

R. 16312

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

EXPLICACIÓN

DE LA

HOJA N.º 174

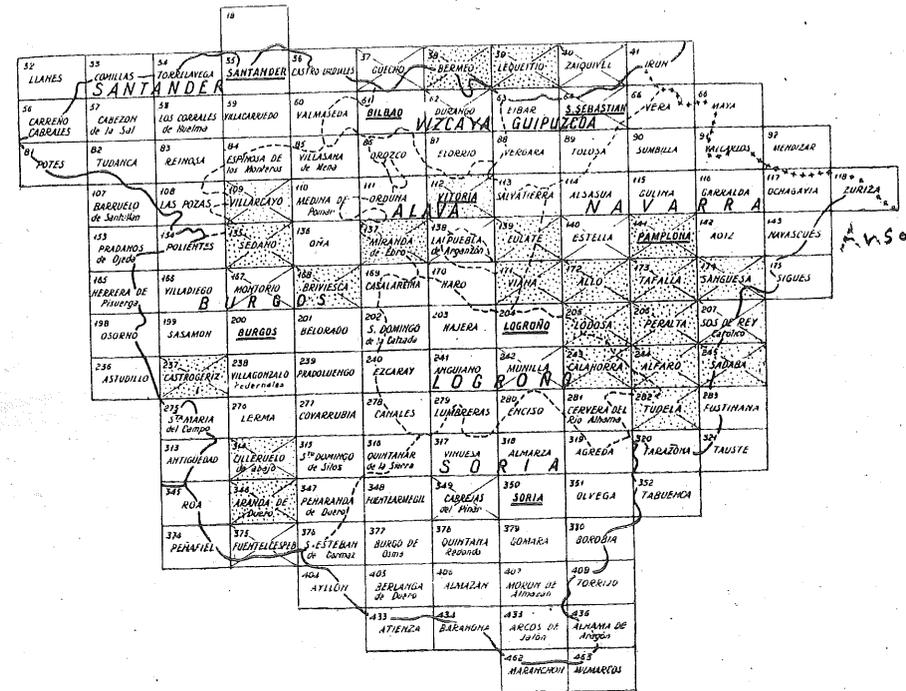


SANGÜESA

(NAVARRA)

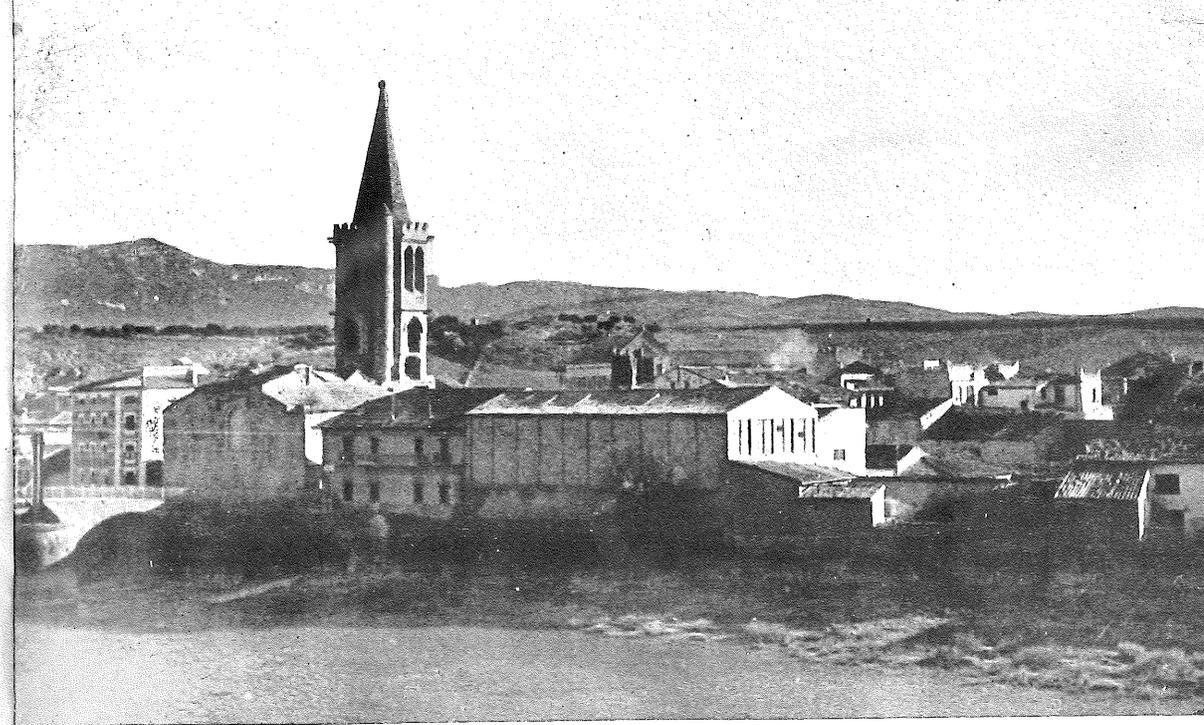
MADRID
TIP.-LIT. COULLAUT
MANTUANO, 49
1950

SEGUNDA REGIÓN
SITUACIÓN DE LA HOJA DE SANGÜESA, NÚM. 174



ÍNDICE DE MATERIAS

	<u>Páginas</u>
I. Antecedentes y rasgos geológicos	5
II. Rasgos de geografía física y humana	13
III. Estratigrafía	19
IV. Tectónica	29
V. Sondeos e investigaciones geofísicas	35
VI. Historia geológica de la región	39
VII. Hidrología	43
VIII. Minería y canteras	45
IX. Bibliografía	47

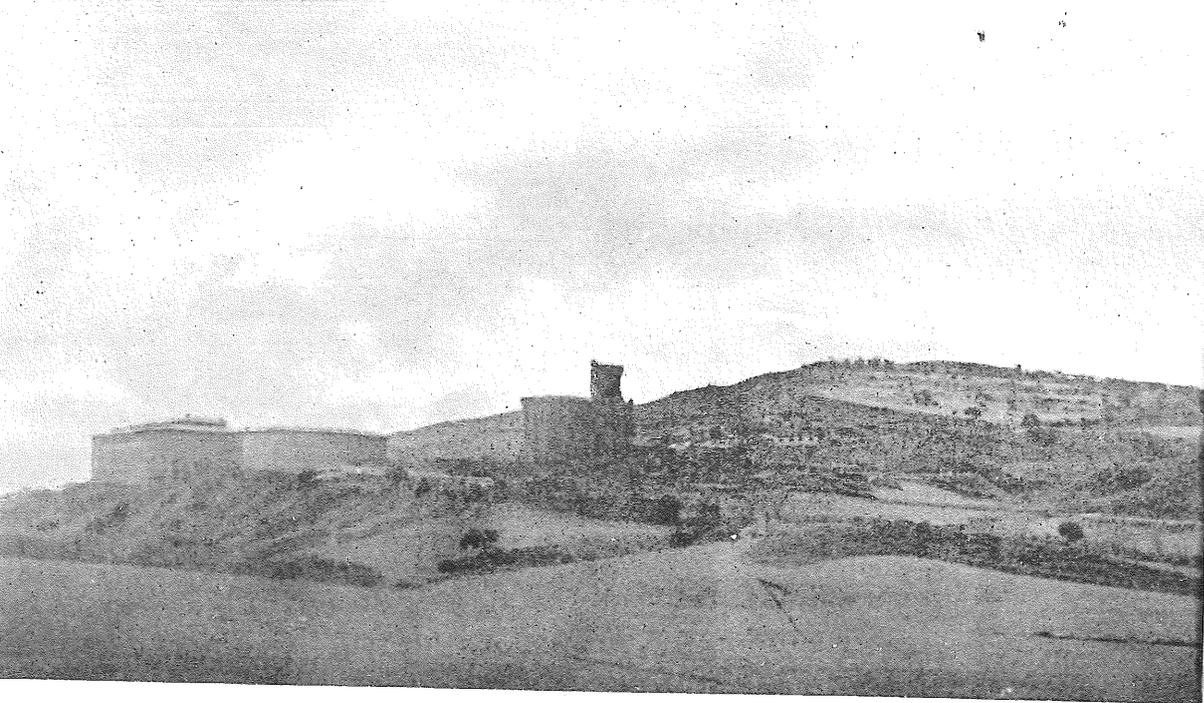


Fot. 1.—Vista de Sangüesa, con la típica torre de su Colegiata. Al fondo la sierra de Leyre.

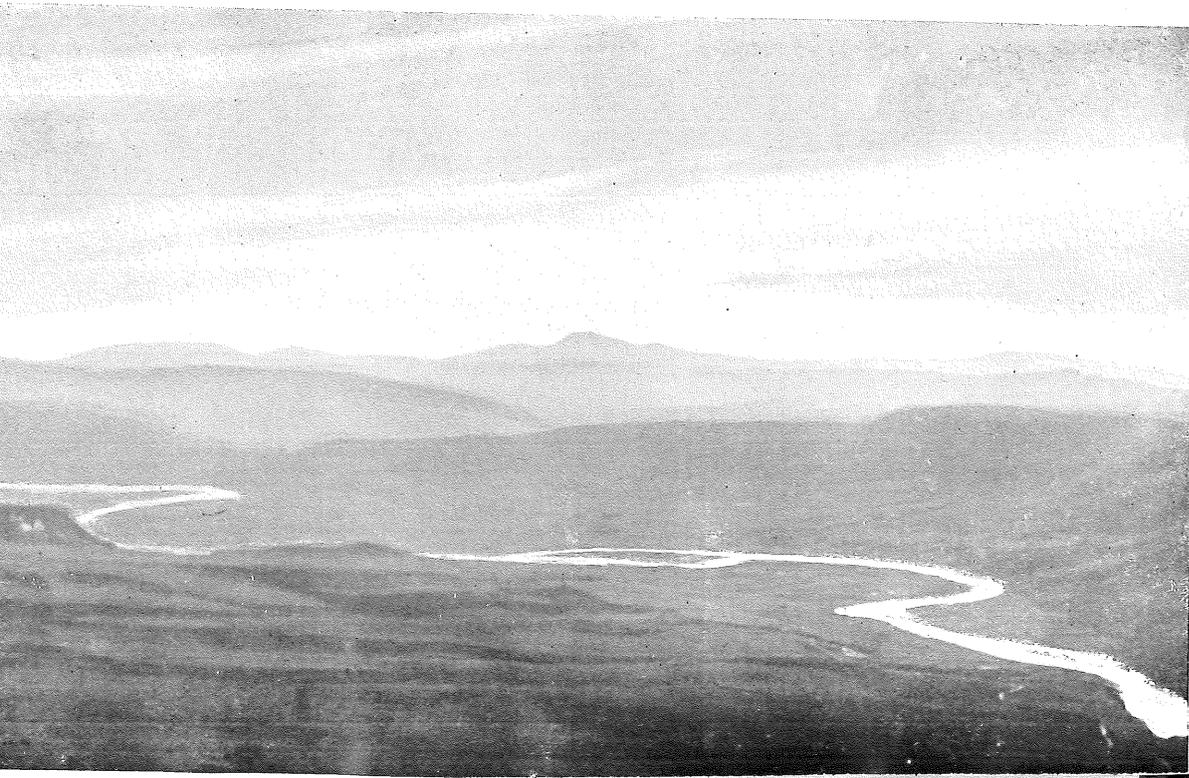


Fot. 2.—Vista de Aibar, en pleno oligoceno.





Fot. 3.—Javier y su castillo, en el área oligocena.



Fot. 4.—El río Aragón en su transcurso por la Hoja de Sangüesa.

ANTECEDENTES Y RASGOS GEOLÓGICOS

La Hoja de Sangüesa abarca dentro de su perímetro una parte de la zona más oriental de la provincia de Navarra y penetra algo en la de Zaragoza. Por occidente está limitada por la hoja de Tafalla, primera de las publicadas por esta región y con la que está íntimamente relacionada geográfica y geológicamente, hasta el punto de que tendríamos que repetir la relación detallada que allí dábamos de los geólogos que, con mayor o menor detenimiento, habían estudiado toda esta comarca y citar, entre los que nos han precedido, los nombres de Palassou, Verneuil, Carez, Stuart Menteath, Mallada, Adán de Yarza, Palacios, etcétera.

Algunos de ellos no han llegado en sus excursiones hasta la zona comprendida dentro de la Hoja, pero sus estudios guardan una estrecha relación con ella y necesariamente hemos de tomar en consideración las consecuencias que ellos deducen. Otros han atravesado la región y publicado una serie de datos concernientes a su geología, de gran interés y valor para los que posteriormente hemos tenido que recorrer aquellos lugares.

Carez, por ejemplo, en su memoria «Étude des terrains crétacés et tertiaires du Nord de l'Espagne» (4) (1881), cita los tres viajes que realizó por España. En el segundo, partió de Miranda y pasó por Vitoria, Estella, Pamplona y Sangüesa; atravesó Aragón y fué a parar a Gerona, de donde regresó a Francia. En el tercero, comenzó en Barcelona, de donde fué a Jaca y de allí, por Tiermas y Lumbier, a Pamplona, continuando hasta Santander.

Encuentra difícil la separación entre el cretáceo y el eoceno por ser escasos los yacimientos fosilíferos, y nula o muy pequeña la discordancia entre sus estratos, salvo en casos excepcionales. En cam-

bio, estima que se diferencian perfectamente los tres tramos que considera dentro del terciario: eoceno, mioceno y plioceno, ya que él no acepta aún la clasificación del oligoceno, cuya determinación considera incierta, sobre todo en España, mientras que el eoceno y mioceno marcan los dos periodos anterior y posterior al levantamiento pirenaico.

Refiriéndose concretamente a la región que actualmente nos interesa, presenta un corte (fig. 2) entre Bigüezal y Lumbier, con falla a lo largo del río Salazar, en cuya margen izquierda aparecen las margas esquistosas sin fósiles y, en la derecha, las calizas con alveolinas a las que se superponen las calizas con *Nummulites perforatus*, y, por último, las margas azules con *Serpula spirulea* que se extienden hasta Pamplona.

El corte general del eoceno en esta región, incluyendo parte de lo que hoy consideramos como oligoceno, dice ser:

Pudingas, margas y areniscas arcillosas, 100 metros.

Margas azules (representantes de las capas con *Serpula spirulea*), 150 metros.

Calizas con *Nummulites perforatus*, 50 metros.

Calizas con *Alveolinas*, 70 metros.

Mallada, en su «Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra» (20), publicado en 1882, y posteriormente en la «Explicación del Mapa Geológico de España» (21), cita también el gran desarrollo de esas margas azules, con alternancias, algunas veces, de maciños con fucoïdes, sobre las que ha realizado los itinerarios Pamplona-Aoiz, Pamplona-Lumbier y Aoiz-Navascués. Fija en el plano que acompaña a ese trabajo unos límites para este tramo, muy semejantes a los que aparecen después en el mapa de Palacios, y considera al eoceno lacustre como formado por molasas, que contienen, a veces, restos vegetales, margas sabulosas pardoamarillentas, rojoparduscas y agrisadas, y conglomerados poligénicos de cemento pardoamarillento. El contacto de este tramo con el numulítico dice que se presenta frecuentemente con grandes dislocaciones e inclinaciones, como sucede en el puente de Yesa, en Liédena, al sur de Lumbier y junto a Monreal. Considera que el buzamiento general de las capas es hacia el SSO., existiendo un pliegue en el sentido de la dirección que cruza desde Rocaforte al norte de Aibar, y de aquí al pie de la Higa de Monreal. Los conglomerados poligénicos penetran en Aragón por los montes de Peña, siguen por las sierras de San Pedro y Gallipienzo, pasan al norte de Ujué, al sur de Monreal y por la sierra del Perdón van a terminar al pie de la sierra de Andía y en torno a Estella.

En la «Explicación del Mapa Geológico de España», al tratar del oligoceno, dice el mismo autor que, siguiendo la clasificación ya ad-

mitida por diversos geólogos, estableciendo un cuarto término en la división de la serie terciaria, hubiese incluido en este sistema todo lo que ha clasificado como eoceno lacustre si hubiese llegado oportunamente a sus manos la memoria de los Sres. Depéret y Vidal, titulada «Contribución al estudio del oligoceno en Cataluña», y que mayor dificultad encuentra para deslindar lo que como tal oligoceno ha de considerarse, del resto del mioceno, ya que los datos paleontológicos son nulos o extremadamente raros y los caracteres petrográficos son análogos, por no decir idénticos.

Don Pedro Palacios, en su memoria sobre «Los terrenos mesozoicos de Navarra» (27), (1919), no describe los terciarios, pero en el plano que acompaña a ese trabajo fija sus límites generales con los que él asigna al eoceno. No sucede lo mismo en la separación del oligoceno y mioceno, ya que él considera como base de éste las puddingas que hasta ahora hemos incluido siempre en el oligoceno.

Al hacer la descripción del senonense cita la existencia de dos pequeñas fajas cretáceas que se descubren a través de los materiales eocenos mediante dos fallas dirigidas próximamente de Este a Oeste, relacionadas con el levantamiento de las sierras de Leyre y Tiermas la una, y con el de las de Idocorri y Navascués la otra (fig. 3), fajas cuya existencia vuelve a citar al describir el tramo danés por considerar ya dentro de él las areniscas que se sobreponen a las calizas senonenses.

Según veremos en el capítulo correspondiente, el borde occidental de una de esas fajas, la de la sierra de Leyre, aparece ya dentro del perímetro actualmente en estudio.

Después de 1919 hay una etapa de escasa o nula actividad geológica en esta zona, hasta que en 1929, y con motivo de la puesta en marcha de la ejecución del mapa geológico a escala 1:50.000, empiezan a publicarse hojas de esta zona, empezando por la de Tafalla (15), (1930).

En 1932, y con motivo de las investigaciones de sales potásicas realizadas en Navarra por iniciativa del que fué nuestro inolvidable jefe D. Alfonso del Valle (39), (1932), se realizaron estudios de conjunto en la depresión oligocena y sus bordes, y además varios sondeos e investigaciones geofísicas que suministraron valiosísimos datos, reunidos en diversas publicaciones.

La difícil cuestión del contacto entre el oligoceno y el mioceno, aun no resuelta del todo, o sea el problema de la extensión del oligoceno en la depresión del Ebro avanzó, no obstante, en el sentido de una ampliación del área oligocena, por desplazamiento hacia el Sur del contacto de ambas formaciones, con dos publicaciones, una de Clemente Sáenz García (33), (1931), y otra de J. Mendizábal y J. Cincúnegui (34), (1932).

Durante el período que va desde 1928 hasta 1936, Del Valle, Mendizábal y Cincúnegui, como director e ingenieros de la 2.ª Región,

componen gran número de hojas de la región navarra y, entre ellas, las de Tafalla, Peralta, Alfaro y Tudela, contiguas, o muy próximas, a la de Sangüesa (15).

En 1933, y con ocasión de estudiar las condiciones de apoyo y embalse del proyectado pantano de Yesa, hoy en construcción, Sampelayo (34), estudia una fauna de facies flysch.

G. Selzer, de la escuela de Stille, en 1934, renueva para esta zona los trabajos de estilo y alcance regionales en una memoria titulada «Geologie der Südpyrrenäischen Sierren in Oberaragonien» (35), recientemente traducida y publicada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En ella se ofrece un mapa de gran parte de Navarra, y enlaza dentro de la provincia de Huesca con el magistral trabajo de P. Misch (25). Este mapa, por la mayor precisión de sus contactos, los bellos cortes que acompañan (fig. 4), trazados con modernos criterios, constituyen un gran avance para el conocimiento regional de Navarra. En el texto se describen, sin gran detalle, las características generales de las formaciones. Toda la zona de nuestra Hoja está representada en el mapa de Selzer, y en el texto hay, además, diversas referencias a puntos y problemas concretos de ella. Pero en dicho mapa el contacto eoceno-oligoceno, vuelve a situarse dentro de la Hoja de Sangüesa conforme a la interpretación antigua, a la altura de Cáseda, según el viejo criterio de Palacios.

Don José García Siñeriz, en 1941 (11), suministra información decisiva acerca de la constitución y conformación del subsuelo de nuestra Hoja, con sus investigaciones geofísicas de la cuenca potásica de Navarra.

En 1944, al estudiar Ríos, Almela y Garrido (30), los bordes navarros de la depresión oligocena, levantaron un mapa geológico de la sierra de Leyre y del contacto eoceno-oligoceno, así como numerosos cortes que indican claramente la estructura y estilo tectónico de dicha sierra, comprendida en parte dentro de la Hoja de Sangüesa.

Don Agustín Marín (23), en 1945, en su brillante trabajo titulado «La tectónica y los criaderos minerales», aclara la cuestión del origen y división de los sedimentos oligocenos de la cuenca del Ebro, con aplicación directa a los problemas geológicos de nuestra Hoja. Es una revisión, y puesta al día en forma de síntesis, de sus exposiciones anteriores sobre su tema favorito.

En 1945 se ocupa Llopis Lladó (18), de problemas que afectan directamente a esta Hoja, dando unos bonitos cortes que representan el estilo tectónico de estas sierras, entre ellas las de Leyre, y hace consideraciones interesantísimas acerca de la paleogeografía de la gran unidad geológica en que enclava nuestra Hoja.

En 1946, Ríos, Almela y Garrido (30), se extendieron en consideraciones generales sobre las características y génesis de las formaciones y estructura tectónica de la zona navarra subpirenaica, con varias aplicaciones locales al área de nuestra Hoja.

Ruiz de Gaona, Villalta y Crusafont (31), contribuyen, en 1946, a fijar la cuestión de la separación del mioceno y del oligoceno en la depresión del Ebro en su parte navarra, con algunas consideraciones generales y describiendo una fauna miocena, situada fuera de la Hoja de Sangüesa, pero afectando un problema vivo de ella.

En 1947, el P. M. Ruiz de Gaona (32), contribuye con un interesante estudio paleontológico-estratigráfico a la determinación precisa del bartoniense de la cuenca de Pamplona, de la que, en sentido lato, forma parte el eoceno de nuestra Hoja, así como a la discriminación de contactos eoceno-oligocenos.

Hernández Pacheco, en 1947 (14), sin referirse directamente a nuestra zona, describe la contigua por el oeste, de constitución geológica análoga, donde se plantean parecidos problemas y cuyo conocimiento ayuda a esclarecer y completar los nuestros.

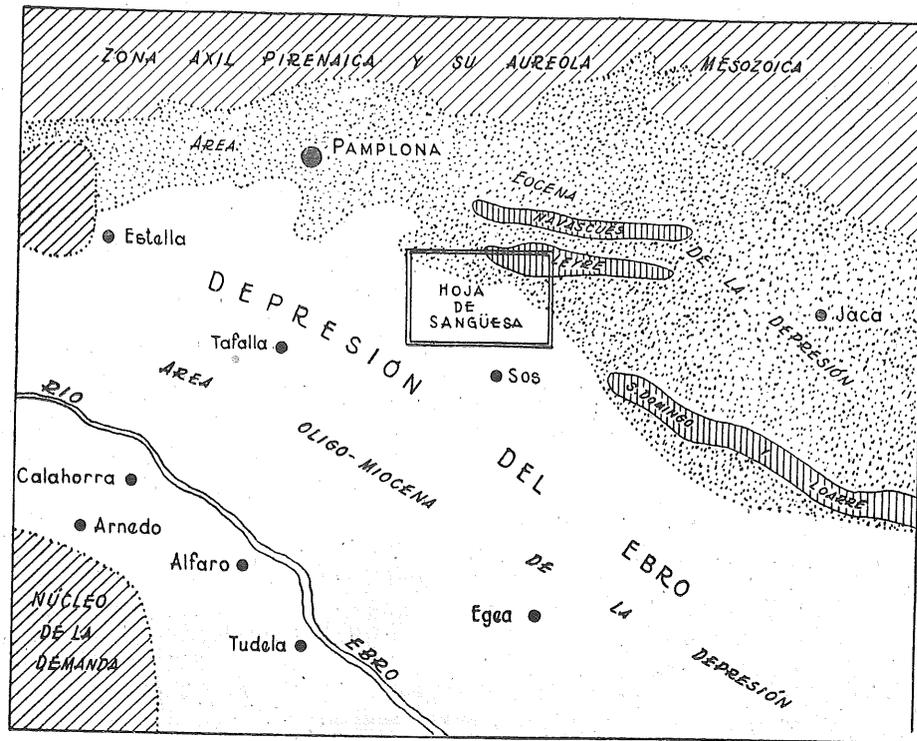
De modo que en los últimos años se ha desarrollado una campaña geológica bastante intensa en esta región, y por distintos geólogos preocupados por los más variados problemas.

Los trabajos para la realización de esta Hoja se hallaban muy avanzados en 1936, pero fueron interrumpidos forzosamente al estallar la guerra de Liberación.

Terminada la guerra, extraviados en parte los datos, y en vista, además, de los interesantes trabajos aparecidos después de 1939 con referencia directa a su zona, se estimó aconsejable rehacerla. En efecto, se hizo un estudio de todos los datos antecedentes, tanto de los que existían de la campaña anterior de 1936 como de las publicaciones posteriores, y se decidió completarlos con nuevos trabajos de campo, que se realizaron en 1948.

Geológicamente, el área representada en esta Hoja forma parte de la región intermedia en la margen septentrional de la depresión del Ebro (fig. 1), allí donde los estratos oligocenos dejan su posición horizontal muy tendida, y empiezan a inclinarse, cada vez con mayor pendiente, y se originan los primeros pliegues, simétricos, pero ya bastante violentos. En su ángulo NE., alcanza ya la zona de sierras marginales eoceno-secundarias con pliegues violentos, rotos y cabalgantes hacia el Sur, es decir, sobre la depresión, tratándose, en este caso, de la extremidad occidental de la sierra de Leyre.

La mayor parte de la superficie de la Hoja está constituida por el oligoceno, homogéneo y monótono, con la clásica facies de margas y areniscas, en bancadas alternantes, de tonos rojizoamarillentos. Hacia el SO., y casi como única novedad saliente, presenta niveles discontinuos, aunque relativamente potentes, de conglomerados, situados bastante altos dentro del conjunto estratigráfico oligoceno, y



-  Zonas axiles pirenaicas e ibéricas y aureolas secundarias muy plegadas
-  Depresión Eocena de Pamplona-Jaca, plegada.
-  Sierras marginales Eoceno-Secundarias (Pliegues falla; vergentes al S.)
-  Sedimentos Oligocenos y Miocenos de la depresión del Ebro, plegados solo en las márgenes

Fig. 1.--Esquema de la unidad geológica: Depresión del Ebro en su sector navarro.

que antes se consideraron como el límite o contacto del oligoceno y del mioceno.

Merced a los más violentos pliegues de las sierras marginales (en este caso la de Leyre) afloran formaciones más bajas que el oligoceno, eocenas y cretáceas.

El eoceno, sobre el que el oligoceno se apoya con ligera discordancia, sólo apreciable, en general, en grandes conjuntos, está constituido por dos partes distintas, la superior de margas azules y flysch tableado, y la inferior de calizas de alveolinas. Por debajo, el cretáceo suele iniciarse con garumense, pero éste es discontinuo y no aparece en nuestra Hoja, de modo que en ella son areniscas maestrichtien-ses las que aparecen bajo las calizas de alveolinas. Estas areniscas cubren margas fosilíferas del senonense que aparecen más al Este, en la misma sierra de Leyre, pero no dentro de nuestra Hoja, por no ser la cicatriz de erosión suficientemente profunda.

Diversas formaciones cuaternarias de aluviones, de ladera o de cauce, cubren áreas importantes de la Hoja, sustrayendo a la observación las formaciones infrayacentes.

Las directrices tectónicas, de potencia incrementante hacia el Norte, son de arrumbamiento pirenaico.

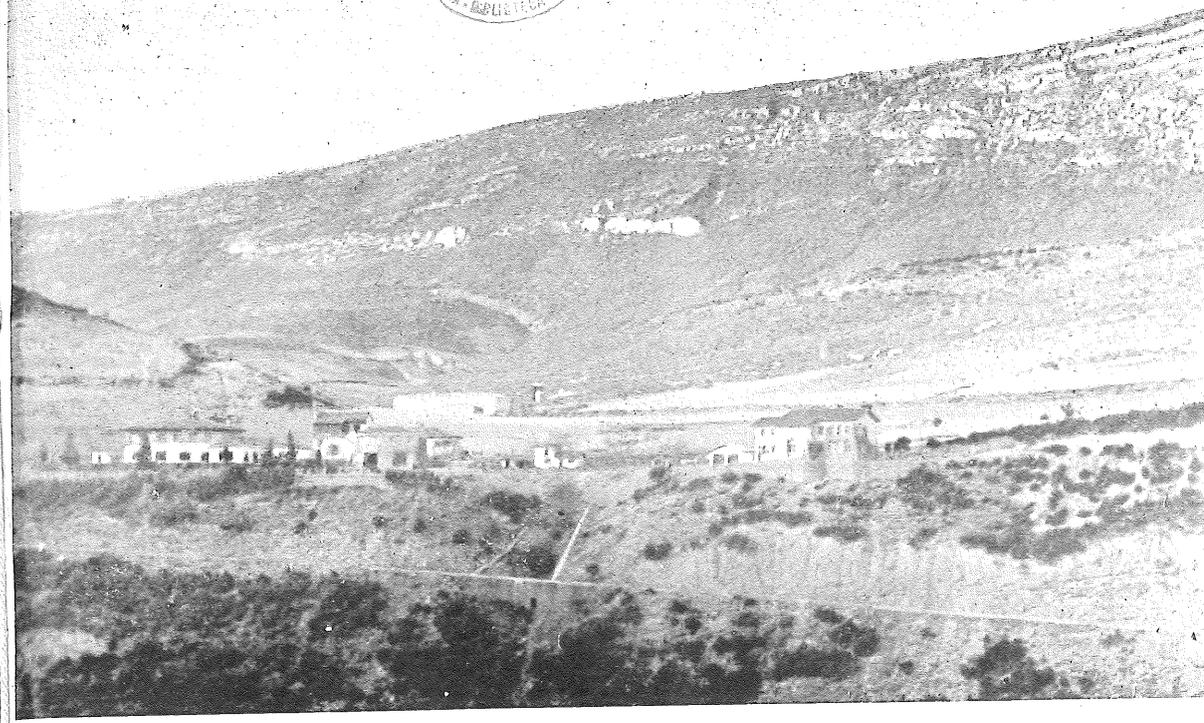
La discordancia eoceno-oligocena indica débiles movimientos de fase pirenaica. No sería extraño que hubiesen tenido lugar movimientos intraoligocenos, como ocurre en muchos puntos del Pirineo y ponen de manifiesto discordancias progresivas, apreciables en profundos tajos de erosión que no presenta nuestra Hoja; pero los conglomerados de Gallipienzo son muestra de esta actividad intraoligocena. Las fases sálicas son las que, al actuar con muy señalada intensidad, han suministrado la arquitectura de esta zona del país.



El relieve de la zona de la sierra de Leyre, en el extremo meridional de la cordillera de los Pirineos, presenta un tipo de estructura anticlinal, caracterizada por la repetición de las calizas eocenas en ambos flancos del anticlinal. En medio queda el afloramiento cretáceo. En primer término viviendas del pantano de Yesa.

La sierra de Leyre, vista desde el sur, muestra un relieve anticlinal con una gran extensión de calizas eocenas en ambos flancos. El afloramiento cretáceo se encuentra en el centro del anticlinal. En primer término se ven las viviendas del pantano de Yesa.

La sierra de Leyre, vista desde el sur, muestra un relieve anticlinal con una gran extensión de calizas eocenas en ambos flancos. El afloramiento cretáceo se encuentra en el centro del anticlinal. En primer término se ven las viviendas del pantano de Yesa.



Fot. 5.—La sierra de Leyre, vista desde el sur. A la derecha el pico de Arangoiti, en que se aprecia la repetición de las calizas eocenas en ambos flancos del anticlinal. En medio queda el afloramiento cretáceo. En primer término viviendas del pantano de Yesa.



Fot. 6.—Al fondo la terminación occidental de la sierra de Leyre, y la Peña Izaga. En el término medio Javier, con la casa-palacio de San Francisco, Apóstol de las Indias.



Fots. 7 y 8.— Dos vistas del poblado de Yesa.
La sierra de Leyre, al fondo, está oculta por la niebla.



II

RASGOS DE GEOGRAFÍA FÍSICA Y HUMANA

Orografía

La topografía de esta Hoja es bastante accidentada, acusándose desniveles que exceden de los 1.000 metros entre las márgenes del río Aragón y las cumbres más elevadas. Sólo existe una zona de llanuras relativamente extensas en la parte central, Cáseda, entre Sada y Sangüesa, localidad, esta última, donde tiene lugar la confluencia de los ríos Onsella y Aragón, enriquecido ya éste con las aguas del Irati y Salazar.

Comenzando el estudio de su relieve por el ángulo NE, encontramos la abrupta sierra de Leyre, cuyas alturas culminan en el pico de Arangoiti, de 1.355 metros de altitud, y van disminuyendo a medida que caminamos hacia poniente, encontrando el pico de Sario, de 1.160 metros; el Ibarra, de 986, y el Trinidad, de 845, para descender luego, rápidamente, hacia el río Irati.

La vertiente meridional de esta sierra es de pendiente muy pronunciada en su parte alta, suavizándose a medida que se aproxima al río Aragón. La septentrional vierte sus aguas al río Salazar con un rápido descenso. Queda comprendida esta sierra entre las carreteras de Liédena a Tiermas y de Lumbier a Navascués.

Si continuamos en dirección hacia poniente, una vez atravesado el río Irati, empieza a elevarse la denominada sierra de Izco, que constituye el borde norte de la Hoja, hasta enlazarse con la sierra de Alaiz, siendo las principales alturas que encontramos Anchurda, con 1.033 metros, y Urbel, con 1.035.

Corren hacia el Sur las estribaciones de esa sierra de Izco, formando una serie de cuerdas paralelas a ella, y constituyendo, en

conjunto, un gran macizo montañoso, duro y penoso para su recorrido, que se prolonga por poniente hasta las orillas del Cidacos, en la hoja de Tafalla. En ese macizo, las principales alturas son: Churrunchiquio, con 990 metros; El Fayal, con 950; los altos sobre Sabai-za, con 925; los de Usumbelz, con 983; monte Julio, con 992; monte Lerga, con 938; etc. Se aprovecha un pequeño descenso en el nivel general para dar paso a la carretera de Aibar a Tafalla, y vuelve otra vez a elevarse rápidamente en el Chucho, alto de 932 metros, en el límite occidental de la Hoja y, más al Sur, en el pico en que tiene su asiento el pueblo de Ujué, que sobrepasa los 800 metros. Esta prominencia, coronada por un santuario, preciosa joya arquitectónica en el que se venera una imagen de la Virgen, de especial devoción en la comarca, y donde se conserva el corazón de Carlos el Malo, tiene una fisonomía especial, destacándose, y siendo visible, desde sitios muy apartados de la región. Es frecuente, además, encontrar en puntos muy lejanos un bloque de piedra con una cruz labrada en una de sus caras, orientada siempre en la dirección del santuario, aun cuando quede éste oculto por los accidentes del terreno.

Si desde Ujué volvemos otra vez hacia levante por el límite sur de la Hoja, se va perdiendo altura a medida que nos aproximamos al río Aragón, que atraviesa esta cadena por la cota 360, vuelve a elevarse hasta el monte San Pedro, de 894 metros, al sur de Cáseda, para descender nuevamente a 600 metros, por donde pasa la carretera de Carcastillo, y se enlaza con la sierra de Peña, cuyas cumbres están a los 900 metros de altitud, quedando el pico de Peña (1.062 metros), comprendido en la hoja que limita a ésta por el Sur. Al penetrar en Aragón, las alturas van siendo menores, 704 metros en San Cristóbal, y 540 en el paso de la carretera de Sos del Rey Católico, para elevarse, nuevamente, al salir del perímetro de la Hoja.

Queda, por último, por reseñar, en la parte oriental, una zona limitada por los ríos Aragón y Onsella, en la que tiene asiento Javier, y cuya altura máxima no pasa de los 640 metros. No podemos menos de recordar que en aquella localidad nació, y se conserva, aunque muy deformada, la casa natal y solar de San Francisco de Javier, glorioso patriarca de las Indias.

Hidrografía

El río de mayor importancia a que podemos hacer referencia es el Aragón, que penetra con cota de 440 metros por las proximidades de Yesa, sigue con rumbo general hacia el SO., pasando por Sangüesa, Cáseda y Gallipienzo, y sale, al sur de este último pueblo,

por la cota de 360. Su recorrido total es de unos 33 kilómetros y, por lo tanto, la pendiente media de 2,5 por mil.

Recibe este río por ambas márgenes numerosos afluentes. Los que tienen su origen en la sierra de Leyre son todos de carácter torrencial; más caudaloso y de curso más constante es el llamado barranco de Undués, que pasa por Javier. Al norte de Sangüesa, y por su margen derecha, se le une el Irati, río que tiene su origen en la frontera francesa, en las vertientes del pico de Ori, y que en sus 90 kilómetros de recorrido, recibe las aportaciones de otros afluentes importantes, y entre ellos, dentro de la Hoja, el Salazar, que bordea por el norte la sierra de Leyre, en parte, por una profunda y muy pintoresca foz, y que se le une entre Lumbier y Liédena.

El río Onsella, que nace en la región aragonesa, se une también, unos dos kilómetros al sur de Sangüesa, al Aragón, y a éste vierten también sus aguas una serie de arroyos y barrancos que tienen su origen en el macizo de la sierra de Izeo y en las de Peña y San Pedro.

La hidrografía de esta Hoja se verá enriquecida pronto con una magna obra hidráulica: el Canal de las Bardenas Reales, que llevará el agua embalsada por la gran presa de Yesa, en el río Aragón, a las sedientas tierras de Las Bardenas Reales, para crear allí una exuberante riqueza de cultivos de regadío.

El embalse de Yesa está ya situado fuera de la Hoja, pero casi en su mismo borde. Cerrando el curso del Aragón, elevará sus aguas, que con costosas y atrevidísimas obras, admirablemente dirigidas por D. Renato Petit, atravesarán, en varios túneles, los montes de Javier, y luego, en uno de gran longitud, la divisoria de Cáseda, para asomarse ya a la gran extensión semidesértica de Las Bardenas.

Geografía humana

Pertenece el área de esta Hoja al somontano navarro, situado entre las montañas pirenaicas y la Ribera propiamente dicha. Al SE. de ella se extienden las resacas tierras de las Cinco Villas; y más allá las semidesérticas de las Bardenas Reales.

Sangüesa es una villa rica y bien situada, dotada de importantes monumentos artísticos que acreditan su abolengo. Comunicada con Pamplona por el ferrocarril del Irati, y situada en un importante nudo de comunicaciones, es el mercado y centro comercial de una extensa zona. Hasta allí llegan los montañeses de los valles del Irati y Salazar, y los riberanos a cambiar y vender sus productos. Lumbier, igualmente situada sobre el ferrocarril del Irati, es también

mercado importante para los montañeses, que desvían allí hacia Pamplona, su capital administrativa. El resto de la población se agrupa toda en núcleos menores, entre los que destaca Cáseda. No existe población diseminada, y la vida de la región es esencialmente rural, con cultivo de viña y cereales; vida agrícola que al menos para alguno de estos pueblos se verá enriquecida con los riegos del Canal de las Bárdenas, actualmente en construcción.

Es región poco arbolada, salvo en las sierras de Leyre, donde en muchas zonas hay bosque apretado de carrascas, difícil de atravesar, y en la de Izco, en cuya falda norte hay bosque mezclado y espeso de robles, pinos y hayas, con matorral de boj. Este bosque desaparece gradualmente hacia el Sur y es sustituido por plantaciones, aun jóvenes, de pinos, muestra de la magnífica labor de repoblación forestal que lleva a cabo la Exema. Diputación Foral de Navarra. Aun más al Sur sólo hay bojes y alguna encina, que finalmente desaparecen para dar paso a los montes cultivados con viñas y cereales o pelados y desnudos.

En la sierra de Peña, en el borde sur de la Hoja, hay otra mancha densa y apretada de arbolado con encinas y carrascas y mucho boj, pero de reducida extensión, que más abajo da paso a los secos y pelados montes de Cinco Villas.

Los pueblos del Iratí y Aragón ven pasar en cambio, embalsadas, las maderas pirenaicas de las selvas montañosas, que en pintorescas jangadas y diestramente conducidas por los madereros van bajando río abajo hasta llegar al Ebro, si no se disgregan antes en las serrefías ribejanas.

Arqueología y Prehistoria

De las publicaciones especialistas en esta materia entresacamos algunos datos referentes a los descubrimientos prehistóricos y arqueológicos llevados a cabo en esta Hoja, muy rica en materiales de gran interés.

El P. Escalada cataloga y describe los abundantes materiales prehistóricos hallados en la región, y menciona cómo en la parte más elevada de una colina situada al norte del castillo, en los parajes denominados Cuadrón y Viñas Viejas, se ha descubierto un poblado neolítico en forma de elipse, cuyos ejes miden 87 y 65 m., dentro de cuyo recinto ha encontrado restos de edificaciones hechas con argamasa, flechas de piedra, hachas pulimentadas, pequeños menhires, cantos de río pintados y el templo al aire libre con su piedra de sacrificio y piedra de altar, sobre la que descansa un idolillo de bronce

consistente en una pequeña varilla que remata por su parte superior en una graciosa avecilla y por la inferior en una argolla.

Se ha podido comprobar también la existencia en la época romana de un poblado en una estrecha vega, al pie de esa colina, habiéndose encontrado allí cimientos de edificios, urnas cinerarias, abundante cerámica sigilítica, flechas, monedas, etc., siendo lo más saliente de todo ello el hallazgo de una estela del siglo III, que por su asunto es única en su género en todo el país vasco-navarro. Es una piedra de 98 cm. de alto por 49 de ancho, con una sola cara labrada, en la que se encuentra, en letras bastante toscas y desiguales, la siguiente inscripción:

DOMINO . CONIV
GI . LEVCADIO . FEMINA
CLIASTE . LULIMO
POSVIT . MARITO . AN
NORUM . LXXV

cuya traducción es: «A mi señor cónyuge y marido Leucadio, que falleció de setenta y cinco años, consagra esta memoria su mujer Lulimo Cliaste».

Pero lo que da verdadero interés es que en su parte superior se halla esculpida una media luna con ambos picos hacia abajo, prueba evidente de que se trata de una lápida funeraria consagrada a la diosa Luna, a la que se debía dar culto en aquella época.

Al sur de Javier descubrió también, en una pequeña altura, restos de un templo romano y entre ellos dos bellos fustes de columna de orden corintio, habiendo encontrado recientemente en la falda de esa colina un miliario romano de principios del siglo IV, cuya inscripción reza:

D . N.
FLACIO . VAL
SEVERO . D
NELL

testimonio de que pasaba por ese paraje una vía romana.

Los materiales arqueológicos de Javier y su zona, abarcan desde la prehistoria y edad de piedra hasta los tiempos ibero-romanos y romanos, y son de toda índole, desde instrumentos caseros y ornamentación, armas, medallas, monedas, estelas funerarias, piedras miliarias, etcétera.

Muchos de estos objetos se encuentran almacenados y expuestos en el museo del Castillo de Javier.

Taracena y Vázquez Parga han publicado recientemente (1946) los resultados de sus campañas de investigación en las zonas de Javier

y Gallipienzo. En la primera localidad se localizó un castro con su recinto fortificado y habitaciones adosadas. Se hallaron objetos neolíticos, hallstáticos y romanos.

En los Castilletes, de San Juan de Gallipienzo, existen restos romanos y unos silos, ya que al parecer se construyeron para guardar grano y no como urnas funerarias, como supusieron otros autores.

Por lo que se refiere al Castillo de Javier, su fundación se atribuye a época tan remota como la Reconquista, si bien se cita por primera vez en documentos que datan del siglo XIII (1217). La actual construcción superpuesta a la antigua nada tiene que ver con ella, y su pretencioso estilo arquitectónico no se armoniza con la sencillez de las casas-torres de la montaña navarra, pero por su magnitud y riqueza de materiales resulta, no obstante, impresionante. Sus sombríos patios interiores son, quizá, lo más sugestivo y reminiscente.

Vimos una calzada antigua muy bien conservada a trozos, quizá romana, cuyo piso está construido con grandes losas de piedra. La encontramos al salir de Lerga, en un itinerario dirigido hacia el Sur, y la seguimos durante largos trechos, si bien en otros se perdía. En el barranco al norte de Ujué aun se conservaba un trozo en buen estado; más al Sur la perdimos, bien porque tomásemos otra dirección, bien porque se haya borrado en aquel terreno más llano.

III

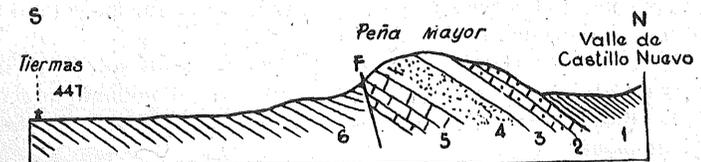
ESTRATIGRAFÍA

Los terrenos representados en la superficie de la Hoja de Sangüesa corresponden a los sistemas cretáceo, eoceno, oligoceno y cuaternario.

1. Cretáceo

Ocupa el cretáceo una pequeña zona triangular en la parte Nordeste de la Hoja.

El primero que citó la existencia de este terreno en la región que nos ocupa fué L. Carez (4) (1881), quien señaló una mancha en la parte oriental de Peña Mayor, fuera, por lo tanto, de nuestros límites, en la cual, según el corte que presenta, la sucesión de capas es como sigue (fig. 2):



CAREZ: Corte de la Sierra de Leyre
por Peña Mayor
Escala 1:100.000

Fig. 2.

1. Margas azules bartonienses.
2. Caliza con *Nummulites*.
3. Areniscas blancas sin fósiles. Danés (?).
4. Areniscas pardas con *Orbitoides*. Danés.
5. Caliza rosa con *Hippurites*. Campaniense.
Falla.
6. Margas azules bartonienses.

Acogiéndose a esta clasificación, P. Palacios, en su memoria sobre los terrenos mesozoicos de Navarra (27) (1919), cita, al tratar de los tramos senonense y danés, y con mayor extensión en el primero, la mancha cretácea de la sierra de Leyre, de la cual en nuestra Hoja sólo aparecen los depósitos superiores, es decir, las areniscas que uno y otro atribuyen al danés.

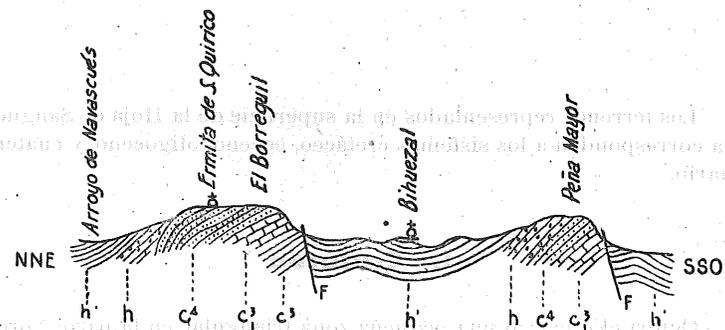


Fig. 3.

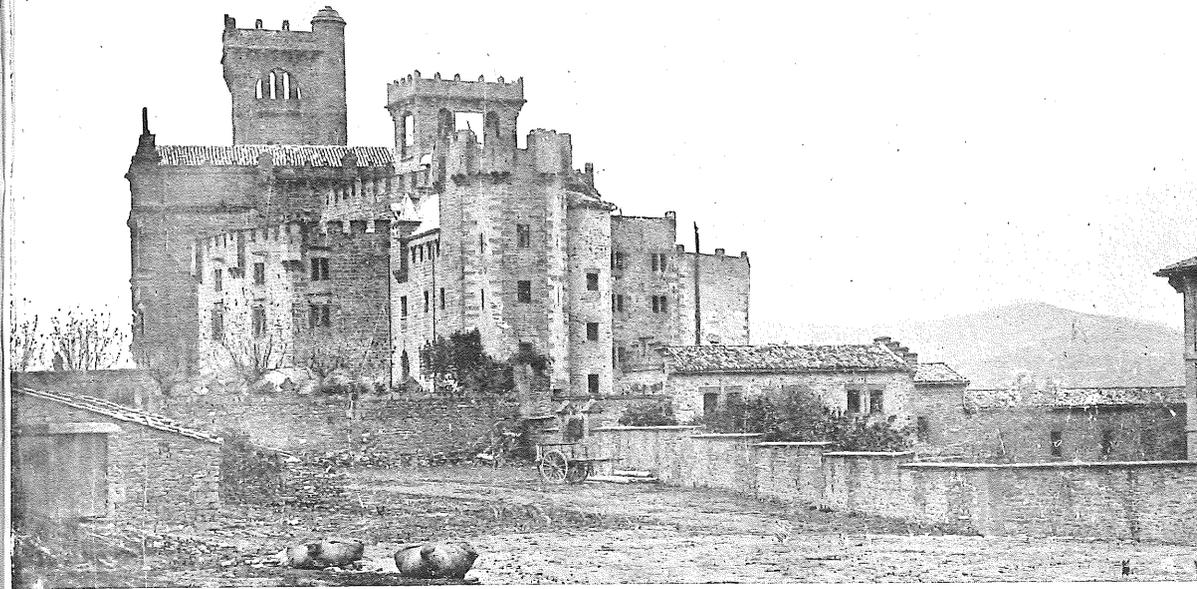
c^3 y c^1 . Margas y calizas senonenses. — c^4 . Areniscas calíferas y conglomerados del danés. — h y h^1 . Calizas y margas eocenas. — F. Fallas. (Según Palacios.)

Esas areniscas, sin embargo, han sido consideradas por L. Mallada (21) en la «Explicación del Mapa Geológico de España» como parte inferior del eoceno aragonés, opinión con la que M. Dalloni (8) (1910) se muestra también conforme.

Ríos, Almela y Garrido (30), (1944), en sus estudios sobre el Pirineo navarro, dan una interpretación distinta, coincidente además con la de G. Selzer (35) (1948) y otros autores que la han estudiado recientemente.

Esta interpretación es la que, comprobada sobre el terreno, se ha adoptado para la descripción de esta Hoja (fig. 5, lám. I).

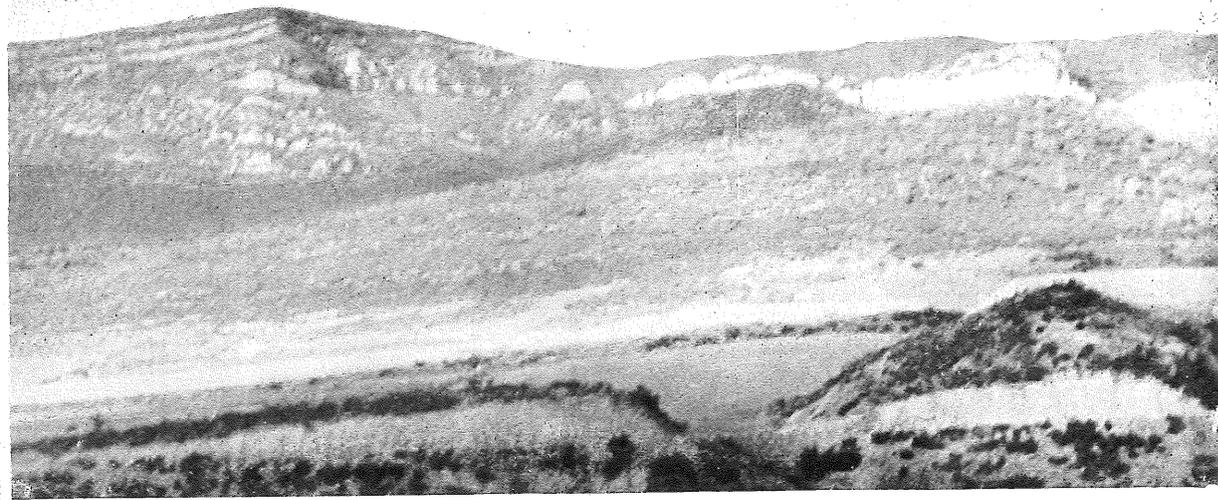
El cretáceo de la sierra de Leyre se inicia ya con el senonense, y está constituido por unos 80-100 metros más bajos de carácter calizo y color gris o grisamarillento, con niveles de caliza milonítica. Se han visto *Hippurites* no clasificables. Estos tramos pasan gradual-



Fot. 9.—Javier. Casa-castillo de San Francisco.

Fot. 10.—Lumbier. Al fondo la Peña de Izaga, situada al O. y fuera ya de la Hoja.





Fot. 11.—El anticlinal de Leyre, con sus dos flancos, normal e invertido, bien puestos de manifiesto. A la izquierda la cumbre de Arangoiti.

Fot. 12.—Vista de Aibar, en el oligoceno.



mente, por intercalaciones de tramitos rojos, a un conjunto intermedio más blando y heterogéneo que mide unos 250-300 metros y cuyos tonos son rojizos. Alternan en él los niveles margoso-arenosos con otros más puramente calizos o arenosos; su carácter parece más arenoso de lo que es en realidad, debido a que, por decalcificación superficial, se carga de arena en los afloramientos naturales. Contiene *Ostreas* y *Rhynchonellas* y algún *Nautilus* o ammonítico mal conservado. Hacia la parte superior se hace el conjunto más calizo y las capas pueden considerarse como maciños rojos oscuros. Es esencialmente un tramo margoso, aunque en general estas margas son sucias, tanto por calizas como por arenosas.

Esa calcificación de los niveles altos constituye un tránsito al tramo superior, y único visible en la Hoja de Sangüesa, muy duro, calizo y arenoso, que por eso mismo constituye, en general, compactos cejos que coronan con frecuencia en arriscados tajos estas sierras marginales. Su espesor es aproximadamente de 200 metros.

Por decalcificación superficial presentan casi siempre aspecto de areniscas. Su color es rojizoamarillo oscuro. En ellas hemos visto secciones de *Hippurites* y de *Radiolites* o *Sphaerulites*. Las capas más altas contienen, además de abundante arena, gran cantidad de granos y gravillas de cuarzo bien rodados. Su edad debe ser maestrichtiense, no sólo por su carácter arenoso, común en general a las formaciones de esta edad en las sierras pirenaicas marginales, sino sobre todo porque más al Este, en la misma sierra de Leyre, soporta niveles de vivos colores rojos, vinosos y verdosos, compuestos por pizarrillas y margas de típico aspecto garumnense, depósitos que no llegan a entrar, o no hemos visto, en la Hoja de Sangüesa.

Para Ríos, Almela y Garrido, las equivalencias con las clasificaciones de Carez y Palacios, anteriormente expresadas, serían las siguientes: los 80-100 m. más bajos, de carácter calizo, deben equivaler a las calizas rosadas con *Hippurites vidali* de Carez y Palacios. El nivel intermedio de arenisca parda con *Orbitoides*, al potente y complejo tramo de margas arenosas y areniscas, aunque ellos no vieron los orbitoides, y también a nuestro maestrichtiense.

La arenisca blanca del danés, que no existe en la Hoja de Sangüesa, correspondería, en efecto, al garumnense.

2. Eoceno

El eoceno penetra por su ángulo NE. y se extiende en ancha faja por toda la zona norte, limitada aproximadamente por las carreteras de Liédena a Tiermas y de Pamplona a Liédena, hasta el poblado de Aldunate, en donde queda limitado en forma de aguda lengüeta.

Distinguímos en él dos tramos: en el primero, e inferior, tenemos

la caliza con *Alveolina oblonga*, *A. subpirenaica* y *Nummulites aturicus-rouaulti*, que corresponden al luteciense y se presentan en la parte alta de la sierra de Leyre, constituyendo la armadura de ésta. Al segundo corresponden las margas azules que se extienden por toda la falda de la sierra y pasan al otro lado del Irati, hasta Aldunate y Nardués, y las margas y maciños con *fucoïdes* de facies flysch, que sólo se presentan en la parte oriental, en las márgenes del Aragón, y son una diferenciación lateral dentro del conjunto margoso.

Esas margas fueron clasificadas como bartonienses por Carez (1881) (4) por haber encontrado en ellas la *Serpula spirulea*, pero esta opinión ha sido rechazada por Dalloni (1910) (8), que las considera como del luteciense superior, fundándose en el hallazgo de otros fósiles que cita y en que la *Serpula spirulea* es muy rara, siendo más frecuentes otras especies de ese mismo género. Este autor considera en cambio como bartonienses las margas que nosotros incluimos ya en el oligoceno. Para nosotros, el conjunto del flysch-margas azules representa el luteciense superior-bartoniense.

Los fósiles que hemos encontrado son todos ellos correspondientes al eoceno medio, y existe duda sobre si alguno de ellos corresponde al inferior, aun cuando para dilucidarlo plenamente necesitaríamos confirmar la existencia de una especie de dudosa clasificación que no hemos vuelto a encontrar.

Se inicia, pues, el eoceno por unas bancadas potentes de calizas grises marinas, que alcanzan un espesor medio y bastante constante, en estas sierras marginales, de unos 175 m., pero precisamente su potencia es máxima en la zona de contacto de las hojas de Sangüesa, Aoiz, Navascués y Sigüés, donde, en la hoz de Domeño, tajada por el río Salazar en estas calizas aguas arriba de Usún, su espesor es, desde luego, superior a los 200 metros. Es muy posible que en lo más hondo de esta hoz, en el mismo ángulo de la Hoja, aflore ya el cretáceo. Si no llega a aflorar es que el espesor de las calizas es allí muy superior a los 200 metros.

El resto de las formaciones eocenas es también totalmente marino. Se componen de regulares espesores en que alternan con distribución irregular las margas azules y las grises y arenosas, alternando con areniscas tableadas en facies de flysch. Las margas azules presentan escaso contenido fósil, pero la facies flysch, además de sus típicos fósiles problemáticos (*fucoïdes*, pistas, etc.), contiene *nummulites*, *equinidos*, *velates* y otros moluscos. El espesor de este conjunto es muy grande y muy superior al de las calizas mencionadas.

En Yesa, casi en el contacto con esta hoja y en formaciones que pasan a ella, cita Sampelayo una abundante fauna del flysch, que reseñamos más adelante.

Volvamos sobre la debatida cuestión del bartoniense.

Por un lado, como dice Ríos (1946) (30), el conjunto eoceno no pa-

recería representar por su contenido fósil más que el luteciense, en todo caso un luteciense bastante potente. Sin embargo se suele afirmar que alcanza hasta el bartoniense y el P. M. Ruiz de Gaona presenta pruebas paleontológicas (1947) (31). Ahora bien, el oligoceno en apariencia concordante, es, si se observa en sus grandes rasgos y conjunto, discordante sobre el eoceno, es decir, lo taja. Así pues, la serie eocena se encuentra con gran frecuencia incompleta, desmantelada en su parte superior por la erosión oligocena. Debido a la escasez de fósiles (macrofósiles) en las margas azules, y cuando no se tiene la referencia paleontológica más segura de la inconstante facies flysch, nunca se tiene la seguridad de cuál es límite superior de este conjunto litológicamente monótono e idéntico del luteciense superior-bartoniense, límite que puede quedar, erosivamente, con gran frecuencia, dentro del luteciense superior.

Dentro del eoceno hemos encontrado numerosos restos fósiles, cuya clasificación debemos al especialista Dr. Gómez Llucca, que aunque pertenecientes a un reducido número de especies y aun muchos de ellos indeterminables específicamente permiten, sin embargo, fijar con precisión los tramos a que pertenecen y establecer la clasificación que indicábamos antes.

En las calizas que constituyen el núcleo de la sierra, en el alto de Arangoiti, hemos encontrado ejemplares de *Alveolina oblonga* y *A. subpyrenaica*, y secciones de *orbitolites* que inducen a clasificarlas como de la parte inferior del eoceno medio o aun tal vez del eoceno inferior, pero resulta un poco aventurado el incluirlas en éste sin haber encontrado los nummulites característicos. Ríos, Almela y Garrido citan, además, los *Nummulites perforatus* y *rouaulti* en Lumbier, junto a las margas.

En el tramo de margas y en niveles calizo-margosos hemos hallado restos de *alveolinas* y *orbitolites* y el *Nummulites aturicus-rouaulti*, del eoceno medio y un único ejemplar que parece ser del *Nummulites elegans-planulatus* del eoceno inferior, pero que por sí solo no puede servir de base para una clasificación que estaría en contraposición con lo que la estratigrafía y la tectónica de la región señalan.

Sampelayo (1933) (34) cita precedentes de Yesa:

DE LAS CALIZAS.

Nummulites rouaulti d'Arch.

— *perforatus* d'Orb.

Assilina exponens Lor.

Alveolina sp.

Orbitoides sp.

Ostrea rouaulti Mall.

Pecten.

Cerithium pseudo-corrugatum ? d'Orb.

— *lamellosum* ?

Turritella.

Scutellina linderi ? Corr.

DEL FLYSCH.

Arenicola.

Helicolithus fabregae Azpeitia.

Lorenzina apeninica Gab.

Palaeodictyon minotum Kind.

Cylindrites submontanum Azpeitia.

Helminthoidea sinuosa.

Scolithia prisca Quadre.

Helminthoidea labyrinthica Heer.

Münsteria.

Halimenites.

3. Oligoceno

El oligoceno es el terreno que predomina en esta Hoja, ya que recubre toda su superficie salvo las manchas cretácea y eocena que acabamos de citar y las cuaternarias que se encuentran en las proximidades de los ríos y en los depósitos de ladera.

Constituyen la base de esta formación las margas rojizas con yeso, a las que se superponen algunos bancos de caliza margosa y alternancias de molasas, que contienen, a veces, restos vegetales y margas sabulosas pardoamarillentas, rojoparduscas y agrisadas. Apoyándose en las margas rojizas se intercala, a veces, constituyendo la base de una serie algo más detrítica, una potente masa discontinua de conglomerados poligénicos con cemento pardoamarillento, que comienza a verse por el sur de los altos de la sierra de Peña, se extiende en aisladas manchas por la sierra de Chucho Alto, La Sarria y altos de Beraga, cruza el Aragón por las proximidades de Gallipienzo, pasa por este pueblo y parece perderse hacia el SE.-E., aunque quizá esté representada aún por lentejones mucho menos potentes y más discontinuos que se confunden con algún esporádico lecho conglomerático habitual en la composición del oligoceno.

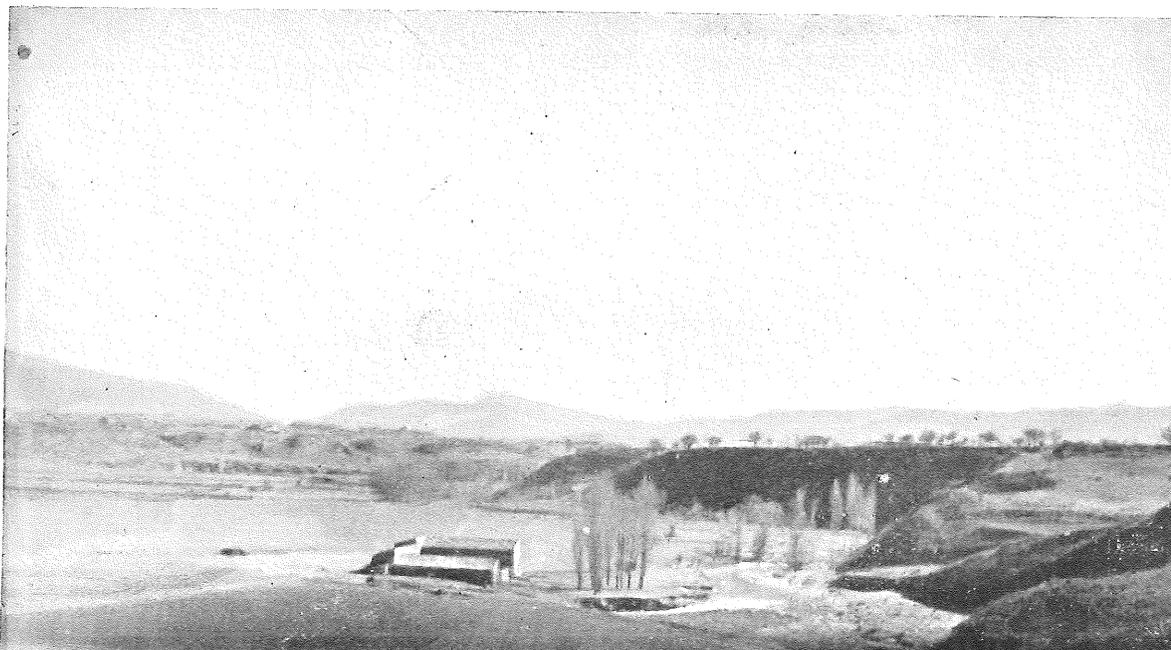
Ya decíamos en la memoria correspondiente a Tafalla lo discutida que ha sido la edad de estos conglomerados que, por su constitución, no pueden contener más restos fósiles que los que se encuentran en los cantos rodados que los forman, y éstos, por lo tanto, no pueden dar idea más que de la máxima antigüedad que se les puede asignar. Así, han pasado por todos los términos, desde equipararlos a las pudingas de Palassou, del eoceno superior, hasta las de Jurançon, que suponían miocenas Stuart Mentéath (1891) (37) y Douvillé.



Fot. 13.—Sierra oligocena de Peña, en el borde meridional de la Hoja.



Fot. 14.—Ribera del Onsella, al N. de Sos del Rey Católico, que se asienta en la ladera montañosa del fondo.



Nosotros, de acuerdo con la clasificación de Vidal, Depéret y Malla-da, las incluimos en el oligoceno inferior.

Para Selzer (35), ya en 1933, estos conglomerados constituyen el tránsito del oligoceno-mioceno, cuyo contacto queda, según él, y de acuerdo con este criterio, al sur de Cáseda. Pero, aparte de que este criterio ya se había rechazado cuando Selzer trabajó allí, posteriormente se ha podido comprobar que gran parte de los sedimentos atribuidos por Selzer al mioceno, tanto en Navarra como en Huesca, son, en efecto, oligocenos. Observaciones de Llopis (1945) (18), Ruiz de Gaona (1946) (32), Almela y Ríos (1946) (30), así lo confirman.

El oligoceno de esta Hoja está constituido por una monotonísima alternancia de bancadas más gruesas, margosas, con otras más finas, compactas y duras de areniscas, que se acumulan en espesores muy superiores a los 1.000 metros. Tiene el aspecto clásico del oligoceno de la depresión del Ebro en sus facies marginales, con sus colores pardo-rojizos, amarillentos o rojizoamarillentos. Suministran el detalle de la composición del oligoceno los datos de los sondeos de Sos del Rey Católico y de Javier, que se incluyen en el capítulo dedicado a su descripción.

La separación con el eoceno es un poco difícil y artificiosa. Veamos, por ejemplo, cómo tiene lugar al sur de Yesa, donde los túneles recientemente abiertos para dar paso al canal de las Bárdenas permiten la observación de la roca en superficie fresca no meteorizada (fig. 4).

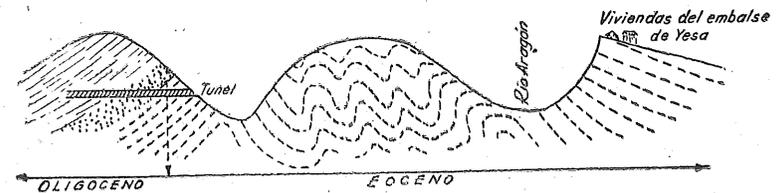
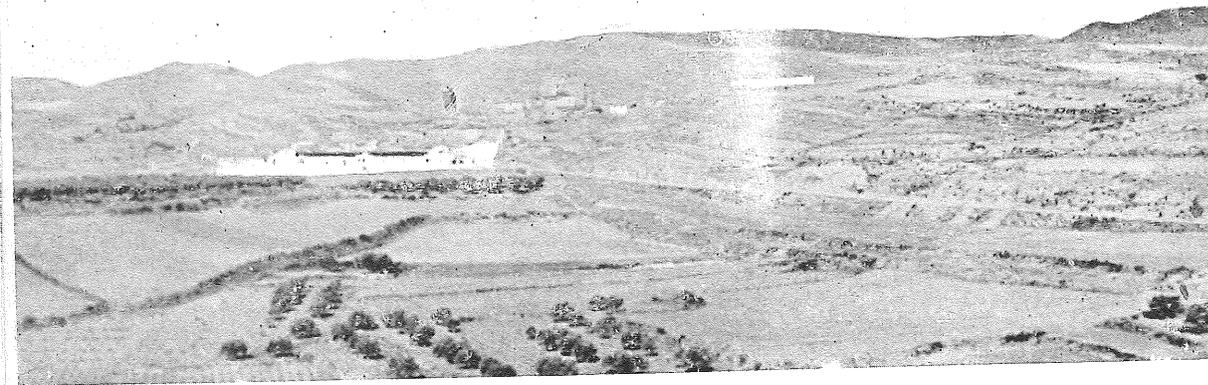


Fig. 4.

En esa zona el eoceno tiene facies marcada de flysch, y en su composición alternan las margas grises tableadas y hojosas de tonos predominantemente grises con areniscas amarillas en bancaditas duras y regulares con pistas y fucoides. En la carretera de Yesa a Javier y un poco al norte del kilómetro 10, el flysch presenta un conjunto en que predominan las areniscas en bancos más gruesos y duros, reunidos en un paquete areniscoso de unos 25-30 metros de espesor. En sus lisis hay ripplemarks. Rebasado ese nivel, que consideramos como la base del oligoceno, el conjunto es de nuevo muy margoso, pero de tonos rojizoamarillentos. Presenta areniscas, pero su estratificación es mucho más irregular y cruzada. Además, en-



Fot. 15.—Sada de Sangüesa, en el oligoceno.

Fot. 16.—Cerros de San Miguel, cerca de Ayesa, con típico relieve oligoceno.



contramos en seguida un manantial ligeramente salobre. No se aprecia discordancia, al menos apreciable, con el clinómetro.

Como se ve por esta descripción, al faltar una discordancia acusada, y no existiendo conglomerados basales, la separación de eoceno y oligoceno parece un poco artificiosa. Pero si la observamos dentro del segundo túnel del canal de las Bardenas, al sur de Yesa, allí, en la fractura fresca, el contraste entre ambas formaciones, es mucho más marcado.

A 50 metros de la boca del segundo túnel, que se abre en la falda meridional del barranco de la Cardonera, atravesados los bancos de arenisca que cubren la facies del flysch grisazulado, apreciamos claramente la presencia del oligoceno, por su estratificación mucho más irregular, por su color más rojizoamarillento con predominio de margas, y porque inmediatamente estas margas rojas son yesíferas. No existen los yesos en masa, ni se han cortado las sales. Únicamente vetillas y capitas de yeso que no rebasan un centímetro de espesor. En cambio, el yeso es abundante en cristálitos diseminados en la masa de las margas. A 125 metros de la boca, las capas se hacen más grises y yesíferas y algo saladas.

Los sedimentos oligocenos, como repetidamente hemos dicho en las memorias publicadas referentes a otras hojas de esta región, son azoicos, salvo en casos muy excepcionales y, en general, los fósiles se encuentran localizados en la zona sur de la depresión del Ebro. Ha sido inútil, por lo tanto, la escrupulosa minuciosidad con que hemos revisado todos aquellos niveles que parecían presentar alguna probabilidad de contener fósiles, y lamentamos más que la pérdida de tiempo que ello supone y que se hubiese visto sobradamente recompensada con el hallazgo de cualquier resto clasificable, el no poder aportar ningún dato que corrobore la clasificación que hemos hecho de los depósitos de ese tramo, ateniéndonos, únicamente, a datos litológicos.

4. Cuaternario

El cuaternario está constituido por depósitos diluviales y aluviales de los ríos más importantes y de ladera.

La mancha diluvial de mayor superficie es la que se encuentra en el ángulo SE. de la Hoja, limitada por los ríos Aragón y Onsella por el Norte y, por el Sur, por las estribaciones de las sierras de Peña y San Pedro, hasta las proximidades de Cáseda. El cauce del Aragón muestra, a veces, con gran nitidez, tres niveles de terrazas.

Siguen, en importancia, las manchas diluviales situadas al SO. y sur de Sangüesa y, por último, las de los alrededores de Liédena y Yesa y al norte del río Salazar.

El aluvial contornea gran parte del curso de esos mismos ríos.

La composición de la mancha diluvial es siempre la general en esta clase de terreno: un conglomerado formado por elementos rodados de tamaño muy variado y arenas y arcillas rojizas y amarillentas.

Son notables los depósitos cuaternarios de la ladera de la vertiente meridional de la sierra de Leyre, que sustraen a la observación buena parte de ella. Constituidos por fragmentos de calizas de todos tamaños, pero en que predominan los pequeños, están consolidados por las aguas calizas de escorrentía en un gran plastrón o brecha muy dura, dispuesta en irregulares estratos cuya pendiente es la de la ladera.

IV

TECTÓNICA

Los accidentes tectónicos de la Hoja de Sangüesa, como sus análogos de las ya publicadas de Tafalla y Viana, que comprenden terrenos situados sobre la misma faja geológica, pueden dividirse en dos grupos.

Pertencen al primero, los producidos en los terrenos anteriores al oligoceno, a consecuencia de los empujes alpinos que originaron durante el período terciario el levantamiento pirenaico; y al segundo, los que simultáneamente y a consecuencia también de los mismos movimientos de fondo han sido producidos en los terrenos superiores, posteriores al oligoceno, pero que han sido influidos además por la naturaleza especial de las capas inferiores de este terreno, compuestas de arcillas, anhidrita, yeso y materiales salinos, que mezclados con las margas forman una masa blanda de gran plasticidad y de poca densidad; debido precisamente a sus peculiares propiedades mecánicas imprimen a los pliegues en que toman parte una morfología peculiar que puede clasificarse como casi diapírica.

Pertenece a los accidentes tectónicos del primer grupo la sierra de Leyre, cuya mitad occidental, formada casi en su totalidad por calizas numulíticas y margas azules, queda comprendida dentro de la Hoja y presenta una estructura bastante complicada.

La sierra de Leyre ha sido estudiada por los eminentes geólogos L. Carez (1881) (43), y P. Palacios (1919) (27); que han dado cortes geológicos de ella trazados por su parte oriental, ya fuera del perímetro de la Hoja, pero cuyo conocimiento es interesante para el estudio de ésta.

Carez da un corte (fig. 2) entre Tiermas y Castillo Nuevo, y dice: «La capa de caliza con *Num. perforata* continúa al Oeste formando

una montaña elevada limitada al Sur por una falla hasta la altura de Lumbier».

Posteriormente, el mismo geólogo, que había vuelto a estudiar la sierra en 1910 (7), condensa sus ideas sobre la constitución de la misma en 1912 (8), en su interesante resumen sobre la geología pirenaica, combatiendo las teorías tectónicas de León Bertrand, y al describir la vertiente meridional dice: «El braquianticlinal (XVIII) de la sierra de Alaiz, al sur de Pamplona, está indicado por una cresta de luteciense y un afloramiento de triás (manantiales salados de Salinas de Monreal), dirección Norte 75° Este, después Norte 110° Este. Sobre su prolongación aparece otro braquianticlinal de la sierra de Leyre (XIX), que se extiende desde Lumbier al límite de Aragón. Hace aflorar a las capas lutecienses y hasta un poco de cretáceo superior en medio del bartoniense, en su parte media es un pliegue falla con ligero cabalgamiento hacia el Sur. Su dirección es Oeste-Este algunos grados al Sur».

P. Palacios da un corte de esta sierra (fig. 3), trazado como el anterior a oriente del límite de la Hoja, que comprende además a la sierra de Idocorri y Navascués, paralela a la de Leyre y situada más al Norte, en el que indica también la existencia en la de Leyre de una falla longitudinal que se manifiesta al pie de sus escarpadas vertientes meridionales y que pone en contacto anormal los estratos cretáceos con los eocenos del sur de la sierra.

De un interesante estudio sismológico, del distinguido ingeniero geógrafo Rey Pastor (29), publicado en 1931, se deduce la probable existencia de un sistema de fallas sobre la prolongación oriental de la sierra de Leyre, dos longitudinales que parecen limitar la canal de Berdún, la cual puede obedecer a una fosa tectónica, con desplazamientos por hundimientos sucesivos hacia el sur de los compartimientos limitados por las fallas, y otras transversales de las que una fué delatada con motivo del estudio del sismo 1923-1925. Esta falla transversal, indicada por una migración de epicentros, es la jalonada por los pueblos de Bagués, Villarreal y Majone.

Prolongada hacia el Oeste la falla longitudinal, que parece limitar al Norte la canal de Berdún y que viene también indicada por algunos manantiales termales y otros sulfúricos en Villarreal, Asoberal, Binies y Tiermas, coincide con la indicada en la sierra de Leyre por Carez y Palacios.

En cuanto a la falla transversal, señalada por el sismo, es paralela a las transversales que se observan en la vertiente meridional de la parte occidental de la sierra.

M. Dalloni (1910) (8), en el corte más occidental de los terrenos estudiados por él, que es el del valle de Hecho, situado a levante de Berdún, no indica la existencia de ninguna falla.

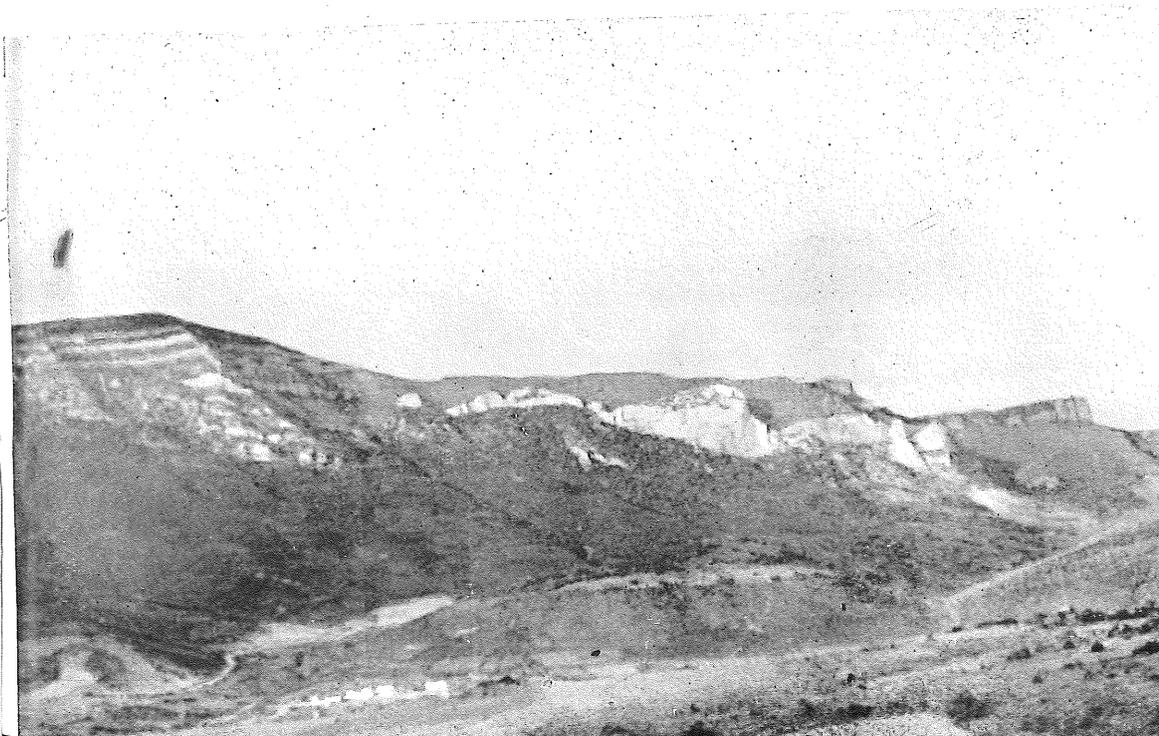
Así pues, en sus líneas más esenciales, la estructura tectónica de esta sierra fué ya correctamente diseñada en el primer corte trazado



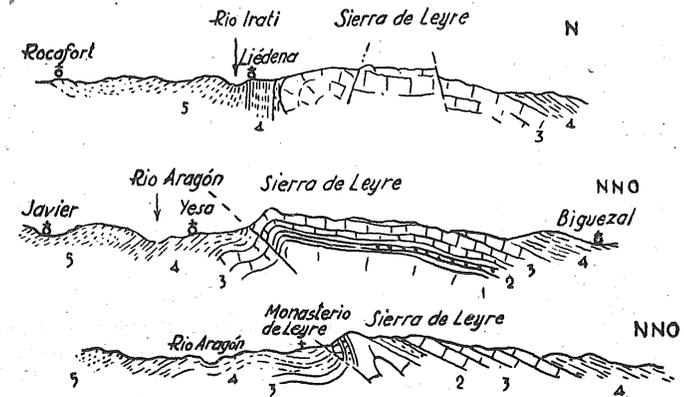
Fot. 17.—La Hoja de Sangüesa, y las cumbres pirenaicas, vistas desde la torre de Ujué.



Fot. 18.—La sierra de Leyre y, al pie de ella, el poblado de Yesa.



de ella por Carez, pero su detalle ha ido evolucionando desde la idea de sencillas fallas de hundimiento hasta la de pliegues fallas cabalgantes, que ahora se acepta como definitivamente establecida.



5, Oligoceno; 4, Eoceno superior; 3, calizas de nummulites; 2, Garumense; 1, Senonense.

(Según Selzer.)

Fig. 5.

Sugerida esta idea ya por el mismo Carez encuentra su expresión gráfica correcta en los cortes de Selzer (1934) (35) (fig. 4) y más tarde en los de Ríos y Almela (1944) (30). No reproducimos estos últimos porque con ligeras variantes y completados son los que ilustran nuestra exposición de la estructura de la extremidad occidental de la sierra de Leyre. Estos cortes (lám. I, fig. 5) aclaran suficientemente la estructura de la sierra y nos permitirían prescindir de otras explicaciones; no obstante haremos una ligera descripción de la estructura que presenta la sierra.

El pliegue falla cabalgante de Leyre se desarrolla a partir de un largo pliegue de dirección Oeste-Este, y que por el Oeste viene ya de la hoja de Aoiz, afectando al oligoceno y, bajo él, también al eoceno (corte 1).

A la altura de Aldunate la erosión muestra ya esta última formación en la charnela (corte 2), y el anticlinal es agudo pero aun simétrico.

Prosiguiendo hacia el Este (corte 3) el pliegue se divide en dos más suaves por inserción de un leve sinclinal intermedio.

A la altura de Lumbier (corte 4) estos pliegues se han individualizado marcadamente. Los estratos buzan hacia el Oeste, y por eso bajo las margas eocenas surgen las calizas de alveolinas que arman

Fot. 19.—La parte de la sierra de Leyre representada en la Hoja de Sangüesa. En término medio Sos del Rey Católico.

Fot. 20.—Los crestones de caliza eocena en la coronación de la sierra de Leyre.

ahora los dos anticlinales, cuya disposición hacia el Oeste es netamente periclinal; el sinclinal intermedio está fallado.

Al este de Lumbier el anticlinal meridional está marcadamente acusado (corte 5) y queda cortado por el río Iratí en la breve y pintoresca hoz de Lumbier. Por el Este cierra también periclinalmente, por lo que desaparece en esa dirección; el otro anticlinal, apenas acusado antes, se aplasta y es sustituido por un leve sinclinal, comprendido entre dos fallas.

Entremedio se forma un nuevo anticlinal, bien marcado más al Este (corte 6) y limitado por las dos fallas, el cual termina periclinalmente, no sin desplomarse antes ligeramente al Sur (corte 7).

Al Norte está limitado por una falla, que es el extremo oriental de la gran falla cabalgante, por encima de la cual se comienza a desarrollar el gran pliegue o anticlinal maestro de Leyre (corte 8).

Este gran bloque falla es cabalgante sobre el pliegue anteriormente citado, que sumergido por su disposición periclinal se repliega bajo el peso y empuje del gran anticlinal, el cual nos aparece completo, cerrando su charnela sobre el cretáceo, roto su flanco meridional que aparece volcado y cabalgado por el conjunto del pliegue (corte 9). La disposición que adopta este gran pliegue hasta su terminación periclinal al Este, a la altura de Aso-Veral, puede verse en el mapa y cortes del trabajo citado de Ríos, Garrido y Almela (30).

Pasemos ahora a describir los restantes pliegues que afectan a los estratos oligocenos, y que quedan todos ellos incluidos en el segundo grupo a que hacíamos referencia, o sea, los que originados por los mismos empujes han sido afectados por la gran plasticidad y poca densidad de los materiales que componen el substratum, en este caso yesos mezclados a las margas.

Seguiremos, en su descripción, el orden en que se suceden de Norte a Sur:

ANTICLINAL DE LIÉDENA.—Penetra por el borde oriental de la Hoja influyendo no solamente en los estratos oligocenos sino también en las margas azules lutecienses. Pasa al sur de Yesa y, por el buzamiento de su eje hacia occidente, desaparece antes de llegar a Liédena.

SINCLINAL DE ROCAFORTE.—Pasa por el sur de Javier y por el pueblo que le da nombre, y debido al buzamiento de su eje, análogo al anterior, desaparece al norte de Leache, cerca de los altos de la sierra de Izo.

ANTICLINAL DE UNDUÉS DE LERDA.—Procedente de la región aragonesa penetra por el límite oriental de nuestra Hoja después de haber pasado por el sur del pueblo, cuyo nombre le damos a falta de un lugar importante que pueda servir para denominarlo dentro de



EXPLICACIÓN

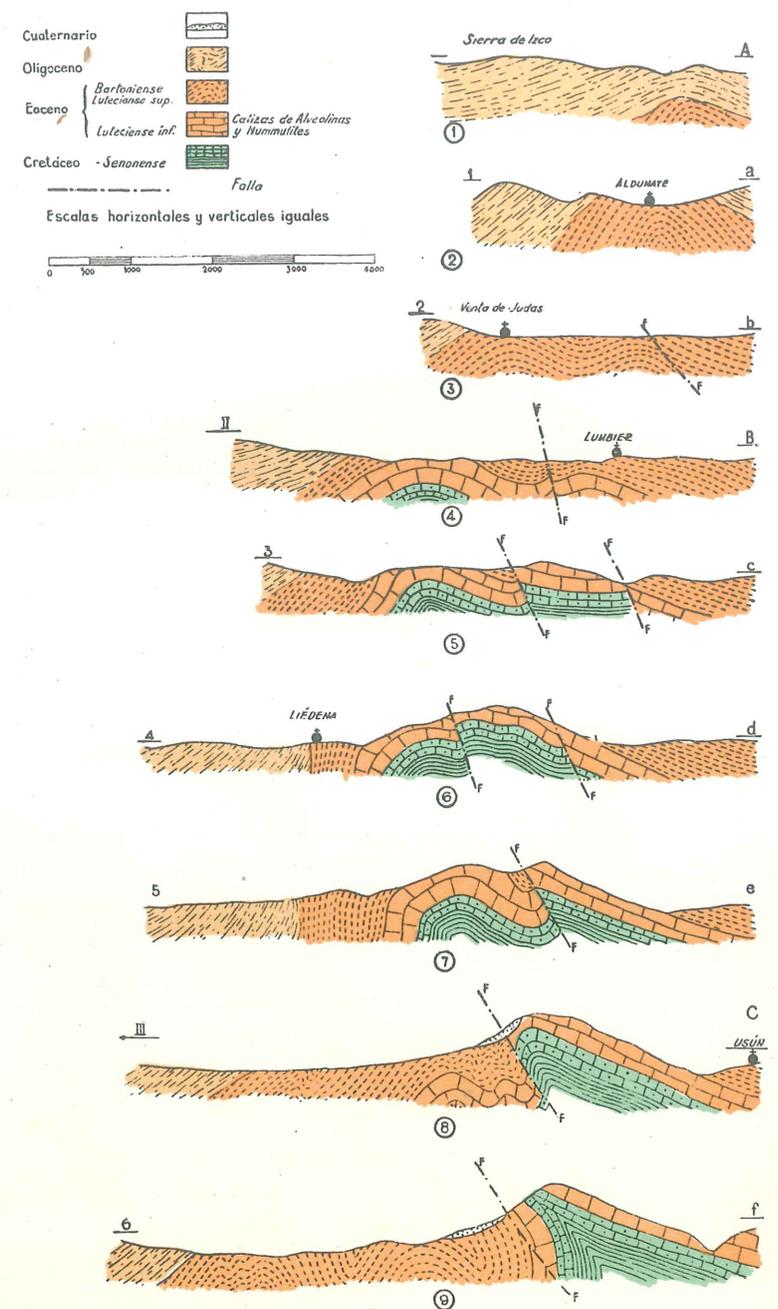


Fig. 6.

nuestra zona, ya que en ésta su recorrido es muy limitado debido al acentuado buzamiento de su eje hacia poniente; se borra antes de llegar a la carretera de Sangüesa a Javier, con un bonito cierre periclinal. Allí parece estrellarse violentamente como por falla, contra unos estratos dispuestos cruzadamente.

ANTICLINAL DE SADA DE SANGÜESA O DE SANTO DOMINGO.—Este anticlinal, que se extingue en Gardalain, después de torcer su rumbo hacia el Norte, pasa al sur de Sada de Sangüesa, donde una fallita lo traslada ligeramente al Norte; pasa también al sur de Sangüesa, y cuando reaparece al otro lado de la mancha cuaternaria de esta población, lo hace como un paquete de capas isoclinal, es decir, constituye un pliegue volcado al NNE. cuyos dos flancos aparecen confundidos en un paquete isoclinal. Es curiosísima esta vergencia al Norte, en una zona donde todas las vergencias son violenta y regionalmente al Sur. Sale de la Hoja y con las mismas características cruza la parte norte de la contigua hoja de Uncañizo, prolongándose sus capas por ambos flancos del gran pliegue de la sierra de Santo Domingo, pliegue, en cambio, desplomado al Sur, que inicia una serie de bonitos y complicados accidentes en anticlinorio que constituyen las sierras de Loarre y Guara, terminando al norte de Alquézar.

Un sinclinal, de análogas características, lo delimita por el Norte.

SINCLINAL DE ARTAJONA.—De este pliegue dimos cuenta con tal nombre en la hoja de Tafalla. Por la parte occidental de nuestra Hoja aparece por las alturas del Monte Lerga y después de pasar por los altos de Santa Ágata y San Miguel, al norte de Ayesa, se oculta bajo el cuaternario del río Aragón.

ANTICLINAL DE TAFALLA. — También procede de la hoja de este nombre y se señala en el límite occidental de la nuestra en el valle de Lerga, al sur de este lugar. En su marcha hacia levante tiene un brusco cambio de dirección en las proximidades de Cáseda y desaparece también bajo la formación cuaternaria del Aragón, pero no sin que antes descienda su eje hacia el E., formando así un bonito cierre periclinal.



SONDEOS E INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS

En «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», vol. IV, 1932, y en la memoria correspondiente a la hoja de Pamplona, se da cuenta detallada de la forma en que se llegó al conocimiento de la existencia de potasa en la cuenca oligocena de Navarra (39), análoga por su constitución geológica a la catalana, gracias al hallazgo de esta sustancia en las aguas del manantial de las salinas de Olaz. Se explican también los criterios que dirigieron la determinación de una zona reservada al Estado, como consecuencia de aquel descubrimiento, y los halagüeños resultados obtenidos en los tres sondeos ejecutados en Salinas de Pamplona, Olaz y Guendulain, en los que se cortó la potasa a las profundidades de 78, 196 y 97 metros, respectivamente, con una importante proporción de silvinita. Esa zona reservada comprendía toda la extensión que se suponía recubierta por el oligoceno en la provincia de Navarra, siendo el límite oriental su confín con Aragón, y como en esta región se ha hecho también la reserva correspondiente y obedeciendo al mismo criterio, resulta hoy en día que toda la Hoja de Sangüesa, salvo la sierra eocena de Leyre, está comprendida en ella.

En vista del resultado obtenido en los sondeos de Navarra antes citados, el Director del Instituto Geológico encomendó al Sr. Marín, que tan inteligentemente dirigía entonces los reconocimientos en la región catalana, el estudio del emplazamiento de un nuevo taladro para establecer una relación entre ambas cuencas. En 3 de febrero de 1942 formuló su informe el Sr. Marín, diciendo que, después de las numerosas excursiones realizadas, puede afirmarse que el oligoceno se extiende sin solución de continuidad desde Cataluña a Navarra, apoyado, casi siempre, en el eoceno marino (luteciense), lo que,

según su opinión, parece confirmar que la retirada del mar eoceno, motivada por las conmociones pirenaicas, dió lugar a un régimen lagunar con clima desértico que originó los depósitos salinos por haber quedado sal triásica, al descubierto, en la misma conmoción.

Estima que la sal debe haberse aproximado a la superficie gracias al pliegue anticlinal cuya trayectoria, desde Cataluña a Navarra, va por las cúspides de la sierra de Almenara; al norte de Balaguer; al sur de Barbastro; al norte de Biel; por Navardún; al norte de Gallipienzo; al sur de Eslava y al norte de Tafalla, paralelamente a la cordillera pirenaica, destacándose su eje por la existencia de los yesos.

Existía el proyecto de realizar un sondeo en Bellmunt, porque siendo el límite de la cuenca catalana, podía dar luces sobre su prolongación por Aragón, pero demostrada ya la indudable riqueza de la zona navarra, parecía más indicado aproximarse a ésta; solicitóse la autorización para el cambio de ubicación del sondeo de Bellmunt, próximo a una concesión particular, a las proximidades de la frontera navarro-aragonesa, en término de Sos del Rey Católico, a orillas del río Onsella (S. 1. en el mapa), y en paraje que reunía las condiciones apetecidas para la ejecución material de los trabajos. Consideraba muy difícil de determinar la profundidad a que se cortarían el manto salino, que estimaba superior a los 500 metros.

La perforación fué ejecutada por la Casa «Eberhard Frey», que tenía ya contratada la de Bellmunt, comenzándose los trabajos el 2 de abril de 1932, y atravesándose, primeramente, una capa de 4,20 m. de grava y guijarros gruesos; hasta los 75 metros se cortaron margas grises con calizas y yesos intercalados, agregándose, después, algunas margas rojas hasta los 1.125 metros, habiendo aparecido la anhidrita a los 523. Siguen luego margas rojas y azules con yeso hasta los 1.200 metros, profundidad a la que se llegó el 17 de septiembre del mismo año y en la que hubo que suspender la perforación por estar así convenido en el contrato de ejecución y no tener interés industrial el proseguirlo a mayor profundidad, aun cuando las rocas últimamente cortadas seguían siendo oligocenas y las que en Cataluña se han encontrado sobre el criadero.

Cuando ya estaba bastante avanzada la perforación de este taldro se creyó conveniente realizar una investigación sísmica de aquella zona, trabajo que fué encomendado a la Sección de Geofísica de este Instituto, siendo su jefe el Sr. García Sñeriz (1941) (11), nuestro actual Director.

El perímetro en que se realizó la investigación abarcaba una zona de unos 10 kilómetros de longitud por cuatro de ancho en los términos de Sangüesa y Sos, limitada por la carretera de Sangüesa a Aibar hasta su kilómetro 6, doblaba hacia Cáseda unos cuatro kilómetros, y se orientaba hacia levante para cortar la carretera de Sos en el kilómetro 89, y seguir hasta el camino de Undués por el que con-

tinuaba hacia el Norte cruzando el Onsella para volver, desde las inmediaciones de Navardún hacia Sangüesa.

La investigación sísmica se hizo por dos líneas dromocrónicas de unos cinco kilómetros de longitud, situada, la primera, en la margen derecha del Onsella, comenzando frente al kilómetro 92 de la carretera de Sos y siguiendo hacia el SE., a lo largo del camino de Navardún. La segunda, se situó en la margen izquierda del río, paralelamente a la primera y pasando por el lugar de emplazamiento del sondeo.

Por los resultados obtenidos deducen que la perforación estaba situada en la rama sur del anticlinal, cuyas capas llevan un pronunciado buzamiento y que si se hubiese colocado al norte de la línea primera hubiese habido grandes probabilidades de cortar la sal a profundidad explotable.

Como la determinación del eje de ese anticlinal parecía ofrecer dificultades, esa misma Sección de Geofísica propuso, y realizó, otra investigación por el método gravimétrico, efectuando varios perfiles normales a la dirección del pliegue y señalando la posición de dicho eje situado más al Norte, aconsejando la ejecución de un sondeo situado sobre él, mediante el cual se cortarían el manto salino a una profundidad explotable.

Posteriormente, en septiembre de 1932, la dirección de este Centro estimó que debían suspenderse los reconocimientos geofísicos y encomendó al ingeniero jefe de esta Región el estudio del lugar más conveniente para el emplazamiento de un sondeo en el límite oriental de la provincia de Navarra. Al informe emitido por éste en 28 de enero de 1933, precedió un detenido estudio geológico de aquella zona, fijando los límites de los depósitos eocenos y oligocenos y los accidentes tectónicos que afectaban a ambos, y analizando las aguas de las salinas situadas en el borde de la cuenca oligocena que, al acusar indicios de potasa, demostraban la existencia del manto salino en profundidad, es decir, siguiendo la marcha con la que tan brillante resultado se había obtenido en la zona ya reconocida.

Pareció un lugar indicado para la ubicación del sondeo las proximidades de la salina, hoy abandonada, de Javier, próxima al contacto de oligoceno y eoceno y cuyas aguas contenían unos dos gramos de potasa por litro, cantidad inferior a la encontrada en otras salinas, pero suficiente si se tiene en cuenta la menor salsedumbre de sus aguas.

Después del estudio geológico y tectónico de la comarca, que, ampliado y generalizado para toda la superficie de la Hoja, hemos visto en los capítulos correspondientes, se trazaron varios cortes que permitieron se llegase a fijar el punto que parecía reunir las mejores condiciones para establecer el sondeo.

Debía éste situarse, siguiendo el plan anteriormente dicho, en las proximidades de la salina de Javier y sobre el corte geológico que,

pasando por ella, fuera normal al límite de la cuenca oligocena, pero como la salina se encuentra situada en la ladera norte de una montaña con pendiente pronunciada, por lo que los espesores de terreno a perforar aumentarían rápidamente si se avanzase hacia el interior de la cuenca, pareció preferible buscar otro emplazamiento más adecuado y, finalmente, se situó un pozo al sur de las salinas de Javier (S. 2 en el mapa), en margas grises del oligoceno, afectadas de buzamiento al Sur, cortándose los siguientes terrenos:

1. Areniscas y margas grises.	65 metros.
2. — con lechos de yeso.	70 —
3. Margas calizas.	40 —
4. — rojas y grises con areniscas.	180 —
5. — salíferas.	4 —
6. — con capas de sal roja.	7 —
7. Brecha con elementos de margas y areniscas cimentadas por sal roja.	40 —
8. Margas con capas de sal.	7 —
9. Capas alternantes de sal y carnalita.	3 —
10. Capas alternantes de sal y silvinita.	2 —
11. Capas alternantes de sal y carnalita.	3 —
12. Sal gris.	60 —
13. Sal, carnalita y silvinita.	12 —
14. Sal.	25 —
TOTAL.	518 —

El sondeo fué parado a los 518 metros, sin haber llegado a las margas eocenas.

Las principales particularidades que presenta este sondeo son:

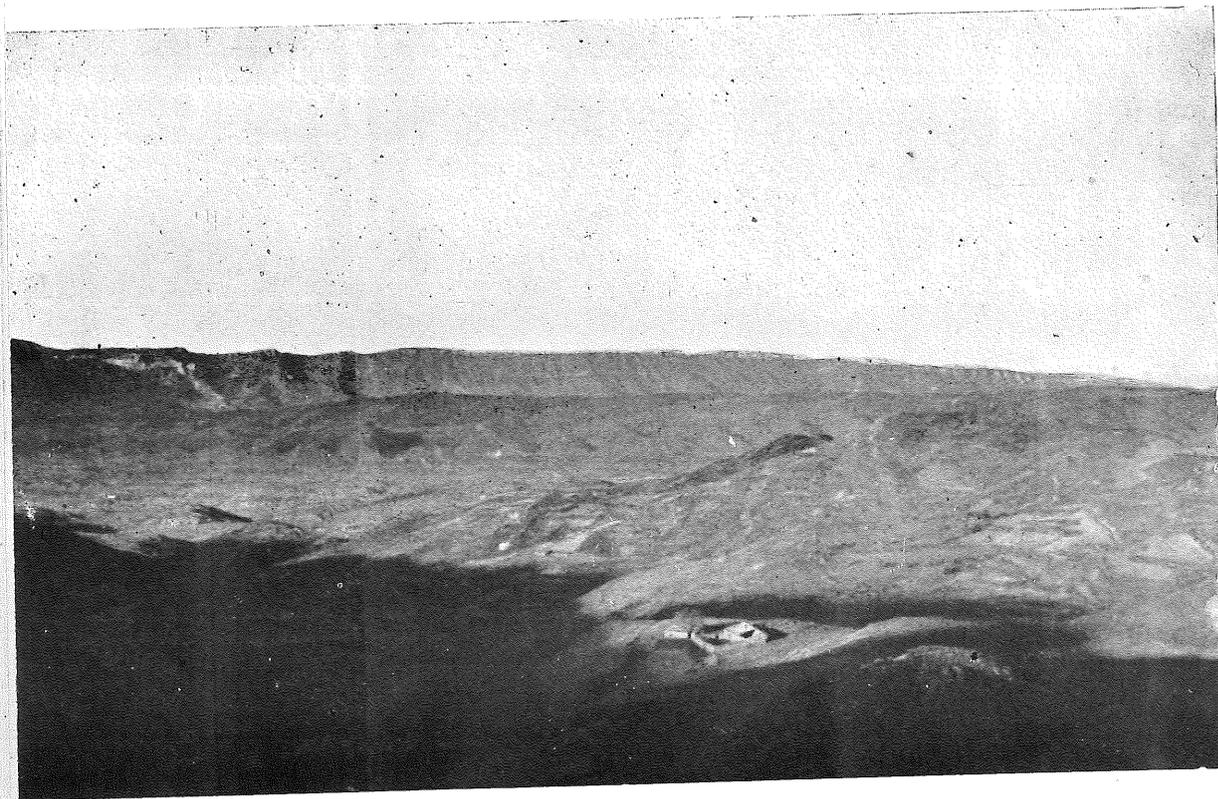
- 1.^a La brecha de cemento de sal recristalizada.
- 2.^a La presencia de dos niveles potásicos, separados por la sal.



Fot. 21.—Terminación occidental de la sierra de Leyre.



Fot. 22.—Terminación oriental de la sierra de Leyre.



VI

HISTORIA GEOLÓGICA DE LA REGIÓN

El área de una hoja es geológicamente excesivamente reducida para que de ella podamos obtener grandes conclusiones referentes a su paleogeografía e historia geológicas. Para movernos con alguna soltura en tan compleja materia es preciso disponer de datos de observación de grandes unidades geológicas, por lo que estudios regionales deberían de preceder a los de las hojas, que, geológicamente y por razón de su limitada área, sólo pueden alcanzar una significación local. Afortunadamente disponemos de los recientes trabajos de conjunto de Selzer (35), Ríos (30) (1946) y Llopis (18), que permiten formar una idea del conjunto y evolución de grandes fenómenos y acontecimientos geológicos que precedieron la constitución de la gran unidad de que forma parte la Hoja de Sangüesa, y recomendamos su lectura a aquellos a quienes interese completar los limitados conocimientos que sobre esta materia puede suministrar una hoja.

Muy poco se conoce del desarrollo pre y paleozoico, puesto que los afloramientos más cercanos son, al Norte, los de la zona axial pirenaica, mal conocidos aún en su detalle; al NO. tenemos los afloramientos del anticlinal de Mezquiriz (30) (1945), los más próximos paleozoicos, de edad aun no definida. En otras direcciones tenemos que cruzar toda la depresión del Ebro para llegar hasta la Cordillera Ibérica (fig. 1), o la Costera Catalana y encontrar el paleozoico de nuevo. Las distancias son excesivamente grandes y los problemas del paleozoico muy poco conocidos para permitir tales extrapolaciones. No podemos precisar nada acerca de la índole o disposición que afecta y sólo imaginamos que existe un basamento paleozoico, probablemente muy complejo y plegado, y que yace a profundidades muy considerables bajo los sedimentos de la depresión del Ebro.

Transgresivamente sobre este basamento se disponen las formaciones triásicas, iniciadas por el bunt (quizá permotriás), con un muschelkalk incierto (existe al Este, pero no al Oeste) y keuper. El afloramiento más próximo de este tramo superior triásico está relativamente cerca al E.-ES., en la sierra de Santo Domingo, y es allí el típico y vistoso keuper de facies germánica. Es muy probable, pues, que toda esta zona estuviera sometida a régimen continental desde fines del carbonífero, una vez completados los plegamientos hercinianos. Un umbral pirenaico, constituido por los macizos creados por estos plegamientos, se alzaba en esta región sobre la superficie de los mares. Sus límites oriental y occidental se pueden precisar y coincidieron aproximadamente, el primero, con los límites actuales de las provincias de Huesca y Lérida; el segundo, más o menos exacta y seguramente, con el meridiano de Pamplona. Los bordes septentrional y meridional no se pueden detallar, al menos con el caudal actual de conocimientos, por caer el primero en la atormentada zona axil pirenaica y el segundo bajo la depresión del Ebro.

Los productos de desmantelamiento de este gran sistema de plegamiento herciniano son los que en régimen continental dan origen a la formación de los depósitos del triás. Como dice Ríos: «Un geosinclinal del que formaba parte la zona que describimos fué intensamente plegado en alguna época a fines del paleozoico, alzándose como una gran cordillera. Ésta fué, al parecer, rápidamente desmantelada, dando lugar a un basamento paleozoico con relieve de penillanuras. Sobre él, y en absoluta discordancia, se depositan en régimen continental los sedimentos del bunt, o quizá del permotriás, detríticos primero, arcillosos después con la extinción de las últimas energías del relieve herciniano.

»No es probable que exista el jurásico, ya que falta al Norte en la vertiente meridional del Pirineo; al NO., en el mencionado anticlinal de Mezquiriz desmantelado hasta el paleozoico; y al Este en casi toda la provincia de Huesca. Los afloramientos más próximos hay que irlos a buscar muy lejos, por el Oeste y el Sur, en la Demanda y Cadenas Ibéricas. Es muy enigmático el vacío geológico que se produce desde el triás superior hasta el cretáceo superior, ya que el cretáceo inferior tampoco está representado bajo el área de nuestra Hoja. Podría parecer que esta zona, junto con la contigua de Huesca, persistió emergida en régimen continental desde el final del triásico hasta el cretáceo superior. Estaría geológicamente muerta durante el jurásico, es decir, es posible que en esta época, estando emergida, no habría sedimentación, y careciendo de relieve, la erosión, reducida al mínimo, apenas arrastraría algunos sedimentos triásicos. Los estratos de esta edad aparecerían prácticamente horizontales durante todo este intervalo, tal como yace ahora el mioceno de nuestras mesetas.»

A partir de la iniciación del cretáceo superior los fenómenos geo-

lógicos se suceden en forma mucho más lógica. Toda la mole herciniano-triásica se sumerge en masa o es anegada bajo las transgresiones cretáceas, culminando en el senonense. La región entra en régimen francamente sinclinal. El surco pirenaico se sitúa al norte de la zona. Al final del cretáceo se inician movimientos ascendentes señalados por los aportes detríticos (areniscas) del maestrichtiense, y los mares se hacen más someros hasta el punto de emerger localmente, dando lugar a débiles depósitos de facies continentales garumnenses.

El régimen netamente marino se impone de nuevo a principios del eoceno, con invasión del mar luteciense que deposita las calizas de nummulites y alveolinas; éstas aparecen prácticamente concordantes con los depósitos cretáceos. No hay otro síntoma de los débiles movimientos que acompañan este cambio, que, precisamente, este de régimen continental a marino.

La sedimentación eocena tiene lugar en régimen algo inestable, ya que unas veces es limpia, bajo forma de margas grises, otras veces sucia y arenosa, incluso con facies de flysch. El hundimiento del surco eoceno es rápido, porque los sedimentos se acumulan en grandes espesores.

La costa eocena se encuentra situada hacia el S. y SO., y no muy lejos, porque en la Cadena Ibérica los sedimentos marinos no existen. Allí sólo hay paleogeno continental.

El tránsito eoceno-oligoceno se hace en esta zona sin violencias. Los continentes emergen gradualmente, o los mares se retiran hacia el Norte, pero no sin que se originen discordancias imperceptibles localmente, pero muy netas y definidas si se observa la forma en que el contacto eoceno-oligoceno taja a los estratos de edad eocena. Ya en régimen continental continúa la sedimentación oligocena en la gran depresión del Ebro, acumulándose los estratos en espesores muy considerables. Movimientos intraoligocenos ocasionan la formación de masas conglomeráticas. El oligoceno termina con el gran paroxismo alpino de fase sálica que pliega violentamente la parte NE. de nuestra Hoja, y con intensidad decreciente en dirección hacia el Sur y SO., donde los empujes llegan a extinguirse. Se crea así la sierra de Leyre como un pliegue volcado roto y cabalgante. La erosión modela luego esta masa de rocas ya inmóviles y le da su aspecto actual, alcanzado mediante una lenta labor de destrucción a lo largo de los tiempos terciarios-altos y cuaternarios.

HIDROLOGÍA

Son pocos, desgraciadamente, los datos que podemos suministrar de las fuentes y sistema hidrológico de la Hoja de Sangüesa. La Sección de Aguas del Instituto recoge pacientemente esta clase de datos, que el geólogo, con otras preocupaciones y organizando forzosamente sus itinerarios en forma que se adapta mal a su recogida sistemática, no puede suministrar más que esporádica e irregularmente. Así ha ocurrido en nuestro caso. Hemos tratado de obtener datos bastante completos de algunas localidades; mientras que en muchas otras nos ha sido imposible coonestar su recogida con las exigencias de nuestros trabajos. La Sección de Aguas tiene en marcha el acopio de datos referentes a esta región, pero éstos son aún muy incompletos.

Hidrológicamente se señalan a primera vista las zonas de características distintas, la de afloramientos eocenos y la de áreas oligocenas.

Las calizas eocenas de la sierra de Leyre acopian las aguas y éstas surgen en los contactos con las margas eocenas, sobre todo a lo largo de las fracturas, y más marcadamente de la falla cabalgante de Leyre. No es de extrañar, pues, que Yesa sea un pueblo favorecido en este sentido, y dotado de fuentes abundantes y de caudales relativamente considerables.

Las aguas surgen por la falla, escurren bajo el plastrón cuaternario de ladera, y manan en sus bordes, donde se sitúan varias fuentes. La más rica es la de Canes, figurada en el mapa y situada sobre la carretera del Monasterio de Leyre, con buena captación; y muy cerca al SO., la de Mocheta, con dos manantiales.

Existe otra, de análogo carácter, la de Muertos, situada a levante y en el mismo borde de la Hoja; hay una en el término denominado

Rambial, muy buena, también con dos manantiales, y otra, al SE. del término del Saro, en el camino de Vera a Lumbier. Se encuentran varios manaderos en el fondo del barranco que desde el alto de Yesa baja a Liédena, señalados en el mapa, uno de ellos captado como fuente y abrevadero; y otras dos buenas fuentes en el barranco que del mismo pueblo baja a Yesa: la de Padul, poco antes de llegar al kilómetro 5, y la de Morro Viña, en el 5,500. Además, y junto al río Aragón, frente al kilómetro 12 de la carretera de Yesa a Javier, existe la del Arenal.

Liédena, Lumbier y Sangüesa, situados sobre los cauces de los ríos Onsella o Aragón, no tienen problemas acuciantes de aguas.

En cambio, los otros pueblos, situados en el oligoceno, son mucho más pobres en agua, y constituye para ellos, los años de sequía, un verdadero problema, que se remediará, para algunos, con la construcción del canal de Las Bardenas Reales.

Javier tiene pocos manantiales, y uno de ellos, el de La Muga, algo salino. Se explotó su contenido en sal, que es reducido y, sin duda, por esa razón, se abandonaron estas salinas de Javier. Es salitrosa el agua del barranco de Carbonera, al norte de Javier, y este de Las Salinas (término de Francisco Javier). Cerca del pueblo, y en el barranco de Undués, está la fuente de Sierra, y en término de Javier, pero en su anejo de Peña, al SE. de Sangüesa, está la Fuente Jus, señalada en el mapa.

La predominancia de las margas sobre las areniscas es motivo de la escasez de aguas en el oligoceno, así como la gran pendiente de muchos de sus estratos.

En término de Sangüesa tenemos anotados los manantiales de Garde, al SO., en Las Casas del Obispo; Del Real, cerca del kilómetro 2, en la carretera de Sangüesa a Torre de Peña; el de los Cascajos, al SO. de la villa, en el Sotico del Batán; de la Muga de la Peña, al norte de Torre de Peña; de Malpaso, en término de este nombre, al NE. de Sangüesa. La fuente de San Babil, en la ermita dedicada a este santo, situada al norte de la población, y además, la de Falcón y Angaiz.

Las fuentes más importantes de los restantes términos aparecen figuradas en el mapa, y no tenemos otros datos concretos sobre ellas.

VIII

MINERÍA Y CANTERAS

La minería en esta Hoja sólo existe en estado potencial, pero puede tener un gran porvenir, cuando se intente explotar la riqueza potásica puesta de manifiesto por los sondeos, como expusimos en el capítulo correspondiente.

Las salinas de Javier están hoy abandonadas, y por su pobreza, en salinidad, no es fácil que se pongan de nuevo en marcha.

No conocemos más recursos minerales que los que ofrecen las calizas de Leyre, y las areniscas y molasas del oligoceno, como buenas piedras de construcción explotadas en pequeña escala en algunas canteras.

Sin que podamos prescindir de la mención de posibles yacimientos petrolíferos, cuya investigación habría de subordinarse a la de otras zonas no lejanas, de parecida constitución, pero de más favorables circunstancias por su disposición tectónica, por el menor espesor de formaciones muertas y mayor riqueza en manifestaciones petrolíferas. En esta zona se necesitarían, con seguridad, sondas de alcance a grandes profundidades, con un elevado costo de investigación, que no estaría justificado, por lo menos con los elementos de juicio actuales, sin explorar antes otras áreas de mayor interés aparente.

BIBLIOGRAFÍA

1. ADÁN DE YARZA (R.): *Descripción física y geológica de la provincia de Álava*.—Mem. Com. Mapa Geol. Esp. Madrid, 1885.
2. CALDERÓN (S.): *Sobre el origen y desaparición de los lagos terciarios en España*.—Bol. Inst. G. de E., t. VIII. Madrid, 1884.
3. CANTOS (J.): *Paleontología de un sondeo en el terciario de Navarra*. N. y C. del Inst. Geol. y Min. de Esp., n.º 4. 1932.
4. CAREZ (L.): *Étude des terrains crétacés et tertiaires du Nord de l'Espagne*.—Paris, 1881.
5. CAREZ (L.): *La géologie des Pyrénées Françaises*.—Fascículo I. Mem. de la Com. Géol. de France. Paris, 1903.
6. CAREZ (L.): *Résumé de la géologie des Pyrénées Françaises*.—Bulletin de la Soc. Géol. de France, t. X, 4.ª serie. 1912.
7. CAREZ (L.): *Sur quelques points de la géologie du Nord de l'Aragon et de la Navarre*.—Bull. Soc. Géol. de France, tomo X, 4.ª serie. 1910.
8. DALLONI (M.): *Étude géologique des Pyrénées de l'Aragon*.—1910.
9. DEPÉRET (CH.): *Sur les bassins tertiaires de la Meseta Espagnole*.—Bull. Soc. Géol. France, t. VIII, 4.ª serie. Paris, 1908.
10. ESCALADA (F.): *La arqueología en la villa y castillo de Javier y sus contornos*.—Ed. Leyre. Pamplona, 1943.
11. GARCÍA SIÑERIZ (J.): *Investigación geofísica de la cuenca potásica de Navarra (Sos-Monreal-Puentelarreina)*.—Mem. Inst. Geol. y Min. de España. Madrid, 1941.
12. GÓMEZ LLUECA (F.): *Los numulítidos de España*.—Junta para Ampliación de Est. e Invest. Científicas. Mem. 36. Serie Paleont. n.º 8. Madrid, 1929.
13. HERNÁNDEZ PACHECO (E.): *Ensayo de síntesis geológica del Norte*

- de la Península Ibérica.—Junta para Amp. de Est. e Invest. Científicas. Mem. 7. Madrid, 1912.
14. HERNÁNDEZ PACHECO (F.): *Rasgos fisiográficos y geológicos del SO. y Oeste de las tierras navarras*.—Príncipe de Viana, XXVI. 1947.
 15. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: *Hojas del Mapa Geológico Nacional de España a escala 1:50.000*.—Tafalla (1930), Peralta (1934), Tudela (1934), Alfaro (1935), Sádaba (1941).
 16. LAMARE (P.): *Sur la structure des Pyrénées Navarraises*.—C. R. de la XIV Séance du Congrès Géol. Int. Fasc. II. Madrid, año 1917.
 17. LAMARE (P.): *Sur la morphologie et la structure géologique de la Sierra de Aralar (Navarra)*.—C. R. Congr. Soc. Sav. Sciences. París, 1927.
 18. LLOPIS LLADÓ (N.): *Sobre la estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo*.—Miscelánea Almera, 1.ª parte, pág. 159. Dip. Prov. de Barcelona. Barcelona, 1945.
 19. MAESTRE (A.): *Reseña geológica de las provincias vascongadas*.—Bol. Com. del M. G. de España, t. III. Madrid, 1876.
 20. MALLADA (L.): *Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra*. Bol. de la Com. del M. G. de España, t. IX. Madrid, 1882.
 21. MALLADA (L.): *Explicación del Mapa Geológico de España*.—Mem. de la Com. del M. G. de España. Madrid, 1895-1911.
 22. MARÍN (A.): *La depresión del Ebro. La tectónica y los yacimientos minerales*.—Bol. Inst. Geol. y Min. de España, t. LVII. Madrid, 1945.
 23. MARÍN (A.): *La Potasa*.—Bol. del I. G. y M. de España, t. XLVIII. Madrid, 1927.
 24. MENDIZÁBAL (J.) y CINCÚNEGUI (M.): *Nota acerca de la extensión del oligoceno en Navarra*.—N. y C. del I. G. y M. de España, n.º 4, pág. 140. Madrid, 1932.
 25. MISCH (P.): *Der Bau der Mittleren Sudpyrenäen*.—Abh. Gess. Wiss. Göttingen. Berlín, 1934.
Trad. española por J. G. de Llarena: *La estructura tectónica de la región central de los Pirineos meridionales*, Publicaciones extranjeras sobre geología de España, tomo IV. C. S. de I. C. Madrid, 1948.
 26. PALACIOS (P.): *La formación nealdense en el Pirineo Navarro*.—Bol. del I. G. y M. de España, t. XXXVI. Madrid, 1915.
 27. PALACIOS (P.): *Los terrenos mesozoicos de Navarra*.—Bol. del I. G. y M. de España, tomo XL. Madrid, 1919.
 28. PALASSOU (M.): *Essai sur la Mineralogie des Monts Pyrénées*.—París, 1781.
 29. REY PASTOR (A.): *El periodo sísmico de la Canal de Berdún, 1923-25*. Madrid, 1931.



30. RÍOS (J. M.), ALMELA (A.) y GARRIDO (J.): *Datos para el conocimiento stratigráfico y tectónico del Pirineo Navarro*.—N. y C. del I. Geol. y Min. de España, tomos 13, 14 y 16. Años 1944, 1945 y 1946.
31. RUIZ DE GAONA (M.): *El bartoniense en la cuenca de Pamplona*.—(Nota preliminar). N. y C. del I. G. y M. de España, n.º 17, pág. 159. Madrid, 1947.
32. RUIZ DE GAONA (M.), VILLALTA (J.) y CRUSAFONT (M.): *El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo, Navarra*.—N. y C. del Inst. Geol. y Min. de España, n.º 16, pág. 157. Madrid, 1946.
33. SÁENZ (C.): *Notas acerca de la distribución stratigráfica del Terciario lacustre en la parte septentrional del territorio español*. Publ. Conf. Hidr. del Ebro, XXXVI. Mayo, 1931.
34. H. SAMPELAYO (P.): *El Flysch en Yesa, Navarra*.—N. y C. del I. G. y Minero de España, n.º 5, página 74. Madrid, 1933.
35. SELZER (G.): *Geologie der Südpirenaischen Sierrren in Oberaragónien*.—Neu. Jahrb. f. Mineralogie, etc., tomo 71. 1934.
Traducción española por J. M. Ríos: *Geología de las Sierras Surpirenaicas del Alto Aragón*.—Publicaciones extranjeras sobre geología de España, tomo IV. C. S. de I. C. Madrid, 1948.
36. STUART MENTEATH (M.): *Sur la géologie des Pyrénées de la Navarre, de Guipuzcoa et du Labourd*.—Bull. de la S. G. de France, t. IX, 3.ª ser. París, 1881.
37. STUART MENTEATH (M.): *Constitution géologique des Pyrénées*.—Bull. de la S. G. de France, t. XIX, 3.ª ser. París, 1891.
38. TARACENA y VÁZQUEZ DE PARGA (L.): *Excavaciones en Navarra. Prospecciones en el Castellar de Javier y los Castilletes de San Juan de Gallipienzo*.—Príncipe de Viana, XXII. Pamplona, 1946.
39. DEL VALLE (A.): *Descubrimiento de la cuenca potásica Navarra*.—N. y C. del Inst. Geol. y Min. de España, n.º 4; pág. 3. Madrid, 1932.
40. VERNEUIL (E.) y KEYSERLING (H.): *Coupe du ressaut meridional des Pyrénées comprenant les terrains tertiaire, numulitique, crétacé, triasique et devonien*.—Bull. de la S. G. de France, t. XVIII, 2.ª ser. París, 1861.
41. VERNEUIL (E.), COLLOMB (E.) y TRIGER (M.): *Note sur une partie du pays basque espagnol*.—Bull. de la S. G. de France, t. XVII, 2.ª ser. París, 1860.