

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

EXPLICACIÓN

DE LA

HOJA N.º 208

U N C A S T I L L O

(ZARAGOZA, HUESCA, NAVARRA)

MADRID

TIP.-LIT. COULLAUT
MANTUANO, 49

1954

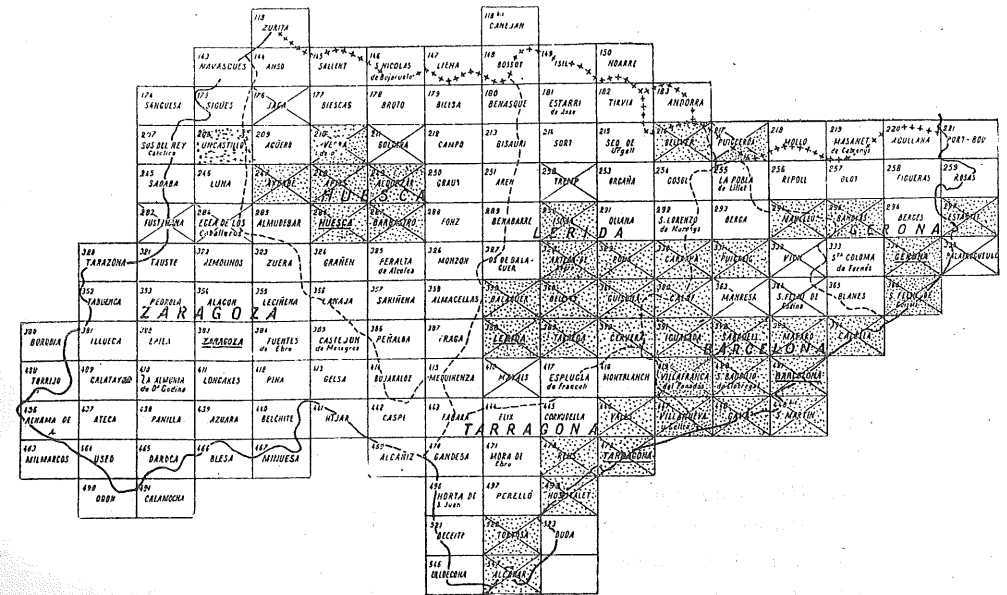
TERCERA REGIÓN GEOLÓGICA




SITUACIÓN DE LA HOJA DE UNCASTILLO, NÚMERO 208

Esta Memoria explicativa ha sido estudiada y re-dactada por los Ingenieros de Minas D. José M.^a Ríos Garóia y D. ANTONIO ALMELA SAMPER.

Revisada en el campo por el Ingeniero jefe de la Región, D. FERNANDO DE BENITO.

El Instituto Geológico y Minero de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus Publicaciones son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.



 Publicada  En prensa  En campo

PERSONAL DE LA TERCERA REGIÓN GEOLÓGICA:

Jefe D. Fernando de Benito.
 Subjefe D. Agustín de Larragán.
 Ingeniero D. Antonio Almela.
 Ingeniero D. Augusto de Gálvez-Cañero.
 Ingeniero D. Eduardo Alastrué.
 Ayudante D. Gregorio Ramírez Gil.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Páginas
I. Antecedentes y rasgos geológicos	5
II. Rasgos de geografía física y humana	9
III. Estratigrafía	13
IV. Tectónica.....	21
V. Historia geológica.	25
VI. Hidrología subterránea.....	29
VII. Minería y Canteras.....	33
VIII. Bibliografía	35

ANTECEDENTES Y RASGOS GEOLÓGICOS

Pertenece la mayor parte del territorio representado en la Hoja de Uncastillo a la provincia de Zaragoza, y se sitúa en la parte más septentrional de ésta, en la porción que se introduce en estrecha cuña entre las provincias de Huesca y Navarra. Pero también comprende pequeños retazos de estas dos últimas, constituidos, los navarros, por dos enclaves, uno pequeño en el borde occidental y otro mayor correspondiente al pueblo de Petilla de Aragón, y el de Huesca por un extremo de esta provincia, que ocupa el ángulo noreste de la Hoja.

Con el presente estudio queda completa la geología de la Cordillera Central de Huesca, pues su extremo occidental penetra en nuestra Hoja, en dirección NW., constituyendo la Sierra de Santo Domingo, la cual, tras un breve recorrido, termina antes de llegar a Lobera de Onsella (C-1).

La geología que aquí se nos ofrece, tanto en cuanto a estratigrafía como a tectónica se refiere, es idéntica a la que hemos encontrado en la contigua hoja de Agüero, pues las mismas series estratigráficas, dispuestas en idénticos accidentes tectónicos que allí vimos, se prolongan aquí, pero éstos son cada vez más sencillos a medida que avanzamos hacia el NW.

La serie estratigráfica que aquí se reconoce es muy sencilla, pues se compone de Triásico, representado por el Keuper, con margas rojas yesíferas, y un nivel de caliza de aspecto Muschelkalk; Cretáceo superior, con calizas senonenses y arcillas rutilantes garumnenses; Eoceno, integrado por un nivel inferior de calizas, otro superior de margas grises fosilíferas y un Ludense lacustre; y, por último, un Oligoceno con sus facies típica y algunas cuñas de conglomerados. Depósitos cuaternarios ocupan el fondo de algunos de los valles más importantes.

La serie Secundario-Eoceno constituye un agudo (casi isoclinal) y rectilíneo anticlinal, que penetra por el borde oriental de la Hoja, forma la Sierra

de Santo Domingo y termina con un magnífico y regular cierre periclinal en el paraje de Fontanizas (D-1, 2).

Reaparece de nuevo esta misma serie, más al Sur y por brevísimo espacio, formando la prolongación del curioso y violento pliegue de San Felices, de la hoja de Agüero, que adopta la disposición de anticlinal-sinclinal, estrujado e incompleto, que tras un recorrido de unos 1.000 m., se extingue bruscamente.

El resto de la superficie está ocupado por el Oligoceno lacustre, que en la mitad SW. está horizontal o muy tendido, mientras que en la otra mitad está afectado por violentos anticlinales y sinclinales que prolongan, ya dentro del Oligoceno, los pliegues antes citados, o algún otro procedente del Oligoceno de la inmediata hoja.

Por lo que se refiere a los trabajos geológicos anteriores que afecten a esta Hoja, forzoso nos será repetir lo que ya hemos dicho en la explicación de la inmediata de Agüero, pues formando ambas parte de la misma unidad, tanto geográfica como geológica, es evidente que para ambas hemos de encontrar los mismos antecedentes geológicos.

Por otra parte, como quiera que hemos efectuado conjunta y simultáneamente el estudio de ambas hojas, es natural que las observaciones y comentarios que se nos ocurran sean los mismos. Así pues reproducimos, entrecomillándolos, los párrafos relativos a este tema, añadiendo sólo que, además de los estudios que se citan, hay que tener en cuenta también, entre los iniciadores de la geología de Aragón, el bosquejo geológico de la provincia de Zaragoza, de Martín Donaire (24, 1873), pero éste, por referirse casi exclusivamente a la zona oligocena, tiene sólo un relativo interés para nosotros.

«Estas sierras no han sido objeto de estudios detallados hasta tiempos recientes, y forman parte de una región en que no abundan los antecedentes.»

«Entre los primeros que conocemos está el estudio de Aldama (1, 1846), cuyos datos tienen más bien carácter de curiosidad. Con Mallada, y sobre todo en su magistral estudio de la provincia de Huesca (2, 1881), empieza el conocimiento serio y científico de esta zona de sierras, ya que aquel ilustre geólogo, por ser nacido en la región, estudia con especial cariño sus problemas y sienta las bases estratigráficas, que son completadas bastante más tarde por Dalloni (10, 1910). Pero las interpretaciones tectónicas que dan estos autores, son aún excesivamente esquemáticas, en el caso de Mallada por razón de la época y en el de Dalloni porque enfoca su actividad, sobre todo, al estu-

dio de la estratigrafía, que desmenuza en series detalladas con copia de datos paleontológicos. De aire más moderno y adecuado a las ideas y necesidades actuales, es el trabajo de Selzer (26, 1934).»

«Este geólogo alemán, de la escuela de Stille, se basa sobre todo en el cúmulo de datos estratigráficos reunidos por anteriores autores, que resume y enriquece con observaciones propias; pero el interés de su contribución reside principalmente en el mapa a escala 1:350.000, que representa con bastante fidelidad, muy superior desde luego a la de los mapas anteriores, una extensa área de la región alto-aragonesa, en que queda incluida nuestra Hoja.»

«Los autores de esta Hoja y de las contiguas antes mencionadas, publicaron recientemente (2, 1951), un mapa de conjunto de la región subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales, en que se reprodujeron, algo simplificados y a escala 1:200.000, la mayor parte de los datos que han servido para componer esta Hoja.»

«Finalmente, y con carácter más bien geográfico, pero con relación inmediata al carácter geológico de la zona, publicó Barrère, de la Universidad de Toulouse, un trabajo (4, 1951) en que se estudia la fisiografía de estas sierras.»

«En la época en que iniciamos nosotros el estudio de ellas, la obra más interesante de consulta era, sin duda, por su escala, modernidad y precisión, la de Selzer, sin que esto signifique merma o menosprecio de los datos reunidos por anteriores autores, sobre todo Mallada y Dalloni, cuyas contribuciones son desde el punto de vista estratigráfico, fundamentales y han de ser tenidas siempre en cuenta.»

«No obstante, hemos procurado en el campo trabajar con objetividad e independencia de criterio posibles, de modo que nuestro trabajo no consistió en comprobar y afinar los de autores anteriores, sino, sobre todo, establecer un mapa nuevo basado enteramente en nuestras propias observaciones. Sólo después, en el gabinete, y en visitas posteriores de comprobación, se contrastaron nuestros resultados con los de nuestros predecesores.»

Preciso es también referirnos a los antecedentes mineros de esta región, pues también existen varios trabajos que estudian las impregnaciones cupríferas que existen en la zona de Biel.

Sabido es que las areniscas del Oligoceno aragonés tienen en diversos puntos impregnaciones de cobre, entre las que destacan por su mayor importancia las que se encuentran cerca del pueblo de Biel.

Este fenómeno fue ya expuesto por Mallada, pero quien le dedicó una especial atención fué Gimeno Conchillos, que publicó varios trabajos sobre este tema (12, 1918; 13, 1924; 14, 1925). Más recientemente, Romero Ortiz (25, 1933), publica un detenido estudio micrográfico de estas areniscas impregnadas de cobre.

II

RASGOS DE GEOGRAFÍA FÍSICA Y HUMANA

Ofrece la Hoja de Uncastillo un relieve medio bastante movido e irregular, debido a las características geológicas que lo condicionan.

Da las alturas máximas la Sierra de Santo Domingo, por razón de su disposición en agudo antielinal, constituido por niveles que contienen las rocas más duras de la Hoja (calizas triásicas, cretáceas y eocenas). Así entra en ella con cotas superiores a 1.300 m., y culmina en el vértice Santo Domingo con la máxima que se registra, de 1.517 metros.

El Oligoceno de la mitad norte, violentamente plegado pero de rocas menos duras, da un relieve bastante acusado, de valles estrechos y pendientes fuertes, con techo de 1.000 a 1.100 m. y base de 700 a 800 metros. Tanto la Sierra de Santo Domingo como las serratas menores oligocenas, se alinean predominantemente en la dirección de los estratos.

Por el contrario, en la parte sur de la Hoja, el Oligoceno, que está horizontal o muy tendido, da lugar a relieve más suave, con techo entre 800 y 900 metros, excepto en donde se encuentran lentejones de conglomerados, que por su mayor dureza dan cotas más elevadas.

Los puntos más bajos de la Hoja corresponden a la salida, por el borde sur, de los tres ríos más importantes, encontrándose la cota mínima, de 560 metros, cerca del ángulo suroeste.

Respecto a la red hidrográfica de la Hoja, puede decirse que, en general, son poco caudalosos en condiciones normales los ríos y barrancos que la surcan, y de ellos los más importantes son el Onsella y el Asabón, en la parte norte, y el Riguel, Arba de Luesia y Arba de Biel, en la parte sur.

Tanto los dos primeros, como los distintos barrancos de su zona, han excavado sus cauces en estratos plegados en largas alineaciones casi rectilíneas

y tienden a orientarse en esta misma dirección. Por el contrario, el segundo grupo y sus afluentes, que por la horizontalidad de las capas no encuentran directrices que les orienten en un sentido determinado, nacen en la vertiente sur de la Sierra de Santo Domingo y serratas menos importantes de la porción septentrional de la Hoja y se encaminan hacia el fondo de la Cuenca del Ebro, todos ellos aproximadamente paralelos entre sí y perpendiculares a aquellas sierras, o sea en dirección SSW.

El clima es más bien frío, como corresponde a la altitud media de la zona, especialmente en la parte norte, más elevada y montañosa, donde son frecuentes las nevadas en invierno. En la parte baja el clima es más templado, y bastante caluroso en el rigor del verano. En general, en los días soleados del invierno y otoño, que son muchos, pues llueve moderadamente, es muy grato realizar excursiones por aquellos valles, pero para la ascensión a la Sierra de Santo Domingo se aconseja elegir el verano o principio del otoño.

Es terreno pobre el que nos ocupa, pues los cultivos son poco abundantes. En las zonas margosas menos abruptas, se cultivan cereales, patatas y vid, y en los principales valles, siempre muy estrechos, existen algunos pequeños cultivos de regadío.

Comparte con la agricultura la ganadería, en especial la del cordero, la modesta riqueza del país, y completa el panorama económico el arbolado, pues existen en la parte norte bosques de pinos de alguna importancia, que son objeto de explotación, para la que se han abierto varios caminos madereros. La parte inculda no ocupada por el bosque (que es la mayor) se compone del monte bajo típico de estas regiones.

Es muy poco densa la población de la Hoja, pues sólo existen en ella ocho poblados, cuatro en la parte sur y cuatro en la parte norte, de escasa importancia estos últimos.

En la parte sur se encuentra el núcleo de población más importante, que es la villa de Uncastillo, 3.629 habitantes, una de las cinco villas de Aragón, con los pueblos menos importantes de Luesia, Biel y Fuencalderas, que tienen, respectivamente, 1.503, 949 y 297 habitantes, según el último censo.

En la parte norte se encuentran, sobre el río Onsella, tres pequeños pueblos: Isuerre, 271 habitantes; Lobera de Onsella, 501 habitantes, y Longás, 400 habitantes; de los cuales sólo los dos primeros tienen carretera, y perdido en medio de aquellos estrechos valles, constituyendo un enclave de Navarra en la provincia de Zaragoza, el pueblo de Petilla de Aragón, de escasísima importancia por el número de sus habitantes, que sólo alcanza a 397, pero extraordinaria para la historia del progreso humano, por haber sido la cuna de uno de los más ilustres hombres de ciencia de España, gloria mundial de la medicina, D. Santiago Ramón y Cajal.



Fot. 1.— Terminación occidental de la Sierra de Santo Domingo. En el centro el anticlinal volcado, que muestra a la izquierda las calizas eocenas en crestones; luego una suave depresión, correspondiente al Garumnense; más a la derecha, crestas arboladas del Maestrichtense, una gran depresión correspondiente al Keuper y, por último, las calizas triásicas, que suben en crestones hasta la misma coronación de Santo Domingo, ya fuera de la fotografía. A ambos lados, y cerrando periclinalmente por el fondo, el Ludense-Oligoceno.



Fot. 2.—Culminación de Santo Domingo. Flanco meridional del anticlinal, vergente al Sur. A la izquierda, caliza eocena en crestones. A continuación suaves llanuras con praderío, correspondientes al Garumnense, y a la derecha crestones de caliza maestrichtense, que por su carácter arenoso suelen presentarse cubiertos de pinar frondoso, como muestra la fotografía.

Así, este humilde poblado, hasta entonces totalmente ignorado, al ver nacer en su regazo, un día del año 1850, a quien había de ser antes de medio siglo eminencia universalmente reconocida, ha pasado a ocupar uno de los puestos primeros en los anales de la ciencia médica.

Mal se encuentra de vías de comunicación la Hoja, pues sólo existía, en la época en que realizamos nuestro estudio, la carretera de Ayerbe a Sádaba, que pasa por los cuatro pueblos de la porción meridional, y otra que entra por el borde norte hasta Isuerre y Lobera. Así pues, es forzoso pernoctar en alguno de los pueblos si se quieren hacer reconocimientos algo extensos, pues no es posible en una jornada regresar hasta la carretera.

En cualquiera de estos acogedores pueblos es posible encontrar un modestísimo alojamiento y una comida elemental.

Por otra parte, las poblaciones de alguna importancia se encuentran bastante distanciadas de la Hoja, de modo que resulta incómodo hacer base en ellas, aun disponiendo de vehículo. Sádaba se encuentra sólo a 10 kilómetros de su ángulo SW., pero a su vez, no está sobre ninguna ruta principal, y Ayerbe, que bajo este aspecto reúne mejores condiciones, se encuentra a 22 kilómetros del ángulo SE.

III

ESTRATIGRAFÍA

Es muy sencilla la serie estratigráfica que encontramos en la Hoja de Uncastillo, ocupada en la mayor parte de su superficie por Oligoceno, y sólo en un área bastante reducida, por un paquete secundario-eoceno poco potente. Reproduce casi exactamente los mismos niveles que vimos en la hoja de Agüero, y si hay alguna diferencia, ésta consiste en una mayor simplificación de aquélla en algunos de sus términos.

Los niveles más bajos, aflorantes tanto en el eje del anticlinal de Santo Domingo como en el violento pliegue de San Felices, corresponden al Keuper y están integrados por calizas de tipo Muschelkalk y margas rojas yesíferas.

Sucede después un extensísimo y notable hiato, comentado por nosotros en varias ocasiones, que comprende todo el Jurásico, el Eocretáceo y el Neocretáceo hasta niveles altos del Senonense, descansando sobre el Keuper, en aparente concordancia, calizas y areniscas del Maestrichtense, seguidas de arcillas rutilantes del Garumnense. Sobre éstas, y sin que parezca existir solución de continuidad, se encuentra la serie eocena marina con calizas en la base y margas grises encima, todo ello hasta aquí con espesores reducidos.

Aquí comienza la potentísima serie lacustre de margas y areniscas, de la que hemos separado una parte inferior, que atribuimos al Ludensé, mientras que el resto, que constituye la mayor parte del paquete, la consideramos como Oligoceno, siguiendo la norma que nos hemos trazado en hojas anteriores. Hacia el centro de la serie se intercalan unos lentejones de conglomerado, en algún sitio de bastante espesor.

TRIÁSICO

Keuper

CALIZAS TIPO MUSCHELKALK (Tk¹).—Tanto en el eje del anticlinal de Santo Domingo, como en la estructura al sur de él, afloran, constituyendo la base aparente de toda la serie o intercaladas entre margas triásicas, unas bancadas calizas de típico aspecto Muschelkalk, que en realidad venimos considerando como pertenecientes ya al Keuper.

Son calizas grises oscuras, en bancos regulares, que frecuentemente se convierten en calizas tableadas al dividirse los lechos en capas muy finas, que se rompen en láminas delgadas de sonido aporcelanado. Son de grano fino o muy fino, de sección oscura, gris humo mate, o de grano algo más grueso y brillante. En superficie meteorizada tienen un color gris más claro. A veces tienen una confusa fauna gregaria. Su potencia no llega aquí a los 50 metros.

MARGAS ROJAS (Tk²).—Ocupan en esta Hoja la parte alta del Trías, pues en ella no aparecen las calizas y carniolas que en la parte oriental de la cordillera coronan este terreno.

En la extremidad occidental de la Sierra de Santo Domingo aparecen también entre dos corridas de caliza triásica, formando el núcleo del anticlinal, posición que contribuye a que consideremos estas calizas como intra-Keuper, si bien la extrema violencia del pliegue no permite una afirmación categórica.

Estas capas son las típicas del Keuper; margas y arcillas de vivos colores, rojos, verdes y vinosos, y aspecto general muy uniforme. Con frecuencia contienen yeso de diversos colores, blancos, grises, rojos, verdosos o negros, en proporciones variables. Su potencia es difícil de apreciar, dada la plasticidad de esta formación y las fuertes presiones que ha soportado; no obstante, la estimamos en su parte visible en unos 80 a 100 metros.

NEOCRETÁCEO

Senonense (C₃₋₆)

Hace tiempo que estamos haciendo hincapié y llamando la atención sobre el, para nosotros extraordinario, fenómeno que se ofrece en esta región, y con más intensidad aún en la Cordillera Litoral Catalana, consistente en la falta, merced a un prolongado hiato, de todos los niveles jurásicos y eocretáceos, así como de gran parte de los neocretáceos, no obstante lo cual, las capas cretáceas más bajas que afloran están en una aparente concordancia con los niveles triásicos, verdaderamente sorprendente.

Comienza pues, aquel paquete cretáceo, con unas bancadas de caliza gris o grisrojiza, de grano unas veces algo basto y otras fino, siendo entonces muy compactas, de fractura gris anteaada, que reposan sobre las margas del Keuper. En otras zonas de la Cordillera, presentan a veces secciones de Radiolites, Hippurites y otras conchas.

Las capas altas se hacen más arenosas y la parte superior del paquete se compone de calizas arenosas y areniscas pardorrojizas, rojas o amarillentas, en bancaditas regulares que contienen profusión de restos fósiles: briozoarios, Miliolites, fragmentos de Ostrea, Rudistos, etc.

Estas capas arenosas son sin duda maestrichtenses, pues en otras zonas contienen sus típicos Orbitoides, que aquí no hemos encontrado, y se individualizan muy bien porque destacan en un acusado banco de color oscuro y unos 40 m. de espesor muy uniforme.

La potencia total del Senonense la estimamos en unos 120 metros.

En la vertiente sur de Santo Domingo, el Senonense viene representado tan sólo por un débil espesor de areniscas rojas ferruginosas, con arena de cuarzo, en facies muy costera y con Ostreas.

Garumnense (C_g)

Sobre la caliza arenosa maestrichtense reposa la serie continental del Garumnense, que de modo continuo aflora en los dos flancos del anticlinal de Santo Domingo, y de manera menos regular en el pliegue de más al Sur.

Se compone éste nivel de arcillas rutilantes y margas y areniscas, a veces

muy ferruginosas, de tonos rojos y violeta, alternando con otras capas arenosas amarillentas y vinosas, más claras, y constituyendo un conjunto de color abigarrado inconfundible.

En la inmediata hoja de Agüero se intercala algún banco de caliza gris negruzca en fractura fresca, con restos fósiles, pero en nuestra zona no las hemos visto, bien por haber desaparecido o por quedar ocultas entre los derrubios.

Los niveles más altos, de tránsito al Eoceno, son pudinguiillas de grava muy rodada de cuarzo, de color rojo y blanquecino.

El Garumnense alcanza un espesor de 120 a 150 metros.

EOCENO

Paleoceno a Luteciense (N₁₋₃)

Existe continuidad de sedimentación entre el Cretáceo y el Eoceno, así que, tras las pudinguiillas que acabamos de mencionar, que constituyen el tránsito entre estos dos terrenos, se deposita una potente serie de calizas, ya en franco régimen marino, compactas y duras, de color gris, en bancos en general gruesos y bien estratificados, que suelen tener en su masa Alveolinas y Nummulites que aparecen en secciones.

Como la sedimentación ya hemos dicho que es continua y en las calizas hemos encontrado *Alveolina elongata* y *Nummulites perforatus*, entre otros fósiles, que fijan una edad luteciense para los estratos que los contienen, hay que admitir que la serie caliza en cuestión abarca desde el comienzo del Eoceno hasta el Luteciense inferior, por lo menos. La potencia de esta serie oscila alrededor de los 250 m., pero en algunas zonas es menor, tal vez por laminación de los estratos.

Luteciense a Bartonense (N₃₋₅)

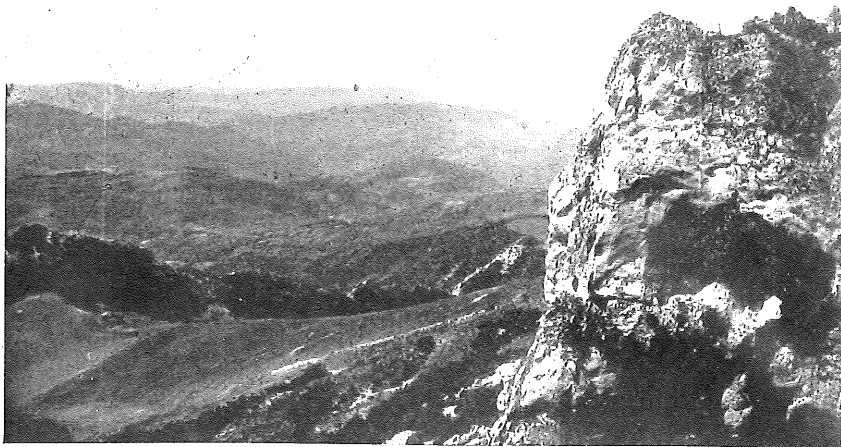
Sobre estas calizas, y en tránsito rápido por enriquecimiento en arcilla, se encuentra un espesor considerable de margas grises, laminares o arrañonadas, que en zonas próximas se pueden dividir en dos subtramos, el inferior de margas puras y el superior de tipo flysch, por cargarse de arena algunas capas, que llegan a ser verdaderas areniscas, pero aquí no es posible estable-



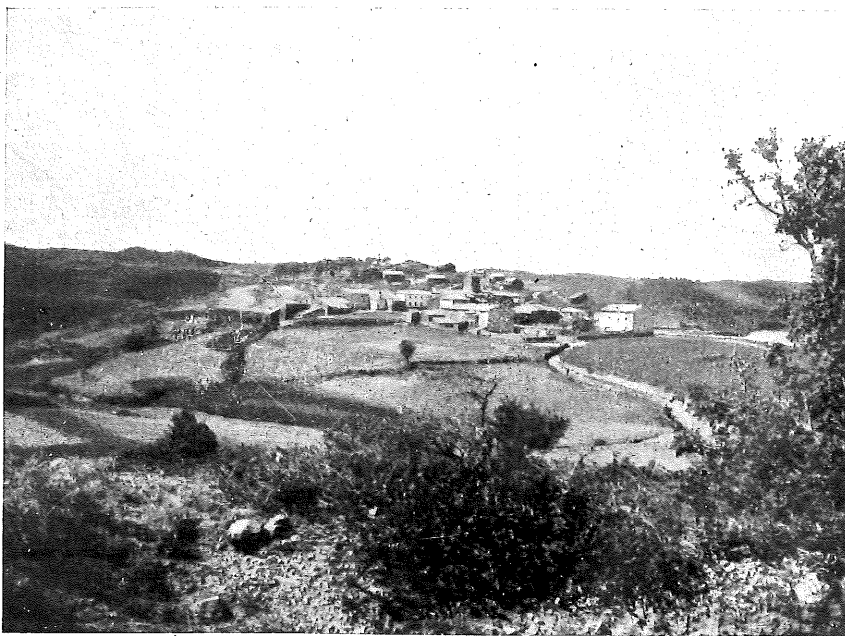
Fot. 3. - La Sierra de Santo Domingo, vista desde el Sur. A la derecha, terminación occidental del elemento tabular de San Felices, flanco meridional volcado del pliegue sinclinal-anticlinal estrujado. Al fondo, las calizas eocenas y secundarias que coronan la sierra y forman el flanco meridional desplomado del anticlinal de Santo Domingo.



Fot. 4. - Panorámica de la Sierra de Santo Domingo y elemento de San Felices.



Fot. 5.—Flanco meridional de la Sierra de Santo Domingo. A la derecha, caliza eocena desplomada y, al lado, la honda depresión de margas eocenas cultivadas, limitadas a la izquierda por el crestón calizo que separa las margas del Ludense lacustre. Al fondo, el Oligoceno al norte de Biel.



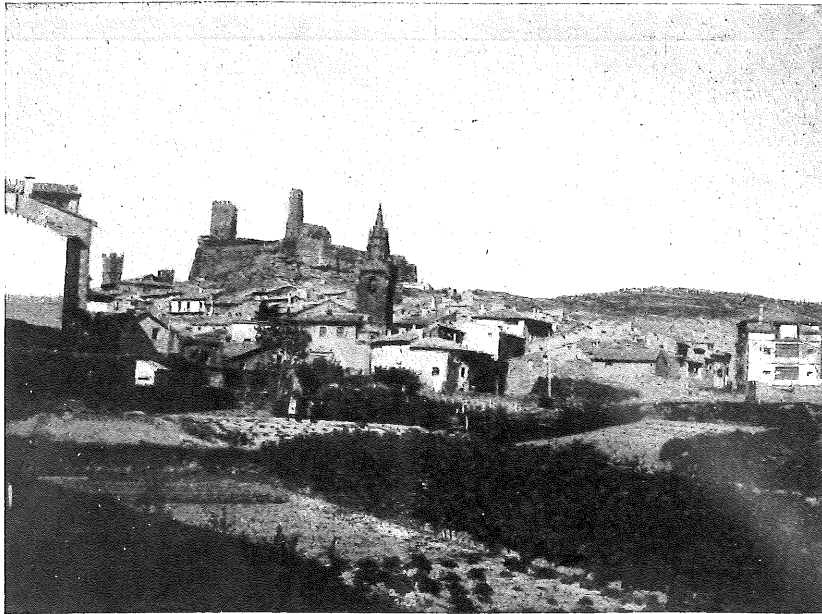
Fot. 6.—Fuencalderas, en el Oligoceno tendido y ligeramente ondulado.



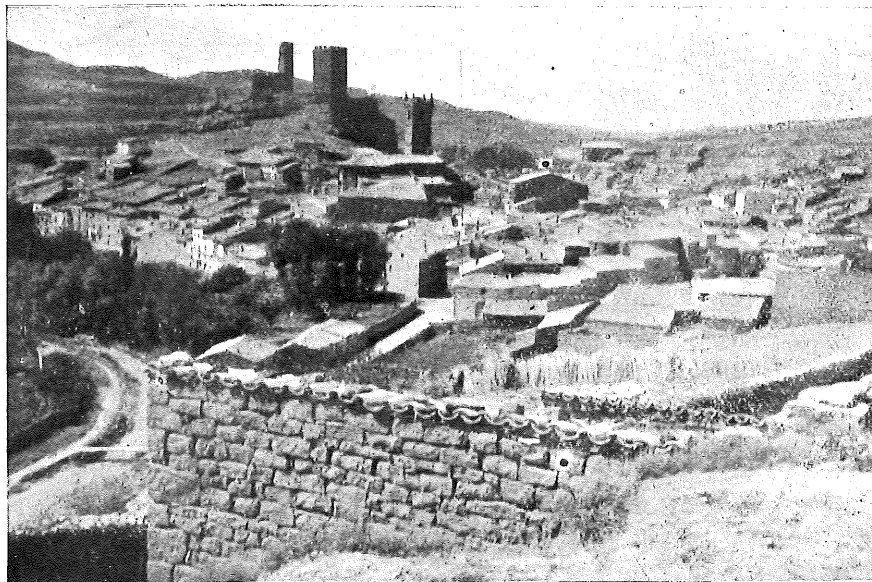
Fot. 7.—Biel y su bonita iglesia-fortaleza, de neto estilo aragonés, sobre el Oligoceno. Al fondo, los conglomerados.



Fot. 8.—Biel y su vega, desde el Sureste. Al fondo, los conglomerados del Puig Mové.



Fot. 9.—Uncastillo, pueblo titular de la Hoja, en el Oligoceno horizontal.



Fot. 10.—Otra vista de Uncastillo, con sus pintorescas y artísticas torres, que destacan sobre el Oligoceno horizontal.

cer tal diferenciación, pues sólo se observa un aumento del contenido de arena en las inmediaciones del tramo superior ludense.

En nuestra Hoja, estas margas son bastante pobres en fósiles, y sólo hemos encontrado algunos Nummulites, Pecten y otros restos en las proximidades de la Ermita de Fuencalderas (E-3), pero en las hojas próximas hemos encontrado una abundante fauna, especialmente en los niveles arenosos superiores, que fija para ellos la edad bartonense. Las margas grises alcanzan y aun sobrepasan en algunos sitios los 300 m. de espesor.

Ludense (N₆)

De nuevo se nos ofrece aquí otro cambio de facies, de marina a lacustre, que perdura ya a lo largo de todo el Oligoceno con una gran monotonía y notable espesor.

Las margas grises se cargan en algunas hiladas de arena, hasta convertirse en maciños y areniscas, que alternan con margas. Unas y otras van tomando rápidamente tonos rosados cada vez más intensos; y así se pasa al Ludense lacustre, constituido por una alternancia de bancos de areniscas, gruesos y duros, con margas, algo arenosas a veces, y todo ello de un color rojo bastante intenso y oscuro.

Esto es válido para las ramas norte del anticlinal de Santo Domingo y del pliegue de San Felices, pues en las ramas meridionales de ambos accidentes, el tránsito del Bartonense al Ludense se efectúa de una manera mucho más brusca, por medio de un banco continuo de caliza gris, de grano fino, no muy limpia pero dura, compacta y bien estratificada, de 15 a 30 m. de espesor. Por su dureza y su posición, próxima a la vertical, este banco destaca en el terreno bastante netamente, entre el Bartonense y el Ludense.

Más al Este, en las hojas de Agüero y Apiés, especialmente en esta última, se puede observar una discordancia entre los estratos de estos dos tramos, imperceptible si se consideran sucesivamente capas contiguas, pero bien visible en su conjunto, debido a unos pliegues norteados que allí se observan; pero al llegar a la Hoja que nos ocupa se han extinguido por completo tales pliegues y ya no es posible descubrir discordancia alguna.

Venimos separando en toda esta comarca esta serie de estratos, en la base de la formación lacustre, con la denominación de Ludense, porque, aunque de facies análoga a la del Oligoceno, por su color y algunas otras características que vamos a señalar después, este paquete de la base se diferencia un tanto del típico Oligoceno. En algunas zonas, las características diferenciales son tan poco acusadas que es muy difícil o imposible establecer esta separa-

ción. Pero aun en los casos de más neta diferenciación, las facies son tan semejantes y el tránsito de un nivel a otro tan paulatino e insensible, que es muy difícil marcar el límite entre ambos.

Así pues, éste se ha fijado de una manera artificiosa, y ello da lugar a que la potencia del Ludense resulte bastante variable, probablemente no porque así lo sea, sino por la dificultad de apreciación señalada. En tales circunstancias es difícil dar un espesor suficientemente aproximado; no obstante, y con las salvedades hechas, estimamos puede valorarse en unos 900 a 1.000 metros.

OLIGOCENO

FACIES NORMAL (O_2).—Las características de esta formación son las mismas que con gran constancia y regularidad presenta en casi toda la cuenca del Ebro.

Se compone de arcillas y margas de colores rosados, rojizos y amarillentos, y tonos variados, que alternan con areniscas en bancos medios o gruesos, de color gris o rosado, con algún nivel de conglomerado intercalado, que en esta Hoja resultan escasísimos.

Como se ve, la diferencia entre esta formación y la que acabamos de describir es bastante pequeña en muchas zonas, y se basa en que el Oligoceno típico es de coloración menos cálida, más pálida y rosada, y en que las areniscas aparecen en una proporción menor, en bancos menos gruesos y de menor dureza, lo que hace que resalten menos en el terreno.

En las zonas de Biel (D-3), Longás (D-1) y Petilla (B-1) cita Martín Donaire (24) calizas con Melanopsis.

El espesor de esta monótona formación es, como veníamos observando en toda la cuenca, enorme, y no baja de 2.500 a 3.000 metros.

Conviene señalar, como detalle interesante que más adelante tenemos que interpretar, que, así como en las hojas más orientales hemos observado la existencia de varias discordancias intraoligocenas, en ésta no se aprecia ninguna, y la concordancia es total desde los estratos más bajos a los más altos.

CONGLOMERADOS (O_3).—También hay que hacer resaltar que los conglomerados basales y marginales que se presentan en diferentes niveles del Oligoceno, con aspectos también diferentes (Sierra de Loarre, Salto de Roldán, Mallos de Riglos y Agüero), aquí no aparecen por ningún sitio y sólo se encuentran hacia el centro de la Hoja, entre Biel y Petilla, aproximadamente hacia el centro de la formación, unos lentejones bastante grandes de conglomerados

de cantos poligénicos, principalmente calizos, bien rodados, que en algún sitio llegan a alcanzar un espesor de hasta 1.000 metros, que disminuye rápidamente, pasando lateralmente a la facies normal.

Tampoco estos conglomerados muestran ninguna discordancia con las otras capas del Oligoceno, estando, por el contrario, perfectamente interestratificados en medio de la gran masa de estratos lacustres.

CUARTARIO (Q)

Las características geológicas de la Hoja no son favorables a la deposición de aluviones extensos, y así el Cuartario está pobremente representado por unas estrechas fajas aluviales existentes en el fondo de los valles de los ríos Onsella, Arba de Luesia y Arba de Biel.

(I) OROGRAFIA

La orografía de la Hoja se caracteriza por ser muy sencilla y por no presentar accidentes de relieve de gran importancia. El relieve es generalmente suave y se caracteriza por ser muy sencillo y por no presentar accidentes de relieve de gran importancia.

IV TECTÓNICA

Tiene poca complicación la estructura tectónica de esta Hoja, la cual se reduce a prolongar, en un recorrido más o menos largo, los accidentes que entran en ella procedentes de la inmediata de Agüero.

En efecto, si dividimos la Hoja por medio de una diagonal que una el ángulo SE. con el NW., veremos que todos los accidentes quedan acantonados en la parte NE., formando un conjunto de pliegues anticlinales y sinclinales, paralelos y en general violentos e incluso rotos, que penetran por el borde oriental y, con trazados casi rectilíneos, arrumbados al WNW., salen de la Hoja por su borde norte. Por el contrario, la mitad SW., exclusivamente ocupada por Oligoceno, muestra los estratos en disposición monoclinal, primero con buzamientos fuertes, que rápidamente disminuyen, quedando las capas con suave buzamiento al SW., y luego sensiblemente horizontales todo a lo largo del borde sur de la Hoja.

Conviene advertir que los pliegues que describimos a continuación, por ser muy violentos, frecuentemente isoclinales y arman en toda o la mayor parte de su recorrido, en los monótonos estratos del Oligoceno, muchas veces pueden pasar inadvertidos y considerar todo el Oligoceno como dispuesto en una serie monoclinal. Pero como son prolongación de otros accidentes que afectan a la serie Secundario-Eoceno, en donde se advierte en seguida la repetición de niveles, es fácil, partiendo de éstos y dada la uniforme orientación de las capas, situar dentro del Oligoceno los ejes de los distintos pliegues existentes.

Comenzaremos la descripción de éstos de Norte a Sur.

El más septentrional de los pliegues es un anticlinal en el Oligoceno, de ramas casi verticales, sin vergencia en ningún sentido, que penetra en la Hoja

por el borde oriental, un poco al norte del río Asabón, y después de un corto recorrido rectilíneo, sale por el borde norte (ver corte V). Es prolongación de otro muy largo que corre por la hoja de Agüero.

Inmediatamente al Sur aparece un sinclinal, también en el Oligoceno, algo menos violento, pero que al NE. de Longás (D-1) presenta alguna pequeña rotura en el eje.

Sigue a éste el más bello de los anticlinales, que corre a lo largo de la Sierra de Santo Domingo, con sus dos flancos verticales o con ligera vergencia al Sur, en los que afloran en largas y continuas corridas todos los niveles triásicos, cretáceos y eocenos que hemos descrito en el anterior capítulo. Los distintos niveles calizos, en bancos verticales, resaltan en largos crestones que permiten identificar los distintos niveles que forman la estructura.

Constituye este anticlinal el extremo occidental de la larga Cordillera Central de Huesca, que hemos visto desarrollarse a lo largo de las hojas de Alquézar, Apiés, Ayerbe y Agüero, con una estructura, a veces bastante complicada, que llega hasta el borde de la nuestra. Pero a poco de entrar en ella, la tectónica se simplifica y queda sólo el magnífico anticlinal de la Sierra de Santo Domingo como núcleo del extremo occidental de la cordillera, si bien al Sur se encuentra aún un dispositivo oligoceno anticlinal-sinclinal, que en realidad prolonga la estructura de San Felices.

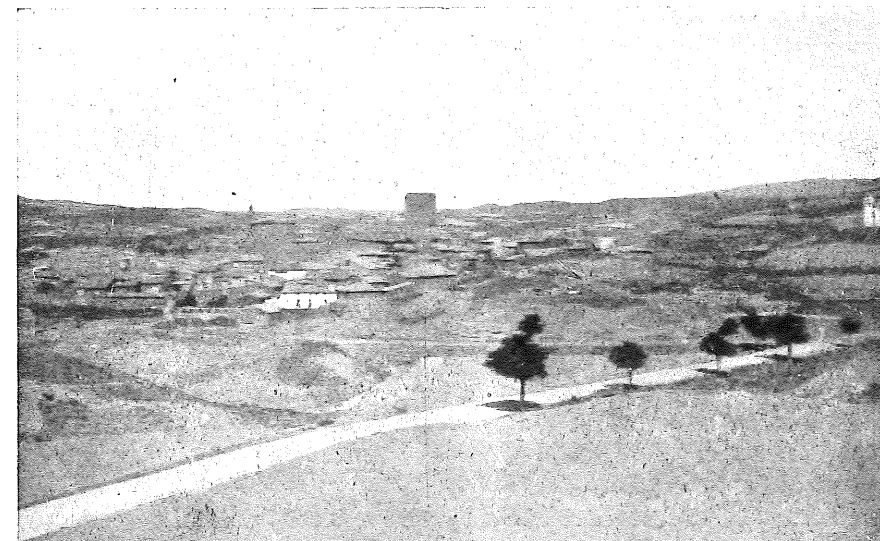
El anticlinal de Santo Domingo, al llegar a San Marzá (D-1), muestra un soberbio cierre périclinal, en el que se ven curvarse las distintas capas cretáceas y eocenas y, describiendo semicírculos concéntricos, enlazar los bancos respectivos de las dos ramas.

A partir de aquí, el anticlinal continúa hacia el Oeste, ya íntegramente en el Oligoceno, al sur del río Onsella, con capas muy levantadas hacia el eje, pero no tanto al alejarnos de él.

Al sur de este magnífico anticlinal, y en el mismo borde oriental de la Hoja, aparece un pequeño retazo de Secundario-Eoceno, que llega hasta la Ermita de Fuencalderas (E-3); en el que se ven repetir, en disposición anormal, las series.

Es ésta la extremidad occidental del accidente de San Felices, que se desarrolla a lo largo de varios kilómetros, en la inmediata hoja de Agüero. Su estructura es la de un sinclinal-anticlinal muy violentos, que han surgido a través del Oligoceno, laminándose algunos elementos de las series y resbalando en forma casi diapírica el sinclinal, que queda al Norte, sobre la rama sur del anticlinal, muy comprimida, pero que conserva su posición y la serie completa de sus niveles (ver corte VII).

A la altura de la Ermita de Fuencalderas el accidente termina bruscamente por falla, contra el Oligoceno, y a partir de aquí viene sustituido por un



Fot. 11. — Luesia, sobre el Oligoceno subhorizontal.



Fot. 12. — El castillo de Luesia, sobre los estratos oligocenos con suave pendiente al Sur.

II

RASGOS DE GEOGRAFÍA FÍSICA Y HUMANA

Ofrece la Hoja de Uncastillo un relieve medio bastante movido e irregular, debido a las características geológicas que lo condicionan.

Da las alturas máximas la Sierra de Santo Domingo, por razón de su disposición en agudo antielinal, constituido por niveles que contienen las rocas más duras de la Hoja (calizas triásicas, cretáceas y eocenas). Así entra en ella con cotas superiores a 1.300 m., y culmina en el vértice Santo Domingo con la máxima que se registra, de 1.517 metros.

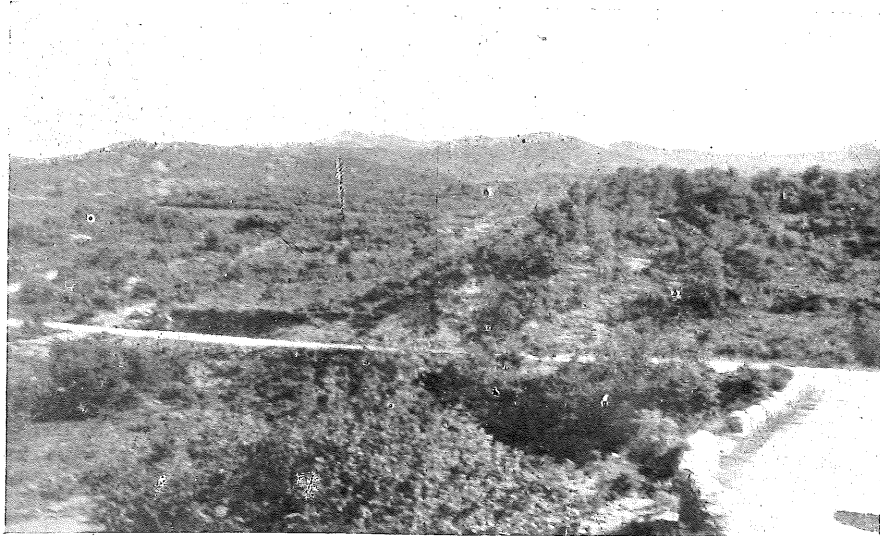
El Oligoceno de la mitad norte, violentamente plegado pero de rocas menos duras, da un relieve bastante acusado, de valles estrechos y pendientes fuertes, con techo de 1.000 a 1.100 m. y base de 700 a 800 metros. Tanto la Sierra de Santo Domingo como las serratas menores oligocenas, se alinean predominantemente en la dirección de los estratos.

Por el contrario, en la parte sur de la Hoja, el Oligoceno, que está horizontal o muy tendido, da lugar a relieve más suave, con techo entre 800 y 900 metros, excepto en donde se encuentran lentejones de conglomerados, que por su mayor dureza dan cotas más elevadas.

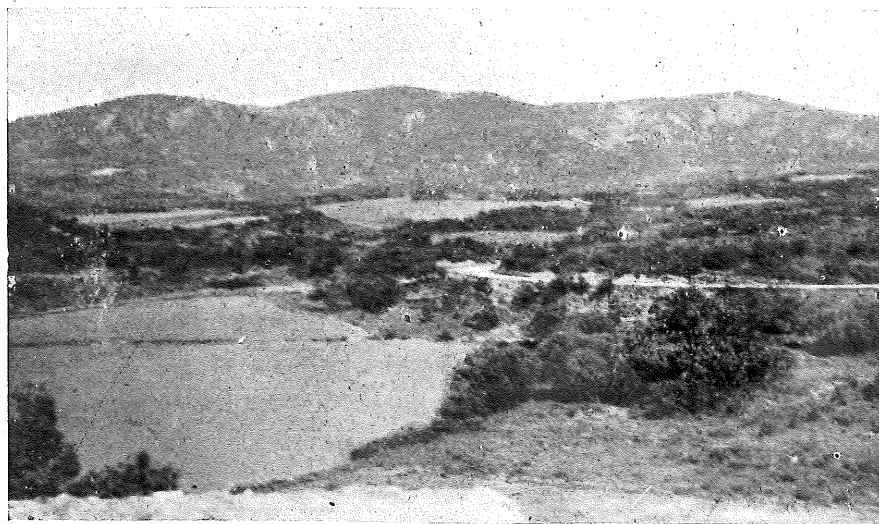
Los puntos más bajos de la Hoja corresponden a la salida, por el borde sur, de los tres ríos más importantes, encontrándose la cota mínima, de 560 metros, cerca del ángulo suroeste.

Respecto a la red hidrográfica de la Hoja, puede decirse que, en general, son poco caudalosos en condiciones normales los ríos y barrancos que la surcan, y de ellos los más importantes son el Onsella y el Asabón, en la parte norte, y el Riguel, Arba de Luesia y Arba de Biel, en la parte sur.

Tanto los dos primeros, como los distintos barrancos de su zona, han excavado sus cauces en estratos plegados en largas alineaciones casi rectilíneas



Fot. 13.—El Oligoceno de Peña Luenga. Zona de impregnación cuprífera.



Fot. 14. - Conglomerado oligoceno al oeste de Biel.

sinclinal y un anticlinal oligocenos, casi constantemente isoclinales, de ramas verticales o con ligera vergencia en uno u otro sentido, cuya existencia sólo en algunas zonas, como al norte de Biel (D-3), es posible adivinar. En el resto de su recorrido, hasta salir por el ángulo NW. de la Hoja, realmente no se diría que tales pliegues existen, pero la regularidad en la disposición de los estratos obliga a admitir la prolongación de estos fenómenos.

Al sur de ellos, ya hemos dicho antes que las capas oligocenas se tienden con bastante rapidez, hasta quedar horizontales.

HISTORIA GEOLÓGICA

Los sedimentos de la serie infraoligocena ocupan una zona relativamente reducida de la Hoja y reproducen con exactitud las mismas características expuestas en la hoja de Agüero. Así pues, poco podemos decir aquí sobre lo que hemos venido diciendo, respecto a la historia geológica regional, en las explicaciones de las hojas que han precedido a la de Uncastillo.

Las únicas novedades en relación con este tema las ofrecen los sedimentos oligocenos, pero como en trabajo anterior (2, pág. 22 y siguientes) nos hemos ocupado del problema que plantea en su conjunto la Cordillera Central de Huesca, no podemos decir nada que no hayamos dicho ya anteriormente.

No obstante, resumiremos aquí la historia geológica a partir de los primeros sedimentos aflorantes y nos remitimos para información más detallada, regional, a la explicación de la hoja de Apiés (pág. 35).

Tras los sedimentos de facies continental que constituyen el Keuper, se produce un extensísimo hiato que alcanza en algunas zonas de la Cordillera sólo hasta el Turonense y quizás un poco menos, pero en nuestra Hoja sube aún más, pues los primeros sedimentos que encontramos son calizas de facies marina, en su parte inferior tal vez aún campanienses y en la superior maestrichtenses. Desde hace mucho tiempo nos ha sorprendido profundamente la aparente concordancia de estos niveles cretáceos altos con el Triásico. Por ninguna parte, en una extensa área, afloran sedimentos liásicos, jurásicos ni eocretáceos.

En la hoja de Apiés discutimos con bastante detenimiento este fenómeno, que para nosotros queda oscuro. Tanto si se han depositado estratos liásicos, arrasados después por la erosión, como si no, ha habido un largo período de emersión, debido a un movimiento epirogénico muy lento; y sorprende que

durante un período tan largo de actividad erosiva, ésta haya respetado un terreno tan blando como es el Keuper, especialmente si el Liásico (que siempre contiene niveles calizos más duros) se ha depositado y ha sido posteriormente erosionado.

Un tanto menos difícil de comprender resultaría admitiendo que en esta área de Huesca no se ha depositado tampoco el Liásico, y que al finalizar el Keuper se ha producido la lenta emersión de una extensísima planicie triásica, protegida por una corteza superior constituida por las carniolas, que aparecen en diversas zonas de la Cordillera, en la que la erosión ha actuado muy débilmente.

Como quiera que sea, lo cierto es que ha habido un largo período de emersión epirogénica, y que, a partir del Cretáceo superior, se ha producido una nueva invasión marina que ha progresado hacia el Oeste. En zonas alejadas de la nuestra ha comenzado en el Cenomanense y quizás antes, pero en la Cordillera se ha iniciado en el Senonense, o todavía en el Turonense, si bien en su extremidad occidental, que es la que nos ocupa, los primeros sedimentos son ya campanienses.

Aquí la invasión marina es de corta duración, pues los niveles maestrichtenses marcan ya una regresión al cargarse las calizas de arena, hasta llegar a ser casi unas areniscas. La fauna de Ostreas y Rudistos que contienen subrayan el carácter costero de esta formación. Efectivamente, al final del Maestrichtense se retira definitivamente el mar, quedando un lago en el que se depositan arcillas, margas y areniscas con algún nivel calizo de típica facies garumnense.

El final del Cretáceo y tránsito al Eoceno, se marca por unas hiladas de conglomeradillo de grava de cuarzo, que es indicio de los primeros movimientos pirenaicos, en zonas no muy alejadas del Pirineo. E inmediatamente se produce una nueva invasión marina, durante la cual se depositan espesores, a veces muy grandes, primero de calizas y luego de margas, y que alcanza hasta el final del Bartonense.

Durante el Eoceno superior se produce en la Cordillera el primer plegamiento, originado por un empuje de Este a Oeste, cuya onda orogénica, que se propaga en este sentido y se extingue antes de llegar a nuestra Hoja, produce un sistema de anticlinales norteados, alguno de ellos vergente al Oeste (hoja de Alquézar).

Al final del Bartonense se cierra el lago de la cuenca del Ebro y, en tránsito rápido y continuo, se pasa a la potentísima serie lacustre ludense-oligocena.

Aquí hay que hacer resaltar el hecho de que, en todo el gran espesor de estratos lacustres, no se observa ninguna discordancia, así como tampoco entre

éstos y el Bartonense, mientras que en la inmediata hoja de Agüero, así como en las restantes de la Cordillera, aparecen varias netas discordancias intra-oligocenas. El Oligoceno y la serie infrayacente aparecen plegados conjuntamente en varios anticlinales y sinclinales muy agudos.

Así pues, el plegamiento, que en zonas más orientales hemos visto iniciarse al principio del Oligoceno y prolongarse de manera más o menos continua todo a lo largo de él, se propaga hacia el Oeste con retardo, y aquí comienza ya a finales del Oligoceno y tal vez perdura más o menos tiempo durante el Mioceno.

Los conglomerados de la zona de Biel y Petilla marcan, según Selzer, el límite entre el Mioceno y el Oligoceno, pero nosotros no hemos observado allí ninguna discordancia y no encontramos base suficiente para establecer tal separación. Por el contrario, nos parece que representan sólo una intensificación de la erosión en zonas próximas, debido al recrudecimiento de la actividad orogénica, puesta de manifiesto por las masas de conglomerados discordantes que en otros sitios hemos visto y atribuímos también al Oligoceno.

Al final del Oligoceno se produce la emersión definitiva de toda el área de la Hoja y no se depositan ya más sedimentos en ella.

VI

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Escasas son las posibilidades de alumbrar aguas subterráneas que ofrece la Hoja de Uncastillo, pero en cambio son interesantes algunos de los manantiales que en ella brotan, por las enseñanzas que suministran, susceptibles de aplicarse a zonas apartadas de ésta, en donde el problema del agua subterránea puede ser más importante.

Nos referimos concretamente a los manantiales que surgen a lo largo de la Sierra de Santo Domingo. Allí la disposición anticlinal, con flancos subverticales, hace aflorar toda la serie estratigráfica en estrechas fajas continuas y en ella encontramos una alternancia de tres niveles impermeables principales, constituídos por las margas del Keuper, las del Garumnense y las del Eoceno, descansando sobre tres paquetes calizos permeables que corresponden a las calizas triásicas, senonenses y eocenas.

Las margas eocenas, que tienen por techo una formación poco permeable, como es el Terciario lacustre, no son demasiado propicias al almacenamiento de agua, pero los otros dos niveles, emparedados entre bancos muy permeables, sí que lo son, y así encontramos que, a lo largo de la sierra, vienen jalonados por una serie de manantiales, algunos de cierta importancia, que brotan a cotas elevadas en la divisoria de la sierra, existiendo uno en las proximidades de la ermita de Santo Domingo, casi en la cota más alta que existe dentro de los límites de la Hoja.

La ubicación de estos manantiales y la elevada cota a que aparecen algunos de ellos, nos prueba que las aguas infiltradas a través de los distintos niveles calizos quedan aprisionadas en éstos, por estar emparedados entre dos niveles margosos impermeables, y que estas aguas provienen de zonas lejanas del Pirineo, donde estos mismos niveles afloran a cotas más elevadas

circunstancia indispensable para que en la Sierra de Santo Domingo puedan existir manantiales a tan gran altura.

Así pues, es evidente que en toda la extensa zona ludense-oligocena comprendida entre el Pirineo y la Cordillera Central, bajo estas formaciones, existen varios niveles artesianos que pueden dar agua, no sólo en taladros efectuados en los ejes de los sinclinales, que es la disposición ordinaria, sino en los que se emplacen en los ejes de los anticlinales, allá donde no afloren aquellos niveles artesianos, que se encontrarán a cota mucho más baja que la que tienen los manantiales. Aprovechando esta disposición de los estratos y perforando en los ejes de anticlinales oligocenos, se puede alcanzar los niveles acuíferos a profundidades mucho más asequibles que si se buscaran, como se hace normalmente, en los sinclinales.

Estas ideas son aplicables a la extensa área oligocena existente al norte de la Cordillera Central de Huesca.

Por lo que se refiere a la amplia superficie ocupada por la potente serie lacustre, el problema hidrológico es muy diferente, pues allí los bancos permeables de arenisca, nunca muy potentes, interestratificados con margas impermeables, no son susceptibles de recibir y almacenar cantidades de agua de alguna consideración, y así los manantiales que surgen en el Oligoceno, casi siempre son poco caudalosos y también poco frecuentes.

La mitad NE. de la Hoja, en donde la tectónica es violenta y los pliegues son agudos y a veces rotos, es más propicia a la existencia de manantiales y éstos suelen ser más caudalosos, como sucede a lo largo del valle del río Onsella, pero la otra mitad, de capas tendidas u horizontales, ofrece menor superficie de infiltración y menores afloramientos de areniscas que permitan la surgencia de manantiales, y así éstos son escasos y poco abundantes.

Una ligera variante ofrecen aquí las masas de conglomerados, más permeables y que por tanto dan lugar a algunos manantiales que brotan en la base de aquellos conglomerados.

Por lo demás, la reducida población de la comarca y la falta de zonas regables en ella, hacen que no exista problema en cuanto a las necesidades de agua se refiere.

A continuación transcribimos un cuadro con los datos referentes a los manantiales que nos son conocidos:

Término municipal	Nombre del manantial	Caudal en l/s.	Observaciones
Biel	Fte. pública. Larnes.	11,00	Abastecimiento público.
—	Fte. los Caños	1,75	Abrevadero y riego.
—	Fte. Clemente	4,00	Para riego.
—	Fte. San Adrián	1,50	Servicio público y riego.
Fuencalderas	Fte. pública	1,00	Consumo público.
—	Faja Celada	0,50	—
—	San Miguel de Liso ..	0,50	—
—	Fte. Mayor	0,50	—
Isuerre	Fte. pública	0,50	—
—	Pintayo	1,00	Riego.
Lobera de Onsella ..	Fompulia	0,25	Consumo público.
—	Liscar	0,25	—
—	Entrepeñas ..	0,50	—
—	Los Muertos	0,50	—
—	Serafe	0,25	—
—	Canales	0,25	—
—	Bacias	2,00	Riego.
—	Fte. del pueblo	1,50	Servicio doméstico.
Longás	—	—	Sin datos de manantiales
Luesia	Fuenmayor ..	3,00	Abastecimiento público.
—	San Felices	1,00	Para riego.
Petilla de Aragón ..	La Buitrera ..	4,00	Abastecimiento público.
—	La Vacía	6,00	Para riego.
—	Faito	1,00	—
Uncastillo	Fuente del Moro ..	0,50	Consumo público.
—	Castilfernando ..	1,00	—
—	Anas	0,50	—
—	Restañes ..	0,50	—
—	Manzana	0,50	—

VII

MINERÍA Y CANTERAS

No es muy grande el interés de esta Hoja desde el punto de vista minero, si bien existen unas manifestaciones cupríferas que han sido objeto de varios intentos de explotación.

Sabido es que el Óligoceno continental de Aragón (*) presenta en bastantes sitios unas impregnaciones cupríferas que, aunque en general poco importantes, son llamativas por los vivos colores de los compuestos de cobre.

De ellas, sin duda, la más importante y atrayente es la que aparece a unos tres kilómetros al NE. de Biel, a ambos lados del arroyo Arba de Biel (E-3).

Son de antiguo conocidas, pues las cita ya Martín Donaire (24) y habla de trabajos que se suspendieron en 1864. También se ocupa de estos cobres aragoneses Mallada (23), pero quien primero los estudia detenidamente es Gimeno Conchillos, que les dedica varios trabajos (13), estudiando su forma de presentarse, trabajos de investigación realizados y procedimientos de beneficio. Más recientemente, Romero Ortiz (25) hace un estudio petrográfico de los cobres de Biel, para deducir su génesis, y a dicho trabajo nos remitimos para quien quiera profundizar en su estudio.

En la alternancia de areniscas, molasas y maciños, con margas, en posición muy levantada y volcada, existente en el paraje indicado, algunos bancos de arenisca aparecen impregnados de minerales de cobre, mientras que otros no lo están. La impregnación consiste en cuprita, calcosina, malaquita, azurita y, a veces, incluso cobre nativo. Estos minerales de cobre constituyen el cemento de la arenisca y a veces se introducen en las grietas de los granos de cuarzo.

(*) También las hemos visto en el Oligoceno de Cataluña y de Navarra.

Su ley es muy variable, pues hay sitios en que llega al 30 %, pero la mena que abunda tiene sólo del 3 al 4 %.

Se trata de una impregnación de la arenisca, producida principalmente por el sulfuro, que debe ser el que predomina en la zona de cementación.

Respecto a la génesis de este criadero existe una discrepancia, pues para Gimeno Conchillos y otros autores la impregnación es posterior a la sedimentación de los estratos, mientras que Romero Ortiz, de sus estudios micrográficos, deduce que el criadero es singenético.

Además de estos cobres, Martín Donaire cita la existencia de un filón de galena en Longás, y en el término de Biel parece ser que hubo en alguna ocasión una mina que se intentó explotar, pero no sabemos exactamente el mineral que se buscaba.

En cuanto a canteras, sólo existen algunas destinadas a usos locales.

A continuación reproducimos los datos suministrados por la Jefatura de Minas de Zaragoza, referentes a los registros mineros concedidos:

Número del expediente	Nombre de la mina	Superficie en hectáreas	Término municipal	Paraje	Clase del mineral	Concesionario	Observaciones
1.997	Coto Biel.	460	Biel.	Barranco del Arba y otros.	Cobre	Francisco Javier Martín Cereceza y Manuel Gutiérrez.	Permiso de investigación.
2.042	Coto Biel, núm. 2.	732	Biel y Fuen-calderas.	Idem.	Idem.	Idem.	Idem.

VIII

BIBLIOGRAFÍA

1. ALDAMA (J.): «Apuntes geognóstico-mineros de la provincia de Huesca y parte de la de Zaragoza o el territorio designado con el título de Alto Aragón». — Anales de Minas, tomo IV. Madrid, 1846.
2. ALMELA (A.) y RÍOS (J. M.): «Estudio geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales». — Primer Congreso Internacional del Pirineo. Zaragoza, 1951.
3. BARRÈRE (P.): «Deux cartes géologiques des Pyrénées aragonaises». — Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tomo XXII, fasc. 1. París, 1951.
4. — «La morphologie des sierras oscenses». — Primer Congreso Internacional del Pirineo. Zaragoza, 1951.
5. BATALLER (J. R.): «El Terciario inferior de los alrededores de Jaca». — An. de la Esc. Sup. de Agricultura, vol. II, fasc. II, pág. 99. Barcelona, 1942.
6. BÉRTRAND (L.): «Sur la structure géologique des Pyrénées occidentales et centrales». — Bull. Soc. Géol. France, 4.^a ser., tomo XI. París, 1911.
7. BRIET (L.): «Bellezas del Alto Aragón». — Huesca, 1913.
8. CAREZ (L.): «Étude des terrains crétacés et tertiaires du Nord de l'Espagne». — París, 1881.
9. — «Sur quelques points de la géologie du Nord de l'Aragon et de la Navarre». — Bull. Soc. Géol. France, 4.^a serie, tomo X. París, 1910.
10. DALLONI (M.): «Étude géologique des Pyrénées de l'Aragon». — Marseille, 1910.
11. FERRANDO (P.): «Sobre la geología de Aragón». — Bol. Soc. Ibér. de Ciencias Nat., tomo XXV. Zaragoza, 1926.

12. GIMENO CONCHILLOS (A.): «Impregnaciones cupríferas en Aragón».—Boletín Soc. Aragonesa de Ciencias Naturales, t. XVII, págs. 93-103. Zaragoza, 1918.
13. — «Las areniscas cupríferas de Aragón».—Bol. Oficial de Minas y Metalurgia, núms. 89 y 90. Madrid, 1924.
14. — «Explotación y beneficio de los cobres de Aragón».—Academia de Cienc. Exac., Fís. y Nat. de Zaragoza. 1925.
15. GOURDON (M.): «Contribution a la géologie des Pyrénées centrales».—Bulletin Soc. Ramond. 1888.
16. HERNÁNDEZ-PACHECO (F.): «Características fisiográficas y geológicas del Mioceno de Aragón, entre el Cinca y el Gállego».—Asoc. Española Progr. Cienc., t. VI. Madrid, 1921.
17. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA: «Mapa Geológico de España. Hoja n.º 207, Sos del Rey Católico».—Madrid, 1950.
18. — «Mapa Geológico de España. Hoja n.º 247, Ayerbe».—Madrid, 1950.
19. — «Mapa Geológico de España. Hoja n.º 248, Apiés».—Madrid, 1951.
20. — «Mapa Geológico de España. Hoja n.º 209, Agüero». Madrid, 1954.
21. JACOB (CH.), FALLOT (P.), ASTRE (G.) et CIRY (R.): «Observations tectoniques sur le versant méridional des Pyrénées centrales et orientales».—Congr. Géol. Int. C. R. de la XIV ses. Madrid, 1926.
22. MALLADA (L.): «Explicación al Mapa Geol. de España».—Inst. Geol. de España. Madrid, 1895.
23. — «Descripción física y geológica de la provincia de Huesca».—Mem. Com. Mapa Geol. España. Madrid, 1878.
24. MARTÍN DONAIRE (F.): «Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza».—Mem. Com. Mapa Geológico de España. Madrid, 1873.
25. ROMERO ORTIZ (J.): «Los cobres de Biel».—Revista Minera, serie C, t. LI. Madrid, 1933.
26. SELZER (G.): «Geologie der südpirenaischen Sierren in Oberaragonien».—Neues Jahrbuch für Min. Geol. und pal. 71 Beilage-Band, pág. 370. Stuttgart, 1934.—Trad. esp. J. M. Ríos: «Geología de las sierras subpirenaicas del Alto Aragón».—Publ. extr. sobre geol. de España, tomo IV, C. S. de I. C. Madrid, 1948.
27. STUART-MENTEATH (P. W.): «La nueva geología de los Pirineos de Aragón».—Actas y Mem. del primer Congr. de Nat. Españoles. Zaragoza, 1909.
28. VERNEUIL (E. DE) et KEYSERLING (C. DE): «Coupes du versant méridional des Pyrénées».—Bull. Soc. Géol. France, 2.ª ser., t. XVIII. París, 1861.