

Interpretación de secuencias deposicionales de 3^{er} orden: aplicación a las sucesiones estratigráficas del Mesozoico del Prebético y del Neógeno del Golfo de Valencia

Wenceslao Martínez del Olmo

Oil and Gas Capital s.l. Ángel Muñoz, 3, 28043, Madrid.
wmartinez@oilandgascapital.com

RESUMEN

En las décadas de los 80 y 90 del pasado siglo la interpretación de las secuencias deposicionales y los *system tracts* que las componen constituyó uno de los más evidentes progresos que podían ser aplicados a la interpretación geológica de las cuencas sedimentarias. Desde entonces a hoy, no ha habido cambios conceptuales notables, motivo por el que trabajos de los años 90 pueden ser retomados para su mejora siempre que fueran concebidos atendiendo a las reglas básicas de la interpretación: existencia de tres estadios de nivel marino, bajo, transgresivo y alto, que diferencian las áreas de erosión y las de depósito de los aportes sedimentarios que han de ser distribuidos y acomodados por el medio marino que los recibe. Mediante la interpretación de las columnas sedimentarias de los sondeos del Prebético y del Mioceno del Golfo de Valencia, se han diferenciado 51 o 52 secuencias deposicionales de 2^o y 3^{er} orden que posibilitan construir la arquitectura sedimentaria del Mesozoico del Prebético y del Neógeno del Golfo de Valencia y caracterizar los tres estadios que conformaron su aparente complejidad: fase *rift* (Triásico-Jurásico Inferior, 5 o 6 secuencias), fase tipo margen pasivo (Jurásico Medio-Cretácico Superior, 36 secuencias) y fase molasa (Mioceno, 9 secuencias). Dicha interpretación no puede realizarse para el Paleógeno y el Neógeno del Prebético por ausencia de sondeos que lo testifiquen.

Palabras clave: Prebético, Mioceno del Golfo de Valencia.

Interpretation of 3rd order depositional sequences in the Mesozoic of the Prebetic and the Miocene of the Gulf of Valencia: an approximation to its sedimentary architecture

ABSTRACT

In the 1980s and 1990s the interpretation of the depositional sequences and the system tracts that they are made up of was one of the most evident advances that could be applied to the geological interpretation of the platform, slope and basins. Since then, there have been no notable conceptual changes, which is why studies from the 1990s can be considered again as long as they were conceived according to the basic rules of interpretation: the existence of three sea level episodes, low (LST and SMW), transgressive (TST) and high (HST) which differentiate the areas of erosion and deposit from the sedimentary inputs to be distributed by the marine environment which receives them. The Prebetic and the Gulf of Valencia cross section that can be constructed by the interpretation of sedimentary columns provided by some deep wells are the object of this paper and allow us to differentiate a minimum of 51 or 52 depositional sequences of 2nd and 3rd order that make it possible to draw the sedimentary architecture and characterize the three stages that formed its apparent complexity: the rift phase (Triassic-Lower Jurassic, with 5 or 6 depositional sequences), the passive margin phase (Middle Jurassic-Lower Miocene, with 36 depositional sequences) and the molasses phase (Miocene, with 9 depositional sequences). Such an interpretation cannot be made for the Paleogene and Neogene of the Prebetic due to the absence of wells that could test this characterization.

Keywords: *Prebetic; Miocene of the Gulf of Valencia*

Introduction

In the early 1970s, Gratsy (1967), Delfaud (1972), Garrido Megías (1973) and Chang (1975) showed that sedimentary records contain discontinuities from tectonic origin that limited lithological packages. In 1977 the stratigraphic interpretation took a giant step forward with the appearance of two studies (Mitchum 1977; Vail *et al.*, 1977) showing sea level changes and describing three sea-level states (low, transgressive and high).

At the same time, by studying the sedimentary discontinuities and the changes of the facies, progress was made in the interpretation of the sedimentary models and a large number of publications focused on: a) biological, magnetic and chronostratigraphic reviews of the system tracts (Haq *et al.*, 1986). Its registration is obtained from very specific areas and outcrops, named: Absaroka/Permian-Aalenian, Zuni/Aalenian-Maastrichtian and Texas/Maastrichtian-Pleistocene, which are segregated into cycles of 1st to 3rd order, conceived as global. b) The relationship between tectonic subsidence and sea level changes or accommodation space, emphasizing that the rate of sedimentary input plays as important a role as the changes in sea level.

At same time, a large group of researchers were working on:

1. Methodology and nomenclature of stratigraphic concepts.
- 2) Sequential stratigraphy in carbonates.
- 3) Wire line logs and their use in facies recognition.
- 4) Deepwater systems, turbidities and forced regressions.
- 5) Seismic expression and the interpretation of depositional sequences and tract systems.
- 6) Sequences and parasequences in carbonates, their architecture and response to eustatic, eutrophic and ecological variations.
- 7) The biostratigraphy, magnetic and chronological review of the depositional sequences and their LSW or SMW, TST and HST, sequence boundaries types and the global sea level curve (Haq *et al.*, 1986).

To sum up, a great deal research effort was carried out that did not reach a full consensus on whether the interpretation should be considered local or global and introduced some concepts:

- a. Changes in accommodation sedimentary space by the relationship between these and the supply.
- b. The role of high frequency in low, transgressive and high stages.
- c. The sedimentary areas for correlative sediments promoted by sea level changes of very moderate magnitude.

These comments and notes allow us to say that there is still work to be done, which should be monitored by the interpretation of large areas covered with 3D seismic and numerous control wells in very different geological and geographical locations.

Data base and methodology

The two geological domains that are the subject of this study provide two different databases (Fig.1). A

summary of these is as follows: 1) Prebetic, with a limited number of useful wells with wireline logs, few or no expressive seismic lines and very numerous studies describing lithostratigraphic units and formation names. 2) Neogene of the Valencia Gulf, with numerous useful exploration wells and the invaluable help of seismic lines, which allows us to see the sedimentary ruptures, the location of the deposits and the timelines that define progradation, retrogradation etc.

The interpretation methodology is based on the natural radioactivity (GR) log, which is recorded in all the wells and indicates if the clay content is increasing or decreasing, which can be defined at metric, decametric and hectometric scale (Fig. 2) so it can be translated into genetic or elemental sequence and system tracts or para-sequence sets.

Before proceeding with this methodology, we should comment that the conceptual base model of (Vail 1987a,b) interpretation and simplification may undergo notable modifications (Fig. 3).

Prebetic Interpretation

The sedimentary architecture of the Prebetic from well wire line logs can only be addressed for the Mesozoic because the Cenozoic is outcropping and only partially identified by the Río Segura G-1 well. The interpretation will be subdivided into three sections: Triassic, Jurassic and Cretaceous, and it is anticipated that in this longperiod, the biggest problems will be in the Triassic continental red facies.

Triassic

Based on knowledge of the facies of sedimentary packages that define the Buntsandstein, Muschelkalk and Keuper, the sequential interpretation begins from a scheme of distribution of four depositional sequences T₁ to T₄ (Fig.4). The scheme maintains the questions and problems presented by the continental facies and consist of: 1) Buntsandstein facies interpreted as an accumulation of the lithology integrated in a rift mega-sequence. 2) If they can be interpreted as a LST below the marine Muschelkalk. 3) If the so-called Keuper-1 and 2, of Ortí Cabo, (1974) have marine equivalents in more southern paleogeography, not reached by our well data. 4) The individualization of the Buntsandstein facies of the also continental of the Muschelkalk-1, in the areas where the marine Muschelkalk is absent. 5) The continental flood plain facies segregation in TST and HST using the increasing or decreasing energy. -

Jurassic

A important observation is reflected in Figure 5, which shows that there is no correlation between our Jurassic interpretation and that of Haq *et al.*, (1986) when 30-31 complete depositional sequences are shown

(LST, TST and HST) whereas we have differentiated only 4 complete and 12 incomplete (TST and HST). This figure presupposes some observations for which convincing answers are not easy: 1) the depositional sequences cannot be understood as global. The Upper Absaroka and Zuni constitute "stratotypes" in which it is assumed that all changes in the sea level have been recorded. 2) The interpretation presented in our study is incorrect, because many possible sequences have not been identified. 3) The data base is at least 50%, incomplete, as it is not able to visualize the high frequency. To rule out the latter possibility, Figures 5C to 5F are incorporated, showing examples, such as the (Gr) and the correlation of wells which allow the high-frequency interpretation of the sedimentary packages of the Early, Medium and Late Jurassic.

From the interpretation of the Jurassic the following points are noteworthy: a) the Pliensbachian-Aalenian that shows the initial fracturing of the Jurassic platform. b) the distensive and contractive tectonics times respectively for Hettangian-Toarcian and Tithonian-Valanginian. c) The thinness and the platform-basin disconnection of the Oxfordian, and the Rhaetian thinness, both attributed to an ecological factor (Fig. 6).

Cretaceous

The Cretaceous has been recognized by a few exploration wells (Fig. 1) but they have allowed us to differentiate 21 depositional sequences with: 21 TST-HST, over 3 thick LSW of deep water facies, and 8 thin SMW interpreted as platform wedges promoted by the very moderate magnitude of the sea level drop (Figs. 3, 3 and 7).

The text and the following figures focus on three intervals: Berriasian-Valanginian, Campanian-Paleocene and Barremian in Weald facies. The Berriasian-Valanginian (outer platform-basin) it is the subject of two very different interpretations: a) caused by a rift episode promoted by uncertain and with deep faults allocated. b) Increased thickness and clay content interpreted by its membership is the facies of the regional slope that gives way to the southern-external slope. c) The sedimentary lagoon, called *franja anómala*, which affects the Campanian-Maastrichtian (C₉-Pal) is also the subject of two very different interpretations: one tectonic and the other sedimentary (Figs. 9 and 10).

Neogene of the Gulf of Valencia.

Unlike the Prebetic Mesozoic, the Neogene of the Gulf of Valencia can be studied from more than 30 wells (Fig. 1) and numerous seismic lines, 2 and 3D, which allow us to visualize the sedimentary discontinuities, age of the sediment that they separate, lithology, sedimentary medium and paleo geographic location.

The original three groups (Alcanar, Castellón and Ebro) established by the exploration companies were detailed, and finally, nine depositional sequences have been interpreted between the erosive and angu-

lar unconformity that separate Mesozoic and the Neogene, are. Their last depositional sequence (Messinian 2-Pliocene 1) has a system tract (LSW type) that incorporates the western sabkha Messinian-1 gypsum facies, that provides a beautiful turbidity system, which rules out the desiccation of the entire Mediterranean Sea (Figs. 11, 12 and 13).

Results and discussion

As anticipated we bring to the discussion observations, which we describe as "conceptual" because they concern the well-known scheme of Vail (1987a, b). The observations may be expressed in:

- The transgressive episodes are significantly very thin. Only if they match with active sin-sedimentary faults do they reach the thickness that the figure represents.
- The presence of turbidity in HST system tracts close to distal downlap surface on the external platform and only occasionally on the internal platform.
- The HST have not been found to be extensive towards the margin for the precedent TST, although it should be noted that there are no wells at the far margin to be able to verify this geometric arrangement. If this extension is true, it would indicate that during the start of the HST the marine level would still have risen and would not represent a stable sea level.
- Nor has it been possible to verify that there are erosions in the HST top of the internal platform.
- It can neither be asserted, nor denied, that all the depositional sequences include three episodes: low, transgressive, and high. On the platforms it is clear that not, although the erosions caused by very small sea level drops are not controllable from our well database.
- If it has so far been understood that all the depositional sequences differentiated in Haq et al., 1986, must be represented in all global sedimentary basins, we can now state that this is not the case.

Introducción

Al inicio de la década de los 70, Gratsy (1967), Delfaud (1972) y Chang (1975), muestran que los registros estratigráficos contienen superficies de ruptura sedimentaria, que limitan paquetes litológicos de diversos rangos de espesor y tiempo de sedimentación, que fueron atribuidas a eventos tectónicos. Entre los dos trabajos precedentes, Garrido Megías (1973) establece una relación entre tectónica y sedimentación en la cuenca sur-pirenaica, mediante un trabajo que alumbró las llamadas Unidades Tectosedimentarias (UTS) para la segregación de grandes volúmenes de sedimentos limitados por rupturas de ámbito local, que también atribuyó a un origen tectónico, concepto seguido, años más tarde, por Guillocheau (1991).

A finales de la década el progreso de la interpretación estratigráfica dio un paso de gigante con la aparición de dos trabajos (Mitchum 1977; Vail *et al.*, 1977) que mostraban como el nivel del mar había sufrido notables variaciones a lo largo del tiempo geológico. Al mismo tiempo (Mitchum, *et al.*, 1977a, b; Vail *et al.*, 1977) describen tres estadios de nivel del mar (bajo, transgresivo y alto) y las superficies sedimentarias que los separan, así como la configuración de las líneas tiempo-sedimento (*onlap*, *downlap*, *toplap* etc.) que pueden visualizarse en las líneas sísmicas y que definen si el sedimento mantiene una evolución vertical transgresiva o regresiva.

Un poco más tarde (Pitman, 1978) describe cómo en los márgenes pasivos puede encontrarse una relación entre los cambios eustáticos y las columnas estratigráficas; en tanto que (Vail and Hardenbol, 1979) focalizan en el Cenozoico su interpretación de las fluctuaciones del nivel marino. También en este tiempo, las discontinuidades sedimentarias son usadas por Garrido Megías y Villena Morales, (1977) para tratar de interpretar el registro sedimentario del Triásico de España, ya que este solo contiene dos litosomas (Muschelkalk 1 y 3) con datos bioestratigráficos precisos. A la vez, estudiando las discontinuidades sedimentarias y los cambios de facies que entre ellas ocurren, se avanza en la interpretación de los complejos de facies *Urgonian* y *Weald* (Pujalte, 1977, 1979; García Mondéjar, 1979a, b).

En las décadas siguientes, Garrido Megías (1982) muestra como sus Unidades Tectosedimentarias conservan geometrías de progradación y retrogradación en las líneas de tiempo geológico que sus sedimentos contienen, mientras que la interpretación en secuencias deposicionales es llevada a todo tipo de registros sedimentarios, marinos o continentales, paleogeografías y modelos sedimentarios (Robles *et al.*, 1988; Aurell, 1991; García Mondéjar and Fernández Mendiola, 1993; Fernández *et al.*, 1993; Robles and Quesada, 1995; Martínez del Olmo, 1996a,c; Aurell *et al.*, 2003). Estos trabajos no solo contribuyeron al conocimiento de la geología de España, sino también a la consolidación de la metodología de interpretación propuesta en la década anterior.

En este tiempo, un elevado número de publicaciones, allende nuestras fronteras se focaliza en:

- a. Una detallada revisión biológica, magneto y cronestratigráfica de los *systems tracts* (Haq *et al.*, 1986): dos de nivel marino en descenso (*lowstand system wedge* / LSW o *shelf margin wedge* / SMW), uno en ascenso (*transgressive system tract* / TST) y uno de nivel alto (*high stand system tract* / HST). Su registro es obtenido de áreas y afloramientos muy específicos, nombrados como *Absaroka* (Pérmico-Aalenense), *Zuni* (Aalenense-Maastrichtense) y *Tejas* (Maastrichtense-Holoceno) que son segregados en ciclos de 1^{er}, 2^o y 3^{er} orden, concebidos como globales. b) La relación entre la subsidencia tectónica y los cambios de nivel del mar

(Watts, 1982; Guillocheau, 1991; Schlanger, 1993) que conlleva a la aparición del cambio de global a relativo "*Relative sea level changes*". c) La creación del espacio de acomodación para los aportes de sedimento, creado por la combinación de eustasia y subsidencia tectónica (Jervy, 1998), mientras que Posamentier and Allen (1999) y Catuneanu (2002, 2006) y Catuneanu *et al.*, (2011) enfatizan que el ritmo de aporte sedimentario juega un papel tan importante como los cambios de nivel marino y definen la progradación o retrogradación de los sedimentos en un sistema con nivel del mar en ascenso. De acuerdo con:

- Aporte sedimentario cero o mínimo, la transgresión es efectiva.
- Aporte sedimentario modesto produce una retrogradación del *onlap* costero.
- Aporte sedimentario igual al ascenso del nivel marino, da lugar a agradación sedimentaria.
- Aporte sedimentario mayor que el ascenso marino, ocasiona una progradación notable.

El gran salto conceptual de los años 70 es seguido por numerosos trabajos que, con mayor o menor acierto y datos, tratan de correlacionar las unidades litoestratigráficas, previamente definidas en muy diferentes áreas de España, con las *depositional sequences* y los *system tracts* (bajo, transgresivo y alto) que, a este tiempo o poco después, eran aceptados por la comunidad geológica internacional. Estos trabajos que, en la mayor parte de los casos, se basaban en la edad de las unidades litoestratigráficas y las definidas en Haq *et al.*, (1986) adolecían de la información provista por las secuencias litosísmicas que indicarían su configuración interna y su localización en una transversal margen-cuenca (plataforma interna o externa, talud y cuenca).

Un nutrido grupo de investigadores, coetáneos y posteriores a muchas de las referencias arriba expresadas, dedican esfuerzos y trabajos, principalmente a:

1. La metodología, nomenclaturas, utilización y el correcto uso, no abuso, de los conceptos estratigráficos en sedimentación clástica (Mitchum, 1977; Posamentier and Vail 1988; Posamentier and James, 1993; Normark *et al.*, 1993; Catuneanu *et al.*, 2011).
2. La estratigrafía secuencial en carbonatos (Read, 1985; Franseen *et al.*, 1993; Pomar, 2001a, b; Pomar and Kendall, 2008).
3. Las diagráfias de pozo y su uso en el reconocimiento de facies (Serra, 1973, 1986, 1987; García Mallo, 1982; Rider, 1986; Van Wagoner *et al.*, 1990) así como a los problemas de interpretación que su descuidado uso puede propiciar, signficado en dos ejemplos (Martínez del Olmo, 1996e): a) La confusión de facies canalizadas del techo de un HST con un TST, ya que ambos configuran secuencias genéticas individuales y pequeñas parasecuencias, ambas positivas. b) Los depósitos relativos a descensos de nivel marino de muy moderada magnitud o tiempo de permanencia, usualmente muy delgados y con área de

sedimentación en la plataforma interna (llamadas cuñas de plataforma) por lo que dado que ambos contienen hábitos regresivos, un LST puede ser confundido con un HST.

3. Los sistemas en aguas profundas, caídas de nivel marino, turbiditas y regresiones forzadas, diferenciando SMW y LSW (Shanmugam y Moiola, 1982; Mutti y Normark, 1991; Shanmugam, 2000; Martínez del Olmo, 1984; Mutti, 1985, 1992; Posamentier *et al.*, 1988; Hunt y Tucker, 1992; Posamentier *et al.*, 1993; Kolla *et al.*, 1995; Pickering, 1995).
4. La expresión sísmica y la interpretación de las secuencias deposicionales y los *system tracts* con el casi exclusivo apoyo de las líneas sísmicas (Mitchum, 1985; Vail, 1987a, b; Vail y Wornardt 1990; Martínez del Olmo, 2011).
5. Las secuencias y parasecuencias en carbonatos y facies bioconstruidas, su arquitectura y respuesta a variaciones eustáticas, eutróficas y ecológicas (Roberston y Louck, 1993; Pomar y Ward, 1995; Pomar *et al.*, 1996; Schalanger, 1999; Pomar, 2001a, b; Pomar *et al.*, 2005; Pomar y Haq, 2016) especialmente, si se intenta un análisis en alta frecuencia como fue expresado en Mitchum y Van Wagoner (1991).
6. La completa revisión bioestratigráfica, magnética y cronológica de las secuencias de depósito y sus *system tracts* con la diferenciación de LSW o SMW, TST y HST, tipos de *sequence boundaries* y la curva del nivel marino en relación con el nivel actual (Haq *et al.*, 1986; 1987a, b, 1988; Haq, 1989).

En resumen, un gran esfuerzo investigador que no alcanzó un total consenso en si la interpretación ha de considerarse local o global; y ello a pesar de que la mayor parte de los autores otorgan un papel predominante a los cambios de nivel marino, y se introducen matizaciones que atañen a:

- Los cambios en el espacio de acomodación y la progradación o retrogradación sedimentaria por la relación entre estas y el aporte de sedimentos siliciclásticos o las condiciones eutróficas en sedimentos carbonatados.
- El papel de la alta frecuencia tanto en los estadios bajo, transgresivo y alto, como en las regresiones forzadas.
- Las áreas de depósito singulares para los sedimentos correlativos con descensos de moderada magnitud física y breve tiempo de realización.

Comentarios y matizaciones que vienen a decir que aún queda trabajo pendiente de realización, que debería estar monitorizado por la interpretación de grandes superficies cubiertas con sísmica 3D y numerosos sondeos de control en muy diferentes localizaciones geológicas y geográficas: cuencas de antepaís, *riffs*, márgenes pasivos, cordilleras, etc., y una detallada revisión-interpretación de las siempre difíciles facies continentales.

En resumen, este trabajo fundamentado en datos del subsuelo, escasos en todo lo relativo a la Geología

regional de España, tan solo pretende mostrar su uso y utilidad en dos grandes áreas regionales.

Datos y metodología

Los dos dominios geológicos objeto de este trabajo proveen dos bases de datos diferentes, y ellas sirven para expresar que son muy diversas las situaciones con las que se puede abordar la interpretación de la arquitectura sedimentaria de un dominio geológico (Fig. 1). Un resumen de las mismas puede articularse en:

- Prebético, con un limitado número de sondeos útiles con bioestratigrafía y diagráfias de pozo, ambas necesarias para la interpretación secuencial, líneas sísmicas poco o nada expresivas por la alta velocidad de propagación del Mesozoico que dificulta su calidad, la elevada deformación estructural y las condiciones topográficas, y muy numerosos trabajos que describen Unidades Litoestratigráficas y Formaciones, a las que dan una nomenclatura y que se refieren tanto a cortos y locales, como a extensos y regionales paquetes sedimentarios. Últimos que en su mayor parte, tal como anticipado, no se ocupan de su localización en una transversal geológica definida por las plataformas interna, externa, el talud y las aguas profundas. Pues sin esta información, difícilmente pueden construirse la arquitectura sedimentaria buscada que ha de ser realizada a partir de la proyección de datos de sondeo o afloramiento a una transversal margen-cuenca, caso del Prebético.
- Neógeno del Golfo de Valencia, con numerosos sondeos útiles y la inestimable ayuda de las líneas sísmicas, lo que permite visualizar las rupturas sedimentarias, la localización de los depósitos y en muchas ocasiones las líneas de tiempo que los definen, progradación, retrogradación etc. Este Golfo de Valencia es una estrecha área que representa el espacio comprendido entre la costa levantina y el frente de las masas caóticas, tipo olistostroma, que alcanzan las aguas profundas y ocultan la información sedimentaria previa a su deslizamiento y cohíben la ayuda prestada por las líneas sísmicas.

Para iniciar a tratar aspectos metodológicos nos centramos en el concepto de progradación y retrogradación pues (Jervy, 1998; Posamentier y Allen, 1999; Catuneanu, 2002) cifran que exclusivamente depende del aporte de sedimento y del espacio disponible para su acomodación, a lo que pueden agregarse numerosos matices: a) La alimentación en sedimento depende de muchos factores, tales como: el clima, la topografía del área emergida que modula su capacidad erosiva, la cubierta vegetal, el tipo de sedimento, carbonatado o areno-arcilloso, etc. (Martínez del Olmo, 1996e). b) El espacio de acomodación depende de la subsidencia y no solo de la retracción o extensión de la línea de

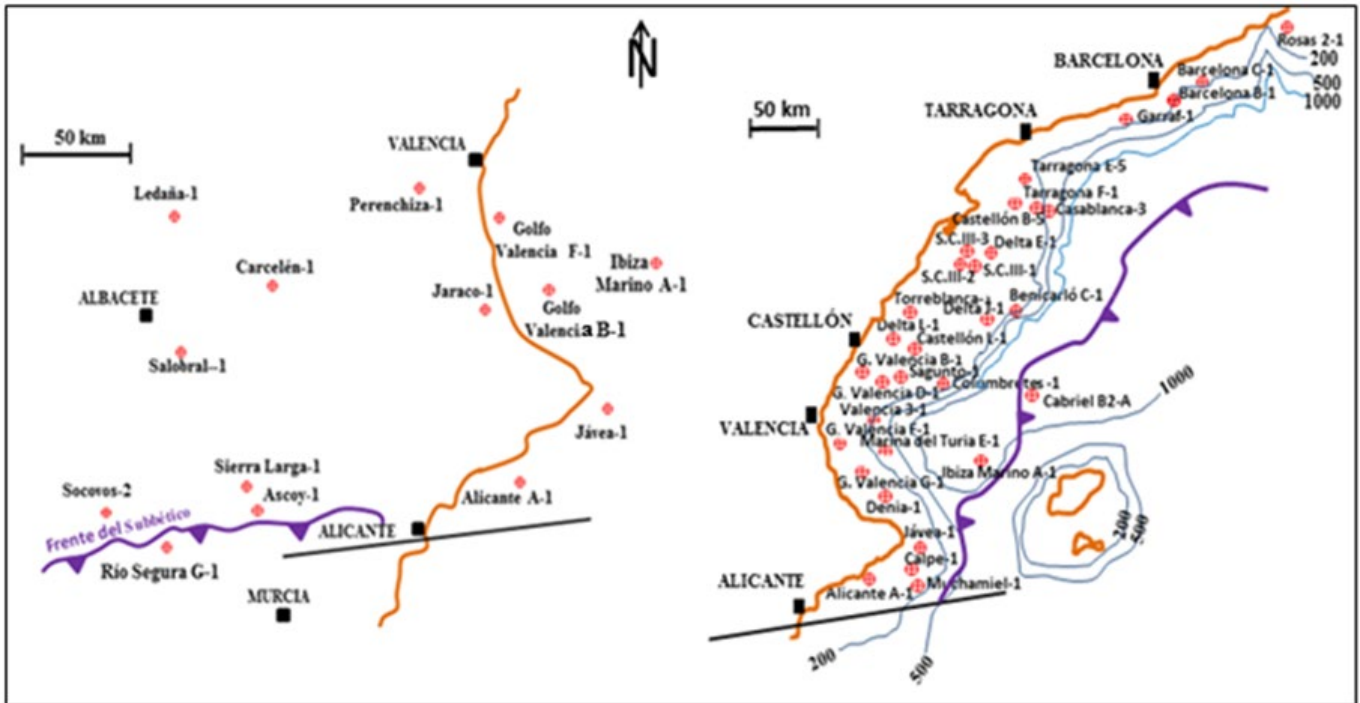


Figura 1. Localización de los sondeos usados en la interpretación del Prebético-Golfo de Valencia. Batimetría en metros y aproximación al frente en subsuelo del olistostroma Mioceno con materiales de facies Subbético (tomado de Martínez del Olmo, 1996 e)

Figure 1. Location of the wells used in the interpretation of the Prebetic and the Gulf of Valencia. Batimetry in meters and an approximation to the front of the alloctoned or olistostromic units type Subbético (from Martínez del Olmo, 1996 e).

costa. c) La subsidencia tectónica y térmica son de largo periodo y ritmo continuo (largas fases de tipo *rift* o molasa). d) Los cambios en la línea de costa son cambios de nivel marino o de elevación-descenso del margen continental.

De otra parte, al constatar la existencia de tantos *System Tracts* (Haq *et al.*, 1986, 1987) y conociendo que las velocidades de deformación y sedimentación son tan diferentes, centímetros año o milímetros por mil años, se induce interpretar que el principal motor de las secuencias deposicionales es la eustasia, y dada la comunicación oceánica y las correlaciones a nivel global de muchos ascensos y descensos marinos, se entiende que una gran mayoría de investigadores atribuyan a los cambios de nivel del mar la principal causa de las numerosas secuencias deposicionales.

La metodología de interpretación se fundamenta en el perfil de radioactividad natural, que es registrado en todos los sondeos e indica, cualquiera que sea la litología de las formaciones perforadas, el contenido en arcilla, creciente o decreciente, que puede ser definido a escala métrica, decamétrica y hectométrica, por lo que puede ser traducido a secuencia genética o elemental, la agrupación de secuencias y parasecuencias o *System Tracts* (Figs. 2 A y B). A la vez, la definición de los cambios de ritmo sedimentario (*coarsening o finning upward*) es bien visible, y ellos, salvo excepciones, definen tanto las rupturas sedimentarias (*transgressive, maximum flooding surfaces, sequen-*

ce boundary, etc.) que limitan los buscados *system tracts*. Además, en muchas ocasiones, permiten definir el medio sedimentario (deltaico, turbidítico, canalizado, etc.) y mucho más si se atiende a los numerosos atributos geológicos descritos en los sondeos (bioestratigrafía, color, litología etc.) por lo que incluso puede llegar a interpretarse en formaciones evaporíticas y continentales conceptos tales como, ritmos de evaporación o energía creciente y decreciente, que en las llanuras de inundación próximas a costa, posiblemente pueden ser correlacionados con *System Tracts*, como fue propuesto, y en ausencia de controles bioestratigráficos, no demostrado, para intervalos del Triásico en Martínez del Olmo (1996e).

Es por ello por lo que el perfil de rayos gamma (Serra, 1973, 1986, 1987; García Mallo, 1982; Read, 1986; Van Wagoner *et al.*, 1990) junto a la información bio-estratigráfica, y litológica, conforma el primer paso de las correlaciones entre sondeos, trabajo que se ha realizado en dos fases:

- Primero, con la correlación de las delgadas y fáciles de distinguir secuencias transgresivas (TST) y las también delgadas, pero regresivas (SMW), de las gruesas parasecuencias regresivas (HST). Esta información conducirá a definir límites de secuencias bajo un TST o bajo un SMW. (Figs.2, C, D y E)
- Un segundo paso consistirá tanto en buscar dentro de los HST si es posible encontrar, su-

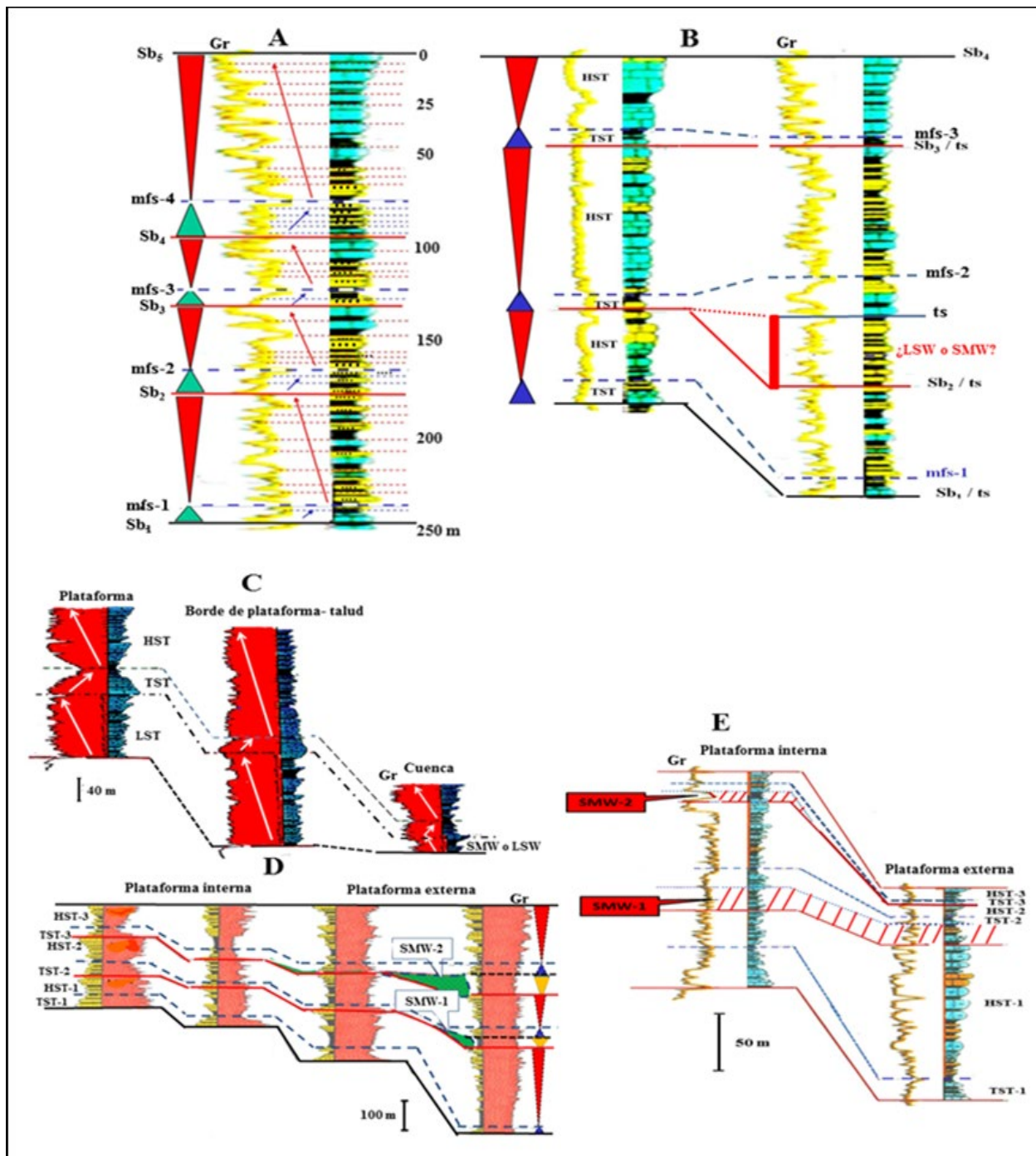


Figura 2. A) Un perfil de radioactividad natural (Gr) en un intervalo de 250 m mostrando las secuencia genéticas transgresivas (caliza-arcilla y arena-arcilla) y regresivas (arcilla-caliza, arcilla-arena y arcilla-caliza-arena), lo que permite interpretar las superficies de inundación máxima (mfs) y los límites de secuencias (sb). B) Correlación de dos sondeos en facies de plataforma; ejercicio que permite diferenciar secuencias completas (SMW o LSW y TST-HST) e incompletas (TST-HST). Porque hasta donde en numerosas ocasiones puede comprobarse, si no existe una erosión penetrativa, nunca ocurre que a un SMW o LSW no le suceda un TST. C) Usual correlación margen-cuenca de una secuencia deposicional completa. D) La expresión en el perfil Gr del aumento del contenido en arcilla que promueven los SMW a techo de un HST, lo que permite identificarlos. E) Ejemplo para un intervalo del Cretácico Inferior del Prebético.

Figure 2. A) A natural radioactivity profile (Gr) in an interval of 250 m showing the transgressive sequences (limestone-clay and sand-clay) and regressive (clay-limestone, clay-sand and clay-limestone-sand), allowing to interpret the maximum flood surfaces (mfs) and the sequence boundaries (sb). B) Correlation of two wells in platform facies; exercise that allows you to differentiate complete sequences (SMW or LSW plus TST-HST) and incomplete (TST-HST). Because as far as it can be verified on numerous occasions, if there is no penetrating erosion, it never happens that an SMW or LSW does not follow by a TST. C) Usual margin-to-basin correlation of a complete depositional sequence. D) The expression in the Gr profile of the increase in clay content promoted by SMW at the roof of an HST, which allows them to be identified. E) Example for a Prebetic Lower Cretaceous interval.

tiles y frecuentemente delgados, intervalos de correlación, pues ellos expresaran tanto, si los HST pueden ser segregados en uno, dos o más episodios separados por secuencias transgresivas o de nivel bajo, como en definir el tipo de progradación y el modelo sedimentario (Fig. 3.2). Si este análisis en alta frecuencia encuentra indudables motivos de correlación en las diagrfas de pozo, llegaremos a definir casos tales como: ausencia o presencia de SMW (*Shelf Margin Wedge* o LSW (*Low Stand Wedge*) bajo un TST, y ello conduce a la visualización en la vertical del sondeo de numerosos y próximos *systems tracts* e informaciones relativas a el entorno paleogeográfico en el que nos movemos: margen, plataforma interna (ausencia de LSW), plataforma externa (presencia de LSW y posiblemente desarrollados HST), talud (presencia de SMW), cuenca con presencia de turbiditas en sus posibles clási-

cos términos o facies (Fig.3.2): abanico de fondo (*bff*), complejo canalizado (*sfc*) y complejo progradante (*pc*), último usualmente en capas finas (Vail, 1987 a, b).

Antes de continuar con esta metodología, que como es conocido está muy avanzada, se debe expresar que el conceptual dibujo base (Fig. 3.3) de la magnífica interpretación-simplificación de Vail, (1987a b), puede sufrir notables modificaciones (Martínez del Olmo, 1996e) tales como:

- Excepto en los TST, que conceptual y usualmente condensan en cuenca profunda, puede haber turbiditas no solo en los LSW sino también en los SMW, especialmente en los *foreset* distales próximos a la superficie tipo *downlap* de los HST bien alimentados en sedimento representados por las turbiditas de pie de talud deltaico.
- Las regresiones forzadas (Kolla *et al.*, 1995) y los HST producen turbiditas en capas muy di-

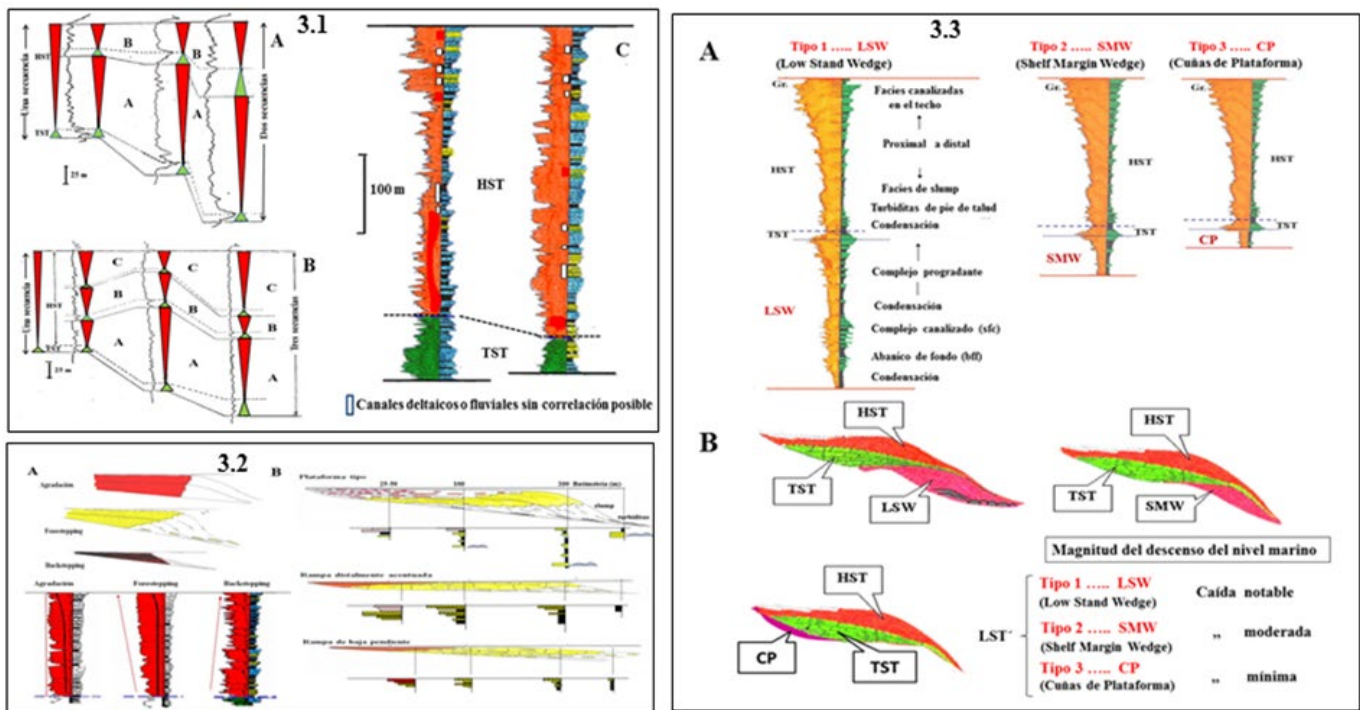


Figura 3. 3.1 / A y B) Ejemplo de la segregación de un HST en dos y tres secuencias individuales mediante el perfil Gr, y la interpretación en alta frecuencia en el Jurásico del Prebético. C) La dificultad que promueven pequeños intervalos, posiblemente canalizados, con secuencias genéticas positivas en el Kimmeridgiense del Prebético, intervalos que pueden ser confundidos con delgados TST para una interpretación en alta frecuencia como la indicada en A y B. 3.2 / A) Tres posibles configuraciones en las regresiones forzadas y los episodios de nivel alto tipo HST. B) De plataforma, a tipos de rampa, que pueden interpretarse con la correlación de sondeos y la incorporación de datos bioestratigráficos y litológicos. 3.3 / A) Tres tipos de secuencias deposicionales en función de las características del episodio de nivel bajo (LSW, SMW o CP / cuñas de plataforma). B) Áreas de depósito en una transversal plataforma-cuenca y una aproximación-graduación a la magnitud del descenso de nivel marino que diferencia los tipos 1, 2 y 3. (modificado de Martínez del Olmo, 1996e).

Figure 3. 3.1 / A and B) Example of segregation of an HST in two and three individual sequences using the Gr profile, and high-frequency interpretation in the Dogger-Lias. C) The difficulty promoted by small intervals, possibly channeled, with positive genetic sequences in the Kimmeridgian, intervals that can be confused with thin TST for a high frequency interpretation as indicated in A and B. 3.2 / A) Three possible configurations in forced regressions and HST type. B) Platform to ramp types, which can be interpreted with the wells correlation and the incorporation of biostratigraphic and lithological data. 3.3 / A) Three types of depositional sequences depending on the characteristics of the low-level episode (LSW, SMW or CP/platform wedges). B) Deposit areas in a platform-basin cross-section and a level-gradation approach to the magnitude of the level drop.

ferentes a las representadas en los LST y ellas pueden presentar configuraciones de tres tipos: agradante, progradante y retrogradante, en función de que la regresión forzada sea progresivamente acelerada o desacelerada. Configuraciones también posibles en los episodios de nivel alto (HST) en función del aporte de sedimento y del espacio de acomodación (Fig. 4).

- Finalmente, indicar que en los TST pueden existir facies canalizadas que se corresponden con canales de drenaje que se inician en el margen y alcanzan a la plataforma interna, y ocasionalmente a la media, facies que representan un problema para su definición, por su gran semejanza con las *fining upwards* no canalizadas, pero transgresivas.
- Si no es por la existencia de una falla sinsedimentaria el TST nunca alcanza el notable espesor que la figura de referencia representa, ya sea en el segmento que se corresponde con la plataforma interna, media o externa.
- Además de las turbiditas de pie deltaico, los HST suelen crear problemas de interpretación en su más regresivo segmento de techo, pues es fácil de confundir facies de canal-abandono de canal (*finning upward*) con un TST.

Las figuras precedentes muestran un concepto, que a pesar de su utilidad, es frecuentemente olvidado, concepto que no es otro que las notables diferencias de espesor existentes entre los TST y los HST, lo que coloquialmente podríamos expresar en "La Geología que usualmente vemos en los afloramientos, es la provista por espesas parasecuencias regresivas depositadas en las plataformas, taludes, y ocasionalmente en cuenca".

El paso siguiente es la proyección de los datos obtenidos de los sondeos a una transversal margen-cuenca, que será tanto más precisa cuanto más sondeos y líneas sísmicas podamos disponer (caso del Golfo de Valencia) pues ella es la que conseguirá aproximarnos a la arquitectura sedimentaria buscada, objeto de este trabajo.

Y como no hay método más expresivo que la confección de figuras, se adjuntan las dos siguientes que, aunque sea en resumen, tratan lo descrito en los párrafos precedentes.

Interpretación del Prebético

Dado que solo dos sondeos registran la cobertura cenozoica del área, la arquitectura sedimentaria del Prebético desde diagráfias de pozo y correlación de sondeos solo puede abordarse para el Triásico, Jurásico y Cretácico. La interpretación será entonces subdividida en tres apartados, y se anticipa que en este largo tiempo sedimentario, los mayores problemas se fijan en los episodios en facies continentales del Triásico, sean detríticas, salinas o mixtas.

Triásico

Obviando la dificultad crono-estratigráfica del Triásico de España (Virgili *et al.*, 1977) pero basados en el conocimiento de las facies de los paquetes sedimentarios que definen al Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper (Ortí Cabo, 1974; Fernández, 1977; Garrido Megías y Villena Morales, 1977; López Garrido, 1977; Dabrio y Fernández, 1986; Gil *et al.*, 1987; Fernández y Gil, 1989; Sopeña *et al.*, 1990; Arche y López-Gómez 1995; Arche *et al.*, 2002., Gómez Fernández *et al.*, 2019) se aborda la interpretación secuencial del Triásico del Prebético, partiendo de un primer esquema de distribución de facies y paquetes litológicos, que han sido interpretados como pertenecientes a cuatro secuencias deposicionales T₁ a T₄, quizás cinco (Martínez del Olmo, 1996 c, e). El esquema conserva los interrogantes y problemas que presentan las facies continentales, que han sido trasladados a la Figura 4 y constan de:

- Las facies Buntsandstein, que son interpretadas como una acumulación de litologías integradas en una megasecuencia tipo *rift*, que en sus equivalentes en facies marinas se corresponde con 3-4 secuencias deposicionales completas LST+TST+HST en Haq *et al.*, (1986).
- Si los llamados Keuper-1 y 2, de Orti Cabo, (1974) tienen equivalentes marinos en paleogeografías más meridionales, no alcanzadas por los sondeos, caso muy probable, dada la génesis marina de todos los niveles salinos del Triásico (Orti Cabo, 1974; Salvany *et al.*, 1990). Si esta idea fuese confirmada podrían ser considerados *system tract* tipo LST.
- La posibilidad brindada por la probable existencia de tres barras carbonatadas tipo Muschelkalk en el sondeo Jaraco-1 (Martínez del Olmo, 2005) de que a techo del Buntsandstein las facies rojas cambien a marinas en paleogeografías más meridionales o en enclaves muy subsidentes generados por fallas sinsedimentarias (Fig. 4C).

En resumen, un cúmulo de problemas provistos por las facies continentales evaporíticas, arenosas, arcillosas rojas y mixtas, que solo serían satisfactoriamente resueltos por una bioestratigrafía detallada, que no poseemos.

Jurásico

A diferencia del Triásico, la sedimentación jurásica en el Prebético se corresponde en su totalidad con facies marinas, someras o profundas, que han sido descritas en numerosos trabajos que, principalmente atienden tanto a descripciones bio y litoestratigráficas como a la señalización de las discontinuidades que el registro sedimentario contiene en diversas áreas de afloramiento (Fourcade, 1970; Foucault, 1971; García Rodrigo y Pendas, 1971; Jerez, 1973; Goy y Yébenes, 1977; Azema, 1977; García Hernández, 1978; Arias, 1978; Gómez, 1979; Ruiz-Ortiz y Vera, 1979; Gómez y Goy, 1979; Rodríguez

Estrella, 1982; López Garrido y García Hernández, 1988; Vera, 1988; García Hernández *et al.*, 1989; Martínez del Olmo, 1996b, c; Gómez Fernández *et al.*, 2019).

Por otra parte, ya que es difícil sustraerse al carácter global o local de muchas de las secuencias deposicionales, en áreas próximas o muy alejadas, que pueden ser consideradas de obligada consulta, se describen datos y matizaciones de interés para el propósito del presente trabajo (Hallam, 1981; Vail *et al.*, 1984; Haq *et al.*, 1986; Hubbard, 1988; Pomar and Haq, 2016).

Dado que no es evidente una neta separación paleogeográfica entre el sector del Levante y el Prebético, porque muchas unidades litoestratigráficas muestran una clara convergencia de edad y facies, que atestiguan tanto sus afloramientos, como algunos sondeos del vecino Golfo de Valencia, para incrementar el área de observación se incluyen sondeos de ambas áreas (Fig. 1).

Una primera e importante observación es recogida en las Figuras 5A, 5B, en la que se muestra que no existe una correlación entre lo interpretado para el Jurásico en este trabajo y la conocida, y de obligada

consulta curva de Haq *et al.*, (1987) que describe la existencia de 30-31 secuencias deposicionales completas (LST, TST y HST) donde sólo creemos haber diferenciado 4 completas y 12 incompletas (TST y HST). Esta figura sugiere algunas observaciones para las que no es fácil dar respuestas convincentes:

- Las secuencias deposicionales no pueden entenderse como de ámbito global.
- *Upper Absaroka* (UAB) y *Zuni* (ZA y ZB) constituyen "estratotipos" en los que se asume que la totalidad de los cambios de nivel marino han sido registrados en la columna sedimentaria, lo que no ocurrió en innumerables áreas del Planeta.
- La interpretación que en este trabajo se presenta es errónea, porque muchas posibles secuencias no han sido identificadas.
- Nuestros datos son incompletos en al menos un 50%, ya que no son capaces de visualizar todos los episodios en alta frecuencia cuando las observaciones se realizan en las plataformas interna y externa, especialmente en la primera.

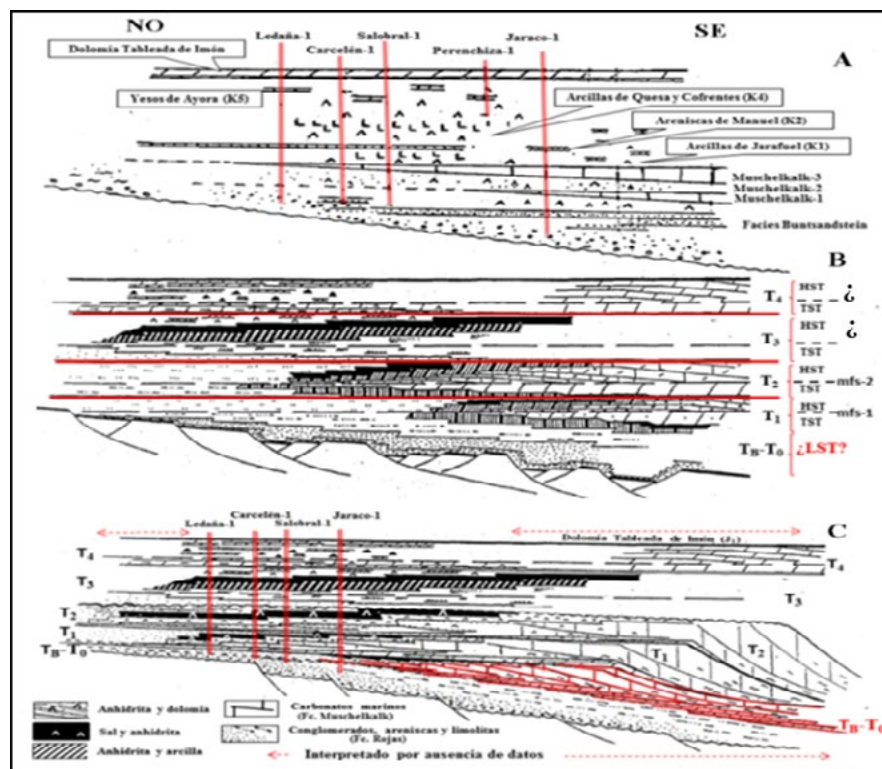


Figura 4. A) Esquema de partida desde los datos bibliográficos. B) Distribución de facies, secuencias y *systems tracts* desde la interpretación de datos de sondeo de este trabajo. C) Interpretación secuencial que pretende paliar la ausencia de información de sondeo en el extremo margen del NO y la prolongación a cuenca del SE de la transversal representada. Nótese que lo remarcado en rojo es más especulativo que lo indicado para las secuencias deposicionales T_1 , T_2 y T_3 . Interpretación que, de ser acertada, pues proviene de un único sondeo (Jaraco-1) indicaría que el techo del Buntsandstein tiene equivalentes marinos, en facies Muschelkalk, en paleogeografías más meridionales o en surcos tectónicos subsidentes.

Figure 4. A) Starting scheme from bibliographic data. B) Distribution of facies, sequences and *systems tracts* from the interpretation of well data of this work. C) Sequential interpretation intended to alleviate the absence of wells information inside the NW far margin and the extension to the SE basin of the cross-section represented. Note that the red-marked is more speculative than indicated for the T_1 , T_2 and T_3 depositional sequences. Interpretation which, if successful, since it comes from a single probe (Jaraco-1), would indicate that the roof of the Buntsandstein has marine Muschelkalk equivalents, southern paleogeography or in subsidizing tectonic areas.

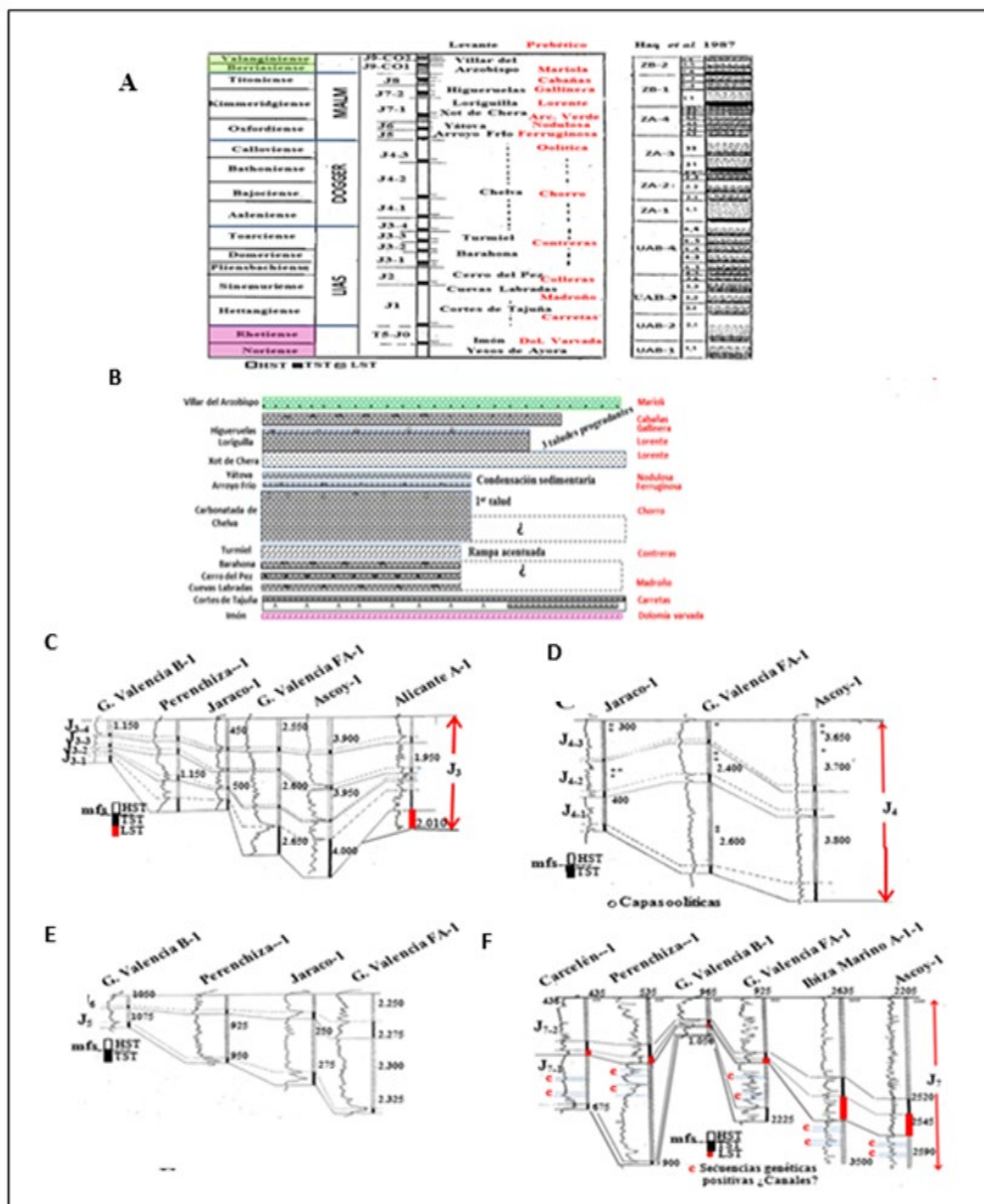


Figura 5. A) Secuencias deposicionales interpretadas en este trabajo y su correlación con las unidades litoestratigráficas formales (Gómez, 1979; Gómez y Goy, 1979) e informales (García Rodrigo y Pendas, (1971), en colores negro y rojo, en el Jurásico de Levante y del Prebético, mostrando un menor número que la establecida en Haq *et al.*, (1986). Ello presupone que la correlación entre unas y otras solo puede establecerse desde un detallado estudio cronoestratigráfico. B) Esquema de partida desde datos bibliográficos con diferenciación de facies y modelos sedimentarios. Se incluye el nombre de las unidades litoestratigráficas, formales e informales (colores negro y rojo), sus litologías más significativas y una primera interpretación derivada de este trabajo. C) Justificación de la interpretación en alta frecuencia con la diferenciación de 4 secuencias en el Pliensbachiano-Aaleniano (J_{3-1} a J_{3-4}). D) Diferenciación de 3 secuencias en el Jurásico Medio (J_{4-1} a J_{4-3}). E) Correlación de las dos secuencias diferenciadas en el Oxfordiano (J_5 y J_6). **Nótese ahora** la escala vertical que permite interpretar la condensación sedimentaria de ambas secuencias. F) Las dos secuencias deposicionales diferenciadas en el Kimmeridgiense (J_{7-1} y J_{7-2}) y la dificultad para diferenciar dos nuevas por la existencia de secuencias genéticas positivas interpretadas como canales en facies carbonatadas, que no son interpretadas como TST.

Figure 5. A). Depositional sequences interpreted in this work and their correlation with the formal Lithostratigraphic Units (Gómez, 1979; Gómez and Goy, 1979) and informal (García Rodrigo and Pendas, (1971), in black and red, in the Jurassic of the area, showing the small number than that established in Haq *et al.*, (1986). This presupposes that the correlation between them can only be established from a detailed chrono-stratigraphic report. B) Starting scheme from bibliographic data with differentiation of facies and sedimentary models. It includes the name of the formal and informal Lithostratigraphic Units (black and red colors), their most significant lithology's and a first interpretation derived from this work. C) Justification of high frequency with the differentiation of 4 sequences in Pliensbachian-Aalenian (J_{3-1} to J_{3-4}). D) Three sequences in the Middle Jurassic (J_{4-1} to J_{4-3}). E) Correlation of the two distinct sequences in the Oxfordian (J_5 and J_6). See the vertical scale that allows the condensation of both sequences to be interpreted. F) The two depositional sequences differentiated in the Kimmeridgian (J_{7-1} and J_{7-2}) and the difficult possibility of differentiating two new ones by the existence of positive genetic sequences interpreted as channels in carbonated facies, which are not interpreted as TST.

Para ilustrar-descartar esta última posibilidad, se incorporan, a modo de ejemplo, las figuras 5C a 5F, muestran cómo el perfil de radiactividad natural (Gr) y la correlación de sondeos permiten la interpretación en alta frecuencia de los paquetes sedimentarios de los intervalos pertenecientes al Pliensbachense-Toarciense, Jurásico Medio, Oxfordiense y Kimmeridgiense. Con el concurso de los datos bibliográficos y una primera interpretación derivada de este trabajo, que por necesidad de edición es mostrada parcialmente en las figuras, también se construye un esquema de

partida que abre paso a una interpretación, de mayor detalle, del Jurásico del Levante y del Prebético.

A modo de resumen, puede señalarse un pequeño número de conclusiones que atañen a dos temas muy diferentes: conclusiones locales o del área de trabajo, y conceptuales que modifican el esquema de Vail, (1987a, b) recogido en la Figura 3.3. Las conclusiones conceptuales son tratadas en la discusión, las locales, pueden ser anticipadas y expresadas en:

- No se aprecia una desconexión entre los materiales jurásicos del Prebético y del Levante.

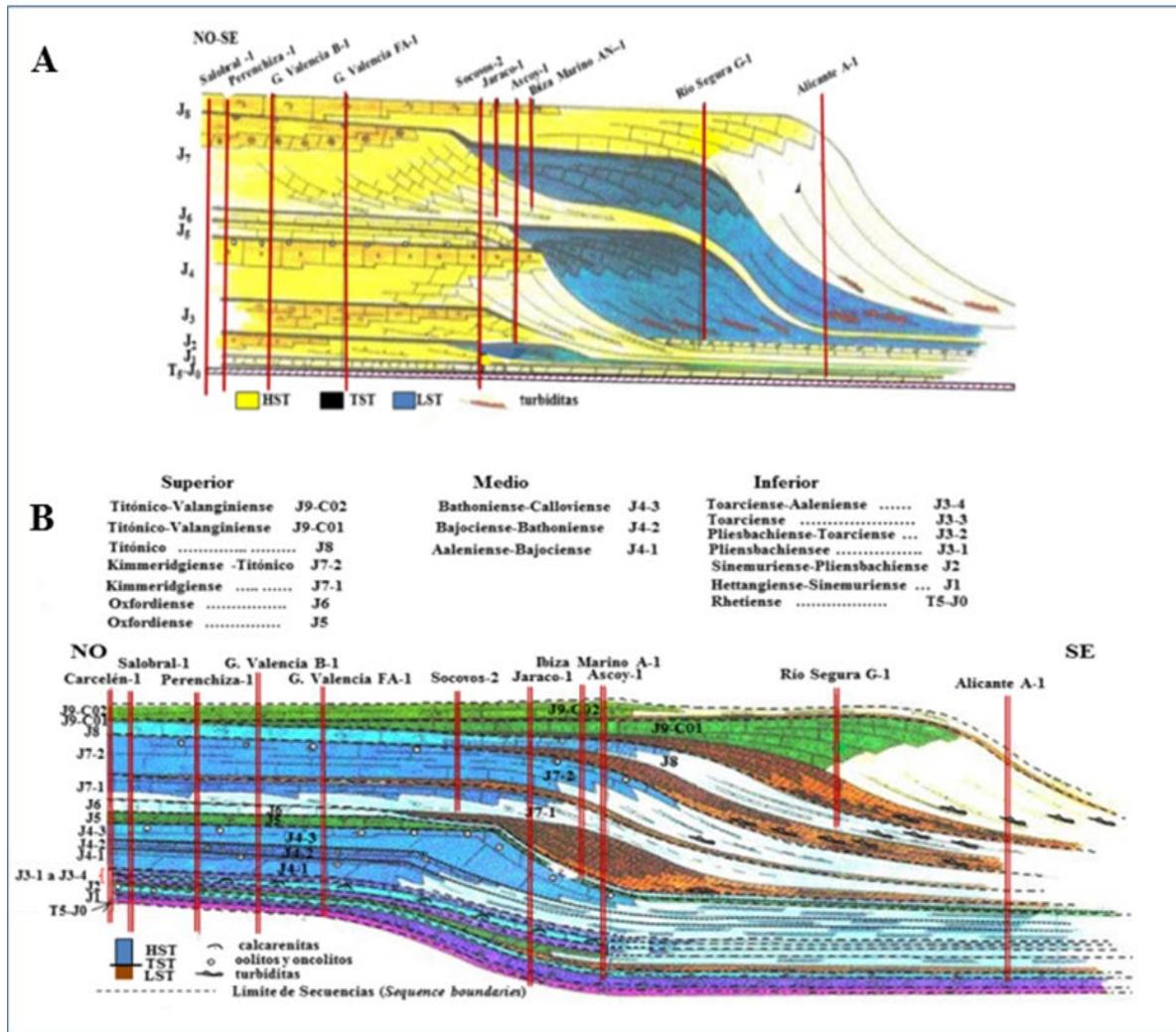


Figura 6. A) Interpretación y correlación de sondes y con su proyección a una transversal margen-cuenca mostrando la arquitectura sedimentaria en secuencias deposicionales de 1^{er} y 2^o orden. B) Arquitectura y facies de las 16 secuencias deposicionales que han sido reconocidas en el Jurásico del Prebético; las líneas verticales en color rojo indican el principio y el final de los sondeos utilizados en la interpretación. Nótese que los delgados TST están representados por una línea negra continua o a trazos para el caso en que los LST no estén presentes en la plataforma media-interna, y que ya sea por errores en la presente interpretación o por ausencia de sondeo de control, su número es muy inferior a las 32 diferenciadas en Haq et al., (1996).

Figure 6. A) Interpretation and wells correlation and their projection to a cross section margin-basin showing the sedimentary architecture in depositional sequences of 1st and 2nd order. B) Architecture and facies of the 16 depositional sequences that have been recognized in the Jurassic of Prebetics; the red vertical lines indicate the beginning and end of the wells used in the interpretation. Note that the thin TST are represented by a black continuous line or strokes line in the case where the LST are not present on the medium-internal platform, and that either by errors in our interpretation or absence of control wells, their number is much less than the 32 differentiated in Haq et al., (1996).

Sus diferencias no van más allá de la presencia de facies más profundas en los segmentos más meridionales del primero (sondeos de Ascoy-1, Río Segura G-1, Alicante A-1) y de la existencia de dolomías en el Jurásico Inferior, Medio y Superior de la plataforma interna-media del Prebético.

- Se han diferenciado 6 episodios tipo LST, que fueron depositados en las paleogeografías más profundas y tres de ellos (Kimmeridgiense, Titiense y Titiense-Valanginiense) contienen turbiditas carbonatadas en el segmento meridional, atribuido al Prebético Interno.
- Merced a la interpretación en alta frecuencia, los sondeos han permitido subdividir los sedimentos comprendidos entre las discontinuidades mayores, reconocidas en superficie, casos del Pliensbachense-Aalenense, Jurásico Medio y Kimmeridgiense, no recogidas en la bibliografía consultada.
- Si el intervalo Pliensbachense-Aalenense muestra realmente el efecto de la fracturación inicial de la plataforma jurásica descrita en Vera (1988).
- Hay dos posibles interpretaciones para el Hettangiano-Toarciense y el Titiense-Valanginiense en estadios tectónicos opuestos. Tectónica extensiva para el primero y progradación de tipo tectónica compresiva, inicio del estadio contractivo, de tipo molasa, para el segundo (Vera *et al.*, 1982).
- La extrema delgadez de Rhaetense y Oxfordiense (Goy y Yébenes, 1977; Gómez y Goy, 1979; Gómez, 1979) admite diferentes interpretaciones, pero puede ser concebida por un factor ecológico que provocó una mínima producción de sedimento (Pomar y Kendall, 2008). La probable desconexión entre los sedimentos de plataforma y cuenca, ciertamente infrecuente, solo intuita para el Oxfordiense (Fig. 5 E) puede atribuirse tanto al breve intervalo temporal que representan las dos secuencias deposicionales J₅ y J₆, como a una escasa producción de sedimento. La constancia de la facies Caliza de Esponjas y los numerosos indicios de condensación y re-trabajado de los sedimentos representan algo singular que, dada la ausencia de clásticos, y la constancia de los oolitos ferruginosos de la Formación Arroyo Frio, podría atribuirse al factor ecológico, antes señalado.

Cretácico

A diferencia del Jurásico, el Cretácico ha sido reconocido, en su práctica totalidad, por un número de sondeos semejante a los usados para la interpretación del Jurásico, pero ahora están más próximos y mejor distribuidos en el área de las observaciones (Fig. 1). Y ya sea por esto o porque ha crecido el volumen de

sedimentos aportados a la plataforma y la cuenca, es posible interpretar 21 secuencias deposicionales que contienen 21 pares TST-HST, sobre 3 gruesos LSW de facies profundas y 8 delgados SMW, generalmente arenosos (Fig. 7) que han sido interpretados como cuñas de plataforma promovidas por descensos eustáticos de muy moderada magnitud como los expresados en la Figura 3.3.

Estas notables diferencias entre Jurásico y Cretácico pueden ser atribuidas tanto a la distribución geográfica de los sondeos, como al cambio de una tectofacies de tipo *rift* a otra de tipo molasa (Vera *et al.*, 1982) probablemente iniciada en el Jurásico Superior.

El texto y las figuras siguientes se focalizan en dos intervalos (Berriasiense-Hauteriviense y Campaniense-Paleoceno) que han sido interpretados de formas muy diferentes, y un tercer intervalo (Barremiense en facies *Weald*) sobre el que recaen dudas para atribuirlo a una secuencia deposicional o a la progradación extrema de las facies continentales del techo de la secuencia precedente, dificultad que siempre promueven las facies continentales.

El episodio arcilloso del Berriasiense-Valanginiense del Prebético meridional (plataforma externa-cuenca) es objeto de dos interpretaciones completamente distintas:

1. Causado por un episodio extensional promovido por fallas de zócalo, no constatadas porque las líneas sísmicas no consiguen penetrar bajo el espeso y desorganizado Triásico, más aún cuando es olistostrómico (Martínez del Olmo, 2018) y en consecuencia, hablar de un genuino episodio tipo *rift* que deforme mediante fracturación al substrato paleozoico de la cuenca, resulta un tanto aventurado (Rodríguez Estrella, 1982; Vilas y Querol, 1999; Vilas, 2001; Vilas, *et al.*, 2001; Martín Chivelet, 2002).
2. El incremento de espesor y contenido en arcilla interpretado por su pertenencia a las facies del talud regional que da paso a las meridionales facies de cuenca del Prebético (Company *et al.*, 1982a, b; Leret *et al.*, 1982; Castro, 1988; Martínez del Olmo, 1996c, 2018). Esta segunda, y muy diferente interpretación, que propugna un motivo sedimentario, está basada en la continua y constatada progradación hacia el S-SE de las plataformas interna y externa del Prebético (Figs. 7 y 8), pero ello no implica que no fuese acompañado, local y regionalmente, por una extensión epidérmica y suprasalina, circunstancias que le hace distar mucho de una genuina fase de tipo *rift*.

El borde de la plataforma carbonatada del Cretácico Superior, contiene una larga y estrecha (280 x 4 km) alineación de afloramientos que, cartográficamente, es coincidente con la localización del talud que da paso al Prebético meridional. Esta larga línea de afloramientos constata la existencia de una pequeña laguna sedimentaria que hace que el Campaniense-Maastrichtiense (secuencia C₉-Pal) se apoye sobre las facies

dolomíticas de la secuencia C₇, motivo por el que fue llamada franja anómala en Martínez del Olmo, *et al.*, (1982). A la vez, a muy corta distancia lateral, los afloramientos muestran que la laguna sedimentaria desaparece y la discontinuidad sedimentaria está fosilizada por facies profundas pertenecientes a un LST que inicia la secuencia C₉-Pal. El afloramiento de la franja anó-

mala es discontinuo y muestra cortos espacios vacíos que son interpretados como surcos erosivos de los valles incisos del LST. Esta franja anómala ha sido interpretada según dos modelos muy diferentes:

1. Como el efecto de una fase inicial del plegamiento alpino que crearía un largo y estrecho antiforme que por emersión produciría la laguna sedimentaria

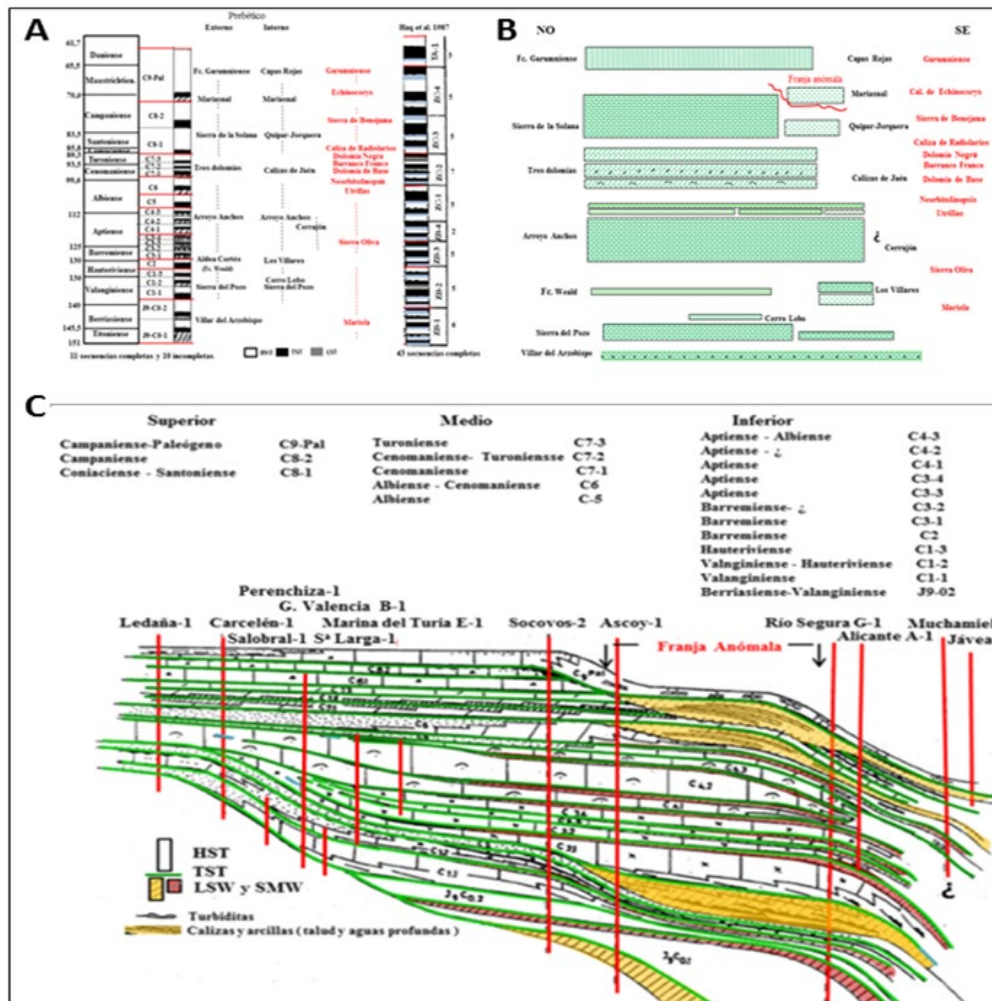


Figura 7. A) Secuencias deposicionales del Cretácico del Levante y del Prebético interpretadas en este trabajo y su correlación con las Unidades Litoestratigráficas formales (García Hernández *et al.*, 1982; Arias *et al.*, 1989; Leret *et al.*, 1982; Martínez del Olmo *et al.*, 1982; Vera *et al.*, 1982; Vilas *et al.*, 1982 y 2004; Gea de, 2004; Company *et al.*, 1992; Martín-Chivilet, 2002; Martín-Chivilet y Chacón, 2004) e informales. El esquema muestra el menor número que la establecida por Haq *et al.*, (1986). Ello presupone errores o ausencia de sondeos de control en nuestra interpretación, y que la correlación entre unas y otras sólo puede establecerse desde un detallado estudio bioestratigráfico. B) Esquema de partida desde datos bibliográficos con diferenciación de facies y modelos sedimentarios. Se incluye el nombre de las Unidades litoestratigráficas formales e informales (colores negro y rojo), su litología más significativa y una primera interpretación derivada de este trabajo. C) Arquitectura sedimentaria del Cretácico del Prebético. Las trazas verticales en color rojo indican lo reconocido por los sondeos y ellas sirven para visualizar los segmentos de la transversal NO-SE que por ausencia de datos han tenido que ser interpoladas.

Figure 7. A) Depositional sequences of the Cretaceous of the Levant and Prebetic interpreted in this work and their correlation with the formal Lithostratigraphic Units (García Hernández *et al.*, 1982; Arias *et al.*, 1989; Leret *et al.*, 1982; Martínez del Olmo *et al.*, 1982; Vera *et al.*, 1982; Vilas *et al.*, 1982 and 2004; Gea, 2004; Company *et al.*, 1992; Martín-Chivilet, 2002; Martín-Chivilet and Chacón, 2004) and informals. The schema shows the smallest number than are present in Haq *et al.*, (1986). This presupposes errors or absence of control wells in our interpretation, and that the correlation between each other, only can be established from a detailed biostratigraphic study. B) Starting type from bibliographic data with facies differentiation and sedimentary models. It includes the name of the formal and informal Lithostratigraphic units (black and red colors), their most significant lithology and a first interpretation derived from this work. C) Sedimentary architecture of the Cretaceous. The vertical traces in red color indicate what is recognized by the wells and they serve to visualize the segments of the NW-SE cross section where by the absence of data have had to be interpolated.

(Martín-Chivelet, 1993; Martín-Chivelet y Giménez, 1993). Interpretación que podría explicar la ausencia de la secuencia C_8 , pero para cuya aceptación es preciso obviar: a) Las relaciones espaciales con las facies profundas. b) La geometría y el relleno de los valles incisos. c) Y sobre todo, la creación de un solitario, largo y estrecho antiformal en el que **únicamente** se focalizaría una fase tectónica regional.

2. Como el producto de un episodio erosivo inducido por un LSW que afectó al borde externo de la última fase de progradación de la plataforma del Cretácico Superior (Martínez del Olmo, 1996c). Interpretación recogida en la Figura 8 que da cuenta de lo observado en afloramientos y sondeos.

La definición de la secuencia C_2 segregada de la precedente C_{1-3} y del LST de la posterior C_{3-1} plantea una incertidumbre y una duda:

- La incertidumbre afecta a la separación de sus facies continentales de las correspondientes al techo, continentales o mixtas (arena-caliza) de la precedente C_{1-3} , y una vez aceptada su segre-

gación y la definición de su TST y HST utilizando el concepto de energético decreciente y creciente; metodología que no es posible asegurar. Si tal y como ha sido reflejado en la Figura 7, se acepta esta metodología, es preciso asumir que el episodio en facies *Weald*, reconocido en el Maestrazgo en el ciclo II (Mas *et al.*, 1982; Salas, 1987) y en el área de trabajo, como parte o la totalidad de las Formaciones de Aldea Cortés, Huérquina y Collado (Vilas *et al.*, 1982 2004) significa una progradación excepcional de las facies continentales de la plataforma interna a la externa, cuya génesis aún permanece sin facilitarse en las numerosas citas bibliográficas consultadas, pero que revela: un muy notable episodio regresivo, la inestabilidad tectónica, la llegada de agua dulce a las plataformas, o una notable colmatación sedimentaria de facies continentales.

- La continuidad de facies (Fig.9) y el limitado espesor de las secuencias del Cretácico Infe-

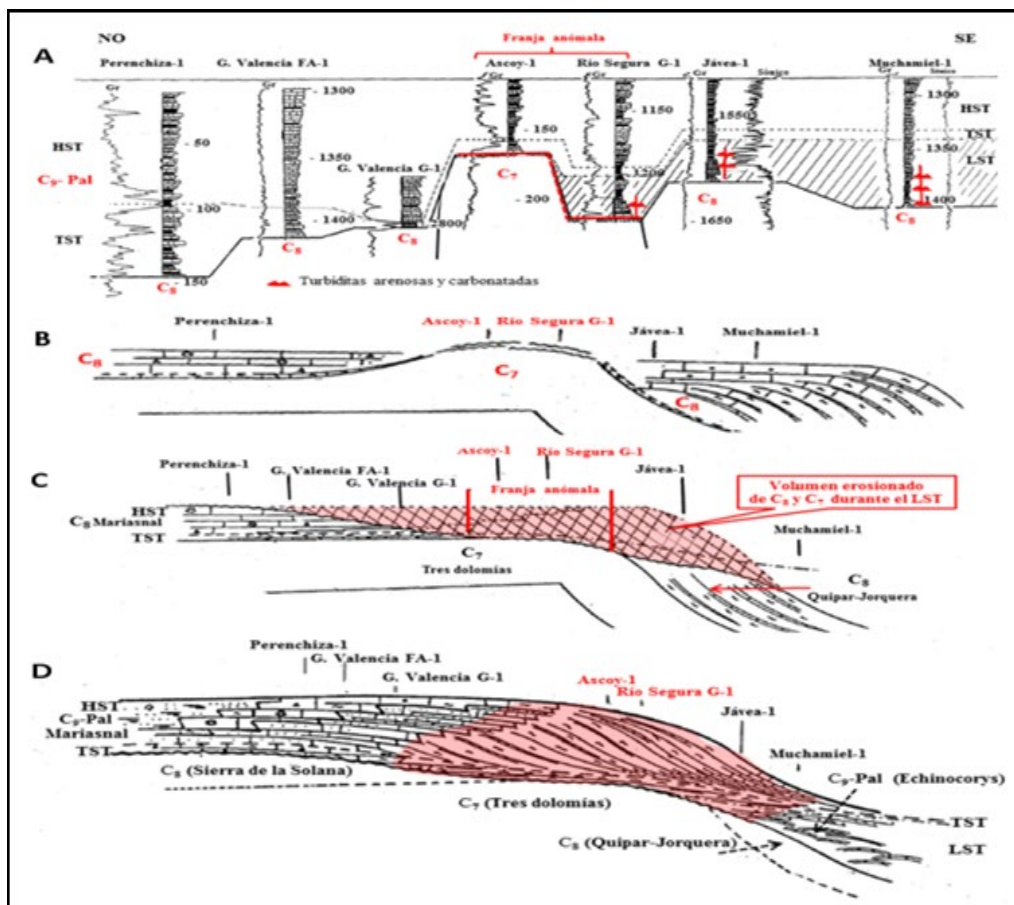


Figura 8. La franja anómala: A) Información de sondeo al norte y sur de la misma. B) Hipótesis emersión por plegamiento alpino en el Cretácico superior. C) Interpretación por la erosión producida por el descenso marino correlativo con el LST de la secuencia C_9 -Pal. D) Configuración actual desde sondeos y afloramientos.

Figure 8. The Franja Anómala: A) Wells information north and south of it. B) Alpine folding emersion hypothesis in the Late Cretaceous. C) Interpretation by erosion produced by the sea level drop that promote the LST of the sequence C_9 -Pal. D) Current configuration from wells and outcrops data.

rior (C_{1-1} , C_{1-2} y C_{1-3}) vienen a indicar más la colmatación y progradación que el episodio de *rift* regional (Vilas y Querol, 1999; Vilas, 2001; Vilas et al., 2001 y 2004; Martín-Chivilet, 2002; Martín-Chivilet y Chacón, 2004) que es así interpretado por el simple hecho de que la progradación en dirección S-SE no permite las facies arcillosas atribuidas a la fase *rift*; es decir, ni la arcillosidad, ni las facies profundas pueden ser asignadas a una fase de *rift* de ámbito meridional sin atender a la progradación de la plataforma. Ello no permite excluir (Fig. 8.A) que la plataforma fuese afectada por una extensión iniciada en el Jurásico y posiblemente activa hasta hoy, sea por medio de pulsos o de forma prácticamente continua (Vera et al., 1982 y 1988) más aún cuando se interpreta un margen tan complejo como el significado por la Cordillera Bética (Martínez del Olmo, 2018).

Los datos e interpretaciones presentadas posibilitan el dibujo de las Figuras 7 C y 8B, que tratan de visualizar una aproximación a la arquitectura sedimentaria del Cretácico del Prebético; transversal que ha sido construida mediante la identificación y correlación de 21 secuencias deposicionales que contienen igual

número de TST y tan solo 11 LST (3 LSW y 8 SMW) y su proyección a una línea NO-SE, evidentemente no recta, de 200 km de longitud. Por último, la Figura 10, muestra una aproximación a la arquitectura sedimentaria del Triásico, el Jurásico y el Cretácico del Prebético.

Interpretación del Neógeno del Golfo de Valencia

A diferencia del Mesozoico del Dominio Prebético, caracterizado por escasos sondeos de control y líneas sísmicas que aportan una información estratigráfica, a veces nula y generalmente pobre, el Neógeno del Golfo de Valencia puede ser estudiado en base a más de 30 sondeos en ocasiones muy próximos, y numerosas líneas sísmicas (Fig. 1) procedentes de campañas en 2 y 3D, que permiten, visualizar tanto las discontinuidades sedimentarias, como las litologías, el medio sedimentario, la ocalización paleogeográfica y la edad de los volúmenes sedimentarios que separan.

Desde muy temprano, la exploración de hidrocarburos, diferenció tres grandes grupos sedimentarios: Alcanar (Aquitaniense-Serravalliense), Castellón (Serravalliense-Plioceno) y Ebro (Plioceno-Pleistoceno). A medida que la exploración avanzaba estos tres

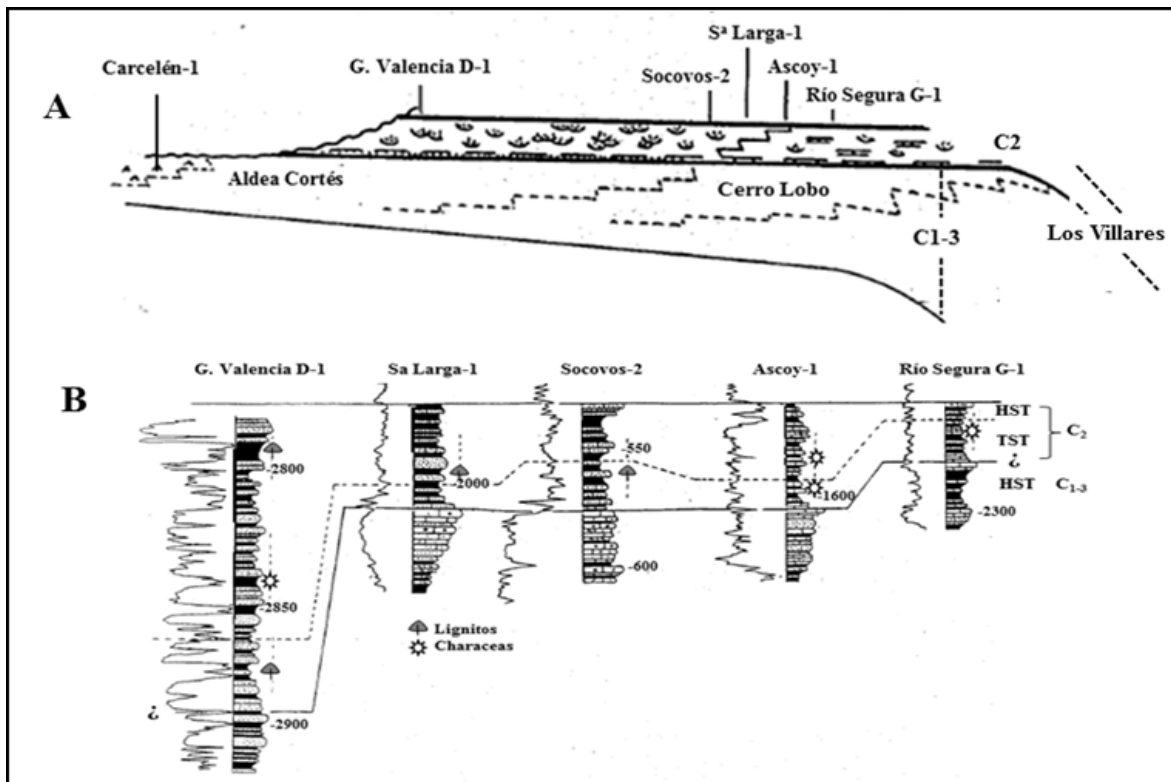


Figura 9. A) Esquema mostrando la continuidad y espesor de las facies *weald* (secuencia C_2) en las plataformas interna y externa del Prebético. B) Correlación y facies de los sondeos que cortan la secuencia. Nótese que tan solo en el margen del Mediterráneo (G. Valencia D-1) próximo y posiblemente perteneciente al *rift* de la Cordillera Ibérica, se duplica el espesor de la secuencia en facies continentales.

Figure 9. A) Scheme showing the continuity and thickness of the facies *weald* (sequence C_2) over the Prebetic internal and external platforms. B) Correlation and facies of wells that cut the sequence. Note that only in the margin of the Mediterranean (G. Valencia D-1/ Fig.1) near and possibly belonging to the Iberian Cordillera doubles the thickness of the sequence in their continental facies.

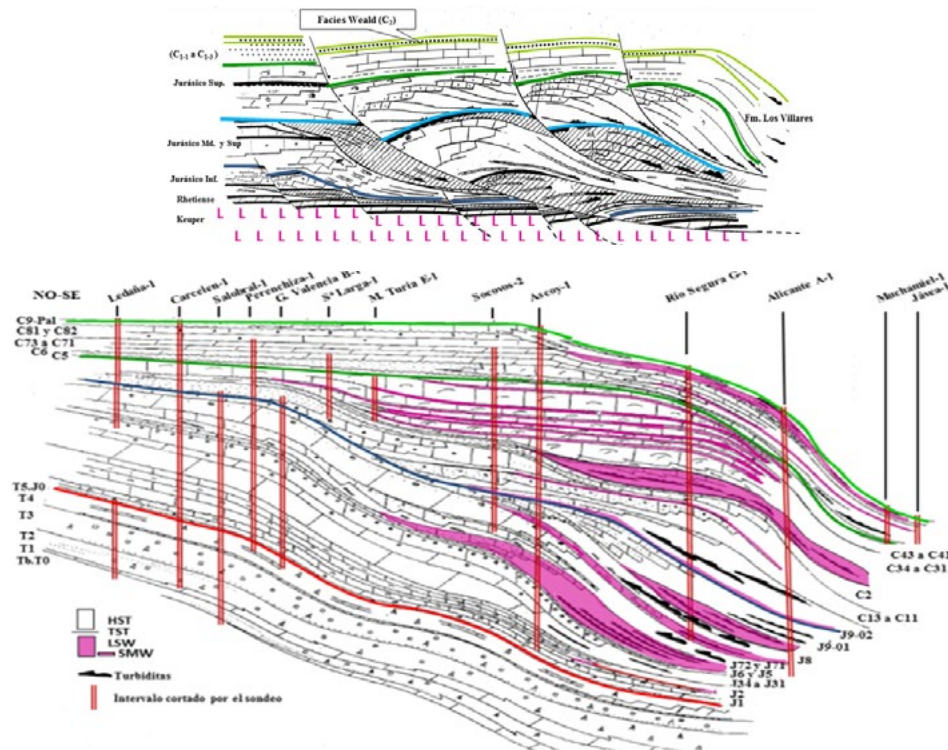


Figura 10. A) Esquemática representación de la extensión sin-sedimentaria y supra-salina en el margen Prebético. B) Aproximación a la arquitectura sedimentaria del Triásico, Jurásico y Cretácico del Dominio Prebético, construida restituyendo la deformación extensiva y compresiva que ha modificado la geometría representada, sea durante su sedimentación, y especialmente con posterioridad a la misma. Adviértase que la información relativa al Triásico es sumamente deficitaria en la plataforma externa y la cuenca (líneas verticales en color rojo indican la sección cortada por los sondeos).

Figure 10. A) Schematic representation of the sin-sedimentary and supra-salt extension in the Prebetic. B) Approach to the sedimentary architecture of the Triassic, Jurassic and Cretaceous of the Prebetic, built restoring the extensive and compressive deformation that has modified the geometry represented, either during its sedimentation, and especially after it. Note that the information relating to the Triassic is extremely deficient on the external platform and the basin (vertical lines in red indicate the section cut by the wells).

Grupos originales establecidos por las compañías exploratorias fueron detallándose, interpretándose finalmente (Martínez del Olmo, 1996b, e) gracias al registro de diagráfias de pozo en la práctica totalidad de lo reconocido por los sondeos que, entre la discordancia erosiva con la que se inicia el Neógeno y el Pleistoceno, existen 9 secuencias deposicionales, cuatro del Grupo Alcanar, tres del grupo Castellón y un mínimo de dos en el Grupo Ebro, aunque solo existen diagráfias de pozo en la más potente e inferior (Fig. 11).

Este total de nueve secuencias, como en ocasiones anteriores significan un número menor que las 18 completas (LST-TST-HST) reseñadas para el mismo intervalo temporal en Haq *et al.*, (1986), por lo que dado la cantidad de sondeos y líneas sísmicas, que ahora se manejan, dudamos del carácter global que dicha publicación atribuye a sus datos.

Las cuatro secuencias iniciales (M₁ a M₄) son carbonatadas y arcillosas, delgadas (50-100 m) del tipo TST-HST y conforman un primer gran conjunto transgresivo con cuatro pulsos sucesivos de inundación que marcan un progresivo *onlap* que avanza desde el ESE hacia el NNE sobre la discordancia regional

Neógeno-Pre-Neógeno que adorna la plataforma del Golfo de Valencia. El dispositivo sedimentario lleva a que tan solo los sondeos más externos o localizados en surcos subsidentes registren la totalidad del Grupo Alcanar, que en una gran superficie está oculto por el complejo olistostromico deslizado desde el E-SE.

Las dos siguientes secuencias (M₅ y M₆-Serravallien-Messiniense) identifican un modelo sedimentario muy diferente, ya que son arenoso-arcillosas, con delgados TST y potentes HST que progradan desde la plataforma del NNE hacia la cuenca del ESE. La M₆, de edad Messiniense contiene numerosos intervalos de yeso en el HST que precede a la discordancia erosiva intra-Messiniense. Esta notable discontinuidad sedimentaria, visible en las líneas sísmicas y en los sondeos, es la responsable de que el Grupo Castellón se dé finalizado en ella.

Finalmente, la última secuencia deposicional que contiene diagráfias de pozo completas (Messiniense 2-Plioceno 1) es la única (Figs. 11, 12 y 13) en la que, en su inicio, ha sido segregado un desarrollado *system tract* de nivel bajo (tipo LSW) que rompe las interpretaciones de Hsü, 1972; Hsü *et al.*, 1973; Ryan, 1976; Ryan and Cita, 1978, que dieron origen a la lla-

mada desecación de la totalidad del Mediterráneo. Este viejo modelo y su interpretación fueron descartado para las aguas profundas del Golfo de Valencia en Martínez del Olmo (1993, 1996 a, b, c, 2011) y Martínez del Olmo y Martín (2016) pues la erosión producida y correlativa con el LSW ocasionó el depósito de un sistema de turbiditas yesíferas, transportadas desde la plataforma interna, que por su litología fueron, en la década de los años setenta, asignadas a la famosa desecación. Hoy en base a sondeos y líneas sísmicas puede diferenciarse en dicho sistema o intervalo sedi-

mentario: el abanico de fondo, el complejo canalizado y el complejo progradante, que ejemplarizan el modelo descrito en Vail, 1987b; Vail and Wornardt, 1990, y llevan a lo imposible la propuesta desecación durante el Messiniense de las aguas profundas del Golfo de Valencia (Fig. 13).

Discusión

El trabajo presentado se refiere a una temática muy amplia, razón por la que contiene muchas indeterminaciones que pueden ser traídas a la discusión. Entre otras posibles, se reportan:

- Si las facies continentales del Buntsandstein pueden ser interpretadas como pertenecientes a un LST previo al TST del Muschelkalk marino de la secuencia T₁.
- Si los llamados Keuper-1 y 2, de Orti Cabo, (1974) tienen equivalentes marinos en paleogeografías más meridionales, no alcanzadas por nuestros sondeos, caso muy probable, dada la génesis marina de todos los niveles salinos del Triásico (Orti Cabo, 1974; Salvany *et al.*, 1990). Si esta idea fuese confirmada podrían ser considerados *system tract* tipo LST.
- Si la individualización mediante sondeo de las facies Buntsandstein de las también continentales del Muschelkalk-1, en las áreas donde el Muschelkalk marino está ausente, es conceptualmente válida.
- Si la segregación de las llanuras de inundación evaporíticas o mixtas, no marinas, en episodios tipo TST y HST con el uso de la definición de líneas o superficies de energía creciente o decreciente, es conceptualmente válida. Es decir, establecer límites secuenciales en la base de las parasecuencias energético decrecientes o "transgresivas" y ello aunque ninguna caracterice la aparición del primer sedimento marino.
- Dada la probable existencia de tres barras carbonatadas tipo Muschelkalk en el sondeo Jaraco-1 (Martínez del Olmo, 2005) se abre la posibilidad de que a techo del Buntsandstein las facies rojas cambien a marinas en paleogeografías más meridionales o en enclaves muy subsidentes (Fig. 4C). Lo que no puede contrastarse por estar basado en un único y difícil sondeo

Respecto a la interpretación del Jurásico, dado el pequeño número de sondeos utilizados, se puede discutir:

- Si es real o no la desconexión propuesta por la utilización de dos sondeos (Perenchiza-1 y Jaraco-1) entre los materiales jurásicos del Prebético y del Levante porque sus diferencias no van más allá de la presencia de facies más profundas en los segmentos más meridionales del primero (sondeos de Ascoy-1, Río Segura G-1, Alicante A-1) y de la existencia de dolomías en el Jurásico Inferior, Medio y Superior de la pla-

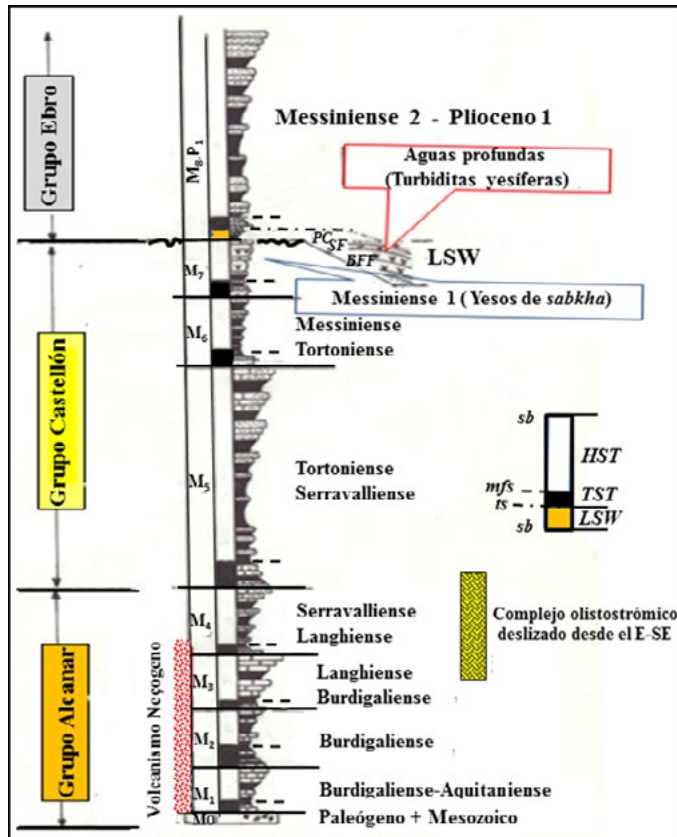


Figura 11. Columna sintética del Neógeno del Golfo de Valencia. (Nótese la desconexión existente entre las *sabkhas* de la plataforma interna del Messiniense -1 y las turbiditas yesíferas de las aguas profundas del LSW del Messiniense 2-Plioceno 1. La secuencia Plioceno 2-Pleistoceno no está representada porque los primeros metros de los sondeos se perforan sin retorno de muestras y sin diagráfias de pozo, pero es interpretada por el notable cambio de velocidad de progradación que expresan las líneas sísmicas. El pequeño intervalo M0 representa el paleo-karst que generó el principal almacén productor de todos los yacimientos descubiertos (Martínez del Olmo y Esteban, 1983).

Figure 11. The Valencia Gulf synthetic column (Note the disconnection between the *sabkhas* of the internal platform of Messinian-1 and the turbidities of the LSW deep waters of Messinian-2-Pliocene 1. The Pliocene 2-Pleistocene sequence is not represented because the wells are drilled without sample return and well diagraphies, but is interpreted by the remarkable change in progradation speed expressed by the seismic lines. The small interval M0 represents the paleo-karst that generated the main producing interval of all discovered, oil field, (Martínez del Olmo and Esteban, 1983).

taforma interna-media del Prebético.

- La diferenciación de 6 episodios tipo LST, que fueron depositados en las paleogeografías más profundas y tres de ellos (Kimmeridgiense, Titiense y Titiense-Valanginiense) contienen turbiditas carbonatadas en el segmento meridional, atribuido al Prebético Interno, lo que parece lógico, pero tres sondeos son una exigua base de datos.
- Si la interpretación en alta frecuencia, que ha permitido subdividir los sedimentos comprendidos entre las discontinuidades mayores, reconocidas en superficie, casos del Pliensbachense-Aalenense, Jurásico Medio y Kimmeridgiense, que no están recogidas en la bibliografía consultada, es un criterio válido.
- Mediante la interpretación en alta frecuencia el intervalo Pliensbachense-Aalenense (J_{31} a J_{34}) se correlaciona con la fracturación inicial de la plataforma jurásica descrita en Vera (1988) para un ámbito regional de mucha mayor extensión que el significado por los 6 sondeos recogidos

en la figura 5 C. Motivo por el que puede dudarse de si el perfil Gr usado para la segregación de las 4 secuencias está mostrando datos muy locales. Lo que también puede aducirse para las dos posibles interpretaciones descritas para el Hettangiense-Toarciense (extensivo) y el Titiense-Valanginiense (compresivo) de Vera *et al.*, 1982)

- Si la extrema delgadez de Rhaetiense y Oxfordiense (Goy y Yébenes, 1977; Gómez y Goy, 1979; Gómez, 1979) admite o no diferentes interpretaciones, y puede ser concebida por un factor ecológico que provocó una mínima producción de sedimento (Pomar y Kendall, 2008). La probable desconexión entre los sedimentos de plataforma y cuenca, ciertamente infrecuente, solo intuida para el Oxfordiense (Fig. 5 E) puede atribuirse tanto al breve intervalo temporal que representan las dos secuencias deposicionales J_5 y J_6 , como a una escasa producción de sedimento. La constancia de la facies Caliza de Esponjas y los numerosos indicios de

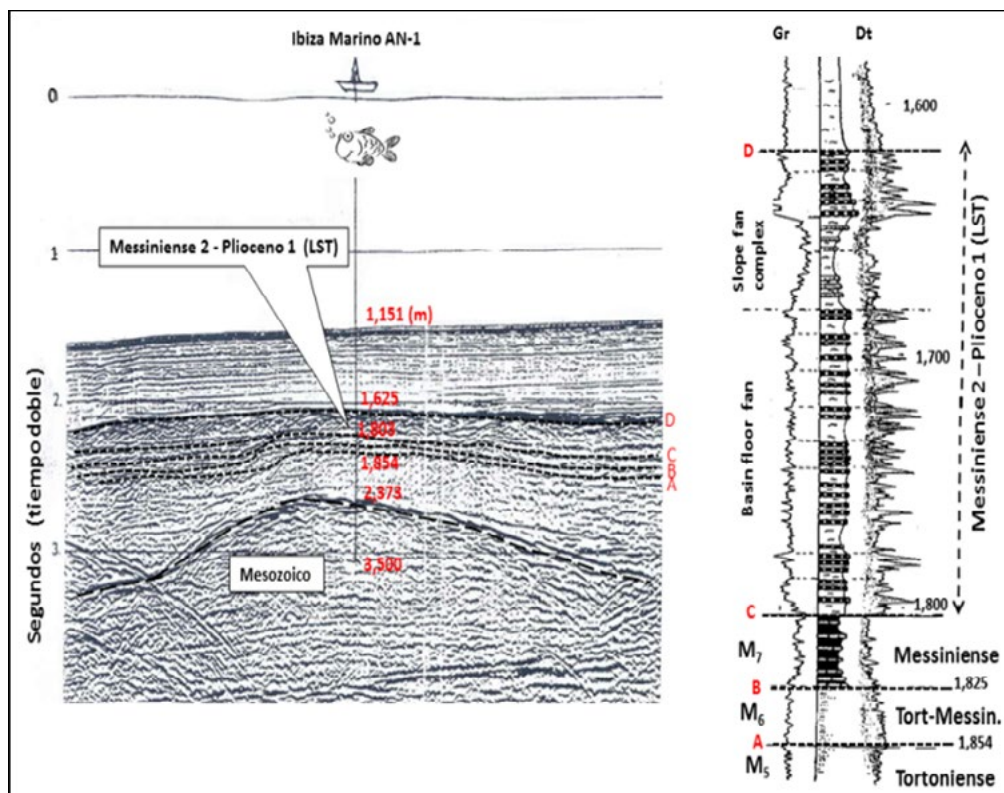


Figura 12. Línea sísmica NO-SE y columna lito-estratigráfica del sondeo Ibiza Marino A-1 (localización en figura 1). La secuencia M_6 del Tortonense-Messiniense está condensada, la secuencia M_7 del Messiniense s.s. contiene laminitas ricas en materia orgánica y el LSW de la secuencia M_6 - P_1 (Messiniense 2-Plioceno1) muestra las turbiditas yesíferas en capas finas intercaladas en arcillas pelágicas del *basin floor fan* y *slope fan complex* del complejo turbidítico con yeso detrítico. Nótese como solo el Sónico (Dt) consigue descifrar la presencia del yeso, que únicamente es visualizado en la radiactividad natural (Gr) de las capas gruesas del *slope fan complex*.

Figure 12. NW-SE seismic line, and lithostratigraphic column of the Ibiza Marino A-1 well (location in Figure 1). The M_6 sequence of the Tortonian-Messinian is condensed, the M_7 sequence of Messinian-1 contains laminites rich in organic matter and the LSW of the sequence M_6 - P_1 (Messinian 2-Pliocene1) shows the thin layers reworked gypsum into the pelagic clays of the basin floor fan and slope fan complex of the turbidic complex with detritic gypsum. Notice how only the Sonic (Dt) manages to decipher the presence of gypsum, which is only visualized in the natural radioactivity (Gr) of the thick layers of the slope fan complex.

condensación y re-trabajado de los sedimentos representan algo singular que, dada la ausencia de clásticos, y la constancia de los oolitos ferruginosos de la Formación Arroyo Frio, podría atribuirse al factor ecológico, antes señalado.

En lo que al Cretácico concierne, podemos discutir:

- Si es suficiente que tan solo se hayan focalizado sus problemas en tres intervalos (Berriasiense-Hauteriviense, Campaniense-Paleoceno y Barremiense en facies *Weald*) por el simple hecho de que han sido interpretados de formas muy diferentes; pues es seguro que alberga otros problemas que por ausencia de datos no han sido comentados.
- Si la extensión epidérmica y supra-triásica (Fig.10) fue únicamente producida por la deformación diapirica o también inducida por tectónica extensional en niveles muy profundos.

En lo que al Mioceno del Golfo de Valencia se refiere, se puede discutir:

- Que aunque la densidad de sondeos y líneas sísmicas sea notable, dado que existe una aparente convergencia de facies arenosas en el Serravalliense-Tortonense, alguna secuencia deposicional, de delgado espesor, ha podido ser no diferenciada.

- Que el Messiniense con yeso detrítico sea aún más complejo de lo en él diferenciado, ya que puede ser más multiepisódico.
- Y finalmente, que dada la ausencia de diagráfias de pozo en los 200-300 m iniciales de los sondeos, nuevas y jóvenes secuencias deposicionales han podido ser inadvertidas.

Conclusiones

Tal y como anticipado, se traen a las conclusiones observaciones, que calificamos de "conceptuales" porque atañen al conocido e inmejorable esquema de síntesis de Vail, (1987a,b) que es tomado como, de obligada, referencia. Las observaciones al citado esquema, pueden expresarse en:

- Existe una notable descompensación, en cuanto a escala, entre los TST y los HST o LST, ya que los episodios transgresivos son significativamente muy delgados por representar la extensión del área de sedimentación. Solo si coinciden con fallas sinsedimentarias activas alcanzan el espesor que la figura 3.3.B de referencia representa.
- Presencia de sistemas turbidíticos en los *system tracts* de tipo HST en los *foresets* distales

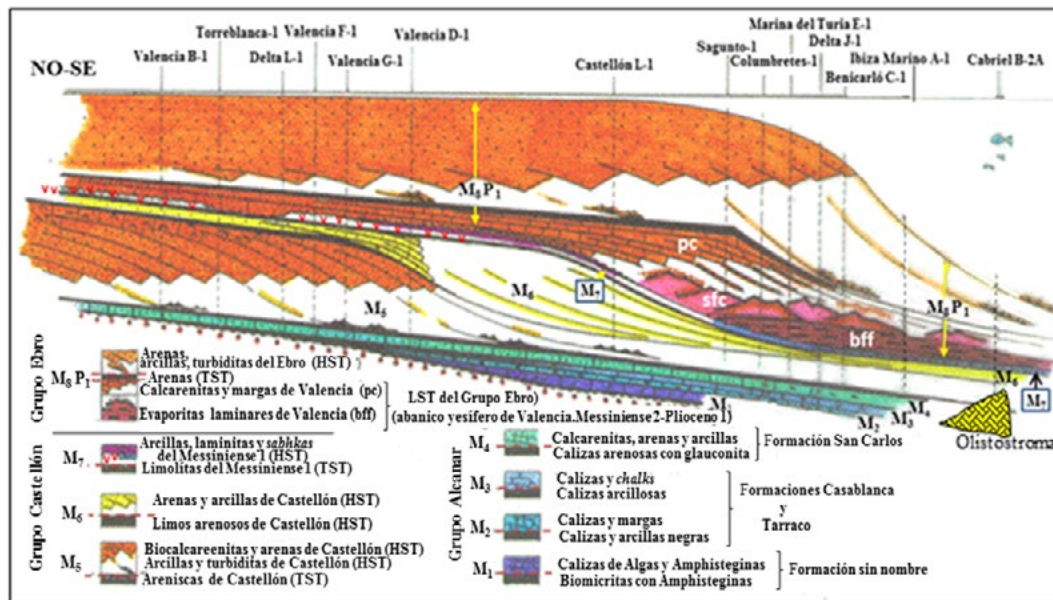


Figura 13. Arquitectura sedimentaria del Neógeno del Golfo de Valencia: Mo) Representa el paleosuelo y paleo-karst, producidos por la discordancia de base del Mioceno que han sido trabajados por las inundaciones siguientes. M₁ a M₄) Episodios transgresivos iniciales del Grupo Alcanar. M₅ y M₆) Episodios de progradación margen-cuenca del Tortonense y Tortonense-Messiniense. M₇) Las *sabkhas* del Messiniense-1 preservadas de la erosión y su condensación en la cuenca (color azul). M₈-P₁) La secuencia Messiniense 2- Plioceno 1 y sus iniciales y diferenciadas áreas de depósito del *basin floor fan* (bff), *slope fan complex* (sfc) y *prograding complex* (pc), seguidos por la inundación Zancliense (negro) y el espeso sistema progradante (M₈-P₁) del HST del Plioceno (Grupo Ebro).

Figure 13. Sedimentary architecture of the Neogene of the Valencia Gulf: Mo) Is the aerial and tropical paleo-karst, produced by the Miocene-Mesozoic unconformity, they have been reworked by the following floods. M₁ to M₄) Are the initials transgressive episodes of the Alcanar Group. M₅ and M₆) Two episodes of margin-basin progradation of the Tortonian and Tortonian-Messinian. M₇) Messinian-1 *sabkhas* preserved from erosion and their condensation in basin (blue color). M₈-P₁) The Messinian 2- Pliocene 1 with its initial and differentiated sedimentary areas of the *basin floor fan* (bff), *slope fan complex* (sfc) and *prograding complex* (pc), followed by the Zanclean flood (black color) and the thick system (M₈-P₁) of the Pliocene HST (Ebro Group).

o próximos a la superficie de tipo *downlap* que su alta tasa de alimentación sedimentaria y la consecuente progradación ocasionan en la plataforma externa y solo ocasionalmente en la interna.

- Los episodios de tipo HST no han sido constatados como extensivos hacia el margen con respecto a los TST que les anteceden, aunque es preciso advertir que no existen sondeos en el extremo del margen para desde ellos poder comprobar esta disposición geométrica. De ser cierta esta geometría o arquitectura, indicaría que durante el inicio de los *system tracts* de tipo HST el nivel marino seguiría en ascenso y no representaría un tiempo estable que inicia la progradación hacia cuenca.
- Tampoco ha podido comprobarse que existan erosiones notables o penetrativas en los *top set* proximales coetáneos con las facies más someras de la plataforma media o interna de estos HST. En cambio, si puede deducirse una notable condensación sedimentaria de los mismos.
- No puede ni afirmarse, ni negarse, que todas las secuencias de deposicionales incluyan sistemáticamente tres episodios: bajo, transgresivo y alto nivel. Sobre las plataformas es evidente que no, porque las erosiones producidas por los descensos del nivel marino, cuando son pequeñas, no son controlables desde los sondeos; pero faltan observaciones en las aguas y paleogeografías profundas, donde deben estar condensadas, y tan solo un fino análisis bioestratigráfico, actualmente inexistente, puede descifrarlas.
- Si se entiende por Global que todas las secuencias de depósito de Haq *et al.*, (1986) han de estar representadas o tener significación en todas las paleografías de una cuenca y en todas las cuencas sedimentarias del planeta, se puede afirmar que no tienen carácter global. De otra forma, estaríamos obligados a condensar múltiples secuencias deposicionales en cada una de las discontinuidades mayores o de límite secuencial que se han identificado. Esta condensación de secuencias obligaría a una multitud de hiatos que las faunas y floras de nuestras series sedimentarias no parecen permitir y/o desconocemos por falta de datos bioestratigráficos precisos.
- La única posibilidad de correlación con otros trabajos, locales, regionales o expresados como globales, radica en que con la metodología empleada no se han identificado todas las secuencias de 3^{er} orden, no ya las de 4^o, 5^o y 6^o. Ya que desde la publicación de los ciclos climáticos de excentricidad, oblicuidad y precesión, con ritmos de 413.000, 41.000 y 25.000 años (Milankovitch, 1920) estas aparecen en publicaciones de prestigio, aún y a pesar de que, con

velocidades de sedimentación usuales, ellas significarían delgados a muy delgados paquetes sedimentarios.

Agradecimientos

Al editor por su ayuda en la revisión final del texto y a los tres revisores anónimos porque sus comentarios mejoraron el texto final.

Referencias

- Arche, A. y López-Gómez, J. 1995. El Pérmico y el Triásico del Levante español. Características principales y consideraciones paleogeográficas. Cuadernos de Geología *Ibérica*, 19, 201-235.
- Arche, A., López-Gómez, J. y García-Hidalgo, J. F. 2002. Control climático, tectónico y eustático en depósitos del Carniense (Triásico Superior) del SE de la Península Ibérica. *Journal of Iberian Geology*, 28, 13-30.
- Aurell, M. 1991. Identification of system tracts in low-angle carbonate ramps: examples from the Upper Jurassic of the Iberian Chain (Spain) 73, 101-115.
- Aurell, M., Robles, S., Rosales, I., Quesada, S., Meléndez, A., Bádenas, B. and García Ramos, J. C. 2003. Transgressive / regressive cycles and jurassic paleogeography of northeast Iberia. *Sedimentary Geology*. 162, 239-271.
- Azema, J. 1977. *Etude géologique des Zones Externes des Cordillères Bétiques aux confins des provinces d'Alicante et de Murcia (Espagne)* Tesis Doctoral Universidad de París: 395 p.
- Castro, J. M. 1988. *Las plataformas del Valanginiense superior-Albiense superior en el Prebético de Alicante*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 464 p.
- Catuneanu, O. 2002. Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls. *Journal of African Earth Sciences*, 35, (1) 1-43.
- Catuneanu, O. 2006. Principles of Sequence Stratigraphy. *Elsevier*, 375 p.
- Catuneanu, O. Galloway, W. E., Kendall, C. G., Miall, A. D., Henry, W., Posamentier, H. W., Strasser, A. and Tucker, M. E. 2011. "Sequence stratigraphy: Methodology and Nomenclature" *Newsletters on Stratigraphy*, 44 (3), 173-245.
- Chang, K. H. 1975. Unconformity-bounded stratigraphic units. *Geological Society of America Bulletin*, 86, (11), 1544-1552.
- Company, M., García Hernández, M. López-Garrido, A. C., Vera, J. A. y Wilke, H. 1982a. Interpretación genética y paleogeográfica de las turbiditas y materiales redepositados en el Senoniense superior en la Sierra de Aixorta (Prebético interno, provincia de Alicante). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 8, 449-464.
- Company, M., García Hernández, M. López-Garrido, A. C., Vera, J. A. y Wilke, H. 1982b. Análisis y distribución de facies del Cretácico inferior del Prebético

- en la provincia de Alicante. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 8, 563-578.
- Dabrio, C. J. y Fernández, J. 1986. Evolución del estilo aluvial en el Triásico de Alcaraz (Albacete). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 10, 173-206.
- Delfaud, J. 1972. Application de l'analyse séquentielle à l'exploration litho stratigraphique d'un bassin sédimentaire. L'exemple du Jurassique et du Crétacé inférieur de l'Aquitaine. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 77, 593-611.
- Fernández, J. 1977. *Sedimentación triásica en el borde SE de la Meseta*. Tesis Doctoral Universidad de Granada, 173 p.
- Fernández, J., Bluck, B. J. and Viseras, C. 1993. The effects of fluctuating base level on the structure of alluvial fan and associated fan delta deposits: an example from the Tertiary of the Betic Cordillera, Spain. *Sedimentology*, 40, 879-893.
- Fernández, J. y Gil, A. 1989. Interpretación sedimentaria de los materiales triásicos de facies Buntsandstein en las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas y de la Cibertera Tabular de la Meseta *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 2, 113-124.
- Foucault, A. 1971. *Etude géologique des environs des sources de Guadalquivir (prov. Jaén y Granada)*. Tesis Doctoral. Universidad de París. 633 p.
- Fourcade, E. 1970. *Le Jurassique et le Crétacé aux confins des chaînes Bétiques et Ibériques (SE. de l'Espagne)*. Tesis Doctoral. Universidad de París, 427 p.
- Franseen, E. K., Goldstein, R. M. y Whitesell, T. E. 1993. Sequence stratigraphy of Miocene Carbonate complexes. Las Negras. SE Spain. Implications for quantification of changes in relative sea level. *American Association of Petroleum Geologist. Memoir*, 57, 409-434.
- García Hernández, M. 1978. *El Jurásico terminal y el Cretácico inferior en las sierras de Cazorla y del Segura (Zona Prebética)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 344 p.
- García Hernández, M., López Garrido, A. C., Martín-Algarra, A., Molina, J. M., Ruiz Ortiz P. A., y Vera, J. A. 1989. Las discontinuidades mayores del Jurásico de las zonas Externas de las Cordilleras Béticas: análisis e interpretación de los ciclos sedimentarios. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 13, 35-52.
- García Hernández, M., López Garrido, A. C. y Vera, J. A. 1982. El Cretácico de la Zona Prebética. In: A. García (ed). *El Cretácico de España* Editorial de la Universidad Complutense Madrid, 526-569.
- García Mallo, J. 1982. Diafragmas y reconocimiento de facies. *Curso de sedimentología, Universidad Complutense*, 21, 1-21.
- García Mondéjar, J. 1979 a. *El complejo urgoniano del Sur de Santander*. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco, 673 p.
- García Mondéjar, J. 1979 b. Nueva interpretación estratigráfica del Complejo Urgoniano en el área SW de la región vasco-cantábrica. *Acta Geológica Hispánica*, 4, 223-228.
- García Mondéjar J. and Fernández-Mendiola, P. A. 1993. Sequence stratigraphy and systems tracts of a mixed carbonate and siliciclastic platform-basin setting: the Albain of Lunada and Soba, northern Spain. *American Association Petroleum Geologist Bulletin*, 77, 245-275.
- García Rodrigo, B. y Pendas, F. 1971. Consideraciones sobre el Jurásico inferior y medio de Albacete. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 2, 255-272
- Garrido Megías, A. 1973. *Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica, en su zona central*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, 395 p.
- Garrido Megías, A. y Villena Morales. J. 1977. El Triás germánico en España: paleogeografía y estudio secuencial. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 4, 37-56.
- Garrido Megías, A. 1982. Introducción al análisis tectosedimentario. Aplicación al estudio dinámico de cuencas. *V Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina*, 1, 385-402.
- Gea, G. A. de. 2004. *Bioestratigrafía y eventos del Cretácico Inferior en las zonas externas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 658 p.
- Gil, A., Fernández, J. y López-Garrido, A. C. 1987. Evolución de facies en el Triás de la Zona Prebética y borde de la Meseta Transversal Orcera-Puente Genave (prov. Jaén). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 11, 445-448.
- Gómez, J. J. 1979. *El Jurásico en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 4, 686 p.
- Gómez Fernández, J. J., Aguado, R., Azeredo, A. C., Cortés, J. E., Duarte, L. V., O' Doherty, B. and Sandoval, J. 2019. The Late Triassic-Middle Jurassic Passive Margin Stage. In *The Geology of Iberia (V3). SPRINGER: A Geodynamic Approach*. Cecilia Quesada y José Tomás Oliveira (Eds), 113-169.
- Gómez, J. J. y Goy, A. 1979. Las unidades litoestratigráficas del Jurásico medio y superior en facies carbonatadas del sector levantino de la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 35, 569-598.
- Goy, A. y Yébenes, A. 1977. Características, extensión y edad de la formación Dolomías tableadas de Imón. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 4, 375-383.
- Gratsy, R. L. 1967. Orogeny, a cause of world-wide regression of the seas. *Nature*, 216, 779-780.
- Guillocheau, E. 1991. Mise en evidence de grands cycles transgression/ regression d'origine tectonique dans les sediments mesozoiques du Bassin de Paris. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris*, 312 (13), 1587-1593.
- Hallam, A. 1981. A revised sea-level curve for the early Jurassic. *Journal of Geological Society, London*, 138, 735-743.
- Haq, B. U. 1989. Sequence stratigraphy and sea level change. A global model. *XII Congreso Español de Sedimentología, Bilbao*, 109-112.

- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P. R. 1987a. Chronology of fluctuating sea level since the Triassic. *Science*, 235, 1156-1167.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P. R. 1987b. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. *Society Sedimentary Geology. Special Publication*, 42: 72-108.
- Haq, B. U., Hardenbol, J., Vail, P. R., Colin, J. P., Ioannides, L. E., Stover, R., Jan Du Chene, R. C., Wright, R. C., Sarg, J. F. and Morgan, B. E. 1986. Mesozoic-Cenozoic Cycle Chart (Versión 3.1B). *Society Sedimentary Geology*.
- Hsü, K. J. 1972. Origin of saline giants: a critical review after the discovery of the Mediterranean evaporites. *Earth Sciences Revis. Amsterdam*, 8, 371-396.
- Hsü, K. J., Cita, M. B. y Ryan, W. B. F. 1973. The origin of the Mediterranean evaporites. In: *Ryan and Hsü, Edits. Report of Deep Sea Drilling Project*, 1203-1231.
- Hubbard, R. J. 1988. Age and significance of sequence boundaries on Jurassic and Early Cretaceous rifted continental margins. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 72, 49-72.
- Hunt, D. and Tucker, M.E. 1992. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tracts: deposition during base sea level fall. *Sedimentary Geology*, 81, 1-9.
- Jerez, L. 1973. *Geología de la Zona Prebética en la transversal de Elche de la Sierra y sectores adyacentes (provincias de Albacete y Murcia)* Tesis doctoral, Universidad de Granada. 750 p.
- Jervey, M. T. 1988. Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. In: *Wilgus, C. K., Hasting, B. S., Kendall, C. G. St. C, Posamentier, H. W, Ross, C.A., and Van Wagoner, J. C, (eds). Sea level changes: an integrated approach, Tulsa, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 42.47- 69.
- Kolla, V., Posamentier, H. W. and Eichenseer, H. 1995. Stranded parasequences and the forced regressive system tract deposition during base level fall, a discussion. *Sedimentary Geology*, 95, 139-145.
- Leret, G., Cámara, E. y Leret, J. 1982. Aportación al conocimiento estratigráfico y sedimentológico del Cretácico en la zona Prebética oriental (transversal de Villena-Alicante). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 8, 465-482.
- López Garrido, A. C. 1977. *Geología de la Zona Prebética al N E. de la provincia de Jaén. Tesis Doctoral Universidad de Granada*. 317 p.
- López Garrido, A. C. y García Hernández, M. 1988. Ciclos sedimentarios mayores en la primera fase carbonatada de la plataforma Prebética (Lías-Valanginiense inferior). *II Congreso Geológico de España*, 1, 107-111.
- Martín-Chivilet, J. 2002. Post-rift sequences in the Prebetic Zone (late Albian-Santonian). In: *Geology of Spain. (Eds. W. Gibbons y T. Moreno). Geological Society of London*, 259-261.
- Martín-Chivilet, J. 1993. *Las plataformas carbonatadas del Cretácico Superior de la Margen Bética (altiplano de Jumilla-Yecla)* Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 899 p.
- Martín-Chivelet, J. et Giménez, R. 1993. Évolutions sédimentaires et tectoniques des platesformes du sudest de l'Espagne au cours de Cénomanien supérieur-Coniacien inférieur. *Cretaceous Research*, 14: 509-518.
- Martín-Chivilet, J. y Chacón, B. 2004. En Geología de España. *Cordilleras Béticas y Baleares*, 369-370.
- Martínez del Olmo, W. 1984. Un ejemplo actual y reciente de abanico turbidítico profundo: Columbretes A1. *1^{er} Congreso Geológico de España*, Tomo V, 53-75.
- Martínez del Olmo, W. 1996a. Yesos de margen y turbidíticos en el Messiniense del Golfo de Valencia: una desecación imposible. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 9 (1-2), 97-116.
- Martínez del Olmo, W. 1996b. Depositional sequences in the Gulf of Valencia Tertiary basin. In: *Tertiary basins of Spain the stratigraphic record of crustal kinematics (P. Friend and C. Dabrio (eds). Cambridge University Press*, 55-67.
- Martínez del Olmo, W. 1996c. *Secuencias de depósito y estructuración diapírica en el Mesozoico y Neógeno del Prebético y Golfo de Valencia desde sondeos y líneas sísmicas*, Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid. 439 p.
- Martínez del Olmo, W. 2005. El Muschelkalk del sondeo Jaraco-1 (SE. de España). *Congreso Español del Triásico. Elche. Alicante. Geotemas*, 8, 137-140.
- Martínez del Olmo, W. 2011. El Messiniense en el Golfo de Valencia y el Mar de Alborán: implicaciones paleogeográficas y paleoceanográficas. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 24 (3-4) 237-257.
- Martínez del Olmo, W. and Martín, D. 2016. The Messinian record of Spanish onshore and offshore data (Atlantic Ocean and Western Mediterranean Sea) *Thematic set. The Messinian salinity crisis. Petroleum Geoscience*, doi: 10.1144/2015- 085.
- Martínez del Olmo, W. 2018. Episodios 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., Leret, G. y Megías, A. G. 1982. El límite de la plataforma carbonatada del Cretácico superior en la Zona Prebética. En *Estratigrafía y Paleogeografía del Cretácico en la Península Ibérica. Cuadernos de Geología Ibérica*, 8, 597-614.
- Martínez del Olmo, W. and Esteban, M. 1983. Paleokarst development (Western Mediterranean). In: *P.A. Scholle, D. G. bebout, C. M. Moore (Edits). Carbonate depositional environments. American Association of Petroleum Geologist*, 30, 93-95.
- Mas, J. R., Alonso, A. y Meléndez, N. 1982. El Cretácico basal "Weald" de la Cordillera Ibérica suroccidental.

- cidental (NO. de la provincia de Valencia y E. de la de Cuenca). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 8, 309-335.
- Milankovitch, M. 1920. Théorie Mathématique des Phénomènes Thermiques Produits par la Radiation Solaire. *Gauthiers-Villars, Paris*. 339 p.
- Mitchum, Jr. R. M. 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level: Part 11. Glossary of Terms used in Seismic Stratigraphy: Section 2. Application of Seismic Reflection Configuration to Stratigraphic Interpretation. *American Association of Petroleum Geologist, Memoir* 26, 205-212.
- Mitchum, R. M. Jr. 1985. Seismic stratigraphic expression of submarine fans. *American Association of Petroleum Geologist, Memoir*, 39, 117-136.
- Mitchum, Jr. R. M., Vail, P. R. and Sangree, J. B. 1977 a. Stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences. *American Association of Petroleum Geologist, Memoir*, 26, 117-143.
- Mitchum, R. M. Jr., Vail, P. R. and Thompson III, S. 1977b. Seismic stratigraphy and global changes of sea levels. Part 2: The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. In: C. E. Payton (ed). *Seismic Stratigraphy. American Association Petroleum Geologist. Memoir*, 26:53-62.
- Mitchum, R. M. and Van Wagoner, J. C. 1991. High frequency sequences and their stacking patterns: Sequences stratigraphic evidences of high frequency eustatic cycles. *Sedimentary Geology*, 70, 131-160.
- Mutti, E. 1985. Turbidite systems and their relations to depositional sequences. In: O. C. Zuffa (ed). *Provenance of arenites. Reidel Public*, 65-93.
- Mutti, E. 1992. Turbidite sandstones. In: *Agip and Istituto di Geologie Università di Parma*, 275 p.
- Mutti, E. and Normark, W. R., 1991. An integrated approach to the study of turbidite systems. In: Weimer P. and Link M. H. (eds). *Seismic Facies and Sedimentary Processes of Submarine Fans and Turbidite Systems. Springer-Verlag, Nueva York*, 75-106.
- Normark, W. R., Posamentier, H. and Mutti, E. 1993. Turbidite systems: state of the art and future directions. *Reviews of Geophysics*, 31, 91-116.
- Ortí Cabo, E. 1974. El Keuper del Levante español. *Estudios Geológicos*. 30, 7-46.
- Pickering, K. T., Clark, J. D., Smith, R. D. A., Hiscott, R. N., Ricci Lucchi, F. and Kenyon, N. H. 1995. Architectural element analysis of turbidite systems and selected topical problems for sand-prone deep-water systems. In: *Atlas of Deep Water Environments: architectural style in turbidite system*, Pickering, K. T., Hiscott, R. N., Kenyon, N. H., Ricci Lucchi, F., Smith, R. D. A. (eds). *Atlas of Deep Water Environments: architectural style in turbidite system*, Springer, Dordrecht, 1-10.
- Pitman, W. C. III. 1978. Relationship between eustasy and stratigraphic sequences of passive margins. *Geologic Society of America Bulletin*, 89, 1389-1403.
- Pomar, L. 2001 a. Types of carbonate platforms, a genetic approach. *Basin Research*, 13, 313-334.
- Pomar, L. 2001 b. Ecological control of sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 175, 249-272.
- Pomar, L. and Haq, B. U. 2016. Decoding depositional sequences in carbonate systems: Concepts vs experience. *Global and Planetary Change*, 146, 190-225.
- Pomar, L. and Ward, W. C. 1995. Sea-level changes, carbonate production and platform architecture: the Lluçmajor Platform, Mallorca, Spain. In: B. U. Haq (edit), *Sequence Stratigraphy and Depositional Response to Eustatic, Tectonic and Climatic Forcing. Kluwer Academic Press*, 87-112.
- Pomar, L., Ward, W. C. and Green, D. G. 1996. Upper Miocene Reef Complex of the Lluçmajor area, Mallorca, Spain. In: E. Franseen, M. Esteban, W.C. Ward and J.M. Rouchy (Editors), *Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of the Mediterranean regions. Society of Economic Paleontologists and Mineralogist Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 5, 191-225.
- Pomar, L. and Kendall. 2008. Architecture of Carbonate Platforms: A Response to Hydrodynamics and Evolving Ecology. DOI 10.2110 / *Special Publication*, 89, 187-216.
- Posamentier, H. W. and Allen, G. P. 1999. Variability of the sequence stratigraphic model: effects of local basin factors. *Sedimentary Geology*, 86, 91-109.
- Posamentier, H. W., Allen, G. P., James, D. P. and Tesson, M. 1993. Forced regressions in a Sequence Stratigraphic framework: Concepts, examples and exploration significance. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 76, 1687-1709.
- Posamentier, H. W., Jervey, M. T. and Vail, P. R. 1988. Eustatic controls on clastic deposition. I. Conceptual framework. In: C. K. Wilgus, B. S. Hastings, C. G. S. C. Kendall, H. W. Posamentier, C. A. Ross and Van Wagoner. *Sea level changes. An integrated approach* In: C. K. Wilgus, B. S. Hastings, C. G. S. C. Kendall, H. W. Posamentier, C. A. Ross and Van Wagoner (eds). *Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publication*, 42, 109-124.
- Posamentier, H. V. and Vail, P. R. 1988. Eustatic Controls on Clastic Deposition. II. Sequence and Systems Tract Models. In: C. K. Wilgus, C. B. S. Hastings, and C. G. S. C. Kendall, C. G. S. C. (eds). *Sea-Level changes. An integrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogist, Special Publication*, 42, 125-154.
- Posamentier, H. W. and Allen, G. P. 1999. Variability of the sequence stratigraphic model: effects of local basin factors. *Sedimentary Geology*, 86:91-109.
- Pujalte, V. 1977. *El Complejo Purbeck-Weald de Santander: Estratigrafía y Sedimentación*. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco, 204 p
- Pujalte, V. 1979. Control tectónico de la sedimentación "Purbeck-Weald" en la provincia de Santander y

- N. de Burgos. *Acta Geológica Hispánica*, 14,216-234.
- Rider, M. H. 1986. The geological interpretation of well logs. *Blackie Halsted Press. Glasgow*, 175 p.
- Roberston, C. and Loucks, R. G. 1993. Carbonate depositional sequences and systems tracts. Responses of carbonate platforms to relative sea-level changes. *American Association of Petroleum Geologist Memoir*, 57, 3-42.
- Robles, S., Pujalte, V. y García-Mondéjar, J. 1988. Evolución de los sistemas sedimentarios del margen continental cantábrico durante el Albiense y Cenomaniense, en la transversal del litoral vizcaíno. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 1: 409-441.
- Robles, S. y Quesada, S. 1995. La rampa dominada por tempestades del Lías inferior de la zona occidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica. *XIII Congreso Español de Sedimentología, Teruel*, 109-110.
- Rodríguez Estrella, T. 1982. Paleogeografía de la zona Prebética durante el Cretácico. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 615-634.
- Ruiz-Ortiz, P. A. y Vera, J. A. 1979. Turbiditas calcáreas del Jurásico superior de las Cordilleras Béticas. *Cuadernos de Geología*, 10:571-582.
- Ryan, W. B. F. 1976. Quantitative evaluation of the deep of the western Mediterranean before, during and after the late Miocene salinity crisis. *Sedimentology*, 23, 791-813.
- Ryan, W. B. F. and Cita, M. B. 1978. The nature and distribution of Messinian erosional surfaces indicators of a several-kilometer-deep Mediterranean in the Miocene. *Marine Geology*, 27, 193-230.
- Salas, R. 1987. *El Malm i el Cretaci inferior entre el Massis de Garraf i la Serra d'Espadà. Anàlisi de conca*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona: 345 p.
- Salvany, J. M., 1990. Introducción a las evaporitas triásicas de las cadenas periféricas de la cuenca del Ebro: Catalánides, Pirineo y Región Cantábrica. In: *Ortí, F. y Salvany, J. M. (eds). ENRESA, Universidad de Barcelona*, 9-20.
- Schlanger, W. 1993. Accommodation and supply, a dual control on stratigraphic sequences. *Sedimentary Geology*, 86, 111-135.
- Schlanger, W. 1999. Drowning unconformities on carbonate platforms. In: *D. Crevello, J. L. Wilson, J. F. Sargy, J. F. (eds). Controls on carbonate platform and basin development. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publication*, 44, 15-25.
- Shanmugam, G. 2000. 50 years of the turbidite paradigm (1950s-1990s): deep-water processes and facies models: a critical perspective. *Marine and Petroleum Geology*, 17, 285-342.
- Shanmugam, G. and Moiola, R. J. 1982. Eustatic control of turbidites and winnowed turbidites. *Geology*, 10: 231-235.
- Serra, O. 1973. Interprétation géologique des diagrammes en séries carbonatées. *Bulletin des Centres de Recherche. Pau. Société National Pétrole Aquitaine*, 7(1), 265-284.
- Serra, O., 1986. Les diagraphies différées: leur emploi en géologie sédimentaire. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production. ELF-Aquitaine*, 10, (2), 205-227.
- Serra, O., 1987. Les diagraphies: outil géologique. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 8, (3) (7)1323-1341.
- Sopeña, A., Ramos, A. y Villar, M. V., 1990. El Triásico del sector Alpera-Montealegre del Castillo (prov. de Albacete). In: *Ortí, F. y Salvany, J. M. (eds). In: Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas, y de la zona de Levante. ENRESA. Universidad de Barcelona*, 224-231.
- Vail, P. R. 1987 a. Seismic stratigraphy interpretation procedure. In: *Bally, A. W. (ed.) Atlas of Seismic Stratigraphy. American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology*, 27, 1-10.
- Vail, P. R. 1987 b. Seismic stratigraphy interpretation using sequences stratigraphy. Part. 1. Seismic interpretation procedure. *Bally, A. W. (Edit) Atlas of Seismic Stratigraphy. American Association of Petroleum Geologist*, 1-10.
- Vail, P. R., Mitchum, R. M. Jr. and Thomson, S. III. 1977. Seismic Stratigraphy and global changes of sea level. *American Association of Petroleum Geologist. Memoir*. 26, 49-213.
- Vail, P. R. and Hardenbol, J. 1979. Sea level changes during the Tertiary. *Oceanus*, 22, 71-79.
- Vail, P. R., Hardenbol, J. and Tood, R. G. 1984. Jurassic Unconformities, Chronostratigraphy and Sea-Level Changes from Seismic Stratigraphy and Biostratigraphy. *American Association of Petroleum Geologist Memoir*. 36, 129-144.
- Vail, P. R. and Wornardt, W. W. 1990. Well Log-Seismic Sequence Stratigraphy: An integrated Tool for the 90, 11th Annual Research Conference Society. *Economic Paleo Mineral Foundation. Gulf Coast Section*, 379-388.
- Van Wagoner, J. C., Mitchum, R. M. Jr., Campion, K.M. and Rahmnanian, V. D. 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. *American Association of Petroleum Geologist Methods in Exploration, Serie*, 7, 55.
- Vera, J. A. 1988. Evolución de los sistemas de depósito en el Margen Ibérico de la Cordillera Bética. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, Vol. 1, 3-4, 373-391.
- Vera, J. A., García-Hernández, M., López Garrido, A. C. Comas, M. C., Ruiz Ortiz, P.A. y Martín-Algarra, A. 1982. El Cretácico de las Cordilleras Béticas. En *García, A(ed). El Cretácico de España. Editorial de la Universidad Complutense de Madrid*, 515-525.
- Vilas, L., 2001. El episodio extensional del Cretácico

- inferior en el Prebético del altiplano Jumilla-Yecla (Murcia). *Geotemas*, 3 (1), 25-30.
- Vilas, L., Arias, C., Castro, J. M., Company, M., García-Hernández, M., De Gea, G. y Ruíz-Ortiz, P. 2004. En *Geología de España. Cordilleras Béticas y Balears*, 368-369.
- Vilas, L., Dabrio, C. J., Peláez, J. R. y García-Hernández, M. 2001. Dominios sedimentarios generados durante el periodo extensional Cretácico Inferior entre Cazorla y Hellín (Béticas Externas). Su implicación en la estructura actual. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 14, 113-122.
- Vilas, L., Mas, R., García, A., Arias, C., Alonso, A., Meléndez, N. y Rincón, R. 1982. Ibérica suroccidental. En: *El Cretácico de España* (Ed. A. García) Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, 457-514.
- Vilas, L. y Querol, R. 1999. El límite septentrional de la extensión prebética en el sector de Murcia. Libro homenaje a José Ramírez del Pozo. *Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo Madrid*, 219-226.
- Virgili, C., Sopeña, A., Ramos, A. y Hernando, S. 1977. Problemas de la cronoestratigrafía del Triás en España. *Cuadernos de Geología Ibérica*. 4, 57-88.
- Watts, A. B. 1982. Tectonic subsidence, flexure and global changes of sea-level. *Nature*, 297, 469-474.

Recibido: julio 2019

Revisado: noviembre 2019

Aceptado: enero 2020

Publicado: diciembre 2021