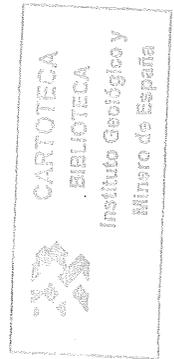


R.16319

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA



MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

ESCALA 1:50.000

EXPLICACIÓN

DE LA

HOJA N.º 141

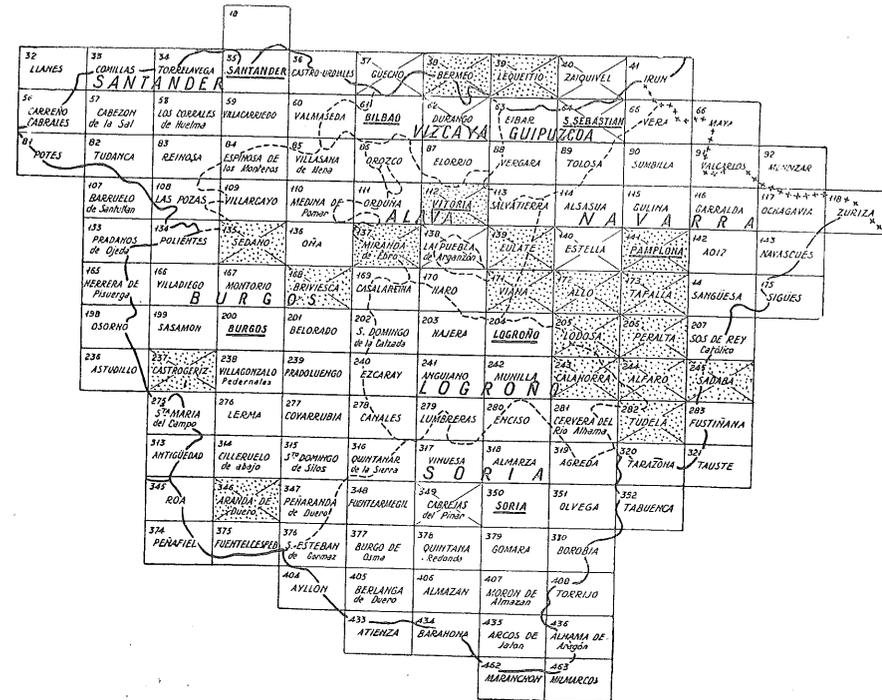
**PAMPLONA**

---

MADRID  
TIP.-LIT. COULLAUT  
MANTUANO, 49  
1949

## SEGUNDA REGIÓN. NORTE

SITUACIÓN DE LA HOJA DE PAMPLONA, NÚMERO 141



Esta Memoria explicativa ha sido estudiada por el Ingeniero D. JOAQUÍN MENDIZÁBAL Y GORTÁZAR y el R. P. MÁXIMO RUIZ DE GAONA (Sch. P.).

El Instituto Geológico y Mínero 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:

Jefe ..... D. Joaquín Mendizábal y Gortázar.  
 Ingeniero .. D. Luis Barrón del Real.  
 Ingeniero .. D. José María Ríos.  
 Secretario .. D. José Antonio Comba.

## ÍNDICE DE MATERIAS

	<u>Páginas</u>
I. Bibliografía.....	5
II. Historia.....	9
III. Geografía física.....	17
IV. Estratigrafía y Tectónica.....	19
V. Paleontología.....	25
VI. Explotaciones mineras.....	29
VII. Aguas minero-medicinales.....	33

## I

## BIBLIOGRAFÍA

1. ADÁN DE YARZA (R.): *Descripción física y geológica de la provincia de Álava*.—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 Ciencias y Artes de Barcelona. Tomo II. 1892-1900.
3. ALMERA (J.), DEPÉRET (CH.) y VIDAL (L. M.): *Excursiones verificadas durante la reunión de la Soc. Geol. 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 (Álava) y Haro (Logroño)*.—Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat. 1927.
5. ARANZAZU (J. M.): *Apuntes para una descripción físico-geológica de las prov. de Burgos, Logroño, Soria y Guadalajara*.—Bol. de la Com. del Mapa Geol. de Esp. Tomo IV. 1877.
6. BORN (A.): *Das Ebrobecken*.—Neues Jahrb. 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. CAREZ (L.): *Étude des terrains crétacés et tertiaires du Nord de l'Espagne*.—Paris, 1881.
9. CINCÚNEGUI y CHACÓN (MANUEL): *Informe sobre las aguas de Belascoain*.—Archivo del Inst. Geológico y Minero de España. Carpeta 354.
10. COLOM (G.): *Estudio preliminar de las microfauas de foraminíferos de las margas eocenas y oligocenas de Navarra*.—Estudios Geológicos. 1946.

11. DEPÉRET (CH.): *Sur les bassins tertiaires de la Meseta Espagnole.*—Bol. Soc. Géol. de France, 4<sup>me</sup> sér. T. VIII, 1908.
12. DESHAYES (G. P.): *Description des coquilles fossiles des environs de Paris.*—Paris, 1837.
13. ENRÍQUEZ Y GONZÁLEZ (AURELIO): *Aguas —mineromedicinales— naturales de Burlada (Navarra).*
14. EZQUERRA DEL BAYO (J.): *Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España.*—Anales de Minas. Tomo III. Madrid, 1873.
15. EZQUERRA DEL BAYO (J.): *Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno de España en la península.*—Memoria de la Real Academia de Ciencias. Sección 3.<sup>a</sup>, t. I. Madrid, 1850.
16. 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<sup>me</sup> série. T. X. Año 1852-1853.
17. HERNÁNDEZ PACHECO (E.): *Los vertebrados terrestres del Mioceno de la Península Ibérica.*—Mem. de la Soc. Esp. de Historia Natural. Tomo IX. 1913.
18. — *Régimen geográfico y climatológico de la meseta castellana durante el mioceno.*—Revista de la Real Academia de Ciencias. Tercer trimestre. 1914.
19. — *Los cinco ríos principales de España y sus terrazas.*—Junta Amp. Estudios e Inv. Científicas. Serie geológica, núm. 36. 1928.
20. HERNÁNDEZ PACHECO (F.): *Fisiografía del mioceno aragonés.*—Bol. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat. Tomo XXI. 1921.
21. HUMMEL (K.): *Fossilium Catalogus. Trionychia fossilia.*—Pars 52. Editado por W. Quenstadt. Berlin, 1932.
22. INSTITUTO GEOLÓGICO: *Región Norte. Memorias explicativas de las Hojas de Tafalla y Allo.*
23. LAMARE (P.): *Recherches géologiques dans les Pyrénées Basques de l'Espagne.*—Mem. Soc. Géol. France. T. XII, Num. 2. Paris, 1936.
24. LARRAZET (M.): *Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris pour obtenir le grade de Docteurs-sciences naturelles.* Lille, 1896.
25. LLOPIS LLADÓ (N.): *Sobre la estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo.*—Misc. Almera, 1.<sup>a</sup> parte. Inst. Geol. de la Diputación Provincial de Barcelona, 1945.
26. MALLADA (L.): *Explicación del Mapa Geológico de España.*—Mem. Com. Mapa Geol. de España. Tomo VI. 1907.
27. — *Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra.* Bol. Com. del Mapa Geol. de España. Tomo IX. 1882.
28. — *Catálogo general de las especies fósiles encontradas en*

- España.*—Bol. Com. Mapa Geol. de España. Tomo XVIII. Madrid, 1891.
29. MARÍN Y BERTRÁN DE LIS (A.): *La Potasa.*—Bol. Inst. Geol. de Esp. Tomo XLVIII. 1927.
  30. — *Algunas notas estratigráficas sobre la cuenca terciaria del Ebro.*—Bol. del Inst. Geol. de España. Tomo XLVII. Madrid, 1926.
  31. MARQUINA (F.): *Geografía general del país vasco-navarro.*—1908.
  32. 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.
  33. PALACIOS (P.): *Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Soria.*—Mem. Com. Mapa Geol. España. 1890.
  34. — *Los terrenos mesozoicos de Navarra.*—Boletín del Inst. Geológico de España. Tomo XL. 1919.
  35. PANZER (W.): *Talentwicklung und Eiszeitklima im nordöstlichen Spanien.*—Abhandlungen herausgegeben von der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft. Frankfurt, 1926.
  36. RÍOS (J. M.), ALMELA (A.), GARRIDO (J.): *Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo Navarro.*
  37. RÍOS (J. M.), GARRIDO (J.): *La Sierra de Alaiz*—Notas y Comunicaciones del Inst. Geol. y Min. de España. Núm. 14. 1945.
  38. RODRIGO LAVÍN (L.): *Memoria sobre la acción fisiológica y aplicaciones terapéuticas de las aguas minerales de Belascoain.*
  39. ROYO Y GÓMEZ (J.): *Edad de las formaciones yesíferas del terciario ibérico.*—Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Tomo XXVI. 1926.
  40. — *El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica.* Junta Ampl. Est. e Inv. Científicas. 1922
  41. — *Terciario continental de Burgos.*—Guía de la excursión A-6 del XIV Congreso Geol. Internacional. Madrid, 1926.
  42. — *La Sierra de Altomira y sus relaciones con la submeseta del Tajo.*—Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Madrid, 1920.
  43. RUIZ DE GAONA (M.): *El terciario numulítico fértil de Guecho (Vizcaya).*
  44. SÁINZ (M.): *Apuntes tudelanos.*—Tudela, 1928.
  45. SANDBERGER (C. L.): *Die Land und Süßwasserconchylien der Vorwelt.*—Wiesbaden, 1870-75.
  46. SÁNCHEZ LOZANO (R.): *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño.*—Mem. Com. Mapa Geol. Esp. 1894.
  47. STUART MENTEATH: *Sur la géologie des Pyrénées de la Navarre, de Guipúzcoa et du Labourd.*—Bull. Soc. Géol. France. T. IX. Paris, 1881.
  - *Constitution géologique des Pyrénées.*—Bull. Soc. Géol. France. T. XIX, 3<sup>me</sup> série. Paris, 1928.

48. URRUTIA (L.): *Datos geológico-mineros de la provincia de Logroño.*—Bol. Com. Mapa Geol. Esp. T. V. 1878.
49. VALLE (A.): *Descubrimiento de la cuenca potásica de Navarra.*—Conf. publicada en el n.º 4 de Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. 1932.
50. VERNEUIL, COLLOMB, TRIGER: *Note sur une partie du Pays Basque Espagnol.*—Bull. Soc. Géol. France. T. XXX. 2<sup>me</sup> série. Paris, 1860.
51. VIDAL (L. M.) y DEPÉRET (CH.): *Contribución al estudio del Oligoceno en Cataluña.*—Mem. de la R. Acad. de Ciencias y Artes de Barcelona. Tomo V. 1904-1906.

## II

## HISTORIA

La Hoja de Pamplona, objeto de esta Memoria, abarca exclusivamente terrenos de la provincia de Navarra. Limita al Norte con la Hoja de Gulina, al Este con la de Aoiz, al Sur con la de Tafalla y a poniente con la de Estella.

Muchos son los geólogos que se han ocupado, en general, de las formaciones terciarias de la cuenca del Ebro, cuyas obras hemos consultado. Pero muy pocos han dedicado especial atención a la provincia de Navarra. Resumiremos por orden cronológico las opiniones que estimamos más dignas de consideración, que sirven de base para juzgar 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 enfoca sus estudios y la competencia y seriedad de sus aseveraciones. Nos queda, sin embargo, en el mapa 1:400.000 que acompaña a su memoria sobre «Los terrenos mesozoicos de Navarra», una delimitación de los sedimentos terciarios entre sí y de éstos con los cuaternarios, de lo que puede deducirse que consideraba a las pudingas como base del Mioceno.

Ezquerria del Bayo, sabio geólogo e Ingeniero de Minas, es el primero que, en 1850, sitúa en Tudela el hallazgo de restos fósiles de un *Trionix maunoir* (?), Bourdet, que incluye en el Mioceno, y que revisado en el «Fossilium Catalogus» aparece citado en el Oligoceno, denominación que no existía aún el año del descubrimiento de Ezquerria del Bayo, y del *Helix carturiana*, Lam., y *Planorbis carinata*, también de Lam., en los terrenos cuaternarios y terciarios de agua dulce.

Adán de Yarza, en su «Descripción física y geológica de la provincia de Álava», 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 con conglomerados, areniscas, maciños, margas, calizas y, accidentalmente, yeso, lignito, pedernal y óxido de hierro y manganeso.

Los conglomerados son muy variados, de elementos en general poco voluminosos, y predominando la estructura pudingiforme 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 calizas bayocenses (sic) y cenomanenses 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 de difícil clasificación.

Aparece en 1894 la «Descripción física, geológica y minera de la provincia de Logroño», por don 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. Atribuye 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 publican los señores Vidal y Depéret un trabajo titulado «Contribución al estudio del Oligoceno en Cataluña», en el que, fundándose en diversos depósitos paleontológicos, especialmente 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 y lacustre de la cuenca del Ebro como constituida por molasas, margas sabulosas y arcillas, que alternan repetidas veces, intercalándose entre ellas fajas delgadas de caliza arcillosa, arcillo-carbonosa o silíceo-arcillosa, con coloraciones grises negruzcas o blanquecinas de fractura concoidea, y en-

contrándose 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 para ello en la opinión de los señores 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 vió la luz en 1922, hace resaltar el insensible paso del Paleogeno al Mioceno por la carencia de discordancia entre estos terrenos. Al tratar de la tectónica dice que las capas del Eoceno, del Oligoceno y Mioceno son concordantes en la mayoría de los casos y que 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 algo dislocados y plegados, estándolo bastante en los inferiores, lo que indica, así como el buzamiento de las capas, que esta cuenca ha sufrido una compresión normal cuya dirección fué perpendicular al actual valle del Ebro.

El mismo autor, en su trabajo «Edad de la formación yesífera 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, Sarmatiense y Pontienense, 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 encontrada por Larracet en el cerro de Castrillo del Val (Burgos), cuyo resultado aparece en el «Terciario continental de Burgos» (excursión A-6 del Congreso Geológico Internacional celebrado en 1926), incluye en el Mioceno los estratos que Larracet consideraba como del Aquitaniense. Cree 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 determinación 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 le hace 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, 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 de gasterópodos 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 fijeza 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 persistencia del mismo régimen climatológico durante ambas edades.

Esto es lo que exponíamos en el capítulo de Historia de la hoja de Tudela, después de lo cual se han publicado distintos trabajos, entre los que debemos citar la obra de Ríos, Almela y Garrido, titulada «Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo Navarro». Al final de dicha publicación dedican Ríos y Garrido varias páginas al estudio de la Sierra de Alaiz, accidente que en parte queda comprendido dentro del límite de esta Hoja.

Tratan estos geólogos con detalle y clara visión tectónica este interesante accidente, acompañando al trabajo numerosos cortes transversales que dejan perfectamente aclarada la constitución y formación de esta sierra. Incluyen los depósitos terciarios continentales en el sistema Oligoceno, siguiendo a don Pedro Palacios y a los autores de la hoja de Tafalla.

Mencionaremos también el trabajo del P. Máximo Ruiz de Gaona, que se publicó en el número 16 de las Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico, en el que hace un estudio muy interesante del

yacimiento de vertebrados en Monteagudo, del cual deduce la edad miocena para los estratos que contienen dichos restos.

Sigue, pues, en pie el problema de la delimitación de los distintos horizontes del Terciario lacustre, principalmente entre los del Oligoceno y Mioceno. Con el fin de facilitar la resolución de este problema a los que nos sucedan en este género de trabajos, compendiamos aquí las anomalías estratigráficas, todas ellas de reducida extensión, que hemos podido observar sobre el terreno y de las que hemos dado ya cuenta en varias de las hojas que han precedido en su publicación a la de Pamplona.

Son dichas anomalías las siguientes:

1.º La que describimos en la hoja de Calahorra, entre las pudingas oscuras del SE. de Autol y Sierra de la Hez, con los conglomerados del domo oligoceno del valle del Iregua, entre Herce y Autol, de tonos rojizos.

2.º Las capas detríticas que se sobreponen a las oligocenas, con discordancia angular manifiesta, encima del pueblo de Caparroso, y cuya reseña fué publicada en la hoja de Peralta.

3.º La que también se observa en las Bárdenas Reales, muy semejante a la de Caparroso, descrita en la memoria de la hoja de Alfaro.

A pesar de la conocida extensión que ocupan en la provincia las sedimentaciones eocenas, puede decirse que su estudio está por hacer. La única visión de conjunto es todavía la clásica de Lucas Mallada en su «Geología de Navarra», síntesis bastante reducida e imprecisa.

En 1860 aparece la nota de Verneuil, Collomb y Triger «Note sur une partie du Pays Basque Espagnol», en la que ven con claridad el acuñamiento del Numulítico en la provincia de Álava y consideran al Terciario de las zonas de Miranda y Villarcayo como prolongación occidental lacustre de la gran mancha de Eoceno marino, pero sin que acusen la presencia de este nivel marino, como base de los depósitos lacustres de ambas cuencas.

Posteriormente, en 1811, aparece la obra de L. Carez «Étude des terrains crétacées et tertiaires du Nord de l'Espagne», en la que se hace un ligero estudio del Eoceno navarro. Distingue el autor francés cuatro tramos en el Numulítico de la región: caliza de alveolinas, caliza de *N. perforata*, margas azules y pudingas superiores. Sobre todo se fija en la gran amplitud que adquieren las capas margosas de Pamplona, para las que señala unas distancias, a partir de la capital, de seis kilómetros al Sur y doce al Este, faltando fósiles en esta «inmensa extensión», en la que apenas se encuentran «algunos orbitolites transformados en sulfuro de hierro y, por lo tanto, indeterminables». Sin embargo, al Sur de Pamplona recogió abundantes bivalvos pequeños, «todos de la misma especie *malheureusement une Placatule inédite (Placatula pamplonensis)*».

Mallada, en 1882, admite sólo tres tramos, entendiendo, con más precisión que Carez, que el tramo de pudingas superiores pertenece al Eoceno lacustre (hoy Oligoceno): 1.º Caliza inferior. 2.º Margas azules. 3.º Margas y maciños alternantes. Esta sucesión no es uniforme, pues a medida que se avanza hacia occidente van desapareciendo los tramos superior y medio, para quedar reducidos al inferior de la caliza, en Urbasa.

En 1908 don Fermín Marquina, en la «Geografía general del País Vasco-Navarro», hace un resumen de los conocimientos tenidos hasta la fecha sobre el Eoceno navarro, y al mismo tiempo presenta detallada demarcación de las zonas numulíticas, con cita de las especies fósiles hasta entonces conocidas. Dentro de la zona de nuestra Hoja no se enumeran más que unos tallos de *Pentacrinus*, en Tiebas y cerca de la estación de Pamplona, hallados por Mallada, y la *Plicatula pamplonensis* de Carez, considerándose totalmente estéril la zona de margas azules de la cuenca.

En estos últimos años es cuando se ha despertado un interés fervoroso por el estudio de los tramos eocenos de esta provincia.

Durante el intermedio desde la aparición de las obras de los dos autores mencionados hasta la terminación de nuestra Cruzada de Liberación, sólo se obtienen en la bibliografía ligeras referencias, algunas de ellas, no obstante, de importancia primordial, como las de Stuart-Menteath y P. Palacios, que atribuyen a la facies flysch eocena las capas de la parte superior del Flysch surpirenaico, confirmando después, en 1931, Pierre Lamare, quien en su conocida obra «Recherches géologiques dans les Pyrénées Basques de l'Espagne» toca sólo accidentalmente la parte del Eoceno navarro, que sólo aparece como zona de contacto exterior con los terrenos estudiados.

En 1932, el P. Ruiz de Gaona estudia el Numulítico de la Sierra de Urbasa, la primera parte de cuyo trabajo ha aparecido recientemente, quedando todavía una segunda dedicada al estudio de los ricos yacimientos bartonienses.

El deslinde de los dominios eocenos y oligocenos da un paso gigantesco y casi decisivo en el estudio de las sales potásicas, llevado a cabo por los autores de la memoria de la hoja de Tafalla. Con este motivo quedan incluidas capas arcilloso-areniscosas, pardo-rojizas inferiores, juntamente con los afloramientos de yesos, quedando el límite superior eoceno señalado por el contacto de estas capas y las de las margas azules de la cuenca. Los autores de la mencionada memoria, al iniciar los trabajos de campo de la Hoja de Pamplona el año 1929, delimitaron las margas sanoisienses de las bartonienses, fundándose en los manantiales salinos que jalonan dicho contacto y la distinta coloración de ambos tramos margosos. Hasta este año no ha sido posible confirmar la cuestión paleontológicamente, gracias a los hallazgos fosilíferos de uno de nosotros, y que permiten referir las capas altas tal vez al Bartoniense. Con anterioridad, un sondeo

ubicado por Compañía particular, cercano al que cortó la potasa y con el mismo fin, pero de resultados negativos, puso al descubierto faunela de pterópodos, que estudió el Sr. Cantos. También D. Agustín Marín, en su estudio «La cuenca terciaria del Ebro», se ocupa de esta cuestión. Llopis Lladó (N.), al estudiar «La estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo», para quien esas margas, cuyo espesor calcula en 300 metros, «deben representar parte del Luteciense medio y superior, el Auversense y el Bartoniense por lo menos, es decir, el Luteciense y Bartoniense de Lapparent.»

Finalmente, los señores Ríos, Almela y Garrido, en su citado trabajo, hacen un estudio magnífico y metódico del Eoceno en la parte oriental de Navarra, pero que desgraciadamente no llega sino a los límites de nuestra Hoja, salvo la parte relativa a la Sierra de Alaiz, de la cual hacen Ríos y Garrido un estudio completo, afirman la edad eocena de las margas azules inferiores al sinclinal de Tajonar-Malkaiz, apuntando la hipótesis de edad oligocena para los terrenos comprendidos en el sinclinal mencionado.

Queda todavía una suposición fundada en el estudio de los microforaminíferos, siquiera no sea definitiva la conclusión por falta de algunos datos y sí sólo presuntiva. Tal es la deducción de D. G. Colom que, fundándose en la citada microfauna, acusa la posibilidad de que las capas de margas azules pertenezcan al Oligoceno inferior.

Pero, como se ha apuntado arriba, este verano se ha encontrado tan gran cantidad de fauna, no sólo correspondiente a microforaminíferos, entre los que la cantidad está unida a tal riqueza de formas, algunas de ellas desconocidas, que hacen de estos terrenos unos de los más interesantes para el estudio de los protozoarios, sino también en cuanto a la mesofauna. En el capítulo de Paleontología van algunas listas, que están muy lejos de ser completas, y de cuyo conjunto se hará estudio aparte. Por esta fauna, particularmente la representante de la familia de los *Nummulitidae*, se puede afirmar con seguridad que, tanto las margas azules soportadas por el sinclinal Malkaiz-Tajonar, como las comprendidas al Norte y Sur de entrambas ramas sinclinales hasta Egüés y Tiebas, respectivamente, corresponden al Bartoniense.

### III

## GEOGRAFÍA FÍSICA

---

### Orografía

En algunas de las hojas que precedieron a ésta en su publicación y en el capítulo de Geografía Física, dividíamos la región navarra en tres zonas, atendiendo a su relieve orográfico: la zona de montaña, la denominada de «ribera» y la intermedia. Pues bien, esta de Pamplona puede decirse que inicia hacia el Sur la «zona intermedia», en el espacio comprendido entre los meridianos que la abarcan.

Las características orográficas consisten en la presencia de serratas independientes de corta extensión, en contraste con las zonas contiguas, tanto por el Este como por el Oeste, en que las directrices orográficas son líneas de longitud considerable, como ocurre con las sierras de Leire y Navascués, por el Este, y las de Cantabria y de los Obarenes, por poniente. Las sierras a que hacemos referencia, y que quedan casi totalmente comprendidas en los límites de esta Hoja, son las de Alaiz, Perdón, Tajonar y Sárvil.

La Sierra de Alaiz, que entra por el Sur en la hoja de Tafalla, fué descrita por los autores de dicha hoja y posteriormente por Ríos y Garrido. Arma en calizas eocenas. Su longitud, medida desde Muruarte de Reta hasta Monreal, es de 13 kilómetros, y su cúspide, denominada La Higa de Monreal, cae dentro del perímetro de la Hoja y mide la altitud de 1.289 metros, siendo, por lo tanto, la mayor de este contorno.

La del Tajonar tiene 5.200 metros de longitud desde Las Ventas de Noain hasta el camino de Labiano, y su altura máxima no pasa de 757 metros. Está constituida por materiales del Flysch eoceno.

La Sierra del Perdón arma en pudingas y areniscas del Oligoceno

Tiene de longitud 18.000 metros, medidos desde el río Arga, en Belascoain, hasta Subiza. Su cumbre alcanza alturas importantes, siendo la más alta la del Perdón, que mide 1.037 metros.

La Sierra del Sárvil penetra en la superficie de esta Hoja por el Noroeste. Constituye una de las estribaciones orientales de la Sierra de San Donato. Esta magnífica masa caliza domina por el Sur los pueblos de Ciriza y Echarrí. Alcanza alturas importantes y su cumbre mide 1.132 metros.

### Hidrografía

El río más importante de los que corren por la superficie de esta Hoja es el Arga, el cual penetra por el término de Villaba con carácter divagante. Sigue dirección aproximada de Este a Oeste hasta llegar a las proximidades de Belascoain, donde su cauce se estrecha y corta con dirección Sur las pudingas del Oligoceno, que constituyen la Sierra del Perdón, para salir de la Hoja por el término de Puente la Reina.

De los afluentes que aumentan el caudal del Arga durante su transcurso por la superficie de esta Hoja, el río Egiés es el primero que vierte sus aguas por la margen izquierda del Arga; nace fuera de los límites de la Hoja y, después de corto recorrido dentro de la superficie de la misma, desemboca en el borde de la Hoja, cerca de Huarte. Poco más adelante lo hace el Elorz, que penetra en la superficie de la Hoja por el límite Sur, a poniente de Monreal, y después de un recorrido de 22.000 metros, con una pendiente de 6.000 metros, desemboca en el Arga por su margen izquierda, en Bereñain. Este río recibe por su margen derecha el afluente denominado Sadar, que nace en la Sierra del Tajonar y que desemboca en el término de Echavacoiz. Por su margen derecha desemboca el Araquil. Este río, que aparece en la superficie de esta Hoja por su límite Norte, en las proximidades de Asiain, recibe por su margen izquierda las aguas del afluente Juslapeña, que entra también por el límite Norte de la Hoja, a la altura de Orcoyen, y desemboca en el Araquil, al pie del pueblo de Ororbía. Ambos, ya reunidos, lo hacen en el Arga, en el término municipal de Ibero.

El curso del Araquil, en la superficie de esta Hoja, es de 5.150 m., y su desnivel acusa 20 metros de altura. El Juslapeña, 3.050 y 20, respectivamente.



La ciudad de Pamplona, construída sobre las margas bartonienses.



Barrio de la Rochapea, en la vega del río Arga, y los cerros bartonienses, al Norte de Pamplona.

## ESTRATIGRAFÍA Y TECTÓNICA

---

La mayor parte de la superficie de la Hoja está constituida por terrenos terciarios, excepción hecha de pequeña extensión superficial del Cretáceo superior, en la Sierra de Alaiz, al SE. de la Hoja, y ligeras manchas cuaternarias a lo largo de los ríos principales.

### Sistema Cretáceo

Es una continuación, al Norte, de los afloramientos secundarios estudiados por vez primera en la hoja de Tafalla, y aun después han sido objeto de un trabajo más minucioso y concienzudo por los señores Ríos y Garrido en su opúsculo «La Sierra de Alaiz y región al Este de ella», publicado en Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero, n.º 14, 1945.

Su formación está integrada por margas senonenses muy fosilíferas, algo impuras y que alcanzan dentro de la mancha cretácea gran desarrollo, y unos estratos concordantes de calizas arenosas, posiblemente senonenses, según los mencionados autores, y danesas si se sigue el criterio de Palacios, adjudicación a uno u otro tramo dudosa por falta de fundamentos paleontológicos.

Falta la continuidad, quedando separada en dos manchas por el término de El Rey, siendo de extensión mucho más limitada la parte oriental, que se extiende hasta más allá del barranco del Diablo, pero sin alcanzar la cumbre de La Higa, que queda dentro de las calizas lutecienses.

Todo este afloramiento secundario está rodeado por las calizas eocenas, excepto un pequeño tramo al Norte de Echagüe, en donde el Senonense se pone directamente en contacto con el Oligoceno.

### Sistema Eoceno

Comprende los pisos Luteciense y Bartonense y acaso el Ludien-  
se, advirtiendo que la separación entre estos dos últimos no puede en modo alguno verificarse por la gran continuidad de las margas azules, de idéntica facies, y por la ausencia de fauna propiamente ludiense, como asimismo la inexistencia de formación alguna detrítica que dé pie a una distinción de pisos, como puede observarse en la Sierra Urbasa.

La presencia del Luteciense se manifiesta en dos puntos bien distantes: 1.º, la Sierra de Alaiz, al SE., y 2.º, en la Sierra de Sárvil, al Noroeste.

En una y otra parte está constituido por calizas grises, casi blancas, compactas, un tanto marmorizadas en Sárvil por dínamometamorfismo, provocado por las manifestaciones diapíricas del Trías de Muniain de Guesalaz y de Salinas de Oro, ambas fuera de nuestra Hoja; en la superficie que abarca esta Hoja solamente se perciben los efectos metamórficos y estratigráficos de estas manifestaciones, en virtud de los cuales las capas calizas se han levantado violentamente, según se observa en los Altos de Echauri, hasta bazar 45º E., siendo así que en Izu solamente presentan una inclinación de 15º.

La fauna es casi esencialmente numulítica. En Alaiz, además de *N. perforatus (aturicus)* Montf. y *N. rouaulti* d'Arch. y Haine, de antiguo conocidos, han sido halladas algunas otras especies; por otro lado, uno de nosotros tiene señalada la presencia de crustáceos del género ranina en Alaiz.

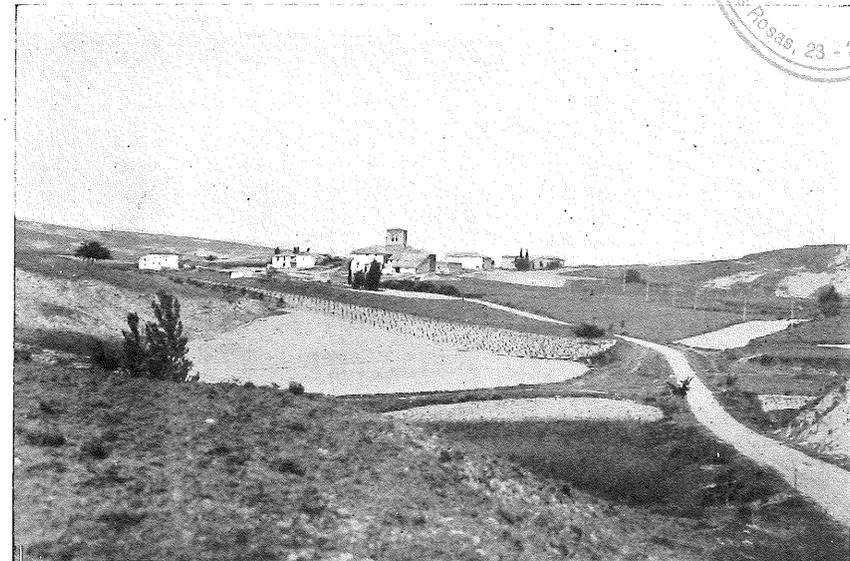
Más numerosas son las especies de *Nummulites* de Sárvil, donde Mallada cita *N. exponens* Sow.; *N. perforata* d'Orb.; *N. lucasana* d'Orb.; *N. globulus* Laym.; *N. ramondi* Deffr.; *N. spira* de Roissy.

Nosotros hemos comprobado la presencia de dicha fauna, ampliándola a cerca de una docena de especies.

Por encima de las calizas lutecienses, y siempre concordantes con ellas, viene una extensa y potente formación de margas azules, que son la manifestación extrema occidental de la gran mancha surpirenaica de margas azules, que penetra en Navarra viniendo de Verdún y Tiermas. El contacto con las calizas lutecienses no es directo, sino que se verifica por el intermedio de unas capas calcáreas areniscosas, de tipo flysch, con pistas enigmáticas y a veces con alguna microfau-  
na, y que con más o menos potencia, si bien siempre no mayor de



El poblado de Ororbia. Los cerros que lo circundan son de margas bartonienses.

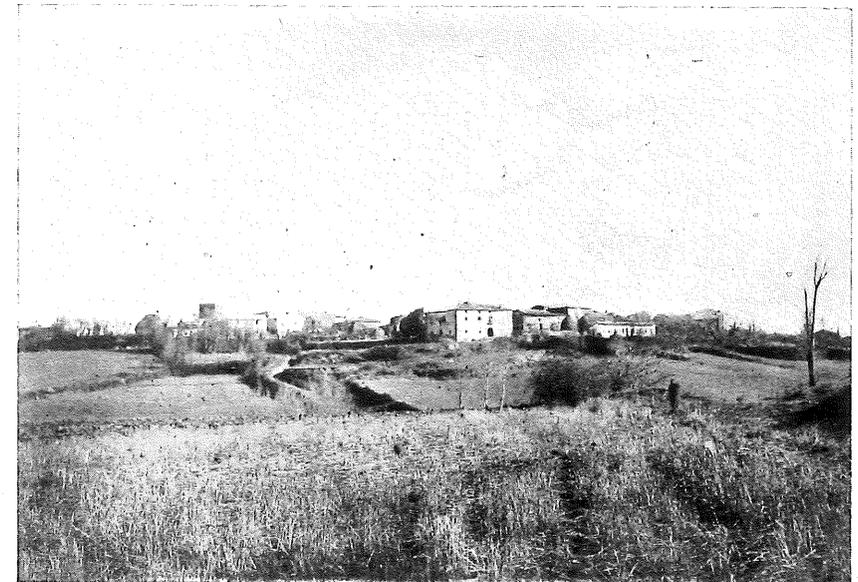


El pueblo de Zizur Mayor, edificado sobre margas bartonienses.





Crestones de caliza luteciense de la Sierra de Sárvil, vistos desde el cruce de la carretera de Pamplona a Belascoain con la de Salinas.



Galar, sobre el Oligoceno, próximo a un contacto, por el Norte, con las margas bartonienses (fotografía de Sur a Norte).

10 a 15 metros, se ponen de manifiesto en las sierras de Alaiz y Sárvil, en la primera en Esperun y en el Km. 16 de la carretera a Tafalla y, en la segunda, en los términos de Izu y Echauri.

El conjunto de margas azules ha sido diversamente atribuido hasta hoy; para L. Carez, serían idénticas a las margas de *Serpula spirulacea*, apoyando su opinión solamente en argumentos de congruencia con las margas de Tiermas y Verdún. Ríos y Garrido distinguen dos regiones: las margas comprendidas entre el cejo de Tajonar y el Oligoceno, que referían al Eoceno superior, y el sinclinal de Tajonar, al que introducían en el Oligoceno de Izaga. Llopis, solamente por deducción, hace entrar todo el conjunto bajo la denominación Bartonense-Ludiense.

Al iniciar la región Norte los trabajos de campo de esta Hoja, el año 1929, quedaron a poco suspendidos por el descubrimiento del yacimiento de sales potásicas. Quedó, sin embargo, establecida la delimitación entre el Oligoceno y el Eoceno, a pesar de que por realizarse este contacto entre margas similares de los dos sistemas, dificultaba la resolución del problema.

Los manantiales salinos, jalonando este contacto, fueron eficaz auxiliar para esta delimitación.

Hoy, podemos confirmar con datos paleontológicos la posición precisa de estos tramos margosos, que fueron ya entonces exactamente clasificados y delimitados por los componentes de la Región 2.<sup>a</sup>, Norte. Todos ellos, sin duda, están dentro del Eoceno superior, y más concretamente dentro del Bartonense, ya que la fauna de las hiladas del Sur del Malkaiz, en Ardanaz, que corresponden a los niveles más altos del tramo de margas dentro de la Hoja, presentan una fauna numerosa y compleja, toda ella bartonense.

El cejo de Tajonar, al Sur, y el de Malkaiz, al Norte, formados de maciños con numerosas pistas, sólo visibles cuando se explotan en cantera, como en Tajonar, por conservar su posición inicial sedimentaria, señalan claramente los dos flancos del sinclinal, que va hundiéndose lentamente hacia el Oeste, desapareciendo el flanco Sur en las Ventas del Noain, y el flanco Norte a unos 1.200 m. de Ardanaz, recubiertos por margas azules.

El resto de éstas, hacia el Sur y poniente, no presentan una estructura tan marcada; sin embargo, pueden apreciarse en ellas flexiones amplias y poco elevadas, que concluyen por inclinarlas al Norte y Sur, correspondiendo a la posición de estos rumbos en la Hoja, influencia indudable de los eozemas diapíricos que existen hacia poniente y que estudiaremos en la hoja de Estella.

### Sistema Oligoceno

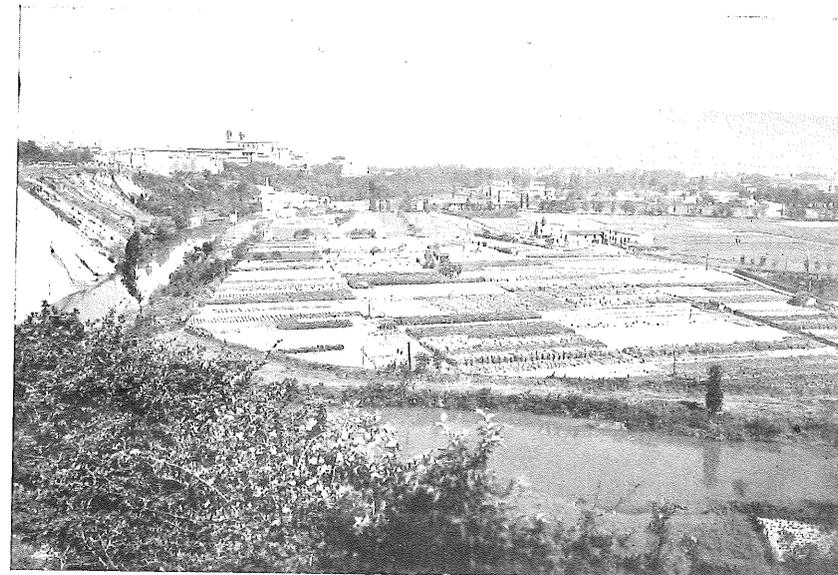
Ocupa casi toda la extensión meridional de la Hoja, separado en dos porciones desiguales por el islote de Alaiz.

Su conjunto está formado por margas silíceas pardo-rojizas, maños y pudingas. Estas ocupan posición intermedia en el sistema. El contacto con el Bartonense de margas azules se hace insensiblemente, sin discordancia aparente, en lechos detríticos; es un contacto de marga arcillosa con marga silícea, cuya separación viene dada no tanto por el color, aunque de suyo casi basta para delimitar ambos terrenos, cuanto por los afloramientos salinos que se alinean desde cerca de Arraiza, por Undiano, Muru-Astrain, Guendelain, Salinas de Pamplona, hasta Olaz. En Undiano señalamos el mejor punto para tomar medidas, por presentarse los estratos básicos del Oligoceno en corridas poco extensas, es cierto, pero muy claras, tanto en las margas arenosas del manantial salino como en los yesos que, sobrepuestos a ellas, se extienden con más de 40 metros de potencia entre las eras salinas y el poblado de Undiano, hasta la Sierra del Perdón, debajo de la ermita de San Esteban y el collado Bordas, en la cota 768. Todo este conjunto lleva dirección N. 40° O. y 40° de buzamiento Sur, que son la dirección y buzamiento casi constantes de toda la banda oligocena, aunque a veces, como en los tramos silíceos que se intercalan entre los tramos inferiores margosos y la zona yesífera, alcanzan una inclinación de 60°, según apreciamos en la carretera de Pamplona a Puente la Reina, en el kilómetro 9, al Oeste de Guendulain.

Estos tramos muestran claramente su formación costera, entre Galar y Esparza de Galar, sobre todo en este último punto, donde aparecen extensas formaciones con amplios «ripplemarks», cuyas concavidades en la parte exterior dan amplia comprobación a la ley de Richter, sobre la posición inicial de los estratos.

A este paquete de margas, yesos y molasas de más de 100 metros de espesor, se sobreponen depósitos de conglomerados que se extienden en toda la longitud de Este a Oeste, desde el kilómetro 16 de la carretera a Tafalla, pasando por debajo de Belascoain y la orilla derecha del Arga, hasta el límite occidental de la Hoja, sirviendo a su vez de yacente a nuevas sedimentaciones margo-silíceas y mólásicas.

Diffícil resulta la distribución de estos tramos; parece natural suponer al conglomerado como fase límite en el que ha tenido lugar un fuerte fenómeno de erosión desde tierras poco antes emergidas



Barrio de la Magdalena, de la ciudad de Pamplona. Se ven en la ladera las margas bartonienses y el Diluvial del Arga, cultivado en rica huerta.



Sanatorio de Ondana, sobre pudinga oligocena, en la vertiente meridional de la Sierra del Perdón.

por movimientos orogénicos. Sin embargo, no cabe duda de que el cambio de terrenos se ha verificado a contar desde la desaparición de las margas bartonienses. La desaparición de la fauna, las sedimentaciones salinas y yesíferas y la continuación litológica así lo proclaman, sin que quede duda su atribución al Oligoceno.

Es, pues, obligado suponer primero un movimiento epirogenético lento de emersión que, levantando los fondos marinos bartonienses hasta casi quedar al descubierto, ocasiona, junto con el factor climático de temperatura elevada, depósitos sublitorales salinosos, para llegar después a un clima desértico en el que las grandes avenidas diluviales provocaran la sedimentación de los conglomerados del Perdón.

Resulta punto difícil de discernir si estas pudingas pueden o no ser consideradas como representantes de las llamadas pudingas de Palassou; solamente indicaremos que en sus márgenes oriental y occidental se ven con frecuencia cantos rodados de caliza numulítica, mientras que en el Perdón son en su inmensa mayoría de origen arcoso, sin que olvidemos que en la parte occidental de la Sierra, sobre Undiano, son frecuentes los cantos rodados de ofita.

### **Sistema Cuaternario**

Aunque suelen verse formaciones detríticas diluviales cubriendo algunas zonas de margas bartonienses, su espesor es tan somero que hemos desistido de señalarlas en el mapa.

Aquí van representadas solamente formaciones aluviales a lo largo de los ríos principales, como el Arga, y una pequeña faja formada por el río Egüés.

Finalmente, al SO. de la Hoja, se ha cerrado la mancha cuaternaria de la cuenca del Cidacos, que avanza muy poco en la Hoja presente, ya que escasamente llega a un kilómetro a uno y otro lado de la carretera de Madrid.

### **Tectónica**

La Sierra de Alaiz, con su núcleo cretáceo, es una prolongación del accidente tectónico de la Sierra de Leire; su estudio quedó hecho en la Hoja de Tafalla y en el mencionado trabajo de Ríos y Garrido. Su flanco Sur soporta en casi toda su extensión la caliza numulítica

luteciense, menos en un pequeño espacio en que se llega a poner en contacto directo con el Oligoceno transgresivo.

El flanco Este y Norte de la Sierra de Alaiz constituye la rama Sur de un extenso sinclinal disimétrico, en el que faltan numerosos horizontes que se observan en el flanco Norte. La potente formación de facies flysch comprendida entre Zubiri y Egüés queda representada por unos pocos metros de calizas margosas con pistas que afloran en Esperun, kilómetro 16 de la carretera a Tafalla, por un lado, y Echaury a Izu, por otro.

Sobre ellas reposan las margas azules de formación profunda, no sin que se aprecie en ellas un régimen más litoral en determinados momentos, representado por capas de poco espesor, más silíceas, y que son las que han proporcionado principalmente la fauna que luego citaremos.

Estas margas forman, en la mitad oriental de la Hoja, una cubeta que enlaza con la depresión de Lumbier. Como ya se indicó antes, es mayor la inclinación del flanco Norte en el Malkaiz, con 20 a 25 grados, que en el flanco Sur, cejo de Tajonar, donde apenas sobrepasan los 10 grados.

Puede explicarse esta desigualdad de buzamiento por la acción de las margas azules, no recubiertas aquí por el Oligoceno, y cuya plasticidad, unida a la amplitud de la formación, impidió la formación de pliegues acentuados, contrariamente a lo que acontecía al flanco Norte, donde la formación flysch típica, con frecuentes hiladas de maciños rígidos, obligó a levantarse más violentamente al conjunto, produciendo pliegues complicados locales dentro de los tramos margosos, poco potentes.

En la mitad occidental, la posición de las margas azules ha sido poco violentada, como indican sus inclinaciones, que rara vez pasan de los 15°, si no es en las proximidades a la zona de caliza luteciense.

## V

## PALEONTOLOGÍA

Entre los fósiles de los tramos de margas bartonienses, además de numerosos lamelibranquios y gasterópodos, algunos determinados por Bataller, y otros de difícil extracción y de conservación imperfecta, se cuenta con *Nummulites striatus*, *N. contortus*, *N. garnieri*, *N. fabianii*, *N. variolaris*, *Discocyclina pratti*, *Discocyclina fortisi*, *Asterodiscus stellaris*, *Actinocyclina* y una fauna complejísima de briozoarios, en todo semejante a la del Bartoniense de Urbasa.

Mencionaremos también la microfauna, tan rica y variada, entre la que G. Colom, en trabajo de avance, ha clasificado algunas especies nuevas y señala como interesantes la *Clavulinoides szaboy*, hasta ahora considerada como propia del Oligoceno inferior de Hungría, pero que se presenta en nuestro Bartoniense con una profusión magnífica.

Finalmente, alcanza también gran extensión la *Plicatula pamploensis*, Carez, pues se la encuentra en puntos tan distantes como Pico de Oriz, al Sur de la Sierra de Tajonar, término de Escóriz, en los altos de Badostain, y en la cota 476, al Sur de Zabalza, siquiera sea mucho más abundante en la primera localidad.

La fauna encontrada en los terrenos de la Hoja es, pues, más numerosa de lo que podía esperarse, en la supuesta esterilidad de las margas azules, siendo por ahora cierta la ausencia de fósiles en toda o casi toda la extensión del Oligoceno, con excepción de algunos tramos inferiores, como los de Muruarte de Reta, que encierran interesantísimas especies de microforaminíferos.

La atención principal la hemos dedicado al Bartoniense, por considerarlo de excepcional importancia, pues era preciso deslindar, con la claridad posible y basándose en documentos paleontológicos, su situación verdadera en la estratigrafía terciaria.

Señalamos, pues, la fauna siguiente:

## CRETÁCEO.

- Ananchytes ovata* (Lamk.)  
— *gibba*.  
*Cidaris subvesiculososa* (d'Orb.).  
*Micraster coranguinum* (Agass.).  
— *contestudinarium* (Gold.).  
*Inoceramus cripsii* (Gold.).  
*Spondylus spinosus* (Desh.).  
— *royanus* (d'Orb.).  
*Janira cuadricostata* (d'Orb.).

## LUTECIENSE.

- |  |   |                   |
|--|---|-------------------|
| <i>Nummulites perforatus (aturicus)</i> (Montf.) . . . . .                       | } | Sierra de Alaiz.  |
| — <i>rouaulti</i> (d'Arch. y Haime) . . . . .                                    |   |                   |
| — <i>gomezi</i> (Ruiz de Gaona) . . . . .  |   |                   |
| — <i>batalleri</i> (Ruiz de Gaona) . . . . .                                     |   |                   |
| — sp. . . . .  |   |                   |
| <i>Ranina reussi</i> var. <i>goñii</i> (Ruiz de Gaona var.)                      | } | Sierra de Sárvil. |
| <i>Nummulites atacicus</i> (Leym.) . . . . .                                     |   |                   |
| — <i>laevigatus</i> (Brug.) . . . . .  |   |                   |
| — <i>lucanus</i> (Defr.) . . . . .   |   |                   |
| — <i>helveticus</i> (Kauf.) . . . . .  |   |                   |
| — <i>distans</i> (Desh.) . . . . .   |   |                   |
| — <i>tchiatcheffi</i> . . . . .  |   |                   |
| — <i>perforatus</i> (Montf.) . . . . .   |   |                   |
| <i>Operculina canalifera</i> (d'Arch.) . . . . .                                 |   |                   |
| <i>Alveolina subpyrenaica</i> (Leym.) . . . . .                                  |   |                   |
| — cf. <i>elongata</i> . . . . .  |   |                   |
| <i>Flosculina bulloides</i> (d'Orb.) . . . . .                                   |   |                   |
| <i>Orbilolites complanata</i> (Lamk.) . . . . .                                  |   |                   |
| <i>Assilina exponens</i> (Sow.) . . . . .  |   |                   |
| Secciones axiales de <i>Orthophragmina</i> , de difícil especificación . . . . . |   |                   |

## BARTONIENSE.

- Nummulites contortus* (Desh.).  
— *striatus* (Brug.).  
— *garnieri* (de la Harpe).  
— *fabianii* (Prever).  
*Discocyclina pratti* (Mich.).  
— *fofisi* (d'Arch.).  
*Operculina alpina* (H. Douv.).  
*Heterostegina ruida* (Schawager).  
*Asterodiscus stellaris* (Brunn.).  
*Actinocyclina* sp.  
Briozoarios muy numerosos.

- |   |  |
|---|--|
| <i>Terebratulina subtriangulata</i> K. Meyer  | Zulueta.   |
| <i>Scalaria</i> sp. . . . .   | Pamplona-Beloso.   |
| — sp. . . . .   | Ardanaz, Altos de Badostain y Tejería.                                   |
| <i>Dentalium tenuistriatum</i> . . . . .  | Ardanaz.   |
| <i>Turritella douvali</i> . . . . .   | —  |
| <i>Chama granulosa</i> . . . . .  | —  |
| <i>Crassatella broniru</i> Marian . . . . .   | —  |
| <i>Conus rouaulti</i> . . . . .   | —  |
| — sp. . . . .   | —  |
| <i>Spondylus eocenus</i> . . . . .  | —  |
| <i>Terebratulina temistriata</i> . . . . .  | Ardanaz, Tejería y Altos de Badostain.                                   |
| <i>Cardium venustum</i> . . . . .   | Ardanaz.   |
| <i>Cerithium</i> sp. . . . .  | —  |
| <i>Chama</i> sp. . . . .  | —  |
| <i>Cardita subminuta</i> . . . . .  | —  |
| <i>Mitra scalarina</i> . . . . .  | —  |
| <i>Serpula spirulaea</i> . . . . .  | —  |
| <i>Cupuluria canariensis</i> . . . . .  | Ardanaz, Tejería, Belascoain, Zabalza, Pico de Oriz, Altos de Badostain. |
| <i>Plicatula pamplonensis</i> Carez.  |  |
| Placas de esteléridos.  |  |
| Tallos de <i>Pentacrinus</i> , <i>Bourgueticrinus</i> y <i>Lunulites</i> sp.  |  |
| Antozoarios.  |  |
| Microfauna (determinada por G. Colom, y de la que entresacamos las más importantes, por no poner todo su número del centenar de especies, y que las nuevas muestras elevarán sin duda). |  |
| <i>Ellipsonodosaria verneuilli</i> (d'Orb.).  |  |
| <i>Ammobaculites</i> cf. <i>penonensis</i> (Cush. Berm.).   |  |
| <i>Vulvulina nummulina</i> (Gümb.).   |  |
| <i>Clavulinoides szaboi</i> (Hautk.).   |  |
| <i>Robulus</i> cf. <i>crassus</i> (d'Orb.).   |  |
| — <i>tenuis</i> (Born).   |  |
| <i>Saracenaria cymboides</i> (d'Orb.).  |  |
| <i>Guttulina problema</i> (d'Orb.).   |  |
| — <i>caudata</i> (d'Orb.).  |  |
| <i>Gyroidina soldanii</i> (d'Orb.).   |  |
| <i>Eponides umbonata</i> (Reus).  |  |
| <i>Chilostomella cylindroides</i> (Reus).   |  |
| <i>Chilostomelloides oviformis</i> (Sherb-Chap.).   |  |
| <i>Globigerina</i> cf. <i>mexicana</i> (Cush.).   |  |
| <i>Anomalina flinti adelinensis</i> (Palm-Berm.).   |  |

De este terreno sólo podemos citar la siguiente lista de microfóraminíferos, debida a G. Colom, del Oligoceno inferior de Muruarte de Reta, y que por ser muy larga no completamos:

## OLIGOCENO:

- Uvigerina curta* (Cush.-Parv.).  
*Cibicides carrascalensis* (Colom).  
*Textularia recta* (Cush.).  
*Gaudryina cf. quadrilatera* (Cush.).  
*Dorothyia burdigalensis* (Col.).  
*Listerella venezulana* (Nutt).  
*Triloculina cf. trigonula*.  
 — gr. *T. oblonga*.  
*Robulus budensis* (Hautk).  
 — *alato-limbatus* (Gümb).  
*Hemicristellaria fragaria texasensis* (Cush.).  
*Lagenonodosaria ovicula* (d'Orb.).  
*Vaginulina dibollensis* (Cush.-Appl.).  
*Bulimina gr. pupoides* (d'Orb.).  
*Chilostomella cylindroides* (Reus).  
*Globigerina cf. ouachitaensis* (How-Wall.).  
*Planulina marielana* (Hald).

## VI

## EXPLORACIONES MINERAS

No puede decirse que dentro del perímetro de esta Hoja existan explotaciones industriales dignas de figurar bajo este epígrafe, ya que las únicas explotaciones existentes son las de las salinas de: Undiano, Guendulain, Salinas de Pamplona y Olaz; algunas canteras abiertas en las calizas lutecienses de Alaiz y de Sárvil; y otra cantera para yesos en el término de Undiano.

Existe, sin embargo, descubierta desde 1929, la importante riqueza del criadero de sales potásicas que vamos a describir, valiéndonos para ello de los datos conseguidos en un informe privado de D. Alfonso del Valle y de la conferencia pronunciada por el mismo en el Instituto de Ingenieros Civiles y publicada esta última por el Instituto Geológico y Minero de España, en su volumen IV, del año 1932, n.º 4 de Notas y Comunicaciones, con el título de «Descubrimiento de la cuenca potásica de Navarra».

«Los estudios geológicos practicados por la Segunda Sección (Región Norte) para la hoja de Tafalla demostraron la existencia en Navarra del tramo Sannoisiense del sistema Oligoceno, formación matriz de los yacimientos potásicos, tanto en Alsacia como en Cataluña.

«Consideraciones teóricas, fundadas en la tectónica resultante del movimiento pirenaico, condujeron a comprobar que, al comenzar el Oligoceno, se formó en esta zona occidental de los Pirineos una cuenca cerrada, productora del clima desértico necesario para la génesis de dichos yacimientos, cuenca análoga a la constituida en la misma época en la zona oriental catalana.

«Con estos antecedentes la riqueza en potasa obtenida al practicar el análisis químico de las aguas procedentes de las salinas de Olaz, recogidas por los Ingenieros Mendizábal y Cincúnegui al ejecutar los estudios de la hoja de Pamplona, hizo ya indudable la existencia de

una cuenca potásica subpirenaica occidental y la probabilidad de su unidad genética con la oriental catalana.

» El resultado de los análisis practicados por el Ingeniero Sr. Menéndez Puget fué el siguiente:

S A L I N A S		Gramos potasa en litros	
1. Pamplona	Pozo Norte...	14.489	} Salinas situadas en el contacto del Eoceno con el Oligoceno.
	Pozo Sur.....	14.273	
2. Guendulain .....	7.893		
3. Olaz .....	7.475		
4. Monreal .....	5.954		
5. Undiano .....	0,400		
6. Oro .....	1.029		
7. Añana .....	0,794	} Salinas en relación con asomos ofíticos.	
8. Arteta .....	0,757		
9. Buradón .....	0,250		
10. Aguilar .....	0,028	} Salinas dentro de la cuenca oligocena.	
11. Lerín .....	0,025		
12. Azuelo. . . . .	0,016		
13. Tirapu .....	0,008		
14. Obanos .....	0,005		

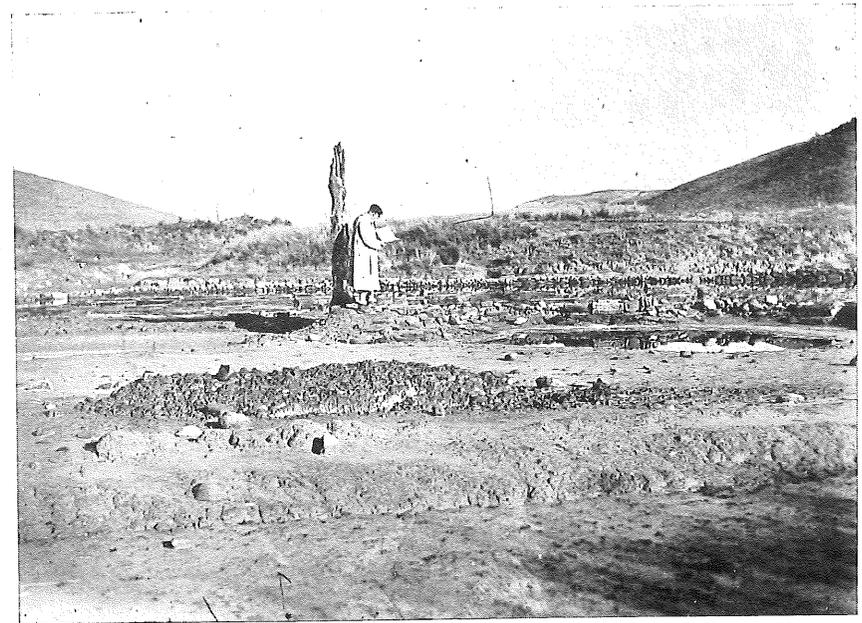
» Conviene recordar que los análisis de las aguas que circulaban por las célebres salinas de Cardona, de la cuenca catalana dieron, en junio de 1917, 14,5 gramos de potasa, y en análisis posteriores 6,1.

» Los resultados de estos análisis determinaron que la investigación debía comenzar por la Sierra del Perdón, en cuyas vertientes se hallaban las tres salinas que habían dado más ley en potasa.

» A continuación se hizo un estudio hidrogeológico de la citada Sierra, con objeto de determinar la trayectoria seguida por las corrientes subterráneas que alimentaban las salinas.

» Reunidos todos estos elementos de juicio se propuso, en 28 de mayo de 1929, la ejecución del primer sondeo, cuya finalidad era reconocer el contacto entre las formaciones oligocena y eocena, para comprobar la existencia del manto potásico.

» Ordenada la investigación de esta cuenca y después de los estudios necesarios para ello, se propuso, primero, un sondeo de exploración en la proximidad de Salinas de Pamplona y se ubicó en las vertientes septentrionales de la Sierra del Perdón, a unos 150 metros del borde de la mancha oligocena, persiguiendo la finalidad de investigar, sin llegar a una gran profundidad, la existencia del manto potásico entre las formaciones eocena y oligocena.



Eras de explotación del manantial salino de Undiano.

» Este primer sondeo, ejecutado en 1930, descubrió el criadero potásico a los 78 metros de profundidad.

» Con objeto de reconocer el yacimiento durante el año 1931 se han efectuado otros sondeos.

» A continuación se da cuenta del resultado obtenido con cada uno de ellos:

» 1.º *Sondeo de Salinas de Pamplona.*—Comenzó la perforación el 3 de mayo de 1930 y se dió por terminado y taponado el 23 de junio, después de haber llegado a la profundidad de 103 metros.

» Se situó, como se ha dicho, en las proximidades del pueblo de Salinas, a unos 150 m. del borde de la cuenca oligocena.

» Atravesó el sondeo 63,50 m. de margas arcillosas grises con vetas rojas; a continuación 11,50 m. de la misma formación, con vetarrones de sal común; a la profundidad de 64 m. se cortó, con la aparición de gases inflamables, un nivel hidrológico que elevó el agua en el tubo de sondeo hasta los 18 m. por debajo de la superficie (nivel hidrostático de los pozos de la próxima Salina).

» Hechas las maniobras necesarias para aislar el sondeo del citado nivel hidrológico, ensanchando el taladro en su base y cementando cinco metros, después de perforados éstos se atravesaron tres metros de margas arcillosas azuladas, con sal común y algo de potasa, produciendo, a los 78 m. de profundidad, una nueva emanación de gases inflamables, mayor que la anterior, cortándose a continuación nueve metros de zona potásica con carnalita y algo de silvinita, con vetas de arcilla azul (que analizada dió 13,92 % de potasa) y después tres metros de sal común, entrando a los 90 m. en las margas eocenas. Costó este sondeo 71.280,95 pesetas.

» Una vez demostrado con este sondeo la existencia del manto potásico se propuso la ampliación de la zona reservada para el Estado, extendiéndola a toda la formación oligocena subpirenaica, propuesta que fué aprobada con fecha 18 de junio de 1930.

» 2.º *Sondeo de Subiza.*—Comenzó la perforación el 11 de febrero de 1931 y terminó el 19 de marzo, a la profundidad de 263,30 metros.

» Se colocó este sondeo a cinco kilómetros y medio al Sur del anterior, situándolo más al interior de la cuenca, como a unos 700 metros del borde de la misma.

» Se atravesaron 100 m. de arenisca y margas alternantes; a continuación unos 20 m. de margas arcillosas plásticas, entrando después en capas alternantes de margas, anhidrita y sal común y cortando el criadero potásico desde la profundidad de 196,15 metros hasta la de 233,55 m., o sea con un espesor de 37,40 m., de los cuales los 13,75 inferiores son de sal vieja. Sumadas todas las capas potásicas comprendidas en este corte se obtienen 17 m., de los cuales 10,50 m. pertenecen a carnalitas y 6,50 a silvinitas.

» El tramo explotable para la silvinita es el situado entre los 213,70 y 220,35 m., que ha dado una riqueza media en  $K_2O$  de 28,41 %.

»En este sondeo no se ha cortado ningún nivel hidrológico.

»Su precio de coste fué de 124.080,10 pesetas.

»3.º *Sondeo de Guendulain.*—Comenzó la perforación el 4 de mayo de 1931 y terminó el 19 de mayo, a la profundidad de 138,20 m. Se situó el sondeo a seis kilómetros a poniente del de Salinas, al lado de la carretera que conduce de Pamplona a Puente de la Reina y a unos 400 m. del borde de la cuenca.

»Se atravesaron 50 metros de areniscas y margas alternantes, entrando a continuación en margas plásticas con capas de sal común, y cortando el criadero potásico desde los 90 m. hasta los 118,65, o sea con un espesor de 22,65 m., de los cuales 7,27 inferiores son de sal vieja. Sumadas todas las capas potásicas comprendidas en el corte se obtienen 10,22 m., de los cuales 8,16 pertenecen a carnalitas y los 2,06 inferiores a silvinita. Analizada la muestra media de estas últimas dió 16,25 % de  $K_2O$ .

»Este sondeo tampoco cortó ningún nivel hidrológico y su coste fué de 94.395,45 pesetas.

»Comprobada con estos sondeos la existencia de un criadero explotable, de acuerdo con la Ley de sales potásicas, ha sido elevada a definitiva la reserva de la parte de cuenca ya reconocida.

»El plan de investigación propuesto debe continuar siguiendo el reconocimiento de los accidentes tectónicos de la cuenca de Norte a Sur, pero como para proyectar los sondeos necesarios era difícil precisar, por métodos geológicos directos, la profundidad a que podía hallarse el manto salino en el anticlinal de Tafalla, se solicitó para ello de la Dirección el concurso de los procedimientos geofísicos, de cuyos resultados ha de dar cuenta nuestro compañero Sr. Siñeriz.

»*Cubicación.*—No hay datos suficientes aún para dar una cubicación del criadero en la parte reconocida, pero sí para formarse una idea aproximada de ella.

»De los sondeos efectuados, cuya situación sigue el borde de la cuenca, se deduce que la potencia aumenta hacia el centro de la misma. El número 2, ubicado un poco más al interior que los otros, es el que da más completa idea del yacimiento. Vamos a tomar como espesor medio el dado por este sondeo y nos vamos a reducir a cubicar sólo la zona de silvinita, sin contar las capas de carnalita (10,50 metros); los 6,55 metros de silvinita, cortados con una riqueza media de 28,41 %  $K_2O$ , dan por metro cuadrado de superficie 6,650 metros cúbicos de silvinita, que representan 1,899 metros cúbicos de  $K_2O$ , que por 2,04, densidad de la potasa, dan 4,5 toneladas por metro cuadrado.

»El triángulo reconocido por los tres sondeos de sus vértices tiene un área de dieciséis millones quinientos mil metros cuadrados y, por lo tanto, corresponden 74.350.000 toneladas de  $K_2O$ .

»El total de las reservas definitivas representa 190.000.000 de metros cuadrados, en Navarra.»

## VII

## AGUAS MINERO-MEDICINALES

Aparte de algunos manantiales minero-medicinales de dominio público, como el termal del término de Vidaurreta, próximo al de Belascoain, y los sulfurosos de Ororbia, a orillas del Araquil y de Ardanaz, existen en plena explotación los de Belascoain y los de Burlada.

MANANTIAL DE BELASCOAIN.—Este manantial de agua termal puede denominarse como de aguas termales clorurado-sódicas, bicarbonatadas, nitrogenadas y litínicas. Damos a continuación su composición química y datos suplementarios que puedan interesar, obtenidos del análisis efectuado en Valladolid por el Dr. D. Eugenio Muñoz Ramos.

Temperatura .....	25°7
Densidad .....	1,0008182
Residuo fijo a 180° por litro...	0,931500 gr.

*Gases que se desprenden por la ebullición, medidos secos, a 760 mm. y a 0° C. de temperatura.*

Acido carbónico .....	30,40 cc. por litro.
Oxígeno .....	2,50 —
Nitrógeno .....	28,50 —
	<hr/> 61,40 —

*Sales y demás cuerpos sólidos*

Cloruro sódico . . . . .	0,557072 gr. por litro.	—
— lítico . . . . .	0,005147	—
— cálcico . . . . .	0,008307	—
— magnésico . . . . .	0,007111	—
Fluoruro sódico . . . . .	0,002842	—
Bicarbonato cálcico . . . . .	0,304613	—
— magnésico . . . . .	0,081307	—
— estróncico . . . . .	0,000388	—
— ferroso . . . . .	0,003113	—
— manganoso . . . . .	0,000611	—
Sulfato sódico . . . . .	0,005346	—
— potásico . . . . .	0,007265	—
— cálcico . . . . .	0,035069	—
— magnésico . . . . .	0,013122	—
Sílice libre . . . . .	0,003059	—
Silicato sódico . . . . .	0,013015	—
— aluminico . . . . .	0,009933	—
Nitrato sódico . . . . .	0,000708	—
Fosfato aluminico . . . . .	0,000864	—
Borato sódico . . . . .	indicios	—
Materia orgánica . . . . .	0,003500	—

El origen de este manantial está relacionado indudablemente con las manifestaciones diapíricas de Salinas de Oro y de Muniain de Guesalaz, que hemos mencionado ya en el capítulo de Estratigrafía.

Nuestro querido y llorado compañero D. Manuel de Cincúnegui describe, en informe que se conserva en el archivo del Instituto, el probable origen de las aguas, del modo siguiente:

«ORIGEN DE LAS AGUAS.—Analicemos ahora la composición y propiedades de las aguas para deducir su posible origen.

Lo que primeramente salta a la vista, examinando el análisis que más arriba damos a conocer, es su temperatura si no excesiva por lo menos lo suficientemente elevada para que puedan clasificarse como termales, ya que sobrepasan en unos 12º a 13º la temperatura media de la región.

En su composición química figuran como elementos constitutivos predominantes el cloruro sódico y el bicarbonato cálcico y magnésico, etc., demostrando que su infiltración ha tenido que realizarse a través de masas salinas, yesosas y calizas.

Ahora bien, como según acabamos de decir, en el valle de Salinas de Oro encontramos un potente asomo de ofita rodeado de terrenos triásicos y oligocenos, es decir, de cuya composición forman parte integrante las sales y los yesos, y que recubren, en parte, la potente masa caliza que constituye la sierra de Sárvil, podemos lógicamente suponer que en esa cuenca tengan su origen los manantiales termominerales de Belascoain, en íntima relación con la erupción ofítica,

infiltrándose a través de los terrenos oligocenos o triásicos, pasando por las fisuras e intersticios de las calizas numulíticas para aparecer nuevamente en la vertiente opuesta, a las orillas del Arga, favorecidas por la misma inclinación de las capas, buscando su salida por una grieta de la roca o tal vez por un lecho de estratificación, y atravesando la masa de margas eocenas que las recubren gracias a su fuerza ascensional, debido a su temperatura, a la gran profundidad alcanzada y a la depresión de los gases que llevan en disolución».

«Un origen parecido se asigna, entre otras, a las aguas de Alzola, en íntima relación con un dique ofítico que atraviesa una masa de caliza gris azulada, compacta, en terreno constituido por margas y areniscas cenomanenses. En cuanto al grado de termicidad y a la composición química, también existen analogías, aunque las de Alzola son mucho menos salinas».

MANANTIAL DE BURLADA.—Estas aguas, situadas a unos tres kilómetros de Pamplona, en el valle de Egiés, surgen en las margas bartonienses.

Pueden definirse como aguas alcalino-yoduradas. Transcribimos a continuación el resultado del análisis efectuado por el Dr. don Manuel Sáenz Diez, el año 1880.

*Composición química de las aguas de Burlada*

En un litro de agua están disueltos los cuerpos siguientes, que quedan por su evaporación hasta sequedad:

Sulfato cálcico . . . . .	0,011463 gr. por litro.	—
Carbonato cálcico . . . . .	0,009217	—
— magnésico . . . . .	0,016913	—
— ferroso . . . . .	0,005581	—
— amónico . . . . .	0,001944	—
— lítico . . . . .	0,000323	—
— sódico . . . . .	0,499062	—
Yoduro sódico . . . . .	0,001200	—
Cloruro sódico . . . . .	0,657325	—
— potásico . . . . .	0,004940	—
— cálcico . . . . .	0,000277	—
— magnésico . . . . .	0,000213	—
Silicato sódico . . . . .	0,007457	—
Sulfato magnésico . . . . .	0,007728	—
— sódico . . . . .	0,002792	—
Nitrato amónico . . . . .	0,002704	—
Sílice . . . . .	0,007762	—
Fosfato aluminico . . . . .	0,000060	—
Materia orgánica . . . . .	0,034639	—
	<hr/>	
	1,771600	—

*Gases que tienen en disolución*

Analizadas las mezclas gaseosas obtenidas por la ebullición del agua, en volumen conocido, y haciendo los cálculos correspondientes, teniendo en cuenta la presión y temperatura, resulta que un litro de agua contiene por término medio, de tres operaciones efectuadas al pie del manantial:

12 cc.,	879	de gas ácido carbónico.
15 cc.,	327	de gas nitrógeno.
1 cc.,	812	de gas oxígeno.
<hr/>		
30 cc.,	018	en un litro de agua.

Resultando que en 100 cc. de mezcla gaseosa hay:

42 cc.,	90	de ácido carbónico.
51 cc.,	05	de nitrógeno.
0 cc.,	05	de oxígeno.
<hr/>		
100 cc.,	00	

Del contenido en un litro de agua de Burlada, tanto en cuerpos fijos como en gases, resulta que pertenecen a las alcalinas, bicarbonatadas sódicas, yoduradas y contienen litina.