temperaturas de valor determinado, se solidifican, lo que hace que el equilibrio del sistema se desplace en favor de determinados compuestos, pudiendo éstos cristalizar bajo sus mismas estructuras, o al romperse el equilibrio y resultar antagónicas la convivencia de formas determinadas, tengan que reaccionar entre sí y al solidificarse den origen a ciertos minerales, silicatos, fundamentalmente los que entran en la composición de las rocas ígneas.

Los magmas pueden consolidarse a gran profundidad y a alta presión, dando origen a las intrusiones o plutones de rocas ígneas, caso muy frecuente en los granitos, que vienen de este modo, como se indicó, a formar las zonas axiales profundas de las cordilleras cuando éstas se constituyen.

Pueden, por el contrario, los magmas consolidarse a poca profundidad y baja presión, dando origen a los núcleos volcánicos de rocas intrusivas del tipo de las riolitas, traquitas, andesitas, etc., núcleos volcánicos que se originan debido a movimientos epirogenéticos, subsiguientes a una fase orogénica.

En condiciones plutónicas o intrusivas, los magmas evolucionan del siguiente modo: al llegar próximo a la temperatura de 1.000° se separa una porción de componentes refractarios, feldespatos, cuarzo, magnetita, etc., sustancias que van siendo diferentes según prosigue el proceso. Al mismo tiempo, el resto de la parte fundida se enriquece con materias volátiles. En un principio, y para una determinada variación de la temperatura, la composición de la masa fundida varía poco, siendo la cristalización lenta. En esta fase se separan los materiales más refractarios: silicatos, algunos óxidos, etc.

El magma representativo de este período o fase es el denominado por NIGGLI (1) líquido magmático u ortomagmático,

---

(1) NIGGLI (P.): «Das Magma und seine Producte». I. Teil. Leipzig. 1937.

depositándose en él, casi exclusivamente, los silicatos o elementos pétreos de las rocas ígneas.

Inmediatamente después, y al disminuir la temperatura, el cambio experimentado por el magma es acentuadísimo, variando mucho para cada valor de la temperatura, la composición, tanto de la pasta sólida, como de la que resta fundida, que se enriquece rápidamente de materias volátiles, pasando del rango de baño fundido de silicatos, al de soluciones, en la mayoría de los casos hipercríticas de elementos volátiles, con algunos metálicos y refractarios.

Después de un cierto intervalo, la cristalización vuelve a ser lenta, desapareciendo en determinado momento las sustancias refractarias, no quedando en el resto del magma fundido casi nada más que sustancias volátiles, *fundamentalmente agua*, terminando, lo que antes fué baño de silicatos fundidos por convertirse en una solución hidrotermal de característica acuosa y a alta temperatura.

Así, pues, el proceso físicoquímico completo de consolidación de un magma queda dividido en tres períodos o fases: *ortomagmática, pegmatítico-neumatolítico e hidrotermal*.

Se comprende que este último sea el que más nos interesa.

En el primero se constituyen las rocas endógenas, originándose a veces algunos depósitos minerales, tales como los de cromita, pirrotina, etc. En el segundo es cuando se forman las rocas pegmatíticas y los criaderos o filones ricos en casiterita, wolfram, etc. En el tercero se constituyen los yacimientos, que tienen origen debido a los depósitos de disoluciones hidrotermales, como son los de galena, cinabrio, etc.

Esta última fase es la de mayor duración en un proceso normal, como el descrito, y en un estado muy avanzado de su evolución es, en la mayoría de las veces, el que da origen a los manantiales mineromedicinales, que el hombre aprovecha, desde tiempo inmemorial, para curar o al menos mejorar sus dolencias.

Así, pues, el magma, conforme va enfriándose y cristalizando, se empobrece, depositando ciertas sustancias en seguida, otras más tarde y algunas a lo largo de todo el proceso descrito.

Como es natural, la masa magmática, en el interior de la corteza terrestre, comienza a cristalizar por sus zonas más externas, es decir, periféricamente. Por tanto, el proceso de consolidación de un magma se desarrolla de la periferia hacia el centro, zona donde más tiempo permanecen las sustancias al estado de fusión.

Al retraerse podrá agrietarse marginalmente el batolito, así como las masas de rocas que están en contacto con el mis-

mo, si las condiciones de presión no sobrepasan ciertos límites.

Así, pues, las zonas cristalizadas en la fase ortomagmática recibirán, a través de las grietas o roturas de retracción, los materiales procedentes del interior del batolito que aun permanecen fundidos y al estado de fase pegmatítico-neumatolítica, originándose así filones de pegmatitas, con sustancias minerales propias de tal fase, como el wolfram y la casiterita. Estos filones, a su vez, avanzando el proceso, podrán ser afectados por grietas, que con el tiempo podrán ser rellenas con minerales hidrotermales, a los que se acompañará, por ejemplo, la galena.

Las zonas más profundas de la corteza terrestre, en un proceso hidrotermal, representan la última fase del fenómeno, comprendiéndose que las aguas que proceden de ellas, a veces sean casi exclusiva o totalmente de origen magmático, llevando en disolución cuerpos procedentes del magma residual. Pero como en su recorrido pueden las aguas depositar ciertas sustancias y tomar por disolución otras, se comprende la dificultad enorme con que se tropieza para determinar con cierta seguridad, el origen de las mismas.

Conviene por ello indicar algo de dónde y cuándo se depositan ciertas sustancias minerales, a lo largo de un proceso de cristalización magmático (1).

En la fase ortomagmática se deposita primero el platino, después el titano y los compuestos de cromo y níquel, siendo exclusivo de tal fase el platino, que queda muy difundido en las rocas.

Los compuestos de cromo y el níquel se depositan algo en la siguiente fase, y los de este último, también al finalizar la fase hidrotermal. Los compuestos de titano, siguen depositándose a lo largo de casi toda la fase pegmatítico-neumatolítica. Los óxidos de estaño son casi exclusivos de esta segunda fase, alcanzando el cobre la totalidad de ella y el comienzo de la hidrotermal. El depósito de los minerales de cinc y de plomo, se inician en la pegmatítico-neumatolítica, efectuándose sus máximos depósitos en la hidrotermal, al finalizar la cual tiene lugar, el depósito del sulfuro de mercurio.

La sílice, al estado de anhídrido síliceo, se deposita en todas las fases, siendo también característico de todo el proceso los depósitos de piritita, siendo, pues, tales especies minerales omnipresentes.

Se comprende que al depositarse cada especie en fases diferentes, den origen a minerales distintos, y, que por tanto,

---

(1) ROSO DE LUNA (I.): «La metalogenia». Conferencia dada en la Asoc. de Ing. de Min. Minería y Metalurgia. Madrid, 1945.

cada uno de ellos se constituya a temperatura determinada. Así, pues, cada mineral es propio de un determinado tiempo, en el proceso de cristalización del magma.

Pero si por causas especiales, movimientos orogénicos, acciones erosivas muy intensas, cambios relativos de nivel por fenómenos eustáticos, la presión ejercida por los sedimentos sobre los magmas varía, la relación entre la presión que soporta la masa magmática en el proceso de consolidación y la tensión interna propia de la misma cambia, y por ello puede suceder que la consolidación total del magma tenga lugar en cualquiera de las diferentes fases indicadas.

Se comprende que la diferencia entre la presión interna del magma y la externa ejercida sobre él, por la masa de rocas sea función directa de la profundidad, a la que el magma se consolida.

En relación con ello, se admite en la corteza terrestre cuatro diferentes niveles de consolidación: el abisal, que tiene lugar a profundidades superiores a los 7.000 metros; el hipoabisal, situado entre los 3.500 y los 7.000 metros; el nivel subvolcánico, que queda situado entre los 300 y los 3.500 metros, y, finalmente, el nivel volcánico, que no pasa de honduras superiores a los 300 metros (1).

En el nivel abisal, situado a profundidades mayores a 7.000 metros, el magma se consolida a enormes presiones, superiores a la presión interna del mismo, pues está sometido a la carga equivalente a todas las masas de rocas que sobre él gravitan. En este caso, la corteza del mismo no puede resquebrajarse, debido a intrusiones o a fenómenos tectónicos, y las rocas que lo rodean se caracterizan por su extraordinaria compacidad.

Los materiales que puedan desprenderse del magma sólo quedarán diseminados en las aureolas de metamorfismo, pues no existen grietas ni resquebrajaduras en las envolturas sedimentarias que lo rodean, donde tales sustancias puedan depositarse.

Si la consolidación del plutón tiene lugar entre los 3.500 y los 7.000 metros, es decir, en zona hipoabisal, puede suceder que la presión interna sea superior a la externa, pues ya la carga de los materiales de la corteza terrestre, que gravita sobre el batolito, no es tan grande. En este caso pueden originarse los tres períodos de consolidación y en las grietas tener origen la deposición de sustancias metálicas, constituyéndose así filones diversos que quedan, en este caso, a determinada distancia del batolito.

---

(1) ROSO DE LUNA (I.): Obra citada.

En estas condiciones la masa cristalina, como aun la presión a que está sometida es muy grande, sigue siendo holocristalina.

Si la consolidación se efectúa a nivel menos profundo, en la zona subvolcánica, situada entre 300 y 3.500 metros, casi desde el principio la presión interna de la masa magmática es mayor que la externa, siendo por ello el período ortomagmático muy corto, y, por el contrario, largo el hidrotermal. Por ello las condiciones de deposición de las menas minerales son las mejores, alejándose ya las grietas, rellenas, en parte, por tales menas, mucho más del batolito. Finalmente, si la cristalización se hace ya cerca de la superficie de la corteza terrestre, es decir, a profundidades no mayores de 300 metros, la presión interna es siempre mayor que la externa, que en este caso sería semejante a la atmosférica, quedando los períodos de deposición reducidos al ortomagmático y al de sublimación, sin tránsito alguno. En este caso, una gran cantidad de emanaciones que se desprenden de la masa magmática, van directamente a la atmósfera, y en particular el agua, que dará origen a grandes nubes de vapor. En tal fase no se depositan ciertas sustancias, tales como los óxidos y carbonatos, y sí, por el contrario, el azufre y sulfoarseniatos, tales como oro-pimente y rejalgar.

Vemos, pues, que, respecto a los problemas hidrológicos, es fundamental tener idea clara de a qué profundidad se ha efectuado la solidificación de un magma, pues claro se ve que las zonas más favorables para el proceso hidrotermal son las de profundidad media, o sea, las que determinan el tipo subvolcánico y las volcánicas profundas.

Como los períodos orogénicos que dieron origen a las intrusiones magmáticas, se han sucedido en el tiempo, si bien en la Península el fundamental haya sido el hercínico o variscico, y tales masas intrusivas o magmas son los que determinan los fenómenos que hemos descrito, se comprende cuán variada sea la corteza terrestre, respecto a la distribución y características de los filones y depósitos minerales en ellas existentes.

Así, pues, el agua meteórica o juvenil, al discurrir por la corteza terrestre y ponerse en contacto con tan variados materiales, ha de ofrecer características muy diversas, derivadas de los rasgos geológicos y tectónicos regionales de la comarca en que nacen.

*El agua juvenil o magmática.*—El vapor de agua de origen magmático, después de condensarse, puede circular por el interior de la corteza terrestre, aunque alcance relativamente al-

tas temperaturas, indicando RINNE (1), a este respecto, que el agua puede permanecer líquida a gran profundidad, pues hacia los 300° de temperatura es suficiente una presión algo mayor de unos 90 kilogramos por centímetro cuadrado para mantenerla al estado líquido.

Su temperatura crítica se alcanza entonces hacia los 374°. A temperaturas aun más elevadas, bajo una presión conveniente, el agua conserva un carácter muy fluido, así se la supone circulando en las zonas profundas de la corteza terrestre.

Sólo al disminuir la presión el agua pasará al estado de vapor, dando origen, si se escapa directamente a la atmósfera, a las enormes nubes que caracterizan a ciertas grandes erupciones volcánicas.

Pese a la seguridad de que de los magmas se desprenden cantidades grandes de agua, que surgen a la superficie terrestre, dando origen a los manantiales juveniles, por muchos se ha pensado si el volumen del agua en todo su conjunto (mares, lagos, ríos, hielos polares, aguas subterráneas, aguas atmosféricas) se habrá mantenido constante a lo largo de los tiempos geológicos, en que se sabe que las condiciones de habitabilidad de la Tierra han sido muy semejantes a las de ahora, o, por el contrario, hay un decrecimiento continuo, una disminución constante del caudal acuoso total del globo, por absorción de la corteza, como resultado, entre otros fenómenos, de los de hidratación.

Tales cuestiones han sido planteadas, desde hace ya tiempo, por los geólogos, y al divulgarse se llegó por algunos a la suposición de que la absorción de agua por la corteza sólida haría que en un tiempo remoto del lejano porvenir, la vida en el planeta desaparecería por aridez, por falta de agua en la superficie terrestre. Como ejemplo de tal estado de cosas tenemos a nuestro próximo satélite: la luna. Pero tan terrorífico porvenir hoy se ha desechado, porque a la masa acuosa, que en eterno giro circula por el conjunto de las envolturas terrestres, atmósfera, hidrosfera y litosfera, se incorporan constantemente nuevas cantidades de aguas, formadas por síntesis química en el interior del globo, en los magmas, dando origen a las ya conocidas aguas juveniles. Por tanto, más bien parece que, aun en los tiempos geológicos actuales, se efectúa un acrecentamiento del caudal acuoso.

Respecto a estas cuestiones, ya hace años que A. GAUTIER llevó a cabo una experiencia muy interesante que dió mucha luz respecto a la relativa abundancia de aguas juveniles de origen magmático.

---

(1) RINNE (F.): «La science des Roches». Trad. de la 3<sup>e</sup> édition par L. Bertrand. París, 1928.

Operó con diversas clases de rocas eruptivas, las que, reducidas a polvo muy fino, desecaba a presión normal, a temperatura de 200°. Después destilaba en el vacío tales materiales a temperaturas próximas al rojo, en un dispositivo adecuado para recoger los gases.

El resultado, al operar con una roca granítica de tipo normal, fué que de un kilogramo de granito se recogieron unos 10 gramos de agua, con un volumen al estado de vapor, a presión normal, seis o siete veces mayor que el de la roca.

Teniendo esto en cuenta, un metro cúbico de granito (unos 2.600 kilogramos de peso) proporcionaría, en las mismas condiciones 26 litros de agua; un kilómetro cúbico de granito contiene, pues, en su masa 26.000 toneladas de agua naciente, no de imbibición.

Además A. GAUTIER obtuvo del granito diversos gases (hidrógeno libre, ácido carbónico, óxido de carbono, metano, etcétera), gases que son precisamente los mismos, y en proporciones muy semejantes, a los que componen las fumarolas volcánicas del Santorino, cuyo magma liparítico es muy afín, por su composición química, al del granito.

Resultados semejantes obtuvo BRUN al operar con un kilogramo de obsidiana de La Perry. Tal roca, a 500°, dió 5,4 gramos de agua; entre 500° y 956°, 1,1 gramos de agua y cantidades variadas de otros gases, tales como CO<sub>2</sub>, CO, H y N. A 956° se desprendieron cantidades importantes de HCl, CO<sub>2</sub>, CO, H y N.

FOUQUÉ ha calculado que el cráter del Etna arroja cuotidianamente 11.000 metros cúbicos de agua, cantidad que no puede provenir de la humedad atmosférica recibida por el cono volcánico.

Todo lo cual nos indica la importancia relativa del aporte de aguas juveniles que desde las zonas profundas de la corteza terrestre, viene a la superficie de la Tierra.

*Los diferentes tipos de manantiales.*—El origen de las fuentes o manantiales (1) puede dividirse en tres grandes conjuntos: superficiales de origen meteórico, profundas de origen meteórico y magnéticas o juveniles. Estas últimas, no siendo en casos especiales, siempre están, en cierto modo, caracterizadas por aguas de las dos procedencias: meteórica y juvenil. Todas ellas pueden agruparse según indica el cuadro adjunto:

---

(1) DIENERT (F.): «Contribution a l'étude de l'origine des eaux souterraines». C. R. Ac. de Scien., p. 1.402. Paris, 1931.

Origen de los manantiales .....	Aguas meteóricas ..	a) Superficiales ....	Manantiales superficiales.
			Fuentes por afloramiento de estrato impermeable.
			Manantiales de origen cársico.
			Fuentes en contacto de terrenos diferentes.
			Aguas freáticas superficiales.
			Aguas freáticas profundas.
			Manantiales de valle y puerto.
			Aguas artesianas.
			Fuentes por contacto de formaciones geológicas.
			Fuentes determinadas por fallas.
b) Profundas .....	Fuentes determinadas por diques y filones.		
	Fuentes por contacto con una masa batolítica.		
	Aguas magmáticas ..	Volcánicas.	
	Magmáticas propiamente dichas.		

Salvo muy raras excepciones, todos los manantiales de aguas meteórica agrupados en el apartado a) entran en la categoría de potables, pues en ellos la mineralización es muy escasa.

Sólo deben considerarse como aguas minerales, aun cuando tengan el mismo origen, si su composición pasa de la normal. Tal sucede con los muy ricos en cloruro sódico, que cuando se les aprovecha, constituyen las salinas, y con los que, cargándose de otras sales existentes en los sedimentos modernos y superficiales, pueden tener usos medicinales.

Este es el caso de las aguas de Carabaña y Loeches, que no son sino manantiales hipersalinos que han tomado las sales —en este caso sulfatosódico— al atravesar la formación miocena, donde tal sustancia abunda.

En cuanto a los agrupados en el apartado b), la mayor parte dan origen a manantiales mineromedicinales (1), pues en el largo recorrido de sus aguas a través del terreno se han mineralizado acentuadamente.

Más interés tienen las que denominamos magmáticas o juveniles, pues éstas son las verdaderamente mineromedicinales, tanto por su composición química, temperatura y radiactividad, como por los usos que se hacen de ellas, si bien siempre sur-

---

(1) Para la distribución de esta clase de manantiales, consúltese el excelente mapa de los manantiales mineromedicinales de España, a escala 1:1.500.000, publicado recientemente (Madrid, 1947), por el Instituto Geológico y Minero de España.

jan a la superficie mezcladas y, por tanto, ya diluídas con aguas procedentes de la atmósfera, y que he agrupado en los apartados a) y b).

*El termalismo.*—Fenómeno de gran interés en los manantiales mineromedicinales, es la temperatura con que brotan las aguas de determinados nacimientos. Son calificadas por el vulgo como «aguas calientes», siendo las que se conocen con el nombre de *termas* por los antiguos romanos, y con el de *alhamas* por los árabes. También son denominadas *caldas* en Portugal y en las regiones gallega y catalana.

En realidad, no hay regla general para tal calcificación. Para algunos debe aplicarse tales calificativos, y en especial el de aguas termales, cuando, siendo constante la temperatura, pase de la media térmica del país. En este caso, casi todos los manantiales deben considerarse como termales. Otros indican que deben considerarse como termales, sólo aquellas fuentes cuya temperatura es superior a la temperatura normal del cuerpo humano. En este caso se reduce ya mucho el número de los así calificados.

En algunos balnearios denominados caldas, principalmente en Portugal, las aguas brotan con temperatura normal, es decir, sin termalismo, calentándose después para usos médicos, y aun en algunos denominados caldas, tal nombre es debido a que se las considera como aguas calientes, pero que se han enfriado antes de alcanzar la superficie de la Tierra.

Todo ello confunde, no pudiendo en muchos casos interpretarse debidamente el fenómeno hidrogeológico, de no poseerse datos precisos de la temperatura de las aguas de que se trata.

En realidad, puede y debe considerarse aguas termales todas aquellas que teniendo temperatura constante sobrepasa la media térmica de la zona en que brotan, siendo en tal caso el termalismo bajo. Si las aguas sobrepasan por su temperatura los 37°, se considerarán como de termalismo alto, y aun pudiera admitirse un termalismo muy alto cuando la temperatura rebasara los 50°.

El termalismo de las aguas puede ser natural o adquirido. Todas las aguas cuyo origen sea magmático, si fenómenos especiales no se oponen a ello (pequeño caudal, gran difusión, ascendencia muy lenta, mezcla con aguas de origen meteórico, etcétera), deben alcanzar la superficie terrestre con temperatura más o menos alta.

También pueden ser termales, las aguas meteóricas que alcanzan gran profundidad en la corteza terrestre y que, debido al conocido proceso geotérmico, broten calientes al surgir a la superficie de la tierra.

En la Península son muy frecuentes los manantiales termales, denunciando esto la gran complejidad geotectónica de nues-

tros países, fuentes y manantiales cuyo origen geotectónico es muy diverso.

Así las de Caldas de Montbuy, en la provincia de Barcelona, cuyas aguas alcanzan la alta temperatura de 50° a 70°, que dan situadas en una gran fractura que afecta a terrenos graníticos y silúricos. Lo mismo sucede a las aguas del balneario de La Hermida, en la provincia de Santander, que alcanzan temperaturas de 52° a 61° y que se alinea casi de E. a W., a lo largo de otra gran falla con otros establecimientos hidrotermales, como son los de Puentenansa, Caldas de Besaya, Puente Viesgo y Liérganes.

Las aguas de Caldas de Malavella y Vichí catalán, en Girona, con temperaturas de 50°-60° y 59°, respectivamente, y las de Caldas de Bohí, en el Pirineo de Lérida, con temperatura de 56,6°, también están relacionadas con grandes fracturas terrestres.

Hacia la región gallega quedan las célebres fuentes de Las Burgas de Orense (1), cuyas aguas brotan a los 66° en el manantial del Surgidor; las de Caldas de Orense, con 60°, y el balneario de Curtis, en la provincia de Pontevedra, donde alcanzan las aguas los 57°. Todos ellos están situados a lo largo de importantes fracturas que afectan al macizo cristalino del NW. peninsular.

Esta zona se prolonga hacia el S. en Portugal, en donde también hay importantes manantiales de alta temperatura, tales como el de Gerez, con 49°; el de Caldas de Chaves, con 56°, y el de Vizela, con 57°, y que, en relación con otros de menor termalismo o fríos, jalonan, como en Galicia, a grandes fallas que pasan de la zona portuguesa a la española.

Hacia el macizo de sierra de la Estrella, en Portugal, quedan situadas las aguas de Felgueira, con termalismo medio, pues sólo alcanzan los 32,5°, y las de Caldas de Crocón, con 40,6° de temperatura. El mismo origen tiene el balneario de Ledesma, en la provincia de Salamanca, con 52°, que brota en campo granítico, marcando una gran falla orientada de NW. a SE., y a la que se acomoda el Tormes.

En campos volcánicos, muy fracturados, quedan situados los manantiales de Sierra Alhamilla, en la provincia de Almería, con 55°, y los de Archena en la de Murcia, con 52,5°; los carbónicos de la provincia de Ciudad Real, como los hervideros de Fuensanta, de termalismo bajo, y el manantial de Fuencaiente, con 50° de temperatura.

Grandes fracturas son las que han determinado los manan-

---

(1) BESCANSA (F.): «Temperatura del agua de Burgos de Orense». *Bol. Soc. Esp. Esp. de Hist. Nat.* Tomo IX. Madrid, 1909.

jan a la superficie mezcladas y, por tanto, ya diluídas con aguas procedentes de la atmósfera, y que he agrupado en los apartados a) y b).

*El termalismo.*—Fenómeno de gran interés en los manantiales mineromedicinales, es la temperatura con que brotan las aguas de determinados nacimientos. Son calificadas por el vulgo como «aguas calientes», siendo las que se conocen con el nombre de *termas* por los antiguos romanos, y con el de *alhamas* por los árabes. También son denominadas *caldas* en Portugal y en las regiones gallega y catalana.

En realidad, no hay regla general para tal calcificación. Para algunos debe aplicarse tales calificativos, y en especial el de aguas termales, cuando, siendo constante la temperatura, pase de la media térmica del país. En este caso, casi todos los manantiales deben considerarse como termales. Otros indican que deben considerarse como *termales*, sólo aquellas fuentes cuya temperatura es superior a la temperatura normal del cuerpo humano. En este caso se reduce ya mucho el número de los así calificados.

En algunos balnearios denominados *caldas*, principalmente en Portugal, las aguas brotan con temperatura normal, es decir, sin termalismo, calentándose después para usos médicos, y aun en algunos denominados *caldas*, tal nombre es debido a que se las considera como aguas calientes, pero que se han enfriado antes de alcanzar la superficie de la Tierra.

Todo ello confunde, no pudiendo en muchos casos interpretarse debidamente el fenómeno hidrogeológico, de no poseerse datos precisos de la temperatura de las aguas de que se trata.

En realidad, puede y debe considerarse aguas *termales* todas aquellas que teniendo temperatura constante sobrepasa la media térmica de la zona en que brotan, siendo en tal caso el termalismo bajo. Si las aguas sobrepasan por su temperatura los 37°, se considerarán como de termalismo alto, y aun pudiera admitirse un termalismo muy alto cuando la temperatura rebasara los 50°.

El termalismo de las aguas puede ser natural o adquirido. Todas las aguas cuyo origen sea magmático, si fenómenos especiales no se oponen a ello (pequeño caudal, gran difusión, ascendencia muy lenta, mezcla con aguas de origen meteórico, etcétera), deben alcanzar la superficie terrestre con temperatura más o menos alta.

También pueden ser *termales*, las aguas meteóricas que alcanzan gran profundidad en la corteza terrestre y que, debido al conocido proceso geotérmico, broten calientes al surgir a la superficie de la tierra.

En la Península son muy frecuentes los manantiales *termales*, denunciando esto la gran complejidad geotectónica de nues-

tros países, fuentes y manantiales cuyo origen geotectónico es muy diverso.

Así las de Caldas de Montbuy, en la provincia de Barcelona, cuyas aguas alcanzan la alta temperatura de 50° a 70°, que dan situadas en una gran fractura que afecta a terrenos graníticos y silúricos. Lo mismo sucede a las aguas del balneario de La Hermida, en la provincia de Santander, que alcanzan temperaturas de 52° a 61° y que se alinea casi de E. a W., a lo largo de otra gran falla con otros establecimientos hidrotermales, como son los de Puentenansa, Caldas de Besaya, Puente Viesgo y Liérganes.

Las aguas de Caldas de Malavella y Vichí catalán, en Gerona, con temperaturas de 50°-60° y 59°, respectivamente, y las de Caldas de Bohí, en el Pirineo de Lérida, con temperatura de 56,6°, también están relacionadas con grandes fracturas terrestres.

Hacia la región gallega quedan las célebres fuentes de Las Burgas de Orense (1), cuyas aguas brotan a los 66° en el manantial del Surgidor; las de Caldas de Orense, con 60°, y el balneario de Curtis, en la provincia de Pontevedra, donde alcanzan las aguas los 57°. Todos ellos están situados a lo largo de importantes fracturas que afectan al macizo cristalino del NW. peninsular.

Esta zona se prolonga hacia el S. en Portugal, en donde también hay importantes manantiales de alta temperatura, tales como el de Gerez, con 49°; el de Caldas de Chaves, con 56°, y el de Vizela, con 57°, y que, en relación con otros de menor termalismo o fríos, jalonan, como en Galicia, a grandes fallas que pasan de la zona portuguesa a la española.

Hacia el macizo de sierra de la Estrella, en Portugal, quedan situadas las aguas de Felgueira, con termalismo medio, pues sólo alcanzan los 32,5°, y las de Caldas de Crocón, con 40,6° de temperatura. El mismo origen tiene el balneario de Ledesma, en la provincia de Salamanca, con 52°, que brota en campo granítico, marcando una gran falla orientada de NW. a SE., y a la que se acomoda el Tormes.

En campos volcánicos, muy fracturados, quedan situados los manantiales de Sierra Alhamilla, en la provincia de Almería, con 55°, y los de Archena en la de Murcia, con 52,5°; los carbónicos de la provincia de Ciudad Real, como los hervideros de Fuensanta, de termalismo bajo, y el manantial de Fuencaiente, con 50° de temperatura.

Grandes fracturas son las que han determinado los manan-

---

(1) BESCANSA (F.): «Temperatura del agua de Burgos de Orense». *Bol. Soc. Esp. Esp. de Hist. Nat.* Tomo IX. Madrid, 1909.

tiales de Arnedillo, en Logroño, con 52,5°, y los de Alhama de Aragón, con 34°, y Alhama de Murcia, con 49°.

De todos los manantiales citados, pueden ser considerados como de origen muy probablemente magmático, los de la región galaicoduriense, los de la sierra de la Estrella y los de Almería y Murcia, y muchos de los del conjunto de Calatrava, en Ciudad Real, representan una última fase volcánica, y lo mismo pudiera suceder con los citados de la provincia de Gerona.

Típicamente tectónicos serían los restantes, o sea, los de Arnedillo, Alhama de Aragón, Fuencaliente, La Hermida, Caldas de Bohí y Caldas de Montbuy.

#### RELACIÓN DE LA HIDROLOGÍA CON FRACTURAS IMPORTANTES DE LA PENÍNSULA

*Zona hidrotermal de la región galaicoduriense.*—Donde el problema de la hidrología y de las fracturas de la corteza terrestre (1) se muestra más claro, es en el NW. peninsular (2). CARLOS TEIXEIRA (3) ha expuesto recientemente cómo los nacimientos o manantiales portugueses se alinean en gran número a lo largo de importantes fracturas, a las que se amoldan los valles de los ríos Miño, Cávado (4), Támeiga y Corgo, fracturas que pasan a territorio español, continuando del mismo modo jalonadas por establecimientos y manantiales minero-medicinales (5). Sin duda, la línea hidrogeológica más importante en estas zonas es, la que, iniciándose en Regua, sigue el valle del Corgo hacia Chaves y Verín (6), accidente tectónico que recientemente he prolongado hasta los parajes inmediatos a la confluencia del Miño con el Sil.

Más o menos normales a estas fracturas principales existen otras que siguen el eje de culminaciones del sistema hercí-

---

(1) FREIRE DE ANDRADE: «Decrição do esboço duma carta tectónica de Portugal». Lisboa, 1937.

(2) DE MENEZES CORREA ACCIAUOLI (L.): «Aguas de Portugal minerais e de Mesa. Historia y Bibliografía», tomo I-II-III-IV. El tomo V en publicación. Lisboa, 1942-45.

(3) TEIXEIRA (C.): «Essai sur la paleogeographie du littoral portugais au nord du Vouga». *Petrus Nonius*, vol. VI, fasc. 3 e 4. Lisboa, 1946.

(4) FREIRE DE ANDRADE (C.): «Consideracoes sobre a linha de depressões Barcelos-Montalegre». *Bol. núm. 4 Mus. de Min. e Geol. da Univ. de Lisboa*, 1935.

(5) CHOFFAT (P.): «La ligne de dépressions Regua-Verin et ses sources carbonatées». Extr. du t. XII des *Com. do Serv. Geol de Portugal*. Lisboa, 1917.

(6) HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): Discurso de recepción en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid, 1923.

nico, según supone STAUB (1), y que, dirigidos de NNW. a SSE., van de Melgaço a Guarda, pasando, más o menos, por Mosteiro de Vieira, Freixeiro y Lamego.

Otra gran fractura o accidente señalado por C.<sup>a</sup> TEIXEIRA en territorio portugués es, la que, desde las zonas situadas al SE. de Pontevedra, se alinea a lo largo del valle del Tea, quedando jalonada por los balnearios de Fraga, Posada de las Hachas, y en Portugal, por el de Monsão y valle del río Ver, y los manantiales de Dossaós, Gertal, Fraiã, Crespos y Taipas.

Es frecuente que en el cruce de tales líneas tectónicas los manantiales sean muy numerosos, tal es lo que se observa al cruzar esta última gran falla con el Miño y el Cávado.

Esta red de fracturas se constituyó en tiempos muy antiguos, posthercínicos, pero se han rejuvenecido en cada nueva fase tectónica y muy fundamentalmente en tiempos pliocenos y cuaternarios, que es cuando, por remoción de los bloques corticales, se han acentuado los fenómenos hidrogeológicos que caracterizan en época actual, al dominio galaicoduriense.

El conjunto de todos estos manantiales es fundamentalmente sulfurosos, carbonatados y cloruradosódicos, con gran riqueza de gas carbónico, ofreciendo algunos altas temperaturas y muchos acentuada radiactividad, fenómenos que están en la actualidad estudiándose por el ingeniero LÓPEZ AZCONA, del Instituto Geológico y Minero de España (2).

Estas aguas, dadas sus características, pueden en muchos casos ser consideradas, en parte, como de origen magmático, pero en otros pudieran ser simplemente aguas meteóricas que han alcanzado gran profundidad, a lo que sería debido su alta temperatura. Su radiactividad está en relación con los macizos graníticos que caracterizan a la región.

*Zona eruptiva e hidrotermal del Campo de Calatrava.*—Hacia el centro de la submeseta meridional, en el Campo de Calatrava, queda localizada la zona volcánica de Ciudad Real, que estudié hace años (3).

No menos de 30 manantiales ferruginosos y bicarbonatados existen en este distrito volcánico, a los que acompañan otros de menor importancia, dando origen al conjunto más interesante de aguas de este tipo de la Península.

La red de fracturas, que lo determinan, de ascendencia post-

---

(1) STAUB (R.): «Ideas sobre la tectónica de España». *R. Ac. Cienc. Bell. Let. y Nobl. Art.* Córdoba, 1927.

(2) LÓPEZ AZCONA (M.): «Composición elemental por métodos espectrales de aguas medicinales de la Peínsula Ibérica». *Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España*, número 17. Madrid, 1947.

(3) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): «Estudio de la región volcánica central de España». *Mem. Real Acad. de Cienc. Exact. Fís. y Nat.* T. III. Cienc. Nat. Madrid, 1932.

hercínica, que en tiempos pliocenos y cuaternarios originaron las erupciones basálticas, afectan al Paleozoico, fundamentalmente al Silúrico inferior cuarcito, pizarroso. Quedan orientados, en general, de NW. a SE., entrecruzándose con otra red secundaria dirigida de SSW. a NNE. o de SW. a NE. Las primeras son, por lo general, bastante verticales y se amoldan a las direcciones hercínicas; las otras han sido motivadas por desenganches laterales que cortan más o menos normalmente a los plegamientos hercínicos, siendo estas últimas más recientes y debidas a la tectónica postalpina. Todo el conjunto se ha rejuvenecido en tiempos recientes, a consecuencia de movimientos epirogénicos, originándose en estas zonas un intenso volcanismo pliocuaternario, cuya fase póstuma está representada por el proceso hidrológico que caracteriza a la región.

La fractura principal, a la que se subordinan todas las demás, es la que pudiéramos denominar del Guadiana, que corta a todo el Campo de Calatrava, fractura que quizá se prolongue hacia el NW. hasta alcanzar el valle del río Tajo, en cuyas márgenes queda localizado el balneario de Venta del Hoyo, bicarbonatadosódico. Tal falla queda jalonada dentro de la provincia de Toledo por el manantial ferruginoso de Espinoso del Rey, y ya en la de Ciudad Real, por los de Navalpino, Santa María, Piedrabuena y Almadén de Cervera, que se asientan a lo largo del valle del Guadiana, río que sigue a tal línea geotectónica. Siguen después, situados a lo largo de la falla, los hervideros de Fuensanta, del Chorrillo, de Granátula y el manantial Antimonio y los de Villamanrique y Cervantes. Tal fractura rectilínea no mide, de NW. a SE., menos de 225 kilómetros.

*La gran fractura hidrotermal de Santander.*—Alineación de manantiales y balnearios importantes debida a una gran falla, orientada de W. a E., es la que en la provincia de Santander corre entre la Cordillera Cantábrica y el mar.

Se inicia al E. del macizo de calizas carboníferas de los Picos de Europa, en el balneario de La Hermida, y continúa hacia el E., jalonada por el balneario de Puente Nansa, y los manantiales de Quijas y Gauzo, y los balnearios de Caldas de Besaya, Puente Viesgo, para terminar en el de Liérganes, después de un recorrido de unos 175 kilómetros. Son cloruradosódicos, ferruginosos y sulfurosocálcicos, caracterizados, en general, por termalismo elevado.

Tal fractura fué ya reconocida hidrológicamente por SÁNCHEZ LOZANO (1), y es típica de la fase de descompresión post-

---

(1) SÁNCHEZ LOZANO: «La tectónica general en sus relaciones con las aguas mineromedicinales». *Bol. Inst. Geol. de España*, tomo XXXIV (XIV de la segunda serie), 1913. Madrid, 1914.

alpina, que ha dado el acentuado carácter sajónico a determinadas zonas septentrionales de la Cordillera, fracturas rejuvenecidas en época muy reciente y aún no consolidadas, lo que está denunciado por cierta sismicidad que caracteriza a la comarca.

El origen de toda esta serie de manantiales está motivado fundamentalmente, por el gran conjunto calizo del Carbonífero inferior, que da origen, hacia el S., en las zonas más occidentales, a los altos macizos que dominan al quebrado país montaños que se extiende hacia el N.

Más hacia el E., las calizas carboníferas quedan cubiertas por la cobertera secundaria, que aumenta rápidamente de potencia de W. a E., al mismo tiempo que desciende la altitud del país, por la que el Carbonífero ha quedado ya muy profundo.

En algunas zonas, este Carbonífero calizo ha de estar constituido, además, por niveles areniscosos y pizarrosos de horizontes más altos.

Directamente sobre el Carbonífero descansa, con marcada discordancia, la potente formación de areniscas permotriásicas, y por encima las margas yesíferas de la misma edad, con relativa gran potencia, conjunto de gran plasticidad e impermeabilidad que separa al substrato, muy rígido, constituido por el Paleozoico, de los terrenos superiores, también rígidos, formados por los potentes conjuntos calizomargosos y arenicosos del Jurásico y Cretáceo.

La gran mole caliza carbonífera y la cobertera secundaria, está hendida por una gran falla, paralela a la costa, a la que se subordinan otras secundarias, pues ya se indicó que toda esta zona ofrece características acentuadas de tectónica sajónica. El compartimiento que queda hacia el N. de la fractura principal está, con respecto al meridional, algunas centenas de metros más abajo.

Un alargado y estrecho manchón triásico va, más o menos, marcando la gran línea de fractura, que, como se indicó, queda jalonada por los manantiales citados y fuentes salinas, como la de Cabezón de la Sal, así como por fenómenos diapíricos.

El mecanismo de todos estos manantiales, y fundamentalmente el gran termalismo de alguno de ellos, puede explicarse suponiendo que las aguas procedentes de lluvias y nieves, o sea, las meteóricas, se infiltran a través de las calizas carboníferas en las zonas altas de las montañas que quedan hacia el S., en el segmento occidental de la fractura, dando origen a un fenómeno corriente de tipo cárstico, alcanzando gran profundidad, pues sabido es que estas calizas carboníferas tienen enormes potencias, profundidad que ha de sobrepasar los 1.500

metros, adquiriendo en tales zonas las aguas su elevado termalismo.

Las aguas circulan por las calizas, encerradas en ellas debido a los sedimentos impermeables que las cubren, surgiendo de nuevo al alcanzar las zonas falladas, que se caracterizan por intensos y típicos fenómenos de diapirismo, que hacen surgir al exterior, de modo anormal, las masas profundas de las arcillas yesíferas triásicas del Keuper.

Dominan, pues, en estos manantiales, pudiera decirse en absoluto, las aguas de origen meteórico, lo que está además justificado por el gran caudal que los caracteriza, que es de 7.000 litros por segundo en el de La Hermida; de 960, en Caldas de Besaya, y de 944, en Puente Viego.

De todos modos, ya SÁNCHEZ LOZANO (1) indica, en relación con estos manantiales, que se reconocen, más o menos en relación con ellos, formaciones filonianas, que en Caldas de Besaya y Puente Viego presentan depósitos de baritina cristalizada, y, además, en este último piromorfita, mineral muy típico en los criaderos de galena.

Vemos, pues, que la mineralización hidrotermal ha existido, siendo típica de la región, si bien hoy pueda admitirse que tal proceso ha terminado y que el origen de estos manantiales esté sólo motivado por la presencia de tal fractura. que ha debido rejuvenecerse, como se indicó, en tiempos muy recientes, no estando aún consolidada, pues ya se dijo que los fenómenos sísmicos afectan a veces, regionalmente a la comarca.

*Fracturas del Sureste peninsular.*—Dos fracturas muy importantes del SE. peninsular, o mejor sistemas de fracturas, son los que en las provincias de Almería y Murcia cortan al país. Se orienta de SW. a NE., la que va de Almería a Murcia por el corredor de Sorbes, Cuevas de Vera y valle del Sangonera, y de SE. a NW. la que desde Guadix alcanza los campos de Gata, siguiendo la depresión que separa el macizo de la Sierra Nevada del de los Filabres. Estas fracturas afectan en estas zonas, a los materiales intensamente metamorfizados que forman el zócalo profundo de tales comarcas peninsulares.

Ambas fracturas se cortan cerca y al N. de Almería, determinando tal cruce una aglomeración de balnearios y manantiales mineromedicinales, como son los de Alhama la Seca, Fuensanta de Gérgal, con aguas bicarbonatadas; de Sierra Alhamilla, bicarbonatadas cálcicas; Alfaro, sulfurosas cálcicas. y los de Alboboloduy, Alicún, Bentarique y de La Familia, sul-

---

(1) SÁNCHEZ LOZANO: Obra citada.

fatadas. Son fuertemente termales los de Sierra Alhamilla, con temperatura de 55°, y el de Alhama la Seca, con 48,9°.

A estas grandes fallas se subordinan otras, muy frecuentes en toda la región, que desde Málaga, por Granada, continúan hacia Almería, dando ello origen a una de las zonas peninsulares más interesantes, por sus rasgos hidrológicos, y en donde quedan situados balnearios tan importantes como los de Carratraca, Alhama de Granada, Lanjarón, Guardias Viejas y otros.

El origen de todos es fundamentalmente debido a aguas meteóricas profundas, más o menos influencias en zonas locales, con afloramientos eruptivos, siendo de gran interés emprender su estudio, pues pudieran dar mucha luz sobre la complicada tectónica e hidrología de esta región.

*Fracturas del borde Sur de la depresión del Ebro.*—Importantes por sus características hidrogeológicas son las fracturas tectónicas que separan el macizo hercínico de la sierra de La Demanda y la que más hacia el E. queda limitando a ésta del conjunto secundario de la depresión terciaria del Ebro (1).

En esta última zona, la falla, que es muy importante y que se aprecia patentemente en el terreno, por los accidentes y trastornos que origina, fundamentalmente en las calizas jurásicas, se orienta de NW. a SE., determinando en los límites meridionales de Navarra y Logroño, una aglomeración de manantiales mineromedicinales, destacando en ella los de Fitero, Cervera de Río Alhama, Foncea y otros, que quedan, por medio de tal accidente, relacionados con los de Arnedillo y Riba los Baños, situados más hacia el WNW. Las aguas de Arnedillo y Fitero son clorurado sódicas, teniendo temperaturas de 52,5° y 48°, respectivamente; las de Riba los Baños y Cervera de Río Alhama, bicarbonatado sódicas, y las de Foncea, sulfuro cálcicas.

Esta fractura es de época postalpídica, y los manantiales mineromedicinales por ella determinados son de origen meteórico, pero proviniendo de gran profundidad, lo que queda denunciado por el fuerte termalismo de algunas de sus aguas.

Se trata, pues, de otro buen ejemplo de manantiales típicamente tectónicos.

*La gran falla de Alhama de Aragón y sus manantiales termales.*—Fractura muy importante es la que da origen al manantial termal de Alhama de Aragón (Zaragoza). Esta fractura es muy típica del sistema ibérico, siendo, sin duda, una de las principales que lo afectan.

Están clasificadas las aguas de Alhama de Aragón como bicarbonatadas cálcicosódicas, siendo además algo arsenicales.

---

(1) SÁNCHEZ LOZANO (R.): Obra citada.

Brotan a temperatura comprendida entre 32° a 34°, con un gran caudal, pues alcanza en la fuente de la Gran Cascada a 16.000 litros por minuto, o sea unos 266,1 por segundo. Existen además otros manantiales de caudal muy diverso, en las inmediaciones de la zona ocupada por los balnearios.

La falla afecta directamente a los terrenos cretáceos, que comprende desde los niveles albenses hasta los pisos más altos del Cretáceo superior, e incluso niveles del Eoceno inferior, que está sensiblemente concordante con la formación secundaria.

Tal fractura da origen a un accidente topográfico determinado por la alineación de la serrata de Los Cabezos, muy escarpada, en la que predominan los materiales calizomargosos. Queda orientada tal serrezuela de NW. a SE., interrumpiendo bruscamente la llanura que queda al W., formada por el Mioceno continental.

Esta alineación es cortada normalmente por el río Jalón, dando origen a una angostura o congosto, en el que se pone al descubierto, de manera patente, los efectos de la fractura que ha levantado hasta la vertical las capas calizas del Cretáceo, que vienen a quedar a tope contra otras de la misma edad, aparatadamente plegadas.

La banda de terrenos cretáceo-eocenos, con algún pequeño manchón oligoceno, directamente afectada por el fenómeno tectónico, queda hacia Occidente cubierta por la patente formación del Mioceno continental sensiblemente horizontal. Hacia el E., la formación secundariopaleogena, descansa sobre estrecha banda triásica, con una cierta discordancia tectónica, estando a su vez el Triásico apoyado, muy discordantemente sobre el gran manchón silúrico formado por cuarcitas y pizarras de Bubiera-Ateca. Tal formación silúrica es la que forma el substrato profundo de toda esta comarca.

A lo largo de la gran falla, a la que se subordinan otras secundarias y que han hecho destacar topográficamente al Cretáceo, brotan no sólo los manantiales de Alhama, sino también otros de menor importancia, y que desde Deza y Cihuela (Soria), Embid de Ariza, hasta Alhama, jalonan el accidente tectónico.

Casi todos los manantiales ofrecen claro termalismo, pues incluso los potentes manantiales de Deza, cuyo caudal, en el de la Cabeza del Agua, es de unos 118 litros por segundo, brotan con temperatura constante de unos 23°.

Las aguas de toda esta serie de manantiales son de origen claramente meteórico, y por los estudios que he llevado a cabo (1)

---

(1) HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): «Estudio hidrogeológico del manantial de Alhama de Aragón». I Congreso Luso-Español de Hidrología Trab. en publicación.

de la región, puede decirse que proceden de las altas parameras de Medinaceli y Molina de Aragón, parajes donde las aguas de lluvia y nieve se filtran a través de los afloramientos calizos secundarios, fundamentalmente de los jurásicos, hasta que alcanzan el substrato impermeable arcilloso yesífero del Triásico, de donde en parte toman las sustancias minerales que llevan en disolución. Como tal formación triásica, no ha de ser absolutamente continua en profundidad, bajo la cobertera caliza jurásicocretácea, las aguas a veces se ponen en contacto con la formación silúrica, que a gran profundidad constituye el verdadero substrato profundo impermeable.

Todas las formaciones están en general inclinadas hacia el E., descendiendo en gradería hacia el valle del Ebro, mediante fallas secundarias, siendo la de Alhama la fundamental; por ello las aguas subterráneas avanzan lentamente de W. a E., de modo difuso, hasta que bruscamente son atajadas por la gran falla de Alhama, que no sólo afecta al conjunto secundario, sino también al paleozoico, pues muy probablemente tal accidente se acomodó a fracturas posthercínicas, rejuveneciéndose el conjunto posteriormente, con la fase tectónica alpídica y en los postreros movimientos pliocenos, que es cuando, en definitiva, se constituye esta gran fractura longitudinal, una de las principales del sistema ibérico.

Así, pues, las aguas meteóricas descenden, siguiendo los sedimentos calizos secundarios, hasta profundidades que han de sobrepasar los 1.000 m., surgiendo de nuevo a la superficie ya mineralizadas y con determinado termalismo, al ser atajadas por esta falla, a la que están subordinados los manantiales que dan origen a los de Alhama de Aragón.

*Hidrogeología de la cordillera costero catalana.*—Agrupación muy interesante de manantiales diversos, por su origen y composición química, así como por su termalismo, es la que sigue la cordillera costero catalana a lo largo de las provincias de Barcelona y Gerona, zona donde radican algunos de los más importantes de la Península, como el de Caldas de Montbuy, clorurado sodio, y de un alto termalismo, pues sus aguas alcanzan los 78°, y las del Caldas de Malabella, Vilapuig, etc.

El carácter acentuado de tectónica de tipo sajónico, con grandes fracturas orientadas longitudinalmente a la cordillera y transversalmente a la misma, da origen a arrumbamientos de SW. a NE. y de NNW. a SSE., que afectan, no sólo al núcleo hercínico, paleozoico granítico, sino también a la cobertera secundario terciaria. Tal fenómeno hace que en este país de fosas y pilares, la frecuencia y variedad de aguas minero-medicinales sea grande, si bien dominan las de tipo sulfuroso y las bicarbonatadas, cálcicas y sódicas.

Algunos manantiales surgen en el contacto de macizos gra-

níticos con afloramientos basálticos; tal sucede con el de Caldas de Malabella, o a lo largo de fallas importantes que afectan, tanto a la cobertera terciaria, como a los terrenos paleozoicos inferiores, como sucede con el de Caldas de Montbuy, pudiendo suponerse en este caso que la alta temperatura de sus aguas, que alcanzan los 78°, puede ser debido a fenómenos radiactivos, originados en la zona superficial del batolito granítico que debe existir en el substrato. Ello explicaría también la radiactividad de los manantiales de Bañolas, que brotan en fallas que afectan al Terciario inferior, bajo el cual, y a no gran profundidad, debe quedar el granito.

Así, pues, tanto la influencia volcánica de época geológica reciente, como la de los batolitos graníticos, influyen en este conjunto de manantiales, que surgen en un campo muy fracturado por una tectónica de tipo sajónico.

*Manantiales del Valle de Arán y del macizo de la Maladetta.*—Muy interesantes son los manantiales y pequeños balnearios del Pirineo Central, relacionados con el macizo granítico de la Maladetta. La mayor parte quedan al N. de tal macizo y situados ya en pleno Valle de Arán (1).

Sus aguas o son sulfurosas o ferruginosas, estando tal conjunto formado por los baños y fuentes de Benasque (Huesca), Les, Garós, Arties, Caldas de Bohí, San Vicens (Lérida), todos sulfurosos, y los de Aneo, Isil, Montenardo y Besán, también de Lérida, ferruginosos. Ofrecen muchos destacado termalismo, sobresaliendo el grupo de Caldas de Bohí, que alcanza en una de sus fuentes los 56,6°.

Este conjunto de manantiales surge en el granito o en los materiales pizarrosos y calizos del Paleozoico inferior (Silúrico y Devónico), sobrepuestos al granito e intensamente metamorfizados por él; terrenos que están afectados por una tectónica hercínica y posthercínica, que los ha plegado y fracturado muy intensamente, fracturas que se han rejuvenecido en el período orogénico pirenaicoalpino.

Las fallas que afectan a la región quedan agrupadas en dos conjuntos: uno orientado de NW. a SE., que se subordina a la tectónica hercínica, y otro arrumbado más o menos de E. a W., y que representa a las fracturas provocadas por las fases fundamentales de movimiento tectónico pirenaico. Ambos conjuntos se entrecruzan, siendo precisamente en tales lugares donde surgen los manantiales y también en el contacto anormal del Paleozoico con el granito. Las aguas de más alto termalis-

---

(1) FAURA Y SANZ: «Sobre hidrología subterránea en los Pirineos centrales de Aragón y Cataluña. *Bol. Soc. Esp. de Hist. Nat.* Madrid, 1916.

mo —Caldas de Bohí— provienen directamente del batolito granítico.

Estas aguas son representativas de una hidrología tectónica profunda, pero de origen meteórico, aunque en parte y en determinados casos —Benasque, Becans, Garós y Caldas de Bohí— la existencia de aguas de origen magmático no deba desecharse en absoluto, y más en este último balneario, uno de los de temperatura más alta (56,6°) del Pirineo.

*El campo hidrogeológico del país vasco.*—Sin duda alguna, la concentración más extraordinaria de manantiales minero medicinales y de balnearios, algunos de ellos famosos, se encuentra en el país vasco, y fundamentalmente en las provincias de Guipúzcoa y Vizcaya.

No trataré de los que existen al N. de la provincia de Alava, que están íntimamente relacionados con los de las zonas septentrionales de las de Burgos y Logroño, siendo todos ellos debidos a un conjunto de fallas orientados de WNW. a ESE., y a los que se amolda en general el valle del Ebro. Tales fallas afectan a la cobertera secundaria, fundamentalmente formada por el Cretáceo inferior, que en estas zonas ofrece grandes potencias, roturas que están relacionadas con erupciones ofíticas y fenómenos de diapirismo, mucho más frecuentes y típicos conforme se avanza hacia el W.

El conjunto de manantiales de Guipúzcoa y Vizcaya pasa de los 75, dominando las aguas ferruginosas, las sulfurosas y cloruradas sódicas, destacando por su importancia los balnearios de Cestona, Molinar de Carranza y Urberuaga de Ubilla, con aguas cloruradas sódicas; Insalus, del tipo bicarbonatadas cálcicas, y Zaldívar, sulfatadas sódicas, etc.

Todo el país está afectado bastante intensamente, como sabemos, por la tectónica pirenaicoalpina, que determinó la formación de un conjunto de plegamientos orientados en general de WNW. a ESE., fracturados y rotos en sentido longitudinal, y frecuentemente por sus charnelas o sus flancos, lo que hace que, en ocasiones, grandes paquetes de capas queden levantados casi hasta la vertical. El país, en su conjunto, tectónicamente considerado, es de tipo sajónico, lo que ha motivado las grandes erupciones ofíticas, que alcanzan gran desarrollo en tierras vascongadas, así como fenómenos diapíricos, que han hecho surgir en estas zonas, a las masas arcillosas salinas del Keuper infrayacente, fenómenos que alcanzan características mucho más acentuadas hacia Occidente, por la provincia de Santander y hacia el S., en tierras de Alava. El substrato profundo ha de estar constituido por el Paleozoico, que da origen al zócalo rígido que, no amoldándose a la tectónica alpídica, sino mediante pliegues de gran radio, motivó la fracturación de la cobertera secundaria. Todos estos fenómenos han sido en parte

descritos por RÍOS (1), quien ha estudiado el diapirismo de esta fosa cantábrica, ocupada por las potentes formaciones del Cretáceo inferior, de gran rigidez y constituídos fundamentalmente por las areniscas del Wealdico y las calizas del infracretáceo y Cretáceo superior.

El termalismo de toda esta zona es débil. Las aguas del balneario de Molinas de Carranza (Vizcaya) alcanzan temperaturas de 32°-36°; las de Cestona, oscilan entre 27° y 36°, y no pasan de 27° los del balneario de Urberuaga de Ubilla.

Como, por otra parte, en la composición química de las aguas de esta región dominan casi exclusivamente los compuestos salinos, típicos de una formación sedimentaria de calizas, margas y arcillas yesosas, tales manantiales deben clasificarse entre los tectónicos, de origen meteórico, no muy profundos. No guardan, pues, relación alguna con los fenómenos eruptivos ofíticos, manifestaciones volcánicas superficiales del Secundario superior, ya totalmente consolidadas y extinguidas.

Por lo que hemos dicho, se llega a la conclusión de que los fenómenos tectónicos y la hidrología profunda, la que da origen a los manantiales que por el carácter físico-químico de sus aguas merecen ser denominados mineromedicinales, están íntimamente relacionados.

Es la fase paroxismal la que plegando a los grandes conjuntos sedimentarios y aun desplazándolos, arrollándolos y amontonándolos en ingentes arquitecturas y permitiendo o, mejor, provocando las intrusiones magmáticas en las zonas profundas, en las raíces de las montañas que nacen, la que inicia el proceso hidrogeológico.

La fase tectónica póstuma es la que fracturando el terreno determina la circulación del agua a través de la zona superficial de la corteza terrestre, poniendo en comunicación a los magmas, con la superficie de la tierra.

Todo período hidrogeológico post-tectónico es, en general, de corta duración, teniendo en cuenta la total de un proceso orogenético, pudiendo tal período quedar dividido en dos tiempos: uno inicial, hidrotermal intenso, en el que las aguas de origen magmático son relativamente abundantes; otro de bajo termalismo o atermal, mucho más débil, pero de mayor duración, y que representa la fase final del proceso hidrogeológico, en el cual las aguas de origen magmático son muy escasas o faltan en absoluto.

En el primer caso, un cierto caudal de agua no cierra cir-

---

(1) RÍOS (J. M.): «Diapirismo». *Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, tomo LX, 20.º de la tercera serie. Madrid, 1947.

cuito al circular por la envoltura externa de nuestro globo, sino que surge a la superficie por primera vez. En el segundo caso sí, puesto que el mayor caudal de agua proviene del agua atmosférica o meteórica, y a la atmósfera ha de volver después de seguir un camino más o menos complejo y largo.

Nos hace suponer que el proceso que determina los fenómenos hidrogeológicos sea corto, las señales evidentes en los manantiales actuales, de aportes de agua de extraordinario caudal, durante épocas pasadas, aguas que brotaban a mayor altura.

En general, tales manantiales están relacionados con fallas fácil y claramente reconocibles, fracturas que han podido rejuvenecerse y originar en épocas recientes, a finales del Terciario o en tiempo cuaternario, el proceso hidrogeológico.

Lo indicado se puede observar a lo largo de la gran falla del río Henar, que motiva, entre otros manantiales, el termal de Alhama de Aragón, así como en los alrededores de Caldas de Besaya y Puente Viesgo, zonas donde a alturas diversas, situadas entre 40-50 m. sobre las cuencas de los ríos Henar, Pas y Besaya, se reconocen los antiguos conductos seguidos por las aguas, hoy secos, y los depósitos o sedimentos calizos dejados por las mismas.

Así, pues, los períodos de intensa hidrología se suceden en el tiempo, teniendo lugar cada uno de ellos después de un fenómeno tectónico, caracterizado por la formación de fallas a consecuencia de movimientos de distensión acaecidos posteriormente a la fase paroxismal orogénica.

Sumamente complejo, pero extraordinariamente interesante, es el proceso hidrogeológico, teniendo la ventaja de que su estudio no es exclusivo de determinada profesión, pues ha de hacerse por verdaderos equipos de técnicos, ya que los diversos problemas que han de resolverse, afectan a ciencias muy diversas.

Al geólogo corresponde poder explicar la razón del nacimiento de las aguas; al geofísico, deducir sus características y el origen de los mismos; al químico está reservado el análisis de las aguas, operación larga y minuciosa. Al médico, una vez conocido el tipo de aguas, aconsejar quiénes y cómo han de hacer uso de las mismas, tratando de curar, o al menos remediar sus dolencias.

A todos ellos ha de unirse el ingeniero, que estará encargado de la captación del manantial, de tal modo hecha que todas las características de la agua se conserven, para de este modo aprovechar al máximo sus cualidades.

Y no se ha de olvidar al propietario del manantial, al industrial, al que le está reservada la explotación de las aguas

o del balneario, que, hecha con inteligencia y agrado, hace grata la estancia del que por necesidad ha de concurrir al mismo.

La hidrología es ciencia que une a los hombres en su afán común de investigación, pues el estudio de las aguas que de lo profundo de la corteza terrestre a nosotros llegan cargadas de misteriosas cualidades, don divino, presente de Dios a los hombres, no sólo nos ofrecen un camino para llegar a lo desconocido, sino que son aguas de vida, que llevan el descanso, la salud y la alegría a los que suiren.

HE DICHO.

# CONTESTACION

POR EL

EXCMO. SR. DR. D. ROMAN CASARES LOPEZ

*Académico de número*



EXCELENTÍSIMO SEÑOR;

EXCELENTÍSIMOS SEÑORES ACADÉMICOS;

SEÑORAS;

SEÑORES:

Esta vieja Corporación, dos veces centenaria, ha creído que el injerto en su viejo tronco de las nuevas Ciencias, no sólo favorecería la producción de nuevos frutos, sino que complementaría la variadísima cosecha que del mismo recogemos. Todos somos partícipes de ella, pues el éxito de la Real Academia es la honra y el provecho de todos sus miembros.

Justo es consignar aquí cuánto debe la Farmacia hispana al excelentísimo señor ministro de Educación Nacional, don José Ibáñez Martín. Como complemento del Decreto de Organización de la Facultad de Farmacia Española, que ha definido todas las actividades farmacéuticas, unas de su completa exclusividad y otras en libre competencia, Decreto que es básico para nuestra carrera, pues resuelve multitud de actividades que ya de hecho eran nuestras, ha llevado a la firma del Caudillo de España otro Decreto por el que se da entrada a esta Corporación en el Instituto de España, y se amplía, dando cabida en su seno, a miembros de ciencias afines a la Farmacia.

No creo que nadie haya juzgado mal la propuesta que hicimos de extender las actividades de la Corporación a las ciencias hermanas. A la vista está el éxito. En sesiones memorables han entrado los profesores Fernández Ladreda e Ipiens, y en ésta lo hace el no menos docto Hernández-Pacheco. Ello nos hace que nuevamente pongamos de manifiesto nuestro criterio, que ha permitido abrir las puertas de la Academia a tan dignos representantes de la Facultad de Ciencias para que colaboren con nosotros.

No es fácil hacer la presentación de Francisco Hernández-Pacheco después de la brillante disertación que acabáis de oír y cuando es conocido de todos los presentes. Nace en una fa-

milia universitaria. Su padre, venerable figura de la Geología española, felizmente entre nosotros, es su maestro, su profesor; más tarde habrán de colaborar en diversos estudios. Con él hace las primeras excursiones científicas, de donde nace espontáneamente esa vocación, fenómeno más corriente de lo que creemos, que le empuja a seguir los mismos estudios familiares. Llega a tal punto la compenetración entre padre e hijo, firman tantos trabajos y hacen tantas investigaciones juntos, que se identifican, y para muchos profanos no hay tal separación de personas, y a veces se consideran dichas memorias como fruto del uno o del otro. Esto no les disgusta lo más mínimo; consideran sus trabajos como de una estirpe, en la que cada uno de ellos está enlazado como los eslabones en una cadena.

• Posee una de las más hermosas vocaciones de aquellas que embellecen la vida. Ella le lleva a recorrer primeramente toda la península. Profesor de Geografía física, desconoce los límites políticos de los Estados, y la raya portuguesa carece de sentido en sus investigaciones. Desde el cabo de San Vicente al de Creus, desde Finisterre a Gata, recorre la Península y la estudia como una unidad geográfica, dividida en regiones naturales, cuyas características las da el suelo, el clima y los hombres que las pueblan. Montañero, por amor a la montaña, estudia los macizos principales, su constitución geológica y los residuos que en ellos quedan de los períodos glaciares. De esta afición surgen, entre otros, los trabajos titulados «El glaciarrismo cuaternario de la Buitrera (Riaza-Somosierra)», «Nueva hipótesis de la tectónica de los Picos de Europa», «Estudio del glaciarrismo cuaternario de las montañas de Reinosa», «Rasgos fisiográficos de la Pedriza del Manzanares (Guadarrama)», «El macizo del Almanzor en Gredos», «La tectónica y la morfología del Monte Perdido (Pirineos)», etc., etc.

Pero las mesetas, las llanuras, las comarcas naturales, también atraen su atención investigadora, y así, publica: «Estudio geológico y fisiográfico del territorio de Valladolid», «Descripción del valle de Alcuía, al sur de Ciudad Real», «Estudio de la región volcánica central de España (Ciudad Real)», «Estudio de las comarcas naturales de la Extremadura central», etc., etc. Ello le facilita colaborar con el Instituto Geológico y Minero de España, en la confección de numerosas hojas del mapa escala 1:50.000, principalmente de las regiones de la Mancha y Extremadura.

No contento con este estudio sistemático, continuación del efectuado por su padre, sobre la tectónica ibérica, y ansioso de conocer la geología de la España africana, comienza desde 1934, con motivo de la incorporación a la soberanía de España del territorio de Ifni, una serie de trabajos e investi-

gaciones que le llevan a todos los rincones del Africa española. En el Sáhara hace grandes itinerarios en todas sus zonas, hasta los últimos años, y puede decirse que lo conoce en su totalidad. Ifni, cuya geología y fisiografía ha descrito por vez primera en unión de su padre. La zona de Marruecos, estudiada detenidamente y donde, en unión de otros geólogos, recoge materiales para la redacción de una obra sobre el Rif central. Ha recorrido el territorio de Guinea, tanto la zona continental (país del Muni), como las islas de Fernando Poo y Annobón. Por los numerosos trabajos publicados sobre estos territorios, y en especial de Marruecos, le ha sido concedida recientemente la Encomienda de la Orden de la Mehdauia.

Pero los títulos de los trabajos que hemos reseñado nos muestran que no son solamente el fruto de investigaciones de laboratorio o trabajos de gabinete, más o menos sedentarios; nos hablan del desplazamiento a distantes lugares, de las incomodidades de los defectuosos medios de locomoción, de las inclemencias del clima y, además, nos ocultan un anecdotario, en el que no sabemos qué admirar, si el forzado ánimo de quien superó todas las dificultades o la ingenuidad de la persona que las describe.

También he de hablaros del catedrático Hernández-Pacheco. No se crea que su estirpe universitaria le facilitó su acceso a la cátedra. Muchos años llevó en esa oscura labor de ayudante y de auxiliar, donde tantos profesores se forjaron. Llega a la cátedra de la Facultad de Ciencias de Madrid en el año 1932, en una época que todos conocemos. Era necesario algo más que la ciencia para lograr los puestos universitarios y sus brillantes oposiciones pueden verse frustradas por ciertas influencias políticas. Entonces suenan por los pasillos y en el aula del edificio de San Bernardo recias pisadas de botas montañeras, que no conocen más que los claros paisajes, la bondad y la ciencia del opositor. Hernández-Pacheco es elegido para aquella vacante de Madrid, y desde esta cátedra su labor ha sido ininterrumpida y se une a la de geólogo adjunto de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Se dedica a estudios de geología aplicada, informa y trabaja en los proyectos de grandes obras públicas: túneles, grandes presas, canales, y en particular en las características y emplazamientos de los futuros puertos marítimos del Africa española.

Fuera de la cátedra, desarrolla constantemente una labor científica agotadora. Divulga las ciencias geológicas y geográficas, mediante cursos y conferencias, en cursos de verano, en centros científicos y en Universidades. Asiste a Congresos científicos extranjeros, donde presenta comunicaciones y

notas del más variado interés. Como miembro de diversas entidades científicas, sostiene continuada correspondencia con sabios extranjeros.

La Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales tres veces le premió con Medalla de oro y otras distinciones ha recibido de Corporaciones científicas españolas.

\* \* \*

Es preceptivo que digamos algunas palabras sobre la disertación que acabáis de oír. Francisco Hernández-Pacheco no nos ha leído todo lo que ha escrito, pues su trabajo es un tratado completo de Geología hispana. Nos ha descrito la Península en diversos grados de formación; la hemos visto con contornos que ni recuerdan los que hoy posee. Hemos conocido los plegamientos que han dado origen a los sistemas orográficos de las hespéridas, de las hispánidas, pirenaidas, cantábridas, ibéricas, penibéticas y sub-béticas, de las catalánidas, de las lusitánidas y algárbidas. Hermosos nombres de creación familiar y que poco a poco irán sustituyendo a los que aprendimos a balbucir en la escuela y que carecían del más elemental sentido nacional.

Nos ha hablado en soberbias descripciones de las Españas granítica, caliza y arcillosa y nos ha deleitado contemplando ese hermoso valle bético, siguiendo el cual nos hemos abismado en las aguas atlánticas. Nos hemos visto, finalmente, en un extremo de Europa, a la que pertenecemos todavía, aunque sea geológicamente, y desde sus collados nos ha bajado a sus costas y nos ha embarcado hasta sus islas.

Pero con maestría singular nos ha llevado a las relaciones existentes entre la constitución geológica de un país y la composición de sus aguas minero-medicinales, prestando especial atención a las aguas termales sulfurado-alcalinas.

Y perdonad si vamos a dedicar unos minutos de vuestra atención, ya necesariamente cansada, a este tema. No cabe duda que dado el poder disolvente de las aguas, mientras su mineralización sea baja, poseerán la llamada «hambre de sales», que aumenta con la presencia de algunos gases en su seno y con una temperatura elevada. Así que cuando las aguas afloran a la superficie terrestre, llevan disueltas sustancias que nos dicen por qué rocas han pasado. Son, valga el símil, como los rótulos que de diversos hoteles y lugares lleva un equipaje después de un largo viaje. Geólogos y químicos se han esforzado en buscar la relación entre la composición de las aguas y la de las rocas que han estado en contacto con ellas.

Las aguas superficiales, de origen meteórico, penetran en

los suelos, filtran hasta encontrar una formación impermeable y allí quedan si no encuentran una salida natural que forme los manantiales. No es que estas aguas sean despreciables, cuando tanto valor tienen por sus aplicaciones para la bebida, pero indudablemente son mucho más interesantes para el geólogo las llamadas minero-medicinales, y entre ellas las termales. No nos ha de extrañar, por lo tanto, que Hernández-Pacheco las estudie con todo detenimiento, tanto más cuando por ser aguas muy escasas en la superficie del globo son poco conocidas hasta entre las autoridades mundiales de la materia.

En España poseemos, en las fallas de la zona más arcaica de ella, manantiales que gozan de propiedades singulares: altas temperaturas, ausencia de oxígeno disuelto, poca mineralización, pero predominando en ella el silicio, flúor, sulfuros, y en menores cantidades hierro, arsénico, litio, cesio, rubidio, boro, etc. Estas aguas, cuyo origen es uno de los grandes problemas geológicos, se las considera formadas por las reacciones químicas del seno de la tierra. Se les llama «juveniles», por este origen formativo, o «geiserianas», por su similitud, en composición, con las de estos célebres manantiales.

En estas aguas fué descubierta la presencia del flúor por nuestro querido director, hace ya muchos años, y desde entonces les ha dedicado especial atención en sus investigaciones. También halló el flúor en ciertos manantiales de Islandia y en las aguas de los géiseres del Yellowstone Park.

Desde el siglo XVIII los farmacéuticos sintieron especial predilección por el análisis de las aguas minero-medicinales. Sus maravillosas propiedades, puestas de manifiesto en la curación de innumerables enfermos, quizá fuera la causa inicial de esta dedicación. Más tarde fué el simple y siempre grato deseo de conocer estas maravillosas obras de Dios. Los métodos analíticos han evolucionado; hoy se tienen procedimientos muy exactos, rápidos y precisos para la determinación de las sustancias disueltas en las aguas minero-medicinales. El geólogo no tiene otro recurso que contar con el técnico especializado en los análisis de aguas para seguir sus interesantes y fructíferas investigaciones.

No quiero que cese esta agradable Asamblea sin un proyecto de trabajo, que nos emplace al profesor Hernández-Pacheco y al que os habla a presentarnos ante vosotros con los resultados del mismo. No hace muchos meses que ha aparecido un estudio sobre las características hidrogeológicas de los manantiales carbónicos de Gerona, llamados «Fonts picants», del profesor Solé Sabarís, en el cual aparecen los análisis de los mismos, practicados por el que os habla. Cerca de aquí, en plena región manchega, en la región volcánica del Campo

de Calatrava, son muy abundantes los manantiales carbónicos, conocidos con el nombre de «hervideros». Región estudiada por Hernández-Pacheco y de la que sólo resta el análisis de estos manantiales para definir exactamente sus características hidrogeológicas. Trabajo que deseamos hacer con la espléndida colaboración de las autoridades de aquella provincia.

Sólo me resta daros la bienvenida, y que vuestra figura, curtida por todos los vientos de la rosa hispana, inseparable a los paisajes del Almanzor, de los Picos de Europa, del cabo Espichel, de los oteros castellanos y de las rañas extremeñas, nos acompañe muchos años para que nos honre, como hoy, con su presencia.

