

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

PAMPLONA

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S. A., bajo normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido los siguientes técnicos superiores:

En Cartografía, Joaquín del Valle de Lersundi, Doctor Ingeniero de Minas, y Cayo Puigdefábregas, Doctor en Ciencias Geológicas, que ha cartografiado el Terciario Continental al SE. de la Sierra de Alaiz.

La Memoria ha sido redactada por Joaquín del Valle de Lersundi.

El estudio micropaleontológico corresponde al Doctor en Ciencias Geológicas José Ramírez del Pozo.

Los estudios petrológicos y sedimentológicos, a los laboratorios de ENADIMSA.

Los análisis químicos se han realizado en el laboratorio químico de la Diputación Foral de Navarra.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida fundamentalmente por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones
- Informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle con estudios sedimentológicos.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Servicio de Publicaciones - Claudio Coello, 44 - Madrid-1

Depósito Legal: M - 32.068 - 1978

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - Madrid-16

1 INTRODUCCION

Esta Hoja está situada en una zona de transición, tanto desde el punto de vista estratigráfico como tectónico. Por un lado, se encuentra entre la zona cantábrica y el macizo altoaragonés, y por otro, entre el continente del macizo del Ebro y los depósitos profundos del norte de Navarra. La sedimentación es prácticamente de plataforma hasta el Eoceno final, a partir del cual es continental.

El estilo típicamente pirenaico, con sus zonas Pirenaica, Prepirenaica y Subpirenaica y sus largas estructuras, se ve interrumpido gradualmente por el Oeste. Las Sierras Subpirenaicas se sumergen antes de llegar a Navarra; el Prepirineo pierde su identidad al oeste de la Sierra de Leyre y el área pirenaica termina contra los macizos de Quinto Real y Maya.

Por otro lado, las unidades cantábricas se pueden identificar hasta la línea de diapiros Estella-Dax, cambiando su estilo más al E.

El borde del macizo del Ebro también representa un cambio de estilo, acompañado de importantes accidentes (Sierras de Cantabria, Alaiz, etc.). Al sur de esta Hoja predominan las estructuras halocinéticas, en general bastante suaves, en contraste con las zonas fuertemente plegadas del Norte.

2 ESTRATIGRAFIA

2.1 TRIASICO (T_{c3})

Keuper

Es el terreno más antiguo que aflora en el ámbito de esta Hoja. Solamente se puede observar en los diapiros de Iza y en el de Salinas de Oro. Está formado por margas arcillosas abigarradas con yesos y sales.

Su potencia es imposible de determinar, pues, por ser extremadamente plástico, tiende a desplazarse lateralmente, acumulándose en los diapiros y anticlinales.

Los sondeos petrolíferos Pamplona Sur y Astrain lo han cortado, habiéndose encontrado en el primero un fuerte contenido en halita. En el sondeo de Astrain, bajo esta formación, se encontraron areniscas que, en principio, se atribuyeron al Buntsandstein, aunque es probable sean eocenas, como las que se encuentran en el sinclinal de Urbasa.

2.2 JURASICO

No aflora en esta Hoja, pero se ha cortado en los sondeos anteriormente citados.

El corte más completo es el de Pamplona Sur, donde bajo 110 m. de arcillas gris-verdes, que posiblemente representen el Wealdense, se encuentran:

- 100 m. de arcillas calcáreas micáceas (Charmutiense-Toarciense);
- 70 m. de dolomías;
- 95 m. de alternancia de dolomías con oolitas y anhidritas (Sinemu-riense);
- 35 m. de dolomías y calizas dolomíticas; y
- 22 m. de dolomías y anhidritas alternantes, representando estos dos últimos tramos el Infralías.

En el de Astrain parece faltar la parte superior de la serie, habiéndose cortado únicamente dolomías y anhidritas alternantes.

2.3 CRETACICO

2.3.1 ALBIENSE-CENOMANIENSE (NO AFLORANTE)

Por encima del Jurásico, cortado por los sondeos de Astrain y Pamplona Sur, se encuentran más de 1.100 m. de limolitas arcillosas con intercalaciones de arenisca gris de grano fino en la zona de Astrain, que corresponden a casi 500 m. de areniscas en Zabalegui. Estos niveles, en los que se han encontrado orbitolinas, comprenden el Albiense-Cenomaniense.

2.3.2 SANTONIENSE (Cs₂₄ y C₂₄)

Los niveles más bajos que afloran en la Hoja (aparte del Keuper diapírico) se encuentran en el núcleo de la Sierra de Alaiz y están constituidos por unos niveles arenosos (Cs₂₄), quizá producto de la descalcificación de

calizas arenosas sobre las que se encuentran unos bancos de calcarenitas con bastantes terrígenos (C₂₄) con fauna Santoniense.

2.3.3 CAMPANIENSE (C₂₅)

Siguen a estos bancos unas arcillas calizas con algunos bancos de calizas arcillosas que corresponden a un Campaniense relativamente alto, por lo que es probable exista un hiato. En la parte alta abundan los restos de corales y equínidos bastante deformados.

2.3.4 MAASTRICHTIENSE (C₂₆)

Formado por una secuencia fuertemente detrítica y bastante monótona, en que alternan las calizas y dolomías arenosas con tramos de areniscas arcillosas de características semejantes a las que presenta este piso al sur del macizo de Oroz, Betelu o en las sierras de Illón y Leyre.

2.4 PALEOCENO

Nivel T₁₁₋₁₃^A

Está formado por bancos de caliza dolomítica y dolomías, muy recristalizadas, que se apoyan en el Maastrichtiense, tanto en la Sierra de Alaiz como en el diapiro de Salinas de Oro, cuyo borde aparece en el límite occidental de esta Hoja. Hacia el Sur, ya en la Hoja colindante de Tafalla, se encuentra el límite septentrional de la facies Garumniense, que no llega a esta Hoja.

En el borde del diapiro de Salinas de Oro se puede comprobar que sobre las dolomías que hemos atribuido al Danés y son azoicas hay calcarenitas con *Discocyclina seunesi* montienses. Sobre ésta se encuentra ya el Luteciense Inferior.

En la Sierra de Alaiz, sobre las calizas y dolomías recristalizadas que probablemente abarcan todo el Paleoceno, se encuentran calcarenitas ilerdienses.

2.5 EOCENO

2.5.1 LUTECIENSE INFERIOR Y DE LA ZONA DE ECHAURI-SALINAS

DE ORO (T₂₁^{Ab1})

Formado por calcarenitas más o menos puras en bancos gruesos que termina en un nivel con algas, con *Nummulites* cf. *aturicus*, *Alveolina violae*, *Discocyclina discus*, *Asterodiscus stellaris*.

2.5.2 LUTECIENSE MEDIO Y SUPERIOR ($T_{21}^{Ab2-Ab3}$)

Forma el acantilado de Echauri en su parte occidental. A distancia aparece dividido en tres bancos gruesos, que vistos en detalle se subdividen en bancos de 0,50 a 2 metros. Está formado fundamentalmente por calcarenitas, que van pasando hacia arriba a gruesas (casi calcirruditas).

La base se ha situado en un nivel con *Orbitolites complanatus*, *Alveolina gigantea*, *Nummulites* cf. *millecaput*, *Nummulites* cf. *aturicus* y *Eorupertia magna*.

2.5.3 ILERDIENSE Y LUTECIENSE DE LA SIERRA DE ALAIZ (T_{21}^{Aa-Ab3})

En esta zona es más difícil separar diferentes niveles cartografiables en los gruesos bancos calizos que forman el relieve principal de la sierra. Con características bastante semejantes a las del $T_{21}^{Ab2-Ab3}$, se puede determinar en él un Ilerdiense, formando un primer banco, y un Luteciense sobre él, faltando el Cuisiense. Como se ve, también en esta Hoja, en la zona de deposición de plataforma, existe un Luteciense transgresivo que se apoya a veces sobre el Paleoceno y otras sobre el Ilerdiense.

La extensión de estas calizas hacia el Norte se desconoce. En las facies de talud que se encuentran más al Norte no vuelven a aflorar. El paso de una a otra facies se puede ver en la carretera de Pamplona a San Sebastián, a la altura de Erice de Iza, ya en la Hoja de Gulina. Es probable que este límite continúe con dirección E.-SE. Desde luego la potencia de las calizas disminuye de la Sierra de Alaiz al sondeo Pamplona Sur y el espesor cortado en el sondeo Pamplona-5 (Cizur), donde ya la serie va aumentando de potencia al acercarse al borde de la plataforma, es muy reducido.

2.5.4 EL BIARRITZIENSE

2.5.4.1 Nivel T_{S22}^{Ab}

El paso del Luteciense Superior al Biarritziense se efectúa en la zona de Echauri, que es donde este piso está mejor representado por un nivel de arenisca arenosa, o microconglomerática, con cantos muy bien rodados de cuarzo, que se puede ver bajo la Peña de Echauri, que, aunque se acuña pronto hacia el Oeste, forma una entabladura que permite separar este piso del Luteciense.

2.5.4.2 Nivel T_{C21-22}^{Ab2-Ab}

Por encima se encuentran unos bancos con calcarenitas gruesas, con

estratificación cruzada de O. a E., que se pueden estudiar en una cantera abandonada al NE. del pueblo de Echauri.

2.5.4.3 Nivel T_{22}^{Ab} cm

Siguen a éstas unas calcarenitas más sucias, con algo de cuarzo y matriz algo más margosa, más fáciles de erosionar, que forman el nivel oscuro que corona la sierra de Echauri por la parte más oriental. Hacia el Norte son menos margosas y se encuentran niveles con sílex. La parte alta se indenta hacia el Norte y Este con el tramo siguiente.

2.5.4.4 Nivel Ta_{22}^{Ab}

Esta formación constituye un cambio lateral de facies de T_{22}^{Ab} cm y está formada por margas y arcillas. Resulta muy difícil obtener la potencia y se ha datado en la vecina Hoja de Gulina.

2.5.4.5 Nivel Tm_{22}^{Ab}

Es la formación de margas de Pamplona, que ocupa un área extensa en la parte occidental de la Hoja. Es un conjunto monótono de margas fácilmente meteorizables, en las que es muy difícil distinguir bancos que permitan tomar buzamientos. En la parte baja existen intercalaciones de calcarenitas arcillosas (T_{22}^{Ab}) que permiten seguir las estructuras.

Aunque contienen una abundante microfauna, no se encuentra macrofauna en ellas. Su potencia es de unos 400 m. en la zona S., aumentando enormemente hacia el N., sobrepasando los 2.000 m. en el ángulo NE. de la Hoja.

2.5.4.6 Nivel T_{22}^{Ab}

En la parte baja del tramo anterior se intercalan bancos más duros de calcarenitas con cemento calizo arcilloso que destacan en el relieve. Son muy semejantes a las de T_{22}^{Ab} . Afloran en la zona oriental de la Sierra de Echauri, en el borde occidental del diapiro de Iza, y en la falda septentrional de la Sierra de Alaiz. En la zona de Belascoain (al oeste de la Hoja) son mucho más abundantes.

En la Sierra de Alaiz estos niveles parecen corresponder a los tramos detríticos de este piso de la Sierra de Echauri, aunque con potencia mucho menor (la estratificación cruzada de Echauri parece indicar aportes procedentes del O.).

2.5.4.7 Nivel TmC_{22}^{Ab}

Hacia el techo de la formación de las margas de Pamplona aparecen unos bancos de caliza arenosa alternando con aquellas cuyo desarrollo va aumentando hacia el Oeste. Se acuñan bajo el tramo siguiente, a la altura de Gazolaz.

2.5.4.8 Nivel Tsc_{22}^{Ab}

En discordancia angular, que puede observarse en bastantes puntos, sobre las calizas detríticas anteriores se encuentra un nivel de areniscas con cemento calizo que tiene bastante extensión. Su importancia va aumentando hacia el E., donde forma lentejones bastante extensos, que se van relevando (Sierra de Tajonar, Ardanaz, etc.) y son concordantes con las margas de Pamplona. En la parte NE. de la Hoja (Ardanaz) contienen briozoarios y *Plicastula espinosa*.

2.5.5 TRANSITO BIARRITZIENSE-PRIABONIENSE (T_{22-2}^{Ab-Ac})

Sobre los niveles detríticos anteriores se encuentra otro tramo muy semejante litológicamente a las margas de Pamplona, de las que se separa por las intercalaciones del Tsc_{22}^{Ab} . Se diferencian de ellas por la enorme abundancia de *Plicastula pamplonensis*, que empiezan a aparecer unos 100 metros por encima del techo del tramo anterior. El paso del Eoceno Medio al Superior viene definido aproximadamente a la misma altura por microfauna.

Hacia el techo aparece mejor definida la estratificación, apareciendo con frecuencia pequeños restos vegetales en los techos de los estratos.

Su potencia total es de 400 a 500 metros.

2.5.6 PRIABONIENSE

2.5.6.1 Nivel T_2^{Ac}

Al E. de la Sierra de Tajonar el Priaboniense es marino, sin evaporitas, en contraste con el resto de la Hoja. Al techo se encuentra una formación de areniscas con ripple-marks, que hacia el SE. se indentan en las margas anteriores.

2.5.6.2 Los niveles potásicos (Tk_2^{Ac})

Por el contrario, más al S. y O. el Eoceno terminal pasa a facies salinas. El paso se inicia con pequeñas iladas con nódulos de anhidrita, que ter-

minan por pasar hacia arriba a un banco de un metro aproximadamente de esta roca. Siguen niveles de halita, con algunas intercalaciones de arcillas, cuya potencia es difícil de evaluar, pues es el tramo más plástico de toda la formación evaporítica. Por encima alternan la halita y silvinita con horizontes arcillosos y con unos dos metros de potencia. Sobre ésta, otro metro de halita con arcillas intercaladas, y siguen unos quince metros de carnalita alternando con arcillas y con bastante contenido en halita, que va aumentando hacia arriba.

Por encima alternan las arcillas con halita, hasta que desaparecen las evaporitas y se encuentra un tramo de arcillas calizas rojas, verdes y pardas alternando (margas fajeadas).

Las margas se hacen más rojas y comienzan a contener arena, anunciando el paso al siguiente nivel.

2.5.6.3 Las areniscas de Guendulain y Galar

Por encima se encuentran niveles de arenisca con ripple-marks de oscilación, en general, aunque también de corriente. Forman bancos de 10 a 15 centímetros, aunque a veces pueden alcanzar los dos metros.

Tienen frecuentemente estructuras de sobrecarga, con vergencia, lo que permite estudiar la cuenca. En el borde Norte (Guendulain, Galar, Esparza) la vergencia es hacia el Sur, mientras que en la parte Sur (Subiza) es hacia el NE. La potencia, de unos 110 metros en Subiza, decrece hacia el centro del yacimiento a 10-15 metros, para volver a aumentar al Norte hasta 80-90 metros.

Este tramo tiene enorme continuidad hacia el Este, donde se le puede seguir hasta el límite de Navarra.

El conjunto de este tramo y el anterior lo ha denominado PUIGDEFA-BREGAS «Formación de Guendulain».

2.6 OLIGOCENO

Aflora bajo los conglomerados que coronan la Sierra del Perdón, al E. de la Sierra de Tajonar, en el borde de la Hoja, y al SE. cabalgado por la Sierra de Alaiz.

2.6.1 SENNOISIENSE

2.6.1.1 Nivel T_{c31}^A

Sobre las areniscas con ripple-marks de T_2^{Ac} se encuentran margas limosas con paleocanales ya en facies continental que continúan en la Hoja de Aoiz, atribuidas en aquella Hoja al Sennoisiense.

2.6.1.2 Nivel T_{c31}^A

Sobre las areniscas de Galar se encuentra un potente tramo de margas grises, con niveles rojos, en los que se interpolan yesos, que alcanzan mayor importancia al Oeste.

En la zona central de la cuenca del Perdón existen también algunas intercalaciones de halita, de importancia subordinada. Se desconoce la potencia total de este tramo, que aparece decapitado por la discordancia de los conglomerados Chatienses.

Este mismo tramo, con ausencia de yesos, continúa en la vecina Hoja de Aoiz, donde se les ha denominado margas grises de Zabalza. Allí hacia el techo contienen paleocanales que ignoramos si tendrían su correspondencia en los niveles que fueron erosionados en el Perdón.

2.6.2 STAMPIENSE

Solamente aflora en el ángulo SO. de la Hoja, al sur del cabalgamiento de la Sierra de Alaiz, y se trata de una potentísima secuencia de depósitos fluviales. PUIGDEFABREGAS la ha estudiado detalladamente en el corte de Zabalza. De este corte resulta una potencia de unos 2.900 metros.

Litológicamente se ha dividido en los siguientes tramos:

2.6.2.1 Tm_{c32}^A

La secuencia comienza con arcillas y margas grises con areniscas con ripples. Tiene clasticidad baja, con pocos paleocanales. Por encima, frecuentes capas de arenisca con estratificación paralela o cruzada de ángulo muy tendido.

2.6.2.2 Tl_{c32}^A

Arcillas y limos con bancos potentes de arenisca con grano medio a grueso, bastante espaciados y bien diferenciados.

2.6.2.3 Tc_{c32}^A

Es de menor clasticidad que el anterior, con lutitas y calizas. Canales menores con grano medio a grueso. Se observan mega ripples.

2.6.2.4 Ts_{c32}^A

En éste vuelve a aumentar la clasticidad. Bancos potentes de arenisca, alternando con limos y arcillas.

2.6.2.5 Ta_{c32}^A

Es un tramo de margas y arcillas con intercalaciones calcáreas.

2.7 OLIGO-MIOCENO

Ocupa un área bastante extensa al SO. de la Hoja y es prácticamente imposible de situar el paso del Chatense, al que corresponde probablemente el conglomerado y parte de los depósitos fluviales al Aquitaniense fluvial y fluvioacustre.

2.7.1 NIVEL T_{c33-11}^{A-Ba} . CONGLOMERADOS DEL PERDON

Se encuentran unos 300 metros de conglomerados, que alcanzan su mayor potencia en la zona occidental de la Hoja, disminuyendo luego hacia el Oeste en la Hoja de Estella y por el Este en la zona de Biurrun, donde acaba por no sobrepasar los 20 metros en la zona de Alaiz.

Son discordantes, apoyándose en el Sennoisiense en la zona del Perdón y al E. y O. (Alaiz y diapiro de Salinas de Oro, respectivamente) en las calarenitas del Biarritziense.

Son conglomerados poligénicos con cantos de areniscas y calizas eocenas principalmente, pero que también contienen cantos de ofita y de cuarzo. El cemento es arenoso y fácilmente meteorizable. Parecen formar un enorme abanico aluvial.

Hacia el Sur se indentan en el tramo siguiente.

2.7.2 NIVEL T_{c11}^{Ba}

Son limolitas con areniscas de paleocanales, que van perdiendo importancia hacia el techo.

Hacia el SE. los niveles más altos tienen tonos rojizos y contienen paleocanales aislados y algunos niveles y areniscas amarillas, apareciendo hacia arriba los primeros niveles de calizas grises, con una evolución a un régimen fluvioacustre.

2.8 PLIOCENO (T_{c21}^B)

Se han atribuido a esta serie, sin razón paleontológica alguna, unos niveles de conglomerados poligénicos posiblemente formados a expensas de los del Perdón que aparecen en contacto con éstos al norte de Subiza, así como al O. de Vidaurreta. Parecen correlacionables con los de Añorbe (Hoja de Tafalla), atribuidos anteriormente a los niveles del Perdón y los que se encuentran al norte del diapiro de Salinas de Oro (Hoja de Estella).

2.9 CUATERNARIO

Existen por lo menos cuatro niveles de terrazas (Q_T), de los que el ter-

zero (terrazza de Pamplona) se correlaciona frecuentemente con glaciares (Q_6) bien desarrollados y en los que predominan los cantos rodados (que provienen de la meteorización de los conglomerados del Perdón).

Los derrubios de ladera (Q_L) abundan enormemente en la falda de la Sierra del Perdón, donde se acumulan los cantos rodados procedentes también de los conglomerados.

Entre Ibero y Echauri se han desarrollado dos niveles de terrazas formadas por travertinos (Q^t). Probablemente son debidas a diversos emplazamientos del actual manantial termal de Echauri, con un alto contenido en bicarbonato cálcico.

3 TECTONICA

3.1 GENERALIDADES

La tectónica de la zona que ocupa esta Hoja parece, a primera vista, bastante simple. Una serie de pliegues suaves en la zona oriental, bastantes fallas y dos estructuras algo más sobresalientes: el anticlinal cabalgante de Alaiz y el diapiro laminar de Iza. Cuando se considera que el salto mínimo del anticlinal de Alaiz es de unos 5.000 m., se comprende que forma parte de un accidente de enorme importancia. El sondeo petrolífero de Astraín, que tras atravesar el Triásico volvió a cruzar terrenos eocenos a 4.500 m., confirma la importancia del accidente (Fig. 1).

Con los datos de que disponemos en este momento es imposible el determinar si se trata de un manto de corrimiento, que habría de delimitar en toda su extensión, o un accidente contra el macizo del Ebro.

Vamos a tratar, en primer lugar, de situar en el tiempo el proceso de plegamiento, para luego analizar las estructuras tectónicas de la zona.

3.2 EDAD DE LAS DISCORDANCIAS

Prescindiendo de las discordancias anteriores al Cretácico Superior, para cuyo estudio solamente poseemos datos de dos sondeos, ya que no afloran terrenos más antiguos (aparte del Keuper surgido en las estructuras diapíricas), vamos a enumerar las que se determinan en superficie.

El Luteciense, concordante en la zona Norte, como se puede comprobar en la Hoja de Gulina, avanza transgresivamente sobre el Paleoceno con depósitos de plataforma, lo que indica una iniciación de los movimientos.

Dentro del Biarritzense existe una intercalación de calizas arenosas, que en la mitad occidental de la Hoja es discordante, aunque se apoya siempre en terrenos biarritzenses.

En los trabajos de explotación de Potasas de Navarra, S. A., se ha po-

dido comprobar la existencia de pequeñas discordancias locales que, aunque de menor importancia, indican una cierta movilidad. Es probable que si se pudiera tener un control de detalle de las formaciones que se encuentran al techo de la formación salina se comprobara la existencia de hechos parecidos.

El Sannoisiense evaporítico se apoya sobre el Luteciense Superior-Biarritziense en la zona de Azcona-Riezu, a unos ocho kilómetros al E. del borde de esta Hoja, indicando una pulsación de la que posiblemente sean reflejo las discordancias locales de que se acaban de citar, y la vuelta al régimen marino al final de la formación Guendulain.

La disposición de los terrenos stampienses indican un aumento progresivo de erosión o bien el que las zonas en erosión se aproximan gradualmente al área que nos ocupa, pero en todo caso una cierta actividad tectónica.

La discordancia más importante corresponde a los conglomerados aquitanienses. Con datos de geología de superficie y de sondeos e investigación sísmica de Potasas de Navarra ha permitido la reconstrucción parcial de la geología previa a la discordancia.

Por último, se encuentran niveles de conglomerado que, como se ha dicho, se han atribuido al Plioceno y varios niveles de terrazas cuaternarias discordantes sobre las estructuras anteriores.

3.3 FALLAS

Se encuentran fallas que se pueden clasificar en tres sistemas diferentes, sin considerar el accidente principal de cabalgamiento.

En primer lugar se observan fallas NE-SO. y sus conjugadas NO-SE., que frecuentemente tienen una componente importante de desgarré. Son pre-aquitanienses, puesto que no afectan inicialmente a los conglomerados del Perdón y deben estar en relación con la fase principal de plegamiento.

La incurvación del anticlinal de Alaiz produce en su parte externa una serie de fallas radiales de tensión, que indudablemente son coetáneas del cabalgamiento.

Por fin, en una fase de descompresión se produce otro sistema de fallas de tensión y la formación de fosas y pilares, en un proceso post-aquitaniense, puesto que afecta a los conglomerados del Perdón.

3.4 ACTIVIDAD HALOCINETICA

Esta Hoja solamente alcanza el borde del diapiro de Salinas de Oro, situado en la colindante Hoja de Estella, y que es una típica chimenea salina.

El diapiro laminar de Iza, del que se ha hablado en varias publicaciones.

es probablemente parte de un accidente de mayor importancia (el cabalgamiento que limita por el E. la unidad de Aralar, en la Hoja vecina de Gulina, plantea también problemas como la Sierra de Alaiz).

Las evaporitas terciarias han dado origen también a una serie de estructuras donde ha influido fuertemente la halocinesis. Las fallas de Puente la Reina y de Monreal han provocado importantes desplazamientos de yesos y sales, que en Puente la Reina llegan a desbordar la falla y se derraman sobre las areniscas y limolitas aquitanienses.

Estos desplazamientos salinos abomban la estructura al Sur de ambas fallas, cambiando la disposición primitiva producida por la falla y produciendo cierres periclinales como el de Monreal, en la vecina Hoja de Aoiz.

3.5 EL PROBLEMA DE LA SIERRA DE ALAIZ

La Sierra de Alaiz ha suscitado muchos problemas. En primer lugar, su orientación NE-SO. Los cierres periclinales, tanto al NE. como al SO., no casaban bien con las estructuras vecinas. RIOS llamó la atención sobre este problema en «Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo navarro» (1945).

Un accidente como éste, con 5.000 m. de desplazamiento, no puede resolverse en dos cierres periclinales, por lo que es forzoso buscar la continuación de la falla. Si se reconstruye el esquema que presentaba la geología antes de la deposición del conglomerado del Perdón (Fig. 2) se ve que el anticlinal más septentrional de la Sierra de Alaiz vuelve aquí a tomar una orientación pirenaica. Lo mismo pasa si situamos las estructuras tanto en el Terciario continental como en el marino próximas al accidente. En ellas se aprecia también los cambios de orientación correspondientes.

Parece, por lo tanto, que el accidente cambia repetidamente de rumbo, adquiriendo a veces el de ENE-OSO., y otras el NE-SO.

El paso del cabalgamiento de Monreal-Sengariz a la Sierra de Alaiz es fácil de explicar. Las fallas de tensión en abanico de la Higa de Monreal indican un primer giro, que se completa en la zona de fallas del mismo tipo de Ezperun.

El límite SO. de la Sierra, en cambio, presenta problemas, pues queda cubierto por una potente terraza cuaternaria, de la que no vuelve a emerger por el O. (Hoja de Tafalla). No puede, sin embargo, suponerse que el accidente se interrumpe en este punto.

No existe una falla de desgarre que haya podido desplazar el cabalgamiento hacia el Norte para ocultarlo bajo el Aquitaniense. La única solución lógica, por tanto, es suponer que la parte de la unidad cabalgante que quedaba al Oeste del Cuaternario y al Sur de la falla de Puente la Reina, que ha dejado levantada esta zona, ha sido erosionada. El cierre peri-

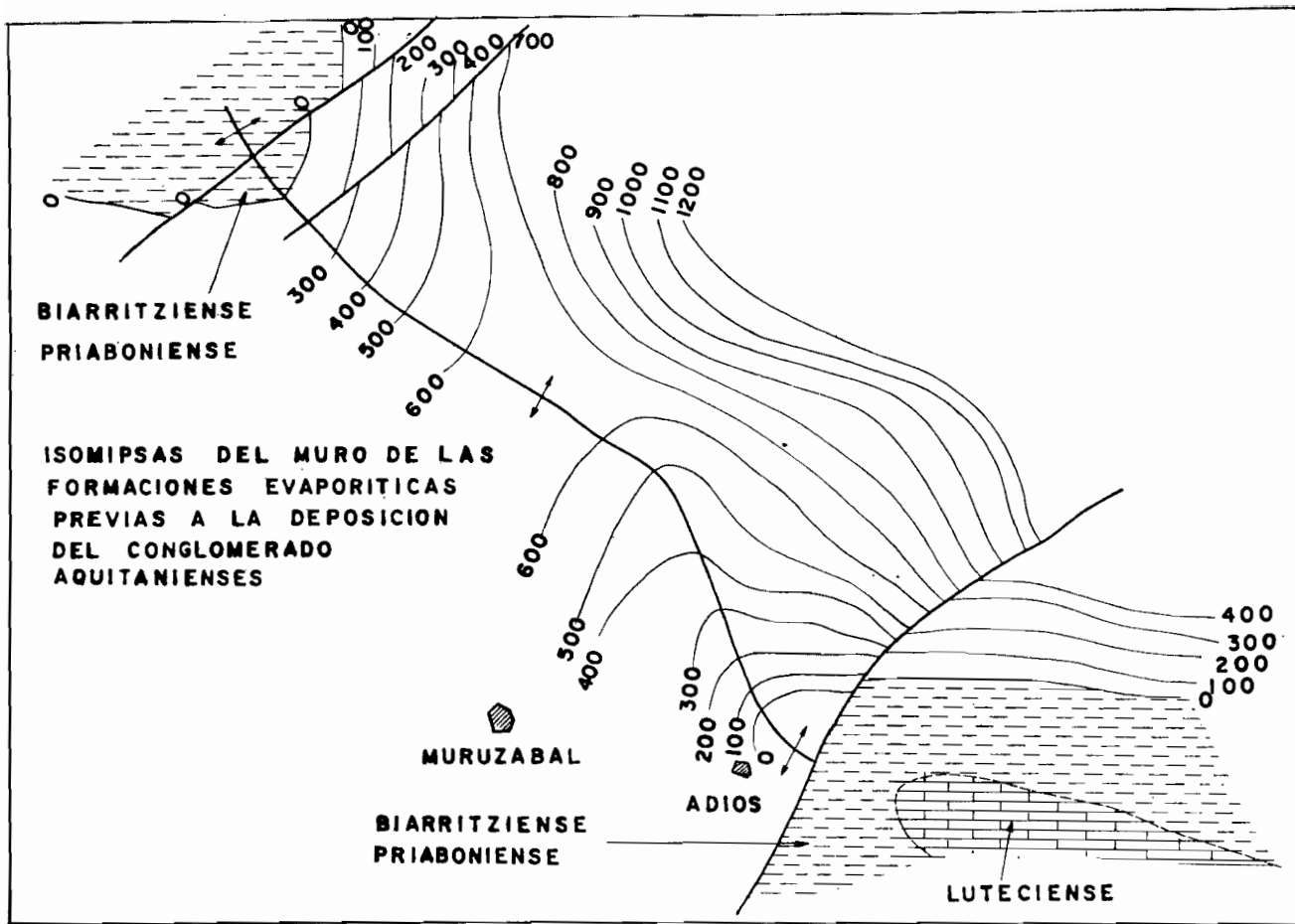


Figura 2

clinal, tanto por el NE. como por el SO., no es completo si nos fijamos bien, estando interrumpido por el cabalgamiento. Tanto hacia el Oeste como hacia el Este el cabalgamiento continúa entre las margas del Biarritzense y el Terciario Continental. Esto hace que la unidad cabalgante sea más fácil de erosionar, sobre todo tratándose de una zona de tensión que se ha debido de originar al girar de nuevo la estructura para volver a tomar dirección ONO.

3.6 ALOCTONO O AUTOCTONO

El sondeo de Astrain, al cortar bajo el Triásico de nuevo Eoceno y Paleoceno, obliga a pensar si existe una unidad alóctona, en la que estaría integrado todo el Terciario marino de la Hoja. No hay datos suficientes para afirmarlo (para lo que habría que resolver muchísimos problemas que implicarían el Pirineo navarro) o para rechazarlo.

Puede tratarse de un accidente producido por el empuje del macizo del Ebro hacia el Norte.

Una característica muy particular de este accidente es el escalonamiento de estructuras ONO.-ESE. y SO.-NE., que se continúa hacia el O. (ver esquema). Se puede explicar suponiendo avances diferenciales de la unidad alóctona (si se adopta esta hipótesis), pero entonces los escalones estarían separados por fallas de desgarre y afectarían únicamente en el borde al autóctono, lo que no parece ajustarse a la realidad. Si se supone, en cambio, un empuje del macizo del Ebro, pueden existir los desgarres del zócalo y deformarse la cobertera sin llegar a romperse, lo que parece estar más de acuerdo con la realidad.

Queda otra tercera hipótesis, y es que el accidente se haya producido en dos fases. En la primera, el cabalgamiento frontal (bien sea una unidad alóctona o autóctona), y posteriormente los desgarres NE.-SO. del zócalo con desplazamiento levógiro y arrastre del accidente anteriormente formado.

4 HISTORIA GEOLOGICA

Las observaciones estratigráficas y el contexto estructural permiten interpretar las sucesivas etapas de la evolución paleogeográfica del modo siguiente:

1. Sedimentación de tipo plataforma, con algunas interrupciones durante el Cretácico Superior y el Paleoceno Inferior.
2. Durante el Paleoceno Superior y Eoceno Inferior se inicia el hundimiento de la parte NO. de la Hoja y se comienzan a formar los primeros levantamientos en la parte Sur y Oeste, donde el Luteciense carbonatado,

de plataforma, se apoya sobre el Paleoceno o el Ilerdiense, mientras se desarrolla una potentísima secuencia al NE.

3. Transgresión Luteciense con sedimentación uniforme de calcarenitas en la plataforma y depósitos profundos al NE. La secuencia se va haciendo más fuertemente detrítica en la plataforma y van aumentando los terrígenos. En la zona occidental parecen proceder del O. en esta última fase, que tiene lugar durante el Biarritziense Inferior.

4. Establecimiento de una cuenca con depósito uniforme de margas de Pamplona. Aunque las facies son idénticas, se sigue observando una mayor subsidencia al NE., como en las etapas anteriores.

5. Al final del Biarritziense se producen pequeños movimientos, que originan localmente discordancias. Al mismo tiempo se tiende a una pérdida de profundidad en la cuenca durante el Priaboniense.

6. Se inicia la formación de estructuras con direcciones pirenaicas, al mismo tiempo que se va restringiendo la cuenca marina hasta llegar a la deposición de evaporitas.

Estas estructuras incipientes controlan la deposición de las sales al principio de la deposición de la formación de Guendulain, y todavía influyen en la deposición de las areniscas de Galar, al final de esta formación.

El mar se retira y se establecen condiciones lacustres al mismo tiempo que se erosiona la zona situada al oeste de esta Hoja, en la de Estella.

7. Al iniciarse el Oligoceno hay una transgresión con condiciones lacustres, depositándose yesos sobre las calcarenitas del Biarritziense y Luteciense en la parte meridional de Urbasa.

8. La sedimentación se hace más detrítica durante el Stampiense, estableciéndose un régimen fluvial o fluvioacustre. Se inicia la fase principal del plegamiento.

9. Hasta el Oligoceno final tiene lugar el plegamiento principal, que puede haber tenido lugar en una sola fase con más o menos pulsaciones, produciéndose por el empuje del macizo del Ebro en dirección N.-NE., en forma escalonada por la existencia de una serie de fallas de dirección NNE.-SSO. o bien en dos fases distintas, en la primera de las cuales se produce un gran accidente, bien por empuje hacia el Norte del macizo del Ebro o bien como zona frontal de un manto alóctono que avanza hacia el Sur; en la segunda el zócalo se fragmenta en bloques por fallas con dirección NNE.-SSO. con desplazamiento dextrógiro, que deforman el accidente producido anteriormente.

10. Una fuerte erosión, y la deposición discordante del Chattiense-Aquitaniense, con las últimas pulsaciones, ya de pequeña importancia, terminan el plegamiento.

11. Posteriormente se produce una descompresión, en la que se originan nuevas fallas E.-O., donde los movimientos de hundimiento no aprovechan fallas anteriores.

Estos movimientos producen desequilibrios en los tramos evaporíticos, que ponen en marcha los procesos halocinéticos, que terminan de conformar la estructura.

12. Los procesos de erosión posteriores, acompañados en algunas zonas de desplazamientos salinos, terminan la historia geológica de esta Hoja.

5 GEOLOGIA ECONOMICA

5.1 MINERIA

Tienen en esta Hoja gran importancia las industrias extractivas, fundamentalmente las minas de Potasas de Navarra, S. A., y las canteras de caliza. Hay también, aunque con una importancia muy secundaria, explotaciones de areniscas y yesos.

Respecto a los recursos de la clase B (aguas minerales, mineromedicinales y estructura subterráneas) se tratará de ellos en el apartado correspondiente a las aguas subterráneas.

5.1.1 YACIMIENTO POTASICO DE NUESTRA SEÑORA DEL PERDON

Este yacimiento, explotado por Potasas de Navarra, S. A., se descubrió en 1929 por los autores de la contigua Hoja de Tafalla, DEL VALLE, MENDIZABAL y CINCUNEGUI, al hacer estudios comparativos del contenido en potasio de las aguas de las salinas terciarias con las triásicas. Al comprobar la presencia de un contenido más alto en las del Terciario, se decidió emprender la investigación. En los dos años siguientes el Instituto Geológico y Minero realizó tres sondeos (Salinas de Pamplona, Subiza y Guendulain) con éxito. Posteriormente fue investigado por la E. N. Adaro y, terminada la investigación, puesto en explotación por Potasas de Navarra, S. A.

El yacimiento que se encuentra en el Eoceno terminal, al SO. de la Hoja, es un resto salvado de la erosión por su estructura sinclinal de una cuenca evaporítica mucho más extensa, que se prolongaba por el E. hasta más allá del límite de la provincia. Es difícil situar los límites Norte y Sur de la cuenca. En la contigua Hoja de Aoiz se puede observar el paso de los depósitos continentales a los marinos, pero en la Hoja que nos ocupa es imposible de reconstruir. En cambio se ha determinado, mediante sondeos, el borde SO. de deposición de las sales potásicas (no de la cuenca evaporítica, que continúa sin que se haya precisado su límite). Este límite de la cuenca potásica coincide con el anticlinal NO.-SE. premioceno, oculto por los conglomerados del Perdón, del que se ha tratado en el capítulo de Tectónica. Esta coincidencia no parece casual, ya que tanto la localización

de las cuencas evaporíticas como la retirada del mar Eoceno parece estar en relación con la iniciación de los plegamientos pirenaicos.

La estructura del yacimiento es la de un sinclinal ONO.-ESE., dividido en tres bloques por dos fallas complejas, como se puede ver en el corte I-I que acompaña al Mapa Geológico. El bloque septentrional (Esparze-Astrain), poco trastornado, está en avanzado estado de explotación, estando situados en él el pozo de Guendulain y el plano inclinado de Esparza, por el que se efectúa la extracción. En el bloque hundido, separado del anterior por una compleja falla con un salto aproximado de 300 metros, se ha explotado el área occidental, desde el pozo de Beriain, recientemente abandonado, y se está preparando la explotación de la zona Sur del bloque anterior mediante la profundización del plano inclinado de Esparza, y Oeste, a partir del pozo de Undiano. Por último, el bloque SE. (Subiza), separado del anterior por una falla de 600 a 800 metros, ha sido reconocido con sondeos, sin haberse iniciado aún su preparación.

De las sales descritas en el capítulo de Estratigrafía se explotan los dos metros de silvinita y los dos metros inferiores de los niveles de carnalita, que son los que tienen el mayor contenido en potasio de este último tramo potásico.

5.1.2 CANTERAS DE CALIZA

Las calizas Lutecienses-Biarritzienses de las Sierras de Alaiz y Echeuri se prestan, dada su calidad y su proximidad a Pamplona, a la producción de áridos para construcción.

Hoy día la producción fundamental está concentrada en la falda NO. de la Sierra de Alaiz, donde se explotan las calcarenitas del Luteciense Superior y los bancos inferiores del Biarritziense. Existen cinco canteras en actividad. El Carrascal, en el borde de la Hoja; UNCONA, entre ésta y el pueblo de Tiebas; Muga de Muruarte y La Nueva, junto a este último pueblo, y la de Ezperun, junto al pueblo del mismo nombre. Entre todas ellas tienen una producción de 2.150.000 Tm., de las que una pequeña parte se dedica a la producción de óxido de cal (con una producción de unas 50.000 toneladas).

En el acantilado sigue la falla de Echaui; ha habido también una cierta actividad en la explotación de calizas, que hoy día se ha visto desplazada por las canteras de la Sierra de Alaiz, mejor comunicadas con Pamplona. Queda una sola cantera en actividad, aunque parece próxima a parar y que ha producido este último año 40.000 Tm. de áridos. Explota las calcarenitas del Luteciense Superior, y está situada al NO. de Echaui. Junto a ella se encuentra otra cantera abandonada. Al NE. de este mismo pueblo existe otra cantera abandonada, que explotaba los niveles de calcarenitas con estratificación cruzada del Biarritziense Inferior. Más al Este y a mitad de ca-

mino entre este pueblo y el de Ibero existe otra cantera abandonada en la que se explotaban las calcarenitas impuras del Biarritziense. Estas se emplearon en la producción de piedra sillar y sillarejo, para construcción, ya que su disposición en bancos bien estratificados se prestaba a ello, pero más tarde se intentó la producción de áridos, que se abandonó por su inferior calidad y por el fuerte desgaste que se producía en las instalaciones de trituración.

5.1.3 CANTERAS DE ARENISCA Y YESO

Los niveles de areniscas de Galar, cuyos afloramientos aparecen descalcificados por meteorización, se prestaban a la obtención de arena muerta utilizada en el enlucido, por lo que abundan las pequeñas canteras de este material en Salinas de Pamplona, Esparza, Guendulain, Astrain y Muru-Astrain. De todas ellas únicamente permanecen activas, ante la disminución de demanda, dos canteras en Muru-Astrain con una producción anual de 17.400 toneladas.

Los yesos sannoisienses de la zona de Undiano, que es donde mayor desarrollo alcanzan, se han venido explotando tradicionalmente, hasta que las condiciones actuales del mercado las han reducido a la inactividad. En este pueblo, además de tratarlo en horno, se ha venido utilizando en crudo como piedra de construcción. Es curioso observar en las fachadas las deformaciones plásticas producidas por la naturaleza de este material.

5.2 HIDROGEOLOGIA

Climatológicamente hay que distinguir dos diferentes zonas en el ámbito de esta Hoja, separadas por la línea de cumbres de las sierras de Alaiz y del Perdón. Al norte de ésta el clima es más suave y húmedo que al sur, donde la precipitación disminuye casi en un 50 por 100.

Los niveles permeables de mayor importancia son las calizas eocenas, los conglomerados del Perdón y los derrubios de ladera, tanto en la falda norte y este de esta sierra como los de la falda sur de la Sierra de Echauri. Con menor importancia las calizas arenosas del Biarritziense, las areniscas de Galar y las terrazas del Arga.

5.2.1 LAS CALIZAS EOCENAS

Afloran en las sierras de Alaiz y de Echauri-Belascoain. Aunque tienen enorme extensión más al Oeste, en las Hojas contiguas de Estella y Alsasua, los diapíros de Salinas de Oro y de Olo crean una barrera que separa prácticamente esta zona del resto.

Algunos niveles, como la parte baja del Luteciense, presentan en sus

afloramientos una karstificación bastante desarrollada, lo que hace pensar que este complejo calizo es un importante acuífero.

La experiencia demuestra, sin embargo, en la cuenca de Pamplona, estas calizas únicamente ofrecen permeabilidad en la vecindad inmediata de los grandes accidentes. También que el nivel del agua se encuentra habitualmente hacia la cota 300, aunque sufre violentas oscilaciones que indican una capacidad de almacenamiento baja. Todo esto último plantea el problema de dónde desagua (a cota inferior a la 300) este acuífero.

5.2.2 LOS CONGLOMERADOS DEL PERDON

De permeabilidad alta en el borde norte de la Sierra, sus posibilidades van disminuyendo hacia el Sur, dadas sus características de abanico aluvial alimentado desde el Norte.

La profunda garganta abierta por el Arga en estos niveles produce un drenaje de los mismos. Para evitar bombeos elevados, los aprovechamientos deberán desplazarse hacia el Este, alejándose del río, pero teniendo siempre en cuenta que en la parte oriental de la sierra disminuye con rapidez la potencia de los conglomerados, y con ello su permeabilidad, lo mismo que hacia el Sur.

Una parte del agua recogida recarga los potentes depósitos de ladera de esta sierra, dando lugar a algún manantial importante, como el de Su-biza, que antiguamente surtía a Pamplona de agua.

5.2.3 OTROS ACUIFEROS

Las terrazas del Arga tienen bastante extensión en la parte septentrional de la Hoja, dando lugar a pequeñas explotaciones locales por medio de pozos. La que se encuentra entre el río y la sierra de San Cristóbal está recargada por las areniscas de dicha sierra, pero se le ha sometido a sobre-explotación.

Las calizas arenosas del Biarritziense de las zonas de Ardanaz y Tajonar dan lugar a pequeños manantiales, de los que se surten los pueblos del valle de Aranguren.

Las areniscas de Galar permiten una circulación en la zona próxima a los afloramientos, donde se encuentran descalcificadas, dando lugar a algunos manantiales de agua dulce.

A partir de los 100 ó 150 m. de los afloramientos se encuentran las areniscas cementadas y con poca porosidad, y el agua que contienen es fuertemente salina (196 g/l.).

5.3 AGUAS MINERO MEDICINALES Y ESTRUCTURAS SUBTERRANEAS

5.3.1 MANANTIALES TERMALES DE BELASCOAIN Y ECHAURI

Al oeste de Echauri, en la terraza del río Arga, que cubre margas y calizas arenosas del Biarritziense, aparece un importante manantial, acompañado de alguno de menor importancia, de aguas termales que se explotan como minero-medicinales. Son clorurado-sódicas, bicarbonatadas, nitrogenadas y litínicas.

En la explicación de la Hoja de Pamplona (año 1949) se relacionan por su composición con el diapiro de Salinas de Oro, y, efectivamente, su contenido en cloruros y sulfatos hace pensar en el Keuper. Por otro lado, su contenido en bicarbonatos cálcico y magnésico parece indicar que se filtra entre las margas salinas triásicas y las dolomías del Paleoceno. Existe una falla muy próxima al Balneario, por la que probablemente asciende hasta el Cuaternario, por el que busca la salida, dando lugar a los manantiales.

El manantial de Echauri es del mismo tipo y probablemente tiene un origen similar, ascendiendo esta vez por la importante fractura que limita la Sierra. Se ha tratado ya de las terrazas de travertino, posiblemente formadas por un manantial de este tipo, probablemente relacionado con éste que citamos.

En la explicación de la Hoja de Pamplona también se habla de un manantial de Burlada, del que no hemos conseguido más información. Burlada está situada sobre una terraza del Arga, que cubre las margas biarritzien-ses. Las aguas se describen como alcalino-yoduradas.

5.3.2 ESTRUCTURAS SUBTERRANEAS

Desde el año 1966, Potasas de Navarra, S. A., evacua las salmueras procedentes de la planta de concentración que debe eliminar, inyectándolas en el subsuelo por medio de tres sondeos profundos.

Los sondeos están situados inmediatamente al sur de la falla de Salinas de Pamplona, atraviesan las margas priabonienses, el nivel detrítico y las margas biarritzien-ses, hasta penetrar en las calizas, en las que se efectúa la inyección. Se encuentran entubados hasta las calizas.

La inyección se está efectuando en el bloque hundido situado entre Esparza y Subiza, que ha sido descrito al tratar del yacimiento.

Más al E. se ha perforado un sondeo de control con el fin de vigilar el nivel de contaminación para detener la inyección antes de poner en peligro el resto de la cuenca.

6 BIBLIOGRAFIA

- ALMELA, A.; RIOS, J. M. (1951).—«Estudio Geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales». *Primer Congreso Internacional del Pirineo-Zaragoza*.
- CAREZ, L. (1910).—«Sur quelques points de la Geologie du nord de l'Aragon et de la Navarre». *Bulletin de la S. G. de France*.
- CIRY, R. (1951 b).—«Observations sur la crétacé de la Navarre espagnole à Nord-Ouest de Pampelune». *C. R. Acad. Sci. Séance 2*, pp. 72-74.
- CRUSAFONT, M.; TRUYOLS, J.; RIBA, O. (1966).—«Contribución al conocimiento de la estratigrafía del Terciario continental de Navarra y Rioja». *Notas y Comunicaciones del IGME*.
- DEL VALLE, A. (1932).—«Descubrimiento de la cuenca potásica de Navarra». *Notas y Comunicaciones del IGME*.
- KING, H.-D. (1967).—«Diapire und alttertiär im südöstlichen Baskenland (Nordspanien)». *Beich. Geol. Jb. T. 66*. Hannover.
- LLOPIS LLADO, N. (1945).—«Sobre la Estructura de Navarra y los enlaces occidentales del Pirineo». *Miscelánea Almela*, 1.ª parte, Dip. Prov. Barcelona.
- MALLADA, L. (1832).—«Reconocimiento Geológico de la Provincia de Navarra». *Bol. Com. Mapa Geológico de España*. Madrid.
- MANGIN, P. (1958).—«Observaciones sobre la orogénesis pirenaica durante el período nummulítico». *N. y C. IGME*, núm. 52, pp. 125-132.
- (1958).—«Nota preliminar sobre la Estratigrafía del Nummulítico en la región del Pirineo occidental. Observaciones sobre la orogénesis pirenaica». *Notas y Comunicaciones del IGME*.
- (1958).—«Le Nummulitique Sud-Pirénéen à l'Ouest de l'Aragon». *Pirineos, Rev. del Inst. de Estudios Pirenaicos*.
- MENDIZABAL, J., y RUIZ DE GAONA, M.—«Hoja de Pamplona».
- MENDIZABAL, J., y CINCUNEGUI, M. (1932).—«Nota acerca de la extensión del Oligoceno en Navarra». *Notas y Comunicaciones del IGME*.
- PALACIOS, P. (1919).—«Los terrenos Mesozoicos de Navarra». *Bol. IGME*.
- RIOS GARCIA, J. M. (1948).—«Diapirismo». *Bol. del IGME*, t. LX (XX de la 3.ª serie), pp. 155-238, 43 figs., 4 plan.
- (1960).—«Algunas zonas especiales de las zonas subpirenaicas y de la cuenca del Ebro». *Notas y Comunicaciones del IGME*.
- RIOS, J. M.; ALMELA, A., y GARRIDO, J. (1945).—«Datos para el conocimiento estratigráfico y tectónico del Pirineo navarro». *Notas y Comunicaciones del IGME*.
- RUIZ DE GAONA, M. (1947).—«Nota preliminar. El Bartoniense en la Cuenca de Pamplona». *Not. y Com. IGME*.
- (1952).—«Notas y datos para la Geología de Navarra». *CSIC*.