

RESEARCH ARTICLE

## The large synforms of the Mesozoic in the Valencia Gulf and the Messinian in the Cadiz Gulf

### *Los grandes sinformes del Mesozoico en el Golfo de Valencia y del Messiniense en el Golfo de Cádiz*

Wenceslao Martínez del Olmo

Corresponding author: [wmartinezo@ya.com](mailto:wmartinezo@ya.com) (Wenceslao Martínez del Olmo)

#### Key points

Seismic data allow to interpret two large synform geometries in the Gulf of Valencia and Gulf of Cadiz

Gulf of Valencia syncline is defined by a paraconformity set deposited between Triassic salt and a Lower Miocene regional discordance

Gulf of Cadiz syncline is attributed to an inter-olistostromic sub-basin with facies equivalent to limestones and shales of Carmona

**Keywords:** Tectonics; Structural Geology; Diapirs; Synclines; Spain.

#### Puntos clave

Datos sísmicos revelan dos geometrías tipo sinforme en el Golfo de Valencia y en el Golfo de Cádiz

El sinforme del Golfo de Valencia se define por un depósito para-conforme limitado por sal del Triásico y una discordancia Mioceno Inferior

El sinforme del Golfo de Cádiz se atribuye a una subcuenca inter-olistostroma con facies equivalentes a calizas y calcarenitas de Carmona

**Palabras clave:** Tectónica; Geología Estructural; Diapiros; Sinclinales; España.

#### ABSTRACT

Two seismic programs allow to interpret two local and notable synform geometries, which as far as we know have not been described in the numerous bibliographic references that can be consulted in their areas of existence: Mesozoic of the Gulf of Valencia and Messinian of the Gulf of Cadiz. Since they were not drilled by any well, the conclusions of this work have to be taken as interpretations derived from the seismic images and the very different lithostratigraphic and structural contexts of both areas. 1) The Gulf of Valencia syncline is characterized by a thick (6500-7500 m) paraconformity set of materials deposited between the salt of the Triassic and the regional discordance of the Lower Miocene, which by its thicknesses and location is attributed to the southern extension of the Iberian Mountain Range. 2) The Gulf of Cadiz syncline is attributed to an inter-olistostromic sub-basin filled with facies equivalent to the so-called limestones and shales of Carmona, which are covered by a mild erosive discordance of the Upper Messinian-Lower Pliocene age. Both examples suggest that two very different structural and stratigraphic contexts lead to the creation of large sub-basins with synformal geometry.

#### Article History:

Received: 01/09/2021  
Accepted: 25/04/2022

#### RESUMEN

Dos programas sísmicos permiten interpretar dos locales y notables geometrías tipo sinforme que, hasta donde conocemos, no han sido descritas en las numerosas referencias bibliográficas que pueden ser consultadas en sus áreas de existencia: Mesozoico del Golfo de Valencia y Messiniense en el Golfo de Cádiz. Dado que no fueron perforados por sondeo alguno, las conclusiones de este trabajo han de ser tomadas como interpretaciones derivadas de las imágenes sísmicas y de los muy diferentes contextos lito-estratigráficos y estructurales de ambas áreas. 1) El sinforme del Golfo de Valencia caracteriza un espeso (6500-7500 m) conjunto para-conforme de materiales depositados entre la sal del Triásico y la discordancia regional del Mioceno Inferior, que por sus espesores y localización es atribuido a la prolongación meridional de la Cordillera Ibérica. 2) El sinforme del Golfo de Cádiz es atribuido a una subcuenca inter-olistostroma rellena por facies equivalentes a las calizas y calcarenitas de Carmona, que son cubiertas, en suave discordancia erosiva, por el Messiniense Superior-Plioceno Inferior. Ambos ejemplos enseñan que dos muy diferentes contextos estructurales y estratigráficos conducen a la creación de grandes sub-cuencas con geometrías tipo sinforme.

#### Historial del artículo:

Recibido: 01/09/2021  
Aceptado: 25/04/2022

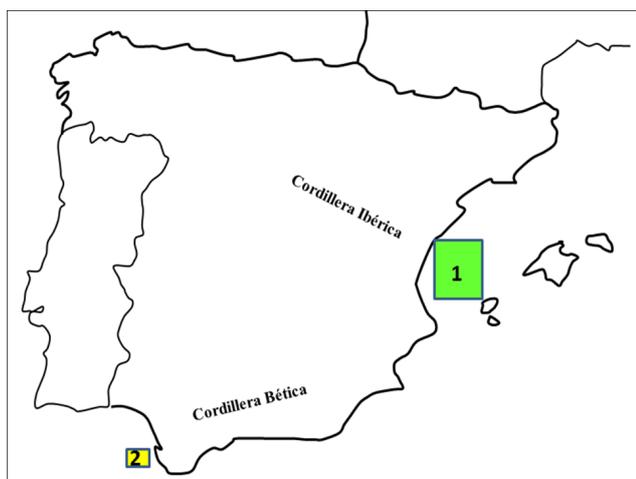
## 1. Introducción

Dos y tres décadas atrás la exploración de hidrocarburos en España era activa, y ello promovió la adquisición de dos campañas sísmicas, localizadas en las aguas profundas del Golfo de Valencia y en las someras del Golfo de Cádiz (Figura 1) cuyos datos son accesibles desde el fondo documental del Ministerio de Energía y Minas en Madrid, y permiten interpretar dos grandes geometrías, tipo sinclinal, presentes en el Mesozoico del Golfo de Valencia y en el Messiniense del Golfo de Cádiz, cuya descripción constituye el objeto de este trabajo.

La ausencia en ambas áreas de visibles trampas susceptibles de albergar hidrocarburos, llevó a que en ninguna de las dos se perforase un sondeo exploratorio que penetrase la columna sedimentaria que ellas albergan, pues aunque en la del Golfo de Valencia existen numerosos sondeos (Figura 2 A) la mayor parte de ellos se detuvieron unas decenas de metros por debajo de la discordancia Mioceno-Mesozoico porque los datos regionales, indicios y descubrimientos, fijaban esa discordancia como el objetivo exploratorio principal (Figura 3). La anterior circunstancia implica que este trabajo quede confinado a lo que desde la interpretación de las líneas sísmicas y de los contextos lito-estratigráficos locales, pueda deducirse.

## 2. El sinclinal Mesozoico del Golfo de Valencia

Las aguas profundas del Golfo de Valencia contienen numerosas líneas sísmicas que permi-



**Figura 1.** Localización de las dos áreas objeto de este trabajo: Aguas profundas del Golfo de Valencia y costeras del Golfo de Cádiz.

**Figure 1.** Location of the two areas subject to this work: deep waters Valencia Gulf and coastal waters of Cadiz Gulf.

ten diferenciar una gran geometría, tipo sinclinal, que involucra a una espesa serie sedimentaria con un mínimo de 6500-7500 metros de espesor, de tipo para-conforme, y que se corresponde con el intervalo comprendido entre el Triásico y la discordancia de ruptura de la cuenca del golfo de Valencia (discordancia Mioceno-Mesozoico).

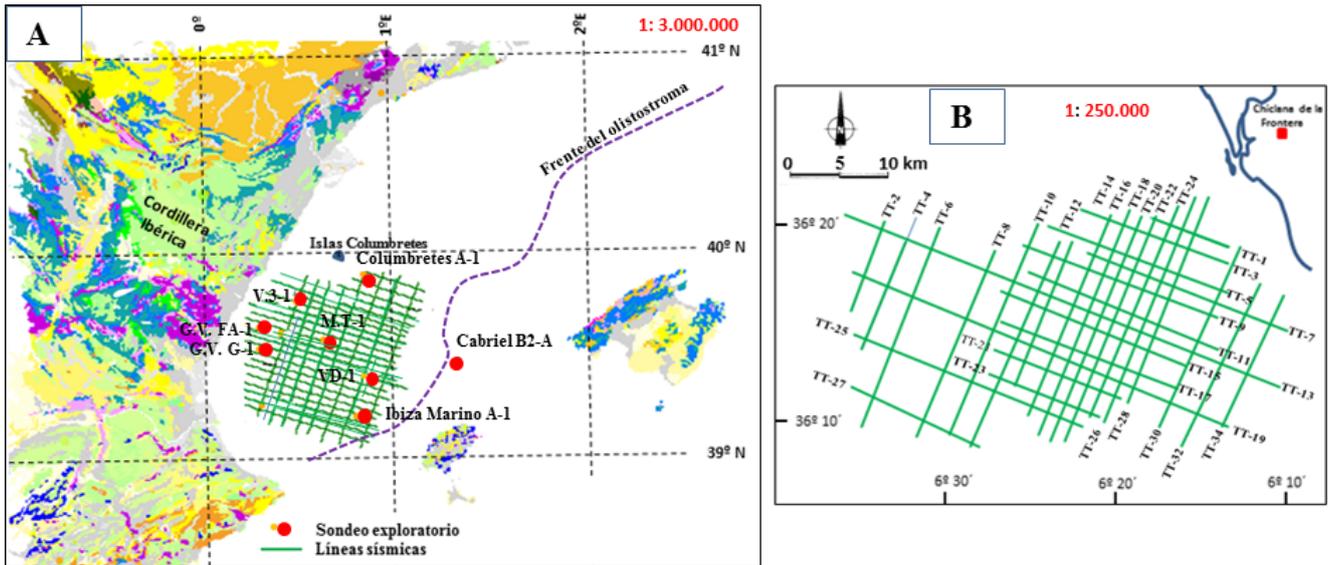
La localización, dirección y lito-estratigrafía desvelada por los sondeos que parcialmente la penetraron (figuras 2 A y 3) permite interpretar esta megaforma estructural como la prolongación hacia el SE de la Cordillera Ibérica, última expresión sísmica de la misma porque más hacia el Este es ocultada por el complejo olistostrómico de la Cordillera Bética (Martínez del Olmo, 1996).

La ausencia de un sondeo profundo que controle la edad de los horizontes sísmicos, no permite asegurar los espesores y edades de los intervalos sísmicos de este Mesozoico, pero ellos pueden ser aproximados desde:

- 1) El horizonte sísmico que el sondeo Columbretes A-1 identificó como del Cretácico superior carbonatado.
- 2) La cuesta (*hogback*) que ellos provocan bajo la discordancia regional Mioceno-Mesozoico.
- 3) La interpretación de la totalidad de la campaña sísmica. Si a esta información unimos las imágenes sísmicas y gravimétricas (figuras 4 a 8) no es factible albergar dudas de que este gran sinforme se corresponde con la prolongación de la Cordillera Ibérica a las aguas profundas del Golfo de Valencia.

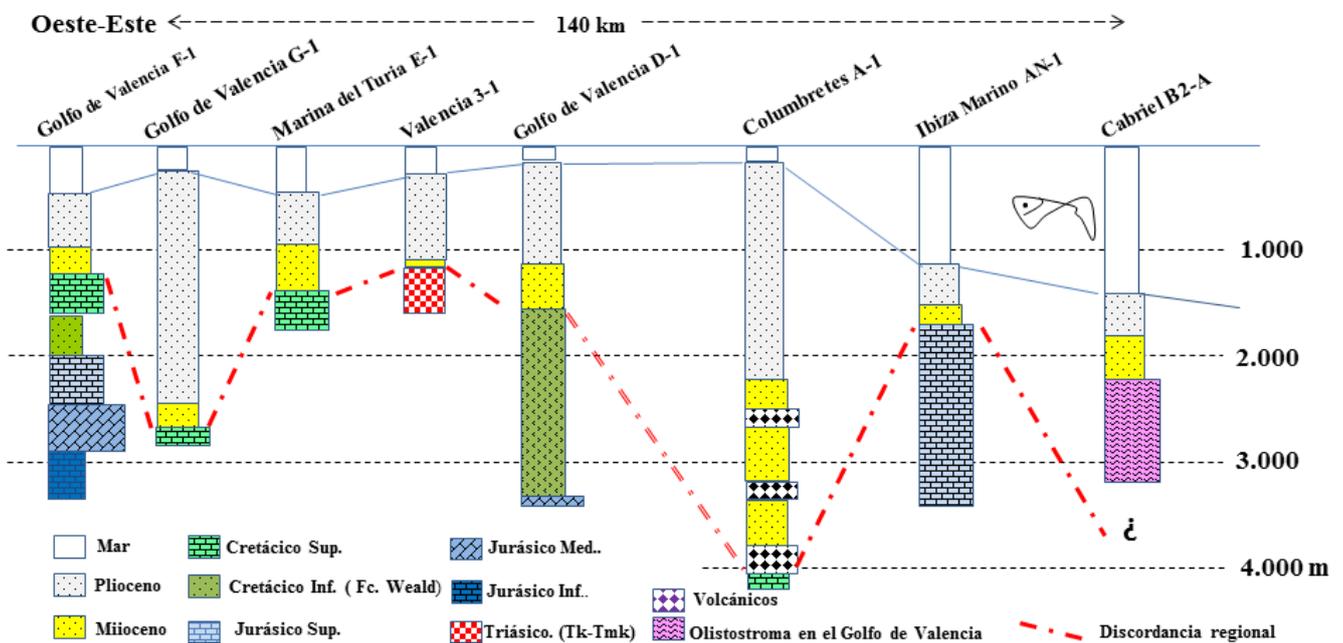
## 3. El sinforme del Golfo de Cádiz

En aguas poco profundas y a tan solo seis-siete kilómetros de distancia de Chiclana de La Frontera, existe una campaña sísmica con el nombre de TT-1980 (Tartessos, Figura 2 B) que es accesible desde el fondo documental del Ministerio de Energía y Minas en Madrid. Ella permite visualizar e interpretar la presencia de una notable geometría, tipo sinclinal, conformada sobre el complejo olistostrómico del Guadalquivir, complejo que por sus características (Festa *et al.*, 2012) es, en ocasiones, difícil de individualizar de su relleno (Figura 8). Sin embargo, dadas sus velocidades de tránsito e intervalo, organización y localización, sus facies son atribuidas a la alternancia de calizas y margas equivalentes de las Calcarenitias de Carmona del Messiniense s.s., facies que son fosilizadas por una suave dis-



**Figura 2.** A y B. Campañas sísmicas y sondeos consultados. Nótese la diferencia de escala de los dos dibujos y que la totalidad de B se ubica en área ocupada por el olistostroma del Guadalquivir-Cádiz, y que, aunque en el Golfo de Valencia existen varios sondeos, ninguno de ellos reconoció, al completo, la espesa columna sedimentaria del Mesozoico y Paleógeno (6 500-7 500 metros) existente.

**Figure 2.** A and B. Seismic surveys and exploratory wells consulted. Note, the difference in scale of the two drawings and that the whole of B is located in the area occupied by the Guadalquivir-Cádiz olistostrome. Note also that, although in the Gulf of Valencia there are several wells, none of them recognized, in full, the thick sedimentary column of the Mesozoic and Paleogene (6,500-7,500 meters) located there.



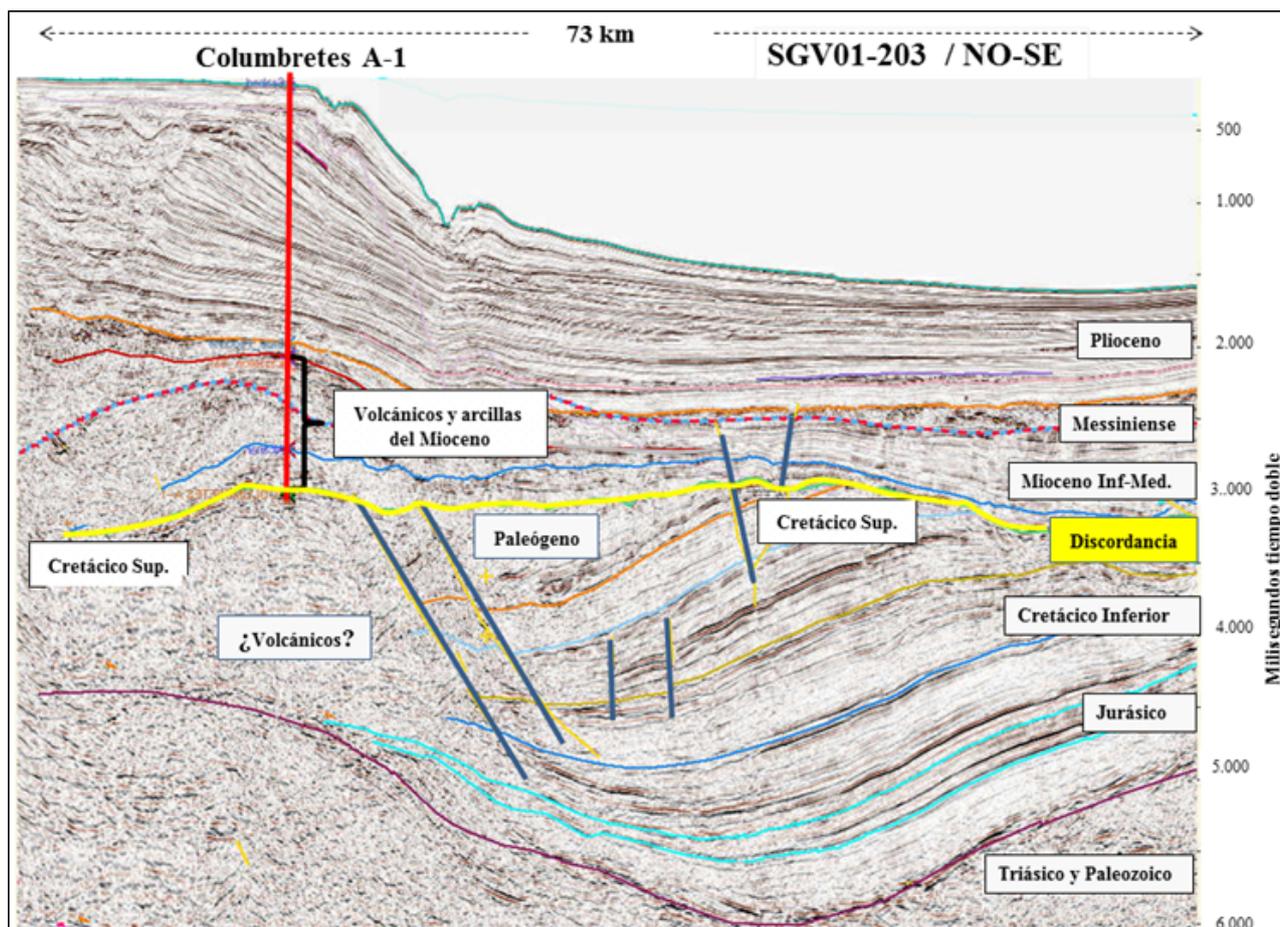
**Figura 3.** Columnas litoestratigráficas reconocidas por los sondeos del Golfo de Valencia que, aunque sean parciales, permiten atribuir sus facies a las descritas en numerosos trabajos publicados de la Cordillera Ibérica (Repsol Exploración, inédito).

**Figure 3.** Lithostratigraphic columns recognized by the wells of the Valencia Gulf that, although partial, allow to attribute their facies to those described in numerous published works of the Iberian Cordillera (from Repsol Exploración. 2018, unpublished).

cordancia erosiva que da paso a las arcillas del Messiniense Superior-Plioceno Inferior.

El sinforme no ha sido perforada por sondeo alguno, lo que motiva que su descripción, exclu-

sivamente se realice por la información provista por la campaña sísmica y el contexto geológico regional en el que ella se enmarca.



**Figura 4.** Expresión sísmica de la Cordillera Ibérica en las aguas profundas del Golfo de Valencia y aproximación al control litoestratigráfico provisto por la interpretación del total de las líneas sísmicas y los sondeos recogidos en la Figura 2A.

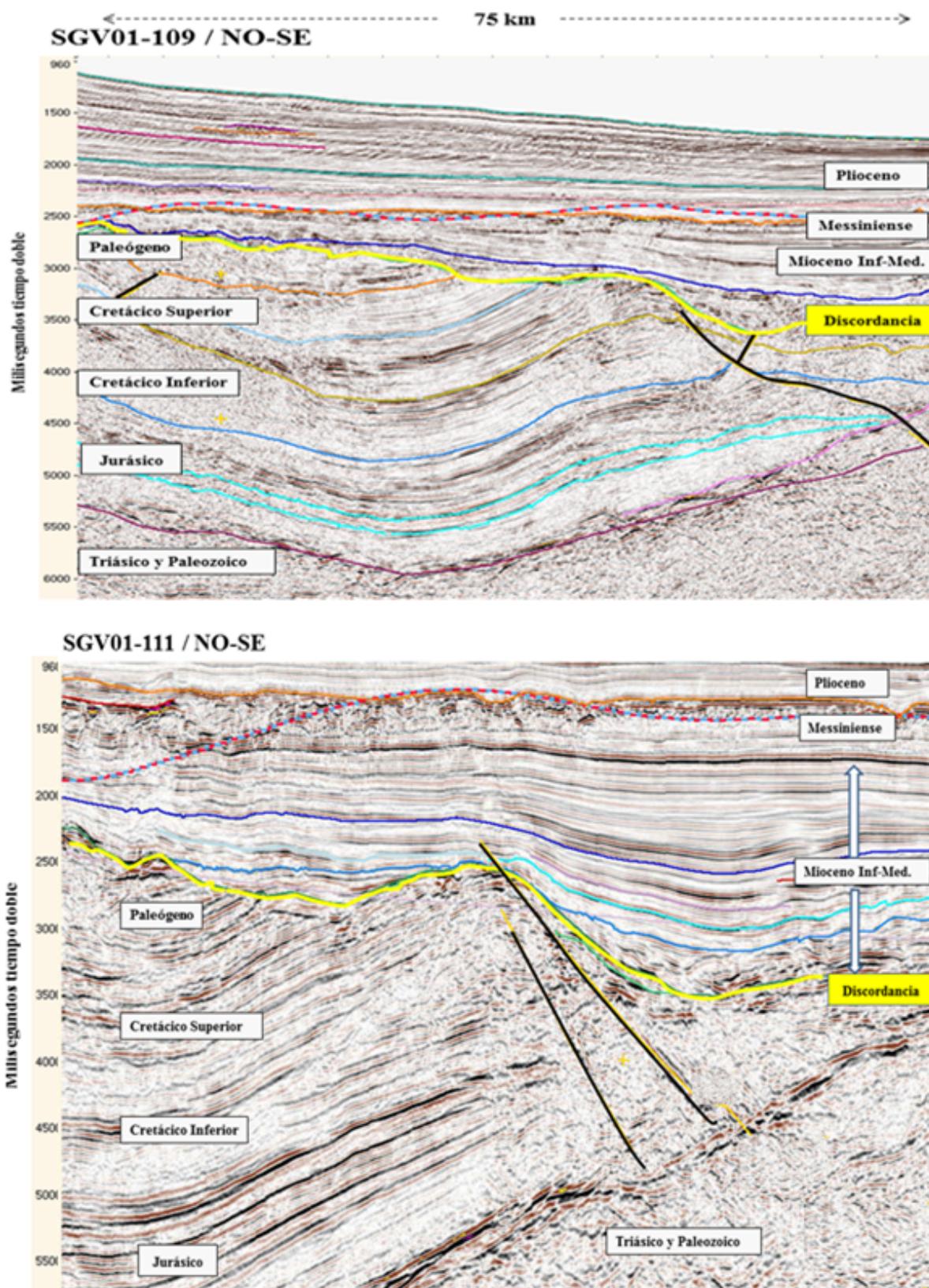
**Figure 4.** Seismic expression of the Iberian Cordillera in the deep waters of the Valencia Gulf and approximation to the litho-stratigraphic control provided by the interpretation of all seismic lines and wells shown in Figure 2A.

A pesar de todo, las imágenes sísmicas (Figura 8) permiten interpretar que el relleno de este conjunto sedimentario, caracteriza una, posiblemente compleja, asociación de facies plano-paralelas que de base a techo muestran una organización que disminuye su área de depósito, por lo que si se correlaciona con las calcarenitas de Carmona, posibilita interpretarlas como perteneciente a un ciclo sedimentario tipo *Highstand System Tract* (Martínez del Olmo y Martín, 2016) que fue mal o pobremente alimentado en su fase sedimentaria final.

La campaña sísmica TT, 1980, Figura 2B, permite visualizar e interpretar este notable sinforme que está rellena por sedimentos que, por su localización, encuadre geológico y velocidades sísmicas, es atribuida a facies equivalentes a las Calcarenitas de Carmona.

Para mostrar su organización, se han seleccionado tres horizontes sísmicos, para desde sus mapas de isócronas (figuras 9 y 10) tratar de inter-

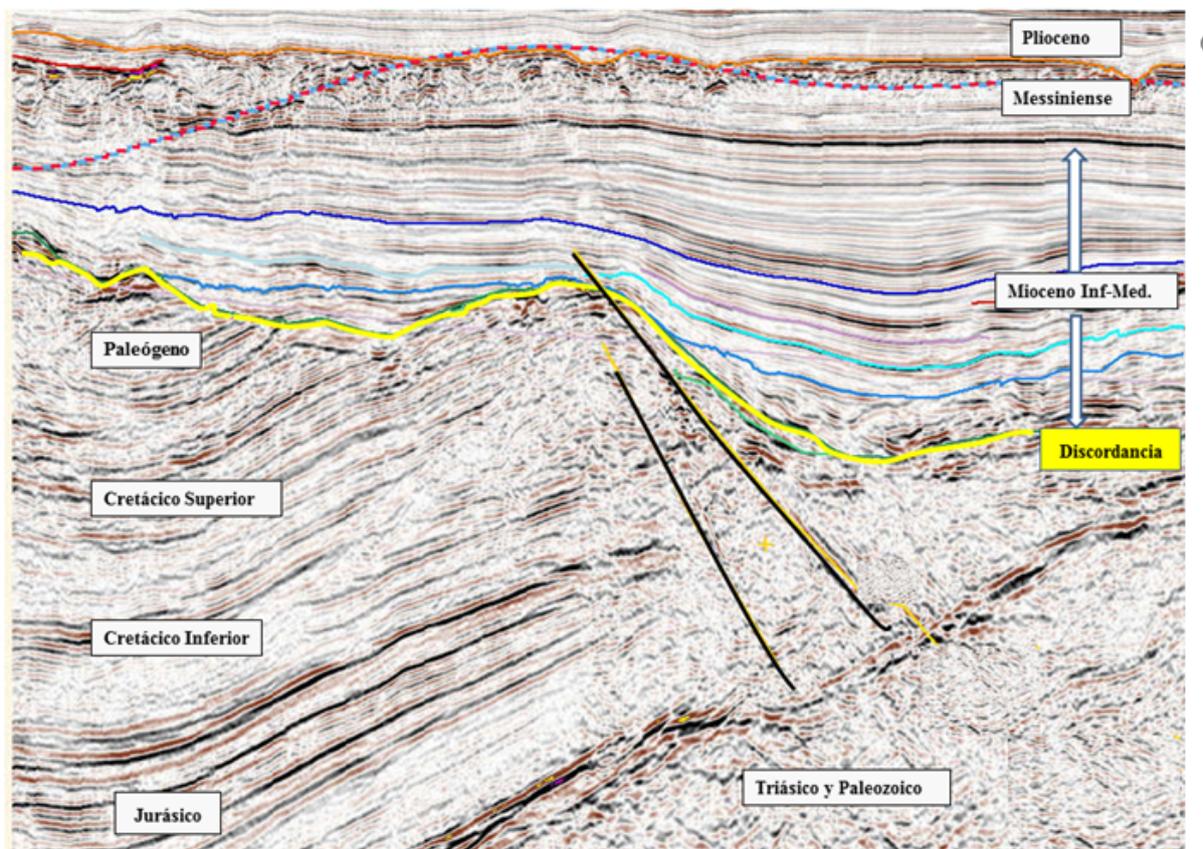
pretar la evolución temporal (base a techo) del relleno sedimentario del sinclinal. Última figura que enseña como su relleno ha ido progresivamente reduciendo el área ocupada por sus sedimentos, hecho que admite diferentes interpretaciones: a) Que la subsidencia del surco sedimentario que las acoge se ha reducido notablemente, en especial, en su estadio final anterior a la discordancia del Messiniense. b) Que el aporte sedimentario también ha sufrido una reducción progresiva. c) Que el surco creado por la movilidad del substrato olistostrómico puede considerarse de tipo *ponded basin* (Figura 11) por lo que fue sometido a múltiples variaciones (subsidencia, alimentación, diferenciación de *Systems Tracts*, etc.) que condicionaron su relleno sedimentario. Más aún cuando la distancia entre Carmona y Chiclana de la Frontera supera los 140 kilómetros y desconocemos, por falta de control desde líneas sísmicas, la geometría final que alcanzó la discontinuidad erosiva intra-Messiniense.



**Figura 5.** Dos líneas sísmicas paralelas, próximas y perpendiculares a la anterior de dirección SO-NE que enseñan el surco sedimentario ibérico. En ambas sorprende la ausencia de deformación que pueda ser atribuida a un diapirismo, extrusivo o pasivo, de la teórica y profunda sal del Triásico.

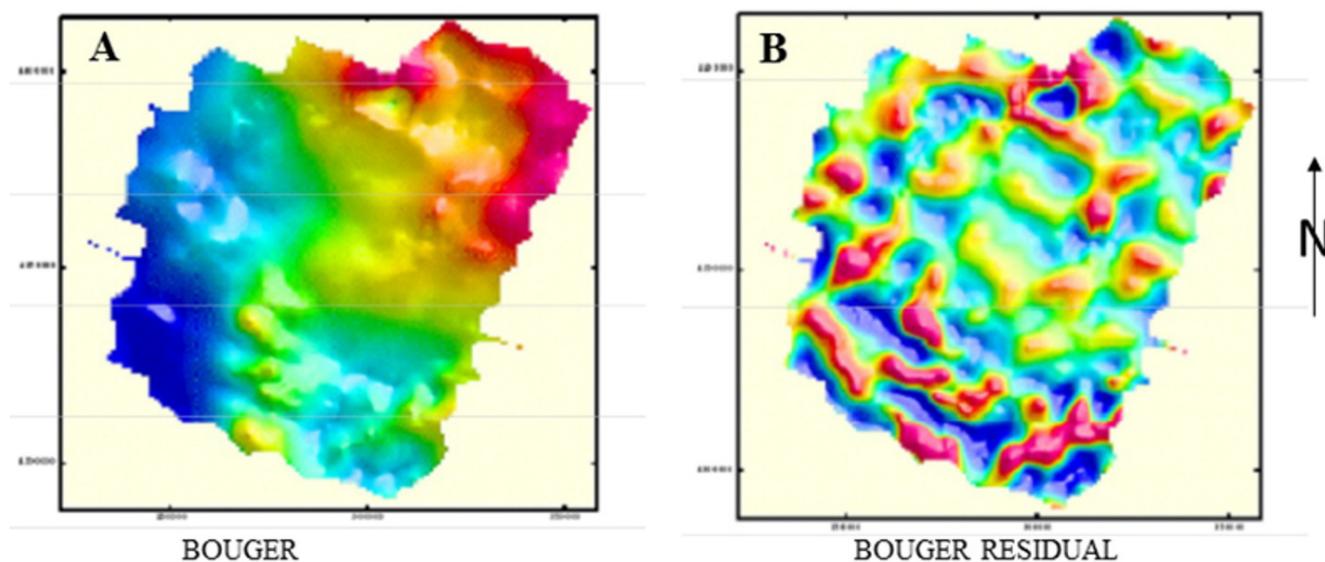
**Figure 5.** Two parallel seismic lines, close and perpendicular to the previous SW-NE direction that show the Iberian sedimentary groove. In both, the absence of deformation that can be attributed to a diapiric, extrusive or passive, of the theoretical and deep Triassic salt, is surprising.

## SGV01-111 / NO-SE



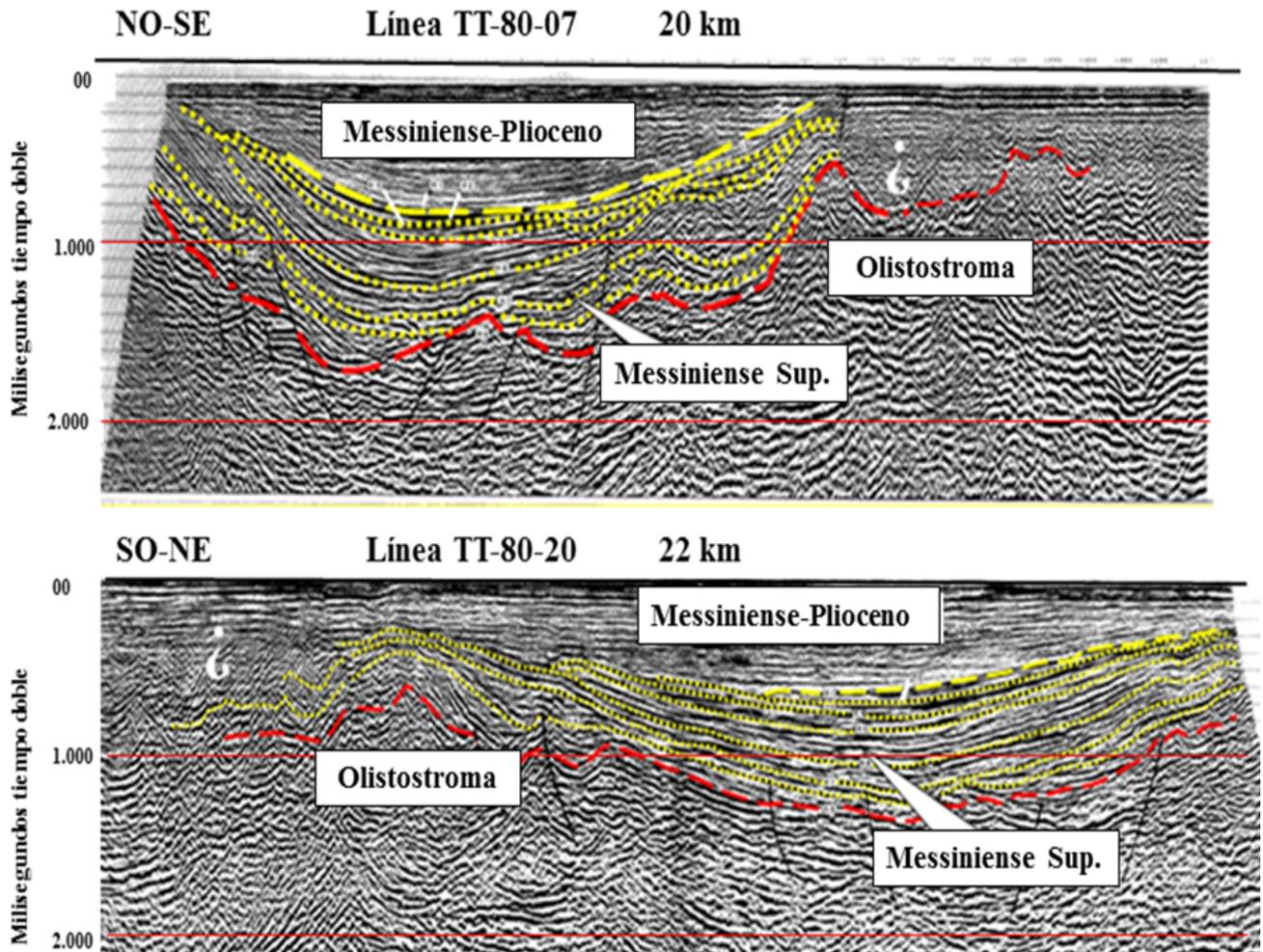
**Figura 6.** Detalle de un fragmento de la figura anterior que sirve para mostrar el relieve tipo hogback que bajo la discordancia Mioceno-Mesozoico ayuda a diferenciar las facies duras del Mesozoico (calizas y dolomías del Cretácico Superior).

**Figure 6.** Detail of a fragment of the previous figure that serves to show the hogback relief that under the Miocene-Mesozoic discordance helps to differentiate the hard facies of the Mesozoic (limestones and dolomites of the Late Cretaceous).



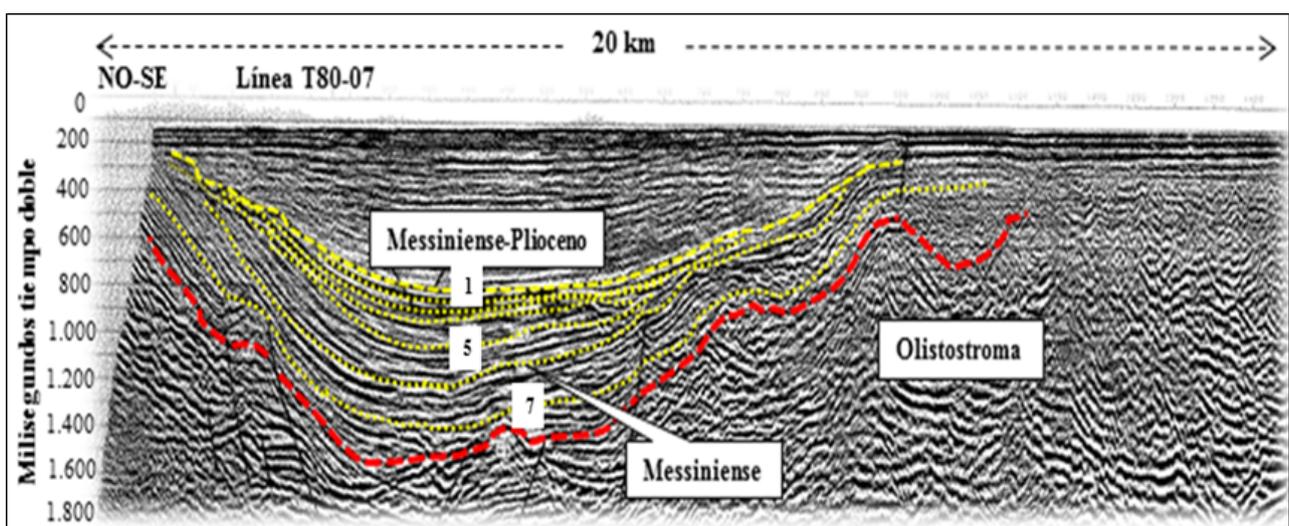
**Figura 7.** A y B. Gravimetría del área en descripción enseñando tanto el efecto del volcanismo mioceno de Columbretes, como las anomalías que promueven las facies duras y resistentes a la erosión, del Mesozoico (color rojo) bajo la discordancia regional del Golfo de Valencia (tomado de Geofugro Team, 2001).

**Figure 7.** A and B. Gravimetry of the area in description teaching both the effect of Miocene volcanism of Columbretes Islands, as well as the anomalies that promote the hard and resistant to erosion facies of the Mesozoic (red color) under the regional discordance of Valencia Gulf (taken from Geofugro Team, 2001).



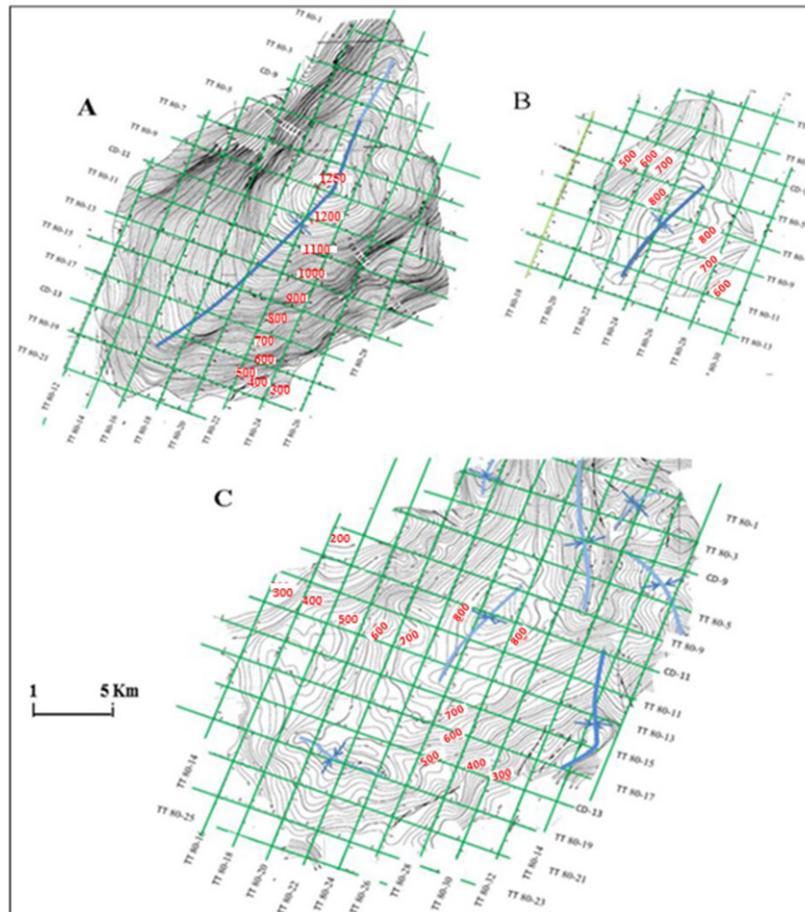
**Figura 8.** Dos líneas sísmicas perpendiculares mostrando las dimensiones y relleno, plano paralelo, de las facies que por su localización y encuadre geológico son atribuidas a las calcarenitas de Carmona.

**Figure 8.** Two perpendicular seismic lines showing the dimensions and filling, parallel-plane mode, of the facies that by their location and geological framing are attributed to Carmona Calcarenites.



**Figura 9.** Horizontes sísmicos seleccionados para desde sus mapas de isócronas (Figura 10) visualizar la evolución del paquete sedimentario objeto de este trabajo.

**Figure 9.** Selected seismic horizons that from their time maps visualize (Figure 10) the evolution of the sedimentary package object of this work.



**Figura 10.** Mapas de isócronas a escala aproximada a 1:25.000 de: (A) Base del Messiniense Superior-Plioceno. (B y C) De los horizontes intramesiniense H2 y H4, que son los 5 y 7 de la Figura 9. Nótese como el más deformado es el más próximo al olistostroma subcompactado, por causa de su movilidad.

**Figure 10.** Time maps twt (milliseconds) at approximately scale 1:25, 000 from: (A) Upper Messinian-Pliocene Base. (B and C) the intra-Messinian horizons H2 and H4, which are the 5 and 7 of Figure 9. Note how the most deformed is the closest to the sub-compacted olistostroma, due to their mobility.

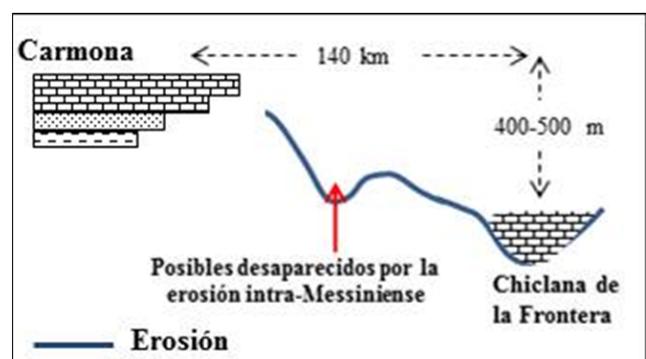
#### 4. Discusión

Desafortunadamente las figuras 4 y 5, que muestran transversales sísmicas de la Cordillera Ibérica en su prolongación al Golfo de Valencia, no son todo lo extensas que necesitaríamos para comprobar que la inversión tectónica produjo cabalgamientos del surco sedimentario hacia el NE y SO, tal y como ha sido expresado en numerosos trabajos previos y como muestra la cartografía geológica de su largo segmento emergido (Figura 12).

Por el contrario, las líneas sísmicas, sí permiten estimar que esta prolongación de la Cordillera Ibérica se diferencia de su segmento emergido en:

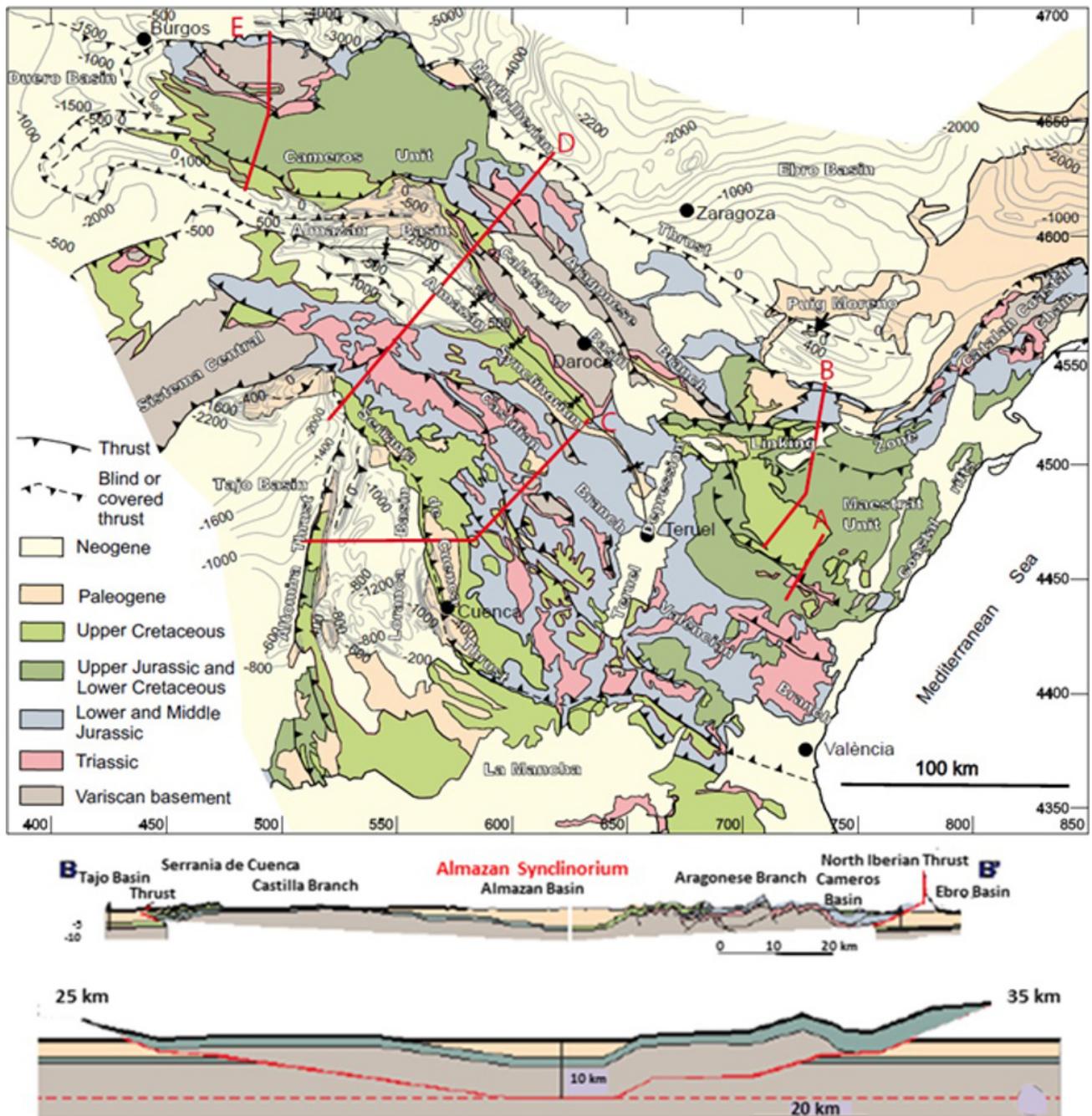
- Que no son visibles altos del Paleozoico semejantes a los que adornan sus afloramientos en la Rama Aragonesa, pues, aunque alberguemos dudas sobre la edad de

los horizontes sísmicos, el más profundo de ellos no dibuja geometrías que puedan atribuirse a este tipo de altos estructurales (figuras 4 y 5).



**Figura 11.** Problemática del posible ponded basin próximo a Chiclana de la Frontera.

**Figure 11.** Problematic of the possible ponded basin near Chiclana de la Frontera coastal city.



**Figura 12.** Interpretación del contexto estructural y cartográfico de las ramas Aragonesa y Castellana de la Cordillera Ibérica (tomado de Guimerá, 2021).

**Figure 12.** Interpretation of the structural and cartographic context of the Aragonesa and Castellian branches of the Iberian Cordillera (from Guimerá, 2021).

- Que el espesor sedimentario estimado para el intervalo Triásico-Paleógeno se cifra en un mínimo de 6.500-7.500 metros, quizás mayor por el aumento de la velocidad sísmica en profundidad, difícil de estimar, pues, aunque utilicemos valores mínimos, ellos llevan a incrementar en un 30-40 % lo mostrado y estimado en su compartimentada y compleja larga línea de afloramientos.
  - Que la longitud de la Cordillera sobrepasa los 450 kilómetros que fijan sus afloramientos (Sopeña y De Vicente, 2004).
- Estos datos vienen a sugerir que, el segmento emergido de la Cordillera se corresponde con el menos subsidente del original surco sedimentario, y ello, aunque para intervalos del Cretácico Inferior, como los representados por el surco de

Cameros se alcancen considerables espesores sedimentarios.

Lo mostrado en las figuras 8 a 11 relativas al sinforme de las aguas someras del Golfo de Cádiz, permite expresar:

- Que su relleno sedimentario se corresponde con facies equivalentes a las calcarenitas de Carmona, depositadas entre el techo del olistostroma y la discontinuidad erosiva del Messiniense Superior.
- Que el surco que las acoge fue generado por un diapirismo del subcompactado y complejo olistostroma, que sin lugar a dudas pertenece al Subbético Olistostrómico (Vera y Martín-Algararra, 2001) o al, genéricamente llamado, olistostroma del Guadalquivir-Golfo de Cádiz (Martínez del Olmo, 2018 y 2019).
- Que el surco sedimentario que acoge sus facies fue progresivamente reduciendo su área sedimentaria, hasta que la inundación pliocena volvió a expandirla (Figura 10). Y ello no significa que el ascenso del nivel marino ocurrido durante el Messiniense Superior-Plioceno Inferior, más conocido como inundación pliocena, condicionase todo el sistema sedimentario intra-Messiniense.
- Que el conjunto de estas observaciones viene a indicar que sea problemático atribuir la organización vertical observada, sea a la subsidencia o a la alimentación en sedimento. Más aún cuando si realmente estamos en presencia de un *ponded subbasin*, localizado pendiente abajo y distante 140 kilómetros del afloramiento más próximo de las facies Carmona, es indudablemente complejo diferenciar en este tipo de cuencas los efectos de la subsidencia o de la alimentación sedimentaria (Figura 11).

## 5. Conclusiones

Las figuras y datos precedentes permiten expresar una serie de conclusiones, que describen, lo más noticiable provisto por la interpretación de dos campañas sísmicas localizadas en las aguas profundas del Golfo de Valencia, y en las someras, y próximas a Sanlúcar de Barrameda en el Golfo de Cádiz:

- La Cordillera Ibérica se extendía mucho más allá de sus afloramientos, y en su ex-

tensión hacia el ESE, contiene un espesor sedimentario mucho mayor del estimado en numerosos trabajos previos, ya que, como mínimo, en esta prolongación puede alcanzar para el intervalo Mesozoico-Paleógeno los 6.500-7.500 metros, quizás más.

- Las imágenes sísmicas de las transversales de este nuevo dominio, no indican la existencia de altos y fosas estructurales de su Basamento Varisco, semejantes a las presentes en la Rama Aragonesa de la Cordillera (Figura 12) y ello ratifica que ese segmento se corresponde con un sector próximo al vértice del surco sedimentario que la originó, sector complejo porque en el conviven afloramientos de Paleozoico y espesores anormalmente gruesos del Cretácico Inferior, como los conocidos en el macizo de Cameros.
- Sorprende, que las líneas sísmicas de su prolongación ESE, no indiquen el desarrollo de un diapirismo pasivo o extrusivo de la profunda sal del Triásico; semejante al que se desarrolló en muchos sectores de su límite Cordillera Bética (Martínez del Olmo, 1996). Observación, que indicaría que las sales del Triásico solo se depositaron en el segmento que, durante ese tiempo, fue afectado por la menor subsidencia de todo su largo trazado, y este segmento es el que ofrece numerosos diapiros nacidos de la sal triásica (Rodríguez Fernández *et al.*, 2014).

En el Golfo de Cádiz, el sinforme llamado Tartesos, representa un área no descrita en los muchos trabajos previos que del área pueden consultarse, de los que sobresalen por su localización, extensión y fecha, los de Vera (2001), Maldonado *et al.* (2003) y Medialdea (2004), y esta ausencia, sin duda, motiva, aún más, su inclusión en este trabajo; más aún cuando es conocido que la primera de las referencias, decidió no tratar como Geología de España, aquella que no aflora.

Desde las figuras precedentes, el sinforme en descripción se puede resumir como:

- Un probable *ponded subbasin* generado por el diapirismo del subcompactado y caótico olistostroma de la Cordillera Bética, localizado a escasa distancia de la costa y en aguas muy poco profundas.
- Con un relleno sedimentario que, por su encuadre geológico y sus velocidades sísmi-

cas, es atribuido a facies equivalentes de las alejadas (140 km) Calcarenitas de Carmona.

- Facies que se agrupan en una configuración tipo plano-paralela que muestra como el área de sus depósitos se ha ido reduciendo progresivamente hasta que fue expandida por la llamada inundación pliocena del Messiniense Superior-Plioceno Inferior.

Estas observaciones conducen a diferentes interpretaciones, sobre las que es realmente difícil decidir, tales como: motivo por el cual la subsidencia y/o el aporte sedimentario se reducen progresivamente durante el depósito de las facies equivalentes a las calcarenitas de Carmona; sea porque esa era la evolución tectonoestratigráfica de la cuenca, correlativa con un episodio regresivo en el techo de un Highstand System Tract, un progresivo cambio climático o quizás y simplemente por su condición de *ponded basin*.

## Agradecimientos

A los editores Eulogio Pardo Iguzquiza y Rubén Díez Fernández. A los revisores Jesús Soria Mingorance y José Luis García Lobón, cuyas observaciones mejoraron el texto presentado.

## Referencias

- Festa, A., Dilek, Y., Pini, G. A., Codegone, G., and Ogata, K. (2012). Mechanisms and processes of stratal disruption and mixing in the development of melanges and broken formations: Redefining and classifying melanges. *Tectonophysics*, 568-569, 7-24.
- Geofugro Team (2001). Informe final de la campaña sísmica Mediterráneo Aguas Profundas.
- Guimerá, J. (2021). Estructura a gran escala de un cinturón de pliegues y cabalgamientos intraplaca: La Cadena Ibérica. *Geotemas*, 18, 76-78.
- Maldonado, A., Rodero, J., Pallarés, L., Pérez-Fernández, L., Somoza, L., Medialdea, T., Hernández-Molina, J., Lobo, F. J., and Maestro, A. (2003). Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española y Zonas Adyacentes a escala 1: 200.000. Memoria y Hoja nº 86-86S-87S (Cádiz). Barnolas A. and Medialdea T. (eds.). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 91 pp.
- Martínez del Olmo, W. (1996). Secuencias de depósito y estructuración diapírica en el Prebético Oriental e Ibérico de Valencia desde sondeos y líneas sísmicas. Tesis Doctoral. Universidad Complutense, Madrid, 206 pp.
- Martínez del Olmo, W., and Martín, D. (2016). El Neógeno de la cuenca Guadalquivir-Cádiz (Sur de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 29(1), 35-58.
- Martínez del Olmo, W. (2018). Modalidades y fases de deformación de la Cordillera Bética: y su entorno próximo (España): problemas no resueltos. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 31(1), 49-66.
- Martínez del Olmo, W., and Martín, D. (2019). Sistemas de turbiditas, episodios climáticos y valles incisos en el Mioceno de la cuenca del Guadalquivir (SO de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 32(1), 97-112.
- Medialdea, T. (2004). Estructura y evolución tectónica del Golfo de Cádiz. Tesis Doctoral. Universidad Complutense, Madrid, 328 pp.
- Ministerio de Energía y Minas (2021). Campañas sísmicas TT-1980 y RVS-2001.
- Ministerio de Energía y Minas (2021). Informes finales de los sondeos: Golfo de Valencia F1, G1, D1, Marina del Turia E1, Valencia 3-1, Columbretes A1, Ibiza Marino A1 y Cabriel B2-A.
- Rodríguez Fernández, L. R., López Olmedo, F., Oliveira, J. T., Medialdea, T., Terrinha, P., Matas, J., Martín-Serrano, A., Martín Parra, L. M., Rubio, F., Marín, C., Montes, M., and Nozal, F. (2014). Nuevo Mapa Geológico de España y Portugal. Rodríguez Fernández, L.R., Oliveira, T. (eds.). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Sopeña, A., and de Vicente, G. (2004). Cordillera Ibérica y Costero-Catalana. Rasgos Generales. In: J. A. Vera (ed.), *Geología de España*, 467-469.
- Vera, J. A., and Martín-Algarra, A. (2001). Cordillera Bética y Baleares. Rasgos Generales. In: J.A. Vera (ed.), *Geología de España*, 347-350.
- Vera, J. A. (2004). *Geología de España*. Sociedad geológica de España e Instituto Geológico y Minero, Madrid, 884 pp.

