

## Características generales de las subcuencas del margen peninsular mediterráneo ("Rift" del Surco de Valencia)

E. ÁLVAREZ-DE-BUERGO\* y F. MELÉNDEZ-HEVIA\*\*

\*L.O.C.S., Alfonso XII, 15 E-28014 Madrid. \*\*San Marcos, 39 - E-28004 Madrid.

### RESUMEN

En el presente trabajo se describen las características generales (geométricas y de relleno sedimentario), de las diversas subcuencas terciarias que localizadas en el margen peninsular mediterráneo, forman parte del rift del Surco de Valencia. Este *rift* constituye a su vez la rama meridional del gran rift europeo que desde la fosa del Rin y a través de los Alpes occidentales bordea la costa oriental española hasta Marruecos.

En el sector más occidental del mismo se reconocen varias subcuencas que si bien se engloban en la historia común del Surco de Valencia, presentan individualmente ciertas diferencias y peculiaridades.

El relleno de estas subcuencas del *rift*, se inició septentrionalmente (surcos de Rosas -según la nomenclatura utilizada por las compañías petrolíferas o St. Feliu de Guixols según otros autores- y de Barcelona) en el Paleógeno, afectando a la zona central y meridional en el Mioceno inferior-medio (surcos de Tarragona y Castellón). Sus rellenos principales corresponden a estas edades, respectivamente. No obstante el rift abortó durante el Mioceno medio, aparentemente sin formación de corteza oceánica. A partir de ese momento se observa en el área de estudio, una sedimentación progradante de la plataforma continental de tipo margen pasivo, dividida en dos grandes megasecuencias: Mioceno medio-superior y Plio-Cuaternario, separadas por la discordancia Messiniense.

Estas subcuencas presentaron durante la etapa *rift* condiciones restringidas que favorecieron la preservación de la materia orgánica y el desarrollo de rocas-madre de hidrocarburos. Su alto gradiente geotérmico, consecuencia de su origen rift, produjo la maduración y generación temprana de hidrocarburos y posteriormente su migración y acumulación en paleorelieves karstificados que han sido ya totalmente depletados (campos de Amposta, Tarraco, Dorada) o continúan aún en explotación (Casablanca).

*Palabras clave:* Surco de Valencia. Rift. Terciario. Discordancia Messiniense. Generación de hidrocarburos.

### ABSTRACT

#### General features of sub-basins in the Mediterranean Iberian margin (Valencia Trough Rift)

This paper describes the general characteristics, namely the geometry and the sedimentary infill, of several troughs of Tertiary age present in the off-shore eastern Mediterranean margin of Spain. All of them are included within the Valencia Trough, a rift basin developed during Paleogene and early Miocene times between the Balearic archipelago and mainland Spain. Although some authors (Soler *et al.*, 1983; Fontboté *et al.*, 1990; Roca and Desegaulx, 1992; Watts and Torné, 1992; Martínez del Olmo, 1994) have recently described the Valencia Trough as a foredeep basin of the Betics, we think that the referred foredeep does not extend as far as to the westernmost area of the Mediterranean. This is based on the evidence provided by the interpretation of numerous seismic surveys and nearly two hundred wells drilled without finding a single repetition or a clear evidence of compression in the area of this study.

This rift is the southernmost branch of the European rift, which crosses most of western Europe from the Rhine graben through the western Alps southwards into Morocco along the eastern coast of Spain (Sanz de Galdeano, 1990; Fontboté *et al.*, 1990).

The substratum of the basin is basically formed by Mesozoic (mainly carbonates) and pre-Mesozoic sediments (mainly clastics and metamorphics), folded and deformed during the Pyrenean orogeny and later fractured as horsts and grabens during the rift stage. The carbonates were severely fractured and intensively karsted during subaerial exposure following the deformation of the region. These processes have enhanced their reservoir characteristics (porosity and permeability) thus allowing the accumulation of hydrocarbons.

Aborted during middle Miocene times, this rift started its development in the north during Paleogene times (Rosas and Barcelona troughs) and the sediments of this age constitute the bulk of the infill.

On the contrary, in the southern sub-basins (Tarragona and Castellón troughs) the formation of the rift was younger, during early middle Miocene times, and the bulk of sediments infilling the troughs are of this age. This change in the age of the sedimentary infill, younger towards the south parallels the southwards development of the main rift. The sediments were filling the rift troughs, and by middle Miocene times all reliefs (horsts and grabens) had been leveled off.

During early Miocene times the sedimentation in the troughs (mainly starved basins) took place under restricted marine conditions that favored the accumulation and preservation of the organic matter and the subsequent development of hydrocarbon source beds in some of them (Demaison and Bourgeois, 1984).

The high thermal gradient, typical of rift basins, favored the early maturation of the organic matter. The migration of the newly generated hydrocarbons into the neighbour paleoreliefs, mostly formed by karsted carbonates (Martínez del Olmo and Esteban, 1983), brought about several oil fields that have been actively explored and exploited. So far only in the Tarragona trough commercial accumulations have been found (Amposta, Casablanca, Dorada and Tarraco) but other troughs (namely Rosas and Barcelona) have had good shows and the geochemical analysis have also demonstrated the existence of good source rocks.

From the middle Miocene on, the sedimentation changed dramatically to a prograding continental shelf of passive margin type. Two megasequences are distinguished: the first one during the middle-late Miocene and the second one during Plio-Quaternary times, separated by the Messinian unconformity that locally produced important erosional canyons in the underlying sediments.

*Keywords:* Valencia Trough. Rift. Tertiary. Messinian unconformity. Hydrocarbon generation.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una síntesis de un amplio proyecto cuyo objetivo es el estudio regional del margen peninsular del Surco de Valencia y sus diversas subcuencas, en particular durante las etapas de formación del *rift* que se formó entre el Paleógeno y el Mioceno medio. Se pone especial énfasis en la descripción de las rocas potencialmente generadoras de petróleo ("rocas madre") y de las que pueden constituir almacenes, normalmente su substrato, definiendo sus características, potencia, edad y distribución en las distintas subcuencas localizadas frente a la costa peninsular (Fig. 1). Aunque este proyecto se inició a finales de los 80, la publicación de la documentación generada no se pudo llevar a cabo entonces debido a la competencia existente entre las compañías petrolíferas y a los consiguientes problemas de confidencialidad.

Por la misma razón, las diversas compañías operadoras que trabajaron más intensamente en este extremo oc-

cidental del Mediterráneo no compartieron sus datos utilizando, cada una, una terminología propia, especialmente para las facies del Terciario y más en concreto las del Oligoceno superior-Mioceno inferior-medio, sedimentos entre los cuales se encuentran las rocas generadoras de petróleo, lo que ha producido una gran confusión (Fig. 2). En este trabajo se han utilizado edades en vez de facies para soslayar en lo posible el problema, ya que en numerosos casos facies de igual edad han sido denominadas de distinta manera. Igualmente, al intervenir distintos paleontólogos las dataciones tampoco son homogéneas.

Queda pendiente por realizar un estudio regional integrado utilizando la estratigrafía secuencial que, sin lugar a dudas, ayudará a resolver y convertir en única la terminología empleada para las facies del Terciario que rellenan el Surco.

La descripción del relleno sedimentario de las principales subcuencas extensivas del margen occidental del Surco de Valencia y de su geometría, se aborda a partir de la interpretación de varias líneas sísmicas consideradas representativas, perpendiculares a los ejes longitudinales de las subcuencas ("*dip lines*"), en las que se han integrado también los datos proporcionados por los sondeos de exploración petrolífera perforados en cada una de ellas (Fig. 1). Hay que destacar que prácticamente todos los sondeos se emplazaron utilizando sísmica de reflexión lo que permite disponer en la actualidad de una malla sísmica relativamente densa, principalmente en el margen occidental del Surco de Valencia, y generalmente en profundidades de agua inferiores a los mil metros.

Las conclusiones se basan en la recopilación de numerosos mapas estructurales derivados de la interpretación de sísmica de reflexión, realizados por diversos técnicos de la compañía norteamericana Chevron, en los que se ha integrado la información de los sondeos disponibles.

## MARCO TECTÓNICO

El Surco de Valencia corresponde a la parte actualmente sumergida de una cuenca *rift* de edad paleógena a neógeno. Se extiende desde el Golfo de Rosas por el norte al Cabo de la Nao por el sur, quedando limitada al este por las Islas Baleares y al oeste por la costa oriental de la Península Ibérica (García Siférez *et al.*, 1979; Anadón *et al.*, 1989; Torné y Watts, 1992; Torres *et al.*, 1993).

La región oriental de la Península Ibérica y el Archipiélago Balear fueron deformados compresiva-

mente durante la orogenia Alpina, entre el Cretácico terminal y el Mioceno inferior-medio. Se formaron así de norte a sur los Pirineos, las Cadenas Costero-Catalanas, la Cordillera Ibérica, y las Cordilleras Béticas y su continuación fuera costa en las Islas Baleares (Fontboté *et al.*, 1990).

De forma general, la deformación compresiva se inició en el norte desplazándose hacia el sur, de tal forma

que mientras en los Pirineos las fases de máxima deformación se desarrollaron durante el Eoceno, en las Cordilleras Béticas e Islas Baleares éstas se produjeron durante el Oligoceno superior y el Mioceno inferior-medio. De forma paralela las fases de estructuración compresiva que afectaron al substrato del Surco de Valencia son más antiguas al norte, en la continuación de los Pirineos (del Eoceno) que al sur, en la parte meridional de la Cordillera

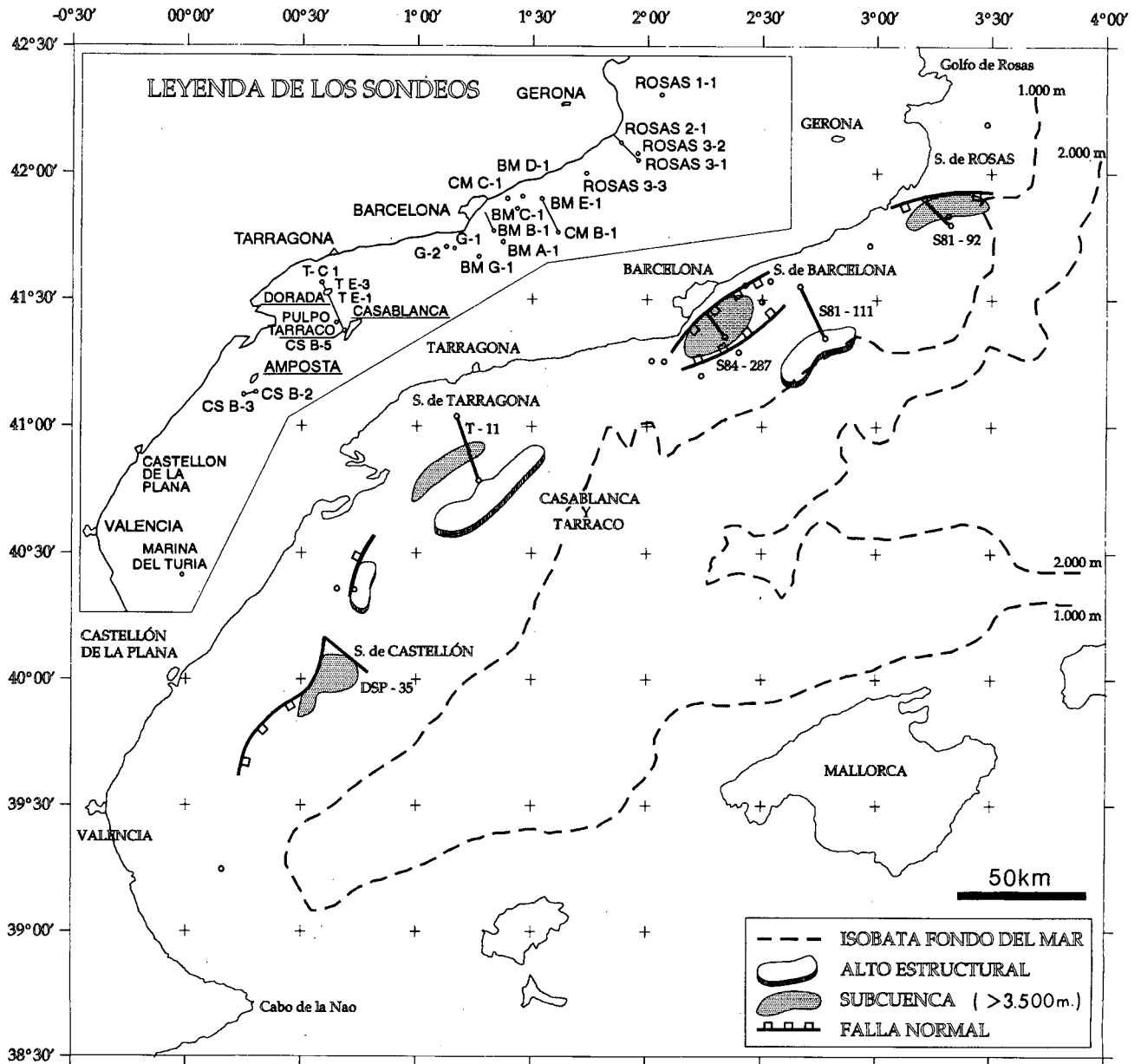


Fig. 1. Surco de Valencia: Mapa de situación de las distintas subcuencas y de las líneas sísmicas y sondeos citados en el texto.

Fig. 1. Valencia Trough: Location map of the different troughs, relevant seismic lines and petroleum exploration wells.

Ibérica, Cordilleras Béticas e Islas Baleares (del Oligoceno superior al Mioceno inferior-medio).

Aunque algunos autores (Soler et al., 1983; Fontboté et al., 1990; Roca y Desegaulx, 1992; Watts y Torné, 1992; Martínez del Olmo, 1994) han descrito recientemente el Surco de Valencia como una cuenca *foredeep* de las cordilleras Béticas, nosotros consideramos que tal *foredeep* no se extiende hasta las zonas más occidentales del Mediterráneo. Nos basamos para ello en la evidencia proporcionada por la interpretación de las numerosas campañas sísmicas disparadas allí y de los casi doscientos sondeos perforados en este área en los que no se ha encontrado ninguna repetición ni evidencia clara de efectos compresivos.

Sobre este substrato compresivamente deformado actúa la etapa distensiva posterior que dará lugar al *rift* del Surco de Valencia, distensión que se inicia antes al norte que al sur como se deduce a partir de los datos aportados por los sondeos petrolíferos y la interpretación de la sísmica de reflexión. Los surcos septentrionales se forman y empiezan a rellenar de sedimentos durante el Paleógeno (Bartrina et al., 1992; Vázquez y Medialdea, 1992; Vázquez et al., 1993; Meléndez-Hevia y Álvarez-de-Buergo, 1994; Bartrina y Jurado, 1994), mientras que en los meridionales los primeros sedimentos son más jóvenes, del Mioceno inferior-medio, según se describirá más adelante. Este *rift* es la rama más meridional del gran sistema extensivo que desde la fosa del Rhin cruza Europa occidental y la costa mediterránea española hasta el norte de África (Sanz de Galdeano, 1990; Fontboté et al., 1990), y no se limita sólo al Surco de Valencia sino que se desarrolla también en la región costera catalana e ibérica (Anadón y Roca, 1994).

Todo parece indicar que este *rift* no pasó de etapas incipientes, abortando y deteniéndose antes de que se llegara a producir una separación total de las Islas Baleares de la Península Ibérica con formación de corteza oceánica entre medias (Chevron: Informes internos, inéditos). Sin embargo este desarrollo del *rift*, aunque incipiente fue fundamental para la acumulación de rocas-madre de hidrocarburos en varios de los surcos y su posterior maduración y generación de petróleo gracias al elevado grado geotérmico allí existente (Chevron: Informes internos, inéditos; Fernández et al., 1990; Fernández et al., 1992; Demaison y Bourgeois, 1984).

El Terciario se depositó como un tegumento sobre las rocas de edad mesozoica (fundamentalmente rocas carbonáticas) y de edad premesozoica (básicamente rocas

clásticas, graníticas y metamórficas), que previamente, al haber quedado emergidas y expuestas a procesos erosivos desde el Cretácico terminal y durante gran parte del Terciario inferior, fueron sometidas a intensos procesos de fracturación y en el caso de las carbonáticas, karsificación (Martínez del Olmo y Esteban, 1983). El relleno del *rift* se inicia con sedimentos continentales que cambian a marinos durante el Oligoceno superior en las subcuencas septentrionales, transgresión que se generaliza durante el Mioceno en la práctica totalidad del área estudiada, adaptándose con carácter solapante o extensivo a una morfología preexistente de bloques basculados en el Mioceno inferior, y posteriormente durante el Mioceno superior, Plioceno y Cuaternario con una sedimentación de carácter progradante.

## HORIZONTES SÍSMICOS: POSICIÓN ESTRATIGRÁFICA

### Fondo marino

La morfología del Surco se puede determinar cartografiando el horizonte sísmico correspondiente al fondo del mar: la plataforma continental de la zona costera peninsular buza suavemente hacia aguas más profundas, mientras que la plataforma continental balear lo hace de forma mucho más abrupta, alcanzando en el centro del Surco más de dos mil metros de profundidad (Fig. 1). En esta zona las campañas aeromagnéticas y gravimétricas han determinado la existencia de importantes anomalías que se interpretan como una zona de "corteza intermedia" asociada con un *rift* abortado (Chevron: Informes internos, inéditos).

Por debajo del reflector que corresponde al fondo marino, y en la zona en que se enmarca este estudio, se han reconocido por su fuerte carácter sísmico:

### La discordancia erosiva del Messiniense

Es el reflector que las compañías petrolíferas han interpretado y asociado con la discordancia Messiniense, y que en el sector occidental del Surco, área en la que se centra este estudio, tiene un fuerte carácter erosivo, separando las macrosecuencias del Plioceno-Cuaternario ("Grupo Ebro") y del Mioceno medio-superior ("Grupo Castellón", García Sñeriz et al., 1979; Soler et al., 1983).

El denominado "Grupo Ebro" (Fig. 2) está constituido fundamentalmente por una formación inferior forma-

CUADRO ESTRATIGRÁFICO DEL NEÓGENO						
SUBCUENCA DE TARRAGONA - SURCO DE VALENCIA						
Nomenclatura seguida en este Trabajo			Nomenclatura utilizada por las compañías Petroleras			
EDAD	GRUPOS	FORMACIONES	CHEVRON	UNION TEXAS	REPSOL	SHELL
CUATERNARIO	EBRO	Ebro Sands	Ebro Sands	Ebro Sands	Ebro Sands	Ebro Sands
PLIOCENO		Ebro Clays	Ebro Clays	Ebro Clays	Ebro Clays	Ebro Clays
MESSINIENSE	CASTELLON	Castellón Ss	Castellón Ss	Castellón Ss	Castellón Ss	Castellón Ss
TORTONIENSE		Castellón Sh	Castellón Sh	Castellón Sh	Castellón Sh	Castellón Sh
SERRAVALIENSE	ALCANAR	Salou	ALCANAR	SALOU	CAMBRILS	Amposta Chalk
LANGHIENSE		San Carlos		CAMBRILS		ALCANAR
BURDIGALIENSE		Casablanca			ALCANAR	
AQUITANIENSE		Congl. de Alcanar		ALCANAR		ALCANAR

Fig. 2. Cuadro estratigráfico del Terciario de la subcuenca de Tarragona (Surco de Valencia).

Fig. 2. Tertiary stratigraphic chart, Tarragona trough (Valencia Trough).

da por arenas y arcillas progradantes hacia aguas profundas, denominada "Arcillas del Ebro", y una formación arenosa superior denominada "Arenas del Ebro" correspondiente al frente deltaico y demás sedimentos retrabajados en la plataforma.

El "Grupo Castellón" (Fig. 2) también es de carácter general progradante aunque menos claro y está constituido asimismo por una formación arcillosa inferior denominada "Arcillas de Castellón" y una formación arenosa superior denominada "Areniscas de Castellón". La base de este grupo suele estar marcada por un delgado lecho clástico, localmente conglomerático.

### El techo del Mioceno inferior-medio

Es el techo del "Grupo Alcanar" de Chevron (Chevron: Informes internos inéditos) y CNWL (CNWL: Informes internos, inéditos), "Casablanca", "San Carlos" y/o "Alcanar" de Repsol (Soler *et al.*, 1983), y "Cambrils" o "Salou" de Unión Texas (Clavell y Berástegui, 1991; fig. 2). Este reflector tiende a enrasar los paleorelieves mesozoicos y pre-mesozoicos creados con anterioridad a la transgresión marina del Mioceno inferior, y que en el norte del Surco comienza ya en el Paleógeno superior.

## El techo del paleorelieve pre-Terciario

Es la gran discordancia que separa los sedimentos terciarios que rellenan la cuenca del Surco de Valencia, bien de los carbonatos mesozoicos que aparecen siempre con un mayor o menor grado de karstificación (Martínez del Olmo y Esteban, 1983) y brechificación (Soler *et al.*, 1983), bien de los sedimentos clásticos triásicos y/o de las rocas metamórficas y graníticas del Paleozoico.

## Reflexiones volcánicas

Hacia el este y sur del área de estudio, los tres reflectores descritos que limitan las distintas unidades del Terciario, se ven a menudo truncados por extrusiones volcánicas que producen a su vez reflexiones de gran intensidad. El vulcanismo se asocia al menos en parte, al comienzo de los procesos de rifting pero se extiende hasta época reciente (Islas Columbretes, Zona de Olot, etc).

## DESCRIPCIÓN DE LAS FOSAS

De norte a sur se identifican las siguientes subcuencas:

### Subcuenca de Rosas

La definición de esta fosa deriva de la recopilación, y eventualmente de la reinterpretación, de informes internos inéditos de Chevron (1987, 1988, 1989), que incluyen la interpretación de unos dos mil km de sísmica, y de la información proporcionada por los sondeos Rosas 2-1, Rosas 3-1, Rosas 3-2 y Rosas 3-3 (Fig. 1).

En la sección sísmica escogida como representativa (Fig. 3), se reconoce sólo el margen occidental de la subcuenca, con un fuerte basculamiento del bloque elevado hacia el sureste. La traza de esta falla en el conjunto de la sísmica cartografiada se continúa a lo largo de unos 50 km, y es, en esta subcuenca, la de mayor entidad de todas las fallas reconocidas, y definiendo una geometría de semigraben con una peculiar orientación SO-ESE con el bloque alto al norte y hundido al sur. La sísmica, a partir de las interpretaciones analizadas, permite calcular en la zona más profunda, espesores de sedimentos superiores a los 7.000 m, considerándose como la subcuenca con mayores profundidades de todas las estudiadas.

El sustrato pre-terciario, penetrado por los sondeos Rosas 3-1, Rosas 3-2 y Rosas 3-3 está formado por rocas paleozoicas metamorizadas en los dos primeros casos y por un Mesozoico inferior en el último.

El sondeo Rosas 2-1, es el único que cortó cerca de 2.000 m de Paleógeno basal continental, con facies netamente continentales con algunos episodios lacustres. Por encima, se desarrolla un Oligoceno, que se interpreta como de facies lacustres (sondeo Rosas 1-1), continentales (sondeo Rosas 2-1) y marinas (sondeo Rosas 3-3), con más de 700 m de potencia. Le sigue el Mioceno inferior-medio, transicional o de facies poco profundas, que con una potencia que no supera unas decenas de metros, no es reconocible en todos los sondeos. Aparece cubierto por sedimentos marinos de aguas profundas del Mioceno medio y superior. Erosionando estas facies se reconoce la discordancia Messiniense y por encima los depósitos Plio-Cuaternarios (Fig. 3).

### Subcuenca de Barcelona

La definición de esta fosa deriva de la recopilación, y eventualmente de la reinterpretación, de informes internos de Chevron inéditos (1987, 1988, 1989), que incluyen la interpretación de unos mil doscientos km de sísmica y de la información proporcionada por los sondeos que de norte a sur son, Barcelona Marino E-1, Barcelona Marino D-1, Barcelona Marino C-1, Barcelona Marino B-1, Barcelona Marino A-1 y Calella Marino B-1.

La subcuenca, de orientación NE-SO, ha quedado representada por dos secciones sísmicas de orientación este-oeste (Figs 4 y 5). La figura 4 proporciona una visión del borde septentrional y oriental: los bloques aparecen basculados hacia el oeste. Hacia el sur, en la figura 5, la sección sísmica elegida completa la visión de la subcuenca al reconocer el margen occidental de la misma, con el bloque alto basculado hacia el este, quizá como prolongación meridional del mostrado en la subcuenca de Rosas. En el depocentro se interpretan espesores de sedimentos superiores a los 5.000-6.000 m.

En cuanto al sustrato es fundamentalmente de edad cretácica en todos los sondeos que lo alcanzan, reconociéndose afloramientos de edad progresivamente más antigua hacia el oeste, este, norte y sur, es decir en los paleoaltos que limitan la subcuenca.

El relleno también es un Paleógeno continental y de facies evaporíticas en aquellos sondeos situados más cerca del depocentro, Barcelona Marino B-1 y Barcelona Marino C-1. En concreto este último penetró más de 1.200 m de dichas facies. Por encima, se encuentran depósitos del Mioceno inferior interpretados como de facies marinas poco profundas y sobre éstos, sedimentos del Mioceno medio y superior en facies neríticas.

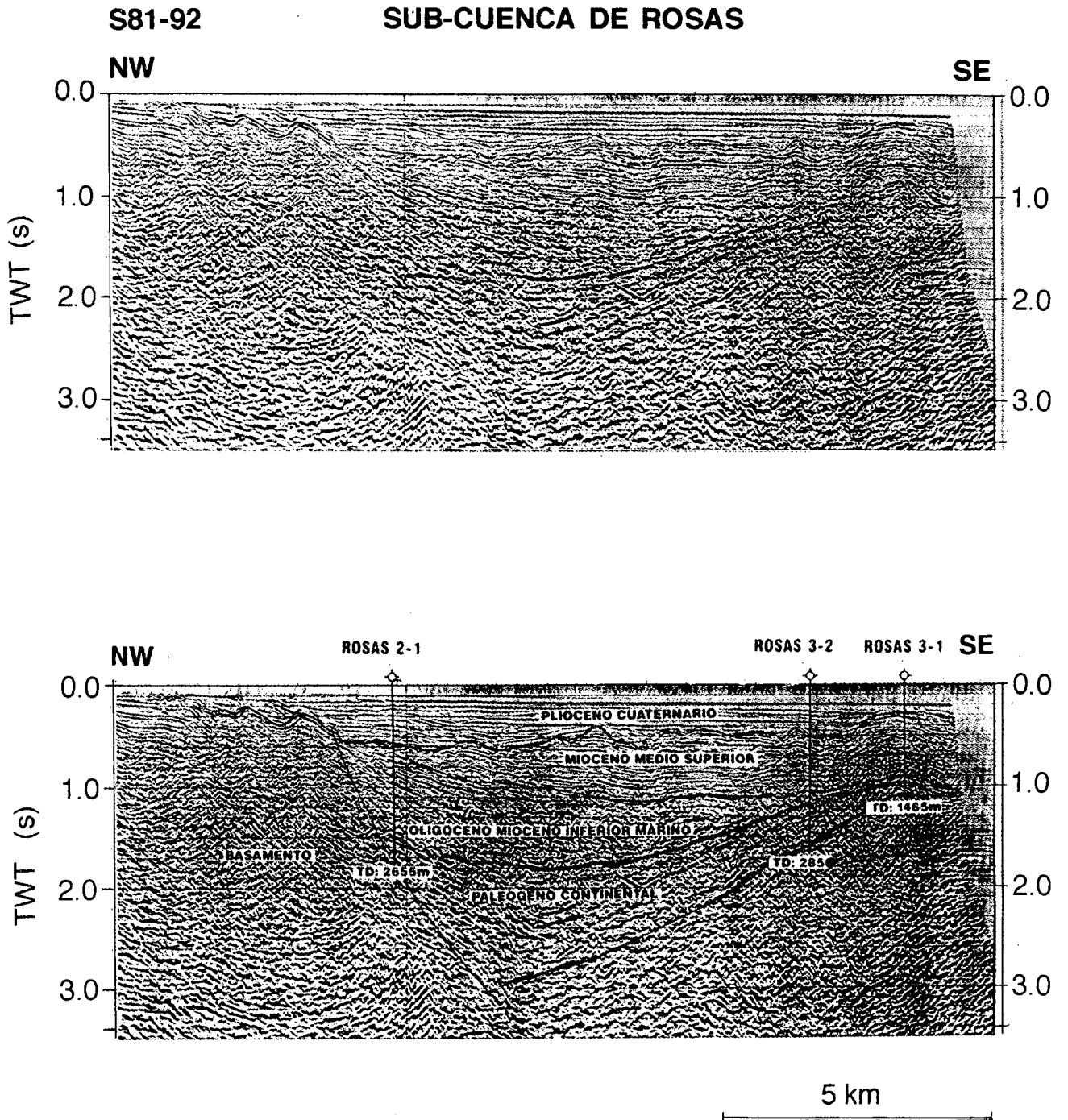


Fig. 3. Línea sísmica a través de la subcuenca de Rosas.

Fig. 3. Seismic line across the Rosas trough.

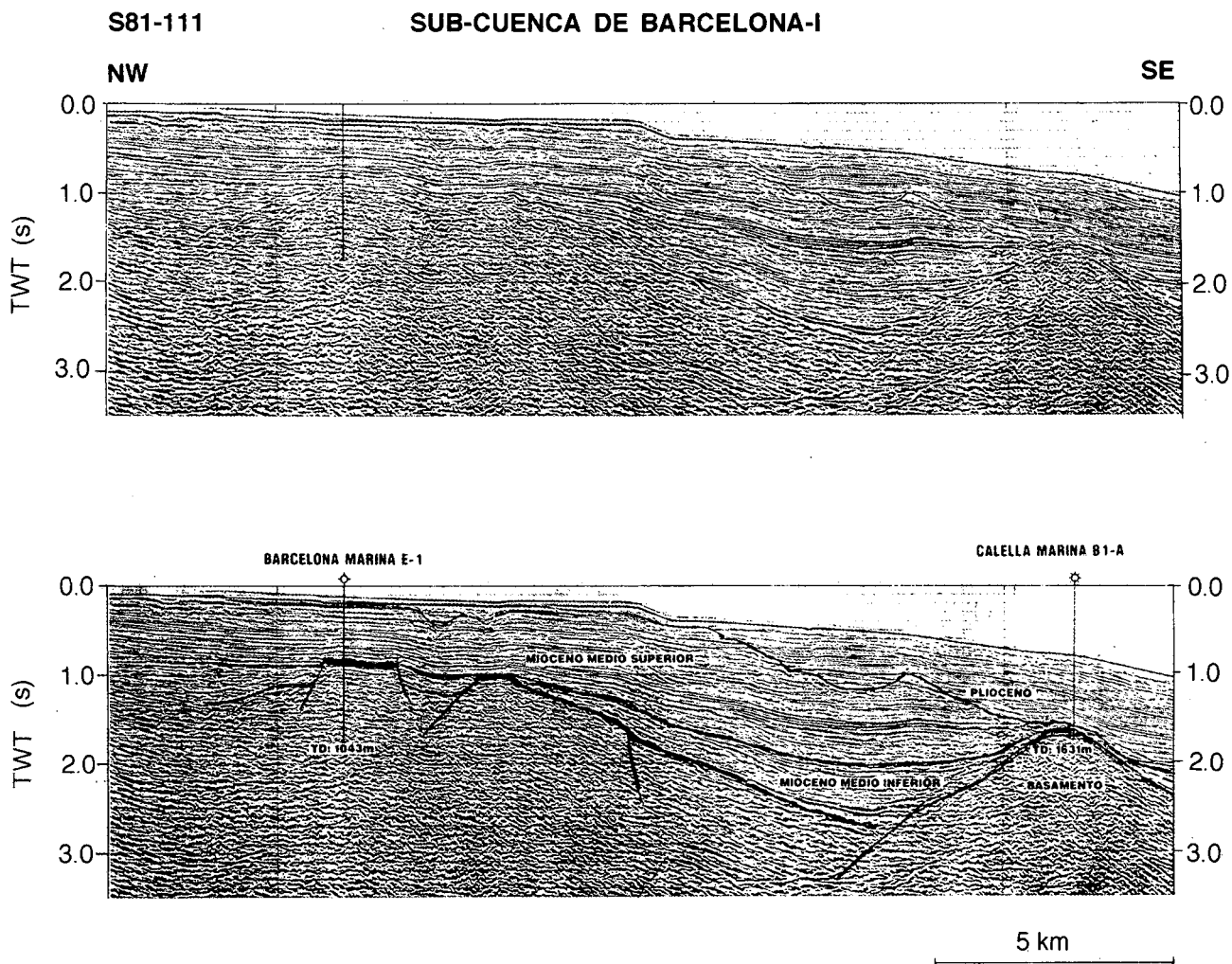


Fig. 4. Línea sísmica a través de la subcuenca de Barcelona, zona norte.

Fig. 4. Seismic line across the Barcelona trough, northern part.

Erosionándolos se observa la discordancia Messiniense fosilizada por los materiales Plio-Cuaternarios.

En contraposición el sondeo Barcelona Marino E-1, que también alcanzó los 4.000 m de profundidad, representa el borde oeste de la cuenca, penetrando menos de 1.000 de sedimentos del Mioceno medio-superior, que reposan sobre una serie eminentemente calcárea, aparentemente no karstificada, de edad Cretácico inferior, (Barremiense-Aptense?), con una potencia superior a los 1.500 m, y por debajo 1.100 m de dolomías jurásicas. El sondeo finalizó en dolomías con intercalaciones de anhídrita atribuidas al Triásico superior (Fig. 5).

Por el sur, los sondeos Barcelona Marino G-1 y Garraf-1 y -2, perforaron el sustrato a algo menos de

2.300 m de profundidad, siendo rocas triásicas en el primer caso y dolomías jurásicas karstificadas en el segundo. El Mioceno inferior-medio tiene unos 250 m de potencia, con marcado carácter recifal en el Barcelona Marino G-1. En el extremo oriental de la cuenca el basamento metamórfico se encuentra a algo más de 1.500 m de profundidad, como indica el sondeo Calella Marino B-1.

### Subcuenca de Tarragona

Es la subcuenca mejor conocida del Surco ya que sobre sus márgenes oriental, occidental y meridional, se han localizado los campos comerciales de petróleo descubiertos hasta el momento: Dorada (agotado con 16,5 millones de barriles de crudo extraídos) al oeste; Casablanca (en explotación, con más de 125 millones de



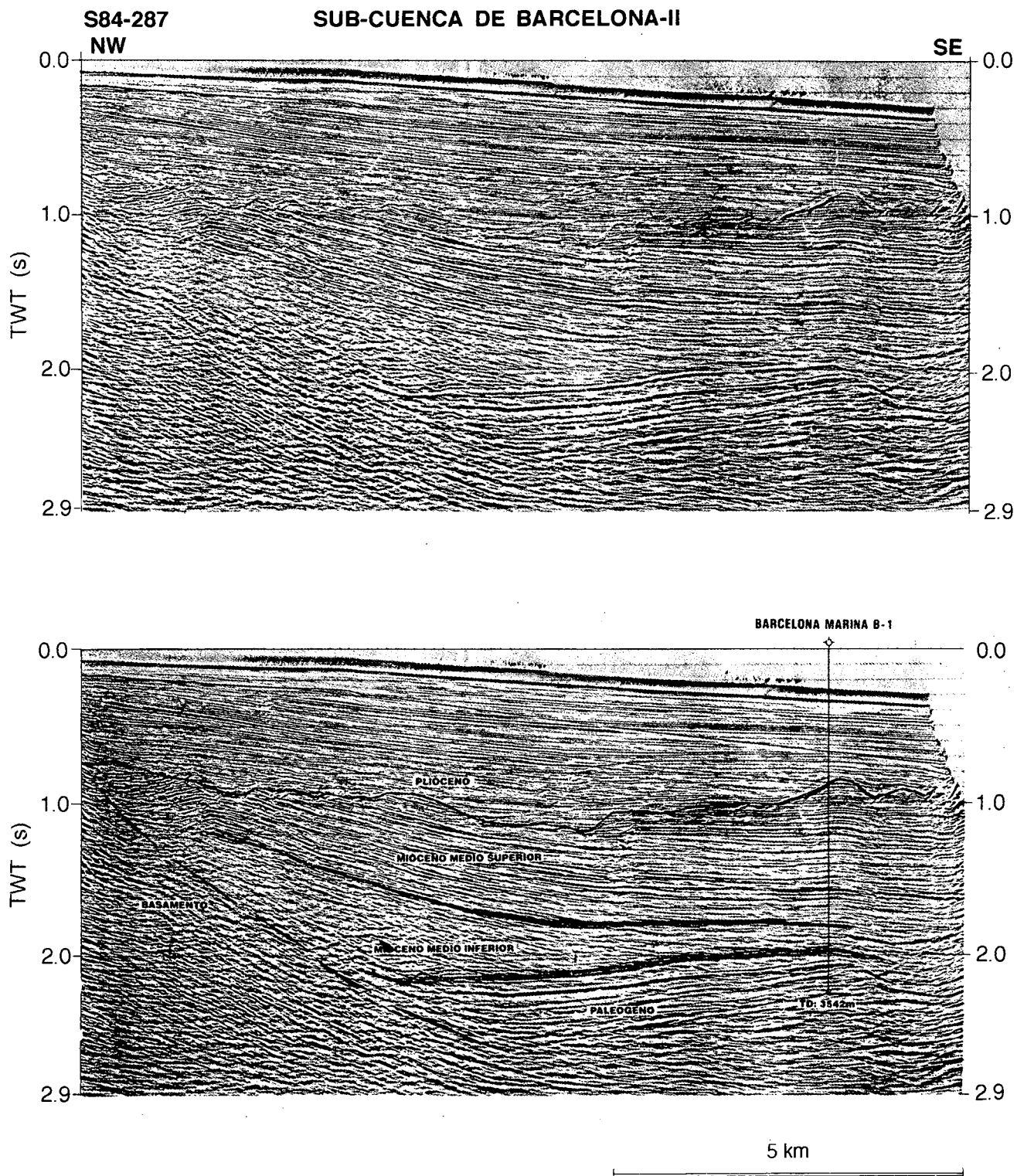


Fig. 5. Línea sísmica a través de la subcuenca de Barcelona, zona sur.

Fig. 5. Seismic line across the Barcelona trough, southern part.

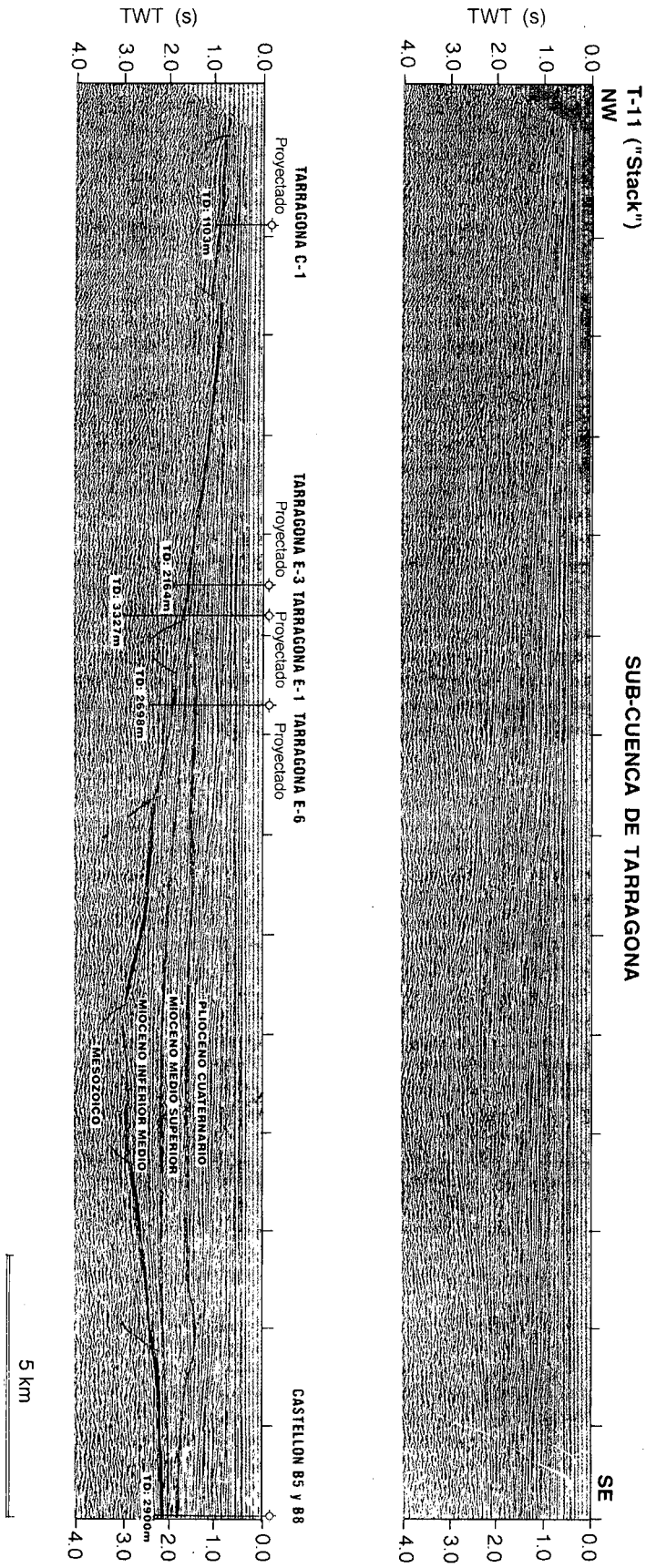


Fig. 6. Línea sísmica a través de la subcuenca de Tarragona.

Fig. 6. Seismic line across the Tarragona trough.

barriles ya extraídos) y Tarraco (agotado con 14,5 millones de barriles de crudo extraídos) al este; y Amposta (agotado con 55 millones de barriles de crudo extraídos) al sur. Angula y Salmonete, aunque corresponden a descubrimientos no comerciales, proporcionaron información excepcional por su proximidad al depocentro de la subcuenca.

La definición de esta fosa se deriva de la recopilación y eventualmente de la reinterpretación de informes internos de Chevron inéditos (entre 1975-1989), que incluyen la interpretación de unos tres mil quinientos km de sísmica, y de la información proporcionada por más de ciento veinte sondeos (Fig. 6).

De orientación NE-SO y forma alargada es una subcuenca relativamente simétrica, sobrepasando en su parte más profunda los 4.000 metros de espesor de sedimentos, de manera que los sondeos más cercanos al depocentro, como los Tarragona-F, Angula, Pulpo, etc. encontraron el Mesozoico a más de 3.900 m de profundidad.

El sustrato, en general, también es de edad cretácica, reconociéndose igual que en la subcuenca de Barcelona, afloramientos de edad progresivamente más antigua hacia el este, oeste, norte y sur. Este hecho es importante ya que marca la existencia de una erosión pre-miocena que llega a descubrir rocas de edad más antigua, incluso paleozoicas (como por ejemplo el sondeo Montanazo D-3, que encontró el basamento paleozoico metamorfizado a unos 2.800 m de profundidad bajo unas calizas recifales de edad Mioceno medio), indicando la existencia de altos que protegían y favorecían la sedimentación de carácter restringido en las subcuencas. De hecho, en todas ellas, desde el Aquitaniense al Serravaliense los depósitos muestran una gran continuidad y horizontalidad onlapando sobre los altos que las rodean.

Los sondeos perforados en la zona más profunda no han reconocido sedimentos de edad anterior al Mioceno más bajo, que se deposita en facies marinas restringidas. Sobre las facies de esta edad, igual que en las subcuencas anteriormente descritas, se encuentran sedimentos del Mioceno medio y superior en facies neríticas. Erosionándolos, se observa la discordancia Messiniense fosilizada por los materiales Plio-Cuaternarios.

Entre los sedimentos del Mioceno inferior se encuentra la roca-madre probada que surte a los campos de petróleo previamente mencionados. Las facies más margosas y carbonatadas (depositadas en un ambiente anóxico

restringido que favoreció la preservación de la materia orgánica, convenientemente madurada por un gradiente geotérmico alto), generaron hidrocarburos que encontraron en el sustrato mesozoico karstificado el almacén idóneo para acumularse, mientras las facies arcillosas del Mioceno actuaban como sello impidiendo que el petróleo continuara su proceso de migración y disipación.

### Subcuenca de Castellón

Es la más meridional, la más cercana a las Béticas y la peor estudiada de las subcuencas reconocidas en el margen occidental del Surco. La actividad petrolera ha sido también considerablemente menor en los alrededores de esta subcuenca con un número relativamente escaso de campañas sísmicas disparadas (unos seiscientos km estudiados) y con poco más de una decena de sondeos perforados. A través de la información proporcionada por los mismos sabemos que los sondeos que alcanzan el Triásico superior presentan la peculiaridad de encontrar facies Keuper con sal, facies que no aparece en ninguno de los sondeos que llegan hasta el Triásico en zonas más septentrionales del Surco de Valencia.

El Mioceno inferior-medio es en general menos potente que en la subcuenca de Tarragona, aunque llega a tener espesores de 750 m en el sondeo Columbretes A-1, próximo a la subcuenca de Castellón. Este sondeo encontró el sustrato, de edad Cretácico inferior a más de 4.700 m (Fig. 7). En general y durante todo el Mioceno se piensa que la cuenca era menos restringida que la subcuenca de Tarragona, y de hecho en el sondeo Columbretes A-1, se describen foraminíferos planctónicos para el Mioceno medio.

Las rocas extrusivas también son muy frecuentes no sólo intercaladas entre los sedimentos miocenos sino como cuerpos volcánicos que llegan a emerger, como es el caso de las Islas Columbretes, indicando que la actividad volcánica que comenzó durante la fase de rift ha llegado hasta tiempos muy recientes.

### CONCLUSIONES

La historia del *rift* del Surco de Valencia se inicia en los procesos tectónicos de fracturación distensiva de la orogenia alpina, responsables de la creación de altos y surcos (horsts y grabens) con orientación general NE-SW así como del basculamiento de los bloques que limitaban los surcos. En el margen occidental del Surco de Valencia, para los autores, no hay indicios claros del de-

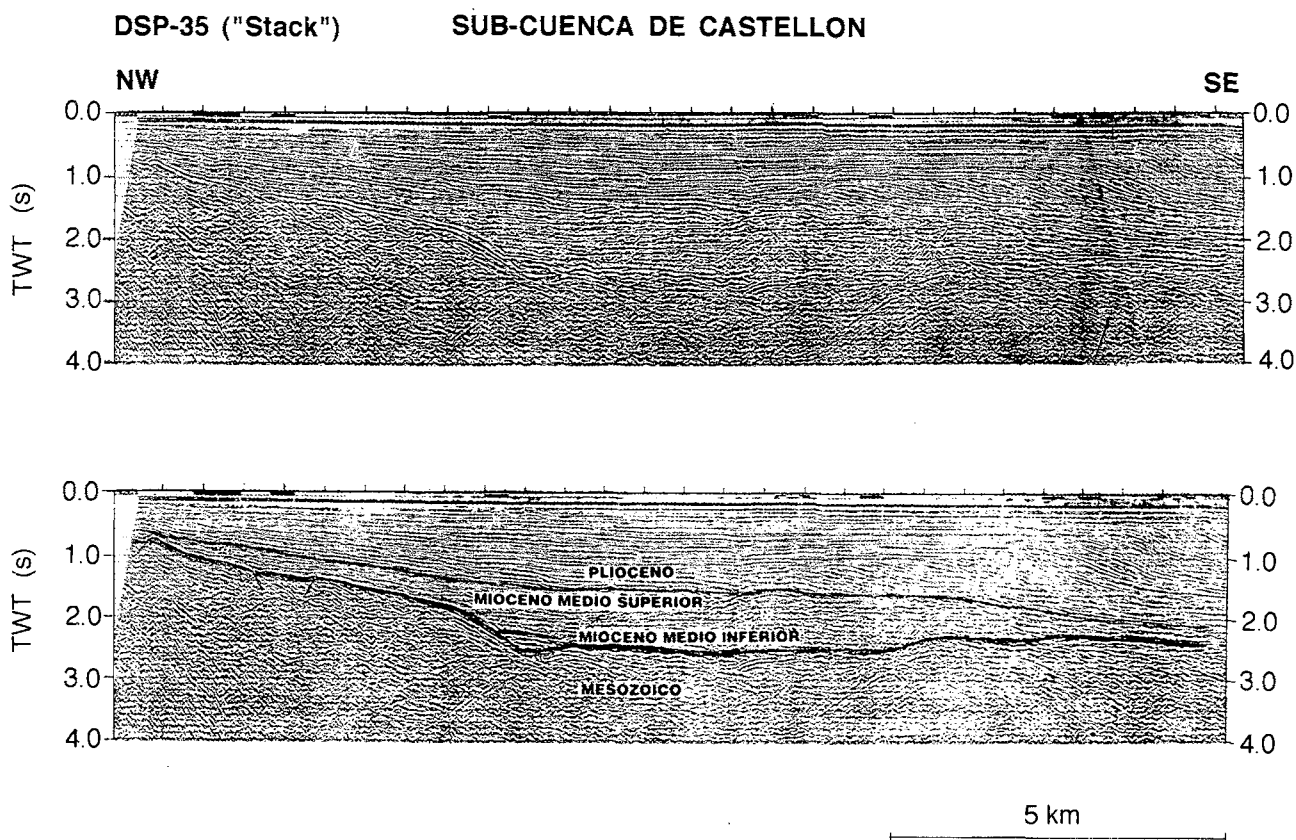


Fig. 7. Línea sísmica a través de la subcuenca de Castellón.

Fig. 7. Seismic line across the Castellón trough. See text for further explanation.

sarrollo de una cuenca compresiva del tipo *foredeep*, que en caso de existir, estaría limitada al margen más oriental y meridional.

La distensión responsable de la formación del *rift* se va desplazando de norte a sur, de la misma forma que el *rift* europeo, como lo demuestra el relleno de las subcuencas de Rosas y Barcelona, las más cercanas a los Pirineos, y las únicas que han encontrado sedimentos de edad paleógena. Es decir que durante el Paleógeno mientras que el resto del Surco de Valencia estaba todavía expuesto a la erosión aérea o subaérea, en este área existían ya depresiones que se rellenaban de sedimentos continentales, lacustres, evaporíticos, y marinos restringidos, con una alta tasa de subsidencia. En contraste, el relleno de las subcuencas de Tarragona y Castellón es posterior, durante el Mioceno inferior-medio, período en el cual las subcuencas de Rosas y Barcelona se encontraban ya prácticamente colmatadas.

El aislamiento del Tethys de estas subcuencas en las etapas iniciales del *rift* fue producido por la existencia de grandes paleorelieves en sus partes orientales, donde los sedimentos mesozoicos se encuentran total o parcialmente erosionados. Las condiciones sedimentarias fueron claramente restringidas, acumulándose en ellas importantes espesores de sedimentos con características anóxicas.

Estas condiciones anóxicas permitieron la acumulación y preservación de la materia orgánica, que maduró tempranamente debido al elevado gradiente geotérmico del *rift*, transformándose en petróleo que se acumuló en los altos que limitaban las subcuencas. La karstificación de los carbonatos jugó un papel crítico en la generación y desarrollo de los almacenes.

El *rift* que dió lugar al Surco de Valencia abortó durante el Mioceno medio. Los depósitos que rellenaron las

diversas subcuencas asociadas son típicos de este ambiente colmatándolas y solapando los altos que las rodean. La sedimentación, a partir de entonces, adquirió un carácter de margen pasivo con sucesivas megasecuencias de plataforma progradante.

## AGRADECIMIENTOS

L.O.C.S. Oil Company of Spain por su autorización y apoyo incondicional para la publicación de este artículo. A los Drs. Francesc Sàbat y Eduard Roca por la cuidadosa revisión crítica del trabajo y sus numerosas sugerencias.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANADÓN, P., CABRERA, L., ROCA, E. y RODRÍGUEZ PEREA, A. 1989: Sedimentary evolution of the Valencia trough. *Terra Abstracts*, 1: 46-47.
- ANADÓN, P. y ROCA, E. 1996: Geological setting of the Tertiary basins of northeast Spain. In: P. Friend y C. Dabrio, (eds.): *Tertiary Basins of Spain*. Cambridge Univ. Press., Cambridge pp. 43-48.
- BARTRINA, M. T., CABRERA, L., JURADO, M. J., GUIMERÀ, J. y ROCA, E. 1992: Evolution of the central catalan margin of the Valencia trough (western Mediterranean). *Tectonophysics*, 203: 219-247.
- BARTRINA, M. T. y JURADO, M. J. 1994: Depósitos sin-rift paleógenos del margen occidental de la cuenca catalano-balear, semifosa de Barcelona. *In litteris*.
- CHEVRON OIL COMPANY OF SPAIN, 1975 a 1989: Informes internos, inéditos. *In litteris*.
- CLAVELL, E. y BERÀZSTEGUI, X. 1991: Petroleum Geology of the Gulf of Valencia. In: Ed. A.M. Spencer, *Generation, Accumulation and Production of Europe's Hydrocarbons*, Oxford University Press, Oxford, pp. 355-368.
- CNWL OIL (ESPAÑA), 1981 a 1991: Informes internos, inéditos.
- DEMAISON, G. y BOURGEOIS, F. T. 1984: Environment of deposition of middle Miocene (Alcanar) carbonate source beds, Casablanca field, Tarragona basin, offshore Spain. In: AAPG Stud. in Geol., 18. *Petroleum Geochemistry and Source Potential of Carbonate Rocks*, pp. 151-161.
- FERNÁNDEZ, M., TORNÉ, M. y ZEYEN, H. 1990: Modelling of thermal anomalies in the NW border of the Valencia Trough by groundwater convection. *Geoph. Research Letters*, 17-1: 105-108.
- FERNÁNDEZ, M., FOUCHER, J. P. y JURADO, M. J. 1992: Estimación del flujo de calor en sondeos petrolíferos: aplicación al extremo SW del surco de Valencia. In: Actas Vol. 2. *III Congreso Geológico de España*, Salamanca, 198-202.
- FONTBOTÉ, J. M., GUIMERÀ, J., ROCA, E., SÀBAT, F., SANTANACH, P. y FERNÁNDEZ ORTIGOSA, F. 1990: The Cenozoic geodynamic evolution of the Valencia trough (western Mediterranean). *Rev. Soc. Geol. España*, 3 (2): 7-18.
- GARCÍA SIÑÉRIZ, B., QUEROL, R., CASTILLO, F. y FERNÁNDEZ-ARRIBAS, J. R. 1979: A new hydrocarbon province in the Western Mediterranean. In: Proceedings Vol. 2. *10th World Petroleum Congress, Bucharest*, pp. 191-197.
- MARTÍNEZ DEL OLMO, W. y ESTEBAN, M. 1983: Paleokarst development (Western Mediterranean). In: AAPG Spec. Publ. N° 33, *Carbonate Depositional Environments*, pp. 93-95.
- MARTÍNEZ DEL OLMO, W., MURILLAS, J. y FERNÁNDEZ, F. 1991: Los ciclos eustáticos-sedimentarios del Neógeno en el Golfo de Valencia (Mediterráneo occidental). In: Abstracts. *I Congreso del Grupo Español del Terciario*, Vic, pp. 206-209.
- MARTÍNEZ DEL OLMO, W. 1996: Depositional sequences in the Gulf of Valencia Tertiary Basin. In: P.Friend y C.Dabrio, (eds.): *Tertiary Basins of Spain*, Cambridge Univ. Press, Cambridge pp. 55-67.
- MELÉNDEZ-HEVIA, F. y ÁLVAREZ-DE-BUERGO, E. 1996: Oil and gas resources of the Tertiary basins of Spain. In: Ed. P.Friend y C.Dabrio, *Tertiary Basins of Spain*, Cambridge Univ. Press, Cambridge; pp. 20-25.
- ROCA, E. y DESEGALUX, P. 1992: Analysis of the geological evolution and vertical movements in the Valencia Trough area, western Mediterranean. *Marine Petrol. Geol.*, 9: 167-185.
- SANZ DE GALDEANO, C. 1990: La prolongación hacia el sur de las fosas y desgarres del norte y centro de Europa: una propuesta de interpretación. *Rev. Soc. Geol. España*, 3 (1-2): 231-241.
- SOLER, R., MARTÍNEZ DEL OLMO, W., MEGÍAS, A. G. y ABERGER, J. A. 1983: Rasgos básicos del Neógeno del Mediterráneo español. *Mediterranea, Ser. Geol.*, 1: 71-82.
- TORNÉ, M. y WATTS, A. B. 1992: Crustal structure and the mechanical properties of extended continental lithosphere in the Valencia trough (western Mediterranean). In Actas Vol. 2. *III Congreso Geológico de España*, Salamanca, pp. 242-247.
- TORRES, J., BOIS, C. y BURRUS, J. 1993: Initiation and evolution of the Valencia trough (western Mediterranean): constraints from deep seismic profiling and subsidence analysis. *Tectonophysics*, 228: 57-80.
- VÁZQUEZ, J. T. y MEDIALDEA, T. 1992: Evolución tectónica de la margen continental entre los cabos de Bagur y Creus (Gerona). In: Actas Vol. 2. *III Congreso Geológico de España*, Salamanca, pp. 166-170.
- VÁZQUEZ, J. T., MEDIALDEA, T. y VEGAS, R. 1993: El sistema NW-SE de fosas de Rosas y Bagur (margen continental nororiental de España). *Geogaceta*, 14: 21-23.
- WATTS, A. B. y TORNÉ, M. 1992: Subsidence history, crustal structure and thermal evolution of the Valencia Trough: a young extensional basin in the western Mediterranean. *Jour. Geophys. Research*, 97: 20.021-20.041.