

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA



MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

MEMORIA EXPLICATIVA

DE LA

HOJA N.º 282



T U D E L A



MADRID
TIP. Y LIT. COULLAUT
MARÍA DE MOLINA, 58
1933

PERSONAL DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

<i>Director</i>	Excmo. Sr. D. Luis de la Peña.
<i>Vocales</i>	Sr. D. Manuel Sancho Gala.
—	Sr. D. Manuel Ruiz Falcó.
—	Sr. D. Agustín Marín y Bertrán de Lis.
—	Sr. D. Augusto de Gálvez-Cañero.
—	Sr. D. Alfonso del Valle de Lersundi.
<i>Vocal Secretario</i>	Sr. D. Javier Bordiu Prat.
<i>Vocales</i>	Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo.
—	Sr. D. Luis Jordana.
—	Sr. D. José de Gorostízaga.
—	Sr. D. José García Siñeriz.
—	Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme.
—	Sr. D. Juan Gavala.
—	Sr. D. Diego Templado Martínez.
—	Sr. D. Alfonso de Alvarado.
—	Sr. D. Joaquín Mendizábal.
<i>Vocal Vicesecretario</i>	Sr. D. Miguel Moya Gastón.
<i>Vocales</i>	Sr. D. Javier Miláns del Bosch.
—	Sr. D. Enrique Rubio.
—	Sr. D. Manuel de Cincúnegui.
—	Sr. D. Agustín de Larragán.
—	Sr. D. José Meseguer Pardo.
—	Sr. D. Carlos Orti Serrano.
—	Sr. D. Manuel Pastor Mendivil.
—	Sr. D. José Cantos Saiz de Carlos.
—	Sr. D. Luis Antonio de Larrauri.

PROFESORES DE LA ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS DE MINAS
AFECTOS A ESTE INSTITUTO

<i>Profesor de Geología</i>	Excmo. Sr. D. Pedro de Novo y F. Chicarro.
— <i>de Paleontología</i>	Sr. D. Ricardo Madariaga Rojo.
— <i>de Mineralogía</i>	Sr. D. Antonio Baselga Recarte.
— <i>de Química analítica</i> ..	Sr. D. Laureano Menéndez Puget.
— <i>de Geofísica</i>	Sr. D. Wenceslao Castillo Gómez.
— <i>de Topografía</i>	Sr. D. Miguel Langreo Contreras.

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

2.^A REGIÓN. NORTE

HOJA DE TUDELA

PERSONAL TÉCNICO DE LA REGIÓN

Jefe Sr. D. Alfonso del Valle.
Ingeniero .. Sr. D. Joaquín Mendizábal.
Ingeniero .. Sr. D. Manuel Cincúnegui.

ÍNDICE DE MATERIAS

	<u>Páginas</u>
I Bibliografía	5
II Historia	9
III Geografía física	13
IV Tectónica	17
V Estratigrafía	19
VI Paleontología	25
VII Hidrología	27

I

BIBLIOGRAFÍA

1. ADÁN DE YARZA (R.).—Descripción física y geológica de la provincia de Alava.—«Mem. Com. Mapa Geol. Esp.». Madrid, 1885.
2. ALMERA (J.).—Sobre la serie de mamíferos fósiles descubiertos en Cataluña.—«Mem. de la R. Ac. de Cienc. y Artes de Barcelona», tomo II. 1892-1900.
3. ALMERA (J.), DEPÉRET (CH.) y VIDAL (L. M.).—Excursiones verificadas durante la reunión de la Sociedad Geológica de Francia en Barcelona en septiembre y octubre de 1898.—«Bol. de la Com. del Mapa Geol. de España», tomo XXVII. 1900.
4. ARANEGUI (P.).—Las terrazas cuaternarias de la cuenca del Ebro entre Sobrón (Alava) y Haro (Logroño).—«Bol. de la Real Sociedad Esp. de Hist. Nat.». 1927.
5. ARANZAZU (J. M.).—Apuntes para una descripción físico-geológica de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara.—«Bol. de la Com. del Mapa Geol. de Esp.», tomo IV. 1877.
6. BORN (A.).—Das Ebrobecken. Neuen Jarhb. f. Min. Geol. u. Pal. Beilage Band. XLII. Stuttgart, 1917.
7. CALDERÓN (S.).—Enumeración de los vertebrados fósiles de España.—«An. de la Soc. Esp. de Hist. Nat.», tomo V. 1876.
8. DEPÉRET (CH.).—Sur les bassins tertiaires de la Meseta espagnole.—«Bol. Soc. Géol. de France», 4.^a ser., t. VIII. 1908.
9. DESHAYES (G. P.).—Description des coquilles fossiles des environs de Paris. Paris, 1837.
10. EZQUERRA DEL BAYO (J.).—Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España.—«Anales de Minas», tomo III. Madrid, 1873.

11. EZQUERRA DEL BAYO (J.).—Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España en la península.—«Mem. R. Acad. de Cienc.», sec. 3.ª, t. I. Madrid, 1850.
12. GERVAIS (P.).—Description des ossements fossiles de mammifères rapportés d'Espagne par M. M. de Verneuil, Collomb et de Lorière.—«Bol. de la Soc. Géol. de France», 2.ª serie, tomo X. 1852-53.
13. HERNÁNDEZ PACHECO (E.).—Los vertebrados terrestres del Mioceno de la Península Ibérica.—«Mem. de la Soc. Esp. de Historia Natural», tomo IX. 1913.
14. HERNÁNDEZ PACHECO (E.).—Régimen geográfico y climatológico de la meseta castellana durante el mioceno.—«Revista de la Real Acad. de Ciencias». 1914, tercer trimestre.
15. HERNÁNDEZ PACHECO (E.).—Los cinco ríos principales de España y sus terrazas.—«Junta Amp. Est. e Inv. Científicas», serie geológica, núm. 36. 1928.
16. HERNÁNDEZ PACHECO (E.).—Fisiografía del mioceno aragonés.—«Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.», tomo XXI. 1921.
17. HUMMEL (K.).—Fossilium Catalogus. Trionychia fossilia. Pars 52. Editado por W. Quenstadt. Berlín, 1932.
18. INSTITUTO GEOLÓGICO.—Región Norte. Memorias explicativas de las hojas de Tafalla, Castrogeriz, Viana, Briviesca y Eulate.
19. LARRAZET (M.).—Thésés présentés a la Faculte des Sciences de Paris pour obtenir le grade de Docteur és-sciences naturelles. Lille, 1896.
20. MALLADA (L.).—Explicación del Mapa geológico de España.—«Mem. Com. Mapa Geol. de Esp.», tomo VI. 1907.
21. MALLADA (L.).—Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra.—«Bol. Com. Map. Geol. de Esp.», t. IX. 1882.
22. MALLADA (L.).—Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España.—«Bol. de la Com. del Mapa Geol. de España», tomo XVIII. 1891.
23. MARÍN Y BERTRÁN DE LIS (A.).—Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro.—«Bol. Inst. Geol. de España», tomo XLVII. 1926.
24. MARÍN Y BERTRÁN DE LIS (A.).—La Potasa.—«Bol. Inst. Geológico de España», tomo XLVIII. 1927.
25. MARTÍN DONAIRE (F.).—Bosquejo de una descripción física y geológica de la provincia de Zaragoza.—«Mem. de la Com. del Mapa Geol. de España». 1873.
26. PALACIOS (P.).—Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Soria.—«Mem. de la Com. del Mapa Geol. de España». 1890.
27. PALACIOS (P.).—Los terrenos mesozoicos de Navarra.—«Bol. del Inst. Geol. de Esp.», t. XI. 1919.
28. PANZER (W.).—Talentwicklung und Eizeitklima im nordostlichen

- Spanien. Abhandlungen Herans gegeben von der Senckenbergischen Naturforschenden Gessellschaft. Frankfurt. 1926.
29. ROYO Y GÓMEZ (J.).—Edad de las formaciones yesíferas del terciario ibérico.—«Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. XXVI. 1926.
 30. ROYO Y GÓMEZ (J.).—El Mioceno continental Ibérico y su fauna malacológica.—«Junta Ampl. Est. e Inv. Cient.». 1922.
 31. ROYO Y GÓMEZ (J.).—Terciario continental de Burgos.—«Guía de la excursión A-6 de XIV Congreso Geológico Internacional». Madrid, 1926.
 32. ROYO Y GÓMEZ (J.).—La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo.—«Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas». Madrid, 1920.
 33. SÁINZ (M.).—Apuntes tudelanos. Tudela, 1928.
 34. SANDBERGER (C. L.).—Die Land. Und Süßwasser. Conchylien der Vorwelt. Wiesbaden. 1870-75.
 35. SÁNCHEZ LOZANO (R.).—Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño.—«Mem. de la Com. del Mapa Geológico de España». 1894.
 36. URRUTIA (L.).—Datos geológico-mineros de la provincia de Logroño.—«Bol. Com. Mapa Geol. España», t. V. 1878.
 37. VIDAL (L. M.) y DEPÉRET (CH.).—Contribución al estudio del Oligoceno en Cataluña.—«Mem. de la R. Ac. de Ciencias y Artes de Barcelona». tomo V. 1904-1906.

II

HISTORIA

La Hoja cuyo estudio presentamos en esta Memoria comprende casi en su totalidad términos de la provincia de Navarra, salvo una estrecha zona, en su límite Norte, que corresponde a la de Logroño y dos reducidas extensiones en su ángulo SO., que corresponden a esta última y la de Zaragoza.

Aun cuando son muchos los geólogos que se han ocupado, en general, de las formaciones terciarias de la cuenca del Ebro, cuyas obras hemos consultado, muy pocos han dedicado especial atención a la provincia de Navarra y menos concretamente a la zona objeto de nuestro estudio, comprendida en la región que se denomina de la Ribera, y si lo han hecho alguna vez ha sido de un modo incidental y sin abarcar el conjunto de todas las disciplinas geológicas.

Haremos un resumen por orden cronológico de las opiniones que estimamos más dignas de tener en consideración para que sirvan de base a lo que en el curso de esta Memoria hemos de exponer, no sin lamentar en primer término el que el ilustre Ingeniero de Minas don Pedro Palacios no pudiese llevar a cabo la descripción de los terrenos neozoicos de esta provincia, trabajo que hubiese facilitado considerablemente nuestra labor por el acierto con que enfocaba sus estudios y la competencia y seriedad de sus aseveraciones, quedándonos, sin embargo, en el mapa en escala 1 : 400.000 que acompaña a su memoria sobre «Los terrenos mesozoicos de Navarra» una delimitación de los sedimentos terciarios entre sí y la de éstos con los cuaternarios, pudiendo deducirse de la primera de éstas que consideraba a las pudingas como base del Mioceno.

Ezquerria del Bayo, sabio geólogo e Ingeniero de Minas, es el pri-

mero que en 1850 cita el hallazgo, en Tudela, de restos fósiles de un *Trionix maunoir*?, Bourdet, que incluye en el Mioceno, y en los terrenos cuaternarios y terciarios de agua dulce el *Helix carthuriana*, Lam. y *Planorbis carinata*, Lam.

Adán de Yarza, en su «Descripción física y geológica de la provincia de Alava», publicada en 1885, se ocupa de la cuenca del Ebro en la región denominada Rioja alavesa, atribuyendo sus depósitos a la edad miocena.

Don Pedro Palacios decía en 1890 en su «Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Soria» que los depósitos miocenos del Ebro penetran en esta provincia por el ángulo NE. y se extienden por los términos de Ágreda, Débanos y Añavieja, constituidos principalmente por conglomerados, areniscas, maciños, margas y calizas, y accidentalmente yeso, lignito, pedernal y óxidos de hierro y manganoso. Los conglomerados son muy variados, de elementos en general poco voluminosos y predominando la estructura pudín-guiforme sobre la brechiforme.

El pedernal es poco frecuente y aparece en masas aisladas.

En el manchón de la comarca de Ágreda los conglomerados descansan sobre las capas wealdenses y están formados por cantos rodados de caliza bayocense y cenomanense y de areniscas triásicas. Alternan con arcillas y margas y buzan ligeramente hacia el valle del Ebro.

Entre las arcillas plásticas que en Débanos se utilizaban para la fabricación de tejas y baldosas, han aparecido algunos huesos fósiles, pero de escasa consistencia y difícil clasificación.

Aparece en 1894 la «Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño», por D. Rafael Sánchez Lozano, en la que reconoce la existencia de los tres horizontes miocenos: el inferior de rocas detríticas, el medio de margas y yesos y el superior de calizas, aunque este último con menos extensión.

Por la región más oriental de esta provincia penetra el Mioceno en la de Navarra, entre Castejón y Grávalos, con una amplitud de unos 24 kilómetros y recubierto en buena parte por los aluviones del Ebro y del Alhama, atribuyendo al Mioceno un espesor de unos 300 metros en el centro de la cuenca.

Considera que esta mancha está constituida por capas horizontales de arcillas y areniscas muy arcillosas que en algunos lugares son muy semejantes a los depósitos cuaternarios que se les sobreponen, acumulados a expensas de los derrubios de aquéllos.

En 1904 publicaron los Sres. Vidal y Depéret un trabajo titulado «Contribución al estudio del oligoceno en Cataluña» en el que, fundándose en diversos descubrimientos paleontológicos, principalmente los de Calaf y Tárrega, refieren al Oligoceno toda la formación terciaria lacustre de Cataluña y gran parte de la de Aragón.

En la «Explicación del Mapa Geológico de España», por D. Lucas

Mallada (1907), describe la formación terciaria lacustre de la cuenca del Ebro como constituida por molasas, margas sabulosas y arcillas que alternan repetidas veces, intercalándose fajas delgadas de caliza arcillosa, arcillo-carbonosa o silíceo-arcillosa, con coloraciones grises, negruzcas o blanquecinas, de fractura concoidea, y encontrándose en ellas *limneas*, *planorbis*, *helix* y algunos huesos indeterminables, como se observa entre Torres y Viana y entre Larraga y Berbinzana.

Hace patente la dificultad del deslinde entre el Oligoceno y el Mioceno.

Insiste Depéret en 1908 en su memoria «Sur les bassins tertiaires de la meseta espagnole», en atribuir al Oligoceno la mayor parte de los depósitos terciarios lacustres de Castilla la Nueva, apoyándose en las opiniones de los Sres. Vidal y Larracet sobre las cuencas del Ebro y del Duero, deduciendo como conclusión que los depósitos miocenos que realmente existen, Concud, San Isidro, Valladolid, son de extensión muy reducida.

Royo y Gómez, en «El Mioceno continental Ibérico», obra que vio la luz en 1922, hace resaltar el insensible paso del Paleogeno al Mioceno por la carencia de discordancia entre esos terrenos.

Al tratar de la tectónica dice que las capas del Eoceno, Oligoceno y Mioceno son concordantes en la mayoría de los casos y se pasa insensiblemente de uno a otro terreno, formando la cuenca un todo cóncavo en el que las capas buzan todas hacia el centro. En las proximidades de los terrenos antiguos los estratos superiores están poco dislocados y plegados, estándolo bastante los inferiores, lo que indica, así como el buzamiento de las capas, que esta cuenca ha sufrido una compresión lateral cuya dirección fué perpendicular al actual valle del Ebro.

El mismo autor, en su trabajo «Edad de las formaciones yesíferas del terciario Ibérico» (1926), considera al yeso, unido a las margas, como uno de los elementos litológicos más importantes del Terciario continental, cuya edad se asignó en un principio como sarmatiense. Así sucede en la cuenca del Duero, pero ya en el estrecho de Burgos se les ve más frecuentemente en el tortoniense y aun por debajo de él. Describe las capas que atribuye a cada uno de los tramos tortoniense, sarmatiense y pontiense, y atribuye al Mioceno los estratos que tanto Born como Vidal y Depéret habían atribuido al Oligoceno, fundándose para ello en los fósiles encontrados en Moneva, Arnedillo, etc.

Como conclusiones de su trabajo deduce que las cuencas más parecidas son las del Ebro y Alto Tajo; que las margas yesíferas no son exclusivamente sarmatienses y que los estratos miocenos con sus tres horizontes están muy extendidos y con espesores de 200 y más metros.

Fundándose este mismo autor en el estudio detallado de la fauna de gasterópodos encontrados por Larracet en el cerro de Castrillo del

Val (Burgos), cuyos resultados aparecen en «El Terciario continental de Burgos» (Excursión A-6 del Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid en 1926); incluye en el Mioceno los estratos que Larracet consideraba como del aquitaniense. Dice también que el Oligoceno no alcanza el desarrollo que muchos geólogos le asignan y sólo aparece bien determinado en la parte oriental de la cuenca del Ebro y especialmente en Calaf y Tárrega (Lérida) por la fauna encontrada y estudiada por Depéret y Vidal.

En el trabajo «Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro», presentado por el Sr. Marín y Bertrán de Lis en el Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid en 1926, se procede a la delimitación entre el Oligoceno y el Mioceno en la región comprendida entre Mequinenza y Caspe, exponiendo las razones que a ello le conducen. Hace resaltar la dificultad de dicha delimitación porque durante la retirada del mar eoceno, o sea durante las edades oligocena y miocena, no varía el régimen climatológico en toda la Península, pero el suave buzamiento hacia poniente de la formación oligocena en Cataluña y en parte de Aragón, la hacen colocarse por debajo de los estratos de comprobada edad miocena que cubren una buena parte del suelo aragonés.

Después de un análisis estratigráfico detallado sobre esta región, adopta para base del Mioceno las areniscas que se ven en la margen del Ebro, entre Los Arcos y la Magdalena.

En las memorias explicativas de las hojas de Alcalá de Henares y Madrid, recientemente publicadas por la Región Centro de este Instituto Geológico, se atribuyen al Oligoceno capas que hasta ahora habían figurado como miocenas, fundándose para ello en la fauna encontrada al llevarse a cabo el sondeo ejecutado por este Centro en Alcalá, aunque por la ausencia de fósiles vertebrados no ha podido determinarse con firmeza el nivel exacto de estos estratos comprendidos entre el Eoceno superior y el final del Oligoceno. Por la misma razón, existe dificultad para la fijación del límite de separación entre este Paleogeno y el Mioceno.

De todo lo anteriormente expuesto se deduce, como principal consecuencia; las variaciones que han sufrido en su clasificación los depósitos de estas edades, lo que obedece indudablemente a la semejanza litológica entre sus estratos y a la falta de discordancia entre ellos, circunstancias ambas debidas indudablemente a la persistencia del mismo régimen climatológico durante las dos edades. No existen tampoco restos de fósiles vertebrados que nos hubiesen podido conducir a una delimitación exacta entre esos terrenos, y en vista de todo ello; y fundándonos en la fauna de gasterópodos encontrados al llevar a cabo el estudio de esta Hoja y en las razones que exponemos en los capítulos de ESTRATIGRAFÍA y PALEONTOLOGÍA, hemos incluido en el Oligoceno los estratos abarcados por su perímetro.

III

GEOGRAFÍA FÍSICA

Orografía.—El relieve orográfico de esta Hoja es de escasa importancia, cual corresponde a toda la formación terciaria lacustre y cuaternaria en nuestra Península. Predominan en ella las grandes llanuras recubiertas por los depósitos aluviales y diluviales de los ríos que la atraviesan, sobre las que se alzan una serie de cerros de escasa elevación, de forma apuntada o de meseta plana en su cumbre y de laderas tanto más escarpadas cuanto más expuestas están o han estado a la acción erosiva de aguas. Va haciéndose más movida la topografía del terreno a medida que nos alejamos de los cursos antiguos o actuales de los ríos, pero sin perder nunca esa fisonomía especial de los terrenos recientes, cuyos accidentes se deben más a efectos de denudación que a verdaderos movimientos tectónicos.

Existe un macizo de este género bordeando la ribera izquierda del Ebro, cuyas alturas culminan en Balsaforada a los 443 metros y en Serralta a los 410, siendo la curva de nivel medio del río de 260 metros, es decir, con elevaciones entre 150 y 200 metros. Está atravesado por numerosos caminos y por la carretera en construcción de Egea de los Caballeros y bordeado longitudinalmente por las carreteras de Tudela a Pamplona y a Fustiñana.

Otro macizo análogo existe en la margen opuesta del río, ocupando la zona central de la Hoja, cuyas alturas van aumentando a medida que caminamos en dirección SO. para descender luego a la llanada en que está situada la balsa de Purguel y volver a elevarse nuevamente constituyendo las estribaciones septentrionales del macizo Ibérico con alturas que llegan en el ángulo SO. de la Hoja a 720 metros, en la unión de las provincias de Zaragoza, Logroño y Navarra.

Esta zona, la más accidentada de la región que ahora nos ocupa,

está unida al macizo central a que antes hacemos referencia por la estrecha faja de los altos de Molengo, que culminan a los 456 metros y que separan la planicie de la balsa de Purguel de la de más elevado nivel, formada por el Diluvial de la margen derecha del río Alhama.

Debemos hacer notar la diferencia de forma de estas estribaciones de la cordillera Ibérica con los macizos anteriormente descritos, pues ya no se presentan en dichas estribaciones los cerros aislados y con mesetas planas en su cumbre.

Citaremos también el macizo que bordea la ribera izquierda del río Alhama, con alturas que no pasan de los 456 metros; el que se inicia en el límite Norte de la Hoja, ya en la provincia de Logroño, en la margen derecha del Alhama y el que principiando al Sur de Fontella, con cotas máximas de 349 metros, está atravesado por la carretera de Tudela a Zaragoza.

Hidrografía.—Tres son los ríos que surcan la superficie de esta Hoja: el Ebro, el Alhama y el Queiles, afluentes estos dos últimos del primero, al que se unen el Alhama en las proximidades de Alfaro y el Queiles en el mismo Tudela.

Río EBRO.—Penetra este río por el confín Norte de la Hoja atravesando un valle simétrico constituido por los depósitos cuaternarios. Su rumbo, que era NO.-SE., cambia al llegar a ese mismo límite, en el paraje denominado Sequeros, del término de Castejón, hacia el Sur-Sureste, dirección general que conserva en su paso por la Hoja.

En el denominado Soto de los Tetones se inicia la disimetría de su valle por su avance erosivo lateral hacia la derecha, acentuándose en esta ribera los escarpes en contraposición con las extensas llanuras que constituyen la opuesta, hasta que al llegar a Tudela cambia su acción erosiva, siendo la ribera izquierda la que queda limitada por cerrros más o menos elevados.

Como todo río senil y divagante da lugar durante su curso a la formación de numerosos sotos, islas o mejanas de frondosísima vegetación, objeto de útil y provechosa explotación, entre los cuales podemos citar como principales los sotos de la Barca, de Vergara, de la Remonta, de los Tetones, de Santa Cruz y de la Mejana y numerosas islas entre las que destaca, en las proximidades de Fontellas, la conocida con esa misma denominación genérica de La Isla.

Tiene este río dentro de la Hoja un recorrido total aproximado de unos 25 kilómetros, con diferencia de cota en sus extremos de 20 metros, siendo, por lo tanto, su pendiente de 0,8 por mil.

Sus aguas son objeto de cuidadoso aprovechamiento y de ello daremos cuenta en capítulo aparte.

Recibe numerosos afluentes por ambas márgenes, arroyos casi todos de carácter torrencial y cuyas aportaciones al Ebro se reducen

a las épocas de grandes precipitaciones atmosféricas. Tales son, por su margen derecha, el denominado río del Melonar, que sale de los límites de la Hoja; el barranco de Valdefuente, que se inicia en la fuente del Ruso, en término de Tudela, para desembocar en el Soto de la Barca; el de Barcelosa, que desde la Plana Alta también en término de Tudela, corre hasta el Soto de los Tetones; el de la Obra, que desde la Plana de Bona desemboca en el mismo Tudela.

Por su margen izquierda recibe también las aguas de varios afluentes como el barranco de las Limas, que se le une en el paraje denominado Las Mejanas, frente al corral de los Tetones, y que está a su vez formado por el del Bercho, el Carnero y otros varios: los barrancos de Valdeaceite y Rabosillo que se le unen en el Soto de los Tetones, provenientes de los altos de Garbayo, en los que también se inician los de la Plana, de los Palos, de Mateo Cabello, de Tranquilla y otros que, reunidos todos, desembocan al Norte y muy próximos a la Mejana de Mosquera, a la que por el Sur afluye el de Val del Juicio. En los altos de Serralta nacen los barrancos Secaculos, del Gardacho y del Olmo, que unidos van a perderse bajo los depósitos aluviales frente al kilómetro 6 de la carretera de Fustiñana.

El río Queiles es también un afluente del Ebro, según hemos dicho, pero que merece por su importancia mención especial. Nace en las estribaciones septentrionales del Moncayo, pasa por Tarazona, entra en la Hoja por Castante y atravesando una fértil vega desemboca por Tudela, población que atraviesa convenientemente canalizado.

El río Alhama atraviesa la zona NO. de nuestra Hoja, proveniente de la Sierra del Almuerzo, en la provincia de Soria, donde tiene su nacimiento, y pasando por los poblados de Cintruénigo y Corella para salir de la Hoja, después de un recorrido de unos 22 kilómetros dentro de ella con dirección a Alfaro, uniéndose al Ebro un poco al Norte de esta población, con una pendiente media dentro de la zona que nos ocupa de poco más del 5 por mil.

Recibe este río por su margen derecha las aguas de los barrancos Fustal y Varandil, que tienen su origen en los altos de este nombre y desembocan frente al paraje denominado Morena.

Existen, además, otros numerosos arroyos cuyo curso se pierde en las llanuras aluviales, tales como el Rodesa y Morterete frente a Cintruénigo y el Ubago, de la Virgen, del Espino, del Charco, de la Estanca, Echevarri y Naon que provienen del macizo montañoso del Suroeste de la Hoja, todos ellos con marcado carácter torrencial.

Las aguas del Alhama también son objeto de aprovechamiento para el riego de los campos de los términos que atraviesa y de los de Tudela.

IV

TECTÓNICA

Poca amplitud podemos dar a este capítulo, dada la situación geográfica de la Hoja que nos ocupa, ya que consideramos a los depósitos que la constituyen como formando parte de los estratos más meridionales del período oligoceno en esta región, a los que los movimientos tectónicos afectaron con muy poca intensidad.

Si consideramos la sucesión de pliegues anticlinales y sinclinales que con dirección aproximada al NO.-SE. afectan a la formación terciaria lacustre y atraviesan la provincia de Navarra al Norte de la zona que nos ocupa, vemos que estos pliegues son cada vez de menor importancia e intensidad, a medida que se avanza hacia el Sur, y el más meridional de ellos, que designaremos con el nombre de anticlinal de Cadreita, de ramas ya muy tendidas, se señala en el ángulo Sureste de la hoja de Alfaro, limítrofe por el Norte con la que nos ocupa.

Incluída en el Oligoceno, con las salvedades que expondremos en el capítulo de ESTRATIGRAFÍA, toda la formación actualmente en estudio, sus direcciones y buzamientos, nos inducen a señalar la existencia de un pliegue sinclinal muy amplio cuya rama Sur estaría constituida por los depósitos que se apoyan sobre las estribaciones septentrionales de la cordillera Ibérica y la Norte por los altos de las proximidades de Tudela, siendo, por lo tanto, su eje muy difícil de precisar por la misma amplitud del pliegue.

ESTRATIGRAFÍA

Como resumen y consecuencia de los datos que hemos recogido en el capítulo de HISTORIA y, según hacíamos ya constar allí, se ve palpablemente la dificultad que siempre ha existido para determinar con precisión los límites entre el Oligoceno y el Mioceno. En nuestras observaciones de campo ha sido nuestra mayor preocupación la búsqueda de datos, tanto paleontológicos como estratigráficos, que nos pudieran conducir a esta difícil separación.

Hemos de citar, sin embargo, algunas pequeñas discordancias que hemos podido observar, pero que por sus exiguas proporciones y su falta de continuidad no creemos puedan dar lugar a una generalización, aunque sí puedan servir en el futuro como jalones para un deslinde efectivo el día en que se llegue a aclarar este difícil problema.

Las discordancias principales que hemos podido notar, todas ellas fuera del perímetro que abarca esta Hoja, son: la de Calahorra, la de Caparroso y la de las Bardenas Reales.

La primera citada se aprecia claramente en el trayecto entre Arnedo y Calahorra, pues sobre las pudingas oligocenas con buzamientos al primero y cuarto cuadrante se apoya una formación de arcillas y margas yesosas en clara discordancia con aquéllas. Ello ocurre en un recorrido muy limitado.

La de Caparroso se refiere a una formación detrítica que corona el cerro que domina a este pueblo por el SO. y que se sobrepone a la rama Norte de la prolongación oriental del anticlinal de Falces, muy próximo a su eje. Consiste en una capa de arenisca grosera amarillenta de unos dos metros de espesor, a la que se sobrepone un conglomero con la misma potencia aproximadamente y que va disminuyendo hasta su desaparición, hacia el Sur. Esta formación lleva

una dirección NO.-SE. con buzamiento al Sur, en contraste con los yesos y margas inferiores que, arrumbados al cuarto cuadrante, buzan hacia el primero.

Una discordancia parecida, aunque no con la potencia de formación de la descrita últimamente, se observa en las Bardenas Reales al Norte del río Salado y en el lugar denominado El Vedado.

Dadas las exiguas proporciones y la falta de continuidad de las discordancias que acabamos de reseñar no nos determinamos, como ya hemos dicho, a que puedan servir por el momento para resolver el problema que tanto nos preocupa, ya que no podemos fijar la edad exacta de estos depósitos discordantes y nos afirmamos en la creencia de que el régimen de sedimentación de los depósitos oligocenos no sufrió variación al llegar a la edad miocena en esta zona que ocupa el centro de la cuenca terciaria, es decir, que no hubo cambio climatológico ni tectónico en el intermedio de las dos edades.

Los sedimentos que constituyen el Terciario de nuestra Hoja se sobreponen a la rama Sur del anticlinal de Cadreita, antes citado como el más meridional de los que afectan a la formación terciaria lacustre, lo que nos hace considerar a estos depósitos como los más modernos de esta formación oligocena y nos conducen a clasificarlos como tales los datos que figuran en el capítulo de PALEONTOLOGÍA.

Pasemos ahora a la descripción de las manchas constituídas por el Oligoceno y el Cuaternario, haciendo antes la salvedad de que el poco espesor que a veces tienen los depósitos de este último y las dificultades de expresión gráfica en la escala a que está dibujado este mapa, nos han hecho dejar de representar algunos sedimentos cuaternarios.

Oligoceno

Las manchas en que los depósitos aluviales y diluviales de los ríos Ebro, Alhama y Queiles dividen a los sedimentos oligocenos de la Hoja son cinco.

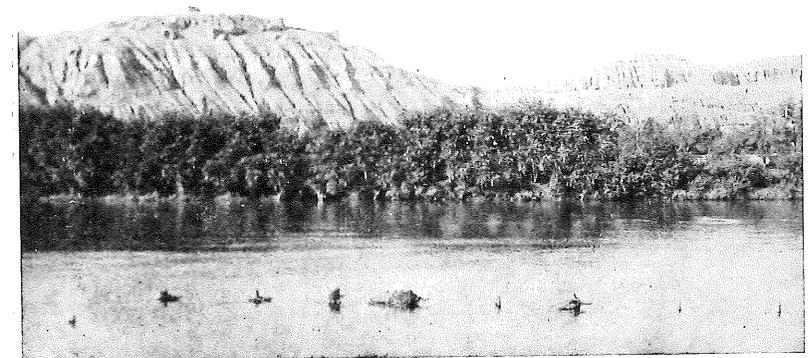
- Forma la primera el límite oriental de la ribera izquierda del Ebro;
- ✕ la segunda, que es la de mayor extensión, ocupa la zona comprendida entre los ríos Ebro y Alhama, salpicada de algunos isleos cuaternarios que coronan los cerros oligocenos; la tercera limita por poniente gran parte del curso del río Alhama, en la región de Corella;
- ✕ la cuarta constituye un isleo dentro del Cuaternario al Sur de Tudela y, por último, la quinta es el término septentrional de la mancha de Tarazona.

Los elementos constitutivos del Oligoceno en la zona que nos ocupa son: pudingas, areniscas, arcillas, margas y calizas, y como elemento accesorio el yeso.

Una observación que conviene hacer resaltar respecto a estos depó-



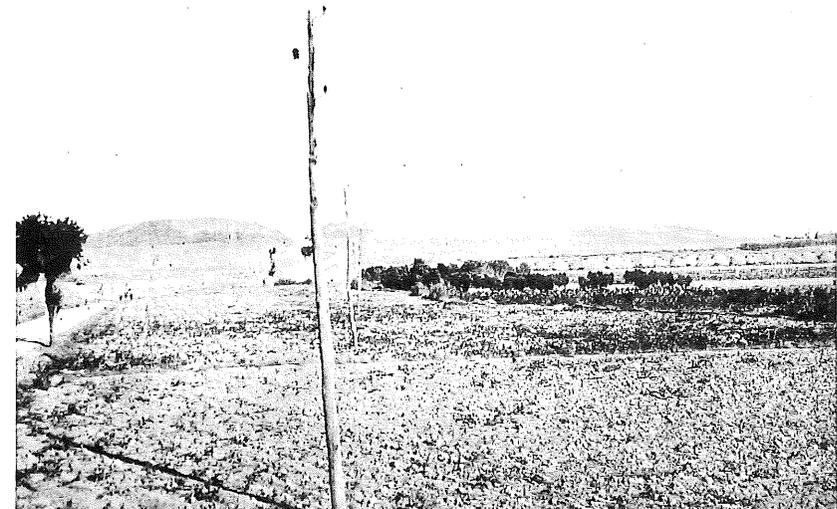
Fot. 1. — Tudela sobre una terraza cuaternaria.



Fot. 2. — Escarpes oligocenos sobre el Ebro, a la salida de Tudela, hacia Castejón.



Fot. 3. — Capas oligocenas de las orillas de la balsa de Purguel.



Fot. 4. — Carretera de Tudela a Tarazona. Contacto de oligoceno y cuaternario.

sitos, es la diferencia que existe entre los sedimentos que forman la región NE. y aquellos otros que en la región SO. se apoyan en las estratificaciones septentrionales del macizo ibérico cuyo origen se debe a la denudación de éste. Los primeros están constituidos casi exclusivamente por calizas, arcillas y margas, mientras que en los últimos, en la zona comprendida entre el río Alhama y Tarazona, se acusa un origen detrítico, pues predomina un conglomerado poligénico cuya potencia llega a los 200 metros en algunos puntos, no muy coherente, de elementos muy rodados que llegan a tener 20 y 30 centímetros de diámetro. La forma y constitución de estos depósitos, que se apoyan sobre los de la región NE., nos inducirían a considerarlos como una formación litoral lacustre de edad más moderna, pero la falta de elementos de juicio suficientes para poder sentar esta afirmación no permiten separarla de este período.

Hemos estudiado el detalle estratigráfico en los muchos cortes naturales que se encuentran dentro de la región que nos ocupa, habiendo podido comprobar la constancia en la composición litológica, dentro de cada una de las zonas a que en el párrafo anterior hacemos referencia.

Como ejemplo de esos cortes naturales, damos a continuación la explicación de algunos de los más característicos.

Así, los altos del Cabezo Moro, situados frente al kilómetro 48 de la carretera de Zaragoza a Pamplona, son una serie de mesetas escalonadas cuyas laderas están constituidas por alternancias de margas y calizas, muy margosas éstas en la base y que van purificándose a medida que nos elevamos. La última contiene numerosos moldes de gasterópodos de difícil clasificación y sobre ella corre una delgada capa de yeso que no subsiste más que en las cumbres más elevadas.

Entre los kilómetros 5 y 6 de la carretera en construcción de Tudela a Egea de los Caballeros, o sea en el límite oriental de la Hoja, se encuentran alternancias de margas grises y rojas, con delgados lechos de caliza margosa intercalados, algunos de los cuales contienen restos fósiles de gasterópodos, y sobre ellas, con una potencia no menor de 20 metros, la arenisca roja con una pequeña capa de arenisca blanca en su base.

Más al SE. está el cerro de San Gregorio, frente al kilómetro 4 de la carretera de Tudela a Fustiñana, en el que han desaparecido las areniscas quedando las alternancias de arcillas, margas y calizas, coronado todo por un depósito de pudinga. El orden de sucesión y la potencia de estos elementos son los siguientes.

- 1.º Alternancias de margas y arcillas, 26 metros.
- 2.º Capa caliza con fósiles, tres metros.
- 3.º Arcillas, 16 metros.
- 4.º Capa caliza azoica con alguna intercalación margosa, dos m.
- 5.º Alternancias de arcillas con calizas en lechos delgados, 26 m.

- 6.º Capa caliza azoica, dos metros.
- 7.º Arcillas con alguna capita de caliza margosa intercalada, 28 metros.
- 8.º Cantos de pudinga, ocho metros.

El cerro del Tricornio, en el centro de la Hoja, frente al kilómetro 2 de la carretera de Tudela a Corella, presenta el siguiente corte estratigráfico:

- 1.º Arcillas, 30 metros.
- 2.º Arcillas con capitas de yeso intercaladas, 13 metros.
- 3.º Capa de arenisca, un metro.
- 4.º Arcillas, tres metros.
- 5.º Arenisca, medio metro.
- 6.º Arcillas, cuatro metros.
- 7.º Pudingas, un metro.

Examinando y comparando los cortes antes expuestos, no encontramos en la sucesión estratigráfica modo de relacionarlos entre sí, lo que nos hace suponer que esta falta de uniformidad proviene de la distinta ubicación de los lugares donde se sedimentaron y consolidaron estos depósitos con relación a los bordes del lago oligoceno y a las aportaciones que a ellos llegaron.

Cuaternario

Dada la importancia de los tres ríos que surcan esta Hoja, Ebro, Alhama y Queiles, se comprenderá la dilatada extensión que ocupan los depósitos de esta edad en sus dos períodos de Diluvial y Aluvial.

Este último tiene su mayor amplitud en las márgenes del Ebro y principalmente en la parte Norte de la Hoja, donde en la orilla izquierda del río llegan sus depósitos hasta los escarpes que limitan el Oligoceno. En el río Alhama se reduce a una faja relativamente estrecha que bordea por ambas márgenes el curso del río, y en el Queiles o no existen tales depósitos o sus dimensiones son tan reducidas que no tienen una representación gráfica en la escala en que trabajamos.

El Diluvial puede considerarse dividido en dos grandes manchas: una que penetra por la parte Norte, proveniente de la provincia de Logroño, y que se extiende sin interrupción desde el río Ebro al Alhama, y otra que penetra por el Sur, comprendiendo los términos de Cascante, Murchante, Fontellas y Tudela, y que encierra dentro de su perímetro todo el curso del Queiles.

En ambas pueden apreciarse diferentes niveles o terrazas y están



Fots. 5 y 6. — Pudingas de la trinchera del ferrocarril de Soria a Castejón, en las proximidades de Cintruénigo.



constituídas por arenas rojas y un conglomerado de cantos rodados, algunos de gran tamaño, de regular consistencia.

Alguna otra mancha de menor dimensión pudiéramos citar, como la que se encuentra al NE. de Tudela, en el arranque de la carretera de este punto a Egea de los Caballeros, y otras de superficie muy reducida que coronan gran parte de los cerros que forman la zona central de la Hoja.

PALEONTOLOGÍA

El único dato paleontológico que encontramos, referente a la zona que nos ocupa, es el citado por Ezquerro del Bayo en su obra «Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España en la Península», del cual hicimos ya mención en el capítulo de HISTORIA y que se refiere al hallazgo en las proximidades de Tudela de un *quelonio* clasificado como *Trionix maunoir*, Bourdet, atribuido a la edad miocena. Como esta referencia proviene de una memoria publicada el año 1850, era lógico suponer, dada la amplitud de la acepción del Mioceno en aquella época, que el fósil que sirvió para esta clasificación tuviese en el día de hoy otra representación estratigráfica diferente y así ha resultado al examinar el «Fossilium Catalogus», donde Hummel, en la página 471 del folleto «Trionychia Fossilia» cita el *Trionya (Amyda) maunoir*, Bourdet, como perteneciente a la fauna del Oligoceno.

Como dato curioso, y por lo que pudiera servir para futuras investigaciones, hemos recogido la noticia de que hace unos 30 años, al explotar una cantera de caliza en el lugar denominado Calraso, se hallaron unos huesos fósiles sin que hayamos conseguido averiguar si fueron o no estudiados y cuál fué su paradero.

Lo único que hemos encontrado en nuestras excursiones ha sido una faja estrecha de caliza margosa de color gris, en la que se encuentran numerosos moldes de gasterópodos. Este nivel lo hemos cortado en tres lugares distintos de la formación del Ebro, que van señalados en el mapa y son: En el Cabezo Moro, en los kilómetros 3 y 5 de la carretera en construcción de Tudela a Egea de los Caballeros y al pie del cerro de San Gregorio.

Estos moldes de gasterópodos hemos podido llegar a clasificarlos

a pesar de su mal estado de conservación, con el asesoramiento y auxilio de nuestro ilustre compañero el Sr. Marín y Bertrán de Lis, habiendo encontrado los siguientes:

Helix aff. *heberti*, Desh.

Id. *voltzii*, Desh.

Planorbis voissyi, Desh.

Id. *rouvillei*, Fontannes.

Todos ellos están comprendidos entre el Eoceno superior y el Oligoceno inferior y, por lo tanto, al coincidir con la edad atribuida por las modernas interpretaciones al *Trionyx* descubierto por el Sr. Ezquerro del Bayo en las proximidades de Tudela, nos induce a incluir toda la formación comprendida en esta Hoja en el sistema Oligoceno.



Fot. 7. — Los altos del Cabezo Moro.



Fot. 8. — Cerros de San Gregorio.



VII

HIDROLOGÍA

Comprende el perímetro de esta Hoja una extensa y fértil zona objeto de un esmerado cultivo y cuya explotación constituye la fuente principal de riqueza en la región. A ello se debe el cuidadoso aprovechamiento de las aguas de sus ríos y el que no siendo éstas suficientes hayan tratado de acrecentarlas con la apertura de numerosos pozos que captan y aprovechan un nivel freático existente, bajo los depósitos cuaternarios, entre Tudela, Cascante y Fontellas. Se encuentra ese manto acuífero a una profundidad que oscila entre los 5 y 12 metros y su caudal no es muy abundante pero de bastante regularidad.

El análisis de esas aguas es el siguiente:

	Pozo de Garde	Pozo de Heredia
	<i>Gramos en litro</i>	<i>Gramos en litro</i>
Cal	0,281	0,317
Magnesia	0,072	0,113
Anhídrido sulfúrico	0,376	0,523
Cloro	0,059	0,118
Cloro expresado en cloruro sódico	0,098	0,196
Grado hidrotimétrico ..	74	102

Es decir, que se trata de aguas de malas condiciones de potabilidad, con mucha cal y anhídrido sulfúrico y de grado hidrotimétrico bastante elevado, no obstante lo cual son utilizables para el fin a que

se destinan y han permitido aumentar la zona de irrigación en esta región.

Ese mismo nivel freático se explota aprovechando la favorable configuración topográfica del terreno, en dos rozas abiertas: una frente al kilómetro 57 de la carretera de Tudela a Zaragoza y otra próxima al kilómetro 3 del ferrocarril de Tudela a Tarazona, cuyas aguas se utilizan para el riego.

Aprovechando la diferencia de nivel entre los cursos del Alhama y el Ebro en esta región, unos 180 metros más elevado el primero, se utilizan las aguas de éste para la irrigación de los términos de Cintruénigo, Corella, Tudela y Fontellas, mediante una complicada red de canales y acequias que van a verter las aguas sobrantes, si alguna vez las hay, al Ebro. En las proximidades de Fitero está situada la presa que desvía las aguas por el llamado río Llano hasta el alto del Paso en donde se distribuyen, una parte para regar las huertas de Cintruénigo y Corella y otra atraviesa por un túnel los altos de Molengo y por el río Boquerón es conducida a la Balsa de Purguel, que sirve de depósito regulador para el riego de las huertas de Tudela y Fontellas. Se unen a éstas las captadas por la presa llamada de las Comunidades, sobre el Queiles, entre Monteagudo y Novallas, y todas ellas fertilizan las zonas denominadas Huertas Mayores y Campos Unidos que comprenden las partidas de Cardete y sus agregados Albea, Huerta Mayor alta y baja y Pradilla, con un total de 19.787 robadas, equivalente a 1.776 hectáreas, 87 áreas y 26 centiáreas.

Se encuentra también en término de Tudela, entre esta población y Fontellas, la partida de Valpertuna, con 3.400 robadas (305 hectáreas, 32 áreas) que se riega con las aguas provenientes del Queiles que se recogen en la balsa de Bonamesón.

Existen por último, en la región, numerosas balsas cuyas aguas se utilizan para el riego y que, salvo excepciones, no proceden de manantiales en ellas situados, sino que son depósitos formados natural o artificialmente, aprovechando la impermeabilidad y topografía del terreno, en los que se almacenan las aguas provenientes de pequeños riachuelos o de lluvia.

La zona que nos ocupa está también atravesado por el canal denominado de Lodosa, muy próximo a terminarse, que toma sus aguas por una presa sobre el Ebro en Lodosa y las conduce hasta Mayen, con un ramal secundario que vierte al río Jalón.

Dentro de esta Hoja se inician otras dos grandes obras hidráulicas dignas de mención, aun cuando su aprovechamiento no corresponda a su perímetro, el canal Imperial y el canal de Tauste.

El primero fué comenzado por Carlos V en 1528, construyéndose la presa vieja y la casa de compuertas denominada Bocal del Rey en término de Fontellas. Mediante él se regaban los términos de varios pueblos de Navarra y Aragón hasta Pinseque y Garrapinillos. Fueron varios los proyectos de ampliación, en alguno de los cuales se colo-

eaba la presa aguas arriba de Tudela, lo que provocó la protesta de los tudelanos por los peligros y perjuicios que les podría acarrear, entre otros la inundación de la ciudad por el río Queiles, que quedaba así con difícil salida. En 1778 se comenzó, por fin, la presa en su actual emplazamiento y fué terminada en 1790 no sin sufrir muchas interrupciones y quebrantos, a los que contribuyeron poderosamente las 59 crecidas que experimentó el caudal del Ebro en ese lapso de tiempo.

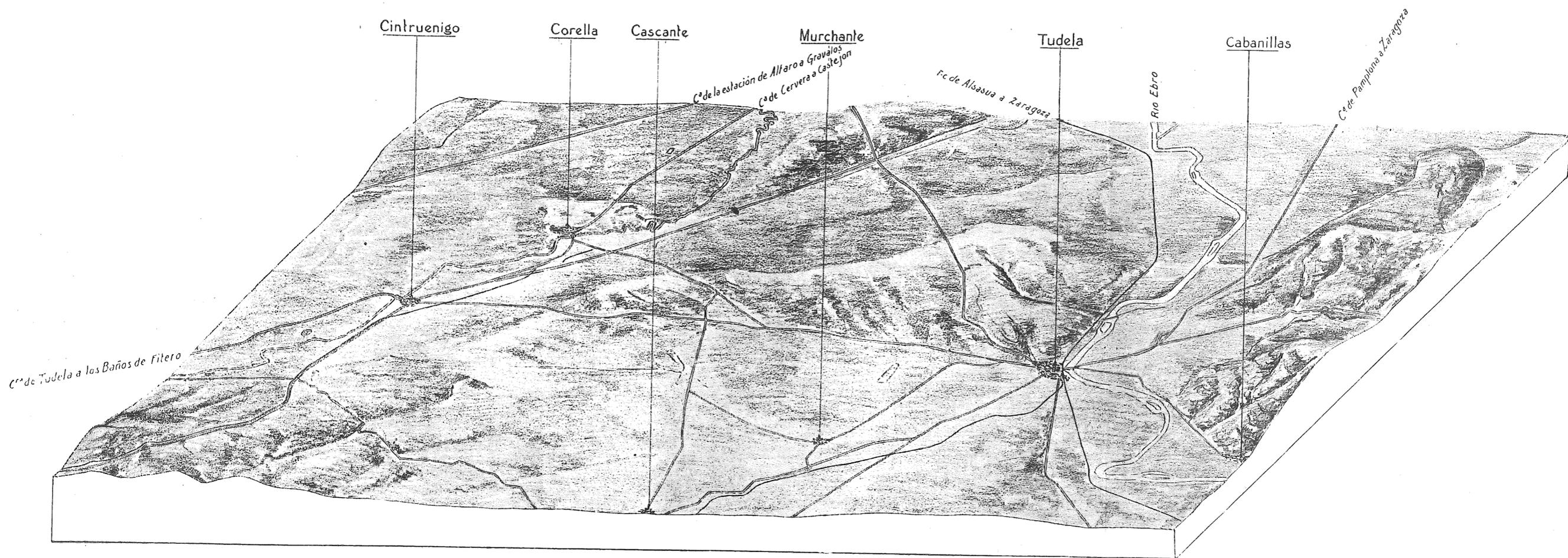
El canal de Tauste es en su origen muy anterior al Imperial, ya que se debe a un privilegio concedido en 1160 por el rey Don Sancho el Sabio para poder hacer acequias y presa en el realengo de Fontellas. Las obras, en realidad no comenzaron hasta 1552, construyéndose una acequia que condujese una muela de agua para Cabanillas, una y media para Fustiñana y cinco y media para Tauste. Tiene el canal una longitud de cerca de 30 kilómetros.





TUDELA

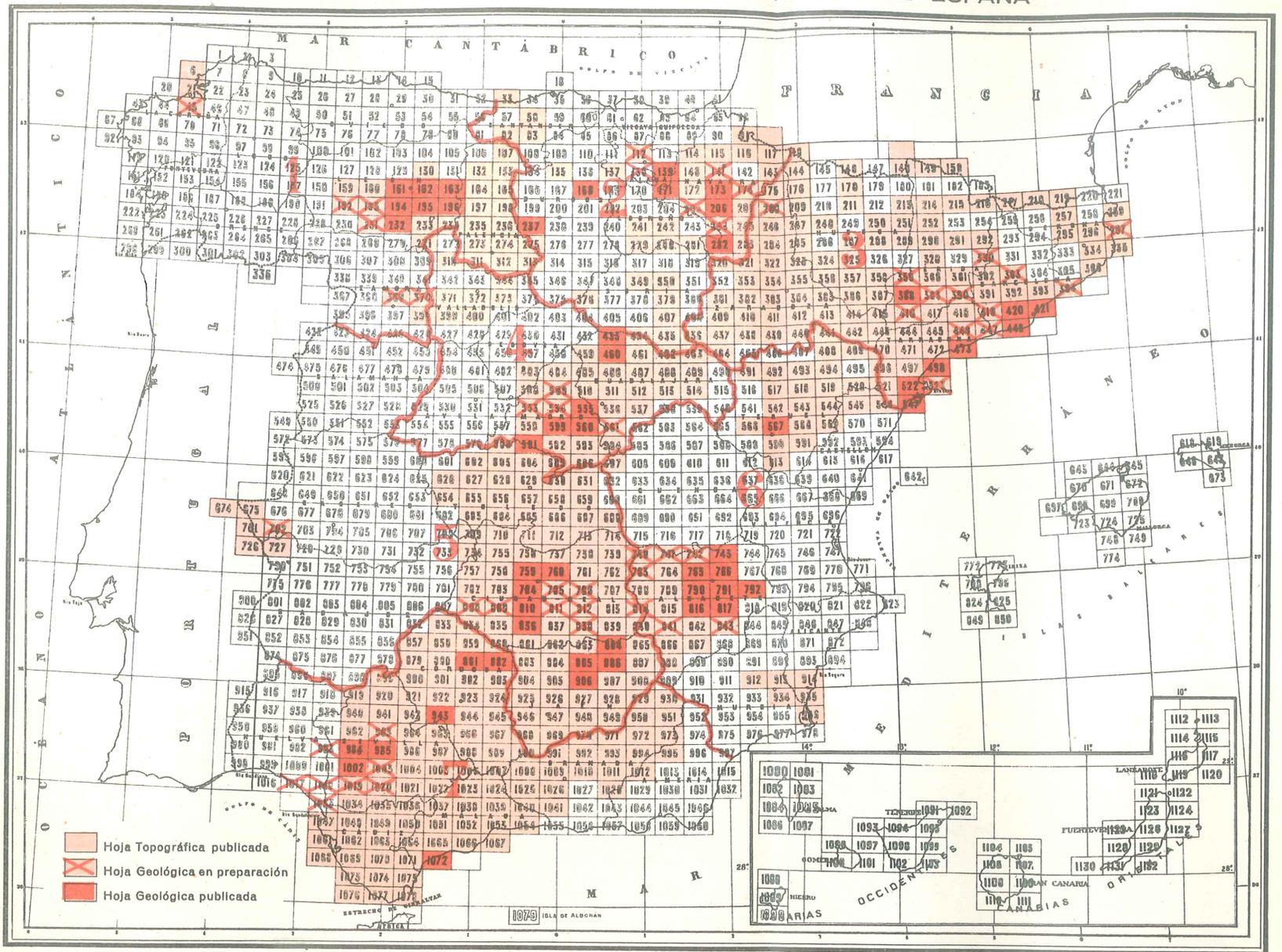
CROQUIS DE LA REGION COMPRENDIDA EN ESTA HOJA



Escala aproximada para las alturas 1 m/m. = 46,666 metros.

Formado y publicado por el Instituto Geológico y Minero de España
bajo la dirección del Excmo. Sr. D. Luis de la Peña. — Año 1933.

ESTADO DE PUBLICACIÓN DE LAS HOJAS EN ESCALA 1:50.000
DE LOS MAPAS GEOLÓGICO Y TOPOGRÁFICO DE ESPAÑA



HOJAS PUBLICADAS, POR REGIONES

- | | | | |
|--|--|---|---|
| <p>1.^a</p> <ul style="list-style-type: none"> 194. Santa María del Páramo (León) 195. Mansilla de las Mulas (León) 196. Sahagún (León) 232. Villamañán (León) 161. León (León) 162. Gradefes (León) 163. Villamizar (León) | <p>2.^a</p> <ul style="list-style-type: none"> 173. Tafalla (Navarra) 237. Castrogeriz (Burgos) 171. Viana (Navarra) 168. Briviesca (Burgos) 139. Eulate (Alava) 282. Tudela (Navarra) 206. Peralta (Navarra) | <p>3.^a</p> <ul style="list-style-type: none"> 421. Barcelona (Barcelona) 522. Tortosa (Tarragona) 420. San Baudilio (Barcelona) 547. Alcanar (Tarragona) 498. Hospitalet (Barcelona) 448. Gavá (Barcelona) 473. Tarragona (Tarragona) 388. Lérida (Lérida) | <p>4.^a</p> <ul style="list-style-type: none"> 560. Alcalá de Henares (Madrid) 460. Hiedelacencia (Guadalajara) 559. Madrid (Madrid) 535. Algete (Madrid) 433. Atienza (Guadalajara) 581. Navalcarnero (Madrid) |
| <p>5.^a</p> <ul style="list-style-type: none"> 810. Almodóvar del Campo (C. Real) 836. Mestanza (C. Real) 886. Beas de Segura (Jaén) 885. Santisteban del Puerto (Jaén) 784. Ciudad Real (C. Real) 759. Piedrabuena (C. Real) 864. Montizón (Jaén) 906. Ubeda (Jaén) 760. Daimiel (C. Real) | <p>6.^a</p> <ul style="list-style-type: none"> 792. Alpera (Albacete) 567. Teruel (Teruel) 791. Chinchilla (Albacete) 817. Pérola (Albacete) 790. Albacete (Albacete) 766. Valdeganga (Albacete) 765. La Gineta (Albacete) 743. Madrigueras (Albacete) 816. Peñas de San Pedro (Albacete) | <p>7.^a</p> <ul style="list-style-type: none"> 984. Sevilla (Sevilla) 985. Carmona (Sevilla) 881. Villanueva de Córdoba (Córdoba) 882. Venta de Cardeña (Córdoba) 943. Posadas (Córdoba) 1.072. Estepona (Málaga) 1.002. Dos Hermanas (Sevilla) | |