

CANTABRICA

29042

CANTABRICA

I N D I C E

1. ENCUADRE GEOGRAFICO Y GEOLOGICO
2. INFORMACION DE SONDEOS
 - 2.1. PLANO DE POSICION Y LISTADO
 - 2.2. SONDEOS REPRESENTATIVOS INTERPRETADOS
 - 2.3. CORRELACIONES ENTRE SONDEOS. ESTRATIGRAFIA
 - 2.3.1. Correlaciones entre sondeos
 - 2.3.2. Estratigrafía
3. INFORMACION GEOFISICA
 - 3.1. SISMICA DE REFLEXION
 - 3.2. GRAVIMETRIA
4. DOCUMENTOS DE SINTESIS
 - 4.1. MAPAS DE ISOPACAS
 - 4.2. MAPAS DE ISOBATAS
 - 4.3. CORTES GEOLOGICOS
5. LISTADO DE PLANOS
6. BIBLIOGRAFIA

1. ENCUADRE GEOGRAFICO Y GEOLOGICO

La Cuenca Cantábrica situada en el Norte de España constituye la extensión occidental de la Cadena Pirenaica. El límite occidental de este área es el Macizo Paleozoico Asturiano y el límite Sur son las Cuencas terciarias del Duero y el Ebro. Por el Norte está bordeada por el Mar Cantábrico.

Es una región montañosa de alta topografía, aunque sus relieves, en general, son suaves.

La cuenca se sitúa en todo el País Vasco y en parte de las comunidades autónomas de Navarra, Cantabria, Castilla y León y La Rioja.

La región Vasco-Cantábrica está fundamentalmente compuesta de rocas mesozoicas, aunque también presenta materiales paleozoicos y terciarios. La cuenca se caracteriza por la gran potencia de secuencias mesozoico-terciarias que aumentan de pocos a varios miles de metros de Sur a Norte.

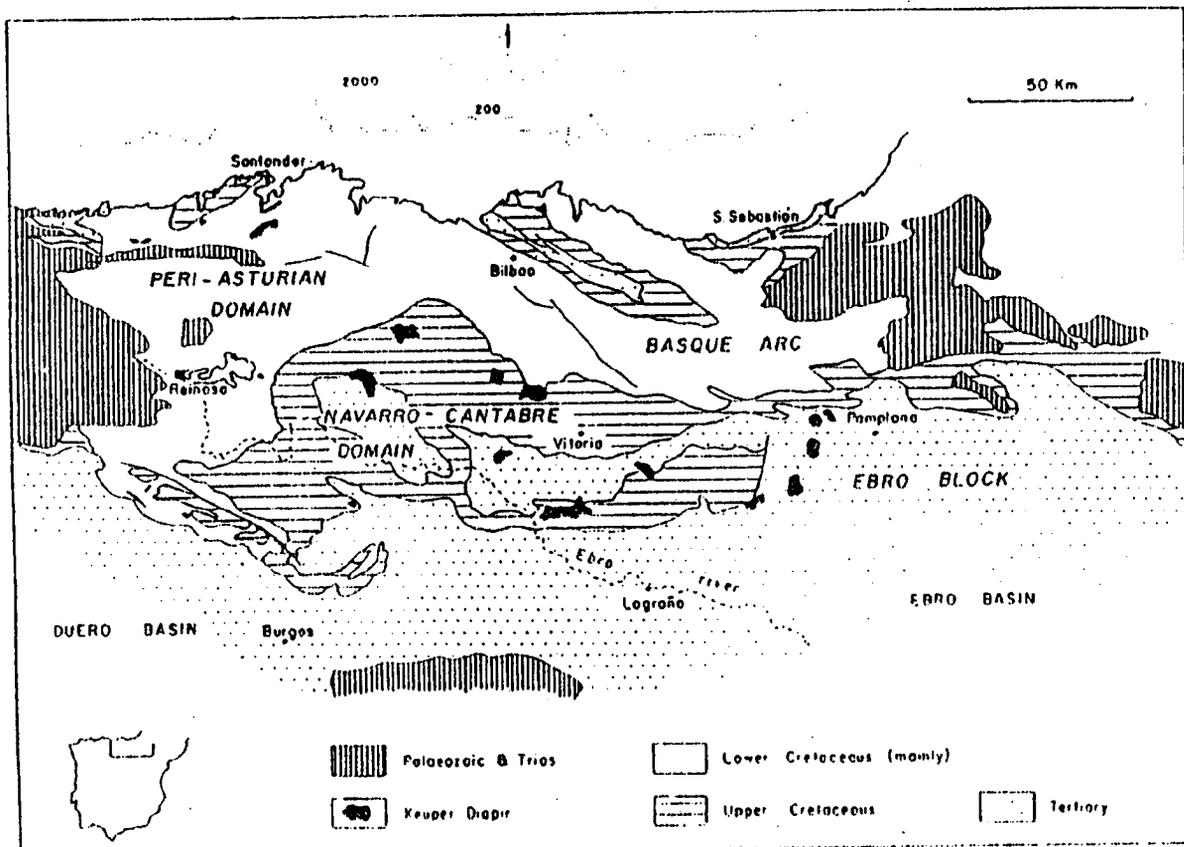
Dentro de la Cuenca Cantábrica, Feuilles y Rat (1971) (Fig. 1) definieron varios dominios:

Los Dominios Peri-Asturiano y Cántabro-Navarro serían los más meridionales e internos de la cuenca, con vergencias fundamentalmente Sur.

Al Norte del Dominio Cántabro-Navarro se sitúa el Arco Vasco que constituye el dominio septentrional de la Cuenca Cantábrica con vergencias al Norte (cabalgamientos de Ochandiano, Alsasua y Leiza). El límite entre estas áreas coincide con la zona frontera entre las vergencias Sur y Norte (Anticlinorio de Bilbao).

El "Arco Plegado Vasco" engloba un conjunto de megaestructuras de dirección dominante NO-SE. Estas estructuras son tradicionalmente conocidas como "Anticlinorio de Bilbao", "Sinclinorio de Vizcaya" y "Anticlinal Norte de Vizcaya" de SW a NE y más al Norte el "Monoclinial Costero".

En la parte Norte del dominio Peri-Asturiano se distingue la zona de Santander que se separa del Arco Vasco por medio de la falla de Ramales (N-S). Esta zona tiene como límite Sur un rasgo tectónico bien conocido: el Alto Estructural de Cabuerniga (E-O).



Dominios sedimentarios en la región Vasco-Cantábrica
(Feuillée y Rat, 1971).

FIGURA 1.

El dominio Cántabro-Navarro tiene dos sectores diferentes: la Plataforma Burgalesa y la Cubeta Alavesa. Al sur de ambas unidades, frontalmente cabalgantes se encuentran zonas de pliegues y cabalgamientos. En el caso de la Plataforma Burgalesa, sobre la Cuenca del Duero, se encuentra la Banda Plegada de Montorio-Santa Casilda. En el caso de la Cubeta Alavesa, sobre la cuenca del Ebro se sitúa la franja alóctona de Montes de Tesla-Obarenes-Sierra de Cantabria.

Tectónicamente la cuenca presenta un regimen extensional desde el Triásico al Cretácico Superior, este regimen genera fallas que subdividen la cuenca en pequeñas cubetas. Este regimen está acompañado de una fuerte actividad halocinetica (fundamentalmente en el dominio Cántabro-Navarro) que condiciona en parte el desarrollo de potentes secuencias sedimentarias mesozoicas. El regimen extensional es seguido de las fases compresivas de las deformaciones Alpinas que, en general, van desde el Cretácico terminal hasta el Eoceno superior (Soler et al., 1.981, Boillot, 1.981).

El estilo tectónico de la Cuenca Cantábrica está caracterizado por pliegues de orientación NO-SE complicados por la presencia de estructuras salinas.

El plano C-1 muestra el mapa geológico de la Cuenca Cantábrica a escala 1:200.000. Este mapa ha sido preparado a partir de los mapas geológicos realizados por el ITGE (1.200.000) nº :13,14,22,23 y 24.

2. INFORMACION DE SONDEOS

2.1. PLANO DE POSICION Y LISTADO

En la Cuenca Cantábrica existen numerosos sondeos profundos realizados por distintas compañías para la exploración de hidrocarburos que ha sido muy intensa en esta cuenca.

Los sondeos son los siguientes:

<u>NOMBRE</u>	<u>COMPANIA</u>	<u>AÑO</u>
ABAR - 1	AMOSPAIN	1969
AITZGORRI - 1	ENPENSA	1965
AJO - 1	AUXINI	1972
ALDA - 1 (Profund.)	CIEPSA	1956-71
ALORIA - 1	COPISA	1959
ALLOZ - 1	CIEPSA	1959
ANCILLO - 1	AUXINI	1972
ANTEZANA - 1	CIEPSA	1962
ARASTRO - 1	CIEPSA	1964
ADIZ - 1	ENIEPSA	1981
APODACA - 1	CIEPSA	1955
ARAMAYONA - 1	ENPENSA	1961
ARCO-IRIS - 1	VALDEBRO	1968
ARIJA - 1	AMOSPAIN	1963
ARIJA SUR - 1	AMOSPAIN	1968
ARRATIA - 1	CAMPESA	1981
ASTRAIN - 1	AUXINI	1974
ATAURI - 1	CIEPSA	1967

AYOLUENGO 1 a1 51	AMOSPAIN	1968-1985
BASCONCILLOS - 1	CAMPESA	1963
BOVEDA - 1	COFISA	1973
BOVEDA - 1 bis	AUXINI	1976
BURGOS - 1	CIPSA	1966
CABANAS - 1	CAMPESA	1963
CADIALSO - 1	ENIEPSA	1984
CALDONES - 1(Gijon)	CIEPSA	1967
CANTONEGRO - 1	HISPANOIL	1987
CASTILLO - 1	CIEPSA	1960
CASTILLO - 2	CIEPSA	1961
CASTILLO - 3	CIEPSA	1964
CASTILLO - 4	CIEPSA	1966
CASTILLO - 5	CIEPSA	1973
CASTRO URDIALES - 1	COFAREX	1964
CEGAMA - 1	ENPENSA	1968
CORRES - 1	CIEPSA	1961
CRESPO - 1	CAMPESA	1963
DELICA - 1	CAMPESA	1954
DOBRO - 1	CAMPESA	1951
ELVIRA - 1	COFISA	1956
ELVIRA - 2 A	COFISA	1956
ELVIRA - 2 B	COFISA	1957
ELVIRA - 3	COFISA	1956
ELVIRA - 4 A	COFISA	1956
ELVIRA - 4 B	COFISA	1959

ELVIRA - 5	COFISA	1959
ENCARNACION - 1	COFISA	1957
ENTRAMBOSRIOS - 1	VALDEBRO	1970
ESCALADA - 1	AMOSFAIN	1966
ESPINOSA CB - 1	AUXINI	1974
ESPINOSA CB - 2	AUXINI	1974
GASTIAIN - 1	CIEPSA	1961
GUERNICA - 1	AMOSFAIN	1959
HONTOMIN - 1	AMOSFAIN	1965
HONTOMIN - 2	AMOSFAIN	1968
HONTOMIN SW - 1	ENIEPSA	1977
HONTOMIN SW - 2	ENIEPSA	1977
HUIDOBRO - 1	AMOSFAIN	1966
HUIDOBRO - 2	AMOSFAIN	1966
LA ENGARA - 1 bis	VALDEBRO	1969
LA HOZ - 1	COFISA	1960
LA HOZ - 2	COFISA	1966
LA POBLACION - 1	CAMPSA	1963
LAGRAN - 1	CIEPSA	1966
LARO - 1	CIEPSA	1957
LARO - 2	CIEPSA	1958
LEVA - 1	CAMPSA	1956
LEVA - 2	CAMPSA	1957
LIERMO - 1	VALDEBRO	1967
MANZANEDO - 1	ENIEPSA	1980

MARINDA - 1	ENPASA	1875
MATIENZO - 1	VALDEBRO	1956
MONILLO - 1	COFISA	1954
MONTORIO - 1	CHEVRON	1986
NAVAJO - 1	ENIEPSA	1983
OREGA - 1	COFISA	1966
OSMA - 1	AMOSPAIN	1967
PAMPLONA - 1	VALDEBRO	1958
PAMPLONA - 2	VALDEBRO	1959
PAMPLONA - 3	VALDEBRO	1960
PAMPLONA - 4	VALDEBRO	1960
PAMPLONA - 5	AUXINI	1973
PAMPLONA - 6	ENIEPSA	1982
PAMPLONA SUR - 1	VALDEBRO	1961
PEÑA ORTUN - 1	CAMPESA	1950
PINO - 1	AMOSPAIN	1966
POLIENTES - 1	AMOSPAIN	1966
POLIENTES - 2	AMOSPAIN	1969
RETUERTA - 1	VALDEBRO	1959
RIBERO - 1	COFISA	1966
RIBERO - 2	COFISA	1966
ROJAS - 1	CIEPSA	1969
ROJAS NE - 1	ENIEPSA	1978
ROZAS - 1	VALDEBRO	1969
ROZAS - 2	AUXINI	1971
SAL - 1	AMOSPAIN	1965

SAL - 2	AMOSPAIN	1966
SAN ANTONIO - 1	ENIEPSA	1983
SAN PEDRO - 1	VALDEBRO	1960
SAN PEDRO - 2	VALDEBRO	1961
SAN PEDRO - 3	VALDEBRO	1961
SOBRON - 1	CIEPSA	1967
SOBRON - 1 bis	CIEPSA	1967
SOPERANO - 1	COFISA	1959
SOPERANO - 2	COFISA	1959
SOPERANO - 3	COFISA	1959
SOPERANO - 4	COFISA	1960
TABLIEGA - 1	COFISA	1959
TOZO - 1	AMOSPAIN	1965
TOZO - 4	AMOSPAIN	1966
TOZO - 5	AMOSPAIN	1967
TRASAHEDO - 1	ENIEPSA	1983
TRESPADERNE - 1	ENIEPSA	1985
TREVINO - 1	CIEPSA	1957
TREVINO - 2	CIEPSA	1957
TREVINO - 3	CIEPSA	1958
TREVINO - 4	CIEPSA	1971
TREVINO - 1004	CIEPSA	1962
TREVINO - 1005	CIEPSA	1962
TREVINO - 1006	CIEPSA	1962
TUDANCA - 1	CAMPSA	1941
UBIDEA - 1	ENPENSA	1964

URBASA - 1	CIEPSA	1960
URBASA - 2	CIEPSA	1968
URBASA - 3	CIEPSA	1969
URBEL - 1	AMOSFAIN	1967
URRIA - 1	AMOSFAIN	1966
VALDEARNEDO - 1	CIEPSA	1971
VALLE de ALLIN - 1	CAMPSA	1980
VILLALTA - 1	AMOSFAIN	1961
VILLANUEVA de RAMPALAY - 1	CAMPSA	1952
VITORIA 0 - 1	CIEPSA	1963
VITORIA 0 - 2	CIEPSA	1963
VIVANCO - 1	COFISA	1965
ZAMANZAS - 1	CAMPSA	1942
ZAMANZAS - 2	CAMPSA	1944
ZAMANZAS - 3	CAMPSA	1945
ZAMANZAS - A - 1	AMOSFAIN	1962
ZUAZO - 1	AMOSFAIN	1961
ZUFIA - 1	CIEPSA	1960
ZURIGA - 1	CIEPSA	1955

La situación de estos sondeos se encuentra en el mapa geológico de la Cuenca Cantábrica C-1.

La información que de ellos se dispone (diferentes diagrfias: Sonic, Gamma Ray, electricos, etc.) es muy variable en cantidad y calidad debido principalmente al año de realización y al tipo de información que en su día se pretendía conseguir. Sin embargo, podemos decir que en conjunto la información de subsuelo de la Cuenca Cantábrica es muy elevada, fundamentalmente en el Dominio Cantabro-Navarro y que por lo tanto se conoce muy bien la estratigrafía de la cuenca en profundidad.

2.2. SONDEOS REPRESENTATIVOS INTERPRETADOS

De los sondeos de la Cuenca Cantábrica, se han elegido 11 representativos. Las columnas de éstos, se presentan en el formato original de las compañías petrolíferas (es decir, la columna litológica está dibujada entre dos registros de diagrafías). La escala vertical (profundidades) suele ser 1/500. Esta columna (o "composite log") está hecha a partir de todos los datos aportados por el sondeo, muestras, testigos, gráficos de avance, diferentes diagrafías etc..

En los sondeos más antiguos se dispone sólo de una Resistividad con un SP o un GR y a veces adicionalmente un GR/N o un GR/Sonico (rara vez los dos), en los más recientes suele haber un conjunto de registros numeroso y de buena calidad, que reconocen características petrofísicas de las rocas muy específicas.

Los sondeos incluidos en la interpretación estratigráfica a partir de diagrafías a escala 1:500 son los siguientes:

Montorio-1	C-2
Ribero-1	C-3
Ajo-1	C-4
Zúñiga-1	C-5
Aitzgorri-1	C-6
San Antonio-1	C-7
Boveda-1bis	C-8
Navajo-1	C-9
Cadialso-1	C-10
Aramayona-1	C-11
Rojas NE-1	C-12

2.3. CORRELACIONES ENTRE SONDEOS. ESTRATIGRAFIA

2.3.1. Correlaciones entre sondeos.

Se han generado cuatro planos donde quedan sintetizadas las columnas estratigráficas de los sondeos más representativos de la cuenca, así como su correlación. Tanto la interpretación de sondeos como la correlación se han realizado basándose en la interpretación de diagrafías.

El plano C-13, incluye la correlación de sondeos a través de la Cubeta Alavesa, siguiendo el desarrollo de la cuenca desde el Sinclinal de Villarcayo hasta la zona de la ciudad de Pamplona. Los sondeos que incluyen son los siguientes: Vivanco-1, Boveda-1bis, San Antonio-1, Apodaca-1,

Castillo-5, Castillo-1, Urbasa-1, Alda-1, Zuñiga-1 y Pamplona-5 (ver mapa de posición de sondeos, C-1). Las litologías encontradas por los sondeos van desde el Triásico hasta el Terciario.

En la Cubeta Alavesa existen muchos pozos similares al sondeo Castillo-5, San Antonio-1 o Alda-1, siendo la disposición estratigráfica y mayor desarrollo de la serie geológica que éstos presentan, la que caracteriza a la cubeta. Sin embargo existen puntos distintos que corresponden a mínimos estratigráficos representados por los sondeos Apodaca-1 y Urbasa-1, que nos ha parecido interesante incluir por resaltar su importancia. Estos dos sondeos no cortan toda la serie que se ha incluido en la correlación. Esta parte de la serie se ha determinado a partir de los datos del sondeo Urbasa-2 y de la información sísmica que se comentará en el capítulo siguiente.

Los planos C-14 y C-15, incluyen la correlación de los sondeos en el área de la Plataforma Burgalesa y Banda Plegada, zona más meridional del Dominio Cantabro-Navarro.

El plano C-14, que contiene los sondeos Urbel-1, Pino-1 Hontomín SW-1, Hontomín SW-2, Sal-2, Valdearnedo-1, Rojas-1 y Rojas NE-1, presenta una correlación aproximadamente paralela a las estructuras tectónicas y principalmente situada en la Banda Plegada.

Estos sondeos muestran litologías que van desde el Triás hasta el Terciario. Cabe destacar el acuñamiento que sufre el Purbeck hacia el E, la dificultad de establecer el límite entre el Weald y el Albense y los mínimos o ausencias estratigráficas debidos a la actividad halocinética (ausencia Jurásico y parte de Purbeck en el sondeo Pino-1, mínimo Jurásico en Hontomín SW-1, ausencia del Weald y mínimo Albense en el sondeo Sal-2).

Es interesante también destacar la potente serie terciaria cortada por el sondeo, Valdearnedo-1, situado en la fosa terciaria de la Bureba.

En la correlación también se incluye uno de los pocos pozos de la Cuenca Cantábrica que llegan al Paleozoico. El sondeo Rojas NE-1, atraviesa una potente serie, fundamentalmente salina, de edad Triásica, sin encontrar dentro del Triás ninguna facies dolomítica típica del Muschelkalk sobre el Buntsandstein.

El plano C-15, incluye los sondeos: Tozo-1, Ayoluengo-1, Cadialso-1 y el sondeo Zamanzas A-1. Presenta una correlación perpendicular a las estructuras, quedando el

sondeo Tozo-1 en la Banda Plegada, los sondeos Ayoluengo-1 y Cadialso-1 en zona de Plataforma Burgalesa y el sondeo Zamanzas A-1 en la banda tectónicamente compleja de Zamanzas- Montes de Tesla. Es importante destacar en esta correlación la potente serie de Cretácico Inferior alcanzada por el sondeo Cadialso-1, situado en la zona más oriental de la Cubeta de Polientes y la disminución progresiva de casi toda la serie estratigráfica hacia la Banda Plegada y la Banda de Zamanzas. Esto es debido a la tectónica salina, activa desde el Jurásico y que afecta a estas series, condicionando falta de depósito, erosión, etc.

El plano C-16, presenta una correlación esquemática de los sondeos existentes en la zona de Santander: Ancillo-1, Matienzo-1, Liermo-1, Ajo-1 y Oreña-1. Se presenta un resumen de la estratigrafía de los pozos, en una zona de compleja y de debatida interpretación, en la que cabe destacar la superposición de unidades.

En el área del Arco Vasco existen pocos pozos perforados (ver mapa de posición de sondeos C-1) y fundamentalmente en el Anticlinorio de Bilbao. Aunque no se ha realizado ningún plano correspondiente a los pozos de la zona, conviene comentar las características más importantes de éstos :

Los sondeos Castro Urdiales-1 y Monillo-1 situados al NO del Anticlinorio de Bilbao cortaron un Jurásico marino bastante completo y "clásico", incluyendo parte del Malm. Prácticamente situados en la zona de Santander, estos sondeos fueron implantados en calizas urgonianas. Ambos sobre una misma estructura anticlinal, localizaron un amplio pliegue tumbado, con repetición de la serie Jurásico-Cretácico Inferior en el flanco inverso.

En el extremo SE del Anticlinorio de Bilbao se perforó el sondeo Aitzgorri-1, que entró en un núcleo salino bajo el Wealdense y el sondeo Aramayona-1, que se supuso finalizado en un "Paleozoico" bajo Wealdense discordante, aunque también podría haber terminado en Wealdense metamorfozido, ya que no existen datos paleontológicos concluyentes.

El sondeo Atizgorri-1 (C-6), después de más de 2.000 m. de Urganiano, sólo atravesó 200-300 m. de Wealdense arenoso antes de entrar en 2.000 m. de serie salina. En un primer momento se pensó en una edad Cretácica para esta serie salina, sin embargo, la experiencia regional hace pensar a la mayoría de los autores, que sea de edad Keuper.

El sondeo Aramayona-1 (C-11) atravesó 3.000 m. de Wealdense. Los 550 m. últimos fueron atribuidos al

Carbonífero, pero la identidad de facies con el Wealdense hacen más probable la presencia de este en el fondo del pozo, aunque es evidente el aumento de metamorfismo con la profundidad.

Los sondeos Ubidea-1 y Arratia-1 se perforaron sobre rasgos anticlinales en la zona central del Anticlinorio de Bilbao. El primero iniciado en Wealdense no superó este, tras 1.800 m. de avance, el segundo perforó 2.550 m. de Cretácico Inferior, aunque los últimos metros pudieran ser Paleozoico.

Por último el sondeo Cegama-1, perforado en una estructura anticlinal al NE del Anticlinorio de Bilbao y al SE del Sinclinorio de Vizcaya, repitió el problema salino de Aitzgorri-1. El sondeo superó la sal atravesando un Wealdense, un probable Jurásico arcillo-margoso y un Albo-Aptense.

El sondeo Guernica-1, único sondeo situado al Norte del Anticlinorio de Bilbao, cercano a la costa Cantábrica, en un afloramiento salino, después de cortar pocos metros de cuaternario y Lías, perforó unos 1.500 m. de serie salina del Keuper.

2.3.2 ESTRATIGRAFIA

A continuación se describen las características de las formaciones que componen el subsuelo de la Cuenca Cantábrica en su globalidad:

Paleozoico

En el Paleozoico se incluyen rocas afectadas por la orogenia hercínica.

El Paleozoico aflora sólo en los límites orientales y occidentales de la cuenca y funciona como sustrato sobre el cual se depositan sedimentos mesozoicos y terciarios. El Paleozoico se compone tanto de materiales pre-hercínicos del Ordovícico, Silúrico, Devónico y Carbonífero Inferior, con un metamorfismo regional de bajo grado, como de materiales sin-hercínicos del Carbonífero Medio y Superior que no presentan metamorfismo. Contiene también algunas inclusiones graníticas como el importante afloramiento del Macizo de Cinco Villas.

Los depósitos Permicos se incluyen en el Triásico por su similitud con los depósitos Buntsandstein.

El Paleozoico es poco conocido en el subsuelo de la Cuenca Cantábrica, debido a los pocos pozos que lo han perforado y casi siempre con muchas dudas, como por ejemplo

las de los sondeos situados en el área central del Anticlinorio de Bilbao que podrían encontrar Paleozoico bajo un Cretácico Inferior.

El sondeo Navajo-1 (C-9) situado entre el Pantano del Ebro y el Sinclinal de Villarcayo, bajo un Permo-Bunt, corta 500 m. de un Devónico Medio y Superior arcillo-carbonatado y después 128 m. de Devónico Inferior carbonatado.

El sondeo Rojas NE-1 (C-12) situado en la zona más meridional de la Cuenca Cantábrica bajo un Bunt que en algunos casos se ha interpretado como Purbeck, corta unos 200 m. de arcillas, areniscas y calizas atribuidas al Carbonífero Inferior, aunque con dudas, y después, 171 m. de arcillas y areniscas atribuidas, también con dudas, a episodios pre-Carboníferos.

Ya en la Cuenca del Duero, los sondeos San Pedro reconocen algunos metros de Paleozoico.

Triásico

El Triásico presenta facies germánicas con las clásicas divisiones Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper. Estas divisiones están más relacionados con facies sedimentarias que con límites cronoestratigráficos.

Facies Buntsandstein

Está compuesta de rocas Pérmicas y del Triásico Inferior, que afloran después de una importante discordancia sobre el Paleozoico. Estas facies pertenecientes a un depósito continental están constituidas por conglomerados, areniscas y arcillas.

En general se observa una disposición granocreciente de la base al techo, de forma rítmica, a nivel de megasecuencia, con repeticiones de secuencias, a su vez, granodecrecientes.

Como ocurría con el Paleozoico, pocos sondeos de la Cuenca Cantábrica cortan el Bunt, y en algunos casos con dudas.

De N a S, en la Zona de Santander, los sondeos Ancillo-1 y Matienzo-1 encuentran más de 100 m. de Bunt detrítico.

El sondeo Ribero-1 (C-3) al Norte del diapiro aflorante de Villasana de Mena podría encontrar un Bunt arcilloso en los últimos metros del pozo.

El sondeo Navajo-1 (C-9) corta 639 m. de facies Bunt, con diferentes criterios de si su edad es Pérmico o Buntsandstein.

Por último, el sondeo Rojas NE-1 (C-12), aunque con las dudas expuestas en el apartado anterior, corta 269 m. de facies detríticas atribuibles al Buntsandstein.

Facies Muschelkalk

Es una serie carbonatada que se reconoce en afloramientos entre el Buntsandstein y el Keuper. Aunque en algunos sondeos se reconoce este carácter carbonatado, en la mayoría de ellos se observa la existencia de niveles salinos muy abundantes, haciendo a veces muy difícil el reconocimiento del Triásico Medio debido a la presencia de típicas facies salinas Keuper dentro del Muschelkalk.

Si únicamente la presencia de carbonatos nos habla de facies Muschelkalk, éstas las observamos aunque intercaladas con numerosas sales en los sondeos Navajo-1 (C-9), Ribero-1 (C-3), San Antonio-1 (C-7), Corres-1, etc. Sin embargo en el sondeo Rojas NE-1 (C-12) la facies Keuper se disponen directamente sobre el Permo-Bunt.

En conjunto, en la Cuenca Cantábrica el Triás Medio y Superior es salino, aunque hacia la base se reconocen intercalaciones dolomítico-anhidríticas más abundantes. Por esta razón se deben tratar conjuntamente. Este carácter salino debido a los procesos de alteración de la halita en superficie, sólo se ha podido observar a partir del estudio de los sondeos que cortan el Triás.

En la zona de Santander también se cita con dudas un Muschelkalk en unas facies fundamentalmente arenosas.

Facies Keuper

En este apartado se tratará, de acuerdo con lo anteriormente descrito, el Triás Medio y Superior. Incluyendo dentro de este conjunto los carbonatos alternantes con sales encontradas a la base de esta serie. Las facies Keuper están constituidas por una serie prácticamente salina con intercalaciones arcillosas, anhidríticas, dolomíticas y ofíticas.

El límite superior del Triás salino es la alternancia de anhidritas y dolomías del Lías Inferior, conocida como "Carniolas". Sin embargo, debido a la actividad diapírica del Triás salino, en numerosos casos se producen erosiones y/o falta de depósito en los altos de las estructuras

halocinéticas, o simplemente extrusión de la sal a través de las series suprayacentes, total o parcialmente, por lo que el techo de la sal puede estar en contacto con casi toda la serie sedimentaria depositada después del Triás.

El límite inferior es difícil de definir cuando no existen carbonatos del Muschelkalk. En estos casos existe un tránsito a unas facies detríticas del Bunt.

Existe un gran número de sondeos que cortan el Triás salino, aunque pocos lo hacen suficientemente (ver plano C-30).

A partir del estudio de las diagramas de los sondeos, se pueden identificar paquetes litológicamente diferenciables: salinos, anhidríticos, arcillosos, ofíticos, etc... Sin embargo, la serie que cortan los sondeos no corresponde, en general, a la serie estratigráfica original, y ello es debido a la intensa actividad halocinética a la que ha estado sometido el Triás salino. Es pues, muy difícil la reconstrucción estratigráfica de éste, ya que ha sido total o parcialmente removilizado. Los sondeos que cortan los flancos o el núcleo de estructuras salinas (Abar-1, Atauri-1, etc.) reconocen mayor número de tramos salinos con respecto a los sondeos situados en los sinclinales, centros de migración de la sal. Es en éstos, en los que reconocemos proporcionalmente mayor número de capas más densas que la sal: anhidritas, carbonatos, ofitas, etc., y por consiguiente menos susceptibles de movilización (San Antonio-1 (C-7), Castillo-5, etc.).

Debido a la actividad halocinética a la que ha estado sometido el Triás salino, es difícil saber donde se encontraba la mayor potencia de sal, ya que gran parte de ella no está en su posición original. Sin embargo, todo parece indicar que las menores potencias originales se encontraban al Sur, donde se sitúa el límite deposicional de la Cuenca Triásica, aumentando progresivamente hacia el Norte.

Jurásico

El Lías y la mayor parte del Dogger está representado por una secuencia marina carbonatada similar a la descrita en la Iberica, Pirineos, Portugal y áreas del Atlántico Norte.

El Jurásico está cortado por numerosos sondeos (C-21 y C-22), por lo que se conoce muy bien en el subsuelo, sobre todo en la zona E del Dominio Cantabro-Navarro.

A través del estudio de los sondeos (ver planos de correlación C-13, C-14, C-15, y C-16) se observa que el paso Triás-Jurásico no está bien delimitado.

En ocasiones, el Retiense está compuesto por unas dolomías seguidas por unas calizas laminadas que presentan en su base pequeños niveles volcánicos.

El Hettangiense está representado por dolomías y anhidritas en las facies conocidas como "Carniolas". Sin embargo estas diferencias no se observan muy bien a partir de diagráfias.

Encima de estas facies, se reconoce muy bien un conjunto calizo en bancos potentes con presencia de oolitos, atribuible al Sinemuriense Inferior y Medio. El episodio siguiente es el correspondiente al "Lías margoso", compuesto de calizas, calizas margosas y margas negras que se distribuyen en forma de ritmos. En la base de esta formación se deposita en ciertas zonas de la cuenca una caliza detrítica (granos de cuarzo) o calcarenitas.

El Dogger presenta, a partir del estudio de diagráfias, una facies parecidas a las del "Lías margoso", aunque menos margosa. El Bajociense-Bathonense corresponde a un periodo más carbonatado y el Calloviense a uno más margoso. Estos cambios son fácilmente observados en las diagráfias de muchos sondeos.

A techo, el Dogger en los sondeos más meridionales muestran cierta influencia detrítica. El paso del Dogger al Malm se hace, como en la Cordillera Ibérica, por medio de un hiato o condensación de capas. La cuenca del Malm marino queda limitada a la zona de Vizcaya-Navarra y Sur de Alava (Treviño-Peñacerrada). El Oxfordiense presenta biofacies litorales que localmente pueden ser continentales (Peñacerrada) con escasos foraminíferos. Generalmente son margas limolíticas o arenosas y calizas limolíticas (pelmicritas) salvo en Guernica (arcillas piritosas) y en la zona de Aralar (calizas con sílex). En esta última zona, así como en el sondeo de Castro Urdiales-1, se encuentran facies de calizas, a veces recifales, en el Kimmeridgiense. El espesor máximo del Malm marino es de 290 m. en el sondeo de Castro Urdiales-1 (plano C-23).

El hecho de que en la mayoría de los sondeos de la Cubeta Alavesa (ver plano C-13) se encuentren Jurásicos de poco espesor, incompletos o no se encuentren, no quiere decir que éste no se haya depositado o sólo se haya depositado parte de él. Estas ausencias o mínimos, se deben a la actividad de grandes fallas de colapso que han desplazado

estos materiales varios kilómetros de su posición original, quedando amplias zonas a techo del Triás sin presencia de ellos.

En numerosas ocasiones se observan adelgazamientos del Jurásico en algunos sondeos de la Plataforma Burgalesa, banda de los Montes de Tesla, La Hoz-Sobrón, coincidiendo con zonas de estructuras salinas, siendo estos mínimos o ausencias debidos precisamente a la tectónica salina presente en el área. En el sondeo Pino-1 pasa directamente del Purbeck Superior al Triás, los sondeos Hontomín SW-1 y 2 presentan Jurásicos incompletos, etc. Estos sondeos están situados a techo de estructuras salinas (ver plano C-14).

Cretácico

Complejo Wealdico (Fig. 2)

El complejo Wealdico incluye los sedimentos del Malm y del Cretácico Inferior (pre-Aptense), que en la Cuenca Cantábrica se conocen tradicionalmente por "Facies Purbeck y Weald".

En contraste con las uniformes secuencias marinas jurásicas, los depósitos wealdenses se caracterizan por mostrar evidencias de un tectonismo local contemporáneo (movimientos neokimericos o austrícos). La característica más significativa es la existencia de importantes secuencias terrígenas, en la mayoría de los casos no marinas, el desarrollo de rupturas estratigráficas de importancia regional y una fuerte aceleración de la subsidencia diferencial. Más de 4.000 m. de facies Weald fueron depositadas en la Cuenca Cantábrica.

Desde el Calloviense las series sedimentarias son diferentes en cada uno de los dominios paleogeográficos de la Cuenca Cantábrica, y su descripción debe hacerse por separado (PUJALTE, V., 1.986).

En la plataforma de Guipúzcoa, la sucesión, no controlada por sondeos, está constituida por tres megasecuencias deposicionales enmarcadas a muro y techo por importantes rupturas estratigráficas:

a) Macrosecuencia Oxfordiense-Kimmeridgiense (250 m.): está constituida hacia la base por una caliza margosa con intercalaciones de areniscas correspondientes a unas facies de plataforma interna, y por calizas bioclásticas en el resto de la serie hasta el techo.

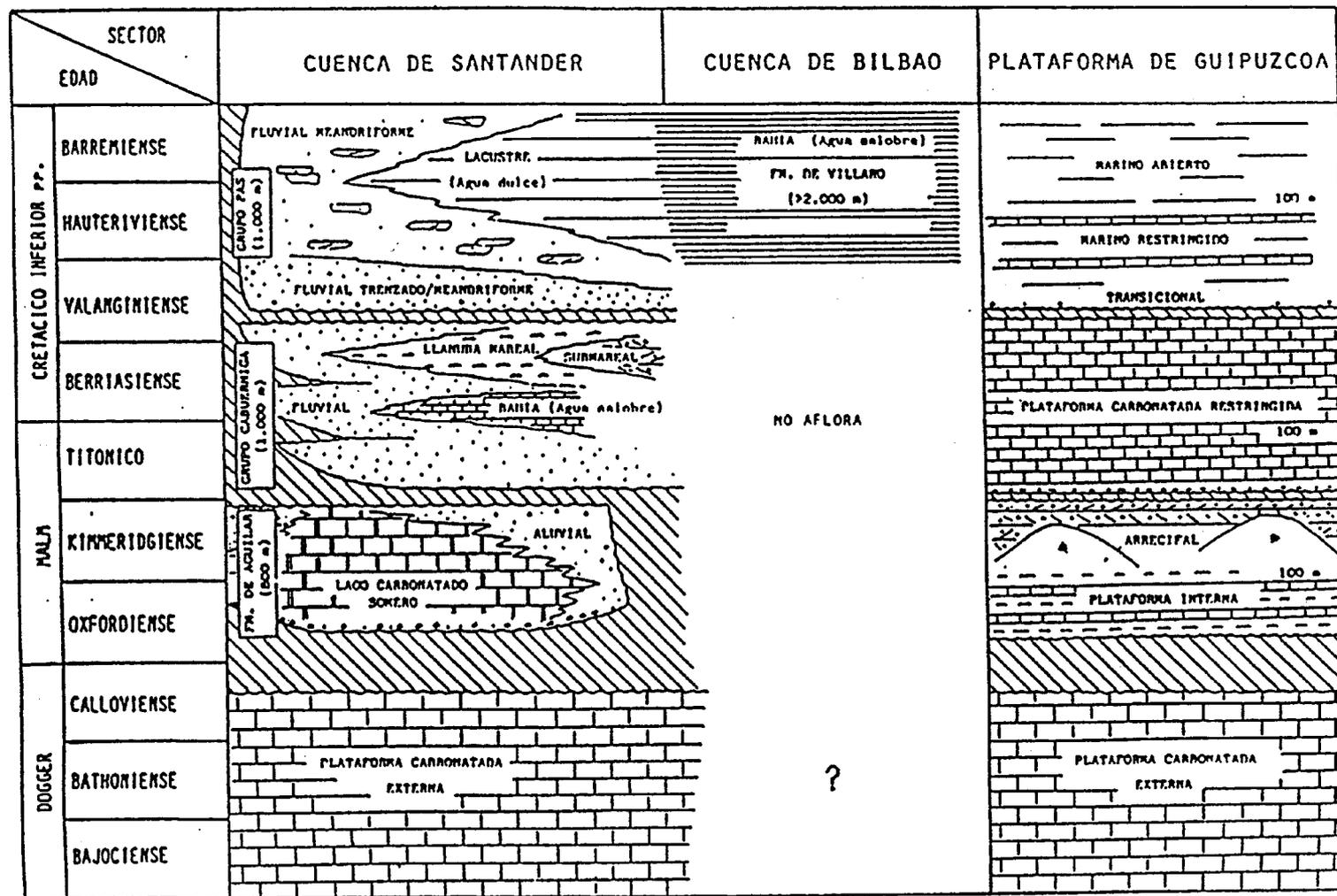


Figura 2 - Cuadro de correlación litoestratigráfica del Dogger, Malm y Cretácico inferior pp. en la región Vasco-Cantábrica. García Mondéjar, J. y Pujalte, V. (1981).

b) Macrosecuencia Titónico-Berriasiense (100-200 m.): está constituida por conglomerados y calizas lacustres hacia la base y carbonatos arcillosos oscuros de facies salobres y marinas el resto.

c) Macrosecuencia Valanginiense-Barremiense (100-500 m.): está constituida por areniscas y arcillas depositadas en un medio de agua dulce en su parte inferior variando hacia el techo a arcillas con alternancias salobres y finalmente a pizarras.

En el Dominio Peri-Asturiano y en el E del Cantabro-Navarro (la Plataforma Burgalesa- Banda Plegada) incluidos en la Cuenca de Santander en la Fig. 1, la sucesión Wealdiense presenta también tres macrosecuencias deposicionales correlacionables en el tiempo por las anteriormente citadas. La inferior, representada por la Formación Aguilar, está caracterizada por calizas lacustres ("Calizas de Aguilar") y por depósitos terrígenos aluviales y por las Formaciones Saja y Piñeres de carácter fluvial y aluvial respectivamente, que constituyen un cambio lateral con la Formación Aguilar.

Estas formaciones son conocidas clásicamente en los sondeos como "Facies Purbeck" y sus características se reconocen en los sondeos Tozo situados en la Banda Plegada. Éstos, tienen bien representada la "Calizas de Aguilar" y los terrígenos aluviales conocidos como "Arcillas Rojas". También se observa claramente en los sondeos el cambio de facies de las calizas lacustres a facies fluviales, aumentando hacia el N progresivamente, las "Arcillas Rojas" con respecto de las "Calizas de Aguilar". Este fenómeno es patente en la evolución que muestran los sondeos Tozo-1, Ayoluengo-1 y Cadialso-1 (C-15).

El sondeo Cadialso-1, situado en la Cubeta de Polientes presenta una estratigrafía muy similar a la descrita en superficie en el Anticlinal de Polientes, con depósitos de la Formación Aguilar, fundamentalmente ya detríticos, de unos 1.000 m. de potencia (200 m. más de los descritos para esta formación en superficie).

Hay que destacar que estas facies, tanto carbonatadas como detríticas, en la zona de la Banda Plegada, desaparecen progresivamente hacia el E, quedando las "Facies Weald" o Albenses, de las que se hablará más tarde, sobre el Jurásico (C-14).

La secuencia intermedia está representada por el grupo Cabuérniga, constituido por carbonatos de facies salobres (Formación Aroco), conocidos por "Facies de Ostrácodos",

depósitos fluviales (Formación Arcera) y depósitos mareales y submareales (Formación Loma Somera), conocidos por "Facies de Briozoos". Esta secuencia, descrita fundamentalmente en los afloramientos del Anticlinal de Polientes, se reconoce, como ocurría en la secuencia anterior, en el sondeo Cadialso-1 (C-15). Pudiendo realizarse un buen seguimiento de las formaciones del Cretácico Inferior, a partir de las líneas sísmicas (confidenciales) entre dichos afloramientos y el sondeo.

La secuencia superior, representada por el Grupo Pas está constituida por depósitos fluviales anastomosados (Formación Bárcena Mayor) y por depósitos pertenecientes a un sistema fluvial meandriforme con influencias lacustres (Formación Vega de Pas), cambiando hacia el techo a niveles marinos del Complejo Urganiano. También se reconocen estas secuencias muy bien en los sondeos Ayoluengo-1 y Cadialso-1 (C-15), que incluían clásicamente la Formación Bárcena Mayor dentro de las llamadas "Facies Furbeck" y a la Formación Vega de Pas dentro de las llamadas "Facies Weald".

En el Arco Vasco, el complejo Wealdico está sólo representado por una unidad esencialmente constituida por arcillas negras con intercalaciones de areniscas (Formación Villaro), atribuida por correlación lateral y posición estratigráfica con la megasecuencia superior (Valanginiense-Barremiense). Las facies sedimentarias pertenecen a un medio de depósito de bahía.

Esta formación se reconoce, al menos parcialmente, en los sondeos Arratia-1, Aramayona-1 (C-11) y Ubidea-1, en los que se observa arcillas y limos grises compactos, con intercalaciones de areniscas y margas.

El muro de esta formación no aflora en ningún sitio. A partir de los sondeos se le atribuyen más de 2.000 m.

En general el complejo Wealdico es bien conocido en el subsuelo de la cuenca Cantábrica, ya que numerosos sondeos lo han atravesado, existiendo gran concordancia con lo observado en los afloramientos.

Complejo Urganiano

El llamado Complejo Urganiano es una potente secuencia de calizas, margas, limos, areniscas y conglomerados, caracterizada por las calizas urgonianas de rudistas.

El Urganiano constituye la primera fase Cretácica predominantemente carbonatada, y es una de las más espectaculares en toda la Península Ibérica.

Sus principales afloramientos están en la parte Norte de la región, principalmente en Cantabria (Dominio Peri-Asturiano) y en el Arco Vasco (García Mondejar, J., 1.985). Lo reconocen los sondeos de la zona de Santander (C-16) y alguno del Arco Vasco, como los sondeos Aitzgorri-1 (C-6), Monillo-1, Castro Urdiales-1 y Cegama-1.

Dentro del Dominio Cántabro-Navarro, en la Cubeta Alavesa, se encuentra bien representado el "Urgoniano", sondeo Alda-1, Urbasa-1 etc. Existen pozos con ausencia de Aptense, como San Antonio-1, o mínimos, como Castillo-5. Esto no es debido a que no haya sido depositado este, sino a la actividad de fallas lístricas de cobertera, que como ocurría en el Jurásico han desplazado kilómetros estos materiales (C-13).

En la Plataforma Burgalesa- Banda Plegada, los equivalentes del complejo Urgoniano, casi completamente terrígenos, hacen muy difícil diferenciarlos del Weald o del Albense. En los sondeos se observan niveles de lignitos entre el Weald y el Albense, que podrían ser equivalentes del Urgoniano, pero debido a la ausencia de datos concluyentes se han incluido en el conjunto Albense.

El conjunto del Complejo Urgoniano alcanza una potencia de más de 4.000 m. en el centro y E de la región.

La distribución de las facies urgonianas en la región es muy compleja. Potentes masas de calizas cambian rápidamente a margas con cantidades variables de areniscas o incluso conglomerados. El máximo desarrollo de arrecifes se observa en el Oeste (Dominio Peri-Asturiano) y en el Este (Anticlinorio del Arco Vasco). Existen pocas calizas arrecifales en la parte central (zona de Bilbao) y mucho menores en la zona Sur, donde los materiales terrígenos son dominantes, y como ya hemos comentado en el estudio de los sondeos, pueden confundirse con facies Weald o Albenses.

Albocenomanense (Fig. 3)

El Albocenomanense es una unidad sedimentaria de gran escala, generalmente conocida en la literatura como "Complejo Supra-Urgoniano". Está ampliamente representada y constituye generalmente una potente sucesión de sedimentos predominantemente terrígenos. El influjo masivo de clásticos en el Albense Superior produce primero una reducción y después una completa desaparición de la sedimentación en plataforma carbonatada (urgoniana). El influjo también coincide con un importante cambio en el esquema de subsidencia, que produce una reorganización paleogeográfica completa.

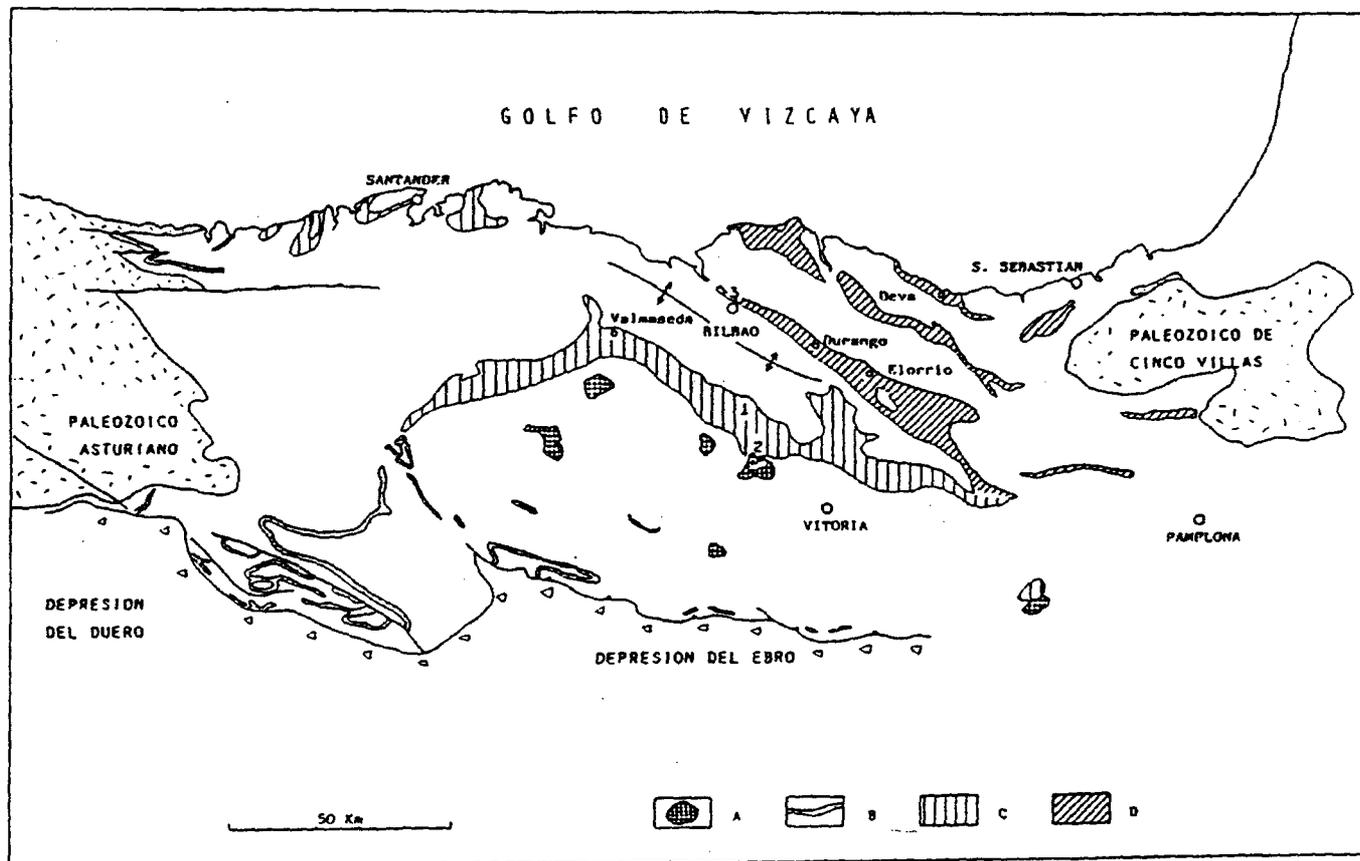


Figura 3.- Mapa de afloramientos de la macrosecuencia Albo-Cenomaniense. A. Diapiros triásicos; B. S. continentales (principalmente Fm. de Utrillas); C. S. deltaicos y marino-someros; D. S. turbidíticos. Pujalte, V. (1.986)

Hacia el Sur de la Cuenca existe un cinturón de baja subsidencia, en el cual se depositó la formación fluvial Utrillas (200-300 m.). En el siguiente cinturón hacia el NE el ritmo de subsidencia fue más rápido, pero la sedimentación llevó el mismo paso que éste, de manera que se formó una potente pila de depósitos deltaicos y marinos someros, la mayoría de ellos incluidos en la Fm. Valmaseda (3.000-4.000 m.). En un tercer cinturón hacia el Norte, la subsidencia fue la más rápida, penetrando la invasión de sedimentos marinos profundos que dieron lugar a la deposición del flysch negro (Fm. Deva)(García Mondejar, J. et al., 1.985).

En resumen, los sistemas que constituyen la secuencia Albocenomanense se pueden dividir en tres grupos, dependiendo de los medios sedimentarios en los que se depositaron, presentando desde el SO al NE una evolución desde un medio continental a turbidítico, pasando por un medio deltaico y marino somero.

El Albocenomanense está bien reconocido en el subsuelo de la Cuenca Cantábrica, ya que muchos sondeos lo cortan.

Los sondeos de la zona SO de la Cuenca Cantábrica: Banda Plegada, Plataforma Burgalesa y aproximadamente hasta el N del Sinclinal de Villarcayo, reconocen facies de conglomerados y areniscas pertenecientes a la Fm. Utrillas, como se observa en las correlaciones C-13, C-14, y C-15. Como se ha comentado en el apartado anterior, dentro del conjunto Utrillas se han incluido unas facies de areniscas con lignitos situados a techo del Weald, que podrían ser equivalentes del Complejo Urgoniano, pero que por su similitud con las facies Utrillas y falta de datos paleontológicos son muy difíciles de delimitar.

Hacia el Norte, el estudio de los sondeos también encuentra un cambio de facies de la fluvial Fm. Utrillas, a los depósitos deltáicos y marinos someros pertenecientes a la Fm. Valmaseda y equivalentes, como se observa en la correlación de la Cubeta Alavesa (C-13).

La formación aflora en el Dominio Peri-Asturiano, Cubeta Alavesa y SO del Anticlinorio de Bilbao.

Dentro de la Fm. Valmaseda se pueden diferenciar, a partir del estudio de los sondeos, dos tramos lutíticos, uno a base y otro a techo de la Formación, correspondientes a facies distales de prodelta, y un tramo areniscoso intermedio perteneciente a facies de frente deltaico (C-13) que representan el Albocenomanense en la Cubeta Alavesa.

Estos tres tramos forman un conjunto sedimentario perteneciente a un sistema deltaico, como se desprende del análisis de las diagráfias (tipos de secuencias y facies), de los datos de ripios y testigos (se describen abundantes restos vegetales y foraminíferos) y de los estudios de superficie (PUJALTE, V.,1986).

En el sondeo Apodaca-1 (C-13) y en los afloramientos se reconocen dos ciclos de sedimentación deltaica, siendo al menos el superior retrogradante, ya que las facies del prodelta se disponen sobre facies del frente deltaico. Este ciclo superior representa por otra parte, una reactivación de la dinámica deltaica y la progradación sobre facies del prodelta del ciclo inferior.

No se observan a muro y a techo del tramo arenoso intermedio rupturas de envergadura. Habría que pensar que la ruptura entre los dos ciclos mencionados más arriba, se sitúa dentro de dicho tramo arenoso intermedio. Sin embargo, debido a la litología arenoso-arcillosa de que está compuesto, es muy difícil definir dicha ruptura (ver sondeo Apodaca-1 y comparar con la serie Albocenomanense descrita en campo).

El tramo lutítico superior se reconoce desde el área de Pamplona hasta el O del Diapiro de Villasana de Mena, donde finalizan los afloramientos. De hecho, en el sondeo Vivanco-1, situado al SO de dicho diapiro, únicamente está presente el tramo arenoso intermedio y el tramo lutítico inferior. Hacia el S, a partir del estudio de los sondeos, se observa sin embargo, que el tramo lutítico superior se extiende mucho más que el tramo lutítico inferior.

Como se ha comentado, el tramo lutítico inferior, únicamente se observa en los sondeos más meridionales (Vivanco-1, Apodaca-1), mientras que en los sondeos San Antonio-1, Castillo-1 y 5, etc... encima del Aptense se sitúan directamente las facies detríticas del frente deltaico del tramo arenoso intermedio Albocenomanense, y sobre éstas, las facies lutíticas del tramo lutítico superior. Por lo tanto en el área meridional de estudio únicamente se observa un ciclo deltaico retrogradante. Al SO y S, en el Anticlinal Sobrón-La Hoz y Sur del Sinclinal de Treviño, las facies observadas en la totalidad del Albocenomanense ya son muy proximales, de frente deltaico "Fm. Utrillas" (sondeos La Hoz-1, Bóveda-1bis y Treviño)(C-13).

En el área alrededor de la Sierra de Urbasa, al SE de la zona de estudio, el esquema deltaico anterior debe ser algo distinto. Posiblemente debido al levantamiento progresivo del umbral (observado con sismica y sondeos) de la

Sierra de Urbasa, causado por la actividad de grandes fallas listricas, se observa una discordancia progresiva entre el tramo arenoso intermedio y el tramo lutítico superior Albocenomanense. Esto condiciona una cubeta al S y al E del "Alto de Urbasa", con gran depósito de materiales finos desde dicho tramo lutítico superior Albocenomanense hasta el Coniacense Inferior, que disminuyen progresivamente hasta casi desaparecer hacia el Alto de Urbasa, como se observa a partir del estudio de la sísmica (C-17) que se comentarán en el capítulo siguiente.

El último medio sedimentario del conjunto Albo-Cenomanense que se desarrolla al Norte del Arco Vasco y está compuesto de unas facies flysch depositadas en un medio turbidítico constituido por terrigenos y carbonatos, no tiene control de sondeos.

Cretácico superior

Es una serie constituida fundamentalmente por sedimentos marinos, arcillas y calizas en general, y localmente por areniscas o facies flysch. En el Cenomanense Medio se produce una nueva transgresión que implanta en la región un regimen deposicional totalmente marino.

La Cuenca Cantábrica mantiene la estructuración creada a partir del Jurásico Superior, por lo que se conservan los dominios paleogeográficos que condicionaron la deposición de las formaciones sucesivas. En el SO de la región (fundamentalmente en la Plataforma Burgalesa) el Cretácico Superior está representado por la Formación Tesla, constituida por una alternancia de niveles carbonáticos (calizas y dolomías) con alguna intercalación de areniscas, como se observa en lo expuesto en las correlaciones C-14, y C-15. El ambiente sedimentario es marino litoral o nerítico.

Hacia el NE, en el Dominio Peri-Asturiano, en la Cubeta Alavesa y en el Anticlinorio de Bilbao (Arco Vasco), el ambiente sedimentario evoluciona a condiciones más profundas, depositándose materiales predominantemente margosos, con alguna intercalación carbonática, que alcanza su máximo desarrollo en la Cubeta Alavesa, con las Formaciones Calizas de Gárate, Margas de Zuazo, Calizas de Subijana, Margas de Osma y Margas de Ariñez como se observa en sondeos expuestos en las correlaciones de la Cubeta Alavesa (C-13).

El estudio de los sondeos permite observar que el ambiente sedimentario evoluciona hacia condiciones más profundas también hacia el E, como se pone de manifiesto en la correlación citada. De hecho las Calizas de Gárate y de Subijana en los sondeos más orientales, como Alda-1, Zúñiga-1, etc... presentan equivalentes fundamentalmente margosos.

Más al NE, en el área de Guipúzcoa, sin control de sondeos, el ambiente sedimentario es turbidítico de talud, depositándose materiales carbonáticos y margosos en facies flysch.

A partir del Santoniense Superior, las fases alpinas se manifestaron en la cuenca con mayor intensidad, produciéndose un gradual levantamiento que dió origen al comienzo de la regresión Cretácica. El estudio de sondeos reconoce facies más someras a partir de este momento, llegando a encontrar un Maestrichtiense Inferior de facies de plataforma muy proximales. Al mismo tiempo es muy probable que el actual Anticlinal Vizcaino llegara a emerger, lo que pudo dar lugar a la división y separación de la cuenca de sedimentación de la Cubeta Alavesa de la del Flysch Cantábrico.

Terciario preorogenico

La macrosecuencia sedimentaria del Cretácico Superior, pasa progresivamente a términos superiores ya de edad Paleógena. El ambiente sedimentario es similar al anterior, aunque en facies más someras, como corresponde al inicio de un periodo regresivo.

Las litologías son también similares, predominando los sedimentos carbonáticos.

En el área SE de la región (área de Navarra y S de la Cubeta Alavesa) se implanta un episodio netamente continental: la facies Garumnense, caracterizada por arcillas versicolores. Su edad es Maestrichtiense o Danense.

En la Zona de Santander y la Cubeta Alavesa el comienzo del Terciario viene marcado por una intensa dolomitización en los niveles carbonáticos de la serie Senonense-Paleocena, circunstancia que caracteriza a este periodo, como se observa en los sondeos Urbasa-1, 2 y 3, Laño-2, Treviño-3 y Trespaderne-1.

Al NE del Anticlinorio de Bilbao, perduran las condiciones sedimentarias de periodos anteriores, por lo que el Paleógeno está representado por materiales carbonáticos y margoso en facies flysch. Estos materiales no tienen control de sondeos.

Terciario sin y post-orogenico

Se incluye en este apartado los materiales del Oligoceno y Neógeno, cuya deposición se produjo durante o después del paroxismo alpino.

En el comienzo del Oligoceno se produce en toda la región una acusada ruptura sedimentaria, marcada por una discordancia cartográfica y angular, y por la aparición de un nivel de conglomerados. A continuación se deposita una serie de materiales, que al principio conservan características marinas, pero que rápidamente pasan a ser cada vez más continentales. En el Mioceno la sedimentación es ya totalmente continental, pasando el protagonismo sedimentario a la Cuenca del Ebro, como se observa a partir del estudio de los sondeos Treviño, Añastro-1, Antezana-1, Trespaderne-1, Hontomín-1, Valdearnedo-1 y Rojas NE-1.

El Terciario de la zona de Pamplona, representado por los sondeos Pamplona, se trata dentro de la Región Ebro-Pirineos.

La intensa tectónica salina presente, fundamentalmente en el Dominio Cántabro-Navarro, activa al menos desde el Jurásico terminal, ha hecho que toda la serie geológica desde ese momento hasta la actualidad este localmente afectada, produciéndose: adelgazamiento o ausencia de ésta, cambios de facies, hiatos estratigráficos, etc.

3. INFORMACION GEOFISICA

3.1. SISMICA DE REFLEXION

Debido a la gran actividad de exploración de hidrocarburos desarrollada en la Cuenca Cantábrica, al igual que ocurre con los sondeos, la malla sísmica es muy densa, y a pesar de una topografía que a veces resulta bastante accidentada y de difícil acceso, su distribución es bastante uniforme.

La calidad de los datos sísmicos es, en general, buena, a excepción de zonas con compleja tectónica, a pesar de esto, existen zonas como la Banda Plegada, zona de Montes de Tesla, zona de Santander, etc., de acusada complejidad tectónica (tectónica salina, desgarres, superposición de unidades, etc.) pero que con la consulta de los perfiles sísmicos modernos (en general de carácter confidencial todavía) de mejor calidad, se puede establecer un seguimiento de los niveles geológicos cara al conocimiento regional de su extensión y geometría, y elaborar una interpretación tectónico-estructural aceptable.

El siguiente cuadro resume los datos sísmicos de mayor interés:

CAMPANA	COMPAÑIA/AÑO	CALIDAD SISMICA
ALL	ENIEMSA/1.983	buena
ELZ	CHEVRON/1.984	buena
RI	CAMPSA/1.977	buena-regular
ZN-81	CAMPSA/1.981	buena-regular
S-82	CHEVRON/1.982	buena
CB	CIEMSA/1.962	buena-regular
BO	ENIEMSA/1.976-78	buena
SA	ELF /1.982	buena-regular
SA-81	CAMPSA/1.981	buena
ZU	ENPASA/1.971	buena-regular

AN	ENIEPSA/1.979-80	buena-regular- mala
BG	AUXINI/1.974	buena

Existen muchas otras campañas en la Cuenca Cantábrica, más antiguas y en general de peor calidad, que aunque se han utilizado menos debido a la existencia de datos más modernos, son de interés, si se pretende hacer trabajo de detalle en determinadas zonas.

Todas las campañas sísmicas de la Cuenca Cantábrica vienen relacionadas en los planos de líneas sísmicas que se incluyen en este trabajo.

Cada uno de estos planos lleva adjunto un cuadro resumen de las campañas sísmicas que contiene su año de realización, compañías operadoras y contratistas, cobertura y fuente de energía.

Los planos de situación de líneas sísmicas que afectan a la Cuenca Cantábrica son los siguientes:

Escala 1:100.000

6B (PL-215), 7B (PL-216), 8B (PL-217), 6C (PL-218),
7C (PL-219), 8C (PL-220), 9C (PL-221), 7D (PL-225)

Escala 1:50.000

6-B-2 (PL-280), 7-B-2 (PL-281), 7-B-3 (PL-283), 8-B-2 (PL-282),
8-B-3 (PL-284), 6-C-1 (PL-286), 6-C-2 (PL-291), 7-C-1 (PL-287),
7-C-2 (PL-292), 7-C-3 (PL-299), 7-C-4 (PL-305), 8-C-1 (PL-288),
8-C-2 (PL-293), 8-C-3 (PL-300), 8-C-4 (PL-306), 9-C-3 (PL-301),
9-C-4 (PL-307), 7-D-1 (PL-311), 7-D-4 PL(-330).

En general los planos a escala 1:50.000 contienen las campañas más modernas, mientras que los de escala 1:100.000 las más antiguas.

Con los datos de profundidad y potencia puntuales de las formaciones geológicas obtenidos a partir de los sondeos y de los afloramientos de éstas, se ha procedido a su situación en las líneas sísmicas, con lo que se ha realizado un seguimiento de las formaciones estableciendo las variaciones de profundidad y potencia, así como su estructura.

El calado de los sondeos en las líneas sísmicas se ha realizado a partir de los 'velocities survey' o, en su defecto, el log sónico.

Con objeto de dar una idea sobre el tipo de información que aporta la sísmica de la Cuenca Cantábrica se ha realizado el panel de ejemplo de líneas sísmicas interpretadas en dicha cuenca (C-17), en el que se incluyen 10 ejemplos de secciones sísmicas (BG-54, BG-12-21, PR-42, PR-42P, S-82-12, SA-84-04, CB4, S-82-22, ELZ-4 y ALL3) en los que se han diferenciado: base del Terciario Superior, base del Terciario Inferior, base de las "Calizas de Subijana" o equivalente (Coniaciense-Santoniense), techo del Cenomanense, base del Cretácico Superior, techo del Albense, techo del Aptense, techo del Weald, techo del Purbeck, techo del Jurásico, techo del Keuper, base del Muschelkalk o del Keuper y techo del Paleozoico.

El seguimiento de los niveles geológicos en sísmica se ha llevado a cabo, como ya hemos dicho, a partir del calado de los reflectores adecuados y su seguimiento a lo largo del área de estudio. En muchos casos, el techo de la formación estratigráfica no coincide con un reflector claro, el seguimiento se realiza a partir de reflectores sísmicos representativos.

Aunque ya se comentará más tarde, en los cortes geológicos, ya se pueden anticipar conceptos estructurales observados a partir del estudio de la información sísmica (C-17): gran actividad de la tectónica salina que condiciona estructuras en almohadilla (BG-54, BG-12-21, PR-42 y PR-42P), diapiros (BG-12-21, SA-84-04, CB-4 y ELZ-4) o cicatrices salinas (S82-22) y que da lugar al desarrollo de grandes fallas listricas de crecimiento que se enraizan en la sal. Estas grandes fallas de colapso (S-82-12, ELZ-4 y ALL-3) condicionan un desplazamiento de varios kilómetros de materiales jurásicos a albenses y permite la creación de umbrales como el de Urbasa y Apodaca, con mínimos estratigráficos durante el Cretácico. Debido a este desplazamiento de materiales jurásicos a albenses, en la Cubeta Alavesa, existen grandes áreas con ausencia progresiva de éstos sobre el Trias. La actividad halocinetica también condiciona el desarrollo de cubetas con potentes series mesozoico-terciarias entre estructuras salinas, asimétricas, disconformidades, etc. (PR42, PR42P, etc.).

A partir del estudio de la sísmica también se destaca la fuerte subsidencia presente en la Cubeta Alavesa, que ha permitido el desarrollo de potentes serie mesozoicas (S-82-12, S-82-22, ELZ-4 y ALL-3).

La tectónica alpina también queda presente en la información sísmica, así se observa el importante cabalgamiento de la Cubeta Alavesa sobre el autóctono del Valle del Ebro (ELZ-4, ALL-3, CB-4, SA-84-04, etc.), que lleva consigo las estructuras salinas ya generadas sin modificación excepto en el frente.

En la zona de la Banda Plegada, al Sur de la Plataforma Burgalesa, la tectónica alpina (desgarres y cabalgamientos) se superpone a la halocinesis previa, creando estructuras tectónicamente muy complejas. También hay que destacar el cabalgamiento fosilizado por el Terciario Superior de este sector de la Cuenca Cantábrica sobre la Cuenca del Duero (BG-54). Los desgarres no afectan únicamente a la Banda Plegada, sino que afectan también a los materiales de la Cuenca del Duero, dejando estructuras interpretadas como en "flower" como se observa en la línea BG-57, incluida en el panel de ejemplos de líneas sísmicas interpretadas de la Cuenca del Duero (D-7).

3.2. GRAVIMETRIA

Hemos incluido en esta recopilación de la información del subsuelo de la Cuenca Cantábrica el mapa gravimétrico (Anomalía residual) perteneciente a la síntesis de HISPANOIL de 1.974 (C-18).

La gravimetría abarca prácticamente toda la Cuenca Cantábrica, y el mapa gravimétrico es producto del intercambio de datos de varias compañías, que recopiló CIEPSA en su momento.

Para su realización se ha utilizado una densidad superficial de 2,6 gr/cm³ en la zona de los mesozoicos de la Cuenca Cantábrica. En el sector SE del mapa, correspondiente con la Cuenca del Ebro (sector Rioja), se ha utilizado una densidad superficial de 2,4 gr/cm³, debido a la presencia de materiales terciarios poco consolidados.

Lo más destacable a primera vista del mapa son los valores mínimos, anomalías residuales negativas, de morfología circular o elíptica y aguda, debido a la presencia de estructuras salinas, que conocemos bien a partir de la información sísmica. Siendo este mapa comparable con el mapa de isobatas del techo del Triás salino (C-30), que trataremos más adelante.

El mapa gravimétrico de la Cuenca Cantábrica muestra una alineación E-O al Norte de Logroño, con un apretamiento agudo de isolíneas que coincide con la traza del frente cabalgante de la Cubeta Alavesa. Asimismo, también se

observan varias zonas con apretamientos de isolíneas, aunque no tan agudos, en las zonas de la Banda Plegada y Montes de Tesla, que coinciden aproximadamente con las trazas de los cabalgamientos y desgarres que afectan a estas zonas.

Por último se observa una alineación de isolíneas apretadas E-O al Norte de la Ciudad de Pamplona que debe corresponder con la traza de los cabalgamientos situados al S del macizo Paleozoico de "Cinco Villas".

4. DOCUMENTOS DE SINTESIS

4.1. MAPAS DE ISOPACAS

Se incluyen dentro de este apartado 11 mapas de isopacas, de los cuales todos excepto uno, el mapa de isopacas del techo del Triás salino (C-20) realizado dentro del proyecto I.F.A. de ENRESA, los 10 restantes pertenecen a la síntesis que realizó HISPANOIL en el año 1.974.

Sobre la base de los mapas pertenecientes a la síntesis de 1.974, se han introducido las modificaciones debidas a la nueva información del subsuelo, sondeos y sísmica realizados posteriormente a 1.974.

Estas modificaciones en los mapas se han basado fundamentalmente en los datos de los sondeos, es decir, que no se han realizado transformaciones de velocidades a partir de la información sísmica. Sin embargo, el seguimiento de los reflectores citados en el capítulo anterior, y por lo tanto el conocimiento de la geometría y estructura de las distintas formaciones geológicas de la cuenca, ha servido para completar los mapas, orientativamente, en las zonas de ausencia de datos de sondeos.

En general, ha sido difícil completar dichos mapas, debido a que las divisiones estratigráficas y la correlación de éstas ha variado desde 1.974, por lo que en algunos casos habrá potencias del nivel considerado que no coincidan exactamente con la concepción actual. Más que para establecer valores absolutos de potencias, el objetivo de estos planos es dar un esquema orientativo de la geometría de las distintas formaciones geológicas, por lo que aún con todas las dudas y defectos que se les pueda achacar ha parecido interesante incluirlos en esta recopilación de documentos del subsuelo de la Cuenca Cantábrica.

Hay que destacar también en los mapas de isopacas pertenecientes a la Síntesis de 1974, a partir del Lias, que se ha interpretado la potencia teórica de la formación sin tener en cuenta la situación de las estructuras salinas, ya sean diapiros o almohadillas, donde las formaciones o no existen o presentan valores muy reducidos, como se comentó en el capítulo de sísmica de reflexión. Esto explica porque sondeos con valores nulos o mínimos de determinada formación no se han tenido en cuenta en la delimitación de las isolíneas del mapa de isopacas correspondiente a ésta.

Asimismo se ha interpretado la potencia de las formaciones geológicas desde el Lias hasta el Albense, sin tener en cuenta la actividad de las fallas de colapso, ya

comentadas, que han desplazado estos materiales varios kilómetros, dejando amplias zonas sin presencia de éstos a techo de la sal. Así pues, en los mapas se encontrarán valores de sondeos menores que los expresados en las isolíneas o nulos.

La situación de los sondeos en los mapas de la síntesis de 1.974 puede tener errores, debido a que hay zonas con mucha densidad de pozos e isolíneas y la escala 1:500.000 no permite más detalle. La situación correcta de los sondeos se encuentra en el mapa de posición de sondeos (C-1).

Se han intentado matener los valores de los sondeos anteriores a 1.974 en los distintos mapas de isopacas tal y como venían en los mapas de la síntesis, aunque se tuviera un dato actual algo distinto. Unicamente se han modificado los valores de los sondeos incluidos en los mapas cuando la variación era esencial y muy significativa.

A continuación se reseñan los aspectos más destacables de los diferentes mapas de isopacas:

ISOPACAS Y FACIES DEL TRIAS INFERIOR DETRITICO (C-19)

Este mapa se realizó fundamentalmente con datos del Dominio Peri-Asturiano y provenientes principalmente de los afloramientos existentes en el área. Existen pocos datos nuevos, ya que la mayoría de los sondeos no llegan al Triás Inferior detrítico que incluye el Fermico y el Buntsandstein.

Los nuevos datos introducidos por el sondeo Navajo-1 y Rojas NE-1 permiten prolongar la región de grandes espesores de Buntsandstein en Cabuérniga hacia el SE y en dirección a Logroño. Así pues el resultado es un depocentro ND-SE con máximo en el Dominio Peri-Asturiano de unos 1.000 m. de potencia, disminuyendo progresivamente hasta llegar a 200 m. al Norte de la Demanda. Estos valores son coherentes con los que existen en la Cuenca del Ebro y de la Iberica-Demanda. Existe una incógnita justo entre estas dos zonas, bajo el pasillo terciario de la Rioja, donde los sondeos existentes muestran una total ausencia de la serie triásica, probablemente por erosión.

ISOPACAS DEL TRIAS SALINO (KEUPER Y MUSCHELKALK)(C-20)

El seguimiento del techo del Triás Keuper, a partir tanto de los datos de sondeos como de la sísmica, ha permitido conocer la profundidad a la que se encuentra. La oscilación de profundidad se realiza mediante una disposición variable del techo -un tanto móvil-, dependiendo del

desarrollo de estructuras salinas (intumescencias, diapiros o cubetas de origen halocinético).

El seguimiento de la base del Triás salino (base del Muschelkalk) no ha podido realizarse con tanta exactitud como el del techo de la sal, debido a la ausencia o a la mala calidad de los datos disponibles. Sin embargo, el resultado de su estudio, mas el del techo anterior, ha permitido conocer, orientativamente, el orden de la potencia de la sal existente a lo largo del Dominio Cántabro-Navarro. Las variaciones de esta oscilan desde decenas de metros hasta más de 8.000 m.; las mayores potencias coinciden con intumescencias halocinéticas o diapiros; mientras que las menores potencias coinciden con las zonas deprimidas (cubetas) que, aunque originariamente tuvieron sal, hoy no la tienen, por necesaria reabsorción de la periferia salina para la halocinesis (migración hacia las estructuras salinas).

Las transformaciones en profundidad, se han realizado mediante el cálculo, a partir del análisis de velocidades obtenidas de los velocity survey/sonics, utilizando para el mapa de isopacas la correspondiente velocidad de intervalo. En los casos en los que no se disponía de información de velocidades en los sondeos, los cálculos de velocidad se han realizado a partir de las velocidades incorporadas a las líneas sísmicas (velocidades dinámicas).

Este mapa de isopacas del Triás salino muestra la distribución de las acumulaciones salinas (formas circulares o elípticas), y de este modo las zonas preferenciales hacia las que ha migrado la sal, como resultado final de una tectónica salina.

Es importante tener bien presente la distribución de dichas estructuras para comprender todos los restantes mapas de Isopacas, exceptuando el citado anteriormente del Triás Inferior detrítico, ya que en estos mapas se han pintado las isolíneas sin tener en cuenta que en el área de las estructuras salinas, en general, o los materiales post-triásicos no están presentes (diapiros salinos) o disminuyen sus potencias hacia las estructuras salinas (almohadillas) o hacia los flancos de dichas estructuras (diapiros).

Debido a la actividad halocinética a la que ha estado sometido el Triás salino, es difícil saber donde se encontraba la mayor potencia de sal, ya que gran parte de ella no está en su posición original, sino totalmente removilizada. Sin embargo, todo parece indicar que las menores potencias originales se encontraban al Sur, donde se sitúa el límite deposicional de la cuenca triásica, aumentando progresivamente hacia el Norte.

MAPA DE ISOPACAS Y FACIES DEL LIAS (C-21)

Este ha sido un mapa de la síntesis de HISPANOIL, 1.974 difícil de completar con los nuevos datos ya que, en muchos sondeos de la Cuenca Cantábrica, encima del Keuper se define un tramo conocido clásicamente en la zona como "Carniolas", compuesto de anhidritas y dolomías, dentro del cual estaría el límite Retiense-Hetangiense. Este límite en la mayoría de los casos es muy difícil de establecer a partir del estudio de las diagrfías, dejando un "cajón de sastre" que incluye las Lías Inferior-Infra Lías. Así pues aunque numerosos sondeos cortan las "carniolas", sólo se han incluido los valores de potencia del Lias cuando está claramente definida su base.

Por otra parte, los sondeos anteriores a 1.974, incluidos ya en el mapa de la síntesis, en general, corresponden sólo al Lías, pero existen casos en las que, con la información actual, incluyen el Retiense. Sin embargo, no se han modificado estos valores, debido a la poca claridad y dudas de las delimitaciones tanto antiguas como actuales.

Es por lo tanto, necesario para el futuro, un estudio monográfico sobre el límite Jurásico-Triás en los sondeos de la Cuenca Cantábrica, apoyándose en los límites, mejor establecidos en otras cuencas cercanas y similares.

En los sondeos de la Cuenca Cantábrica próximos a las grandes fallas de colapso o estructuras salinas no se ha encontrado Lias. Por considerarse un fenómeno en muchos casos de carácter local y debido a la escala del mapa, las isopacas del mapa C-21 no reflejan la ausencia del tramo.

Las mayores potencias del Lías se sitúan en una alineación de más de 600 m., NO-SE similar a la descrita para el Triás Inferior detrítico, Dominio Peri-Asturiano-Plataforma Burgalesa y que gira al Sur de Santander hacia una alineación prácticamente E-O menos potente, que rellena la Cubeta Vizcaína.

Para terminar, como ya se apuntó en el capítulo de estratigrafía, conforme nos desplazamos hacia el suroeste las facies que encontramos en el Lías son de características más proximales.

MAPA DE ISOPACAS Y FACIES DEL DOGGER (C-22)

En este mapa de la síntesis de Hispanoil, se han podido añadir más datos que en el anterior, ya que los límites inferior y superior del Dogger a partir de las diagrfías, son mucho más claros que los del Lías. De hecho, éstas

permiten hacer una correlación muy fina a lo largo de toda la cuenca, que se espera realizar en el futuro.

De nuevo el depocentro se sitúa en una alineación NO-SE, Dominio Peri-Asturiano-Plataforma Burgalesa, similar a la del Triás Inferior detrítico y Lías.

Como en el Lías, y por la misma razón, no se ha reflejado en las isopacas la ausencia de Dogger en la zona afectada por fallas de colapso o estructuras salinas.

MAPA DE ISOPACAS Y FACIES DEL MALM MARINO (C-23)

El Malm, como sedimentos marinos, queda circunscrito a zonas muy concretas (parte de las cubetas Vizcaína y Santanderina) con una potencia entre 100 y 200 m. Varios sondeos han cortado asimismo el Malm marino en la Cubeta Alavesa.

MAPA DE ISOPACAS Y FACIES DEL PURBECK (C-24)

Este mapa incluye la parte inferior del "Complejo Wealdico" s.l., que en la zona E y SE de la Cuenca Cantábrica, está compuesto por la Fm. Aguilar, el Grupo Cabuérniga y la Fm. Barcena mayor (Fm. basal del Grupo Pas) Fig. 2, constituido por sedimentos lacustres, fluviales y marinos someros. En algunos casos la formación Bárcena Mayor, se ha dejado fuera del "conjunto Purbeck" asociandola a las "facies Weald" debido a su similitud con éstas, y por lo tanto, a la dificultad de su delimitación.

En esta zona presenta un gran depocentro cuyo máximo se da en la Cubeta de Polientes con 2000 m. de sedimentos reconocidos en el sondeo Cadialso-1.

En la Cubeta Vizcaína, también se observa otro depocentro con más de 900 m. de sedimentos del "Purbeck" que, en esta zona, equivaldría a la parte inferior de la Fm. Villaro.

Se han eliminado los límites de erosión y la curva de isopaca -0- que enmarcaba la Cubeta Alavesa en el mapa de 1.974, por la misma razón que la de los mapas del Lías y Dogger. La presencia de mínimos de Purbeck en los sondeos de la Cubeta Alavesa son debidos no a potencia original, sino al desplazamiento de varios kilómetros de los materiales por grandes fallas de colapso, o a la actividad halocinética.

ISOPACAS Y FACIES DEL WEALD (C-25)

Este mapa incluye las potencias de los materiales pertenecientes a la Formación fluvio-lacustre "Vega de Pas" (Fig. 2) en el Dominio Peri-Asturiano y E del Cántabro-Navarro, la Formación Villaro, depositada en un medio de bahía en el área del Anticlinorio de Bilbao y los sedimentos marinos restringidos-marino abierto en la plataforma de Guipúzcoa, incluidos dentro de la antiguamente definida Fm. Madoz.

A menudo ha sido difícil, como ya se ha comentado localizar el límite entre el Furbeck y el Weald debido a la semejanza de las facies. A este problema se le suma el del límite superior. Cuando están bien desarrolladas las "Facies Urganianas" el límite Weald-Aptense es claro, pero cuando no lo están (Plataforma Burgalesa-Banda Plegada), encima del Weald se observan unas facies detríticas que en algún caso se intercalan con lignitos (equivalentes de la Formación Escucha en la Iberica ?) de edad posiblemente Aptense, pero que incluimos en el Albense dentro de la Formación Utrillas.

Así pues, se observan varios surcos deposicionales de 1.000 y 2.000 m. de potencia de sedimentos al E de la Cuenca Cantábrica y un gran surco de más de 2.000 m. de potencia de la Formación Villaro, en la cubeta Vizcaína, surco corroborado con los nuevos datos que generan los sondeos Aramayona-1, Arratia-1 y Ubidea-1.

Al igual que los mapas anteriores y por las mismas razones, en este mapa se han eliminado los límites de erosión y la isolínea de potencia -0- en la Cubeta Alavesa.

ISOPACAS Y FACIES DEL APTENSE-ALBENSE INFERIOR (C-26)

Este mapa del Aptense-Albense Inferior corresponde al definido como Complejo Urganiano en el apartado de estratigrafía. Son sedimentos marinos formados por calizas, areniscas y margas. El posible equivalente lateral continental de areniscas en la Plataforma Burgalesa aproximadamente al Sur de la alineación de los Montes de Tesla, no se incluye en este mapa sino en el del Albense, dentro de la Fm. Utrillas, que representa el amplio desarrollo de detríticos .

El mapa presenta un máximo de 1.000 m. de potencia en la Cubeta Santanderina y la Cubeta Vizcaína dividido en dos máximos uno al NO de la ciudad de Vitoria de 1.500 m. de potencia y otro al NE de 2.000 m. de potencia.

Como en los mapas anteriores y por las mismas razones, se han eliminado los límites de erosión de estos materiales, ya que la ausencia de éstos no es debida a la erosión, sino a grandes colapsos y/o presencia de estructuras salinas.

ISOPACAS Y FACIES DEL ALBENSE (C-27)

Este es un mapa difícil de delimitar, ya que el techo del Albense se sitúa en medio del conjunto sedimentario Albocenomanense. Precisamente en la zona donde mayor desarrollo tiene el Albocenomanense, la Cubeta Alavesa, el techo del Albense está dentro del tramo intermedio arenoso, correspondiente a facies de frente deltaico, por lo que si no es por dataciones paleontológicas, a partir de las diagrfías no se puede definir. Por otra parte, los límites basados en criterios paleontológicos han variado a lo largo de la historia exploratoria de la cuenca, por lo que lo más correcto es no definir ese límite en los sondeos, al menos, de la Cubeta Alavesa. Sin embargo, aunque no se han introducido valores nuevos en este área, si se han mantenido los expuestos en 1.974 porque dan una orientación de potencias, aún con todo las salvedades citadas.

En la zona E del dominio Cántabro-Navarro, se ha representado la potencia de la Fm. Utrillas incluyendo datos de sondeos posteriores a 1.974. Esta Formación constituye un cambio lateral de facies claramente continental del Albocenomanense deltaico de la Cubeta Alavesa. La Fm. Utrillas se ha datado clásicamente como Albense, iniciando el Cenomanense con la aparición de los carbonatos, aunque es posible que la parte superior de la Fm Utrillas comprenda el Cenomanense Basal. Como se ha comentado, en esta zona, se ha incluido dentro de la Fm. Utrillas, el posible equivalente lateral continental del Aptense. Para complicar más el tema, debido a la similitud de facies, es difícil, en muchas ocasiones, establecer el límite entre la Fm. Utrillas y el Complejo Wealdico.

Todas estas consideraciones ponen de manifiesto las dudas del valor absoluto de las potencias expresadas en el mapa y de nuevo plantear la necesidad de realizar en el futuro una correlación detallada a partir de diagrfías y trabajos de campo, de los Cretácicos de la Cuenca Cantábrica.

El mapa muestra unas potencias en el SO del Dominio Cántabro-Navarro entre 200 y 400 m., correspondientes a las facies fluviales. Estas aumentan progresivamente, en forma de lóbulos, hacia el NE, pasando a potencias de 3.000 a 5.000 m. en la zona de depósitos deltaicos de la Cubeta Alavesa-Anticlinorio de Bilbao. Las potencias, más al Norte,

disminuyen de nuevo, entre 1.000 y 2.500 m., cerca de la costa donde se desarrollan las facies flysch (Fig. 3).

Por último hay que decir que en el mapa se ha interpretado la posible potencia teórica del Albense sin tener en cuenta las estructuras salinas donde los valores del Albense son nulos o menores.

ISOPACAS Y FACIES DEL CENOMANENSE (C-28)

El debate de este mapa está ligado a las consideraciones del anterior, siendo muy difícil realizar un mapa del Cenomanense como tal.

Debido a esta dificultad, se han introducido pocos datos nuevos en el mapa de Hispanoil de 1974, los menos dudosos, y se ha mantenido el mapa igual que el anterior, para dar una orientación de potencias. Las potencias, como ocurría en el mapa anterior, aumentan progresivamente desde el SE del dominio Cántabro-Navarro hacia la Cubeta Alavesa.

Hay que destacar los dos mínimos existentes al NE y NO de la ciudad de Vitoria, en el umbral de Urbasa y Apodaca respectivamente, que como se comentaron en el capítulo de sísmica (C-17), son mínimos stratigráficos durante el Cretácico.

En este mapa tampoco se han tenido en cuenta las estructuras salinas.

ISOPACAS Y FACIES DEL CRETACICO SUPERIOR (C-29)

Este mapa muestra en conjunto, una serie muy potente de sedimentos marinos formados por arcillas, calizas y, localmente, areniscas y/o facies flysch.

Aunque el límite inferior del Cretácico Superior es controvertido como se ha explicado anteriormente, en conjunto este mapa representa bastante bien las potencias del Cretácico Superior que alcanza un máximo de 4.000 m. en la Cubeta Alavesa, inmediatamente al Sur de la ciudad de Vitoria.

Los datos posteriores a 1.974 introducidos en el mapa prácticamente no modifican las isolíneas estimadas en ese momento.

Tampoco en este mapa se han tenido en cuenta las estructuras salinas en la definición de las curvas. En el área de estas estructuras, los valores de Cretácico Superior son menores que los expresados en las isolíneas o nulos.

4.2. MAPAS DE ISOBATAS

MAPA DE ISOBATAS DEL TECHO DEL TRIAS SALINO (KEUPER) (C-30)

Este mapa de isobatas, a escala 1.200.000, que proviene del proyecto I.F.A. realizado por ENRESA en 1.987, ya se comentó al tratar el mapa de isopacas del Trias salino Keuper y Muschelkalk (C-20) por lo que no se repetirán los conceptos.

Realizado como el de isopacas con el apoyo de los sondeos y a partir de la interpretación sísmica de la malla existente, las transformaciones a profundidad, se han obtenido mediante el cálculo, a partir del análisis de velocidades determinadas a partir de los "velocity surveys/sonic" de los sondeos, tomando una velocidad media a techo de la formación.

El techo del Trias salino se sitúa desde la superficie hasta más de 10 Km. de profundidad, en una disposición variable dependiendo de si son estructuras salinas o cubetas de origen halocinético.

El estudio de las isopacas e isobatas del Trias ha permitido observar la imagen final de una cuenca afectada por la tectónica salina, en la que se observan intumescencias, que evolucionando pueden llegar a la extrusión originando estructuras muy complejas con reabsorción de pie de diapiro, etc.

La evolución de las acumulaciones salinas facilita la creación de potentes cubetas de gran sedimentación (Villarcayo, Sedano, Polientes, Treviño, etc...).

Parece más apropiado considerar estas cubetas como sinformas de origen halocinético que como sinclinales de origen compresivo. Los altos estructurales que las enmarcan son de origen salino, aunque a priori parezcan estructuras compresivas alpinas.

MAPA DE ISOBATAS DEL ALBENSE (C-31)

Para completar este mapa se ha entrado en la misma problemática que la citada para los mapas de Isopacas del Albense y Cenomanense (C-27 Y C-28).

Se observan zonas muy profundas (4,000 m. de profundidad) bajo el Sinclinal de Villarcayo, y en la gran cubeta al SE de Vitoria. Zonas de altos en las alineaciones de estructuras salinas al NE del Sinclinal de Villarcayo, area de Treviño, etc. Desde el centro de la Cubeta Alavesa,

al Sur de Vitoria, y hacia los afloramientos de estos materiales situados en el flanco Sur del Anticlinorio de Bilbao, las profundidades varían progresivamente desde -3.000 m. bajo el nivel del mar hasta 0 m.

En este mapa no se tiene en cuenta la inexistencia o menor potencia del Cretácico Superior sobre los diapiros.

4.3. CORTES GEOLOGICOS

El plano C-16 incluye cortes esquemáticos de la zona de Santander (Dominio Peri-Asturiano). La interpretación estructural de esta zona, tectónicamente compleja, presenta diferencias esenciales de criterios entre los distintos intérpretes que han estudiado el área. Se ha estimado interesante mostrar dos diferentes conceptos estructurales por lo que en el plano que se incluye, se ponen de manifiesto dos hipótesis recientes, una de Pedro Cámara Rupelo y otra de Jose Luis Martínez Abad (Esta última, interpreta localmente el área de Ajo como un bloque hundido y basculado hacia la falla de Beranga con deslizamientos y apilamientos hacia el S de series mesozoicas originariamente situadas al N).

Se ha realizado un plano que incluye los cortes más representativos del Dominio Cántabro-Navarro (C-32), desde las cuencas terciarias del Duero y Ebro, hasta el Anticlinorio de Bilbao.

Estos cortes se han realizado principalmente en función de la información sísmica y de sondeos, tomando también en cuenta los afloramientos, por lo que se aconseja releer, con objeto de entender los corte geológicos, las consideraciones citadas en el capítulo de sísmica, al explicar los perfiles interpretados en el área (C-17).

De hecho los perfiles sísmicos seleccionados para este trabajo comprenden distintas partes de los cortes geológicos. En el panel C-17 se incluye tanto la posición de los perfiles sísmicos como la de los cortes geológicos del plano que se trata (C-32) ya que interesa observarlos comparativamente.

Los cortes geológicos muestran las dos unidades distinguidas en el Dominio Cántabro-Navarro: Unidad Banda Plegada-Plataforma Burgalesa y Unidad Tesla-Obarenes-Cantabria-Cubeta Alavesa.

Ambas unidades son frontalmente cabalgantes presentando el frente de la Cubeta Alavesa, en la zona de los Montes Obarenes y Sierra de Cantabria un desplazamiento de 15 a 20 km. sobre la Cuenca del Ebro.

Una característica importante que muestran los cortes es el aumento progresivo de potencias hacia el Norte, alcanzándose más de 10.000 m. de series mesozoico-terciarias al Sur del Arco-Vasco.

Estructuralmente, el dominio Cántabro-Navarro está afectado, en su mayor parte, por una intensa tectónica halocinética. La compresión alpina modifica en parte la estructura generada por la actividad salina. En los frentes de la Plataforma Burgalesa (Banda Plegada) y de la Cubeta Alavesa (a la altura de los Montes de Tesla), después del depósito Terciario Inferior (implicado en la tectónica alpina), la compresión alpina actúa produciendo cabalgamientos, desgarres, etc., en las zonas de las estructuras salinas previas. Estas zonas acaban siendo grandes acumulaciones salinas, tectónicamente muy complejas. La compresión alpina, en el frente de la Cubeta Alavesa (a la altura de los Montes Obarenes y Sierra de Cantabria), produce una traslación Sur de dicha unidad, prácticamente absorbida sobre un único plano de cabalgamiento frontal, permitiéndose, de ese modo, una escasa deformación interna de la misma. Las estructuras y anomalías sedimentarias de génesis halocinética, previas a la fase de deslizamiento alpino, han seguido jugando, ya colocadas en posición alóctona, pero sin sufrir una deformación interna, propia de la tectónica compresiva.

Sin embargo, en el frente cabalgante (flanco Sur de la Cubeta Alavesa), Montes de Tesla-La Hoz y Plataforma Burgalesa, las estructuras salinas pueden modificarse, al activarse de nuevo la halocinesis debido a causas tectónicas.

Hay que destacar que las estructuras salinas son progresivamente más evolucionadas de Sur a Norte y que la edad del comienzo del desarrollo de estas es anterior de Sur (desde el Jurásico) a Norte (Albense).

La carga diferencial de los materiales posttriásicos y los ritmos de subsidencia de la cuenca son los responsables de la evolución y edad de las estructuras salinas y en particular del paso de almohadillas a diapiros.

La tectónica distensiva presente en la cuenca desde el Triásico hasta el Cretácico Superior, crea fallas en el muro del Triás salino, implicando al sustrato. Este mecanismo debido a fuerzas tectónicas laterales distensivas es el responsable del inicio del movimiento salino.

La halocinesis así iniciada genera grandes fallas de crecimiento de cobertera que enraizan en la sal. Estas fallas condicionan mínimos de espesor a partir del Aptense-Albense como los de Apodaca y Urbasa, así como zonas a techo de la sal con cerros de Jurásico y Cretácico Inferior, provocados por el desarrollo de estas fallas listricas.

5. LISTADO DE PLANOS

(C-01, PL-181)	- Mapa geológico.	1:200.000
(C-02, PL-182)	- Diagrafias e interpretación del sondeo Montorio-1.	1:500
(C-03, PL-183)	- " " " " Ribero-1.	"
(C-04, PL-184)	- " " " " Ajo-1	"
(C-05, PL-185)	- " " " " Zúñiga-1	"
(C-06, PL-186)	- " " " " Aitzgorri-1	"
(C-07, PL-187)	- " " " " San Antonio-1	"
(C-08, PL-188)	- " " " " Bóveda-1bis	"
(C-09, PL-189)	- " " " " Navajo-1	"
(C-10, PL-190)	- " " " " Cadialso-1	"
(C-11, PL-191)	- " " " " Aramayona-1	"
(C-12, PL-192)	- " " " " Rojas NE-1	"
(C-13, PL-193)	- Correlación de sondeos a través de la Cubeta Alavesa basada en la interpretación de diagrafias.	1:20.000
(C-14, PL-194)	- Correlación de sondeos a través de la banda plegada-plataforma burgalesa basada en la interpretación de diagrafias (I).	1:4.000
(C-15, PL-195)	- Correlación de sondeos a través de la banda plegada-plataforma burgalesa basada en la interpretación de diagrafias (II).	1:4.000
(C-16, PL-196)	- Esquema Geológico del área de Santander	
(C-17, PL-197)	- Ejemplos de líneas sísmicas interpretadas en la Cuenca Cantábrica.	
(C-18, PL-198)	- Mapa Graviométrico de la Cuenca Cantábrica. Anomalía Residual.	1:500.000
(C-19, PL-199)	- Mapa de Isopacas y facies del Trias inferior detrítico	1:500.000
(C-20, PL-200)	- " Isopacas Trias Salino (Keuper + Muschelkalk).	1:200.000
(C-21, PL-201)	- " Isopacas y facies del Lias.	1:500.000
(C-22, PL-202)	- " Isopacas y facies del Dogger.	"
(C-23, PL-203)	- " Isopacas y facies del Malm Marino.	"
(C-24, PL-204)	- " Isopacas y facies del Purbeck.	"
(C-25, PL-205)	- " Isopacas y facies del Weald.	"
(C-26, PL-206)	- " Isopacas y facies del Aptense-Albense Inf.	"
(C-27, PL-207)	- " Isopacas y facies del Albense.	"
(C-28, PL-208)	- " Isopacas y facies del Cenomanense.	"
(C-29, PL-209)	- " Isopacas y facies del Cretácico Superior	"
(C-30, PL-210)	- " Isobatas del techo del Trias salino (Keuper)	1:200.000
(C-31, PL-211)	- " Isobatas del horizonte "Techo del Albense"	1:500.000
(C-32, PL-212)	- Cortes geológicos a través de la Cuenca Cantábrica	1:200.000

6. BIBLIOGRAFIA

- CAMARA RUPELO, P.(1989).- "La terminación estructural occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica".Libro Homenaje a Rafael Soler. A.G.G.E.P.
- COMAS, M.C; GARCIA MONDEJAR, J. y PUJALTE, V. (1981):"El Jurásico Superior y Cretácico Inferior de la Región Vasco-Cantábrica (Parte Occidental)". Libro-guía de las jornadas de campo. Grupo Español del Mesozoico.
- ENRESA (1987).- "Inventario Nacional de Formaciones Geológicas Favorables para el almacenamiento de RRAA: Región Cantábrica". (Informe Interno).
- GARCIA MONDEJAR,J.; HINES, F.M.; PUJALTE, V. Y READING, H.G. (1985): "Sedimentation and Tectonics in the Western Basque-Cantabrian Area (Northern Spain) during Cretaceous and Tertiary Times". Congreso de sedimentología de Barcelona.
- HISPANOIL (1974).- " Plan de Exploración de España". Síntesis. Cuenca Cantábrica On-shore.(Informe Interno)
- PUJALTE, V. (1986).- "Análisis comparativo de las facies, sistemas deposicionales y contexto tecto-estratigráfico de la macrosecuencia Oxfordiense-Kimmeridgiense en el sector de Aguilar de Campoo y de la macrosecuencia Albocenomanense en la transversal de Bilbao".Inédito. Universidad del País Vasco.
- SERRANO, A.; MARTINEZ DEL OLMO, W y CAMARA, P. (1989): " Diapirismo del Triás Salino en el Dominio Cantabro-Navarro". Libro Homenaje a Rafael Soler, A.G.G.E.P.
- SERRANO, A. y MARTINEZ DEL OLMO, W.: "Tectónica salina en el Dominio Cántabro-Navarro. Evolución, Edad y Origen de las estructuras salinas". Formaciones Evaporíticas Españolas. ENRESA-Univ. Barcelona (En prensa)