UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS

Departamento de Estratigrafía

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA SUBSISTENCIA ENTRE LA CUENCA IBÉRICA Y EBRO CENTRAL DURANTE EL PÉRMICO Y TRIÁSICO Y SU RELACIÓN CON EL RELLENO SEDIMENTARIO

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Henar María Vargas Hernández

Bajo la dirección de los doctores
Alfredo Arche Miralles
José López Gómez

Madrid, 2003

ISBN: 84-669-1788-8

T 26409

Dpto. Estratigrafía-U.E.I. Correlaciones Estratigráficas
Facultad Ciencias Geológicas-Instituto Geología Económica
Universidad Complutense de Madrid-C.S.I.C.

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA SUBSIDENCIA ENTRE LAS CUENCAS IBÉRICA Y EBRO CENTRAL DURANTE EL PÉRMICO Y TRIÁSICO Y SU RELACIÓN CON EL RELLENO SEDIMENTARIO

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
5317346793

BIBLIOTECA

T 26409

HENAR Mª VARGAS HERNÁNDEZ

128859996

ÍNDICE

Pág.

AGRADECIMIENTOS

1. INTRODUCCIÓN 1
   1.1. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. 1
   1.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA LITOSFERA Y LOS MECANISMOS DE SUBSIDENCIA. 1
      1.2.1. PRINCIPALES MECANISMOS Y MODELOS DE EXTENSIÓN PROPUESTOS. 5
      1.2.2. MODELOS DE ESTIRAMIENTO DE LA LITOSFERA. 8
      1.2.3. MECANISMOS QUE GENERAN LA EXTENSIÓN. 14
   1.3. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA SUBSIDENCIA.. 15

2. OBJETIVOS 19

3. METODOLOGÍA 21

4. ENCUADRE GEOLÓGICO 27
   4.1. LA CORDILLERA IBÉRICA 28
   4.2. LA CUENCA DEL EBRO 29

5. ANTECEDENTES 31
   5.1. GEOLOGÍA REGIONAL. 31
   5.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS. 33

6. ESTRATIGRAFÍA DE LOS MATERIALES PÉRMICOS Y TRIÁSICOS DE LA CORDILLERA IBÉRICA Y CUENCA DEL EBRO 37
   6.1. CORDILLERA IBÉRICA. 46
      6.1.1. PÉRMICO. 46
         6.1.1.1. Descripción de la unidades y Formaciones. 46
         6.1.1.2. Dataciones de las unidades y Formaciones descritas. 47
      6.1.2 TRIÁSICO. 50
         6.1.2.1. Descripción de la unidades y Formaciones. 50
         6.1.2.2. Dataciones de las unidades y Formaciones descritas. 53
   6.2. CUENCA DEL EBRO. 56
      6.2.1. PÉRMICO. 56
         6.2.1.1. Descripción de la unidades y Formaciones. 56
         6.2.1.2. Dataciones de las unidades y Formaciones descritas. 57
      6.2.2. TRIÁSICO. 59
         6.2.2.1. Descripción de la unidades y Formaciones. 59
         6.2.2.2. Dataciones de las unidades y Formaciones descritas. 60
   6.3. REFERENCIAS PARA EL JURÁSICO, CRETÁCICO Y TERCIARIO. 63
      6.3.1. JURÁSICO. 63
      6.3.2. CRETÁCICO. 63
      6.3.3. TERCIARIO. 64

7. ANÁLISIS DE LA SUBSIDENCIA 67
   7.1. CORDILLERA IBÉRICA. 70
      7.1.1. TORREMOCHA. 71
         7.1.1.1. Curvas de subsidencia. 71
      7.1.2. ALHAMA. 74

7.1.2.1. Curvas de subsidencia. 74
7.1.3. El Hito. 79
7.1.3.1. Curvas de subsidencia. 79
7.1.4. Molina de Aragón. 84
7.1.4.1. Curvas de subsidencia. 84
7.1.5. Majadas 89
7.1.5.1. Curvas de subsidencia. 89
7.1.6. Cañete. 94
7.1.6.1. Curvas de subsidencia. 94
7.1.7. Teruel. 99
7.1.7.1. Curvas de subsidencia. 99
7.1.8. Montalbán. 104
7.1.8.1. Curvas de subsidencia. 104
7.1.9. Mirambel. 109
7.1.9.1. Curvas de subsidencia. 109
7.1.10. Chelva. 114
7.1.10.1. Curvas de subsidencia. 114
7.1.11. Manzanera. 119
7.1.11.1. Curvas de subsidencia. 119
7.1.12. Jérica. 124
7.1.12.1 Curvas de subsidencia. 124
7.1.13. Bobalar-2. 129
7.1.13.1. Curvas de subsidencia. 129
7.1.14. Salsadella. 134
7.1.14.1. Curvas de subsidencia. 134
7.1.15. Gátova. 139
7.1.15.1. Curvas de subsidencia. 139
7.1.16. Chóvar-Eslida. 144
7.1.16.1. Curvas de subsidencia. 144
7.2. CUENCA DEL EBRO. 149
7.2.1. Ejea-1. 149
7.2.1.1. Curvas de subsidencia. 149
7.2.2. Tauste Este-1. 152
7.2.2.1. Curvas de subsidencia. 152
7.2.3. Zuera-1. 157
7.2.3.1 Curvas de subsidencia. 157
7.2.4. Monegrillo-1. 162
7.2.4.1. Curvas de subsidencia. 162
7.2.5. La Zaída-1. 165
7.2.5.1. Curvas de subsidencia. 165
7.2.6. Ebro-1. 170
7.2.6.1. Curvas de subsidencia. 170
7.2.7. Bujaraloz-1. 175
7.2.7.1. Curvas de subsidencia. 175
7.2.8. Ebro-2. 180
7.2.8.1. Curvas de subsidencia. 180
7.2.9. Candasnos-1. 185
7.2.9.1. Curvas de subsidencia. 185
7.2.10. Caspe-1. 190

7.2.10.1. Curvas de subsidencia. 190
7.2.11. Ballobar-1. 193
7.2.11.1. Curvas de subsidencia. 193
7.2.12. Fraga-1. 198
7.2.12.1. Curvas de subsidencia. 198
7.2.13. Sariñena-1. 203
7.2.13.1. Curvas de subsidencia. 203
7.2.14. Monzón-1. 208
7.2.14.1. Curvas de subsidencia. 208
7.2.15. Mayals-1. 213
7.2.15.1. Curvas de subsidencia. 213
7.2.16. Lérida-1. 216
7.2.16.1 Curvas de subsidencia. 216
8. MODELIZACIÓN O *FORWARD MODELLING* 219
8.1. CORDILLERA IBÉRICA. 222
8.1.1. Torremocha. 222
8.1.2. Alhama. 222
8.1.3. El Hito. 222
8.1.4. Molina de Aragón. 222
8.1.5. Majadas. 223
8.1.6. Cañete. 223
8.1.7. Teruel. 223
8.1.8. Montalbán. 223
8.1.9. Mirambel. 224
8.1.10. Chelva. 224
8.1.11. Manzanera. 224
8.1.12. Jérica. 225
8.1.13. Bobalar-2. 225
8.1.14. Salsadella. 225
8.1.15. Gátova. 225
8.1.16. Chóvar-Eslida. 226
8.2. CUENCA DEL EBRO 226
8.2.1. Ejea-1. 226
8.2.2 Tauste Este-1. 226
8.2.3. Zuera-1. 226
8.2.4. Monegrillo-1. 226
8.2.5. La Zaída-1. 227
8.2.6. Ebro-1. 227
8.2.7. Bujaraloz-1. 227
8.2.8. Ebro-2. 227
8.2.9. Candasnos-1. 227
8.2.10. Caspe-1. 228
8.2.11. Ballobar-1. 228
8.2.12. Fraga-1. 228
8.2.13. Sariñena-1. 228
8.2.14. Monzón-1. 228
8.2.15. Mayals-1. 229
8.2.16. Lérida-1. 229

9. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 263
9.1. RESPUESTA SEDIMENTARIA. 263
9.1.1. Arquitectura deposicional. 263
9.1.2. La subsidencia como control en la arquitectura fluvial. 270
9.2. ETAPAS DE SUBSIDENCIA *SINRIFT* Y *POSTRIFT* EN EL PÉRMICO Y TRIÁSICO. 273
9.2.1. Cuenca Ibérica. 273
9.2.2. Cuenca del Ebro. 276
9.2.3. Comparación entre ambas cuencas. 279
9.3. MECANISMOS DE SUBSIDENCIA: ANÁLISIS DE LOS DATOS NUMÉRICOS Y CURVAS DE MODELIZACIÓN. 281
9.3.1. Cuenca Ibérica. 281
9.3.2. Cuenca del Ebro. 283
9.3.3. Comparación entre ambas cuencas. 285
9.4. COMPARACIÓN CON OTRAS CUENCAS DE IBERIA. 286
10. CONCLUSIONES 289
Origen y evolución de las cuencas. 289
Evolución de la Litosfera. 290
Registro sedimentario. 291
11. BIBLIOGRAFÍA 293

AGRADECIMIENTOS

Durante los tres años que ha durado la realización de este trabajo, desarrollado en el Departamento de Estratigrafía-U.E.I. de Correlaciones Estrtigráficas de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, han sido muchas las personas que me han ayudado y apoyado y sin las cuales no habría sido posible, sin duda alguna, llevar a cabo este estudio.

En primer lugar, quiero agradecer a Alfredo Arche Miralles que me diera la oportunidad de entrar a formar parte de su equipo y que me "aceptara" sin conocerme, gracias a eso fue posible comenzar este trabajo, y a José López Gómez por esas largas charlas que hemos tenido sobre cualquier tema, no sólo sobre este trabajo, por animarme en algunos de esos momentos difíciles que he tenido, por ir al campo conmigo en los primeros años para que pudiera entender un poco mejor lo que estaba haciendo y por estar disponible siempre que lo necesitaba. Gracias a los dos, directores de este trabajo y ante todo amigos, por vuestra entrega, apoyo y ayuda incansables durante todo este tiempo y por haberme dado la oportunidad de conoceros. Espero que podamos seguir compartiendo tantas cosas.

Dentro del departamento quiero dar las gracias especialmente al Dr. Agustín Pieren, quien no sólo se ofreció desde el primer momento a ayudarme con la impresión de las columnas o con lo que necesitara, sino que me hizo pasar ratos muy divertidos por su gran sentido del humor. También a la Dra. Nieves Meléndez, con la que he compartido agradables charlas y momentos, por apoyarme y animarme, y sobre todo gracias por "liberarme" de esas prácticas, realmente necesitaba tiempo.

También quiero agradecer a todo el Departamento donde se ha realizado este trabajo su acogida y posterior apoyo, y en especial a D. Modesto Escudero por la encuadernación de esta tesis, escaneado de fotos, y por esa capacidad de que todo pareciera fácil, unida a su disposición a ayudar en lo que surgiera; a Dña. Rosario Ojeda, por encontrar cualquier cita bibliográfica allá donde estuviera y estar siempre dispuesta a ayudar y a facilitar el trabajo, y a José Luis González Pachón, por las diapositivas que necesité para la exposición del Trabajo de Investigación (D.E.A.).

A mis compañeros de despacho, Beatriz Chacón, por ayudarme en los últimos momentos de la tesis, Juan Ignacio Santisteban ("Santi"), que siempre estuvo dispuesto a ayudarme y darme ánimos con el trabajo, a explicarme las dudas que me surgían con los programas y a enseñarme el funcionamiento de otros nuevos, y a Marta Rodríguez, por tener siempre las palabras adecuadas cuando lo necesitaba y ese cariño con el que me picaba para que me fuera "de cañas" durante las últimas semanas de tesis, junto con Maribel Benito y Rocío Jiménez, también del departamento.

Tengo que agradecer al Dr. Sierd Cloetingh, del departamento de Tectónica de la Vrije Universiteit de Ámsterdam, que me acogiera y me diera la oportunidad de seguir el curso que él dirige en esa universidad, a Jan Diederik van Wees, de la misma universidad, por prestarme su programa para poder realizar el cálculo de la subsidencia en mi lugar de

trabajo, sin lo cual habría sido muy difícil su elaboración y obtener todos los resultados que se muestran en este estudio, y a Jorge Gaspar, también del departamento de Tectónica de la Vrije Universiteit de Ámsterdam, que me facilitara la estancia en la universidad, desde mucho antes de ir, y me resolviera las dudas que fueron surgiendo después sobre el programa de subsidencia.

Gracias a José Varela, de Repsol S.A., por habernos dado facilidades para encontrar los testigos de algunos sondeos del Ebro para hacer análisis de laboratorio, a Jorge Navarro (Cepsa S.A.), por ofrecerse, desde el primer momento en que se le propuso, a firmar la beca, a Mariano Marzo, de la Universidad Central de Barcelona, que se ofreció para que yo fuera a Barcelona a hacer los primeros cálculos de subsidencia, a Gonzalo Ruiz, por ofrecer su ayuda en caso de necesitar interpretar los sondeos, a Ana Serrano y Juan Klimovitz, de Gessal, por facilitarnos los datos e información de sondeos que íbamos necesitando.

No quiero olvidar a mis amigos y en especial a Enrique Rojas de Pablo (Quique), que con sus innumerables visitas al despacho me hizo mucho más llevadero el trabajo y que siempre tuvo palabras de ánimo y de elogio hacia mí; Julio, que me ayudó y siempre estuvo dispuesto a hacerlo, junto con Yolanda, Javi y Jose, que durante todo este tiempo se han preocupado por cómo iba mi trabajo y por darme ánimos.

Por último agradecer a mi familia su apoyo y sobre todo a mi madre y mi hermana, que han tenido que soportar mis nervios especialmente durante este último año, y a Juan Carlos, siempre disponible para ayudarme, así fuera sábado o domingo y a cualquier hora, y por soportar también mis nervios, tensión y a veces mal genio. Espero ahora tener más tiempo para todos vosotros y poder recuperar las cosas que me he perdido y no hemos podido compartir.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los trabajos de análisis de la subsidencia tienen como objetivo mostrar la evolución que ha sufrido una cuenca a lo largo de su historia geológica o en un periodo determinado de la misma como consecuencia del estiramiento y adelgazamiento de la litosfera. En la Península Ibérica existen varios estudios de subsidencia realizados en la Cordillera Ibérica (Álvaro, 1987; Sánchez-Moya *et al.*, 1992; Salas y Casas, 1993; van Wees y Stephenson, 1995; van Wees *et al.*, 1998), sin embargo hay muchos menos llevados a cabo en la Cuenca del Ebro (Desegaulx y Moretti, 1988; Zoetemeijer *et al.*, 1990).

Hasta el momento estos trabajos se han centrado en analizar la evolución de la subsidencia de la cuenca en estudio sin fijarse en la posible relación que pueda tener esta con otras zonas vecinas. Tampoco se ha estudiado en detalle cómo ha evolucionado la subsidencia para un periodo determinado, analizando cómo es cada fase de subsidencia, ni qué influencia ejerce esta en la morfología de los cuerpos sedimentarios. La investigación en estos trabajos generalmente se realiza tomando la litosfera como una única capa y viendo de esta manera su variación y su comportamiento frente a la deformación.

En la presente memoria se van a tener en cuenta todas estas cuestiones. Vamos a estudiar en detalle la evolución de la subsidencia a lo largo del Pérmico y el Triásico en dos cuencas de la Península Ibérica cercanas entre sí y con un desarrollo muy parecido, pero también con diferencias notables, como veremos más adelante. Estas dos cuencas son la Cuenca Ibérica y la Cuenca del Ebro (fig. 1). El análisis de la subsidencia se va a llevar a cabo, además, teniendo en cuenta un comportamiento diferente de la parte superior y de la parte inferior de la litosfera, ya que el modelo informático usado para los cálculos permite realizar esta diferenciación. Después vamos a comparar la evolución de la subsidencia en este periodo de tiempo estudiado en ambas cuencas, señalando las fases que sean simultáneas en las dos cuencas y las que sean diferentes. Ambas cuencas sufrieron, pero de manera distinta, la inversión estructural terciaria en la cual se formó la Cordillera Pirenaica, la primera dando lugar a la actual Cordillera Ibérica y la segunda como cuenca de antepaís o *foreland* de los Pirineos. Por último veremos cómo influye la subsidencia en la arquitectura fluvial, ya que los sedimentos responden de manera diferente a un tipo de subsidencia u otro.

1.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA LITOSFERA Y LOS MECANISMOS DE SUBSIDENCIA

En este apartado pretendemos únicamente exponer algunos de los conceptos básicos necesarios para entender de manera más fácil el trabajo realizado en la presente memoria. La idea es proporcionar un mejor seguimiento del trabajo, refiriéndonos siempre a los

trabajos originales para profundizar en los diferentes aspectos anteriormente expuestos.

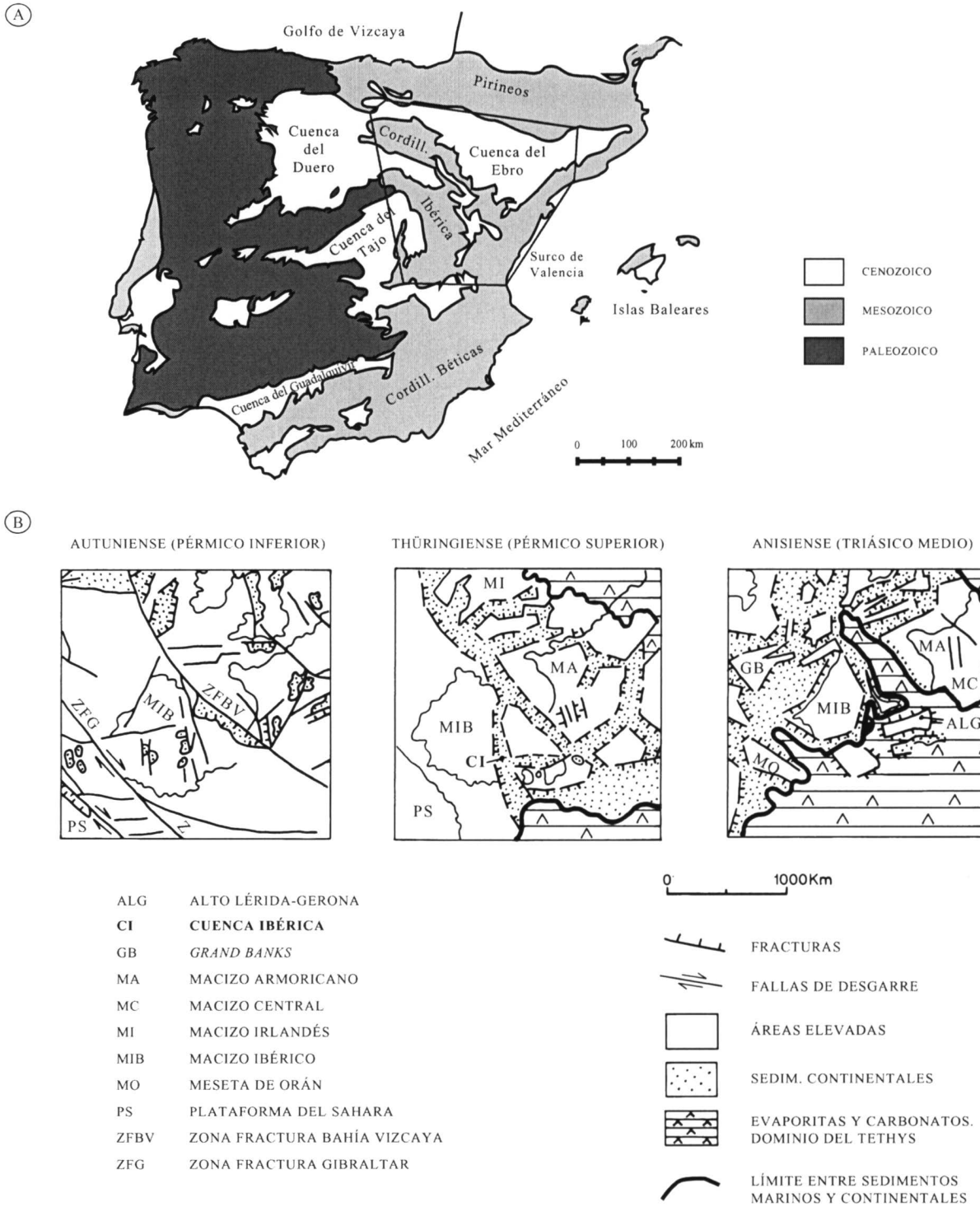


Fig 1. A) Situación actual de las cordilleras y cuencas terciarias de la Península Ibérica. El recuadro indica la zona de estudio. B) Reconstrucción paleogeográfica de la Península Ibérica y W y Centro de Europa durante el Pérmico y Triásico Medio.

Las cuencas sedimentarias son áreas de la superficie de la Tierra que presentan una subsidencia generalmente prolongada y en las que los mecanismos que originan esta

subsidencia están relacionados con procesos que tienen lugar en el interior de la capa externa de la Tierra, conocida como litosfera. Esta capa es relativamente rígida y está compuesta por un número de placas que están en movimiento unas respecto a otras. Los procesos litosféricos, por tanto, son los responsables de la mayoría de la actividad tectónica que tiene lugar y se observa cerca de la superficie de la Tierra.

En función, bien de la composición química o bien del comportamiento mecánico de los materiales se han establecido dos divisiones del interior de la Tierra, que no coinciden una con la otra. Por la composición química se ha dividido el interior de la Tierra en corteza, manto y núcleo, mientras que en función de la reología o comportamiento mecánico de los materiales se ha dividido en litosfera, astenosfera y mesosfera (fig. 2).

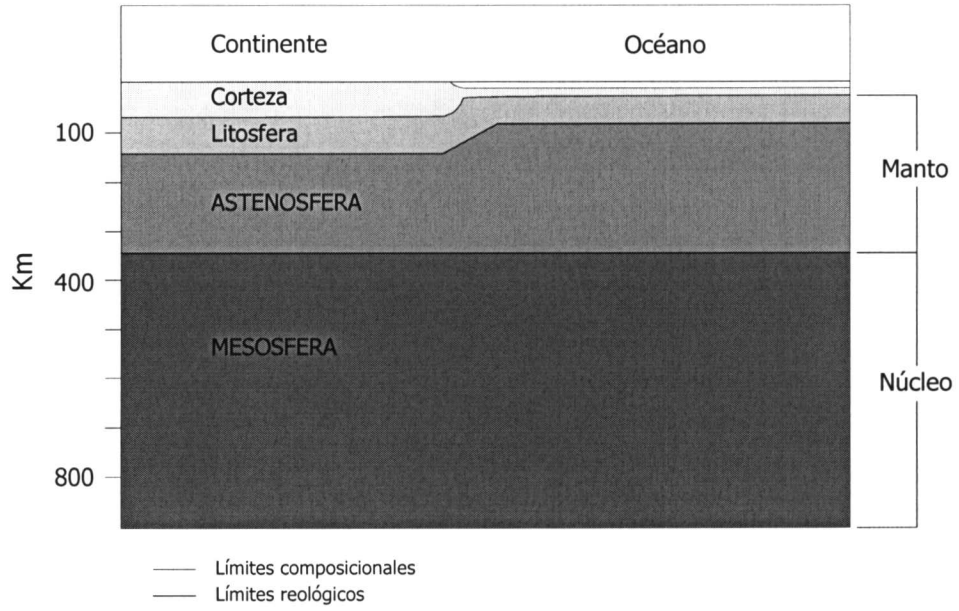


Fig. 2. Principales límites composicionales y reológicos de la Tierra. El límite composicional más importante está entre la corteza y el manto, aunque hay variaciones composicionales dentro de la corteza continental (modificado de Allen y Allen, 1990).

La composición del manto es básicamente olivino, mientras que la corteza continental se puede dividir en dos: la corteza superior, con propiedades físicas similares a la de los granitos, granodioritas o dioritas, denominada "capa granítica", de unos 20-25 km. de espesor y cubierta por una delgada capa de rocas sedimentarias, y la corteza inferior, de composición basáltica en principio, pero que a medida que la presión y la temperatura aumentan por debajo de los 25 km. se van transformando en granulitas, eclogitas o anfibolitas, que son los equivalentes de alta presión y temperatura de los basaltos. La corteza oceánica, sin embargo, contiene rocas de baja densidad. Es una capa delgada de entre 4 a 20 km. de espesor, que comprende una serie de unidades con diferentes características: una primera de unos 0.5 km. de espesor de sedimentos sin consolidar, una segunda unidad de composición basáltica, con *pillow lavas* y material de las erupciones submarinas, y una tercera unidad de gabros y peridotitas que puede ser la que genere los basaltos de la unidad anterior.

Para entender el comportamiento mecánico de los materiales del interior de la Tierra hay que conocer su estructura térmica, ya que la reología de estos materiales depende de la temperatura, que a su vez es función de la profundidad. En el interior de la Tierra se produce un flujo o transferencia de calor que tiene lugar bien por conducción, por convección o por radiación. La conducción es un proceso de difusión de calor producido por colisiones intermoleculares en el que no hay variación de forma, mientras que en la convección hay un movimiento del medio para que el calor se transmita, lo que implica un cambio sustancial de lugar y forma de los materiales implicados. La radiación se considera un proceso menos importante en la transmisión de calor en la Tierra, que disminuye con la profundidad y tiene lugar gracias a los elementos radiactivos que existen en el interior de la Tierra que desprenden energía calórica. En la litosfera el calor se transmite básicamente por conducción, mientras que en la astenosfera se realiza por convección. Otros factores importantes que influyen en la reología, aparte de la temperatura, son el tipo de roca y la cantidad de agua contenida en ellas. Las rocas félsicas, como el granito, muestran unos valores de esfuerzos diferenciales bajos en comparación con los de las rocas máficas (por ejemplo, los gabros y eclogitas) bajo condiciones similares de temperatura y tasa de deformación. En cuanto a la cantidad de agua, se ha visto en laboratorio que muestras de rocas húmedas presentan valores de esfuerzos diferenciales críticos considerablemente menores que los de muestras de rocas secas.

El límite reológico principal es el de la litosfera-astenosfera (Fig. 2). Mecanismos como la subsidencia o el levantamiento de las cuencas sedimentarias son una respuesta a la deformación de esta zona reológica. Por tanto, la formación de las cuencas sedimentarias y la acumulación de sedimentos en ellas son el resultado de la subsidencia, mecanismo relacionado a procesos que ocurren dentro de la litosfera, que a su vez son debidos, principalmente, al estiramiento de la corteza y del manto litosférico.

La litosfera continental y la litosfera oceánica presentan diferente resistencia a la deformación con la profundidad. Esto se representa en los denominados "perfiles de resistencia" o "árboles de navidad" (fig. 3). La parte más resistente de la litosfera oceánica está en el manto entre los 20 y los 60 km. de profundidad, a partir de la cual comienza a comportarse como dúctil. La litosfera continental, sin embargo, contiene más zonas de diferente reología. La parte superior frágil, sísmicamente activa y que corresponde a la corteza superior, está situada por encima de una zona generalmente asísmica que puede deformarse de manera dúctil y que coincide con la corteza inferior. Esta zona inferior dúctil ha sido citada como un nivel de despegue o *detachment* de las fracturas principales de la corteza superior (Kusnir y Park, 1987). El límite entre la corteza y el manto lo marca la discontinuidad de Mohorovicic o Moho, en el cual la velocidad de las ondas P (longitudinales) aumentan considerablemente, lo que puede indicar un aumento de la densidad de las rocas. Este nivel marca la transición del comportamiento dúctil de la corteza inferior al frágil del

manto. Por debajo del Moho, a unos 10-20 km., existe una zona donde la velocidad de las ondas P es baja. Esta zona de baja velocidad de las ondas sísmicas podría corresponder a una zona de desacoplamiento de la litosfera superior y la litosfera inferior. La astenosfera es una capa más débil reológicamente que la litosfera. La parte superior es conocida como la zona de baja velocidad, ya que las velocidades de transmisión de las ondas P y S disminuyen fuertemente, seguramente debido a fusión parcial.

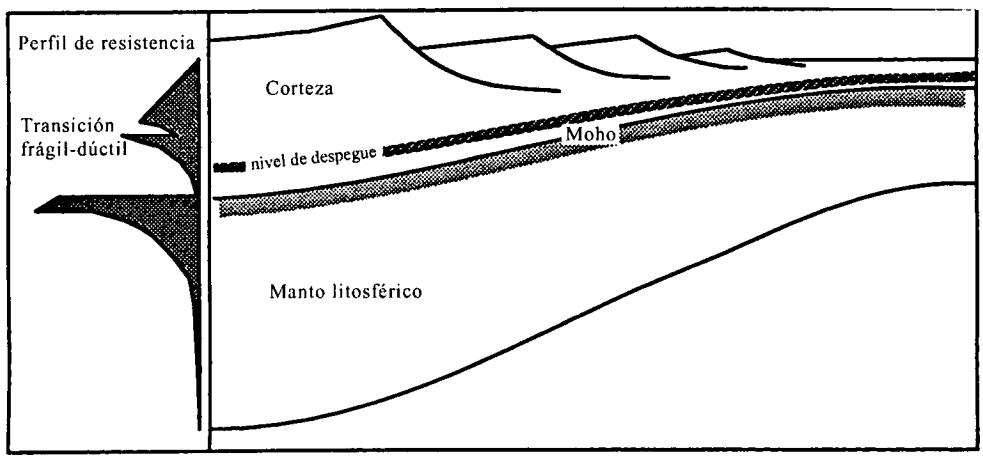


Fig. 3. Perfil de resistencia de la corteza y litosfera

Es importante distinguir entre el espesor térmico y el espesor elástico de la litosfera. Se cree que la base de la litosfera está representada por una isoterma característica (1110°C-1330°C) en la cual las rocas del manto se aproximan a su temperatura límite de estado sólido (Parsons y Sclater, 1977; Pollack y Chapman, 1977). A la zona situada por encima de esta isograda se le conoce como *litosfera térmica*. El aumento de las velocidades de las ondas S y P con la profundidad a medida que van atravesando la litosfera sugiere que dentro de ella existen límites composicionales. La rigidez de la litosfera hace que se comporte como una placa coherente, pero sólo la parte superior (los primeros 50 km.) es lo suficientemente rígida como para almacenar esfuerzos elásticos durante largos periodos de tiempo y de transmitirlos, por lo que se la conoce como *litosfera elástica*. Por debajo de esta capa elástica los procesos de deformación disminuyen los esfuerzos elásticos, por lo que la litosfera debe ser lo suficientemente plástica para disminuirlos, pero lo suficientemente rígida como para permanecer como una parte coherente de la placa superficial.

1.2.1. Principales mecanismos y modelos de extensión propuestos

Los principales mecanismos de extensión que dan lugar a las cuencas sedimentarias de tipo distensivo y que explican la subsidencia son los siguientes (fig. 4):

1. *Extensión por tensión*. La extensión de la corteza debida a procesos mecánicos de estiramiento da lugar a una subsidencia controlada por fallas extensionales, mientras

que el estiramiento de la litosfera produce un levantamiento térmico (fig. 4a). Las tensiones que se producen en el interior de la placa cortical provocan una serie de fracturas lineales que estiran y adelgazan la corteza, lo que provoca el ascenso pasivo de la astenosfera hacia el espacio generado (McKenzie, 1978; Royden y Keen, 1980; Keen, 1981; Beaumont *et al.*, 1982a, 1982b). Esta fase se ha denominado *sinrift*.

2. *Subsidencia térmica*. Se produce por el progresivo enfriamiento de los materiales de la litosfera al irse situando de manera lenta la astenosfera en el lugar que ocupaba originalmente (fig. 4b). Suele durar unos 60 millones de años, que es cuando se alcanza el equilibrio térmico (Beaumont *et al.*, 1982a; Sleep, 1971). El momento en el que la subsidencia por tensión finaliza y comienza la subsidencia térmica viene marcado por lo que se conoce como "discordancia de ruptura" o *breakup unconformity* (Watts, 1981). Al irse acumulando sedimentos en la cuenca generada a la vez que se va enfriando la litosfera se puede producir un "efecto de abrigo" o *thermal blanketing* (Beaumont *et al.*, 1982b) que hace que la subsidencia sea menor y el enfriamiento sea más lento y se difunda lateralmente, en lugar de verticalmente. Este aspecto no siempre es fácil de diferenciar, como veremos en los ejemplos analizados en el presente trabajo. Esta fase se ha denominado *postrift*.

3. *Flexión por carga*. El peso de los sedimentos que se van acumulando en la cuenca o el progresivo avance de una cadena montañosa en una zona compresiva hace que la corteza se deforme de manera elástica dando lugar a un tipo de subsidencia por flexión (fig. 4c). Esto se debe a que la corteza ofrece una alta resistencia a las deformaciones horizontales, mientras que frente a las verticales se comporta de manera elástica. La subsidencia que se genera es debida a reajustes isostáticos, que puede ser local con movimiento vertical de los bloques o por flexión elástica del bloque continental afectado, según se aplique la hipótesis de Airy o la hipótesis de Walcott respectivamente. La isostasia local será posible sólo en los casos en los que existan fallas verticales o casi verticales que aíslen unos bloques de otros, y se estima que la subsidencia que se genera es del orden de tres veces la profundidad inicial de la cuenca (Walcott, 1972), mientras que en el caso de la isostasia flexural la subsidencia se extiende a lo largo de 150 km. a ambos lados de la cuenca que se está formando, por lo que se generan cuencas más amplias que con el modelo de isostasia local o de Airy (Walcott, 1972). Esta fase se puede dar tanto en las etapas *sinrift* como en las *postrift*.

Generalmente todos estos mecanismos explicados actúan en el proceso de generación y evolución de una cuenca, aunque su importancia relativa varía con el tiempo.

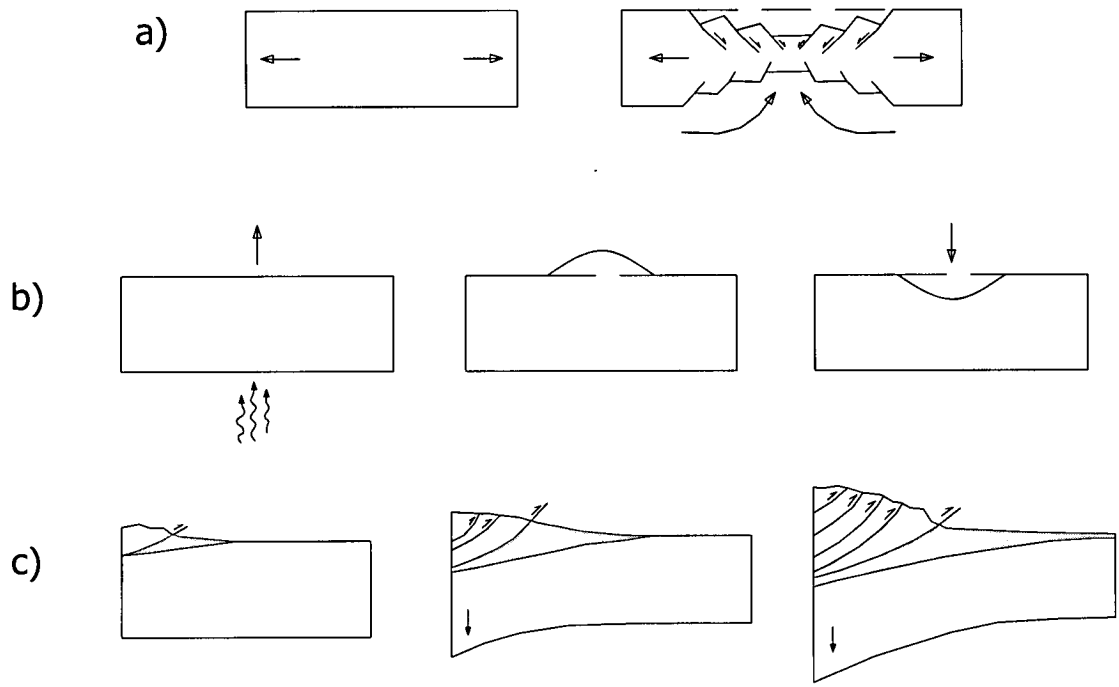


Fig. 4. Mecanismos de extensión que generan subsidencia (modificado de Arche, 1992)

Para explicar la extensión cortical y la formación de las cuencas distensivas existen dos modelos:

- **Cizalla pura (*pure shear*)**: asume una deformación homogénea en la litosfera e implica una extensión instantánea y uniforme (fig. 5). La corteza superior se deforma de manera frágil mientras que la corteza inferior y el manto se deforman de manera dúctil. En esta deformación no hay rotación de bloques y la cuenca que se genera es simétrica respecto a un eje central donde se produce la extensión.

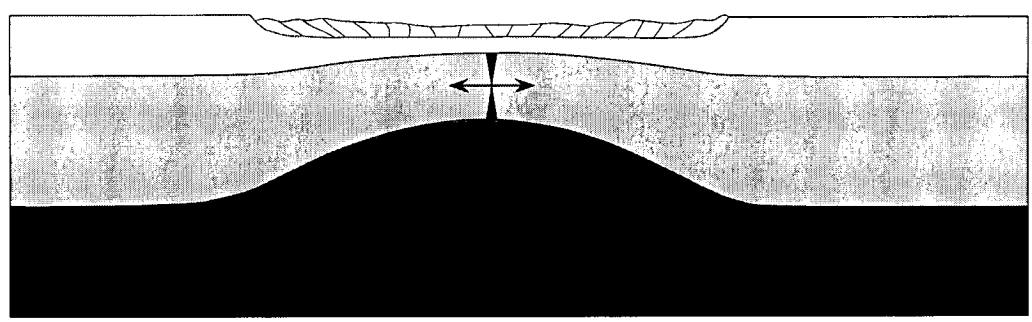


Fig. 5. Modelo de cizalla pura con una capa superior frágil sobre una capa inferior dúctil, produciendo una sección litosférica simétrica. El estiramiento dúctil puede venir acompañado de dilatación debida a la intrusión de materiales fundidos (modificado de Buck, Steckler y Cochran, 1988).

- **Cizalla simple (*simple shear*)**: asume que el adelgazamiento de la litosfera se produce por cizallamiento a lo largo de una falla maestra que corta parte o toda la litosfera, con lo que se desarrolla un *rift* asimétrico (fig. 6). La zona de cizalla transmite la extensión de la corteza superior a la corteza inferior y manto litosférico, siendo la extensión no uniforme y disminuyendo en la dirección de la cizalla. Las características de las cuencas que se generan con este modelo son: 1) el flanco del labio hundido de la falla maestra asciende y la subsidencia posterior, debida a la disminución de temperatura (subsidencia térmica) es más importante en la zona donde asciende el manto, 2) el máximo de subsidencia térmica no coincide con el máximo de subsidencia inicial o *sinrift* y 3) hay rotación de bloques (Wernicke, 1985; Coward, 1986).

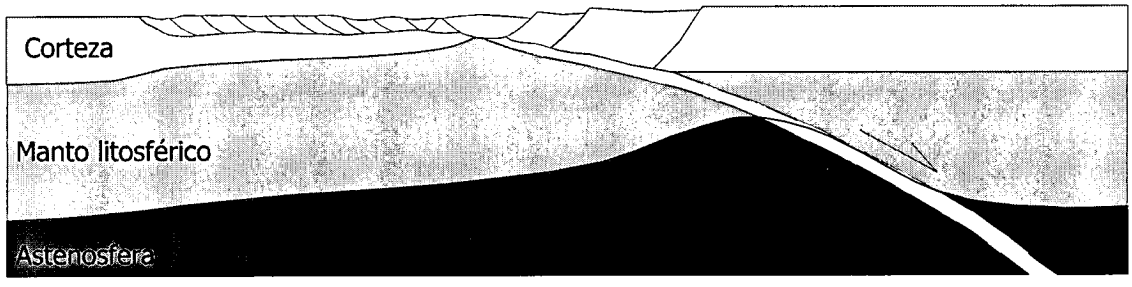


Fig. 6. Modelo de cizalla simple con un despegue de bajo ángulo que divide la litosfera en una placa superior o *hanging wall plate* y una placa inferior o *footwall plate*. El adelgazamiento de la litosfera inferior se transmite a lo largo del plano de despegue, produciendo una sección fuertemente asimétrica de la litosfera (modificado de Buck, Steckler y Cochran, 1988).

1.2.2. Modelos de estiramiento de la litosfera

Estos mecanismos de adelgazamiento litosféricos están relacionados con los de estiramiento o extensión de la litosfera. Según se adopte el modelo de cizalla pura o el de cizalla simple varios autores propusieron diferentes modelos que explican el mecanismo de extensión litosférica:

A) Modelos que adoptan cizalla pura:

- Salveson (1976, 1978) asumió que el comportamiento de la corteza y del manto litosférico es diferente, ya que la primera se comporta de manera frágil mientras que el segundo se comporta de forma plástica. La extensión cortical genera un desequilibrio isostático que provoca un ascenso de la astenosfera para compensar el desajuste de densidades y, por tanto, un levantamiento regional. La fusión parcial de la astenosfera que ha ascendido debido a la extensión provoca un vulcanismo y una transferencia de calor hacia arriba. Se produce un levantamiento de los flancos del *rift*, que son erosionados y los sedimentos derivados son depositados en la cuenca que se está generando. Si la extensión continúa se llega a formar corteza oceánica por

entrada directa de material astenosférico y comienza el enfriamiento creándose un margen pasivo. Su modelo explica de manera cualitativa la historia de la subsidencia de las cuencas *rift* continentales.

- McKenzie (1978) consideró que el comportamiento de la corteza y el manto litosférico es idéntico, por lo que define de manera cuantitativa un modelo de estiramiento uniforme (*uniform stretching model*) de una sola capa, en el que la extensión es simétrica e instantánea, con el ascenso pasivo de la astenosfera caliente para mantener el equilibrio isostático. La astenosfera se irá enfriando paulatinamente provocando contracción térmica y subsidencia regional. Esta subsidencia térmica depende únicamente de un factor, beta (β), que indica el grado o tasa de estiramiento de una determinada parte de la litosfera. Su expresión matemática es:

$$\beta = 1 + \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

siendo:

l_1 = longitud de la litosfera después de la extensión o la compresión

l_0 = longitud original de la litosfera

Basado en estos conceptos, McKenzie sostiene que la subsidencia total en una cuenca se divide en dos fases (fig. 7): una fase inicial (*sinrift*) de subsidencia instantánea controlada por fracturas al producirse el estiramiento y que depende del espesor de la corteza y de la cantidad de estiramiento β, y otra fase de subsidencia térmica lenta (*postrift*) debida al progresivo enfriamiento y engrosamiento de la litosfera hasta alcanzar la temperatura y espesor originales, y que depende únicamente de la cantidad de estiramiento.

El modelo asume lo siguiente:

- el estiramiento de la litosfera continental es instantáneo, es decir, no hay pérdida de calor durante el estiramiento, lo que da lugar a una única fase de apertura o *rifting*.
- La deformación es homogénea en toda la litosfera, por lo que la extensión es independiente de la profundidad.
- La pérdida de calor únicamente se produce en sentido vertical, no hay transporte horizontal de calor.
- No hay producción de calor interno radiogénico.
- No hay levantamiento de los flancos del *rift* asociado a la extensión al comienzo de la fase en condiciones iniciales de espesor de la litosfera "normal" (por ejemplo, espesor de corteza 35 km. y de manto litosférico 125 km.).
- Se basa en el modelo de compensación isostática local (Airy), en el que una columna de sedimentos se comporta de manera independiente de las columnas vecinas y no

soporta ninguna carga contigua, por lo que las densidades siempre tienen que estar compensadas localmente. Esto implica que la litosfera no tiene resistencia para soportar la carga.

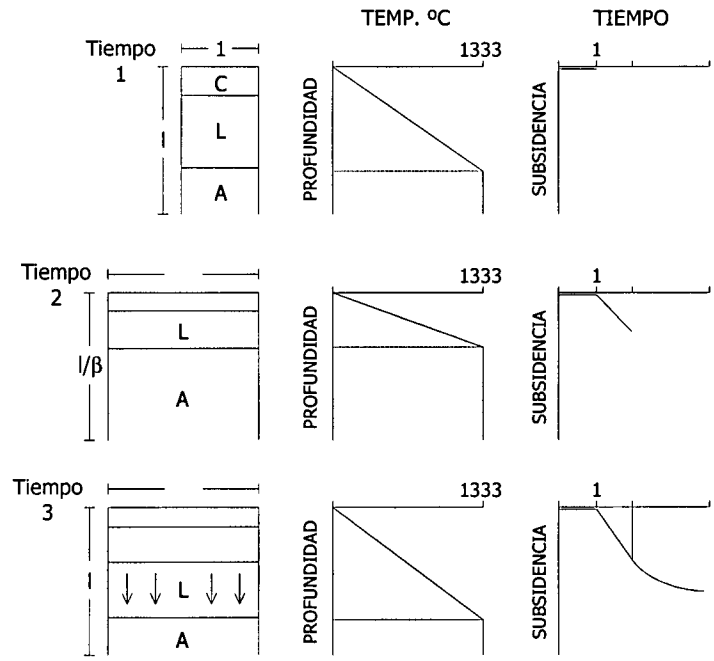


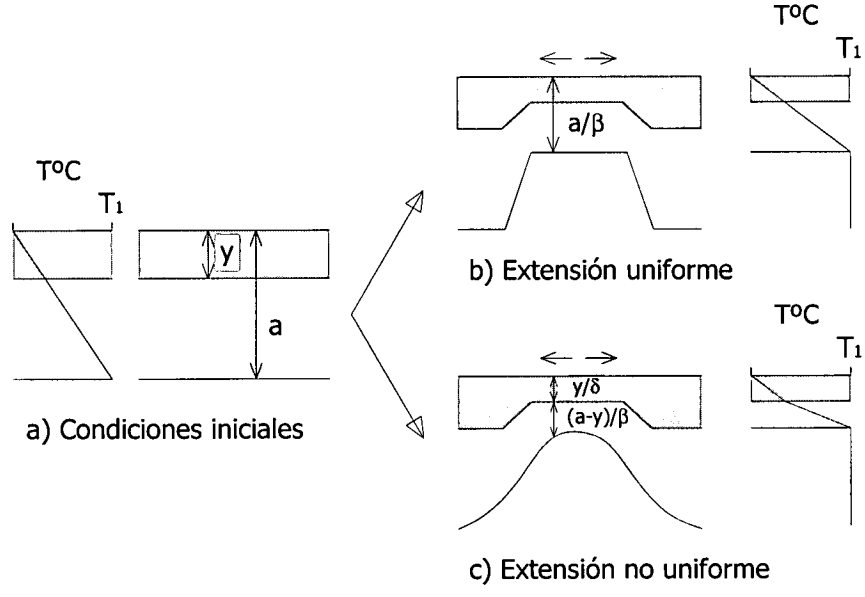
Fig. 7. Modelo de McKenzie. Tiempo 1: estado inicial de reposo. Tiempo 2: fase inicial *sinrift* en la que la litosfera se estira por el factor β y la isoterma asciende al subir los materiales de la astenosfera. Tiempo 3: fase de subsidencia *postrift* donde la litosfera vuelve progresivamente a su estado inicial.

- Steckler (1981) evaluó el flujo horizontal de calor y demostró que para cuencas menores de 100 km. de ancho la pérdida lateral de calor es importante y afecta al enfriamiento y a la subsidencia térmica, siendo más rápida que la que predecía el modelo de McKenzie. Considera, además, una extensión compuesta por un gran número de fases de apertura o *rifting* de corta duración en las que en cada una de ellas la litosfera se abre y después se enfría. Para explicar el levantamiento de los flancos de una cuenca, que ocurre cuando el estiramiento de la parte inferior de la litosfera es mayor que el de la corteza, sostiene que el transporte convectivo inducido por los altos gradientes de temperatura creados por el proceso de *rifting* es lo que genera ese flujo de calor extra que hace falta para calentar la litosfera, provocando el levantamiento de los flancos a la vez que ocurre la extensión, todo dentro del mismo *rift*.

B) Modelos que adoptan cizalla simple:

- Royden y Keen (1980) mostraron que el modelo de McKenzie podría llevar a una subsidencia inicial mayor que la que se observa en la realidad, por lo que consideraron que la extensión de la litosfera no tenía porqué ser siempre uniforme, lo que significa que la corteza y el manto litosférico actuarían de forma independiente, ya que la

reología de ambas partes es diferente. De este modo son los primeros en definir un modelo de estiramiento no uniforme con dos factores de extensión diferentes: delta (δ) para el estiramiento cortical y beta (β) para el estiramiento subcortical o del manto litosférico (fig. 8). Es un modelo de extensión de dos capas que depende de la profundidad (*depth-dependent extension*), respondiendo la corteza de manera frágil y la parte mantélica de la litosfera de manera dúctil. Si la extensión de la litosfera subcortical es mayor que la de la corteza se produce levantamiento a la vez que la extensión.



BIBLIOTECA

Fig. 8. Diagrama simplificado de la extensión: (a) Condiciones iniciales con la litosfera en equilibrio térmico. El horizonte de separación de la litosfera superior e inferior se sitúa a una profundidad *y*. (b) La litosfera completa se estira por un factor β y adelgaza por $1/\beta$. Esto provoca un gradiente térmico elevado linear. (c) La litosfera superior (por encima de la profundidad *y*) se estira por un factor δ y adelgaza por $1/\delta$. La litosfera inferior se estira por β y adelgaza por $1/\beta$. Esto genera un gradiente térmico en dos tramos o *two-legged* (modificado de Royden y Keen, 1980).

- Wernicke (1985), basado en estudios en la Basin and Range Province, sostiene que los sistemas de cizalla de la corteza superior pueden penetrar en toda la litosfera, en contraposición al modelo de McKenzie (1978) en el que las fracturas son verticales. Divide la cizalla simple en cinco zonas dependiendo de la cantidad de adelgazamiento de la corteza respecto al manto (fig. 9). En la zona A no hay extensión de la litosfera, pero puede haber un levantamiento junto a la zona de ruptura si ésta en la corteza es lo suficientemente profunda, causando un "efecto de borde" por reajuste isostático. La conducción lateral de calor desde el *rift* también puede provocar un levantamiento en esta zona. En la zona B se produce extensión de la corteza pero no del manto. El punto en el que la cizalla corta el manto define el límite de esta zona. En la zona C la extensión se produce tanto en la parte cortical como en la mantélica, estando en esta zona el punto de máxima disminución cortical y, por tanto, de máxima subsidencia

neta. A medida que nos movemos hacia la parte distal el adelgazamiento del manto aumenta respecto al de la corteza, por lo que habrá un cambio de subsidencia tectónica a levantamiento. El límite de esta zona está donde sólo hay adelgazamiento en el manto. En la zona D, donde sólo se produce estiramiento en el manto, se genera durante el *rifting* un abombamiento topográfico mayor que en las otras zonas, ya que el punto de máximo adelgazamiento litosférico está en esta zona. La erosión del abombamiento puede adelgazar la corteza generando una subsidencia térmica que ligeramente sobrepasa el levantamiento. En la zona E, igual que en la zona A, no hay deformación, pero puede haber un levantamiento por conducción lateral de calor desde la zona D, ya que esta zona E está muy cerca del punto de máximo ascenso de la astenosfera, situado en la zona D. Debido a la erosión puede haber subsidencia neta si la cizalla en la litosfera inferior tiene la pendiente suficiente.

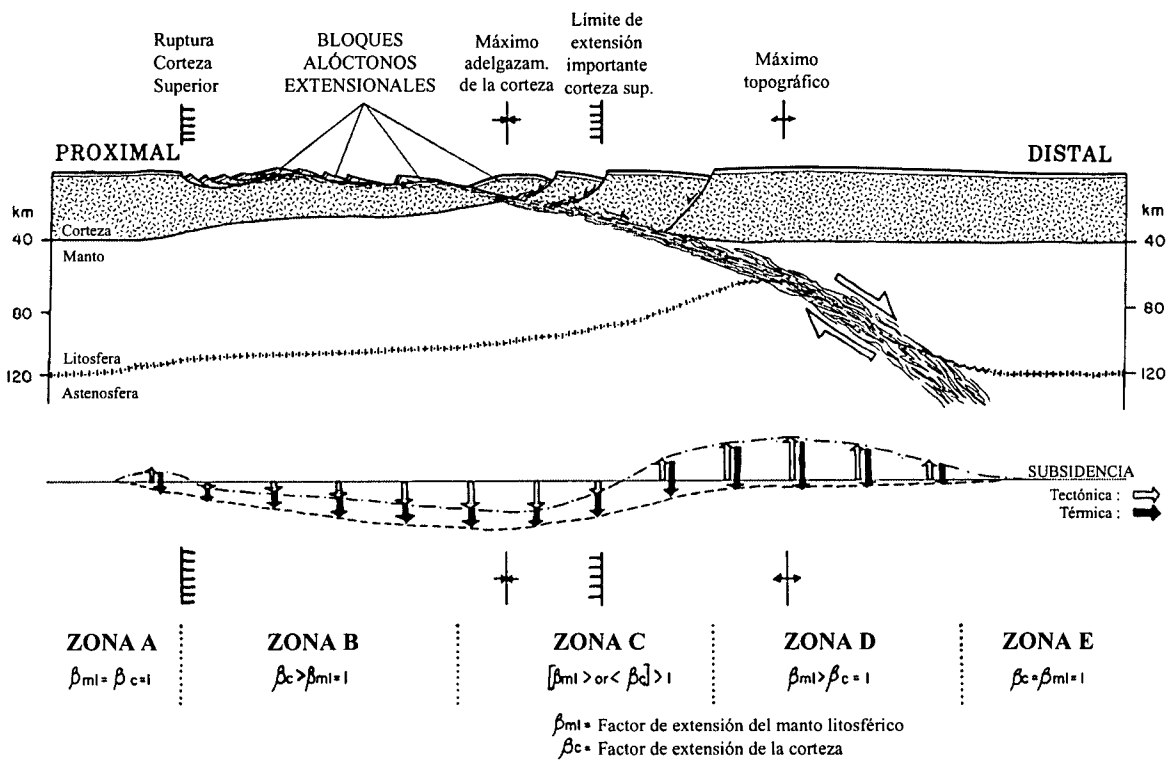


Fig. 9. Esquema hipotético de una cizalla simple normal de toda la litosfera (modificado de Wernicke, 1985).

Propone también un modelo de desarrollo de un sistema de cizalla extensional con cuatro estadios sucesivos que corresponderían con etapas evolutivas diferentes de distintas cuencas estudiadas (fig. 10):

1. Se forma una falla somera (o zona de cizalla en profundidad) con una inclinación de entre 10° y 30° que penetra en la mayor parte de la corteza (y quizás en la mayor parte del manto) desarrollándose en la superficie como una falla de despegue y una cuenca sedimentaria asociada (fig. 10a).

2. A medida que la falla se mueve y la cuenca crece las primeras tectonitas dúctiles formadas comienzan a ascender. En este segundo estadio, denominado "Sevier Desert", las primeras cuencas generadas con la extensión contienen un alto porcentaje de material no conglomerático depositado en amplias zonas (fig. 10b).
3. Después de una cierta cantidad de desplazamiento de la falla, la deformación frágil penetrativa comienza a afectar a la cuenca sedimentaria y a su basamento, según continúa la deformación (estadio "El Dorado") (fig. 10c).
4. En este último estadio, denominado por Wernicke "Raft River", el adelgazamiento de la placa superior ha sido suficiente para producir tectonitas en condiciones frágiles. A medida que la cizalla continúa desarrollándose, una parte de la placa superior puede comenzar a extenderse de manera preferente respecto a las zonas de alrededor. Si la extensión es lo suficientemente grande, se pueden desarrollar pliegues en la superficie de despegue como resultado de un reajuste isostático, formándose una configuración arqueada de la zona de despegue madura, con la exposición de antiguas tectonitas en el núcleo del arco (fig. 10d).

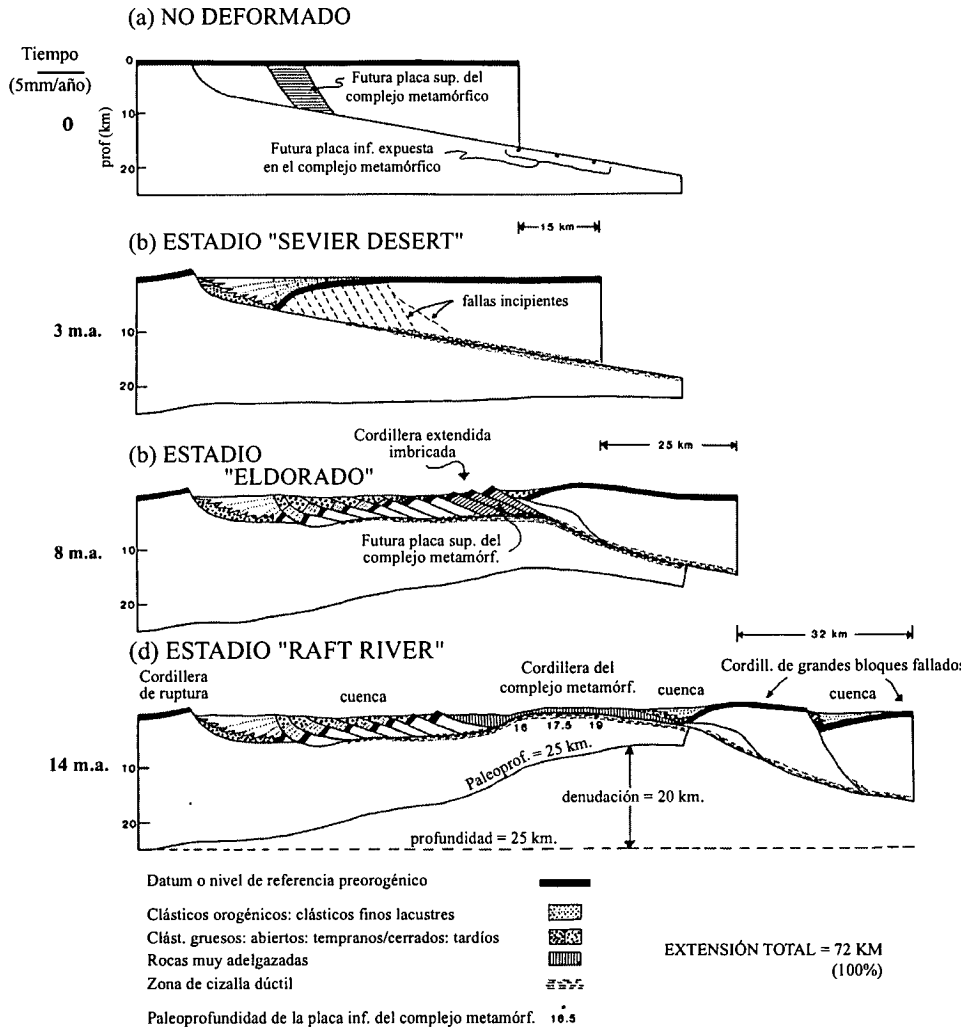


Fig. 10. Estadios de desarrollo de un sistema de cizalla extensional en la corteza superior y media (modoficado de Wernicke, 1985).

Wernicke sostiene que cuanto menor es la inclinación de la zona de cizalla menor es la energía invertida en crear topografía por unidad de estiramiento litosférico.

- Pitman y Andrews (1985) demostraron que en cuencas estrechas la pérdida de calor (por tanto, el enfriamiento de la litosfera) y el estiramiento se producen simultáneamente dando lugar a una subsidencia inicial o *sinrift* muy rápida. La anchura de la cuenca es la que controla la magnitud del enfriamiento con el tiempo, siendo más importante el flujo de calor horizontal que el vertical.
- Coward (1986) sostiene que la litosfera puede estirarse por la combinación de una extensión controlada por fallas en la corteza superior y una zona más localizada de extensión situada en la corteza inferior y el manto litosférico. La extensión en esta última zona puede verse favorecida por un esfuerzo suavizado por el aumento de los gradientes geotérmicos, el desarrollo de texturas y procesos metamórficos. En cambio, las fracturas en la zona de la corteza superior frágil tienden a bloquearse después de una cantidad de extensión finita y la deformación se transfiere a nuevas fracturas. El resultado es que las fallas se extienden hacia la parte externa, pero sobre todo en una dirección alejándose del *rift* inicial, ensanchando la zona de extensión de la corteza superior.

1.2.3. Mecanismos que generan la extensión

Los mecanismos que hacen que tenga lugar un proceso de *rifting* se dividen en dos grupos: activos y pasivos (Sengör y Burke, 1978). En la hipótesis activa, la deformación de la superficie está asociada con la presencia en la base de la litosfera de una pluma térmica o punto caliente. El ascenso del material caliente del manto provoca fusión parcial que da lugar a vulcanismo. Cuando se desarrolla la zona anómala de baja densidad se produce el abombamiento. El domo levantado generado y su compensación isostática en profundidad dan lugar a una extensión local en la litosfera. Como la litosfera adelgaza por calentamiento, el esfuerzo se concentra en la delgada pero fuerte capa cercana a la superficie, con el consiguiente estiramiento y fracturación.

En la hipótesis pasiva, la extensión litosférica generada en una zona alejada del lugar donde se produce la apertura provoca la ruptura de la litosfera continental, permitiendo que las rocas calientes del manto penetren en la litosfera. El abombamiento cortical y el vulcanismo son procesos secundarios (Turcotte y Oxburgh, 1973). La extensión no es local, sino que esta se atribuye a un mecanismo externo a la zona de *rifting*. Los movimientos verticales tienen lugar de acuerdo con el modelo de McKenzie (1978), es decir, como respuesta al adelgazamiento de la litosfera y al ascenso de la astenosfera. El adelgazamiento cortical instantáneo por estiramiento y fracturación provoca una subsidencia local, y el ascenso de la astenosfera y calentamiento de la litosfera provoca el levantamiento. Esta

hipótesis tiene varias modificaciones:

1) Una tasa de extensión finita (Jarvis y McKenzie, 1980) aumenta la subsidencia durante la etapa de estiramiento y disminuye, por tanto, la subsidencia térmica.

2) La fracturación y los efectos flexurales modifican la geometría de la cuenca (Watts *et al.*, 1982).

3) El flujo lateral de calor provoca un pequeño levantamiento transitorio de los flancos y reduce la subsidencia térmica (Watts *et al.*, 1982).

4) Diferente cantidad de extensión de la litosfera superior e inferior modifica el balance entre el estiramiento y la subsidencia térmica, y en particular una extensión mayor en la litosfera inferior puede explicar una anómala subsidencia térmica alta observada (Royden y Keen, 1980).

5) La convección a pequeña escala en la astenosfera bajo la zona de la litosfera donde se produce la extensión puede adelgazar aún más la litosfera y también ensanchar la parte de la astenosfera que ha ascendido, siempre que la viscosidad sea menor de 10^{20} Pa/s, por tanto simulando el efecto del estiramiento diferencial (Keen, 1987).

6) La zona estirada de la corteza superior puede ser compensada por el estiramiento dúctil de la corteza inferior y el manto, como en el modelo de cizalla simple de Wernicke (1985), o de una manera más complicada involucrando *detachments* como analizaron Lister *et al.* (1991).

1.3. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA SUBSIDENCIA

El análisis cuantitativo de la subsidencia o análisis geohistórico (Van Hinte, 1978), basado en los conceptos explicados anteriormente, se puede expresar mediante una representación gráfica (curva) que mostraría el movimiento vertical de un horizonte estratigráfico como indicador de la subsidencia, el levantamiento y la acumulación sedimentaria a través del tiempo. Para llevar a cabo este análisis se necesita una columna estratigráfica detallada con la siguiente información básica:

- litología
- edad de base y techo de los horizontes
- espesor actual de cada horizonte
- discordancias importantes
- paleobatimetría estimada

Para obtener resultados más precisos se deberían incluir los cambios en el nivel del mar y cambios en la porosidad de los sedimentos.

La curva de subsidencia que se obtiene del análisis geohistórico (curva de subsidencia total o del basamento) incluye una serie de factores que afectan a la subsidencia de una

cuenca: carga sedimentaria, carga tectónica y variaciones en el nivel del mar. Estos elementos no son responsables de la subsidencia que estamos calculando, se trata de factores añadidos que incrementan la subsidencia que tratamos de hallar. Por eso, a esta curva de subsidencia total hay que hacerle una serie de correcciones para obtener la subsidencia tectónica, es decir, la subsidencia de la cuenca teniendo en cuenta exclusivamente la componente termo-mecánica, la que habría tenido lugar en ausencia de sedimentación y presión ejercida por la lámina de agua. Estas correcciones son:

1. Descompactación. Consiste en eliminar la compactación sufrida por los sedimentos a medida que se van depositando unos encima de otros, para obtener así el espesor de cada horizonte o capa en el momento en que se depositó. Se supone que el volumen de granos no varía, siendo la porosidad lo que cambia con el enterramiento. Para ello se utilizan relaciones de porosidad-profundidad partiendo de las litologías observadas fundamentalmente en sondeos petrolíferos. En primer lugar hay que conocer la porosidad actual de cada litología y a continuación se retira la unidad superior de la columna estratigráfica y se recalcula la profundidad y nuevo espesor de las unidades restantes, con lo que se obtiene una nueva columna con una unidad menos. Esto se hace sucesivamente para todas las unidades hasta obtener una columna con todos los espesores descompactados. La ecuación general de la descompactación (Sclater y Christie, 1980) es la siguiente:

$$z'_2 - z'_1 = z_2 - z_1 \frac{\theta o}{C}\left[\exp(-Cz_1) - \exp(-Cz_2)\right] + \frac{\theta o}{C}\left[\exp(-Cz'_1) - \exp(-Cz'_2)\right]$$

donde:

z_2 y z_1 = profundidades actuales del nivel correspondiente.

z'_2 y z'_1 = nuevas profundidades a calcular, siendo z'_1 la base de la unidad previamente descompactada.

θo = porosidad original.

C = constante para cada tipo de litología.

2. Paleobatimetría. Es necesario eliminar las desviaciones debidas a la diferencia de altura entre la paleoprofundidad del agua en el momento en el que se depositaron los sedimentos y el datum regional, ya que la columna de agua tiene un peso que modifica la subsidencia tectónica que queremos hallar. La información de la paleobatimetría estimada se obtiene a partir de un detallado estudio paleontológico, sobre todo de microfósiles, y de las facies sedimentarias, por lo que es fundamental el trabajo en campo y el posterior análisis de los materiales en laboratorio para obtener el máximo de información.

3. Variaciones eustáticas. Hay que tener en cuenta las variaciones del paleonivel del mar respecto al datum del que se parte, que suele ser la media del nivel del mar

actual, ya que el ascenso o descenso eustático aumenta o disminuye la subsidencia por variar el peso según el espesor de la lámina de agua. En la figura 11 se muestra un esquema de una columna antes de la extensión (A) y después de la extensión con carga de agua (B).

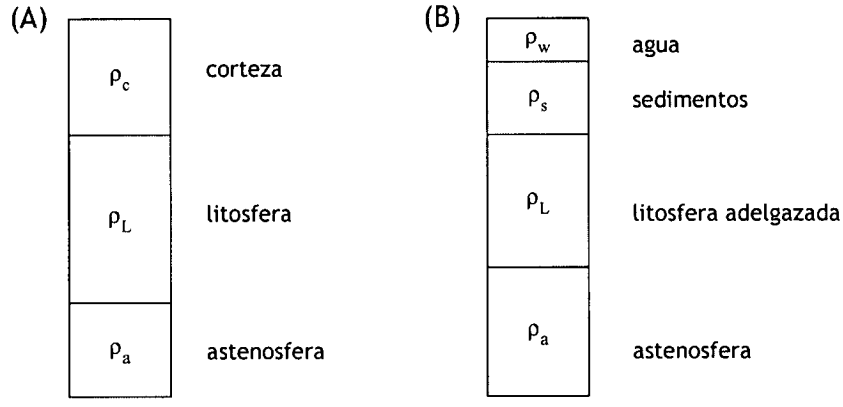


Fig. 11

Todas estas correcciones se pueden llevar a cabo mediante una técnica denominada desmantelamiento o *backstripping* cuya ecuación es la siguiente:

$$Z = \left(\frac{\rho_a - \rho_s}{\rho_a - \rho_w}\right) S + W_d$$

donde:

Z = profundidad teórica del agua sin carga de sedimentos en la cuenca.

ρ_a = densidad de la astenosfera

ρ_s = densidad de los sedimentos

ρ_w = densidad del agua

S = espesor de los sedimentos

W_d = espesor de la capa de agua

Si se tienen en cuenta los cambios en el nivel del mar (ΔSL) la ecuación anterior quedaría de la siguiente manera:

$$Z = \left(\frac{\rho_a - \rho_s}{\rho_a - \rho_w}\right) S + W_d - \Delta SL \frac{\rho_w}{\rho_a - \rho_w}$$

Por tanto, la técnica de *backstripping* o desmantelamiento progresivo consiste en calcular la curva de subsidencia resultante después de corregir la compactación, la pérdida de porosidad y de espesor que se produce debido a la carga de sedimentos (descompactación) para obtener así una curva de subsidencia de componente tectónico exclusivamente. Se corrige también la profundidad del agua en el momento de deposición de cada formación (paleobatimetría) y las variaciones eustáticas que pudieran existir. Esta técnica, para corregir el efecto de la carga de sedimentos, se basa bien en el modelo de isostasia local (Airy) o

bien en el modelo de flexura regional, que supone que la litosfera puede transmitir esfuerzos y deformaciones lateralmente al colocarse una carga sedimentaria sobre ella. El resultado después de aplicar esta técnica, bien con isostasia local o con flexura regional, es una curva de subsidencia tectónica, que puede obtenerse reemplazando el agua por sedimentos, con lo que tendríamos una curva de subsidencia tectónica con carga de agua, o bien reemplazando el aire por sedimentos, teniendo entonces una curva de subsidencia tectónica con carga de aire. Se obtiene también la curva de subsidencia total o del basamento, en la que no se han llevado a cabo las correcciones explicadas anteriormente, y la curva de paleobatimetría estimada.

Una vez que se tienen las curvas de subsidencia a partir del *backstripping* se puede proceder a modelizarlas mediante otra técnica denominada "modelización progresiva" o *forward modelling*, que cuantifica la tasa de extensión de la subsidencia tectónica. Este método se basa en modelos de estiramiento de la litosfera, tomando una sola capa (McKenzie, 1978) o bien dos capas (Royden y Keen, 1980), en cuyo caso se obtendrían valores diferentes para el factor de extensión de la capa cortical (delta: δ) y de la capa subcortical o manto litosférico (beta: β). Para ello se determinan las edades de comienzo y fin de las fases de subsidencia rápida a partir de las curvas obtenidas con la técnica anterior (*backstripping*) y después se va obteniendo una curva de modelización que intenta ajustarse a la curva de subsidencia tectónica obtenida a partir de los datos (fig. 12). Una vez que se tiene un buen ajuste se procede a su estudio detallado y análisis de las fases y factores resultantes. El resultado será una curva de subsidencia tectónica modelizada con un número de fases de extensión determinado y unos valores de los factores de estiramiento (δ y β) para cada fase.

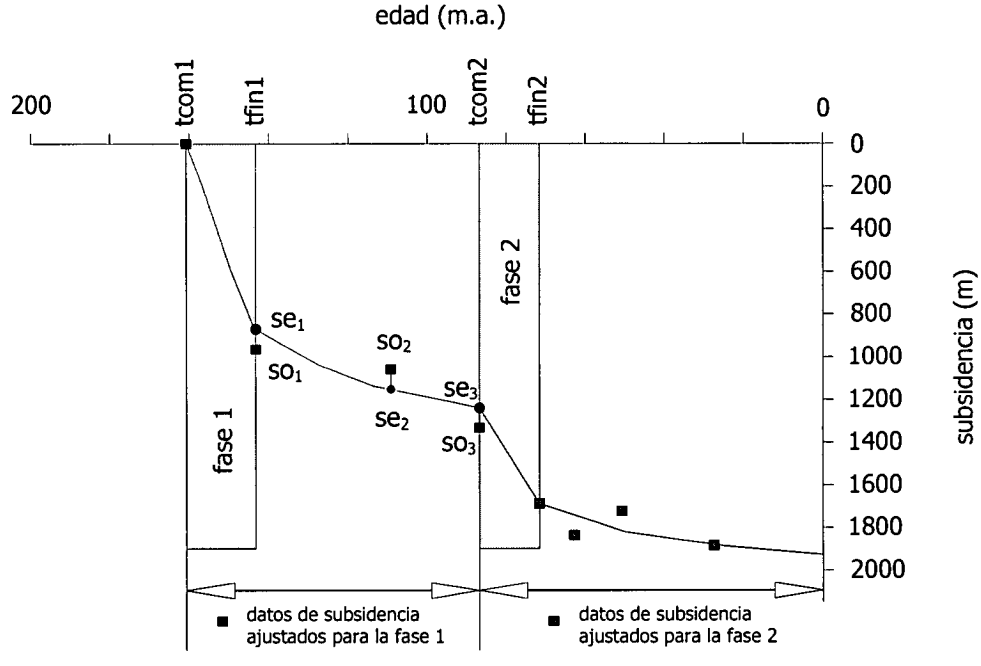


Fig. 12. Esquema de la técnica de *forward modelling* (modificado de Van Wees *et al.*, 1996), siendo *se* la subsidencia estimada por el modelo y *so* la subsidencia observada a partir de los datos.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

En la década de los noventa, principalmente, se llevaron a cabo diferentes estudios sobre la subsidencia en las cuencas del Ebro e Ibérica. Estos trabajos se basaron fundamentalmente en las ideas de McKenzie (1978), quien sostiene que la extensión de la litosfera es constante e independiente de la profundidad, por lo que sólo existe un factor de estiramiento (β). A partir de aquí se desarrollaron modelos más complejos aplicados en cuencas de Norteamérica y Europa principalmente, que tenían en cuenta otros factores, como las propiedades reológicas de los materiales de la litosfera (Royden y Keen, 1980), definiendo así el modelo de extensión no uniforme que depende de la profundidad y en el que se definen dos factores de extensión, uno para la parte cortical de la litosfera (δ) y otro para la parte mantélica (β); la resistencia lateral a la deformación de la litosfera, cuando hasta entonces sólo se había tenido en cuenta la resistencia vertical; la isostasia flexural en lugar de la isostasia local, o los efectos del esfuerzo intraplaca (Cloetingh *et al.*, 1985), ignorados hasta hace poco. Los trabajos que empezaron a considerar algunos de estos factores y que se aplicaron a las dos cuencas de la Península Ibérica que tratamos en este trabajo (Desegaulx y Moretti, 1988; Zoetemeijer *et al.*, 1990; Sánchez-Moya *et al.*, 1992; van Wees y Stephenson, 1995; van Wees *et al.*, 1998, entre otros) han estudiado siempre ambas cuencas, Ibérica y del Ebro, por separado, siendo más abundantes los estudios llevados a cabo en la primera de ellas. En todos ellos se realiza el análisis de la subsidencia durante todo el Mesozoico y Cenozoico, sin llegar a un nivel mayor de detalle.

El objetivo principal de esta Tesis Doctoral es analizar, de manera detallada, la subsidencia que tuvo lugar durante el Pérmico y Triásico en la Cuenca Ibérica, por un lado, y en la Cuenca del Ebro, por otro, para después compararlas y determinar las semejanzas y/o diferencias que muestran una respecto a la otra. Este análisis y el cálculo de los factores de estiramiento β y δ se hará considerando que la litosfera pueda funcionar de manera uniforme (modelo de McKenzie o de una capa) o no uniforme (modelo de Royden y Keen o de dos capas), ya que el programa que utilizaremos permite aplicar ambos modelos. Por último veremos cómo se ve reflejada esta subsidencia en los sedimentos y en el estilo en que éstos se acumulan.

Así, los objetivos propuestos al comenzar el trabajo son los siguientes:

1. Seleccionar los sondeos y secciones que se estudiarán mediante el análisis de la estratigrafía y sedimentología regional de cada una de las cuencas.

2. Realizar el cálculo de la subsidencia mediante la técnica de *backstripping* para obtener las curvas de subsidencia tectónica de cada sección y sondeo analizado en cada una de las cuencas de estudio.

3. Llevar a cabo el *forward modelling* aplicando el modelo de dos capas o el modelo de una capa para obtener las curvas de modelización y los valores de los factores de extensión, estudiando las discrepancias entre valores observados y valores estimados por el modelo, para decidir cuál de los dos modos de extensión se adapta mejor a los datos de observación.

4. Analizar con detalle cada sección y sondeo de cada cuenca estudiada para determinar la evolución de la subsidencia a lo largo del Pérmico y el Triásico y el comportamiento de la capa litosférica para cada fase.

5. Comparar la evolución de la subsidencia en ambas cuencas a lo largo del tiempo y deducir posibles relaciones estructurales y sedimentarias.

6. Estudiar la respuesta de los sistemas sedimentarios a las fases *sinrift* y *postrift* y a las variaciones de estas en el espacio y en el tiempo. Determinar si hay relación entre la geometría de los cuerpos sedimentarios y la tasa de subsidencia.

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el presente trabajo se siguieron una serie de pasos que detallamos a continuación.

1. En primer lugar se escogieron una serie de puntos teniendo en cuenta que, además de contener un registro estratigráfico lo más completo posible desde el basamento, estuvieran bien datados, ya que ambos aspectos son fundamentales para realizar el análisis de la subsidencia. Para el Pérmico y Triásico estas dataciones han sido llevadas a cabo por diferentes autores mediante análisis de asociaciones de polen y esporas y, en algunos casos, de conodontos, foraminíferos y ammonoideos (ver bibliografía y capítulo 6). Los datos de las series y los sondeos elegidos se han obtenido bien directamente en campo o a partir de la bibliografía existente las primeras, o bien a partir de los datos del subsuelo que existen por los estudios petrolíferos los segundos. En la Cordillera Ibérica se escogieron once series de campo (Majadas, Molina de Aragón, Alhama, Cañete, Chelva, Teruel, Manzanera, Jérica, Montalbán, Gátova y Chóvar-Eslida), estando compuestas algunas de las secciones al no aflorar de manera continua. El análisis en la Cordillera Ibérica se completa mediante el estudio de cinco sondeos (Torremocha, El Hito, Mirambel, Bobalar-2 y Salsadella). En la Cuenca del Ebro se eligieron dieciséis sondeos (Ejea-1, Tauste-1, Zuera-1, Monegrillo-1, La Zaída-1, Ebro-1, Bujaraloz-1, Ebro-2, Sariñena-1, Candasnos-1, Caspe-1, Ballobar-1, Monzón-1, Fraga-1, Mayals-1 y Lérida-1) que, al igual que con la Cordillera Ibérica, consideramos que eran representativos por guardar las características antes señaladas (fig. 13). Estos sondeos han sido obtenidos de los datos publicados por el Ministerio de Industria y de las compañías petroleras.

2. Una vez escogidas las secciones y sondeos a estudiar se llevó a cabo un análisis detallado de la estratigrafía, reinterpretando los sondeos cuando se consideraba necesario, con el fin de recopilar la información que, como vimos en el apartado 1.3, es esencial para el estudio de la subsidencia, esto es, tipo de litología, espesores actuales, edad de la base y el techo de cada formación y paleobatimetría, estimándose ésta en función de los medios sedimentarios, fósiles y facies sedimentarias, valores que en nuestro caso posiblemente nunca alcanzan los 100 metros de profundidad. Se determinaron también las discontinuidades estratigráficas, ya que son estructuras sedimentarias fundamentales a la hora de interpretar la evolución de la cuenca, y como veremos más adelante, pueden corresponder con límites de fases tectónicas mayores que servirán de base para el análisis del *forward modelling*. Para las edades absolutas se utilizó la escala de Gradstein *et al.* (1995), ya que para el intervalo de tiempo que estudiamos nos pareció la escala más detallada. Para los cálculos de subsidencia no se tuvieron en cuenta las oscilaciones del nivel del mar dado que todas las series marinas de ambas zonas son básicamente de plataforma continental, con una

variación que raramente excedió los 100 metros, por lo que su efecto apenas modifica las curvas de subsidencia.

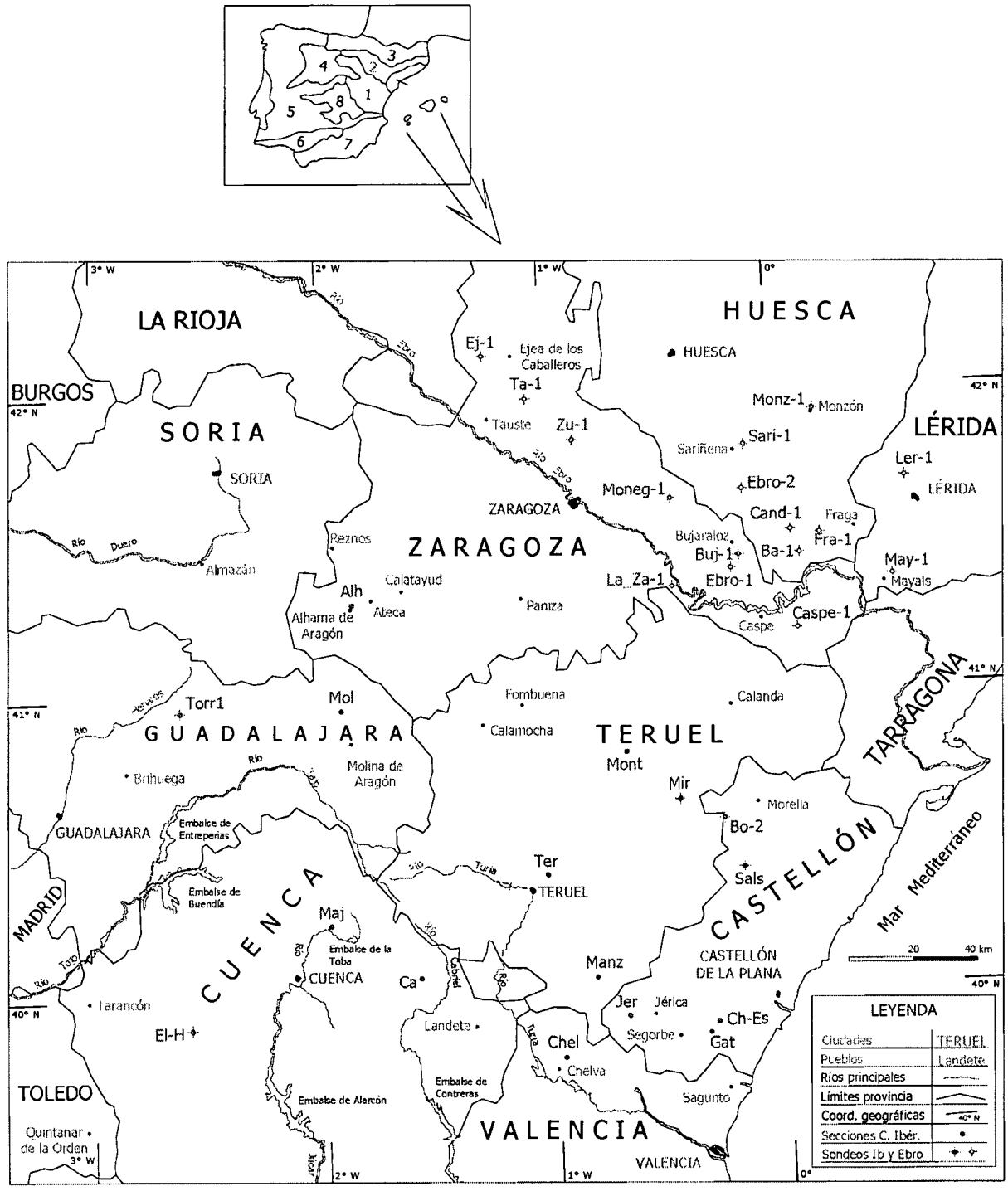


Fig. 13. Situación de las secciones y sondeos estudiados de la Cordillera Ibérica (en rojo) y Cuenca del Ebro (en verde).

El programa empleado para el análisis de la subsidencia (*backstripping*) y para la modelización (*forward modelling*), denominado Whizmod, está compuesto por dos módulos diferentes: uno para llevar a cabo el análisis de la subsidencia y otro para realizar el *forward*

modelling. Este programa fue prestado por el doctor van Wees, de la Vrije Universiteit de Amsterdam. Las curvas resultantes de aplicar el programa Whizmod son generadas en la hoja de cálculo Excel.

3. A continuación llevamos a cabo la técnica de *backstripping* (Steckler y Watts, 1978; Bond y Kominz, 1984), necesitando primero los datos de la porosidad de cada litología para la corrección por compactación (explicada en el apartado 1.3) para lo cual se asumió lo siguiente:

- A los conglomerados y a las rocas volcánicas se les atribuye una porosidad equivalente a las areniscas.
- A las evaporitas se les atribuye la porosidad resultante de sumar la correspondiente a la anhidrita y a la halita.
- Para las demás litologías (arenas, arcillas y carbonatos) se tomó el valor de porosidad propia de esa litología calculada por Sclater y Christie (1980).

Esta técnica está basada en el modelo de isostasia local (explicado en el apartado 1.2) para corregir el efecto de la carga sedimentaria y en los parámetros estándares de porosidad de Sclater y Christie (1980) para las correcciones de la compactación.

La técnica de *backstripping* o desmantelamiento utilizada para este trabajo calcula las curvas de subsidencia tectónica para cada sección y sondeo analizado, obteniendo una curva de subsidencia total o del basamento, una curva de subsidencia tectónica con carga de agua y otra con carga de aire. En estas dos últimas curvas el programa obtiene dos curvas paralelas que muestran los valores máximos y mínimos y que indican el margen de error que resulta del análisis. Este margen de error es debido a una serie de factores variables que se incluyen en el cálculo, como son la variación de la densidad de las rocas, el grado de compactación, el gradiente geotérmico, la densidad de la litosfera y la astenosfera, y la conductividad térmica.

Otra curva que se obtiene con el desmantelamiento muestra la variación en la paleobatimetría para cada sección y sondeo.

Una vez que hemos obtenido las curvas de subsidencia tectónica con carga de aire, que son las que utilizamos para este trabajo, procedemos a analizar las fases *sinrift* que aparecen en cada una de ellas, determinando la duración de cada fase (edad de comienzo y fin), junto con las etapas de subsidencia térmica o *postrift* y los levantamientos que puedan resultar.

El programa utilizado para el análisis de la subsidencia tiene una serie de limitaciones:

- Se ha observado que la paleobatimetría influye de manera excesiva en las curvas, ya que cuando hay una variación de unos metros entre una formación o unidad y la

que le sigue y le precede la respuesta en la curva en la mayoría de las ocasiones es de ascenso de la unidad con menor batimetría, pudiéndose interpretar como un levantamiento cuando en realidad es un efecto del programa. Probablemente se deba a que ha sido diseñado para series de plataforma continental y talud donde las variaciones batimétricas son mayores y se pueden precisar mejor que en las series costeras y continentales.

- estimar la paleobatimetría se hace de forma indirecta y es difícil hacerlo con precisión en depósitos continentales y costeros por la escasez de fósiles, por lo que se puede cometer un error de entrada.

- la compactación se estima a partir de curvas estándar deducidas de casos reales, no se realiza una curva para cada caso concreto, lo que puede hacer que haya variaciones importantes.

4. A partir de la curva de subsidencia tectónica que obtuvimos en el paso anterior realizamos la modelización con la técnica de *forward modelling* para determinar con exactitud el comienzo y fin de las fases de apertura o *rifting*, según el ajuste que se obtenga de la curva, y los valores de los factores de estiramiento δ y β para cada sección y sondeo. En este trabajo, la técnica de *forward modelling* que utilizamos (Van Wees *et al.*, 1996) se basa en modelos de estiramiento litosférico (McKenzie, 1978; Royden y Keen, 1980), modelos explicados en el apartado 1.2, usando el factor δ para el estiramiento cortical y el factor β para el estiramiento subcortical. El modelo permite introducir un número ilimitado de fases de estiramiento y utiliza una técnica numérica que inmediatamente encuentra los parámetros de estiramiento que mejor se ajusten a los datos de subsidencia. Para llevar a cabo esta técnica en primer lugar incluimos la edad de comienzo y fin de cada fase *sinrift* y el modelo de estiramiento que queremos que emplee el programa en cada una de las fases de las secciones y sondeos analizados. Los modelos de estiramiento son los siguientes:

bdfree = modelo de dos capas, cortical y subcortical (Royden y Keen, 1980). El programa calcula de manera independiente el factor de estiramiento de la corteza (delta: δ) y el del manto o parte subcortical (beta: β).

bdcoup = se usa el modelo de McKenzie (1978) que considera a la litosfera como una sola capa, por lo que beta y delta son iguales.

Una vez hemos introducido las edades de comienzo y fin de cada fase el ajuste se lleva a cabo de forma secuencial: los parámetros de estiramiento de la primera fase se determinan ajustando los datos en el intervalo de tiempo *sinrift* y *postrift* hasta el comienzo de la siguiente fase, usando una configuración litosférica inicial de temperatura y composición uniforme (McKenzie, 1978). Posteriormente, los parámetros de estiramiento de la segunda fase se determinan usando los datos de subsidencia de su intervalo de tiempo *sinrift* y *postrift* hasta la siguiente fase de *rifting*, usando la configuración litosférica alterada

estimada al comienzo de esta segunda fase, y así sucesivamente (ver Van Wees *et al.*, 1998 para mayor explicación del modelo).

Este modelo supone un espesor inicial para la corteza de 32 km., que corresponde al valor actual bajo el Macizo Ibérico (Banda *et al.*, 1983), valor usado posteriormente también por Salas y Casas (1993), Van Wees y Stephenson (1995) y Van Wees *et al.* (1998), y un espesor inicial para la litosfera de 110 km., que corresponde al espesor litosférico adoptado en trabajos previos (Morgan y Fernández, 1992; Van Wees y Stephenson, 1995; Van Wees *et al.*, 1998). El resto de los parámetros en los que se basa el programa se muestran en la tabla 1 y han sido obtenidos de Van Wees y Stephenson (1995).

Parámetros	Valor
Espesor inicial corteza	32 km.
Espesor inicial litosfera	110 km.
Temperatura Astenosfera	1333°C
Difusividad térmica	1×10^{-6} m^2 s^{-1}
Densidad corteza	2800 kg m^{-3}
Densidad manto	3400 kg m^{-3}
Densidad agua	1030 kg m^{-3}
Coeficiente expansión térmica	3.2×10^{-5} °C

Tabla 1. Parámetros usados en el modelo (modificada de Van Wees y Stephenson, 1995).

La técnica de *forward modelling* empleada en este trabajo tiene una serie de limitaciones:

- está diseñada según el modelo de McKenzie con extensión instantánea y para cizalla pura, por lo que si el modelo que funcionó en la cuenca es otro aparecerán desviaciones entre la curva real, obtenida a partir de los datos, y la curva de modelización, obtenida con el programa.

- Al basarse en los modelos de McKenzie (1978) y de Royden y Keen (1980) no tiene en cuenta la pérdida lateral de calor, sino que supone que el calor se transmite exclusivamente en la vertical. En trabajos como el de Steckler (1981) y Pitman y Andrews (1985) se vio que el transporte lateral de calor hace que la pérdida del mismo sea más rápida, sobre todo en cuencas estrechas, el calor se dispersa más rápidamente y por tanto la subsidencia térmica es más rápida que la que predicen los modelos en los que se basa el programa.

- Supone que la isostasia es local, no flexural, y por tanto, que la litosfera es rígida. Se ha visto que la litosfera se comporta de manera elástica con una cierta rigidez cuando se coloca sobre ella una carga. Cuanto más rígida es la litosfera más ancha y más somera es la cuenca que se genera.

5. Por último, una vez que tenemos las curvas, las fases *sinrift* y *postrift* y los valores de los factores de extensión beta (β) y delta (δ) de cada sondeo y serie estudiada pasamos a comparar la evolución de la subsidencia de ambas cuencas durante el Pérmico y el Triásico. Observamos las fases que aparecen en ambas cuencas y las que aparecen en una sola cuenca e interpretamos los resultados. Al mismo tiempo intentamos relacionar la morfología de los cuerpos sedimentarios que observamos en campo con el tipo de subsidencia que tuvo lugar cuando se depositaron y obtendremos una serie de conclusiones sobre todo el estudio realizado.

4. ENCUADRE GEOLÓGICO

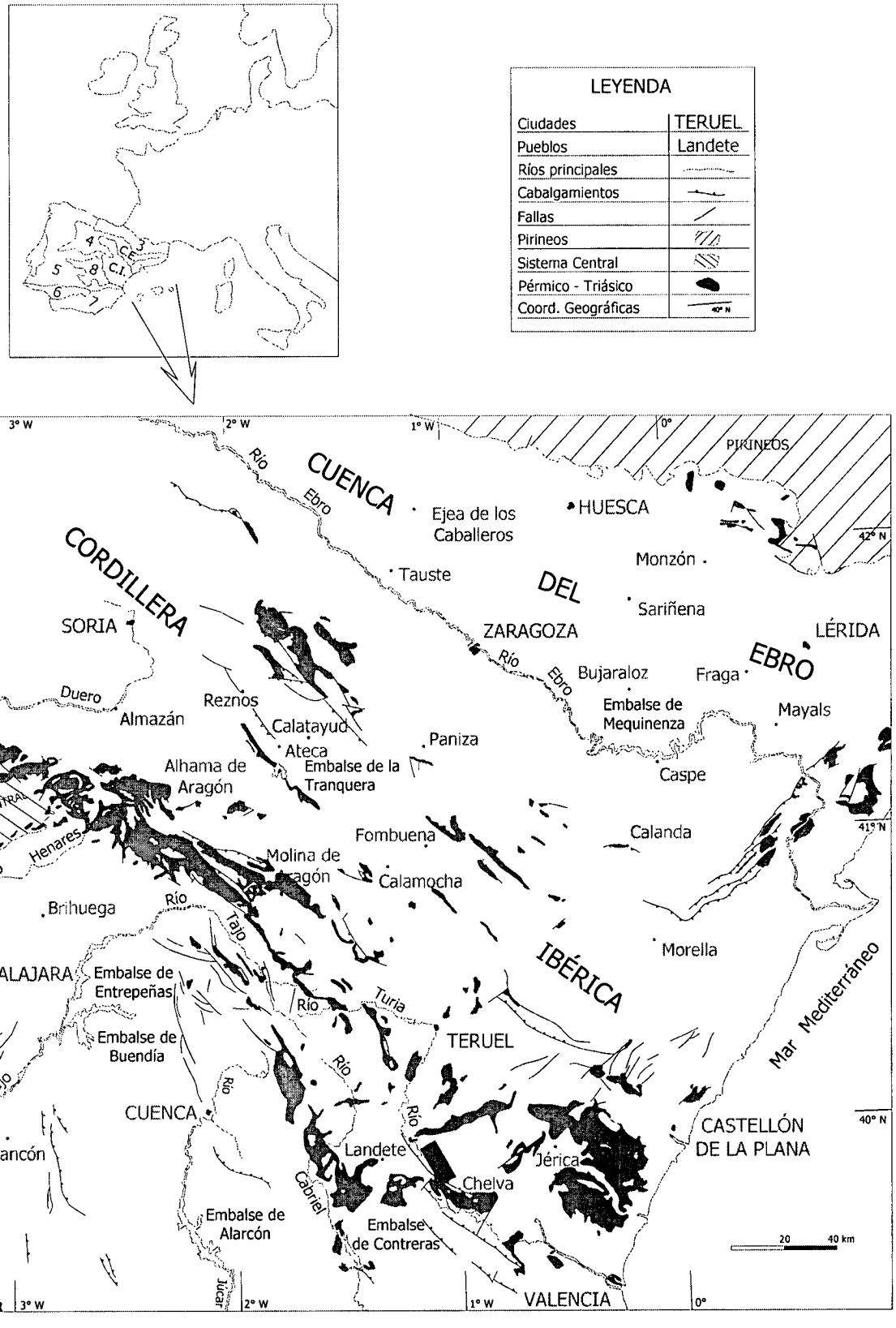
4. ENCUADRE GEOLÓGICO

La zona que vamos a estudiar en el presente trabajo se centra en la parte noreste de la Península Ibérica, concretamente en la Cordillera Ibérica y Cuenca del Ebro (fig. 14). EL área que estudiamos, algo más pequeña que la extensión completa de la Cordillera Ibérica y Cuenca del Ebro, se encuentra entre las coordenadas geográficas 0° 14' E - 2° 38' W de longitud y 39° 45' N - 42° 8' N de latitud, aproximadamente.

Durante el Pérmico y el Triásico, la Cuenca Ibérica y la Cuenca del Ebro formaban parte de la Microplaca Ibérica, incluida ésta en el supercontinente Pangea. En este periodo de tiempo tiene lugar una importante reorganización de placas, acompañada de una rotación de Pangea en el sentido de las agujas del reloj, que durante el Pérmico fue de unos 20° y durante el Triásico de unos 17° (Ziegler, 1990). La reorganización de los límites de placas probablemente llevó consigo también una reorganización en el sistema de convección del manto al pasar de un sistema compresivo a uno distensivo (Ziegler, 1990; Ziegler *et al.*, 2001). Este cambio de régimen tectónico en la litosfera durante el Mesozoico dio lugar a la formación de un sistema de rifts triásicos en el interior de Pangea, que obedecieron a las direcciones previas de suturas Paleozoicas y Precámbricas y que servirán como ejes de ruptura del supercontinente en el Jurásico (Ziegler, 1990; Ziegler y Stampfli, 2001; Ziegler *et al.*, 2001). La ruptura de Pangea en el Jurásico Inferior (Stampfli y Borel, 2002) se produjo a la vez que se abrían el Océano Atlántico central y el NeoTethys, con el consiguiente cierre del PaleoTethys en el Triásico Medio (Stampfli y Borel, 2002).

Durante el Pérmico, Europa Central y Occidental estuvieron situadas en el Hemisferio Norte y caracterizadas por un clima general árido a semiárido. A lo largo del Triásico, Europa se fue desplazando hacia el norte, con lo que las condiciones climáticas cambiaron a más cálidas y húmedas, favorecidas también por la transgresión del Mar de Tethys a lo largo de los rifts ya formados. Este clima árido a semiárido se manifestó por la sedimentación de capas rojas y evaporitas en toda Europa Occidental y Central durante el Triásico (Ziegler, 1990).

Scotese y Langford (1995) sostienen que la Placa Ibérica estuvo situada en el Hemisferio Sur durante el Pérmico Inferior y se fue desplazando hacia el norte pasando a ocupar el Hemisferio Norte en el Pérmico Superior. Otros autores, como Ziegler (1990), Yilmaz *et al.* (1996) y Stampfli *et al.* (2001), sitúan a la Placa Ibérica en el Hemisferio Norte durante todo el Pérmico, muy cerca del ecuador, desplazándose hacia el norte a lo largo del Mesozoico y llegando a situarse sobre el paralelo 30° N en el Jurásico Inferior. En cualquier caso, durante esta etapa la Placa Ibérica se encontraba en el margen E de Pangea y cerca del ecuador.



4.1. LA CORDILLERA IBÉRICA

La actual Cordillera Ibérica, de dirección noroeste-sureste, está limitada al norte por la Cuenca del Ebro, al noreste por la Cordillera Costero Catalana y al oeste por la Cuenca del Duero, el Sistema Central y la Cuenca del Tajo. Esta cordillera surgió como resultado

de la Orogenia Alpina, ocurrida durante el Terciario, que produjo la inversión tectónica, plegamiento y cabalgamiento de la Cuenca Ibérica mesozoica, dando lugar a la cordillera tal y como la conocemos hoy en día. Comprende dos ramas separadas por la cuenca terciaria de Calatayud-Teruel: la Rama Castellana u Occidental y la Rama Aragonesa u Oriental.

Nuestro estudio se centra en un conjunto de series de campo y sondeos repartidos por toda la Cordillera Ibérica, principalmente de la Rama Castellana, que cubren las provincias de Zaragoza, Guadalajara, Cuenca, Teruel, Castellón y Valencia. Esta zona está drenada por los ríos Turia, Cabriel y Júcar al sur, el río Tajo y el Henares al oeste y por el río Duero al norte.

La Cordillera Ibérica es en la actualidad una cadena plegada con una serie de fracturas tardihercínicas y alpinas de orientación NW-SE y otra serie de fracturas conjugadas menos importantes de orientación NE-SW. Se extiende a lo largo de unos 430 km. desde el este de Burgos (Rama Aragonesa) hasta la costa mediterránea entre Castellón y Valencia.

La Cordillera Ibérica constituía una cuenca intracratónica distensiva en el Pérmico y el Triásico. Comenzó a formarse en el Pérmico Inferior como una cuenca rift sobre un basamento hercínico formado por pizarras de edad Ordovícico-Silúrico con fracturas que controlaron el desarrollo y la orientación de la cuenca. Estas fracturas, formadas en las fases tardías de la Orogenia Hercínica y de dirección NW-SE, se reactivaron como fallas normales y lístricas durante la formación de la Cuenca Ibérica, dando lugar a una extensión asimétrica que se iba propagando hacia el sureste (Arche y López-Gómez, 1996).

La extensión continuó hasta finales del Cretácico, interrumpida con etapas de relativa inactividad (Van Wees *et al.*, 1998), teniendo lugar posteriormente la Orogenia Alpina y la inversión de la cuenca, como ya se dijo anteriormente. Esta compresión e inversión se vio favorecida por la debilidad que presentaba la corteza en esta zona, debida a la extensión a que fue sometida, que adelgazó y fracturó la corteza durante todo el Mesozoico.

4.2 LA CUENCA DEL EBRO

La Cuenca del Ebro está limitada por los Pirineos al norte, por la Cordillera Costero Catalana al este y por la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica al sur y suroeste. Constituye la cuenca de antepaís o *foreland* de la Cordillera Pirenaica, formada durante la compresión terciaria debida a la colisión entre el continente europeo y la Placa Ibérica durante el Paleógeno-Aquitaniense (Puigdefábregas *et al.*, 1986). Esta compresión generó unos cabalgamientos que dieron lugar a la actual depresión del Ebro, desplazando los materiales desde el norte hacia el sur, y acortando la cuenca en unos 100 km. según Roure *et al.* (1989), o incluso 165 km. según Beaumont *et al.* (1999).

En la Cuenca del Ebro estudiamos una serie de sondeos que cubren un área desde el noroeste hasta el sureste de la cuenca, dentro de las provincias de Zaragoza, Huesca y

Lérida. Toda la cuenca está drenada por el río Ebro, que la atraviesa de noroeste a sureste, desembocando en el Mar Mediterráneo en la provincia de Tarragona.

La depresión terciaria del Ebro constituye una extensa zona con morfología triangular. Se forma y se individualiza durante el Paleógeno, estableciéndose como cuenca s.s. en el Mioceno.

En toda la cuenca los depósitos pérmicos y triásicos se disponen a miles de metros por debajo de la superficie, necesitando por ello datos de subsuelo para poder estudiarlos. Únicamente afloran en algunas zonas de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. La configuración de la cuenca en el momento en el que estos sedimentos se depositaron correspondía a una serie de bloques levantados y hundidos según dos direcciones de fracturas principales: NE-SW y WNW-ESE (Jurado, 1988).

5. ANTECEDENTES

5. ANTECEDENTES

En este capítulo se tratarán los antecedentes del presente trabajo teniendo en cuenta, en primer lugar, la geología regional de la zona que se estudia, esto es, la Cuenca Ibérica y la Cuenca del Ebro en el Pérmico y en el Triásico, sin entrar en la parte de estratigrafía que se trata en el capítulo 6, y en segundo lugar los métodos de análisis de la subsidencia utilizados por otros autores en la zona de estudio anteriormente al llevado a cabo en este trabajo.

No se citarán las referencias antiguas realizadas sobre los sedimentos del Pérmico y el Triásico, ya que existen trabajos en los que se hace una revisión detallada de todos ellos en lo que se refiere a la estratigrafía y la sedimentología en este intervalo de tiempo en diferentes zonas de la Península Ibérica. Así tenemos los trabajos de Hernando (1977) y Sopeña (1979) para la zona NW de la Cordillera Ibérica, Ramos (1979), Pérez-Arlucea (1985) y García Gil (1990) para la zona central, López Gómez (1985) para la zona central y oriental, y Arribas (1984) y Jurado (1989) para el borde sur y parte central de la Cuenca del Ebro. También en López Gómez *et al.* (1998) se pueden consultar las referencias más importantes sobre el Triásico Medio y Superior en facies carbonatadas (Muschelkalk) en la zona de la Cuenca Ibérica, Cuenca del Ebro, Catalánides y Pirineos. En López-Gómez *et al.* (2002) se encuentra la revisión más actualizada realizada sobre los sedimentos del Pérmico y Triásico de toda la Península Ibérica.

5.1. GEOLOGÍA REGIONAL

En este apartado se describirán las fases tectónicas principales que se observan durante la formación de las cuencas Ibérica y Ebro en el intervalo Pérmico-Triásico, sin entrar en la descripción sedimentológica y estratigráfica de los materiales que las rellenaron, que como se dijo anteriormente, se describe de forma detallada en el capítulo 6. Estas fases principales, cada una con unas características tectónicas, magmáticas y sedimentológicas diferentes, son cuatro: la primera abarca del Carbonífero Superior al Pérmico Inferior, la segunda está en el Pérmico Superior, la tercera comprende el Pérmico Superior y Triásico Inferior, y la cuarta el Triásico Medio y Superior.

- 1ª fase: durante el Carbonífero Superior-Pérmico Inferior la Placa Ibérica estaba formada por pequeñas cuencas continentales aisladas situadas en Asturias-Pirineos, la Cuenca Ibérica y el borde sur del Macizo Ibérico. En este periodo se producen unos reajustes tectónicos tras la orogenia Hercínica generándose fallas en dirección que siguen antiguas suturas (Salas y Casas, 1993; Doblas *et al*, 1994; Arche y López Gómez, 1996). El relleno de estas pequeñas cuencas está formado por abanicos aluviales, depósitos lacustres y brechas, y en su parte inferior se intercalan rocas volcánicas y volcanoclásticas (Lago *et al*, 1992). Este periodo de extensión finalizó en el Autuniense superior con una etapa de levantamiento, basculamiento y erosión.

- 2ª fase: durante el Pérmico Superior (Thüringiense) se renovó la extensión y se desarrollaron cuencas *rift* más amplias que las del periodo anterior. Todas estas cuencas carecen de rocas volcánicas en la Cuenca Ibérica, aunque se encuentran diques monzoníticos en el Sistema Central (González-Casado *et al.*, 1996) y sólo en los Pirineos se localizan abundantes rocas basálticas en este periodo (Lucas y Gisbert, 1995). La Cuenca Ibérica y Cuenca del Ebro, separadas por el umbral de Ateca, se rellenaron con depósitos aluviales y lacustres denominados "facies Saxonienses", con secuencias granodecrecientes interpretadas como pulsos de origen tectónico (Virgili *et al.*, 1976; Sopeña *et al.*, 1988; Arche y López-Gómez, 1996). Las fallas límite de las cuencas eran lístricas con trazas curvas, extensión lateral limitada, fallas de transferencia asociadas y con poca profundidad.

- 3ª fase: durante el Pérmico Superior-Triásico Inferior se desarrolló un régimen extensional que provocó un gran cambio en la geometría de las cuencas sedimentarias y los medios de sedimentación. Se formaron las cuencas del Tajo y del Ebro y se comenzó a abrir un nuevo *rift* a lo largo del margen E de Iberia que creará el sistema de *rifts* Cataluña-Valencia-Prebético (Marzo y Calvet, 1985; Sopeña *et al.*, 1988; Arche y López Gómez, 1996). En esta fase no hubo actividad volcánica, aunque intruyeron diques monzo-graníticos en el Sistema Central (González-Casado *et al.*, 1996).

El relleno continental de estas cuencas está marcado por numerosas interrupciones, evidenciado por el desarrollo de suelos y suaves discordancias. A principios del Anisiense tuvo lugar en la Cuenca Ibérica un corto pero intenso periodo de extensión *sinrift* en el que se acumularon varios centenares de metros de sedimentos aluviales en el SE y centro de esta cuenca (Ramos, 1979; García Royo y Arche, 1987; Pérez Arlucea, 1985; Arche y López Gómez, 1999).

Como las cuencas tenían orientación E-W (Pirineos), NW-SE (Ibérica y Ebro) y NE-SW (Cataluña-Valencia-Prebético) se ha propuesto la existencia de dos campos de esfuerzos simultáneos por Arche y López-Gómez (1996), uno relacionado con las fallas del Golfo de Vizcaya y de Gibraltar, responsable de las dos primeras, y otro relacionado con el *rift* de Hesse-Burgundy que a través de Provenza se propagó hacia el SW y causó la tercera.

- 4ª fase: el periodo Triásico Medio-Superior es, básicamente, una fase de subsidencia *postrift* en el que tres sucesivas transgresiones del Tethys cubrieron el borde E de la Microplaca Ibérica (Meléndez y Aurell, 1995; Ortí *et al.*, 1996; López-Gómez *et al.*, 1998). La subsidencia, sin embargo, no fue uniforme y en las zonas más subsidentes se depositaron evaporitas en el Anisiense y el Carniense, mientras que en las de menor subsidencia se acumularon sedimentos siliciclásticos fundamentalmente (Castillo, 1974; Jurado, 1990; Ortí, 1990; Bartrina y Hernández, 1990). Durante el Carniense superior-Noriense se emplazaron cuerpos subvolcánicos y ofitas de naturaleza basáltica

alcalina, ligados a una fase de extensión (Lago y Pocovi, 1984; Navidad y Álvaro, 1985; Bastida *et al.*, 1989), que quizás preludia la apertura del Atlántico Norte y la Cuenca Lusitana (Schermelholm *et al.*, 1978; Ferreira, 1983).

5.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS

En este apartado se citarán los trabajos previos existentes en los que se aplican las técnicas utilizadas en el presente estudio para el cálculo de la subsidencia (*backstripping* y *forward modelling*) en la Cuenca Ibérica y Cuenca del Ebro para el Mesozoico.

El concepto de "análisis geohistórico" como el uso de una técnica que permite cuantificar la historia geológica de una cuenca fue introducido por Van Hinte en 1978. Aplica el cálculo de tasas de subsidencia y de compactación a la exploración de hidrocarburos. En su trabajo realiza unos diagramas geohistóricos en los que muestra curvas de subsidencia total, que reflejan el movimiento vertical del basamento, y curvas de subsidencia tectónica.

En la Península Ibérica, el trabajo de Álvaro (1987) fue pionero en el análisis de la subsidencia. En él muestra la evolución de la subsidencia tectónica en dos zonas de la Cordillera Ibérica, una en la Rama Castellana y otra en la Rama Aragonesa (zona de Cañete-Zafrilla y zona de Mora de Rubielos-Manzanera) durante el Mesozoico. Aplicando el modelo de McKenzie determina un ciclo de *rifting* y subsidencia térmica en el Triásico y Jurásico y otro ciclo en el Cretácico Inferior.

Posteriormente, Sánchez-Moya *et al.* en 1992 aplican la técnica de *backstripping* y siguen el modelo de McKenzie (1978) en tres zonas diferentes dentro del sector central de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. Apuntan que la subsidencia inicial que se obtiene a partir de los datos es menor o igual que la que predice el modelo de McKenzie, mientras que la subsidencia térmica es mucho mayor. Diferencian dos ciclos de *rifting*-subsidencia térmica: el primero en el Triásico-Jurásico y el segundo en el Cretácico. En el primer ciclo las facies Buntsandstein y Muschelkalk corresponden a la fase *sinrift* y la facies Keuper y el Jurásico a la fase *postrift*.

Salas y Casas (1993) cuantifican la subsidencia en el E de la Cuenca Ibérica durante el Mesozoico utilizando la técnica de *backstripping* y asumiendo el modelo de McKenzie (1978). Determinan dos etapas de subsidencia *sinrift*: la primera en el intervalo Pérmico Superior-Hettangiense y la segunda en el Jurásico Superior-Cretácico Inferior, y dos etapas *postrift* que aparecen después de cada etapa de *rifting* anterior: la primera en el Jurásico Inferior y Medio y la segunda en el Cretácico Superior.

Van Wees (1994), en lo que constituye su tesis doctoral, analiza la subsidencia de la Cordillera Ibérica y Cuenca del Tajo con la técnica de *backstripping*, aplica por primera vez el *forward modelling* para cuantificar tasas de extensión y estudia la evolución reológica de la litosfera en estas zonas durante el Mesozoico, que como esperaba, es más débil que la de las

zonas de alrededor. Distingue tres fases principales de *rifting* durante el intervalo estudiado: la primera abarca desde el Triásico hasta el Oxfordiense inferior (Jurásico Superior) y está caracterizada por una subsidencia continua; la segunda fase, del Oxfordiense al Albiense inferior (Cretácico Inferior), está caracterizada por periodos de levantamiento y subsidencia, y la tercera fase comprende del Cenomaniense al Senoniense inferior y está caracterizada por una subsidencia uniformemente acelerada.

Van Wees y Stephenson (1995) realizan el *backstripping* en varias secciones y sondeos de la Cordillera Ibérica y Cuenca del Tajo y emplean por primera vez la técnica de *forward modelling* equivalente a la que se utiliza en el presente trabajo, en la que se puede aplicar el modelo de McKenzie (1978) y el modelo de Royden y Keen (1980). La diferencia con el programa de modelización que se usa en este proyecto de tesis es que en el de Van Wees y Stephenson no se pueden introducir más de tres fases de estiramiento en cada curva estudiada. Analizando los sedimentos mesozoicos obtienen tres fases de extensión seguidas cada una de ellas por fases de subsidencia térmica: la primera fase *sinrift* aparece en el Triásico-Jurásico Inferior, la segunda fase, caracterizada por levantamiento seguido por una subsidencia moderada, aparece en el Oxfordiense-Albiense inferior, y la tercera fase, desde el Cenomaniense superior hasta el Senoniense inferior, está caracterizada por una aceleración de la subsidencia. Los trabajos de Van Wees (1994) y Van Wees y Stephenson (1995) suponen, por tanto, un avance significativo en los cálculos de subsidencia al poder aplicar la nueva técnica de modelización que permite definir con mayor precisión las fases de subsidencia.

Arche y López-Gómez en 1996, dentro del trabajo en el que establecen el origen de la Cuenca Ibérica en el Pérmico y Triásico, realizan una serie de curvas de subsidencia aplicando la técnica de *backstripping* con el modelo de McKenzie (1978) en las que determinan cuatro fases de apertura seguidas por el comienzo de un periodo de subsidencia térmica: la primera fase aparece en el Pérmico Inferior y termina con levantamiento y erosión de la cuenca, la segunda fase termina igual que la anterior y se observa en el Pérmico Superior, la tercera fase abarca del Pérmico Superior al Triásico Medio y constituye un periodo de *rifting*, y la cuarta fase aparece en el Triásico Medio-Jurásico Inferior y representa una fase de subsidencia térmica.

La primera aplicación del modelo que se usa en el presente trabajo se llevó a cabo en Van Wees *et al.* (1998), donde el programa permitía introducir, por primera vez, un número ilimitado de fases de apertura en la modelización. En este trabajo se emplea el *backstripping* y los modelos de McKenzie (1978) y de Royden y Keen (1980) para el *forward modelling*. A partir de un detallado análisis estratigráfico obtienen que la historia de la subsidencia de la Cuenca Ibérica está marcada por numerosos pulsos de *rifting* de corta duración interrumpidos por periodos de subsidencia térmica y de relativa inactividad tectónica. Así, determinan una fase de subsidencia rápida en el Pérmico Inferior y otra en el Pérmico Superior, una

tercera fase que ocupa el Triásico Inferior y Medio, una cuarta fase en el Retiense (Triásico Superior)-Hettangiense (Jurásico Inferior), la quinta fase en el Pliensbachiense-Toarciense (Jurásico Inferior), una sexta fase que ocupa el Jurásico Superior, una séptima durante todo el Cretácico Inferior y la octava al comienzo del Cretácico Superior.

Hasta Van Wees *et al.* (1998) los diversos trabajos realizados no coinciden en las fases definidas. Esto podría ser porque el nivel de detalle en cada uno de ellos es diferente, los primeros abarcan periodos de tiempo muy largos y, por tanto, las fases cortas *sinrift* y *postrift* se solapan unas con otras. En el presente trabajo, al tener el mayor nivel de detalle hasta el momento, se han podido diferenciar numerosas fases dentro de las grandes definidas en los trabajos anteriores.

Arche y López-Gómez (1999) calculan la subsidencia de dos secciones representativas del SE de la Cordillera Ibérica (Cañete y Chóvar-Eslida) y relacionan la subsidencia con la arquitectura fluvial de los cuerpos sedimentarios Pérmico-Triásicos observada en campo. Consideran que el estilo del relleno continental de la Cuenca Ibérica en este intervalo de tiempo está controlado por la tasa de subsidencia, el aporte de sedimentos y los cambios en el área fuente, todo ello controlado, a su vez, por la tectónica. Determinan tres episodios de *rifting*: el primero en el Pérmico Inferior, el segundo en el Pérmico Superior y el tercero durante el Pérmico Superior-Triásico Inferior.

Van Wees y Beekman (2000) amplían el estudio de la reología de la litosfera realizado por Van Wees en 1994 analizando cuatro sondeos en cuatro cuencas que han sufrido inversión tectónica, siendo una de ellas la Cuenca Ibérica. Realizan el *backstripping* y el *forward modelling* y obtienen que, sobre todo durante la etapa de inversión, se produce un aumento de la resistencia de la litosfera a la deformación en todas las cuencas del orden del 20% en relación con sus valores iniciales. La presencia de fallas pre-existentes hace que la corteza superior se debilite, mientras que en el manto superior esto ocurre por la existencia de mecanismos dúctiles en zonas de cizalla o por la presencia de material reológicamente débil. Esto influye en la resistencia de la litosfera.

Salas *et al.* (2001) cuantifican la subsidencia tectónica en la Cuenca de Cameros, del Maestrazgo y el sur de la Cuenca Ibérica y dividen la evolución del sistema de *rift* Ibérico durante el Pérmico Superior y el Mesozoico en cuatro etapas: la primera aparece en el Pérmico Superior-Triásico y pertenece a una etapa de apertura; la segunda, que corresponde a una fase *postrift*, aparece en el Jurásico Inferior y Medio; la tercera, en el Jurásico Superior-Cretácico Inferior, es la segunda fase *sinrift*, y la cuarta aparece en el Cretácico Superior y corresponde a otra etapa *postrift*.

En cuanto a la Cuenca del Ebro, son escasos los trabajos en los que se estudia la historia de la subsidencia. Desegaulx y Moretti (1988) aplican la técnica de *backstripping* y muestran las curvas de subsidencia total y tectónica obtenidas para siete sondeos. Definen tres fases

generales de subsidencia: una en el Triásico-"Infralias", la segunda desde el Kimmeridgiense (Jurásico Superior) hasta el Albiense (Cretácico Inferior) y la tercera desde el Senoniense (Cretácico Superior) hasta la actualidad, y relacionan la evolución de la subsidencia de la Cuenca del Ebro con la de la Cuenca de Aquitania durante el Mesozoico y Cenozoico.

Jurado (1989), en lo que constituye su tesis doctoral, y posteriormente la misma autora (1990) estudia el Triásico del subsuelo de la Cuenca del Ebro analizando e interpretando numerosas diagrafías y perfiles sísmicos. Destaca la existencia de un depocentro en la zona central de la cuenca, en la que tuvo lugar la sedimentación de las evaporitas triásicas y que muestra en una serie de mapas de isopacas junto con el resto de las unidades triásicas. Apunta, también, la inexistencia de lo que se consideraba hasta entonces el "macizo del Ebro" durante el Mesozoico.

Zoetemeijer *et al.* (1990) estudian la dinámica de la litosfera y la evolución tectono-estratigráfica de la Cuenca del Ebro utilizando para ello tres perfiles que cortan los Pirineos, la Cuenca del Ebro y la Cordillera Costero-Catalana al este y la Cordillera Ibérica al oeste. Definen un modelo de placa partida en la que suponen que la placa Ibérica podría estar formada por dos placas que se moverían de manera independiente a raíz del empuje de la placa Europea durante el Terciario. La compresión dio lugar a una zona hundida, que correspondería a la Cuenca del Ebro, y dos zonas elevadas alrededor de esta correspondientes a los Pirineos y la Cordillera Ibérica. Observan que el espesor de la litosfera en la zona de la Cuenca del Ebro es considerablemente menor que en las zonas de alrededor, por lo que la placa podría haberse fracturado por esta zona.

6. ESTRATIGRAFÍA DE LOS MATERIALES PÉRMICOS Y TRIÁSICOS DE LA CORDILLERA IBÉRICA Y CUENCA DEL EBRO

6. ESTRATIGRAFÍA DE LOS MATERIALES PÉRMICOS Y TRIÁSICOS DE LA CORDILLERA IBÉRICA Y CUENCA DEL EBRO

En este capítulo se describe brevemente cada una de las formaciones y unidades estratigráficas no formales utilizadas en la descripción del Pérmico y Triásico de la Cordillera Ibérica y de la Cuenca del Ebro usadas para realizar el análisis de la subsidencia. No se hace una descripción detallada de la estratigrafía y sedimentología de cada una de ellas, ya que no es el objetivo de este trabajo, pero se lleva a cabo una pequeña descripción indicando quién definió cada unidad o formación, su edad, los límites con la unidad inferior y superior, una breve descripción litológica y la interpretación del ambiente sedimentario, ya que es necesario utilizar datos como el espesor, edad, litología y paleobatimetría de cada unidad para poder obtener las curvas que nos dan la subsidencia que tuvo lugar en cada zona.

En la Cuenca del Ebro se han utilizado las formaciones descritas para la zona de Cañete (Cordillera Ibérica) en aquellos sondeos situados en el centro de la cuenca, ya que en ellos aparecen las tres unidades de facies Muschelkalk, mientras que en las definidas para el SW de la Cuenca del Ebro sólo aparecen dos unidades al ser zona de borde de cuenca. Se podrían usar las unidades definidas en Catalánides, pero al estar estudiadas con mayor detalle en la Cordillera Ibérica, especialmente aquellas en facies Buntsandstein, y ser similares a las que aparecen en la zona antes citada de Cañete, se han propuesto éstas para usarlas en la zona del Ebro estudiada.

Se describirán en primer lugar las unidades presentes en la zona estudiada de la Cordillera Ibérica, diferenciando las de edad pérmica y las de edad triásica, siguiendo un orden de base a techo según las figuras 15 y 16, y sin separar por localización geográfica, distinción que se puede seguir en estas figuras. Se pasa posteriormente a la descripción de las unidades del SW de la Cuenca del Ebro para el Pérmico y para el Triásico. En otro apartado se señalarán las dataciones realizadas por los diversos autores para cada unidad y formación para el intervalo de tiempo estudiado.

Las Formaciones utilizadas para el Jurásico, Cretácico y Terciario en ambas cuencas no se describen como se hace para las del Pérmico y Triásico, ya que están fuera del objetivo directo de esta tesis, pero se han tenido en cuenta para llevar a cabo el análisis de la subsidencia, debido a que es necesario tener un registro lo más completo posible desde el basamento hasta la actualidad. Por eso, al final de este capítulo se hace referencia a los autores que definieron estas unidades y los trabajos de donde se ha extraído la información necesaria (edad, litología, etc.) de cada formación. Así mismo, se puede ver la subdivisión realizada para el Jurásico, Cretácico y Terciario en las figuras 17, 18 y 19 respectivamente.

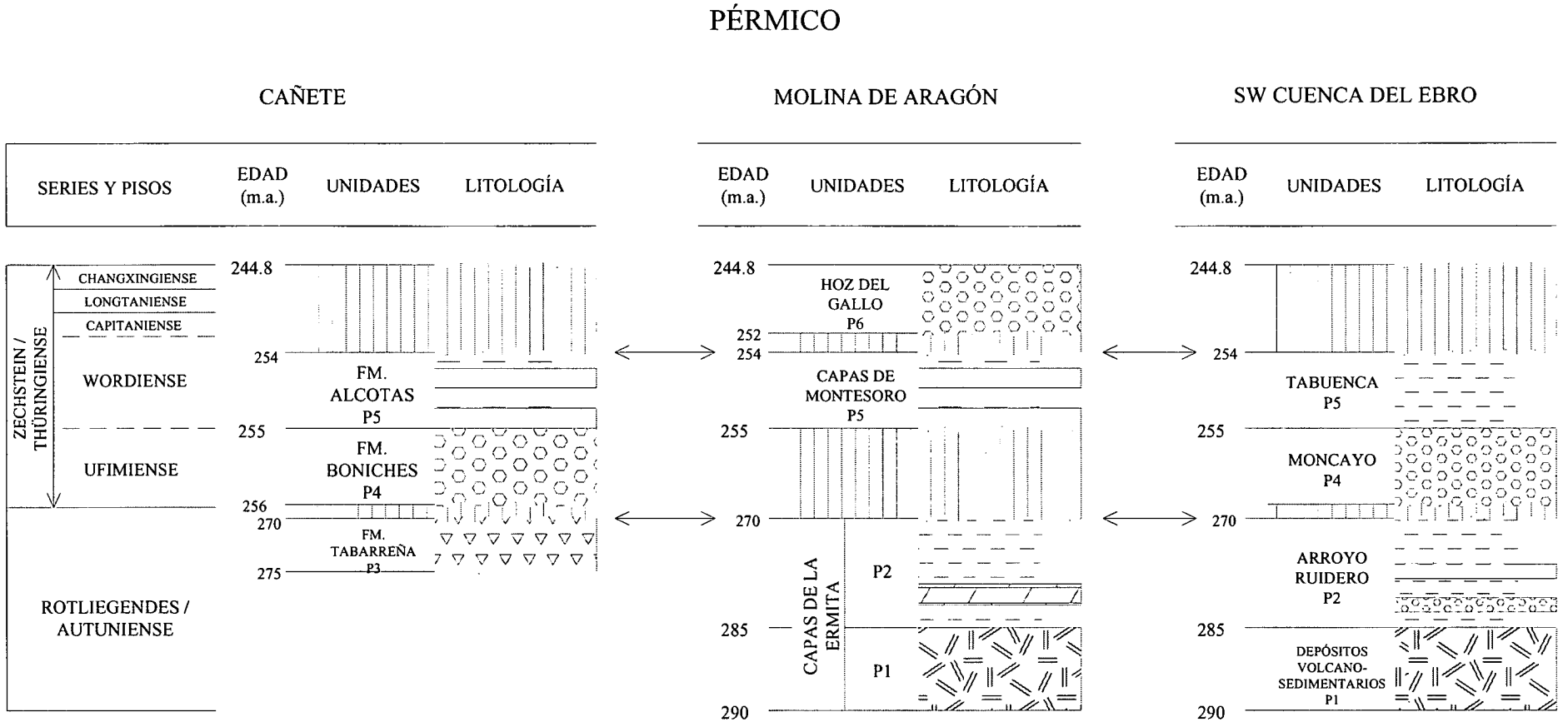
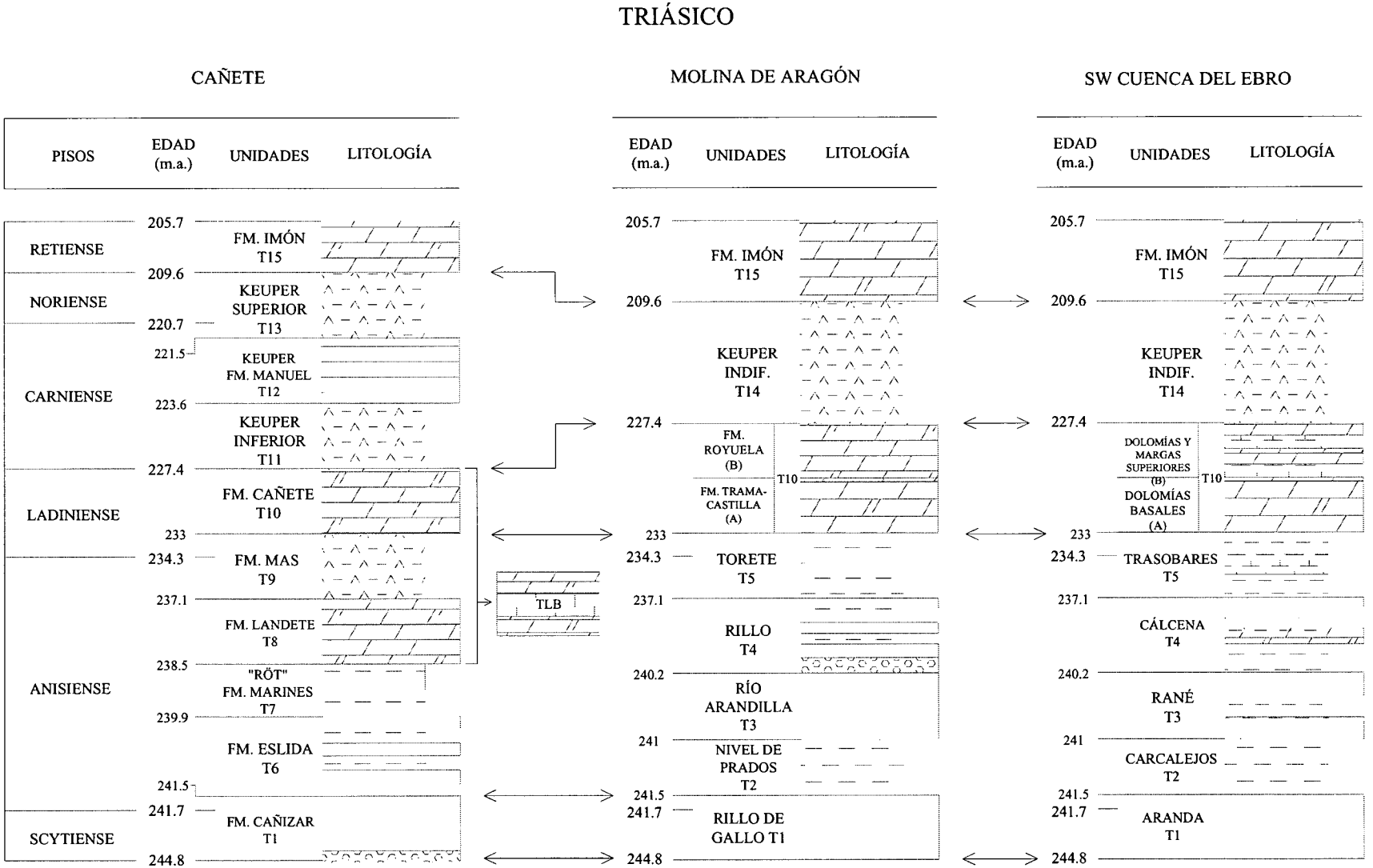


Fig. 15. Subdivisión de los sedimentos del Pérmico en la Cordillera Ibérica y SW de la Cuenca del Ebro



TLB= Triásico Levantino Balear (una sola unidad carbonatada: M1+M2+M3; López-Gómez *et al.*, 1998)

Fig. 16. Subdivisión de los sedimentos del Triásico en la Cordillera Ibérica y SW de la Cuenca del Ebro

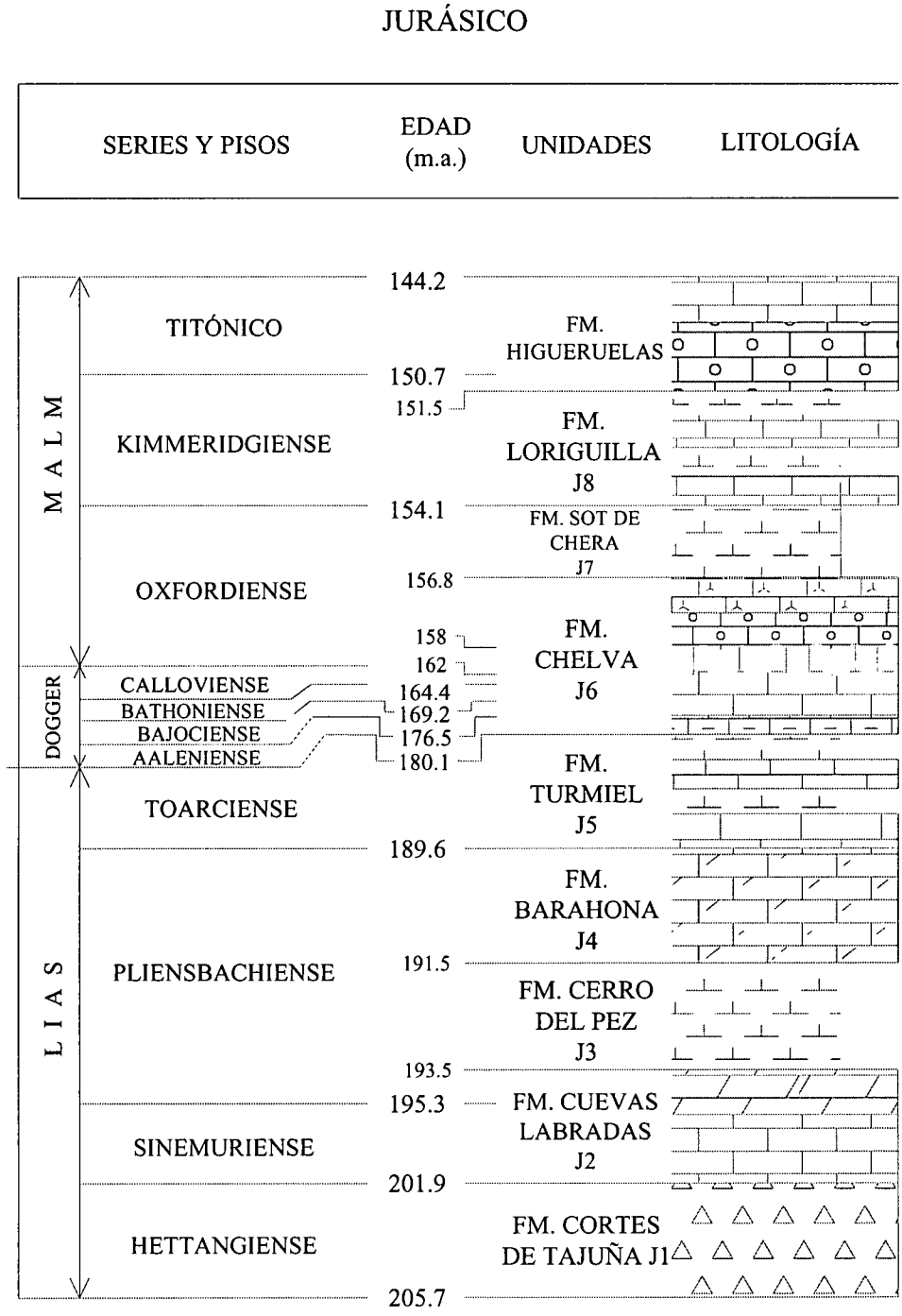
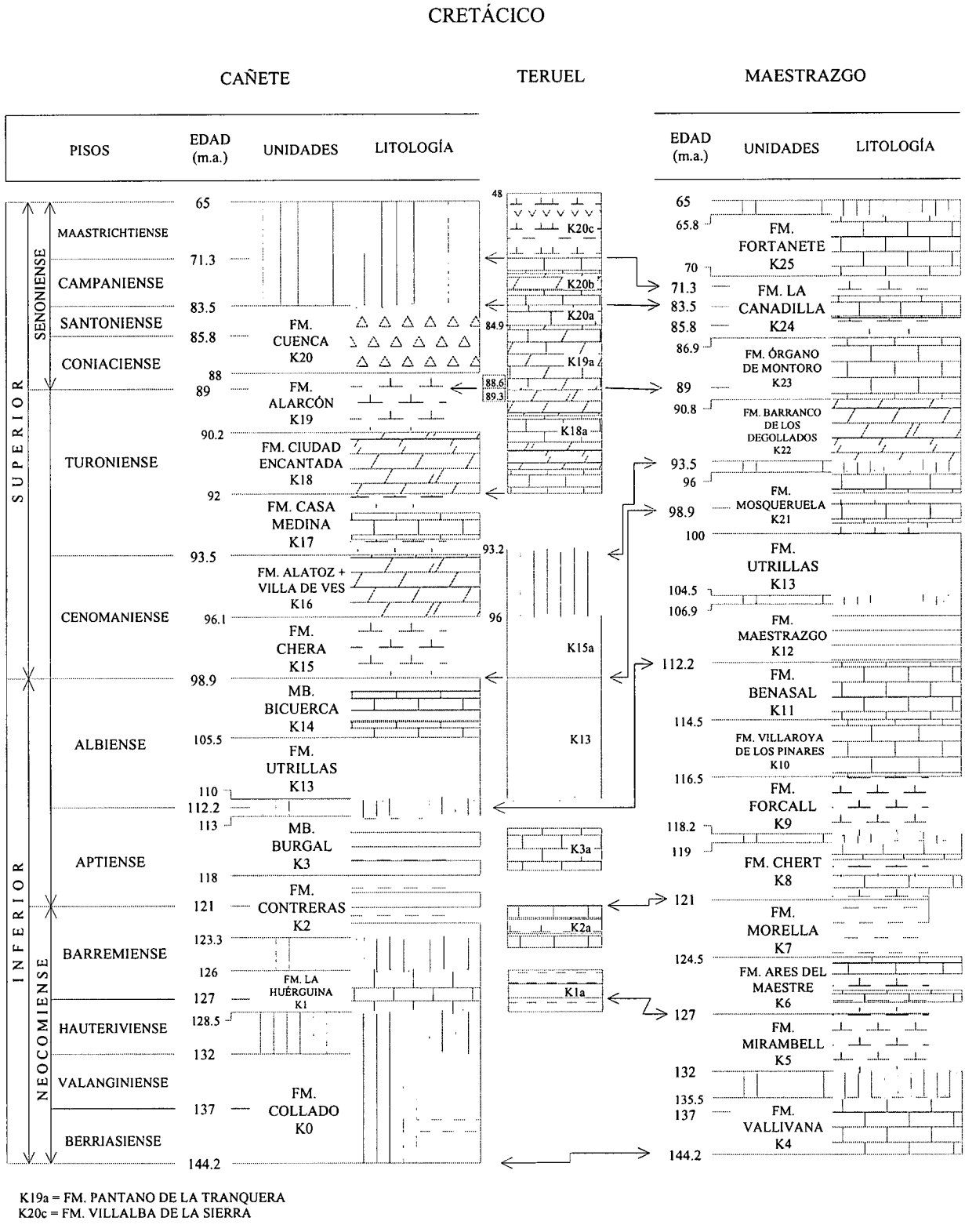


Fig. 17. Subdivisión de los sedimentos del Jurásico en la Cordillera Ibérica



K19a = FM. PANTANO DE LA TRANQUERA
K20c = FM. VILLALBA DE LA SIERRA

Fig. 18. Subdivisión de los sedimentos del Cretácico en la Cordillera Ibérica

TERCIARIO + CUATERNARIO

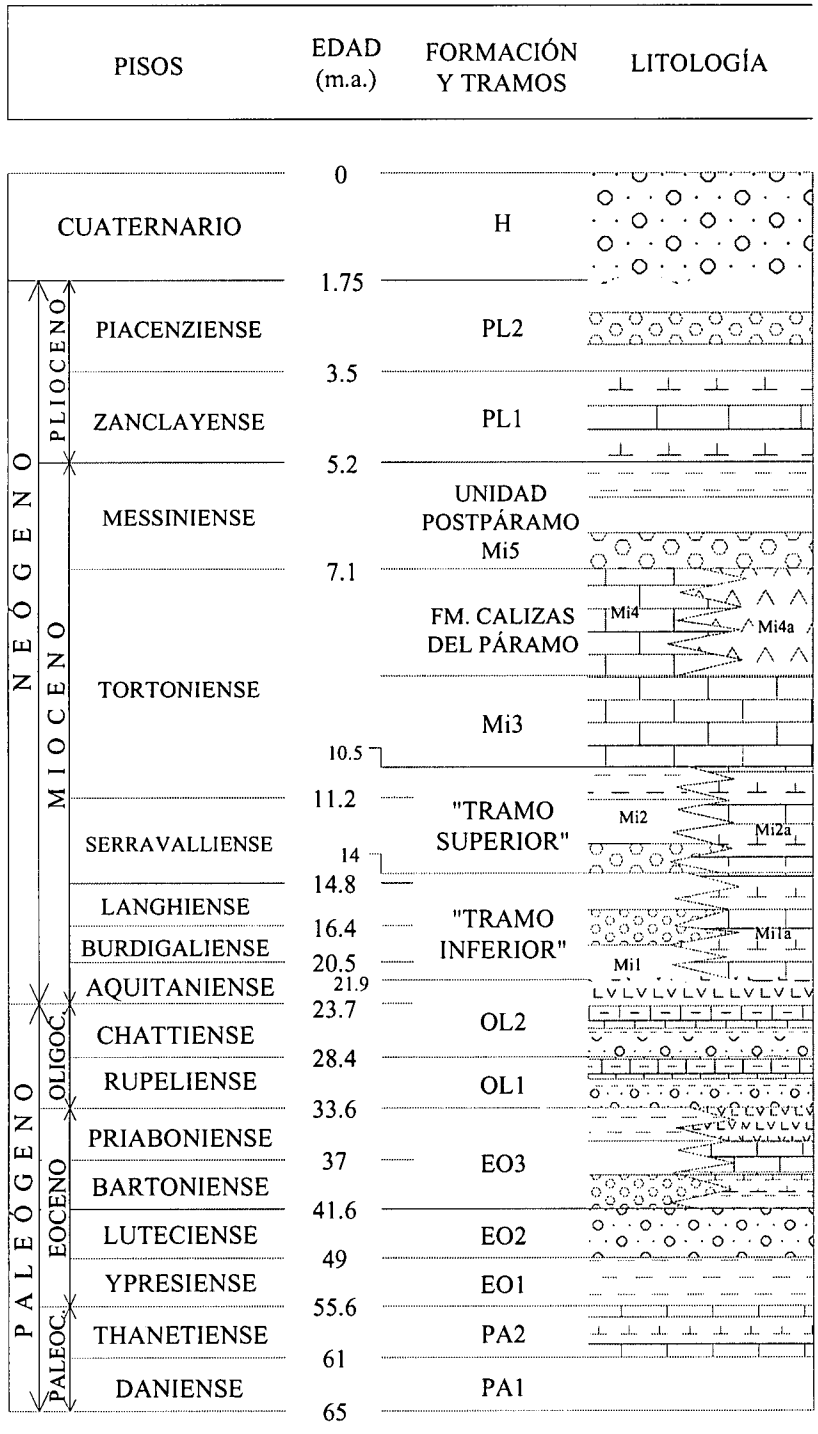


Fig. 19. Subdivisión de los sedimentos del Terciario en la Cordillera Ibérica y SW de la cuenca del Ebro

Los sedimentos que constituyen el Pérmico y Triásico de la Cordillera Ibérica se agrupan en unidades que serán descritas en el apartado 6.1. En estos sedimentos se han diferenciado una serie de secuencias o ciclos deposicionales separadas por discordancias angulares o hiatos importantes que están claramente producidas por etapas de actividad tectónica. Estos ciclos se pueden seguir desde la costa mediterránea hasta la zona de Molina de Aragón, en la provincia de Guadalajara. Por ello, ha sido posible hacer una correlación estratigráfica de estos sedimentos a lo largo de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, que se muestra en la figura 20. Se trata, por tanto, de una correlación de ciclos deposicionales claramente diferenciados sin pretender, especialmente para el Pérmico Inferior, correlacionar unidad por unidad. Esto nos permite incorporar unidades definidas en diferentes áreas geográficas en un ciclo deposicional determinado. Las secuencias diferenciadas son las siguientes:

S.D. I.- De edad Pérmico Inferior (Autuniense). Consta de las unidades Capas de la Ermita (P1+P2), compuesta por una parte inferior de origen volcánico y una parte superior lacustre, y la Fm. Tabarreña (P3), formada por unas brechas rojas, que se pueden correlacionar con la parte superior de la unidad Capas de la Ermita por su posición estratigráfica. Ambas unidades tienen una escasa extensión lateral y aparecen en la región de Molina de Aragón (P1+P2) y en la zona de Cañete-Albarracín (P3). En la serie de Chóvar-Eslida se han reconocido recientemente materiales volcánicos equivalentes a los que aparecen en la parte inferior de la unidad Capas de la Ermita (López-Gómez *et al.*, 2002).

S.D. II.- De edad Pérmico Superior (Thüringiense). Compuesta por unos conglomerados en la parte inferior definidos como Fm. Boniches (P4), que aparecen discordantes sobre el ciclo anterior o sobre el Paleozoico inferior, por la Fm. Lutitas y Areniscas de Alcotas (P5), que consiste en lutitas y areniscas rojas, y por la unidad Capas de Montesoro (P5), equivalente lateral de la unidad anterior. Las dos primeras formaciones aparecen en la región de Boniches hasta Chelva, mientras que la última aparece en la zona de Molina de Aragón.

S.D. III.- De edad Pérmico Superior (Thüringiense) a Triásico Inferior y Medio (Scytiense-Anisiense). Es una secuencia de características muy uniformes que se encuentra en casi toda la Cordillera Ibérica, excepto en el umbral de Cueva de Hierro. Está formada por los Conglomerados de la Hoz del Gallo (P6), discordantes sobre el ciclo anterior, sobre el ciclo I o sobre el Paleozoico inferior, y por la unidad Areniscas de Rillo de Gallo (T1) y Fm. Areniscas del Cañizar (T1), equivalentes laterales y formadas por areniscas arcósicas o cuarcíticas rosadas. A techo se pueden encontrar lutitas pertenecientes a la unidad Nivel de Prados (T2) o un hiato con decoloración, raíces y costras ferruginosas que indican una suave erosión y exposición subaérea prolongada. La unidad Hoz del Gallo aparece desde Cañete hacia el NW, mientras que las Areniscas del Cañizar y Rillo de Gallo se presentan en toda la Cordillera

Ibérica. La unidad Nivel de Prados aparece exclusivamente en la zona de Molina de Aragón.

S.D. IV.- De edad Triásico Medio (Anisiense). Su desarrollo lateral es más irregular que el ciclo anterior. Se compone de la Fm. Eslida (T6), formada por areniscas y lutitas y discordante sobre la Fm. Cañizar por un hiato sedimentario, y por la Fm. Marines (T7), formada por lutitas, margas y yesos y depositadas ya en un ambiente marino somero. Estas dos formaciones aparecen desde la zona de Teruel hasta la costa mediterránea y son equivalentes laterales de las unidades Areniscas del Río Arandilla (T3) y parte de la unidad Limos y Areniscas de Rillo (T4) respectivamente, que aparecen al W del umbral de Cueva de Hierro.

S.D. V.- De edad Triásico Medio-Superior (Anisiense-Ladiniense). Representa la facies Muschelkalk donde hay sedimentación carbonatada marina y los depósitos siliciclásticos equivalentes hacia el W. Consta de tres formaciones: Fm. Dolomías de Landete (T8), Fm. Areniscas, Margas y Yesos de El Mas (T9) y Fm. Dolomías y Calizas de Cañete (T10). Estas tres formaciones aparecen desde la zona de El Paraíso hasta Albarracín, mientras que en la costa mediterránea sólo hay un nivel carbonatado denominado tipo Levantino-Balear (TLB). Estas formaciones son equivalentes a las unidades siliciclásticas Limos y Areniscas de Rillo (parte superior de la unidad) y Limos y Areniscas abigarrados de Torete (T5), y a las carbonatadas Dolomías de Tramacastilla (T10A) y Dolomías, Margas y Calizas de Royuela (T10B) respectivamente, que aparecen desde el área de Molina de Aragón hacia el E. La Fm. Dolomías de Albarracín, equivalente a la Fm. Dolomías de Landete, desaparece en *onlap* sobre el umbral de Cueva de Hierro, mientras que la última de ellas superó por el N este umbral, pasando los últimos carbonatos de esta formación lateralmente al techo de la unidad Limos y Areniscas de Rillo, al E de Molina de Aragón.

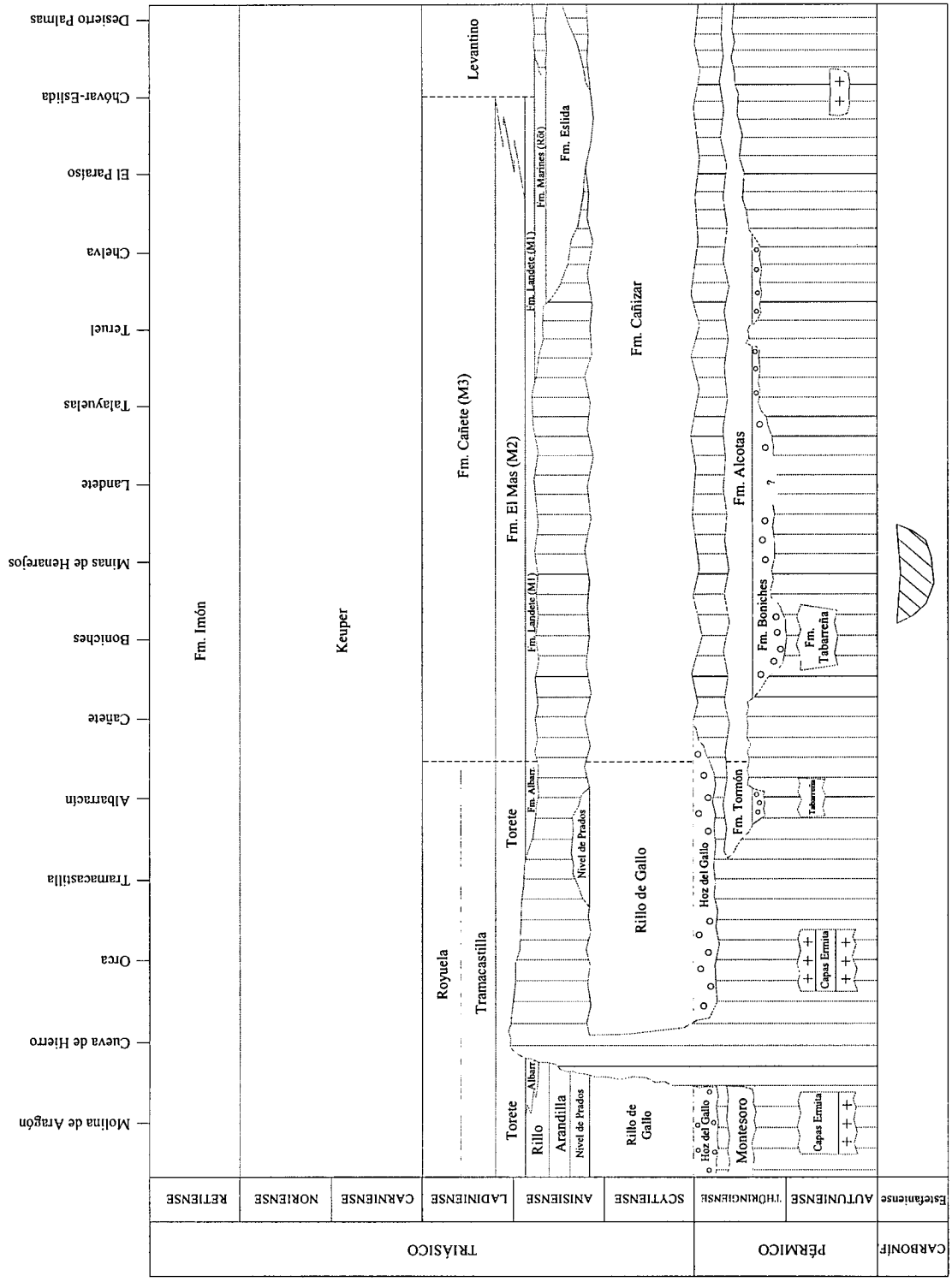


Fig. 20. Cuadro de correlación de las unidades estratigráficas de la Cordillera Ibérica desde el Mediterráneo hasta la zona de Molina de Aragón. Sin escala horizontal ni vertical.

6.1. CORDILLERA IBÉRICA

Los sedimentos Pérmicos y Triásicos que aparecen en la Cordillera Ibérica se han sintetizado en las columnas de las figuras 15 y 16 respectivamente. Al igual que para la Cuenca del Ebro, desde comienzos de la década de 1970 se han definido diferentes unidades litoestratigráficas para distintos puntos de la cuenca. En la presente memoria se superponen estratigráficamente algunas unidades que se consideran más representativas por su extensión, espesor, etc., aunque estas no tengan, con ese nombre, dicha sucesión según la definieron sus autores. Es decir, hacemos corresponder entre sí unidades que, con distinto nombre, consideramos que son equivalentes debido a su edad, litología, etc. Es, por tanto, una correlación informal para facilitar la nomenclatura, a veces numerosa, que se debe introducir en el análisis de la subsidencia, pero en ningún caso se ha intentado formalizar dichas correlaciones por no ser el objetivo de la presente memoria y, por supuesto, en ningún punto se ha añadido registro sedimentario alguno que no se haya descrito previamente por algún autor. A continuación se describe cada formación o unidad y se muestran las características más relevantes de cada una de ellas en la tabla 2 para el Pérmico y en la tabla 3 para el Triásico.

6.1.1. Pérmico

6.1.1.1. Descripción de las unidades y Formaciones

- *Capas de la Ermita* (P1 y P2). Unidad definida por Sacher (1966). Su edad es Autuniense, Pérmico Inferior. El límite inferior es discordante con los materiales del Paleozoico (Ordovícico y Silúrico). El límite superior es también un contacto discordante, generalmente con la unidad Capas de Montesoro. Consta de tres tramos, el inferior compuesto por areniscas de tipo volcanoclástico con conglomerados de cantos de naturaleza volcánica y algunos de cuarcita y pizarra, interpretado como canales de baja sinuosidad y productos de erupciones volcánicas; el tramo intermedio es una alternancia de limos con material volcánico y niveles carbonatados ferruginosos, interpretado como un medio lacustre con aportes fluviales, y el superior compuesto por dolomías silíceas con intercalaciones de limos, lo que podría indicar una somerización del lago con menos aportes clásticos (Ramos, 1979).

- *Brechas de Tabarreña* (P3). Definida por López-Gómez y Arche en 1986 como unidad Brechas basales y con rango de Miembro, y por los mismos autores en 1992 con rango de Formación. Se le atribuye una edad Autuniense (Pérmico Inferior) por comparación con facies análogas próximas. El límite inferior es discordante con las rocas del Paleozoico (cuarcitas y pizarras del Silúrico Inferior y Devónico), y el límite superior es también discordante con la Fm. Conglomerados de Boniches. Consiste en brechas de cantos de cuarcita y en menor proporción de pizarra, siendo la matriz arcillosa. Se interpreta como depósitos de flujos densos gravitacionales (*debris flow*) relacionados con movimientos tectónicos verticales

locales (López-Gómez y Arche, 1994).

- *Conglomerados de Boniches* (P4). Definida por López-Gómez y Arche (1986 y 1992) con rango de Formación. Es de edad Thüringiense (Pérmico Superior), datada mediante asociación de polen y esporas (Doubinger *et al.*, 1990). El límite inferior es discordante sobre la Fm. Tabarreña o sobre el Paleozoico inferior, mientras que el límite superior es transicional con la Fm. Limos y Areniscas de Alcotas. Está compuesta por cantos de cuarcita con matriz arenosa, y se ha interpretado como depósitos de abanicos aluviales que evolucionan a sistemas fluviales tipo *braided* (López-Gómez y Arche, 1997).

- *Capas de Montesoro* (P5). Unidad definida por Sacher en 1966. Se le atribuye una edad Thüringiense (Pérmico Superior) por aparecer sobre el Autuniense (Capas de la Ermita) con contacto claramente discordante. El límite superior es también discordante bajo la unidad Conglomerados de la Hoz del Gallo. Está formada, en general, por limos con intercalaciones de areniscas, conglomerados y niveles carbonatados. Se ha interpretado como depósitos de abanicos aluviales (Ramos, 1979).

- *Limos y Areniscas de Alcotas* (P5). Definida por López-Gómez y Arche (1986 y 1992) con rango de Formación. Es de edad Thüringiense (Pérmico Superior), datada por asociaciones de polen y esporas. El límite inferior suele ser transicional con la "Fm. Conglomerados de Boniches". El límite superior es neto, presenta decoloración y posiblemente representa una discordancia con la "Fm. Areniscas del Cañizar", ya de edad triásica. Está formada por lutitas con intercalaciones de areniscas y esporádicamente de conglomerados, depósitos que han sido interpretados como de llanuras de inundación amplias surcadas por canales fluviales, generalmente de baja sinuosidad (López-Gómez y Arche, 1995).

- *Conglomerados de la Hoz del Gallo* (P6). Unidad definida por Ramos (1979). Su edad es Thüringiense (Pérmico Superior). El límite inferior es discordante con la unidad Capas de Montesoro, mientras que el superior es concordante con la unidad Areniscas de Rillo de Gallo, de edad triásica. Está compuesta por conglomerados de cuarcita y algunos niveles de areniscas, sobre todo hacia techo. Se ha interpretado como depósitos pertenecientes a un sistema de abanico aluvial formado por corrientes *braided* (Ramos, 1979).

6.1.1.2. Dataciones de las Unidades y Formaciones Descritas

El Pérmico en toda la Península Ibérica está representado por diferentes sedimentos de tipo continental. Estos sedimentos, en su mayoría, son siliciclásticos con litologías dominantes de areniscas, lutitas y conglomerados y, ocasionalmente, algunos niveles centimétricos también de origen continental.

Las dataciones que se han obtenido en estos sedimentos han sido principalmente mediante asociaciones de polen y esporas y, en ocasiones, básicamente en el Pérmico Superior, algunos ejemplares de plantas fósiles bien conservados han podido proporcionar

una edad para los sedimentos.

Las asociaciones de polen y esporas obtenidas de los sedimentos pérmicos en la Cordillera Ibérica son muy abundantes (ver síntesis en Doubinger *et al.*, 1990; Sopeña *et al.*, 1995; López-Gómez *et al.*, 2002) y han permitido jalonar con bastante precisión este periodo, especialmente en su parte más alta. Muchas de estas asociaciones han sido obtenidas en algunas de las secciones que se estudian en este trabajo y otras en áreas próximas, pero en unidades claramente correlacionables con las que aquí se estudian.

Los tramos más inferiores de este mismo periodo han sido datados como Autuniense en la sección de Molina de Aragón mediante asociaciones de polen y esporas (Ramos, 1979) y en zonas al NW de esta sección mediante estudios paleomagnéticos en rocas volcánicas (área de Atienza, Hernando *et al.*, 1980), macroflora (área de Valdesotos, Sopeña, 1979; Broutin *et al.*, 2000) o mediante la aparición de Estheria tenella (área de Pálmaces, Sopeña, 1979).

El Pérmico Superior, sin embargo, tiene una presencia muy significativa en la Cordillera Ibérica. Estos sedimentos tienen una edad Thüringiense datados en su mayoría mediante múltiples asociaciones de polen y esporas, como ampliamente se describe en los trabajos de síntesis de Doubinger *et al.* (1990), Sopeña *et al.* (1995) y López-Gómez *et al.* (2002). Estos sedimentos han sido incluidos en "Saxoniense" y Buntsandstein por diferentes autores (Ramos, 1979; Sopeña, 1979; López, 1985; Pérez-Arlucea, 1985; Sopeña *et al.*, 1988; López-Gómez *et al.*, 2002, entre otros). Los estudios palinológicos han podido demostrar que los sedimentos incluidos en facies "Saxoniense" tienen una edad Thüringiense y aquellos en facies Buntsandstein tienen una edad que oscila entre Thüringiense y Triásico Medio, existiendo, por el momento, un salto de edad en las dataciones obtenidas para la transición Pérmico-Triásico.

DESCRIPCIÓN UNIDADES		EDAD	COMPOSICIÓN LITOLÓGICA	INTERPRETACIÓN	LÍMITES	ESPESOR MÁXIMO	AUTOR (AÑO)	OBSERVACIONES
CONGLOMERADOS DE LA HOZ DEL GALLO P6		Thüringiense (Pérmico Superior)	Conglomerados de cuarcita y algunos niveles de areniscas, sobre todo hacia techo	Abanicos aluviales formados por corrientes *braided*	*Límite inferior*: discordante con "Capas de Montesoro". *Límite superior*: concordante con la unidad "Rillo de Gallo"	158 metros	RAMOS (1979)	
FM. LIMOS Y ARENISCAS DE ALCOTAS P5		Thüringiense (Pérmico Superior)	Lutitas con intercalaciones de areniscas y/o conglomerados	Llanuras de inundación amplias con lagos esporádicos y canales fluviales *braided*	*Límite inferior*: transicional con la Fm. Boniches. *Límite superior*: discordante con la Fm. Cañizar	168 metros	LÓPEZ-GÓMEZ Y ARCHE (1986 y 1992)	Equivalente lateral de Capas de Montesoro
CAPAS DE MONTESORO P5		Thüringiense (Pérmico Superior)	Brechas de litología variada, limos con intercalaciones de areniscas, conglomerados y niveles carbonatados	Abanicos aluviales (Ramos, 1979)	*Límite inferior*: discordante sobre el Autuniense. *Límite superior*: discordante con la unidad Hoz del Gallo	94.5 metros	SACHER (1966)	Equivalente lateral de la Fm. Alcotas
FM. CONGLOMERADOS DE BONICHES P4		Thüringiense (Pérmico Superior)	Cantos de cuarcita con matriz arenosa	Abanico aluvial a sistemas fluviales tipo *braided*	*Límite inferior*: discordante sobre la Fm. Tabarreña o sobre el Paleozoico Inferior. *Límite superior*: transicional con la Fm. Alcotas	86 metros	LÓPEZ-GÓMEZ Y ARCHE (1986 y 1992)	
FM. BRECHAS DE TABARREÑA P3		Autuniense (Pérmico Inferior)	Cantos de cuarcita y matriz lutítica, arenosa y con fragmentos de pizarra	Flujos densos de tipo gravitacional: *debris flows*	*Límite inferior*: discordante con materiales paleozoicos. *Límite superior*: discordante con la Fm. Boniches	21 metros	LÓPEZ-GÓMEZ Y ARCHE (1986 y 1992)	Posiblemente equivalente lateral del techo de Capas de la Ermita
CAPAS DE LA ERMITA	**P2**	Autuniense (Pérmico Inferior)	Alternancia de limos con material volcánico y niveles carbonatados ferruginosos. A techo dolomías silíceas con intercalaciones de limos	Medio lacustre con aportes fluviales con progresiva somerización del lago y menos aportes clásticos (Ramos, 1979)	*Límite inferior*: discordante con materiales del Paleozoico metamórfico. *Límite superior*: discordante, generalmente con "Capas de Montesoro"	204 metros	SACHER (1966)	
	P1		Areniscas volcanoclásticas, coladas con conglomerados de clastos de naturaleza volcánica y algunos de cuarcita y pizarra	Canales de baja sinuosidad y productos de erupciones (Ramos, 1979)		58 metros		

Tabla 2. Formaciones y unidades presentes en el Pérmico de la Cordillera Ibérica

6.1.2. Triásico

6.1.2.1. Descripción de las Unidades y Formaciones

- *Areniscas del Cañizar* (T1). Definida por López-Gómez y Arche (1986 y 1992) con rango de Formación. Se considera en su mayoría de edad Scytiense (Triásico Inferior), aunque el techo de la formación está datada como Anisiense (Triásico Medio) por asociaciones de palinomorfos (Doubinger *et al.*, 1990). El límite con la unidad inferior (Fm. Alcotas) es neto, presentando decoloraciones y desarrollo de suelos, tratándose probablemente de una discordancia de muy bajo ángulo. El límite superior es concordante y transicional cuando se sitúa sobre ella la Formación Lutitas y Areniscas de Eslida, sin embargo pueden situarse también la Formación Arcillas, Limos y Margas de Marines mediante interrupción sedimentaria o la Formación Dolomías de Landete de forma discordante (López-Gómez y Arche, 1995). Su composición fundamental es de areniscas, aunque en la base aparece un nivel de conglomerados y hacia techo intercalaciones de lutitas. Se ha interpretado como depósitos de sistemas fluviales *braided* arenosos (López-Gómez y Arche, 1993).

- *Areniscas de Rillo de Gallo* (T1). Fue definida por Ramos (1979). Por su posición estratigráfica se asume que tiene una edad Triásico Inferior. El límite inferior es concordante con la unidad Hoz del Gallo y el superior es también concordante con la unidad Nivel de Prados. Está formada por areniscas con algunos cantos de cuarcita dispersos que, en la parte superior, llegan a constituir niveles de conglomerados. Se interpretó como sistemas fluviales tipo *braided* ligados a zonas distales de abanicos aluviales (Ramos, 1979).

- *Nivel de Prados* (T2). Definida por Ramos (1979). Se le atribuye una edad Anisiense (Triásico Medio) en base a su posición estratigráfica, ya que no se ha encontrado por el momento fauna ni flora para poder datarla. Los límites, tanto inferior como superior, son concordantes con la unidad Rillo de Gallo y Areniscas del Río Arandilla respectivamente. Está constituida por una alternancia de areniscas y limos que se interpretan como depósitos de corrientes de alta sinuosidad y de llanura de inundación (Ramos, 1979).

- *Areniscas del Río Arandilla* (T3) (Ramos, 1979). Se le atribuye una edad Anisiense (Triásico Medio). Tanto el límite inferior como el superior son concordantes con la unidad Nivel de Prados y Limos y Areniscas de Rillo respectivamente. Está formada fundamentalmente por areniscas, aunque en la mitad superior se van haciendo frecuentes los niveles de limos arenosos. Se interpreta como sedimentos de corrientes *braided* distales (Ramos, 1979).

- *Limos y Areniscas de Rillo* (T4). Definida por Ramos (1979). Su edad es Anisiense superior (Triásico Medio). Los límites de esta unidad con las unidades supra e infrayacentes son concordantes. Constituye una alternancia de areniscas y limos que pueden representar la transición a un medio supramareal con pequeñas corrientes fluviales de alta sinuosidad (Ramos, 1979).

- *Limos y Areniscas abigarrados de Torete* (T5). Definido por Ramos (1979). De edad Anisiense superior-Ladiniense inferior (Triásico Medio). Los límites con las unidades supra e infrayacentes son concordantes. Está formada por una alternancia de limos y areniscas con abundantes cristales de halita, lo que parece indicar que la unidad se depositó en la parte más superior de la zona intermareal (Ramos, 1979).

- *Lutitas y Areniscas de Eslida* (T6) (López-Gómez y Arche, 1992). Tiene rango de Formación. Aunque no se han encontrado fósiles que permitan datar esta formación, sin duda tiene una edad Anisiense inferior (Triásico Medio), ya que tanto la unidad suprayacente como el techo de la unidad infrayacente se dataron como Anisiense. El límite inferior es concordante y neto con la Formación Cañizar. El límite superior es concordante y transicional con la Formación Marines (Facies Röt). Está formada por lutitas con intercalaciones de cuerpos de areniscas, interpretada como depósitos fluviales tipo *braided* arenoso y puntualmente de tipo meandriforme con llanuras de inundación extensas.

- *Arcillas, Limos y Margas de Marines (Facies Röt)* (T7). Definida por López-Gómez y Arche (1992). Tiene rango de Formación y una edad Anisiense (Triásico Medio) datada por asociaciones de polen y esporas (Doubinger *et al.*, 1990). Sus límites con las unidades suprayacente (Fm. Dolomías de Landete) e infrayacente (Fm. Eslida) son transicionales y concordantes. Está constituida por lutitas con intercalaciones de margas y esporádicamente de areniscas. Se ha interpretado como depósitos estuarinos.

- *Dolomías de Landete* (T8). Definida por López-Gómez y Arche (1986 y 1992) con rango de Formación. De edad Anisiense (Triásico Medio) determinado mediante una asociación de foraminíferos (Márquez *et al.*, 1994). El límite inferior es transicional y aparentemente concordante cuando se apoya sobre la "Fm. Marines" y neto y con un cambio litológico muy marcado cuando lo hace sobre las Fms. Cañizar o Eslida. El límite superior es neto siempre con la Fm. Areniscas, Margas y Yesos del Mas y a veces, hacia el W, aparece una costra ferruginosa que representa una interrupción en la sedimentación. Está formada por dolomía principalmente, aunque pueden aparecer niveles de margas y evaporitas. Se ha interpretado como la evolución de una rampa carbonatada marina somera desde zonas de llanura mareal a un lagoon y zona inter-supramareal hacia el techo.

- *Areniscas, Margas y Yesos del Mas* (T9). Definida por López-Gómez y Arche (1986 y 1992) con rango de Formación. Está datada como Anisiense-Ladiniense (Triásico Medio) mediante asociaciones de polen y esporas (Visscher *et al.*, 1982; Boulouard y Viallard, 1981; López *et al.*, 1984; López, 1985 y Doubinger *et al.*, 1990). El límite inferior es neto y aparentemente concordante sobre la Fm. Landete, aunque posiblemente se trate de una discordancia de muy bajo ángulo. El límite superior es neto y concordante con la Fm. Dolomías y Calizas de Cañete. La litología es variada dependiendo del punto de observación: hacia el W predominan las arcillas y areniscas, mientras que hacia el E dominan las margas, yesos y dolomías, siendo el tránsito gradual. Se trata de depósitos mareales salinos y sabkhas.

- *Dolomías y Calizas de Cañete* (T10). Definida con rango de Formación por López-Gómez y Arche, 1986 y 1992. De edad Ladiniense (Triásico Medio), datada por asociaciones de polen y esporas, bivalvos y algunos ammonites y conodontos. El límite inferior es neto y concordante con la Fm. Mas. El límite superior es también neto y concordante con las facies Keuper, apareciendo una costra de Fe y Mn que indica interrupción sedimentaria. Esta compuesta principalmente por dolomías, y en menor proporción por calizas y margas, estas últimas hacia el techo de la formación. Se ha interpretado como depósitos de plataforma carbonatada tipo rampa que evolucionan desde una llanura mareal hasta ambientes de sabkhas, indicando una progresiva regresión marina.

- *Triásico Levantino Balear* (TLB). Definida por López-Gómez *et al.* (1998). Comprende las Formaciones Dolomías de Landete y Dolomías y Calizas de Cañete, teniendo, por tanto, una edad Anisiense-Ladiniense (Triásico Medio). En el sector SE de la Cordillera Ibérica no aparece la Fm. Areniscas, Margas y Yesos del Mas, que corresponde al tramo evaporítico intermedio de facies Muschelkalk, por lo que las dos formaciones carbonatadas anteriores se convierten en una sola barra carbonatada, siendo muy difícil separarlas y diferenciarlas.

- *Dolomías de Tramacastilla* (T10A). Definida por Pérez-Arlucea y Sopeña (1985) con rango de Formación. Se le atribuye una edad Ladiniense (Triásico Medio). Los contactos con las unidades infra y suprayacentes son concordantes. Está constituida por dolomías grises con oolitos y placas de equínidos. Son depósitos de plataforma carbonatada somera.

- *Dolomías, Margas y Calizas de Royuela* (T10B). Definida por Pérez-Arlucea y Sopeña (1985) con rango de Formación. Es de edad Ladiniense superior (Triásico Medio). El límite inferior es concordante y neto con la Fm. Tramacastilla, mientras que el límite superior está mecanizado. Son dolomías que presentan intercalaciones hacia techo de margas, margas dolomíticas y calizas negras. Se ha interpretado como depósitos de plataforma carbonatada somera que termina a techo con facies de sabkha.

- *Facies Keuper inferior* (T11). Definida por Ortí (1974). Tiene una edad Carniense inferior (Triásico Superior). El límite inferior es neto con la Fm. Cañete y el superior es transicional con la Fm. Areniscas de Manuel. Consiste en una alternancia de arcillas y yesos con algunos carbonatos, interpretado como una llanura lutítica costera. Es equivalente a la unidad K1 definida por Ortí (1974).

- *Fm. Areniscas de Manuel* (T12). Definida por Ortí (1974). De edad Carniense (Triásico Superior). El límite inferior es transicional con la facies Keuper inferior y el límite superior es también transicional con la facies Keuper superior. Consiste en areniscas y lutitas pertenecientes a un sistema aluvial distal tipo *braided* y a abanicos dispuestos sobre una llanura lutítica. Equivalente a la unidad K2 definida por Ortí (1974).

- *Facies Keuper superior* (T13). Definida por Ortí (1974). Tiene una edad Carniense-

Noriense (Triásico Superior). El límite inferior es transicional con la Fm. Manuel, mientras que el límite superior es neto con la Fm. Dolomías de Imón. Consiste en una alternancia de arcillas y yesos con algún nivel dolomítico, interpretado como una llanura lutítica salina costera con sabkhas. Es equivalente a las unidades K3, K4 y K5 definidas por Ortí (1974).

- *Facies Keuper indiferenciada* (T14). Definida en este trabajo en ausencia de criterios litológicos de diferenciación en T11, T12 y T13. Tiene una edad Carniense-Noriense (Triásico Superior). Los límites inferior y superior son netos con la "Fm. Cañete" y con la Fm. Dolomías de Imón respectivamente. Constituyen una unidad formada por margas, yesos y limolitas, interpretadas como depósitos de tipo supramareal-sabkha.

- *Dolomías de Imón*. Definida por Goy *et al.* (1976) con rango de Formación. Su edad es Retiense (Triásico Superior). Sus límites con las unidades supra e infrayacentes son netos y concordantes. Consiste en dolomías bien estratificadas con oolitos, niveles de algas y de evaporitas de base a techo respectivamente. Se interpreta como una plataforma carbonatada con subambientes de canales mareales y depósitos inter y supramareales tipo sabkha.

6.1.2.2. Dataciones de las Unidades y Formaciones Descritas

Los sedimentos de edad Triásico en la cuenca Ibérica están ámpliamente representados mediante la clásica sucesión tripartita de facies Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper. Las dataciones en estas facies son escasas salvo en el caso de la facies Muschelkalk. A pesar de que existen importantes interrupciones en estos sedimentos se puede establecer una correlación bastante precisa a lo largo de la Cuenca Ibérica, como se muestra en los trabajos de síntesis de Sopeña *et al.* (1988) y López-Gómez *et al.* (1998, 2002).

Aunque las dataciones en las diferentes facies descritas se han llevado a cabo básicamente mediante asociaciones de polen y esporas, hay que destacar que en la facies Muschelkalk se han podido establecer también dataciones mediante ammonoideos (Goy, 1995; López-Gómez *et al.*, 1988) y foraminíferos (Pérez-Arlucea y Trifonova, 1993; Márquez *et al.* 1994; López-Gómez *et al.*, 1988) y conodontos (López, 1985).

Hasta el momento, ningún dato ha aportado una edad Scytiense en toda la Península Ibérica; sin embargo, no cabe la menor duda de que este piso está representado por la facies Buntsandstein ya que, el techo de esta facies en la Cordillera Ibérica tiene una edad Anisiense. La facies Muschelkalk, en cambio, está representando básicamente el Triásico Medio (Anisiense-Ladiniense) estando el límite de estos dos pisos en el tramo siliciclástico-evaporítico intermedio de esta última facies. La gran mayoría del Triásico Superior, Carniense-Noriense, está representado por los sedimentos de la facies Keuper y, a techo de la misma, con una edad Retiense, la Formación Imón representa la última plataforma carbonatada del Triásico (Goy *et al.*, 1976; Goy y Márquez-Aliaga, 1998; López-Gómez *et al.*, 1988) siendo, a su vez, la unidad que cubrió la mayor extensión paleogeográfica de toda la Cuenca.

DESCRIPCIÓN UNIDADES	EDAD	COMPOSICIÓN LITOLÓGICA	INTERPRETACIÓN	LÍMITES	ESPESOR MÁXIMO	AUTOR (AÑO)	OBSERVACIONES
FM. DOLOMÍAS DE IMÓN T15	Noriense-Retiense (Triásico Superior)	Dolomías tableadas con oolitos, algas y niveles con evaporitas	Plataforma carbonatada con canales mareales y depósitos inter y supramareales tipo *sabkha*	*Límite inferior*: neto con las facies Keuper. *Límite superior*: neto	18 metros	GOY, GÓMEZ Y YÉBENES (1976)	
FACIES KEUPER INDIFERENCIADAS T14	Carniense-Noriense (Triásico Superior)	Margas, yesos y limolitas	Depósitos de tipo supramareal-*sabkha*	*Límite inferior*: neto *Límite superior*: neto con la Fm. Imón	324 metros	Este trabajo	Definido en este trabajo en ausencia de criterios litológicos de separación. Espesor aproximado por disolución parcial
FACIES KEUPER SUPERIOR T13	Carniense sup-Noriense (Triásico Superior)	Alternancia de arcillas y yesos con algún nivel dolomítico	Llanura lutítica salina costera con *sabkhas*	*Límite inferior*: transicional con la Fm. Manuel. *Límite superior*: neto con la Fm. Imón	150 metros	ORTÍ (1974)	Equivalente a las Fm. Cofrentes, Quesa y Ayora (K3, K4 y K5) de Ortí
FM. ARENISCAS DE MANUEL (KEUPER MEDIO) T12	Carniense (Triásico Superior)	Areniscas y lutitas	Sistema aluvial distal tipo *braided* y abanicos sobre llanura lutítica	*Límite inferior*: transicional. *Límite superior*: transicional	200 metros	ORTÍ (1974)	K2 de Ortí
FACIES KEUPER INFERIOR T11	Carniense (Triásico Superior)	Alternancia de arcillas y yesos con algunos carbonatos	Llanura lutítica costera	*Límite inferior*: neto. *Límite superior*: transicional con la Fm. Manuel	200 metros	ORTÍ (1974)	Equivalente a la Fm. Jarafuel (K1) de Ortí
DOLOMÍAS, MARGAS Y CALIZAS DE ROYUELA T10B	Ladiniense (Triásico Medio)	Dolomías con intercalaciones hacia techo de margas, margas dolomíticas y calizas negras	Plataforma carbonatada somera a sabkha	*Límite inferior*: concordante y neto. *Límite superior*: mecánico.	45 metros	PÉREZ-ARLUCEA Y SOPEÑA (1985)	
DOLOMÍAS DE TRAMACASTILLA T10A	Ladiniense (Triásico Medio)	Dolomías masivas	Plataforma carbonatada somera	*Límite inferior*: concordante. *Límite superior*: concordante.	45 metros	PÉREZ-ARLUCEA Y SOPEÑA (1985)	
TRIÁSICO LEVANTINO-BALEAR TLB	Anisiense-Ladiniense (Triásico Medio)	Dolomías con niveles de calizas y margas en la parte media	Plataforma carbonatada	*Límite inferior*: concordante con la Fm. Marines o discordante con la Fm. Eslida. *Límite superior*: concordante con la facies Keuper	140 metros	LÓPEZ-GÓMEZ *et al.* (1998)	
FM. DOLOMÍAS Y CALIZAS DE CAÑETE T10	Ladiniense (Triásico Medio)	Dolomías y en menor proporción calizas y margas	Plataforma carbonatada tipo rampa que evoluciona a llanura mareal y termina en un *sabkha*	*Límite inferior*: neto y concordante. *Límite superior*: neto y concordante con las facies Keuper con costra de Fe y Mn que indica interrupción sedimentaria	84 metros	LÓPEZ-GÓMEZ Y ARCHE (1986 y 1992)	
FM. ARENISCAS, MARGAS Y YESOS DEL MAS T9	Anisiense-Ladiniense (Triásico Medio)	Varía de W a E de arcillas y areniscas a margas, yesos y dolomías	Depósitos mareales salinos y *sabkhas*	*Límite inferior*: neto y concordante. *Límite superior*: neto y concordante con la "Fm. Cañete"	49 metros	LÓPEZ-GÓMEZ Y ARCHE (1992)	

FM. DOLOMÍAS DE LANDETE T8	Anisiense (Triásico Medio)	Dolomías con alguna intercalación esporádica de margas y evaporitas	Rampa carbonatada marina somera	*Límite inferior*: neto con las "Fm. Cañizar y Eslida" y transicional y concordante sobre la "Fm. Marines" *Límite superior*: neto con la "Fm. Mas" con costra de Fe	168 metros	LÓPEZ-GÓMEZ Y ARCHE (1986 y 1992)	
FM. ARCILLAS, LIMOS Y MARGAS DE MARINES T7	Anisiense (Triásico Medio)	Lutitas con intercalaciones de margas y algún nivel de areniscas, calizas o yesos	Transición desde facies fluviales distales a marinas someras (estuario)	*Límite inferior*: transicional y concordante. *Límite superior*: transicional y concordante con la "Fm. Landete"	45 metros	LÓPEZ-GÓMEZ Y ARCHE (1992)	
FM. LIMOS Y ARENISCAS DE ESLIDA T6	Anisiense (Triásico Medio)	Lutitas con intercalaciones de areniscas	Depósitos fluviales de tipo *braided* arenoso con algún canal de alta sinuosidad, llanuras de inundación extensas y lagos efímeros	*Límite inferior*: concordante y neto con la "Fm. Cañizar". *Límite superior*: transicional y concordante con la "Fm. Marines" o neto y con posible discordancia de bajo ángulo con la "Fm. Landete"	663 metros	LÓPEZ-GÓMEZ Y ARCHE (1992)	
LIMOS Y ARENISCAS ABIGARRADOS DE TORETE T5	Anisiense-Ladiniense (Triásico Medio)	Alternancia de limos y areniscas con abundantes cristales de sal	Zona intermareal de una llanura de marea	*Límite inferior*: concordante. *Límite superior*: concordante	41 metros	RAMOS (1979)	Equivalente a la Fm. Mas (T9)
LIMOS Y ARENISCAS DE RILLO T4	Anisiense (Triásico Medio)	Alternancia de areniscas y limos	Canales de alta sinuosidad y llanuras de inundación que pasan a techo a zonas supramareales con canales meandriformes	*Límite inferior*: concordante. *Límite superior*: concordante con la unidad "Torete"	197 metros	RAMOS (1979)	
ARENISCAS DEL RÍO ARANDILLA T3	Anisiense (Triásico Medio)	Areniscas con algún nivel de limos arenosos	Canales fluviales de baja sinuosidad (*braided*)	*Límite inferior*: concordante. *Límite superior*: concordante con la unidad "Rillo".	178 metros	RAMOS (1979)	
NIVEL DE PRADOS T2	Anisiense (Triásico Medio)	Alternancia de areniscas y limos	Canales de alta sinuosidad (meandriformes) y llanuras de inundación	*Límite inferior*: concordante con "Rillo de Gallo". *Límite superior*: concordante con "Arandilla".	45.3 metros	RAMOS (1979)	
ARENISCAS DE RILLO DE GALLO T1	Scytiense-Anisiense (Triásico Inferior)	Areniscas con algunos cantos de cuarcita y limos arenosos	Zona distal de abanico aluvial con sistemas fluviales tipo *braided*	*Límite inferior*: concordante con "Hoz del Gallo". *Límite superior*: concordante con "Nivel de Prados".	152 metros	RAMOS (1979)	Equivalente lateral de la Fm. Cañizar
FM. ARENISCAS DEL CAÑIZAR T1	Scytiense-Anisiense (Triásico Inferior-Medio)	Areniscas con alguna intercalación lutítica a techo y un nivel de conglomerados en la base	Depósitos fluviales tipo *braided* arenoso	*Límite inferior*: neto con la "Fm. Alcotas" en posible discordancia de bajo ángulo. *Límite superior*: concordante con la "Fm Eslida" o discordante con las "Fms. Marines y Landete"	168 metros	LÓPEZ-GÓMEZ Y ARCHE (1986 y 1992)	Equivalente lateral de Rillo de Gallo

Tabla 3. Formaciones y unidades presentes en el Triásico de la Cordillera Ibérica

6.2. CUENCA DEL EBRO

Los sedimentos Pérmicos y Triásicos que aparecen en la Cuenca del Ebro se han sintetizado, al igual que para la Cordillera Ibérica, en las columnas de las figuras 15 y 16, donde se puede ver también un intento de correlación entre ambas zonas. A continuación se describe cada unidad y se muestran las características más relevantes en la tabla 4 para el Pérmico y en la tabla 5 para el Triásico. Ninguna de estas unidades ha sido definida formalmente, pero tienen rango de formación.

6.2.1. Pérmico

6.2.1.1. Descripción de las Unidades y Formaciones

- *Depósitos volcano-sedimentarios* (P1) (De la Peña *et al.*, 1977). Su edad es Autuniense (Pérmico Inferior). El límite inferior es discordante sobre el Paleozoico inferior. El límite superior está discordante con sedimentos del Pérmico Superior. Consiste en material volcanoclástico y coladas de lava. Se ha interpretado como depósitos producto de erupciones volcánicas.

- *Lutitas, Areniscas y Conglomerados del Arroyo Ruidero* (P2). Definida por Rey y Ramos (1991). Tiene una edad Autuniense (Pérmico Inferior) (De la Peña *et al.*, 1977). El límite inferior es discordante sobre el basamento Paleozoico. El límite superior es discordante con la unidad Conglomerados del Moncayo. Está compuesta por lutitas con intercalaciones de areniscas y de conglomerados, que pueden ser de origen volcanosedimentario, y rocas piroclásticas. Se han interpretado como depósitos de corrientes de alta energía con intercalaciones de materiales volcanoclásticos.

- *Conglomerados del Moncayo* (P4). Definida por Arribas (1985). Su edad es Thüringiense (Pérmico Superior). El límite inferior es discordante sobre la unidad Arroyo Ruidero o en ocasiones sobre el Paleozoico Inferior (Cámbrico). El límite superior es concordante con la unidad Lutitas de Tabuenca. Está formada por conglomerados de cantos de cuarcita, pudiendo aparecer algunos de cuarzo, arenisca, y más raramente de material volcánico. Se trata de depósitos asociados a las facies proximales de canales fluviales en abanicos aluviales (Arribas, 1984).

- *Lutitas de Tabuenca* (P5). Definida por Arribas (1985). Su edad es Thüringiense (Pérmico Superior). Los límites inferior y superior son concordantes con la unidad Conglomerados del Moncayo y la unidad Areniscas de Aranda respectivamente. Se trata de lutitas con algunas intercalaciones de arenisca interpretadas como pertenecientes a las llanuras de inundación y facies distales de canales fluviales tipo *braided* asociadas a abanicos aluviales (Arribas, 1984).

6.2.1.2. Dataciones de las Unidades y Formaciones Descritas

Como sucede en el caso de la Cuenca Ibérica, los sedimentos pérmicos, en su mayoría siliciclásticos, son de origen continental. En la Cuenca del Ebro son pocos los datos cronoestratigráficos obtenidos de este periodo comparados con los descritos de la Cuenca Ibérica. Los datos referentes al Pérmico Inferior se han obtenido en el borde sur de la cuenca, en los alrededores de Reznos, Paniza y Fombuena. Por los motivos que se explicarán en el apartado..... estos afloramientos no han sido incluidos en el análisis de la subsidencia. Los afloramientos de Reznos y Paniza fueron estudiados en detalle por Rey y Ramos (1991) en el primer caso, y Del Olmo *et al.* (1983) y De la Peña *et al.* (1977) para la zona de Paniza. Ambos afloramientos fueron atribuidos al Autuniense mediante el estudio de la flora fósil. En el afloramiento de Fombuena (Conte *et al.*, 1987) fue igualmente estudiado el contenido de flora fósil y fueron llevados a cabo análisis isotópicos en rocas volcánicas (Lendínez *et al.*, 1989) datándose estos sedimentos como límite Carbonífero-Pérmico.

Los sedimentos del Pérmico Superior vuelven a estar escasamente representados en esta cuenca y, en cualquier caso, sin datar. Nuevamente en el borde sur de la cuenca, en las proximidades de Paniza y Reznos y al norte de esta última localidad, en la zona del Moncayo, Arribas (1984) describe la unidad Araviana (que incluye las subunidades Moncayo y Tabuenca) como posible Pérmico Superior, aunque el mismo autor previene de la posibilidad de que se trate de una edad Triásico. En el centro de la cuenca, en los sondeos de Candasnos-1, Caspe-1, Ballobar-1 y Fraga-1 se ha considerado en el apartado... de este trabajo, mediante criterios de correlación litológicos con unidades de la Cuenca Ibérica, que los sedimentos de la base de los citados sondeos puedan tener una edad Thüringiense.

UNIDADES / DESCRIPCIÓN	EDAD	COMPOSICIÓN LITOLÓGICA	INTERPRETACIÓN	LÍMITES	ESPESOR MÁXIMO	AUTOR (AÑO)	OBSERVACIONES
CONGLOMERADOS Y LUTITAS DEL ARAVIANA — **LUTITAS DE TABUENCA P5**	Thüringiense (Pérmico Superior)	Lutitas con intercalaciones de areniscas poco potentes	Llanuras de inundación y canales fluviales distales tipo *braided* de abanicos aluviales	*Límite inferior*: concordante con la unidad "Moncayo". *Límite superior*: aparentemente concordante con la unidad "Aranda"	108 metros	ARRIBAS (1985)	Equivalente lateral de Capas de Montesoro y de la Fm. Alcotas
CONGLOMERADOS Y LUTITAS DEL ARAVIANA — **CONGLOMERADOS DEL MONCAYO P4**	Thüringiense (Pérmico Superior)	Conglomerados de cantos de cuarcita	Facies proximales de sistemas fluviales en abanicos aluviales	*Límite inferior*: discordante sobre el Paleozoico o la unidad "Arroyo Ruidero". *Límite superior*: concordante con la unidad "Tabuenca"	15 metros	ARRIBAS (1985)	Equivalente lateral de la Fm. Boniches
LUTITAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS DEL ARROYO RUIDERO P2	Autuniense (Pérmico Inferior)	Lutitas con intercalaciones de areniscas y conglomerados, y rocas piroclásticas	Corrientes de alta energía con intercalaciones de materiales volcanoclásticos	*Límite inferior*: discordante sobre el Paleozoico Inferior. *Límite superior*: discordante con la unidad "Moncayo"	135 metros	REY Y RAMOS (1991)	Equivalente lateral de la unidad P2 de Capas de la Ermita
DEPÓSITOS VOLCANOSEDIMENTARIOS P1	Autuniense (Pérmico Inferior)	Material volcanoclástico y coladas de lava	Productos de erupciones volcánicas	*Límite inferior*: discordante con materiales paleozoicos. *Límite superior*: concordante con la unidad "Arroyo Ruidero"	90 metros	DE LA PEÑA *et al.* (1977)	Equivalente lateral de la unidad P1 de Capas de la Ermita

Tabla 4. Formaciones y unidades presentes en el Pérmico de la Cuenca del Ebro

6.2.2. Triásico

6.2.2.1. Descripción de las Unidades y Formaciones

- *Areniscas de Aranda* (T1). Definida por Arribas (1985). Tiene una edad Scytiense (Triásico Inferior). El límite inferior es neto, produciéndose un cambio brusco de litología con la unidad Lutitas de Tabuenca. El límite superior está menos definido, estableciéndose al ir siendo más abundantes las lutitas de la unidad Lutitas de Carcalejos. Está formada por niveles de areniscas e intercalaciones de lutitas poco potentes más abundantes hacia el techo. Se han interpretado como facies medias y distales de abanicos aluviales con canales fluviales tipo *braided* arenoso (Arribas, 1984).

- *Lutitas de Carcalejos* (T2). Definida por Arribas (1985). De edad Anisiense (Triásico Medio). Tanto el límite inferior como el superior son transicionales con la unidad Areniscas de Aranda y Areniscas y lutitas de Rané, respectivamente. Está constituida por lutitas con algunas intercalaciones poco potentes de areniscas. Interpretada como depósitos de llanura de inundación y facies distales de abanicos aluviales (Arribas, 1984).

- *Areniscas y Lutitas de Rané* (T3) (Arribas, 1985). Tiene una edad Anisiense (Triásico Medio). El límite inferior es concordante con la unidad Carcalejos y el superior es también concordante con la unidad Lutitas y Areniscas de Cálcena. Está formada por una alternancia de niveles de areniscas poco potentes y niveles de lutitas que se van haciendo más potentes hacia el techo. Se han interpretado como depósitos pertenecientes a sistemas deltaicos con predominio mareal (Arribas, 1984).

- *Lutitas y Areniscas de Cálcena* (T4). Definida por Arribas (1985). Su edad es Anisiense (Triásico Medio). El límite inferior es concordante y gradual con la unidad Rané, al igual que el límite superior lo es con la unidad Lutitas y Margas de Trasobares. La litología fundamental es lutítica, apareciendo pequeños niveles de areniscas y un importante nivel dolomítico con gran cantidad de terrígenos que corresponde a la subunidad Dolomías de Illueca. Se trata de unos depósitos de llanura mareal de tipo mixto (Arribas, 1984).

- *Lutitas y Margas de Trasobares* (T5). Definida por Arribas (1985). Tiene una edad Anisiense-Ladiniense (Triásico Medio). El límite inferior es normal con la unidad Cálcena, mientras que el límite superior es generalmente mecánico con la unidad Dolomías basales. Presenta gran variedad litológica, apareciendo areniscas, lutitas, margas, yesos y dolomías, aunque la litología fundamental es lutítica. Se trata de sedimentos de ambiente inter-supramareal (Arribas, 1984).

- *Dolomías basales* (T10A). Definida por Arribas (1985). Presenta una edad Ladiniense (Triásico Medio). El límite inferior generalmente es mecánico con la unidad Trasobares, pero hay zonas donde el contacto es normal, pasando de manera gradual a margas dolomíticas. El límite superior es neto y normal con la unidad Dolomías y Margas superiores, aunque puede

aparecer erosionada por materiales cretácicos. Consiste en dolomías grises, interpretadas como depósitos de plataforma carbonatada de carácter regresivo, pasando de submareal a supramareal (Arribas, 1984).

- *Dolomías y Margas superiores* (T10B). Definida por Arribas (1985). Tiene una edad Ladiniense (Triásico Medio). El límite inferior es normal con la unidad Dolomías basales, mientras que el límite superior es discordante con la facies Keuper, pudiendo aparecer en ocasiones erosionada por depósitos cretácicos. Se trata de dolomías grises, dolomías margosas y margas dolomíticas, siendo las dolomías margosas la litología más abundante. Corresponden a depósitos mareales de baja energía en una llanura mareal carbonatada (Arribas, 1984).

6.2.2.2. Dataciones de las Unidades y Formaciones Descritas

Son muy escasos los datos cronoestratigráficos descritos en los sedimentos que representan el Triásico en la Cuenca del Ebro. Esta cuenca representó un importante depocentro durante gran parte del Triásico y quizás la parte más alta del Pérmico que permitió la acumulación de una gran cantidad de sedimentos. Estos sedimentos están bien representados por la clásica división en facies Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper. Al igual que sucedía con los sedimentos pérmicos (apartado 6.2.1.2.), los mejores afloramientos de estas rocas se encuentran localizados en la zona sur de la cuenca, donde fueron estudiados en detalle por Arribas (1984, 1985, 1987), Arribas y Soriano (1984) en facies Buntsandstein y Muschelkalk y por Meléndez *et al.* (1995) en facies Muschelkalk, y el límite con la Cordillera Costero Catalana, al este de la cuenca (Jurado, 1990). Ninguno de estos trabajos ha proporcionado datos cronoestratigráficos que puedan precisar la edad de los sedimentos, siendo su localización estratigráfica deducida mediante correlaciones litoestratigráficas con unidades bien datadas de zonas próximas de la Cordillera Ibérica (López-Gómez *et al.*, 2002).

Los sedimentos triásicos de la parte central de la cuenca están en la actualidad bajo una potente acumulación de sedimentos mesozoicos y cenozoicos, por lo que únicamente es posible abordar la información referente a la sedimentación triásica mediante sondeos, como los utilizados en el presente trabajo.

De igual modo que sucede con los afloramientos del sur de la cuenca antes citados, ninguno de estos sondeos ha proporcionado, por el momento, información que permita establecer con precisión la edad de estas rocas. La consideración estratigráfica de estas unidades se ha llevado a cabo nuevamente mediante correlaciones litoestratigráficas con otras unidades datadas de cuencas vecinas, como son las Cuencas Ibérica y Catalana.

De este modo, los conglomerados que aparecen en la base de diferentes sondeos estudiados podrían tener una edad Thüringiense por ser posiblemente equivalentes laterales

de los conglomerados de la Formación Hoz de Gallo de la Cordillera Ibérica (Ramos, 1979) o la Formación Conglomerados de Garraf de la Cordillera Costero Catalana (Marzo, 1980). Las areniscas que se sitúan sobre estos conglomerados podrían tener una edad Scytiense-Anisiense, como la obtenida para la Formación Areniscas del Cañizar de la Cordillera Ibérica (Doubinger *et al.*, 1990).

La facies Muschelkalk es de tipo "Triásico Mediterráneo", es decir, con dos unidades carbonatadas y una intermedia siliciclástica-evaporítica. Estas unidades son equivalentes a las descritas y bien datadas en la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero Catalana para el Muschelkalk y por lo tanto, con una edad Anisiense-Ladiniense (López-Gómez *et al.*, 2002). De igual manera, la facies Keuper es de edad Carniense-Noriense, la misma que posee en las cuencas vecinas Ibérica y Catalana que, igual que en la Cuenca del Ebro, tienen la Formación Imón sobre dicha facies, con una edad Retiense (López-Gómez *et al.*, 2002).

DESCRIPCIÓN UNIDADES		EDAD	COMPOSICIÓN LITOLÓGICA	INTERPRETACIÓN	LÍMITES	ESPESOR MÁXIMO	AUTOR (AÑO)	OBSERVACIONES
FM. DOLOMÍAS DE IMÓN T15		Noriense-Retiense (Triásico Superior)	Dolomías tableadas con oolitos, algas y niveles con evaporitas	Plataforma carbonatada con canales mareales y depósitos inter y supramareales tipo *sabkha*	*Límite inferior*: neto con las facies Keuper. *Límite superior*: neto	18 metros	GOY, GÓMEZ Y YÉBENES (1976)	
FACIES KEUPER INDIFERENCIADAS T14		Carniense-Noriense (Triásico Superior)	Margas, yesos y limolitas	Depósitos de tipo supramareal-*sabkha*	*Límite inferior*: discordante. *Límite superior*: neto con la Fm. Imón	248 metros	Este trabajo	Definido en este trabajo en ausencia de criterios litológicos de separación. Espesor aproximado por disolución parcial
DOLOMÍAS Y MARGAS SUPERIORES T10B		Ladiniense (Triásico Medio)	Alternancia de dolomías margosas y margas dolomíticas	Llanura mareal carbonatada de baja energía	*Límite inferior*: normal. *Límite superior*: discordante con la facies Keuper.	40 metros	ARRIBAS (1985)	Equivalente lateral a la unidad "Royuela"
DOLOMÍAS BASALES T10A		Ladiniense (Triásico Medio)	Dolomías	Evolución de una plataforma carbonatada de submareal a supramareal	*Límite inferior*: mecánico o transicional. *Límite superior*: neto y normal con la unidad "Dolomías y Margas superiores".	45 metros	ARRIBAS (1985)	Equivalente a la unidad "Tramacastilla"
LUTITAS Y MARGAS DE TRASOBARES T5		Anisiense-Ladiniense (Triásico Medio)	Lutitas con areniscas, margas, yesos y dolomías	Zona inter-supramareal de una llanura de marea	*Límite inferior*: normal. *Límite superior*: mecánico	40 metros	ARRIBAS (1985)	Equivalente a la Fm. Mas y a la unidad "Torete"
LUTITAS Y ARENISCAS DE CÁLCENA T4		Ansiense (Triásico Medio)	Lutitas con areniscas y un importante nivel dolomítico (subunidad "Dolomías de Illueca")	Llanura de marea de tipo mixto	*Límite inferior*: concordante. *Límite superior*: concordante con la unidad "Trasobares"	80 metros	ARRIBAS (1985)	Equivalente lateral de la unidad "Rillo"
ARENISCAS DE TIERGA	**ARENISCAS Y LUTITAS DE RANÉ T3**	Anisiense (Triásico Medio)	Alternancia de niveles de areniscas y lutitas	Deltas con predominio mareal	*Límite inferior*: concordante. *Límite superior*: concordante con la unidad "Cálcena".	106 metros	ARRIBAS (1985)	Equivalente lateral de la unidad "Arandilla"
	LUTITAS DE CARCALEJOS T2	Anisiense (Triásico Medio)	Lutitas con intercalaciones de areniscas poco potentes	Zona distal de abanico aluvial	*Límite inferior*: transicional con "Aranda". *Límite superior*: transicional con la unidad "Rané".	10 metros	ARRIBAS (1985)	Equivalente lateral de la unidad "Nivel de Prados"
	ARENISCAS DE ARANDA T1	Scytiense-Anisiense (Triásico Inferior-Medio)	Areniscas con intercalaciones de lutitas y algunos niveles de conglomerados en la base	Facies medias y distales de sistemas fluviales tipo *braided* arenoso en abanicos aluviales	*Límite inferior*: neto con la unidad "Tabuenca". *Límite superior*: transicional con la unidad "Carcalejos".	150 metros	ARRIBAS (1985)	Equivalente lateral de Rillo de Gallo y la Fm. Cañizar

Tabla 4. Formaciones y unidades presentes en el Triásico de la Cuenca del Ebro

6.3. REFERENCIAS PARA EL JURÁSICO, CRETÁCICO Y TERCIARIO

Como se dijo al comienzo del capítulo, en este apartado se citarán los autores que definieron las formaciones del Jurásico y Cretácico utilizadas para obtener la información necesaria para realizar el análisis de la subsidencia. Para la mayor parte del Terciario no se han utilizado nombres de formaciones ni de unidades, lo que se explica más adelante, en el apartado 6.3.3.

6.3.1. Jurásico

Las formaciones utilizadas para el Jurásico se pueden ver en la figura 17, y los autores que las definieron formalmente se citan a continuación.

Formación	Autor
Fm. Cortes de Tajuña	Goy, Gómez y Yébenes (1976)
Fm. Cuevas Labradas	Goy, Gómez y Yébenes (1976)
Fm. Cerro del Pez	Goy, Gómez y Yébenes (1976)
Fm. Barahona	Goy, Gómez y Yébenes (1976)
Fm. Turmiel	Goy, Gómez y Yébenes (1976)
Fm. Chelva	Gómez y Goy (1979)
Fm. Sot de Chera	Gómez y Goy (1979)
Fm. Loriguilla	Gómez y Goy (1979)
Fm. Higueruelas	Gómez y Goy (1979)

6.3.2. Cretácico

Las formaciones que se han utilizado para el Cretácico se muestran en la figura 18. Se ha dividido en dos zonas, ya que a medida que se iban analizando las secciones y sondeos se observaba que las litologías que aparecían eran diferentes en la zona NW, central o SE. De esta manera, los autores que definieron las formaciones, elegidas teniendo en cuenta su representatividad en el área de estudio y su extensión geográfica, se pueden ver a continuación en forma de tabla.

Zona de Cañete		Zona de Maestrazgo	
Formación	Autores	Formación	Autores
Fm. La Huérguina	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Vallivana	Canerot (1982)
Fm. Contreras	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Mirambell	Canerot (1982)
Mb. Burgal	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Ares del Maestre	Canerot (1982)
Fm. Utrillas	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Morella	Canerot (1982)

Mb. Bicuerca	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Chert	Canerot (1982)
Fm. Chera	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Forcall	Canerot (1982)
Fm. Alatoz + Villa de Ves	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Villaroya de los Pinares	Canerot (1982)
Fm. Casa Medina	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Benasal	Canerot (1982)
Fm. Ciudad Encantada	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Maestrazgo	Canerot (1982)
Fm. Alarcón	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Utrillas	Canerot (1982)
Fm. Cuenca	Vilas *et al.* (1982)	Fm. Mosqueruela	Canerot (1982)
		Fm. Barranco de los Degollados	Canerot (1982)
		Fm. Órgano de Montoro	Canerot (1982)
		Fm. La Canadilla	Canerot (1982)
		Fm. Fortanete	Canerot (1982)

6.3.3. Terciario

La dificultad de unificar las unidades y formaciones del Terciario en toda la zona estudiada debido a la gran variación de litologías que se muestran en pocos kilómetros, es decir, muchos cambios de facies en áreas reducidas, ha llevado a realizar la columna que se muestra en la figura 19 a partir de las litologías que se han observado en las secciones y sondeos analizadas. De esta manera, las litologías que aparecen en el área estudiada están representadas en esta figura. Para el cálculo de la subsidencia los datos importantes son edad, espesor y litología, por este motivo, en general, no se han dado nombres a estas unidades. Algunos ejemplos de interés que muestran estos cambios de facies se pueden encontrar en Allen *et al.* (1983), Anadón *et al.* (1986), Colombo (1986), Colombo y Vergés (1992) y Alonso-Zarza *et al.* (2002).

Para el Terciario de la Cuenca del Ebro se ha consultado, también, Riba Arderiu et al. (1983), y para obtener la información necesaria para realizar el análisis de la subsidencia en algunas secciones de campo de la Cordillera Ibérica se han consultado los siguientes Mapas Geológicos de España (MAGNA):

Alhama de Aragón (nº 436)

Cañete (nº 611)

Chelva (nº 666)

Forcall (nº 544)

Fuentes (nº 635)

Horcajo de Santiago (632)

Jérica (nº 639)

Las Majadas (nº 587)

Manzanera (nº 614)

Molina de Aragón (nº 489)

Montalbán (nº 518)

Segorbe (nº 640)

Tauste (Nº 321)

Teruel (nº 567)

7. ANÁLISIS DE LA SUBSIDENCIA

7. ANÁLISIS DE LA SUBSIDENCIA

Para determinar la subsidencia de una cuenca, en primer lugar, se tiene que recopilar información de los sedimentos depositados en esa cuenca, desde el basamento hasta la actualidad, con datos como el espesor, la edad de base y techo de cada unidad litológica, la litología en porcentajes y los fósiles, si los hay, para estimar la paleobatimetría. Una vez que tenemos todos estos datos podemos llevar a cabo el cálculo de la subsidencia.

En este capítulo se muestran las columnas estratigráficas y las tablas de datos, deducidas de las primeras, necesarios para llevar a cabo el cálculo de la subsidencia, así como las curvas obtenidas con la técnica de desmantelamiento o *backstripping* para cada uno de los sondeos y secciones utilizados en la Cordillera Ibérica y Cuenca del Ebro.

En las columnas estratigráficas y sondeos, realizados a escala 1:5000, se han representado las formaciones que aparecen en cada uno de ellos, señaladas con los códigos que se encuentran en las figuras 15, 16, 17, 18 y 19 (P1, T4, J2, etc.), la litología de cada unidad, la edad, las discordancias e interrupciones y otros datos como el contenido fósil y el ambiente sedimentario que se deduce de cada formación, siempre que se disponga de dicha información, que, como se dijo en el capítulo 3, se ha obtenido de fuentes bibliográficas. En la tabla de datos obtenidos de la columna se muestran los códigos de las unidades estratigráficas, la edad de base y techo de cada formación o unidad litológica informal en millones de años, el espesor (profundidad de base y techo) y paleobatimetría en metros y las litologías en tanto por ciento, representando los conglomerados, arenas, arcillas, carbonatos (calizas + dolomías), evaporitas (yeso o anhidrita + halita) y rocas volcánicas. Los valores en porcentaje de las litologías son aproximados, teniendo en cuenta la abundancia de unas respecto a las otras en la misma unidad o formación. En la leyenda de la figura 21 se muestran los símbolos de litología, fósiles, etc. utilizados en las columnas y sondeos. Los datos de esta tabla se introducen en el programa utilizado para llevar a cabo el análisis de la subsidencia y se obtienen así las curvas de subsidencia.

Una vez que se realiza el cálculo se obtienen las curvas de subsidencia total o del basamento, las curvas de subsidencia tectónica con carga de aire y con carga de agua, y la curva de paleobatimetría, como se dijo en el capítulo de metodología. En estas curvas se representa en el eje X la edad en millones de años y en el eje Y la profundidad en metros, que indica la subsidencia que tuvo lugar en esa zona. Para el análisis de la subsidencia se utiliza la curva de subsidencia tectónica con carga de aire, ya que es la más representativa al no incluir ningún factor externo en el cálculo, solamente tiene en cuenta los sedimentos que se depositaron en la zona considerada, aunque se comentan todas las curvas y los valores obtenidos de ellas.

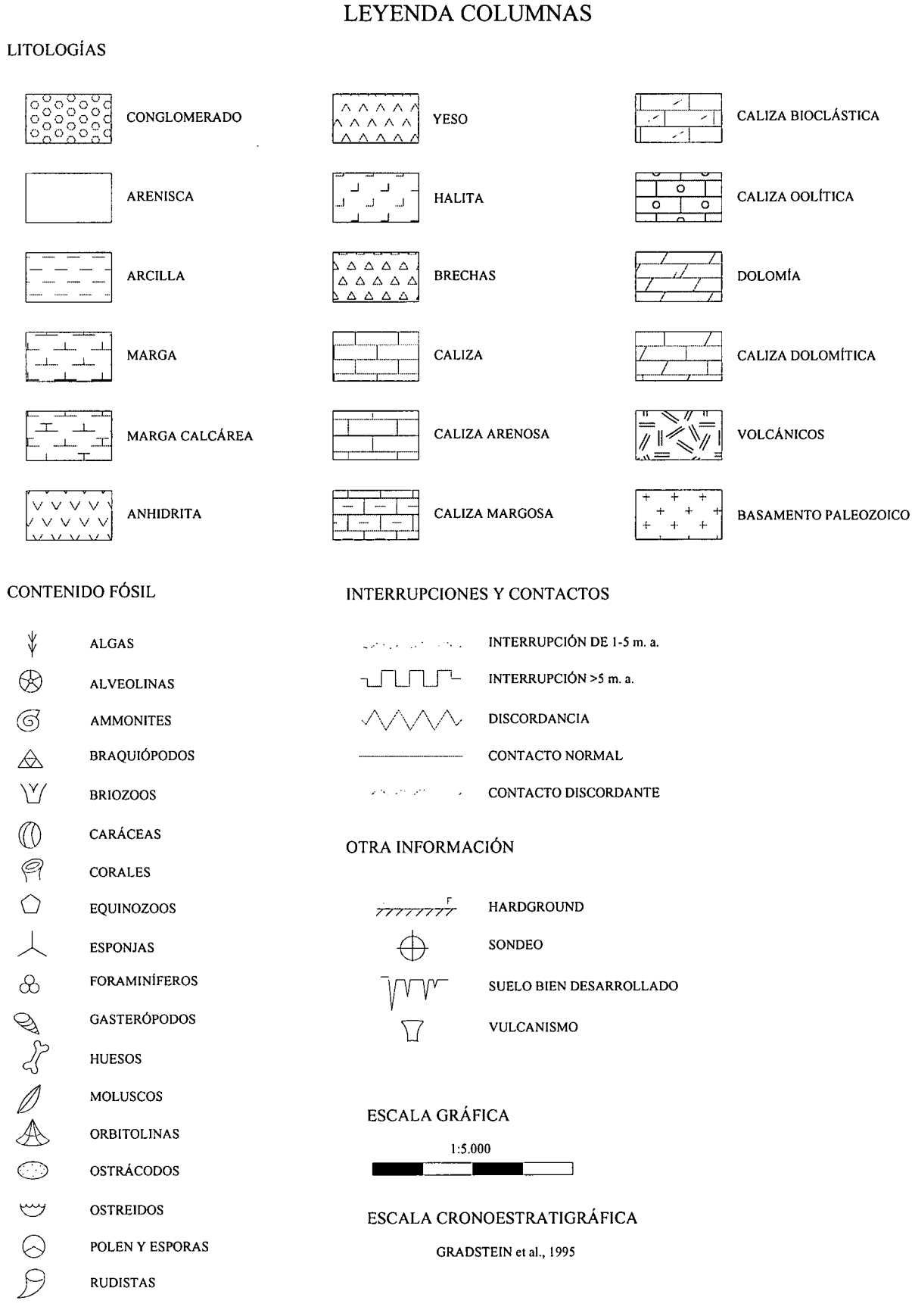


Fig. 21. Leyenda con los símbolos utilizados en las columnas estratigráficas realizadas para cada sección y sondeo.

Para cada sondeo y sección de campo se ha realizado una figura donde se muestran las curvas resultantes y los valores de subsidencia según sea total o tectónica. En la figura 22 se muestra un esquema de la disposición de estas curvas y los datos de subsidencia que se podrán ver en las figuras 23 a 54 y que corresponden a cada sección y sondeo estudiado.

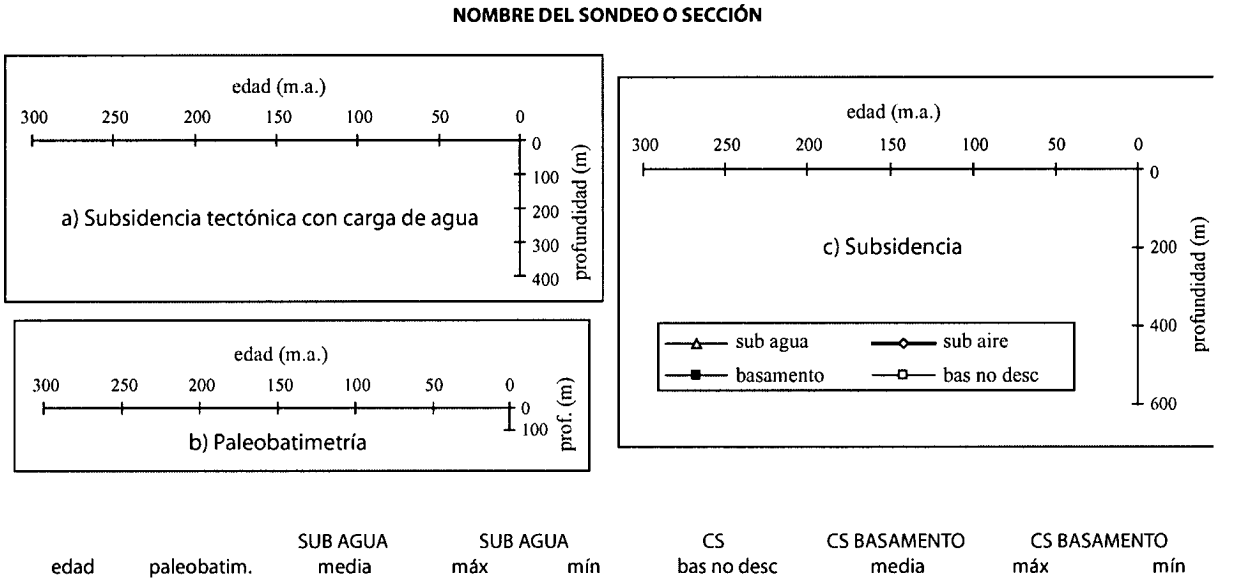


Fig. 22. Esquema donde se muestra la disposición de las curvas de subsidencia, paleobatimetría y los datos de subsidencia realizadas para cada sondeo y sección.

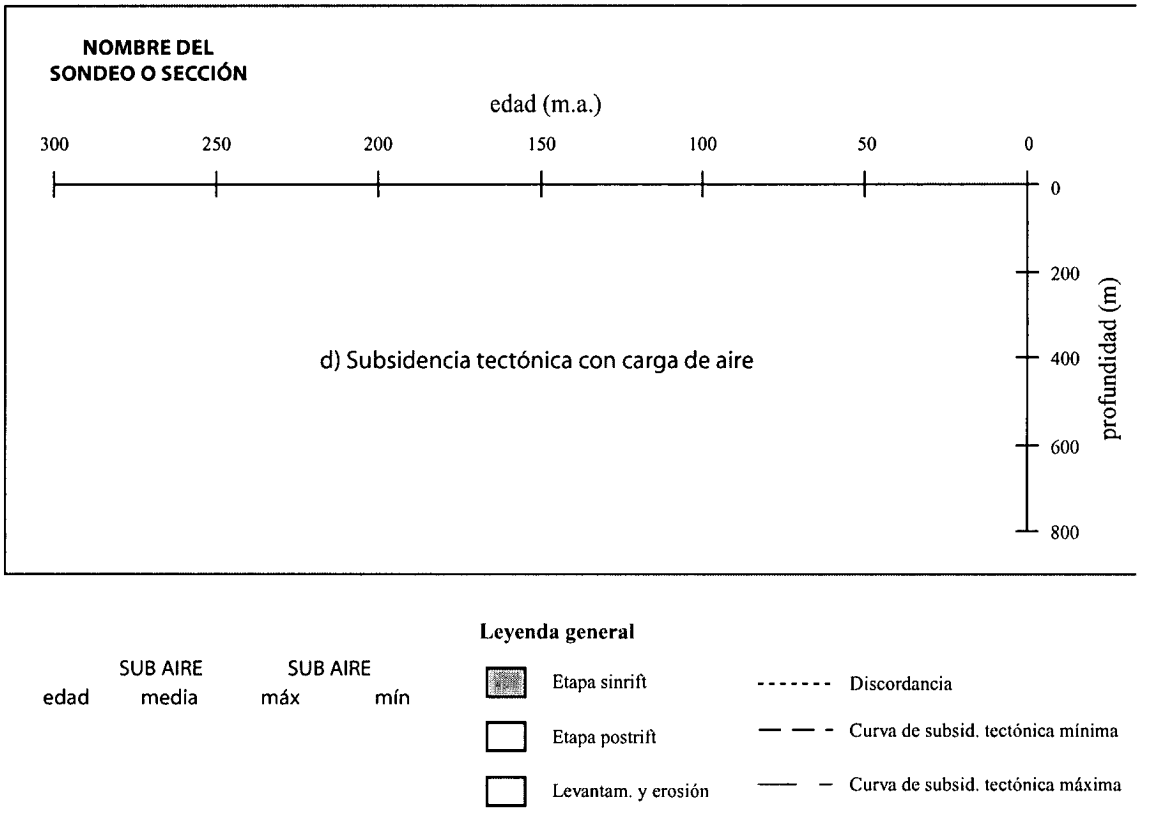


Fig. 22 cont. Esquema donde se muestra la curva de subsidencia tectónica y los datos de subsidencia realizadas para cada sondeo y sección.

En la curva c) se comparan las dos curvas de subsidencia tectónica (con carga de agua: "sub agua" y con carga de aire: "sub aire") junto con la curva de subsidencia del basamento descompactado ("basamento") o curva de subsidencia total, y la subsidencia del basamento sin realizar la descompactación ("bas no desc").

Como se podrá comprobar en las figuras 23 a 54, la curva "basamento" siempre da la mayor subsidencia, mientras que la curva de subsidencia tectónica con carga de aire da el valor más bajo, pero que corresponde a la subsidencia real sin carga de sedimentos. También se incluyen los datos numéricos que se obtienen del cálculo, correspondiendo las columnas "SUB AGUA media" y "SUB AGUA máx y mín" a los valores medios, máximos y mínimos, respectivamente, de los datos de la curva de subsidencia tectónica con carga de agua.

La columna "CS bas no desc" se refiere a los datos de la curva de subsidencia del basamento sin descompactar, según la edad (en millones de años) que aparece en la primera columna. La séptima columna "CS BASAMENTO media" corresponde a la media de los datos de la curva de subsidencia del basamento descompactado o subsidencia total, mientras que "CS BASAMENTO máx y mín" corresponde a los valores máximos y mínimos, respectivamente, de esta misma curva. En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire (curva d) se señalan las fases *sinrift*, *postrift* y los levantamientos y las discordancias, si los hay. Los valores de los datos de la curva se muestran de la siguiente manera: "SUB AIRE media", que indica la media de los valores de la curva, y "SUB AIRE máx y mín", que indica los valores máximos y mínimos de la curva de subsidencia. Los valores de la subsidencia que aparecen en columnas junto con las curvas y a los que se harán referencia en cada sección y sondeo son aproximados y se toman siempre de la curva que aparece con los cuadrados, que corresponden a los datos introducidos en el programa, y de la columna "SUB AGUA media", "CS BASAMENTO media" o "SUB AIRE media" sacadas de la curva correspondiente, que indican los valores medios.

7.1. CORDILLERA IBÉRICA

Se ha realizado el análisis de la subsidencia en cinco sondeos y once secciones a lo largo de toda la Rama Castellana y Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (fig. 13). A continuación se describe cada uno de ellos de NW a SE indicando sus coordenadas geográficas, la provincia a la que pertenece y si es sondeo o sección, se describe de forma somera la columna estratigráfica y con más detalle las curvas de *backstripping* para cada caso. Las columnas estratigráficas no serán explicadas en detalle en este apartado, ya que se considera que la descripción detallada de las unidades y formaciones se hace en el capítulo 6.

7.1.1. Torremocha-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.
Coordenadas de situación:

Longitud: 2° 37' 30" W
Latitud: 40° 57' 15" N

Provincia geográfica: Guadalajara.

En la figura A1 se muestra la columna estratigráfica realizada a partir de los datos del sondeo y de la que se obtiene la tabla A1.

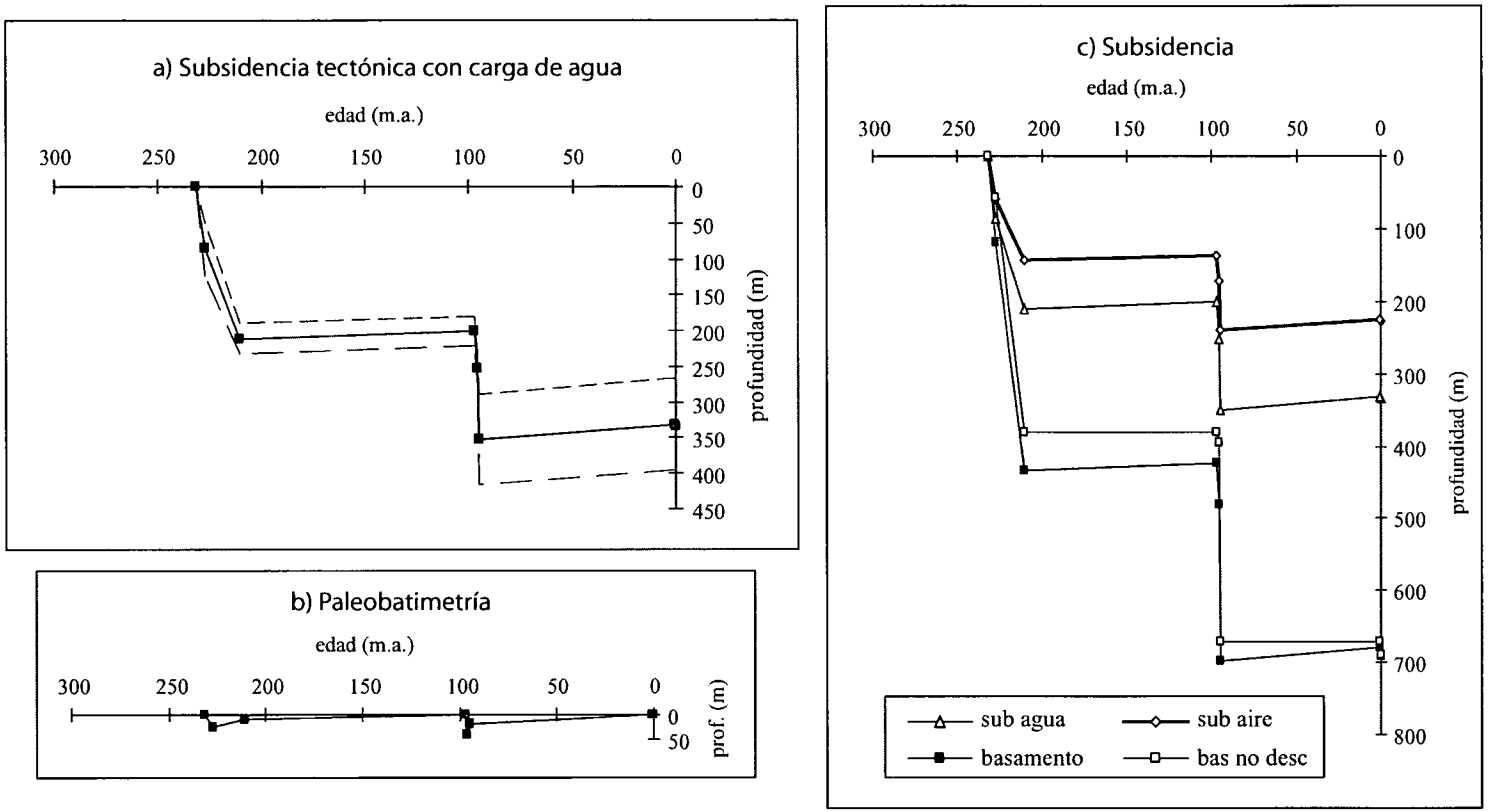
La profundidad total del sondeo es de 690 metros y está situado en una zona de borde de cuenca para el Pérmico y Triásico. La sedimentación comienza en el Triásico Medio, que aparece discordante sobre el Paleozoico, siendo la Formación Dolomías y Calizas de Cañete (T10) la primera unidad triásica en depositarse. Hay dos grandes discordancias: la primera desde el Triásico Superior hasta el Cretácico Superior, comenzando la sedimentación de nuevo con la Formación Margas de Chera (K15), y la segunda desde el Cretácico Superior hasta el Cuaternario.

7.1.1.1. Curvas de subsidencia

Las curvas de subsidencia obtenidas para el sondeo Torremocha se pueden ver en la figura 23.

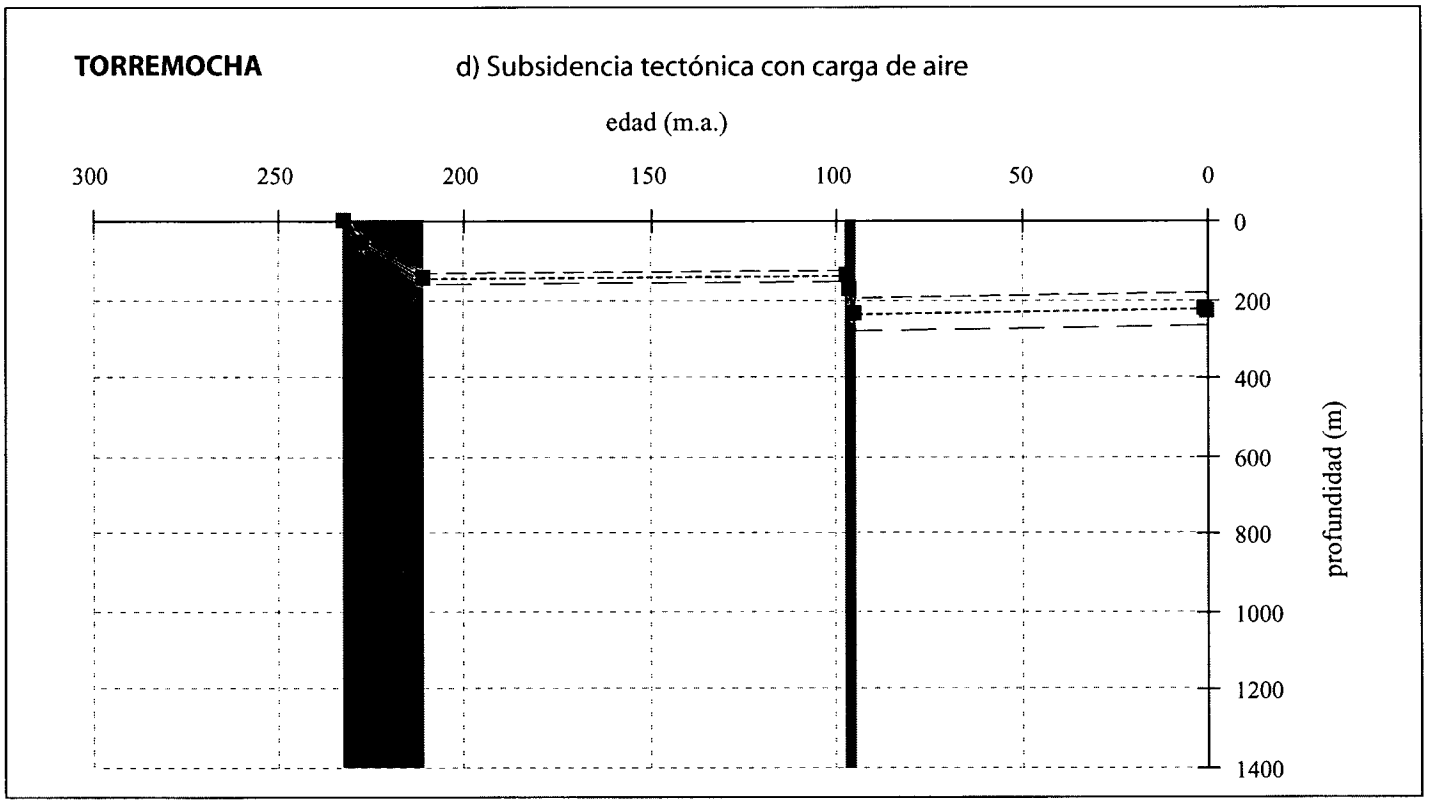
La curva de subsidencia tectónica con carga de agua (curva a) muestra la evolución de la subsidencia en esta zona suponiendo que la cuenca está rellena por agua. El valor máximo de subsidencia (unos 350 metros), que se puede ver en la columna "SUB AGUA media", se sitúa en el Cretácico, antes del levantamiento y la erosión producida durante el Terciario. Durante el Triásico, la subsidencia fue de unos 210 metros. La curva de subsidencia total o del basamento (curva c) y columna "CS BASAMENTO media" indican una subsidencia de aproximadamente 435 metros para el Triásico, y de unos 690 metros desde el Triásico hasta la actualidad.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire (curva d) (Fig. 23 cont.) indica una subsidencia hasta la actualidad de unos 230 metros, siendo de algo más de 140 metros para el Triásico. En ella se han diferenciado dos fases *sinrift*: la primera para los sedimentos depositados en el Triásico (Formación Cañete, T10, y facies Keuper, T14) y la segunda para el Cretácico, y dos interrupciones importantes desde el Triásico Superior hasta el Cretácico Superior y desde el Cretácico Superior hasta el Cuaternario.



edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	334	394	272	690	691	691	691
0,5	0	331	394	266	671	679	683	674
95	20	350	414	287	671	698	703	694
96,1	40	252	275	227	395	480	494	467
97	0	200	221	180	381	424	435	413
211	**10**	**211**	**231**	**190**	**381**	**434**	**445**	**423**
227,4	25	86	123	50	57	119	150	87
232	0	0	0	0	0	1	1	1

Fig. 23. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas



edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	228	269	186
0,5	226	269	182
95	239	283	196
96,1	172	188	155
97	137	151	123
211	**144**	**158**	**130**
227,4	59	84	34
232	0	0	0

Leyenda general

- Etapa sinrift
- Levantamiento y erosión
- Discordancia
- Curva de subsidencia tectónica mínima
- Curva de subsidencia tectónica máxima

Fig. 23 cont. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire. Valores de los datos de subsidencia de la curva

7.1.2. Alhama

Fuente: Sección de campo compuesta.

Coordenadas de situación:

Longitud: 1° 52' W
Latitud: 41° 18' N

Provincia geográfica: Zaragoza.

La sección de Alhama se sitúa entre las Ramas Aragonesa y Castellana de la Cordillera Ibérica, en el extremo sureste de la Cuenca de Almazán. En la figura A5 se muestra la columna estratigráfica realizada para esta sección y en la tabla A5 los datos utilizados en el análisis.

El espesor total de la sección es de 1082 metros, comenzando la sedimentación en el Triásico Medio con la Formación Areniscas del Río Arandilla (T3). En el Triásico aparece una discordancia a techo de la facies Keuper, reanudándose la sedimentación en el Jurásico Inferior.

7.1.2.1. Curvas de subsidencia

En la figura 24 se pueden ver las curvas de subsidencia obtenidas para la sección de Alhama.

Los cálculos de la subsidencia muestran algo más de 500 metros de subsidencia hasta la actualidad en la curva de subsidencia tectónica con carga de agua (Fig. 24 cont.), siendo de unos 225 metros hasta finales del Triásico. La curva de subsidencia del basamento (curva c) muestra casi 1100 metros hasta la actualidad y unos 420 metros hasta finales del Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire (fig. 24 cont_2) y la figura siguiente con los datos obtenidos de ella (fig. 24 cont_3) se puede ver que a finales del Triásico esta zona se había hundido algo más de 150 metros. El cálculo de la subsidencia hasta la actualidad indica unos 350 metros. En esta curva se han separado tres fases *sinrift*: la primera corresponde al Triásico Medio, con una subsidencia de unos 150 metros, e incluye las formaciones Areniscas del Río Arandilla (T3), Limos y Areniscas de Rillo (T4), Limos y Areniscas abigarrados de Torete (T5), Dolomías de Tramacastilla (T10A) y Dolomías, Margas y Calizas de Royuela (T10B); la segunda fase corresponde a la Formación Cortes de Tajuña (J1), de edad Jurásico Inferior, y la tercera fase pertenece al Cretácico. La facies Keuper (T14) en esta sección corresponde a una etapa *postrift*.

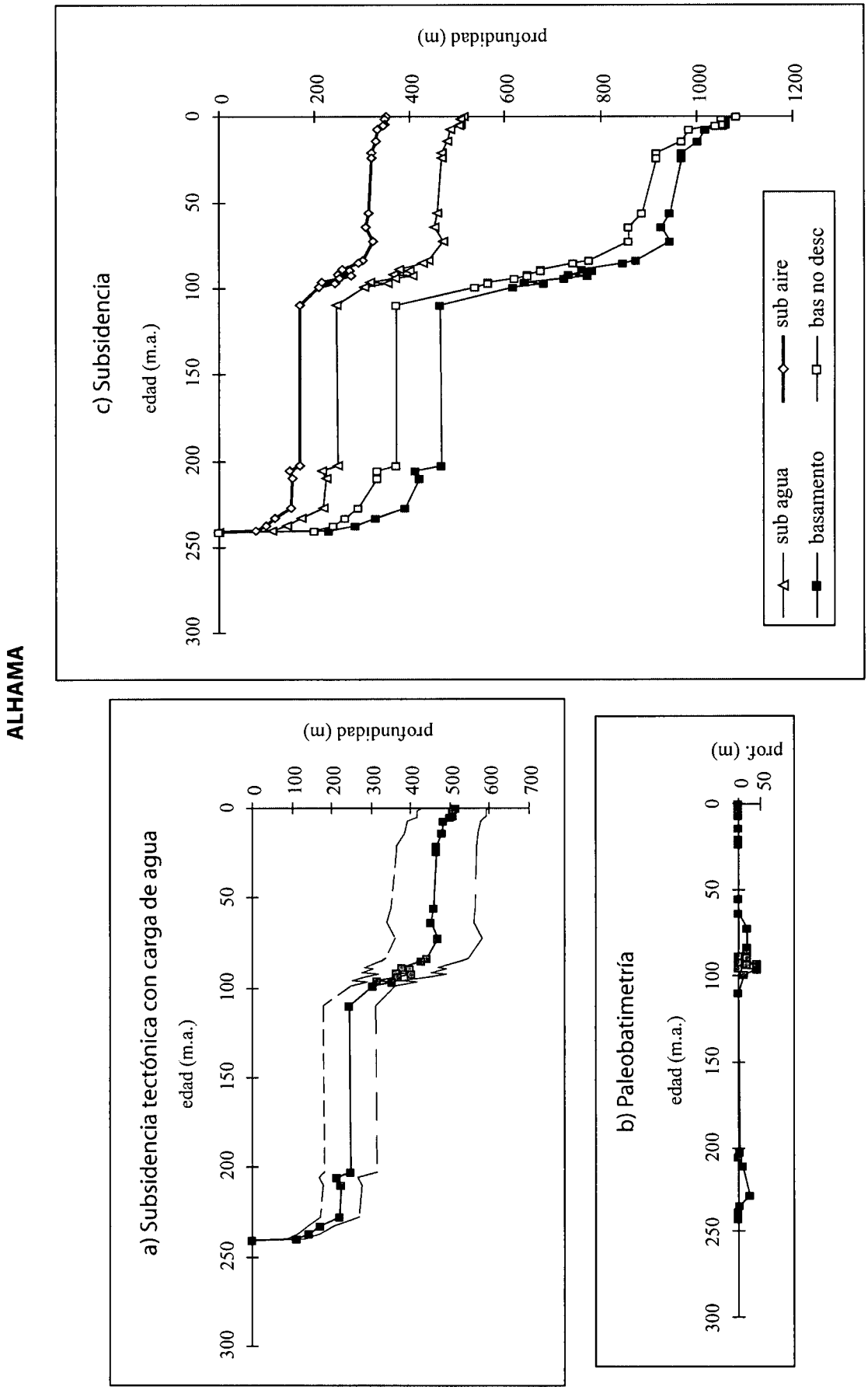


Fig. 24. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

ALHAMA

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	513	595	430	1082	1083	1083	1083
1,3	0	506	592	418	1052	1063	1069	1058
4,2	0	506	592	418	1052	1063	1069	1058
5,2	0	502	588	417	1041	1056	1063	1049
7,1	0	484	578	391	985	1018	1036	999
14	0	478	572	386	969	1005	1026	985
21	0	465	566	364	919	969	1001	937
24	0	465	566	364	919	969	1001	937
55,6	0	458	565	351	886	946	986	906
64	0	451	560	339	858	926	971	880
72,5	20	470	581	360	858	945	991	899
83,5	20	440	546	335	775	876	929	822
84,9	20	427	530	325	742	846	900	792
88,6	0	377	470	285	676	762	814	711
89,3	20	398	490	306	676	782	834	730
91,8	0	364	451	276	648	734	783	685
92,5	40	404	490	317	648	774	823	725
93,5	20	369	451	288	621	725	771	679
95,8	0	315	377	252	565	640	674	607
96,5	40	354	417	291	565	680	714	647
98,9	12	304	360	249	538	616	645	587
109,5	0	246	312	180	371	464	511	416
202,5	3	249	315	183	371	466	514	419
205,4	0	215	265	167	330	412	447	376
210	**10**	**225**	**275**	**177**	**330**	**421**	**457**	**386**
227,4	25	219	268	171	292	391	426	356
233	3	173	206	140	265	329	351	307
237,1	0	142	170	114	240	286	303	268
240,2	0	111	133	89	200	231	245	217
240,9	0	0	0	0	0	1	1	1

Fig. 24 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anteriores

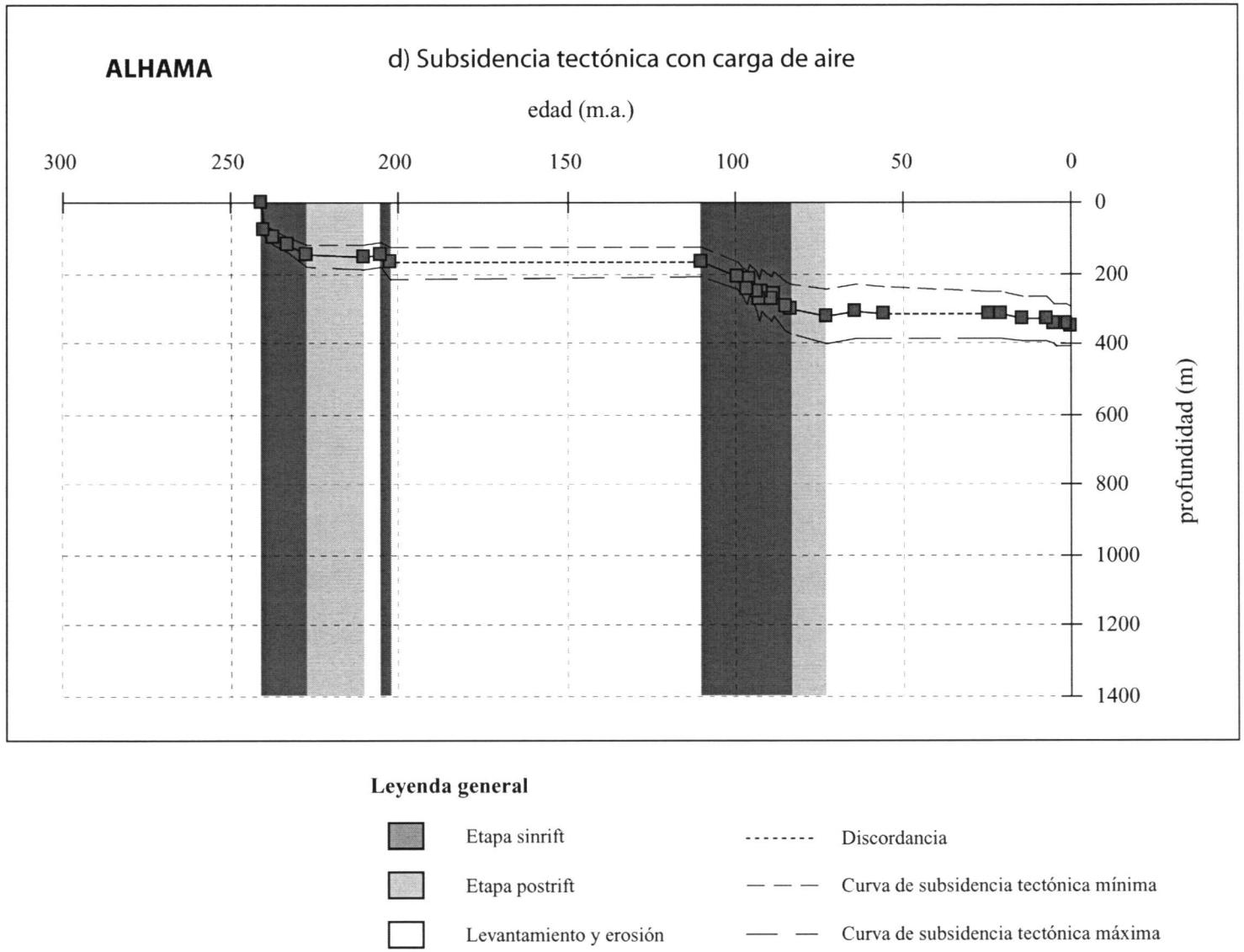


Fig. 24_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

ALHAMA

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	351	407	294
1,3	346	405	286
4,2	346	405	286
5,2	343	402	285
7,1	331	395	267
14	327	391	264
21	318	387	249
24	318	387	249
55,6	313	386	240
64	308	383	232
72,5	321	397	246
83,5	301	373	229
84,9	292	362	222
88,6	258	321	195
89,3	272	335	209
91,8	249	308	189
92,5	276	335	217
93,5	252	308	197
95,8	215	258	172
96,5	242	285	199
98,9	208	246	170
109,5	168	213	123
202,5	170	215	125
205,4	147	181	114
210	**154**	**188**	**121**
227,4	150	183	117
233	118	141	96
237,1	97	116	78
240,2	76	91	61
240,9	0	0	0

Fig. 24 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.3. El Hito

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 2° 35' 39" W
Latitud: 39° 53' 28" N

Provincia geográfica: Cuenca.

En la figura A2 se muestra la columna estratigráfica realizada con los datos que se obtienen del sondeo y la tabla A2 utilizada en el análisis de la subsidencia.

La profundidad total del sondeo es de 1690 metros, comenzando la sedimentación en el Triásico Inferior con la Formación Areniscas del Cañizar (T1). Se han encontrado cuatro discordancias mayores en todo el sondeo, correspondiendo una de ellas al Triásico, a techo de la formación citada anteriormente.

7.1.3.1. Curvas de subsidencia

En la figura 25 se pueden ver las curvas de subsidencia obtenidas y los valores de la subsidencia de cada una de ellas en forma de tabla.

El valor de la subsidencia alcanzada a finales del Triásico en esta zona es de unos 350 metros, según muestra la curva de subsidencia tectónica con carga de agua y los valores que se pueden ver en la figura 25 cont. La curva de subsidencia total indica una subsidencia de unos 700 metros a finales del Triásico, y de algo menos de 1700 metros hasta la actualidad.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire el máximo hundimiento de la cuenca se alcanza en el Cretácico Superior, con un valor de unos 510 metros, que es el valor de subsidencia con el que se llega a la actualidad, ya que durante el Terciario tuvo lugar un levantamiento de la cuenca. La subsidencia a finales del Triásico es de unos 240 metros, según se puede ver en la columna "SUB AIRE media" de la figura 25 cont_3. En ella se han diferenciado seis fases de subsidencia inicial o *sinrift*: la primera corresponde a la Formación Areniscas del Cañizar (T1), de edad Triásico Inferior y con una subsidencia de unos 50 metros; la segunda incluye las Formaciones Arcillas, Limos y Margas de Marines (T7) y Dolomías de Landete (T8), de edad Triásico Medio y con unos 60 metros de subsidencia; la tercera fase corresponde a la Formación Areniscas de Manuel (T12), del Triásico Superior, y presenta una subsidencia de unos 20 metros; la cuarta fase comprende la Formación Dolomías de Imón (T15), de edad Triásico Superior, y todas las formaciones del Lias (Jurásico Inferior, J1 a J5), mostrando unos 290 metros de subsidencia; y por último las fases quinta y sexta se encuentran en el Cretácico Superior. Se observan tres fases *postrift*: la primera corresponde a las formaciones Arenicas, Margas y Yesos del Mas (T9), Dolomías y Calizas de Cañete (T10) y la facies Keuper inferior (T11); la segunda a la facies Keuper superior (T13) y la tercera aparece en el Cretácico Superior.

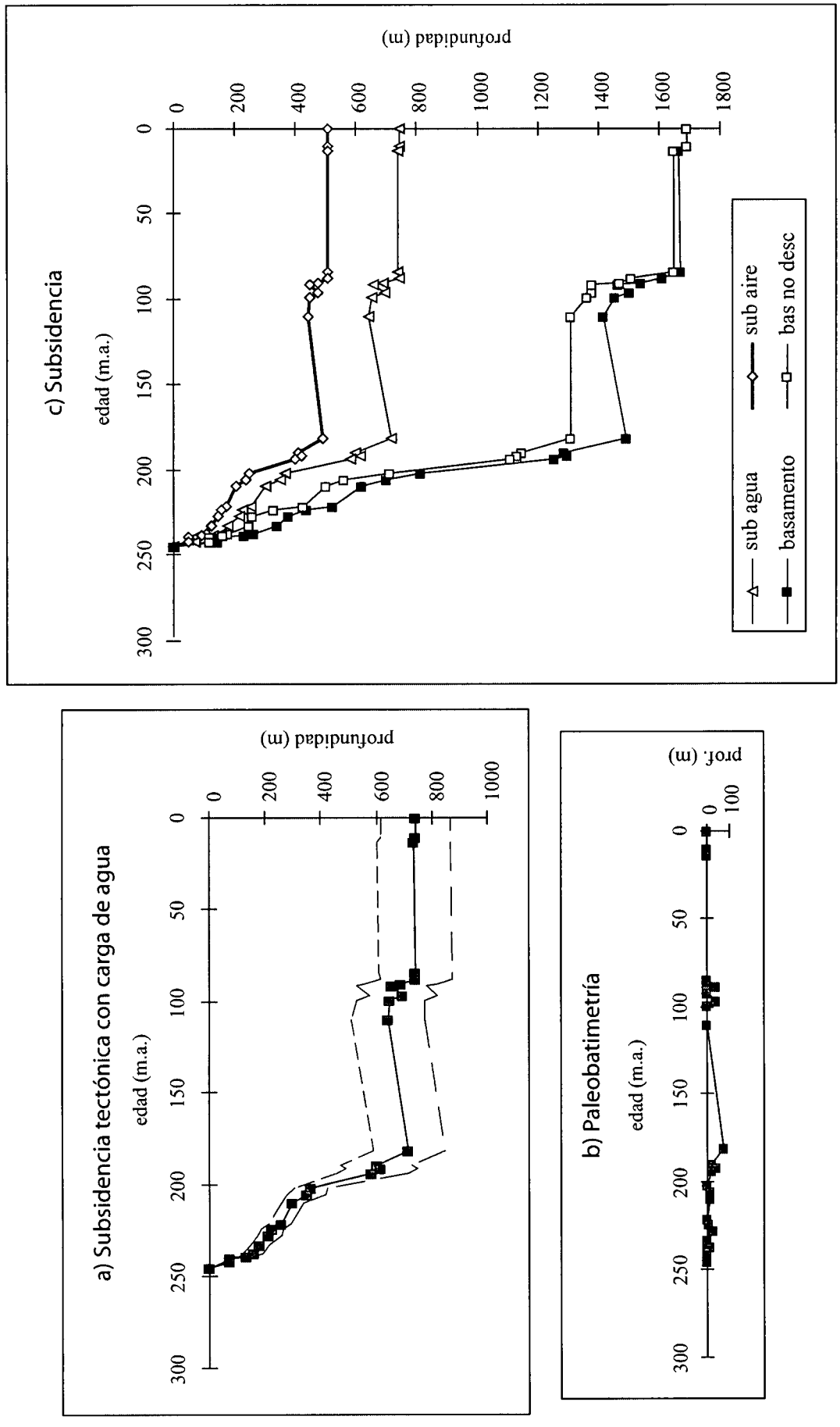


Fig. 25. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

EL HITO

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	745	870	619	1690	1691	1691	1691
10,5	0	745	870	619	1690	1691	1691	1691
13,5	0	737	870	604	1649	1666	1676	1657
84	3	740	873	607	1649	1669	1679	1660
88	43	745	875	614	1509	1614	1647	1582
90,2	3	692	824	559	1469	1544	1583	1505
91,5	0	657	780	533	1377	1465	1508	1422
96,5	40	696	821	573	1377	1505	1548	1462
98,9	3	652	775	528	1361	1453	1497	1409
110	0	644	775	512	1311	1417	1473	1362
181	75	718	850	587	1311	1492	1548	1437
189,6	20	600	731	468	1149	1289	1359	1220
191,5	43	616	746	487	1132	1297	1366	1227
193,5	20	584	715	454	1112	1254	1327	1181
201,9	3	366	426	306	711	814	857	771
205,7	**15**	**348**	**417**	**281**	**558**	**698**	**748**	**648**
209,6	10	300	339	260	503	619	646	591
221,5	0	255	294	215	428	524	551	496
223,6	5	225	263	187	330	438	469	407
227,4	25	214	255	173	259	379	413	344
233	3	180	215	146	248	339	368	311
237,1	15	158	195	120	176	266	297	236
238,5	3	130	158	104	162	230	251	209
239,5	0	70	85	56	117	143	153	133
241,6	0	70	85	56	117	143	153	133
244,8	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 25 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anteriores

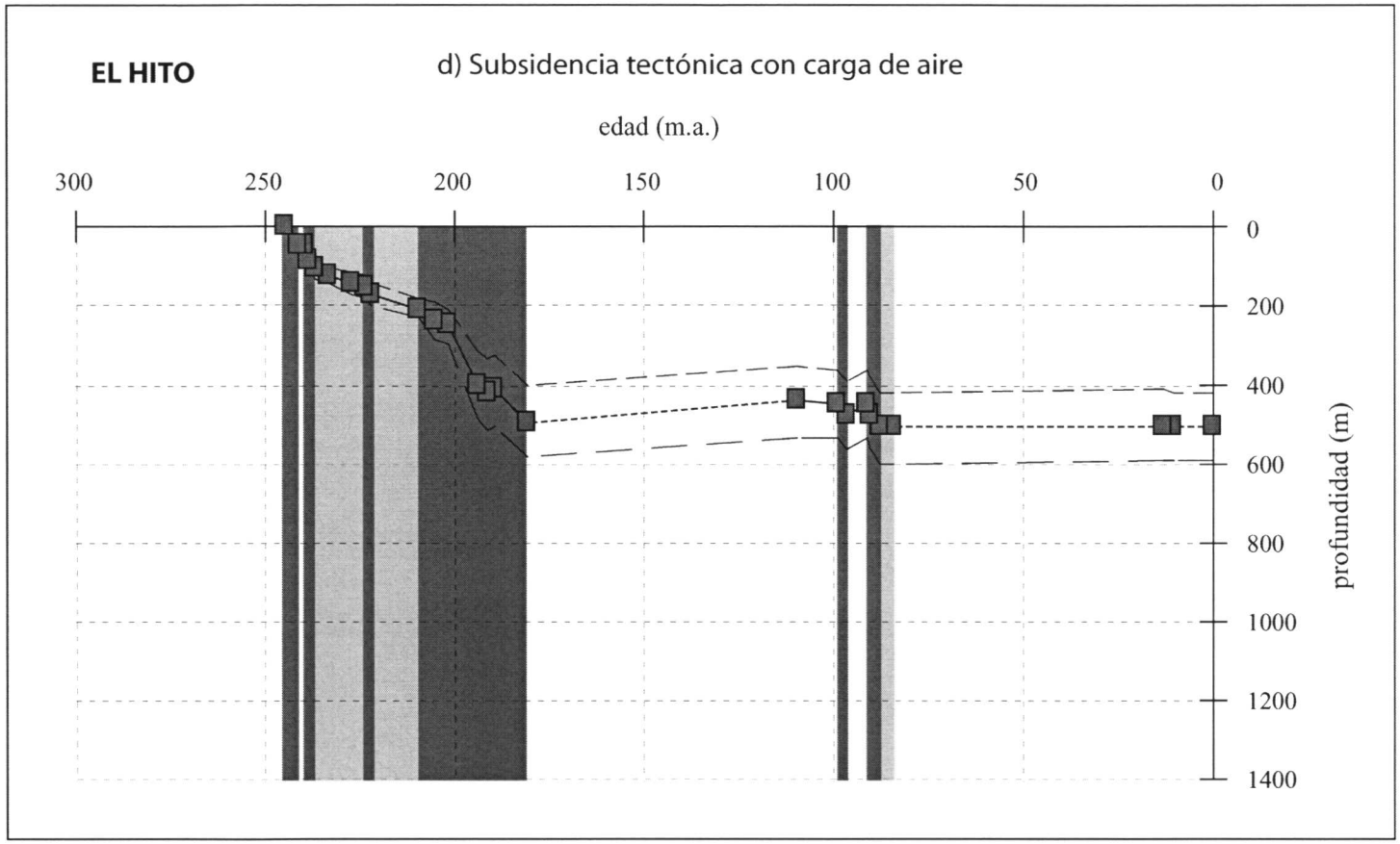


Fig. 25_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

EL HITO

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	509	595	423
10,5	509	595	423
13,5	504	595	413
84	506	597	415
88	509	598	420
90,2	473	563	382
91,5	449	533	364
96,5	476	561	392
98,9	446	530	361
110	440	530	350
181	491	581	401
189,6	410	500	320
191,5	421	510	333
193,5	399	489	310
201,9	250	291	209
205,7	**238**	**285**	**192**
209,6	205	232	178
221,5	174	201	147
223,6	154	180	128
227,4	146	174	118
233	123	147	100
237,1	108	133	82
238,5	89	108	71
239,5	48	58	38
241,6	48	58	38
244,8	0	1	0

Fig. 25 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.4. Molina de Aragón

Fuente: Sección de campo compuesta.

Coordenadas de situación:

Longitud: 1° 55' W
Latitud: 40° 57' N

Provincia geográfica: Guadalajara.

La columna estratigráfica realizada para la sección de Molina de Aragón se muestra en la figura A4, junto con los datos en la tabla A4.

La columna tiene un espesor total de 1555 metros. En ella se puede ver que sobre el Paleozoico se depositan los primeros sedimentos de edad Pérmico Inferior, de naturaleza volcánica, siendo una de las secciones más completas para el Pérmico y Triásico de toda la Cordillera Ibérica.

7.1.4.1. Curvas de subsidencia

Las curvas de subsidencia obtenidas para esta sección se muestran en la figura 26.

El análisis de la subsidencia para esta sección muestra unos 550 metros de hundimiento a finales del Triásico según la curva de subsidencia tectónica con carga de agua (Fig. 26 cont.), mientras que la subsidencia hasta la actualidad es de unos 700 metros. En la curva de subsidencia total se puede ver que el hundimiento del basamento hasta el Triásico es de algo más de 1100 metros, siendo de unos 1560 metros hasta la actualidad.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire indica un valor de aproximadamente 380 metros de hundimiento para el Pérmico y el Triásico y de unos 480 metros hasta la actualidad (Fig. 26 cont_3). El valor máximo de subsidencia se alcanza en el Jurásico Inferior y en el Cretácico Superior, con unos 490 metros. En esta curva se han diferenciado cinco fases *sinrift*: la primera ocurre en el Pérmico Inferior (Autuniense), sufriendo un hundimiento de unos 130 metros y depositándose la unidad Capas de la Ermita (P1+P2); la segunda tiene lugar en el Pérmico Superior (Thüringiense), con una subsidencia de unos 20 metros, en la cual se depositó la unidad Capas de Montesoro (P5); la tercera fase ocupa el Pérmico Superior y el Triásico Inferior y Medio y presenta una subsidencia de unos 200 metros, con la sedimentación de la unidad pérmica de Hoz del Gallo (P6) y las unidades Rillo de Gallo (T1), Nivel de Prados (T2), Río Arandilla (T3), Rillo (T4), Torete (T5) y las formaciones Tramacastilla (T10A) y Royuela (T10B), todas ellas del Triásico. La cuarta fase comprende el Triásico Superior (Formación Imón: T15) y las formaciones del Jurásico Inferior (J1 a J5); la quinta y última fase tiene lugar en el Cretácico Superior. Hay una fase *postrift* que corresponde a la facies Keuper (T14).

MOLINA DE ARAGÓN

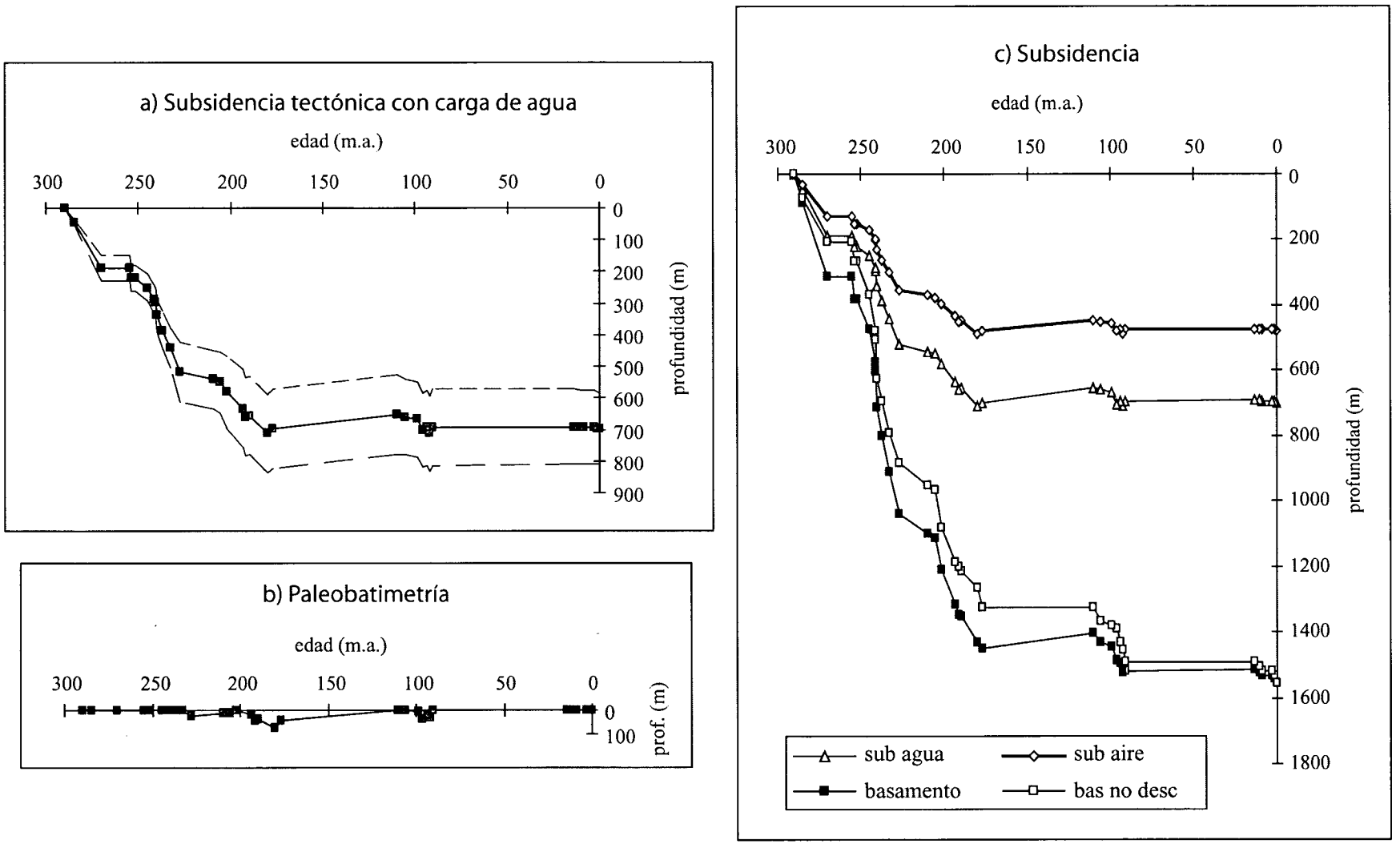


Fig. 26. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

MOLINA DE ARAGÓN

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	699	810	587	1555	1556	1556	1556
1,75	0	696	812	581	1532	1542	1547	1537
3	0	695	812	578	1519	1533	1541	1525
9	0	695	812	578	1519	1533	1541	1525
10,5	0	692	809	575	1506	1525	1536	1515
13,7	0	691	810	571	1490	1516	1530	1501
90,5	3	693	813	573	1490	1519	1533	1504
92	30	711	831	592	1455	1522	1543	1502
93,5	20	695	815	575	1430	1495	1520	1470
96,1	40	704	821	585	1390	1486	1515	1457
98,9	8	667	786	550	1380	1447	1477	1416
105,5	3	660	778	541	1365	1431	1464	1399
110	0	654	780	528	1325	1404	1446	1362
177	45	699	824	573	1325	1449	1491	1407
180,1	75	711	835	588	1265	1434	1483	1384
189,6	35	655	780	531	1215	1354	1409	1299
191,5	43	660	783	535	1200	1349	1405	1294
193,5	20	633	756	509	1190	1318	1375	1261
201,9	3	581	696	467	1080	1209	1268	1150
205,7	**15**	**550**	**647**	**454**	**965**	**1116**	**1168**	**1064**
209,6	10	541	635	448	955	1101	1152	1050
227,4	25	518	614	421	883	1040	1098	983
233	3	440	505	376	791	912	946	878
237,1	0	385	443	325	696	803	836	769
240,2	0	339	392	287	624	715	744	686
241	0	296	341	250	505	601	628	574
241,5	0	287	331	241	480	577	603	550
244,8	0	250	291	209	370	474	502	447
252	0	219	260	180	265	382	413	350
254	0	219	260	180	265	381	413	350
255	0	189	228	149	205	313	346	281
270	0	189	228	149	205	313	345	281
285	0	44	54	35	72	89	96	83
290	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 26 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

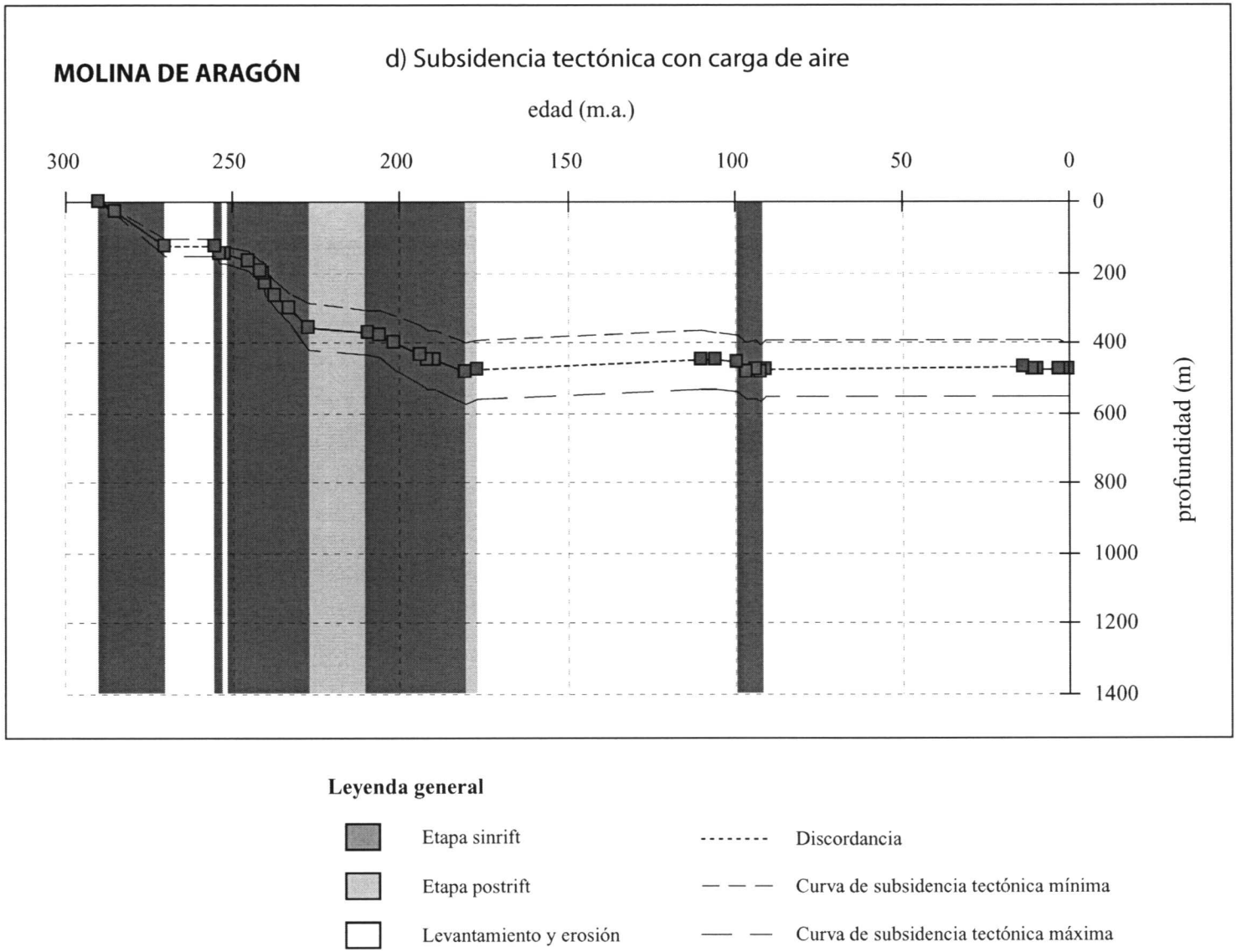


Fig. 26_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

MOLINA DE ARAGÓN

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	478	554	401
1,75	476	555	397
3	475	555	395
9	475	555	395
10,5	473	553	393
13,7	472	554	390
90,5	474	556	392
92	486	568	405
93,5	475	557	393
96,1	481	561	400
98,9	456	537	376
105,5	451	532	370
110	447	533	361
177	478	563	392
180,1	486	571	402
189,6	448	533	363
191,5	451	535	366
193,5	433	517	348
201,9	397	476	319
205,7	**376**	**442**	**310**
209,6	370	434	306
227,4	354	420	288
233	301	345	257
237,1	263	303	222
240,2	232	268	196
241	202	233	171
241,5	196	226	165
244,8	171	199	143
252	150	178	123
254	150	178	123
255	129	156	102
270	129	156	102
285	30	37	24
290	0	1	0

Fig. 26 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.5. Majadas

Fuente: Sección de campo compuesta.
Coordenadas de situación:

Longitud: 1° 59' W
Latitud: 40° 13' N

Provincia geográfica: Cuenca.

La columna realizada para esta sección y la tabla que se obtiene de ella se muestran en la figura A3 y tabla A3 respectivamente.

La sección de Majadas está situada en el borde occidental de la Serranía de Cuenca y tiene un espesor total de 1677.5 metros. Los primeros sedimentos que se depositan de forma discordante sobre el Paleozoico son los conglomerados de la unidad Hoz del Gallo (P6), de edad Pérmico Superior (Thüringiense).

7.1.5.1. Curvas de subsidencia

Las curvas obtenidas con el análisis de la subsidencia se muestran en la figura 27.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua (curva a) indica una subsidencia a finales del Triásico de unos 290 metros, siendo de aproximadamente 730 metros desde el Pérmico hasta la actualidad. En la curva de subsidencia total (curva c) y en la tabla de la figura 27 cont se puede ver que la subsidencia a finales del Triásico es de unos 525 metros, mientras que la subsidencia del basamento hasta la actualidad es de unos 1680 metros.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire (curva d) muestra unos 500 metros de subsidencia desde el Pérmico hasta la actualidad, correspondiendo unos 200 metros a la subsidencia que tuvo lugar hasta finales del Triásico. En esta curva se han distinguido seis fases *sinrift*: la primera de ellas comprende la unidad Conglomerados de Hoz del Gallo (P6) y la Formación Areniscas del Cañizar (T1), de edad Pérmico y Triásico Inferior, respectivamente, teniendo la fase una subsidencia de unos 30 metros; la segunda incluye las formaciones Areniscas, Margas y Yesos del Mas (T9) y Dolomías y Calizas de Cañete (T10), de edad Triásico Medio, con una subsidencia de aproximadamente 100 metros; la tercera fase corresponde al Triásico Superior y Jurásico Inferior, incluyendo la facies Keuper superior (T13), la Formación Dolomías de Imón (T15) y las formaciones del Lias (J1 a J5), y presentando una subsidencia de unos 240 metros. Las otras tres fases (cuarta, quinta y sexta) aparecen en el Cretácico Inferior la primera de ellas y en el Cretácico Superior las otras dos. Hay tres fases *postrift* que corresponden a la facies Keuper inferior (T11) y Formación Manuel (T12, Keuper medio) la primera, a la Formación Chelva (J6) la segunda, y al Cretácico Superior la tercera.

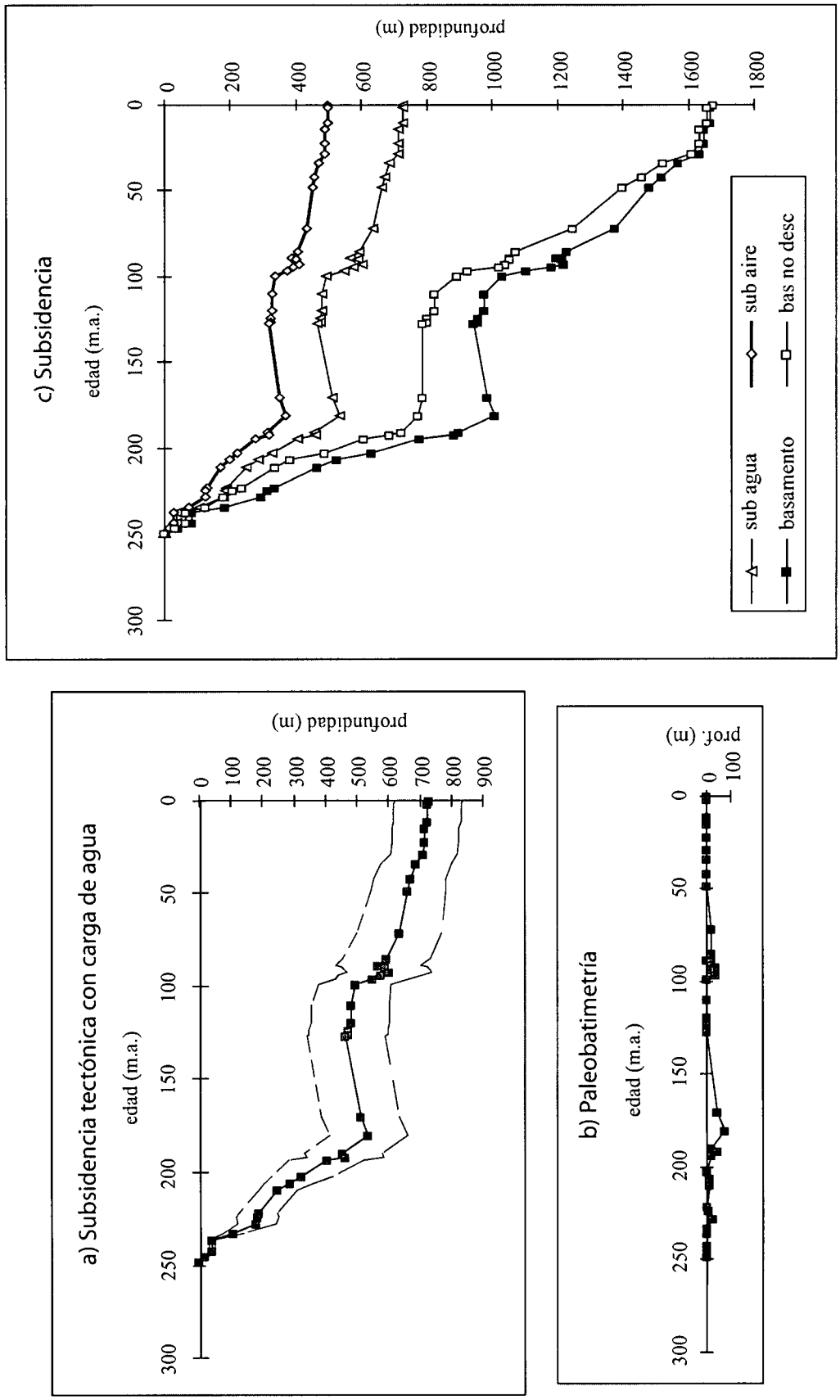


Fig. 27. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

MAJADAS

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	729	835	623	1678	1678	1678	1678
1,8	0	726	832	617	1657	1665	1667	1662
10,7	0	726	832	617	1657	1665	1667	1662
14,5	0	715	822	610	1632	1647	1652	1642
22,1	0	715	822	610	1632	1647	1652	1642
28,3	0	712	819	606	1612	1633	1640	1626
28,6	0	712	819	606	1612	1633	1640	1626
33,6	0	688	799	576	1526	1570	1587	1553
41,6	0	670	784	554	1460	1521	1547	1495
48	3	663	783	543	1399	1482	1518	1446
71,3	20	633	769	499	1249	1376	1435	1317
84,9	20	594	733	456	1071	1230	1301	1160
88,6	0	568	704	432	1055	1195	1264	1126
89,3	20	588	724	452	1055	1215	1284	1145
92	40	601	736	468	1041	1221	1290	1153
93,5	20	575	710	440	1024	1185	1255	1115
96,1	40	549	664	433	924	1104	1165	1043
98,9	3	493	606	380	891	1029	1089	969
109,8	0	480	601	357	825	978	1051	905
119	0	480	601	357	825	978	1051	905
123,3	0	473	600	345	803	959	1037	880
126	0	473	600	345	803	959	1037	880
126,7	0	465	591	341	786	942	1020	865
170	45	511	636	386	786	987	1065	910
180,1	75	535	660	413	775	1006	1083	929
189,6	20	456	582	332	725	899	981	817
191,5	43	462	584	342	687	882	963	801
193,5	20	404	521	285	609	777	861	693
201,9	3	325	421	230	487	629	701	556
205,7	**15**	**287**	**363**	**209**	**381**	**525**	**585**	**465**
209,6	10	249	309	190	336	463	510	416
221,5	0	187	249	124	236	334	384	284
223,6	5	184	250	118	206	313	368	258
227,4	25	181	244	120	178	293	346	241
233	3	108	139	78	122	185	211	159
236	0	39	48	32	66	82	88	76
242	0	39	48	31	66	82	88	76
244,8	0	20	25	16	33	42	45	39
248	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 27 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

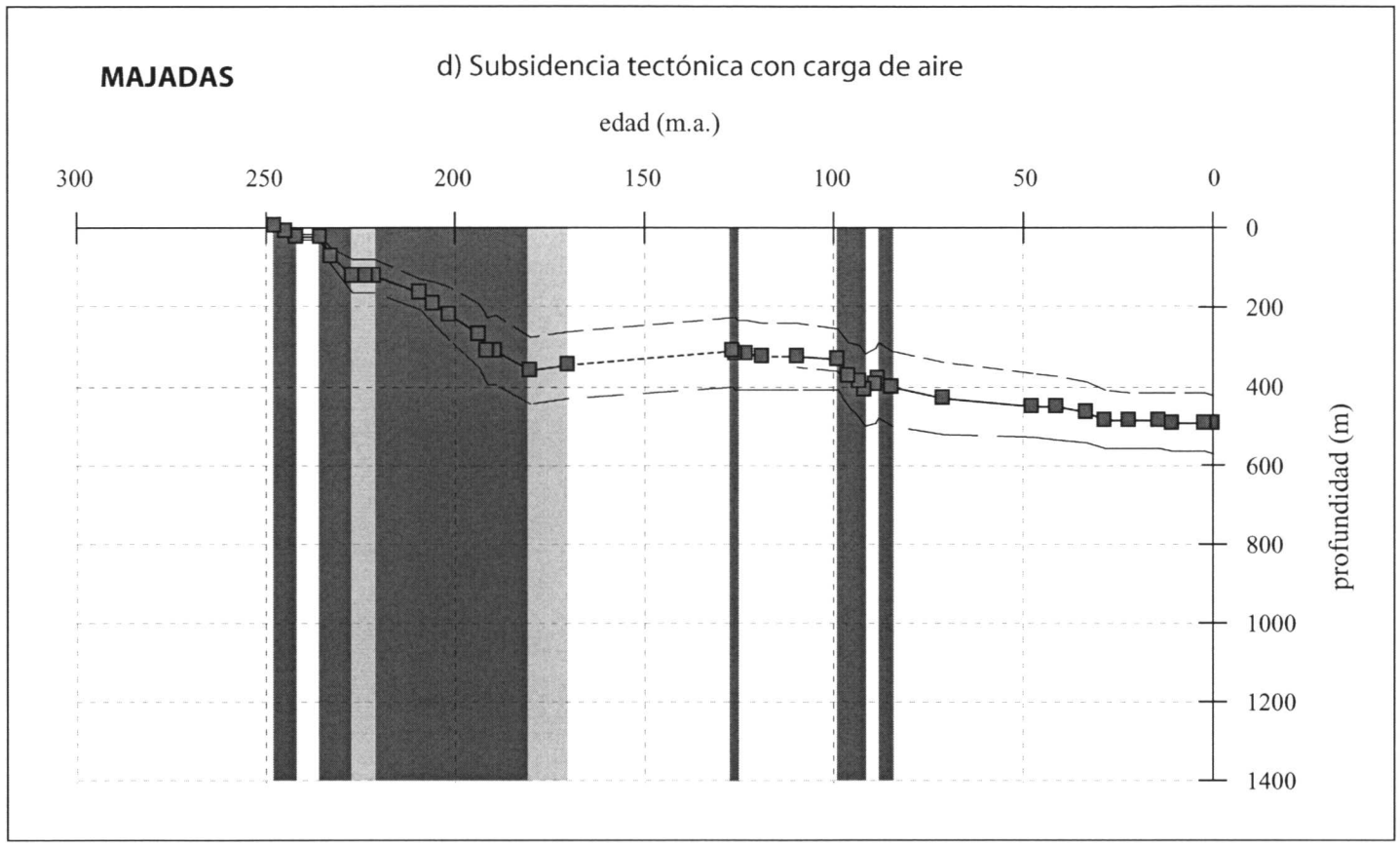


Fig. 27_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

MAJADAS

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín	edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	498	571	426	123,3	323	410	236
1,8	496	569	422	126	323	410	236
10,7	496	569	422	126,7	318	404	233
14,5	489	562	417	170	349	435	264
22,1	489	562	417	180,1	366	451	282
28,3	487	560	414	189,6	312	398	227
28,6	487	560	414	191,5	316	399	234
33,6	470	546	394	193,5	276	356	195
41,6	458	536	379	201,9	222	288	157
48	453	535	371	**205,7**	**196**	**248**	**143**
71,3	433	526	341	209,6	170	211	130
84,9	406	501	312	221,5	128	170	85
88,6	388	481	295	223,6	126	171	81
89,3	402	495	309	227,4	124	167	82
92	411	503	320	233	74	95	53
93,5	393	485	301	236	27	33	22
96,1	375	454	296	242	27	33	21
98,9	337	414	260	244,8	14	17	11
109,8	328	411	244	248	0	1	0
119	328	411	244				

Fig. 27 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.6. Cañete

Fuente: Sección de campo compuesta.

Coordenadas de situación:

Longitud: 1° 36' W

Latitud: 40° 03' N

Provincia geográfica: Cuenca.

La columna estratigráfica y la tabla con los datos obtenidos de ella se muestran en la figura A6 y en la tabla A6 respectivamente.

El espesor total de esta sección es de 1940 metros, de los cuales unos 880 metros corresponden al Pérmico y Triásico. Los primeros sedimentos en depositarse sobre el Paleozoico son los de la Formación Brechas de Tabarreña (P3), pertenecientes al Pérmico Inferior.

7.1.6.1. Curvas de subsidencia

En la figura 28 se exponen las curvas de subsidencia obtenidas con el análisis.

Desde el comienzo de la sedimentación hasta la actualidad esta zona sufrió un hundimiento de unos 830 metros, según se ve en la curva y los datos de subsidencia tectónica con carga de agua, siendo de cerca de 490 metros para el Pérmico y el Triásico. En cambio, la curva de subsidencia total o del basamento refleja unos 1940 metros hasta la actualidad y cerca de 1040 metros a finales del Triásico.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire (curva d) indica una subsidencia de aproximadamente 570 metros desde el basamento hasta la actualidad y de unos 330 metros para el Pérmico y el Triásico. El valor máximo de subsidencia se alcanza en el Cretácico Superior, con unos 590 metros. Se han separado siete fases de subsidencia rápida o *sinrift*: las dos primeras corresponden al Pérmico, a la Formación Tabarreña (P3) la primera (Pérmico Inferior), y a las formaciones Conglomerados de Boniches (P4) y Limos y Areniscas de Alcotas (P5) la segunda (Pérmico Superior). A finales del Pérmico se había llegado a los 110 metros de subsidencia, aproximadamente. Las dos fases siguientes (tercera y cuarta) pertenecen al Triásico, siendo la primera de ellas la correspondiente a la Formación Cañizar (T1), que presenta una subsidencia de casi 50 metros, y la segunda a las formaciones Landete (T8), Mas (T9) y Cañete (T10), de facies Muschelkalk. En esta última fase se alcanzaron los 120 metros de subsidencia. La quinta fase pertenece a la Formación Imón (T15) y a las correspondientes al Lias (Jurásico Inferior, J1 a J5), mientras que la sexta y séptima aparecen en el Cretácico. La facies Keuper (T14) se presenta como una fase *postrift*, igual que la Formación Chelva (J6).

CAÑETE

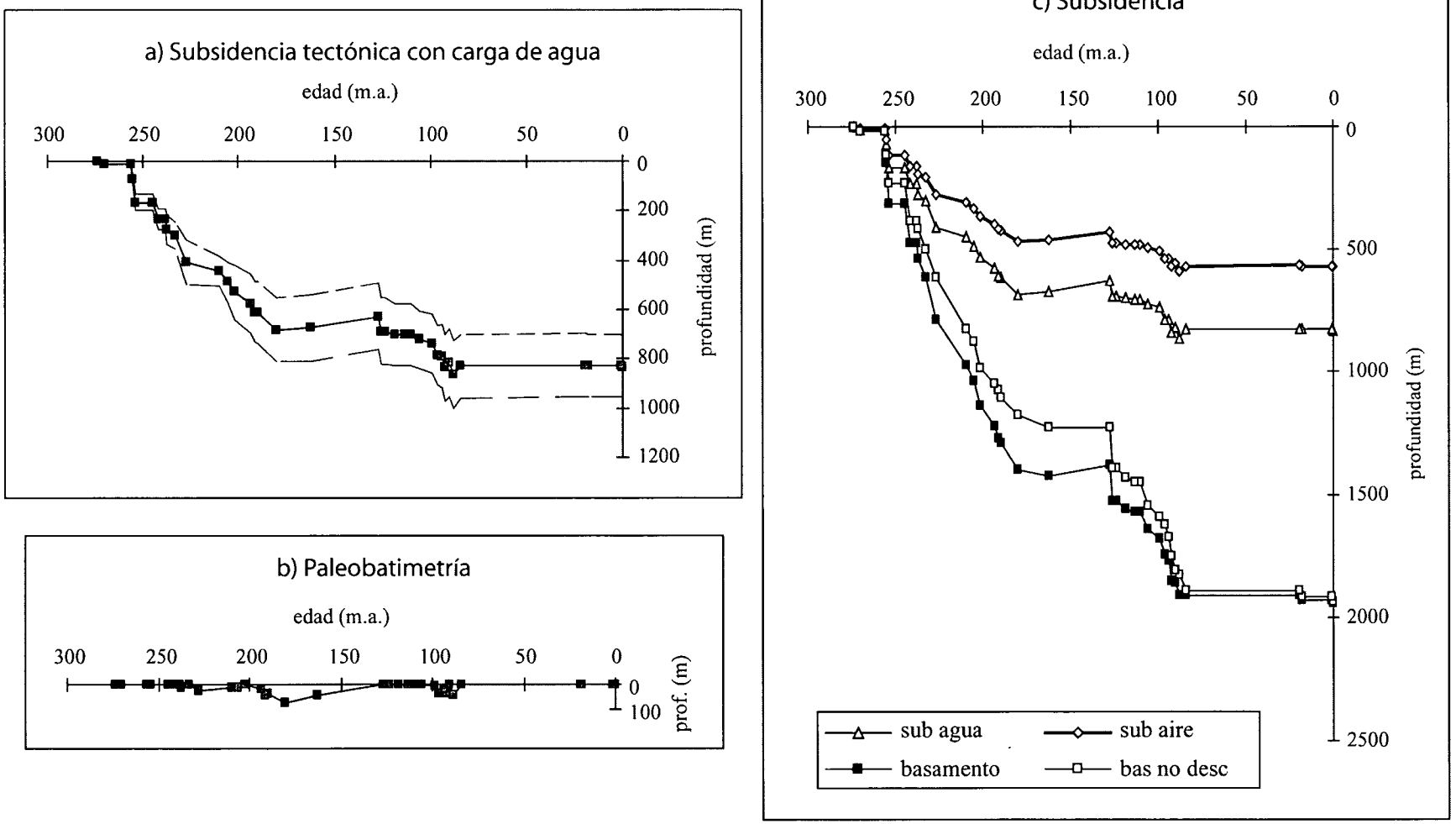


Fig. 28. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

CAÑETE

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	831	955	708	1940	1941	1941	1941
1,1	0	828	954	702	1921	1929	1932	1925
18,2	0	828	954	702	1921	1929	1932	1925
19,3	0	825	954	696	1894	1911	1919	1903
84,1	3	828	957	699	1894	1914	1922	1906
88	43	862	999	724	1827	1913	1935	1892
90,2	3	816	955	677	1811	1862	1886	1837
92	40	835	970	702	1750	1854	1885	1824
93,5	20	789	919	657	1672	1772	1809	1735
96,1	40	787	908	666	1622	1747	1781	1713
98,9	8	737	856	620	1589	1683	1717	1649
105,5	3	721	837	606	1550	1645	1679	1611
110	0	702	827	576	1450	1571	1620	1522
113	0	702	827	576	1450	1571	1620	1522
118	0	699	827	573	1434	1560	1612	1508
123,3	0	688	821	554	1394	1527	1587	1466
126	0	688	821	554	1394	1526	1587	1466
127	0	629	764	494	1230	1378	1451	1304
162,5	45	674	809	540	1230	1423	1496	1349
180,1	75	682	810	554	1175	1401	1472	1329
189,6	35	614	740	487	1107	1294	1370	1217
191,5	43	609	733	486	1074	1270	1346	1195
193,5	20	576	696	456	1050	1224	1299	1149
201,9	3	530	639	421	983	1140	1209	1070
205,7	**15**	**486**	**568**	**405**	**878**	**1037**	**1089**	**985**
209,6	10	446	506	386	828	970	1006	934
227,4	25	407	496	316	611	789	854	724
233	3	301	355	247	497	617	656	579
237,1	15	276	336	217	414	536	579	492
238,3	0	233	274	192	386	474	501	448
241,8	0	233	274	192	386	474	501	448
244,8	0	165	197	133	230	312	336	288
254	0	165	197	133	230	312	336	288
255	0	70	85	56	117	144	154	134
256	0	10	13	9	17	22	24	20
270	0	10	13	9	17	22	23	20
274	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 28 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

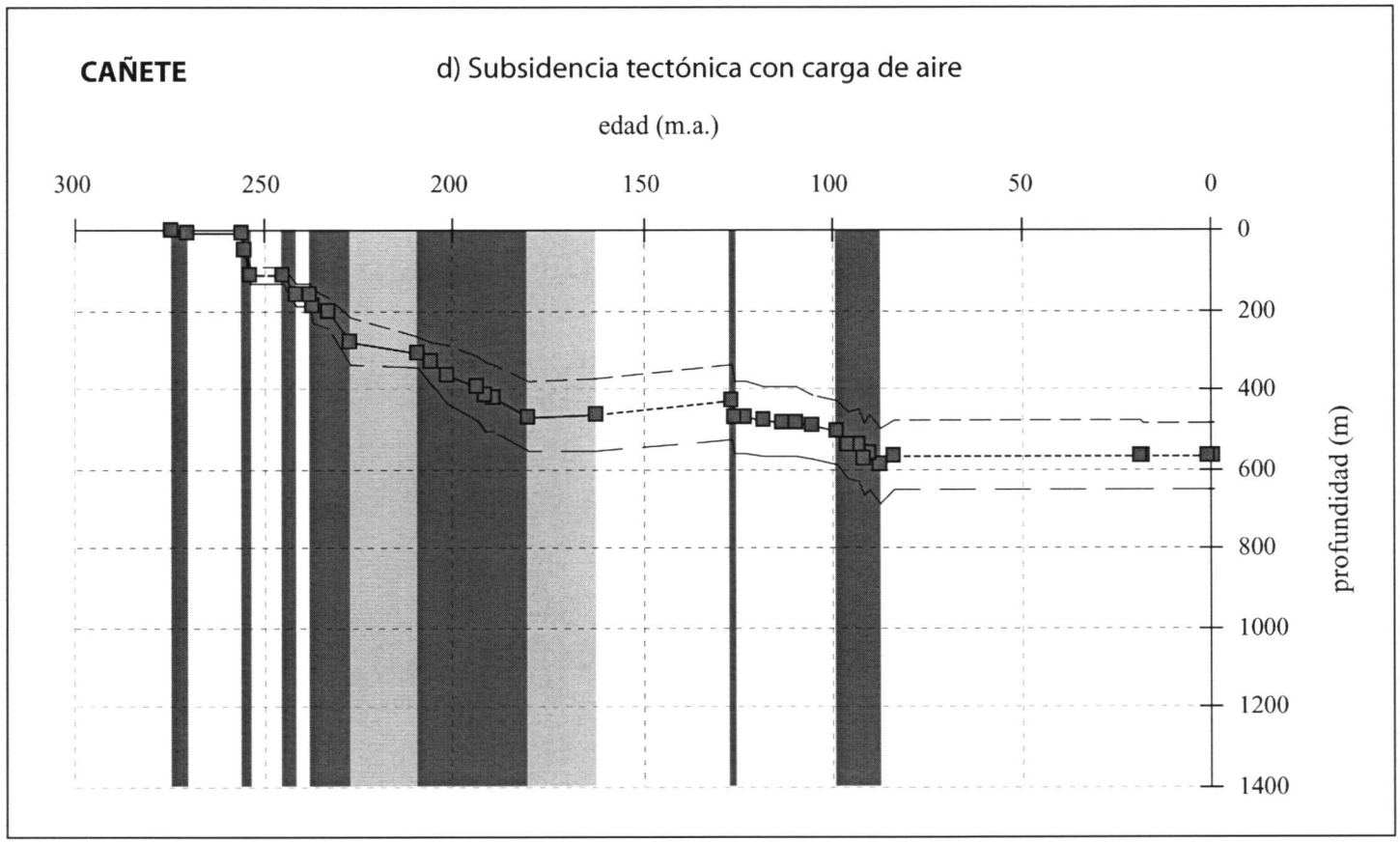


Fig. 28_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

CAÑETE

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	568	653	484
1,1	566	652	480
18,2	566	652	480
19,3	564	652	476
84,1	566	654	478
88	589	683	495
90,2	558	653	463
92	571	663	480
93,5	539	628	449
96,1	538	621	455
98,9	504	585	424
105,5	493	572	414
110	480	565	394
113	480	565	394
118	478	565	392
123,3	470	561	379
126	470	561	379
127	430	522	338
162,5	461	553	369

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
180,1	466	554	379
189,6	420	506	333
191,5	416	501	332
193,5	394	476	312
201,9	362	437	288
205,7	**332**	**388**	**277**
209,6	305	346	264
227,4	278	339	216
233	206	243	169
237,1	189	230	148
238,3	159	187	131
241,8	159	187	131
244,8	113	135	91
254	113	135	91
255	48	58	38
256	7	9	6
270	7	9	6
274	0	1	0

Fig. 28 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.7. Teruel

Fuente: Sección de campo compuesta.
Coordenadas de situación:
Longitud: 1° 02' W
Latitud: 40° 23' N

Provincia geográfica: Teruel.

La columna estratigráfica se presenta en la figura A8 y la tabla con los datos en la tabla A8.

El espesor total de la sección es de 2988.5 metros, siendo la Formación Alcotas (P5) la primera en depositarse en el Pérmico Superior. El Triásico aparece completo, así como el Jurásico.

7.1.7.1. Curvas de subsidencia

En la figura 29 se pueden ver las curvas obtenidas en el análisis de la subsidencia de esta sección.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua muestra un hundimiento de unos 625 metros hasta el Triásico y de unos 1200 metros hasta la actualidad, mientras que la subsidencia del basamento (curva c) es de unos 1360 metros a finales del Triásico y de casi 3000 metros desde el Pérmico hasta la actualidad.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se observa que a finales del Triásico la subsidencia es de casi 430 metros, y de unos 820 metros hasta la actualidad. En ella se han distinguido siete fases: la primera corresponde al Pérmico Superior (Formación Alcotas: P5), mostrando unos 160 metros de subsidencia; la segunda fase aparece en el Triásico, comprendiendo desde la Formación Cañizar hasta la Formación Cañete (T1 a T10), con algo más de 230 metros de subsidencia; la tercera fase comienza en el Triásico Superior con la Formación Imón y termina en el Jurásico Inferior con la Formación Turmiel (T15 a J5); la fase cuarta comprende el Jurásico Superior, y las fases quinta, sexta y séptima aparecen en el Cretácico Inferior. La facies Keuper (T14) se presenta como fase *postrift*.

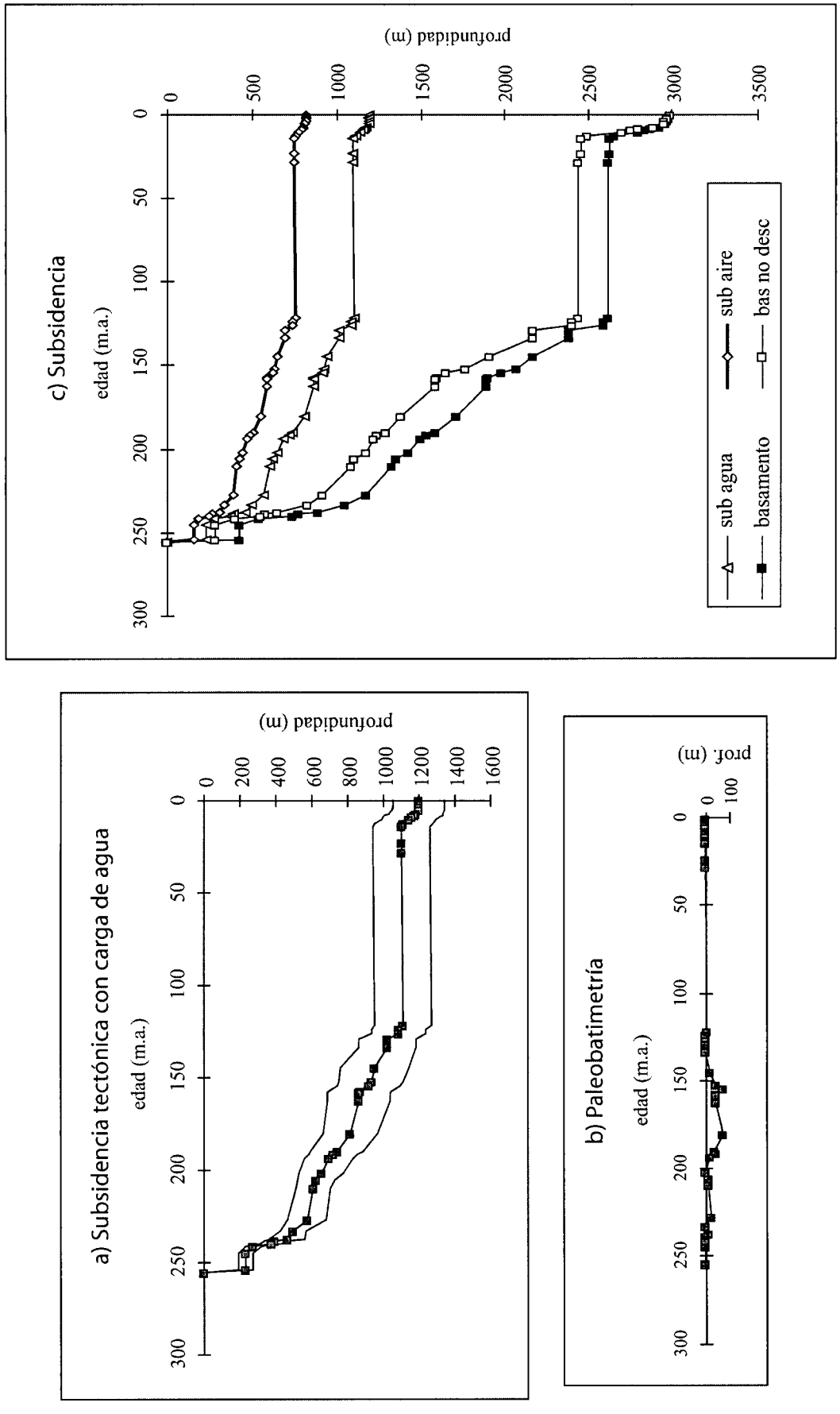


Fig. 29. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

TERUEL

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1203	1347	1056	2989	2989	2989	2989
1,7	0	1200	1347	1053	2968	2977	2980	2975
2	0	1200	1347	1053	2968	2977	2980	2974
3,5	0	1200	1347	1052	2957	2970	2975	2966
5,2	0	1198	1344	1050	2952	2967	2972	2962
7,1	0	1182	1334	1031	2889	2928	2942	2914
7,9	0	1173	1337	1009	2800	2872	2900	2844
8,7	0	1160	1321	999	2755	2839	2870	2809
10,5	0	1143	1293	992	2705	2798	2826	2771
12,5	0	1115	1279	951	2494	2659	2712	2607
14	0	1103	1263	945	2461	2631	2680	2581
23	0	1103	1263	945	2461	2631	2680	2581
28	0	1103	1264	944	2444	2621	2673	2569
121,5	5	1109	1268	948	2444	2626	2678	2574
123,3	0	1091	1243	939	2412	2592	2640	2544
126	0	1091	1243	939	2412	2592	2640	2544
128,5	0	1023	1185	860	2173	2394	2461	2326
133	0	1023	1185	860	2173	2394	2461	2326
144,2	20	951	1141	761	1917	2178	2284	2073
151,5	45	933	1113	752	1773	2074	2180	1968
154,1	75	919	1096	742	1656	1990	2101	1880
156,8	45	870	1047	692	1606	1911	2025	1796
158	45	866	1043	689	1596	1901	2015	1786
162	45	866	1043	689	1596	1901	2015	1786
180,1	75	816	967	666	1384	1721	1824	1617
189,6	35	740	888	592	1301	1593	1698	1488
191,5	43	721	859	585	1240	1537	1636	1438
193,5	20	693	831	556	1229	1501	1601	1402
201,9	3	652	778	527	1179	1429	1521	1337
205,7	**15**	**625**	**730**	**521**	**1107**	**1359**	**1436**	**1283**
209,6	10	607	704	512	1089	1331	1402	1261
227,4	25	575	683	467	922	1186	1269	1104
233	3	497	571	424	834	1055	1109	1001
237,1	15	461	560	363	656	895	973	818
238,5	3	395	458	332	578	778	824	732
239,9	3	373	432	315	556	742	785	700
241,5	0	275	320	230	406	544	577	511
244,8	0	233	274	192	289	427	459	395
254	0	233	274	192	289	427	459	394
255	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 29 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

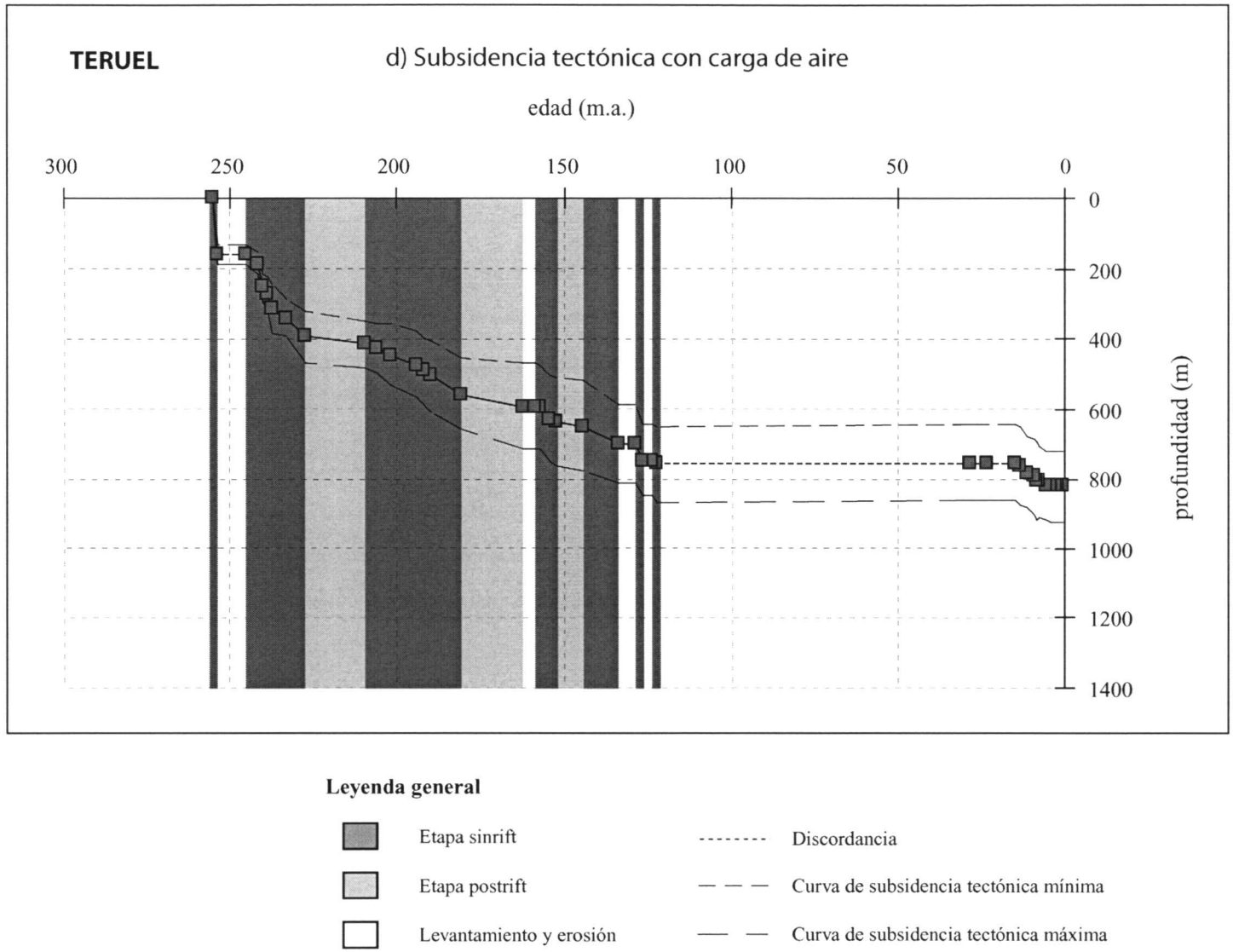


Fig. 29_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

TERUEL

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	822	921	722
1,7	820	921	720
2	820	921	720
3,5	820	921	719
5,2	819	919	718
7,1	808	912	705
7,9	802	914	690
8,7	793	903	683
10,5	781	884	678
12,5	762	874	650
14	754	863	646
23	754	863	646
28	754	864	645
121,5	758	867	648
123,3	746	850	642
126	746	850	642
128,5	699	810	588
133	699	810	588
144,2	650	780	520
151,5	638	761	514

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
154,1	628	749	507
156,8	595	716	473
158	592	713	471
162	592	713	471
180,1	558	661	455
189,6	506	607	405
191,5	493	587	400
193,5	474	568	380
201,9	446	532	360
205,7	**427**	**499**	**356**
209,6	415	481	350
227,4	393	467	319
233	340	390	290
237,1	315	383	248
238,5	270	313	227
239,9	255	295	215
241,5	188	219	157
244,8	159	187	131
254	159	187	131
255	0	1	0

Fig. 29 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.8. Montalbán

Fuente: Sección de campo compuesta.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 40' W
Latitud: 40° 47' N

Provincia geográfica: Teruel.

La sección de Montalbán está situada en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. La columna estratigráfica se muestra en la figura A11 y los datos en la tabla A11.

El espesor total de esta sección es de 1728.7 metros. Los primeros sedimentos que se depositaron discordantes sobre el sustrato son unos conglomerados de la Formación Cañizar (T1), pertenecientes al Triásico Inferior.

7.1.8.1. Curvas de subsidencia

En la figura 30 se muestran las curvas obtenidas para la sección de Montalbán.

La subsidencia que se puede observar en la curva de subsidencia tectónica con carga de agua es de unos 750 metros hasta la actualidad y de aproximadamente 330 metros a finales del Triásico. La curva de subsidencia total indica un hundimiento del basamento de unos 1730 metros hasta la actualidad y de unos 640 metros a finales del Triásico.

Los valores que se obtienen en la curva de subsidencia tectónica con carga de aire indican unos 515 metros en toda la historia de subsidencia de esta zona, de los cuales unos 230 corresponden al Triásico. En esta curva se han separado diez fases *sinrift*: la primera abarca todo el Triásico Inferior y parte del Triásico Medio, desde la Formación Cañizar hasta la Formación Landete (T1 a T8), presentando unos 130 metros de subsidencia; la segunda aparece en el Triásico Medio con la Formación Cañete (T10) y unos 50 metros de subsidencia; la tercera fase corresponde al Triásico Superior, en la que se depositó la Formación Imón (T15), con unos 45 metros de subsidencia; las fases cuarta y quinta aparecen en el Jurásico Inferior, sedimentándose la Formación Cuevas Labradas (J2), y las formaciones Barahona (J4) y Turmiel (J5) respectivamente; la sexta fase corresponde al Jurásico Superior, y en el Cretácico se observan cuatro fases más (fases séptima, octava, novena y décima), todas ellas separadas por discordancias.

MONTALBÁN

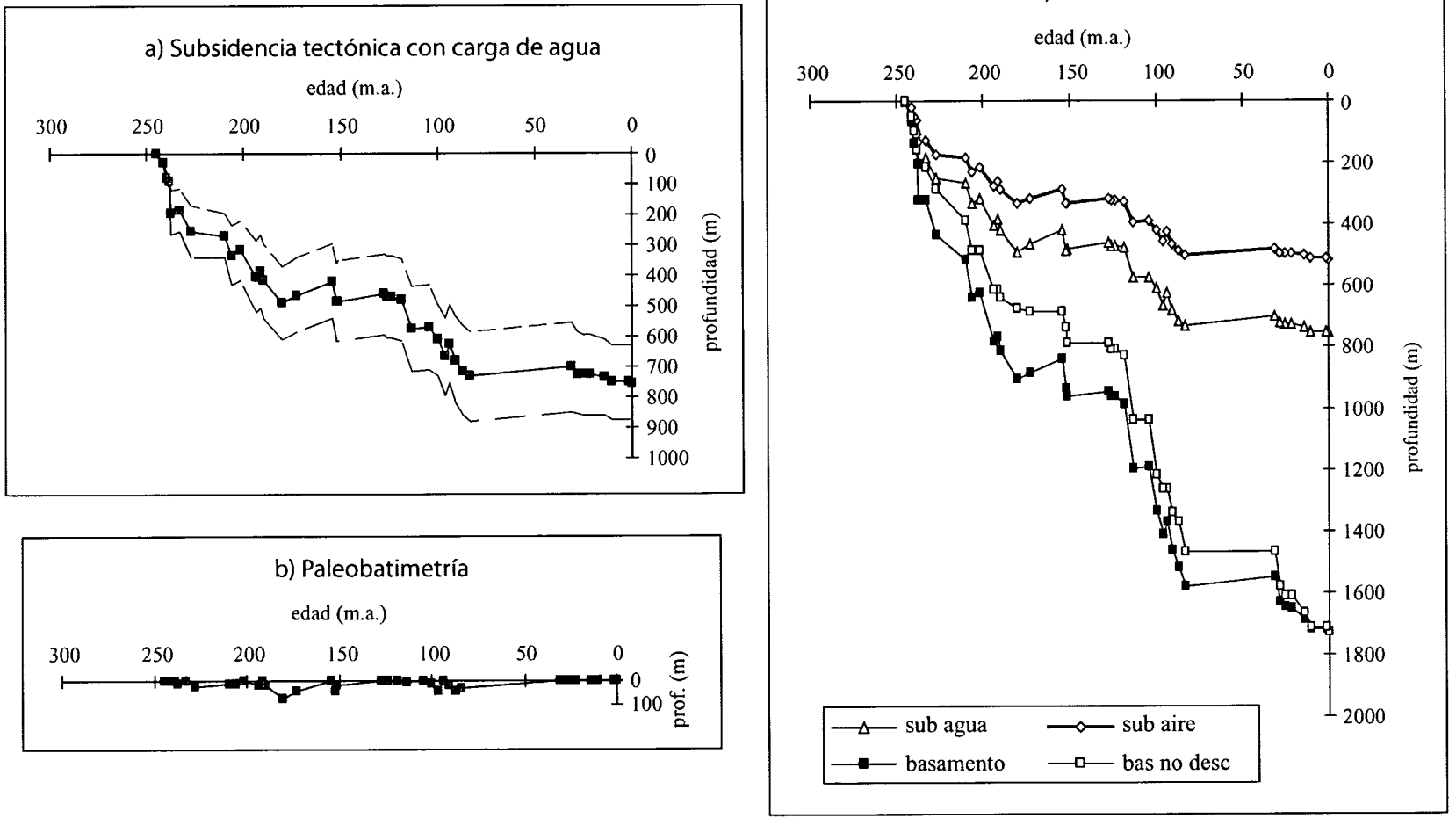


Fig. 30. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

MONTALBÁN

		SUB AGUA	SUB AGUA		CS	CS BASAMENTO	CS BASAMENTO	
edad	paleobatim.	media	máx	mín	bas no desc	media	máx	mín
0	0	753	876	632	1729	1730	1730	1730
1,7	0	752	876	629	1715	1721	1723	1719
10,5	0	752	876	629	1715	1721	1723	1719
14	0	736	862	610	1670	1690	1699	1680
21,9	0	726	859	594	1610	1650	1670	1630
25,2	0	726	859	594	1610	1649	1669	1629
28,4	0	723	857	587	1582	1631	1656	1606
31	0	702	848	556	1466	1552	1598	1506
83,7	30	731	879	585	1466	1582	1628	1536
86,9	43	714	860	566	1372	1517	1573	1462
90,8	20	679	821	535	1339	1465	1520	1410
93,5	0	623	752	496	1261	1370	1418	1322
96	43	667	794	540	1261	1413	1461	1365
100	12	610	729	493	1217	1333	1375	1290
104,5	0	571	710	432	1039	1193	1265	1122
113	5	575	714	437	1039	1198	1270	1127
118	0	478	614	344	831	986	1070	902
123,3	0	471	606	336	806	964	1049	878
126	0	471	606	336	806	964	1049	878
127	0	462	597	329	787	944	1031	857
151	20	483	617	348	787	964	1050	877
151,5	45	487	616	358	736	938	1023	853
154	0	418	541	297	684	840	923	758
173	45	464	587	342	684	885	968	803
180,1	75	489	609	369	673	904	986	822
189,6	20	417	540	296	641	813	899	728
191,4	0	385	503	266	613	765	849	681
193,6	20	405	522	287	613	784	868	700
201,7	0	317	417	219	486	623	698	548
205,9	**15**	**334**	**432**	**234**	**486**	**638**	**713**	**563**
209,6	10	268	339	196	391	519	577	462
227,4	25	253	339	168	286	433	503	363
233	3	184	253	116	216	321	379	262
237,1	15	193	263	121	205	321	382	260
238,5	3	91	110	72	108	160	175	144
239,9	3	78	94	61	98	140	153	127
241,5	0	32	39	25	53	66	71	61
244,8	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 30 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

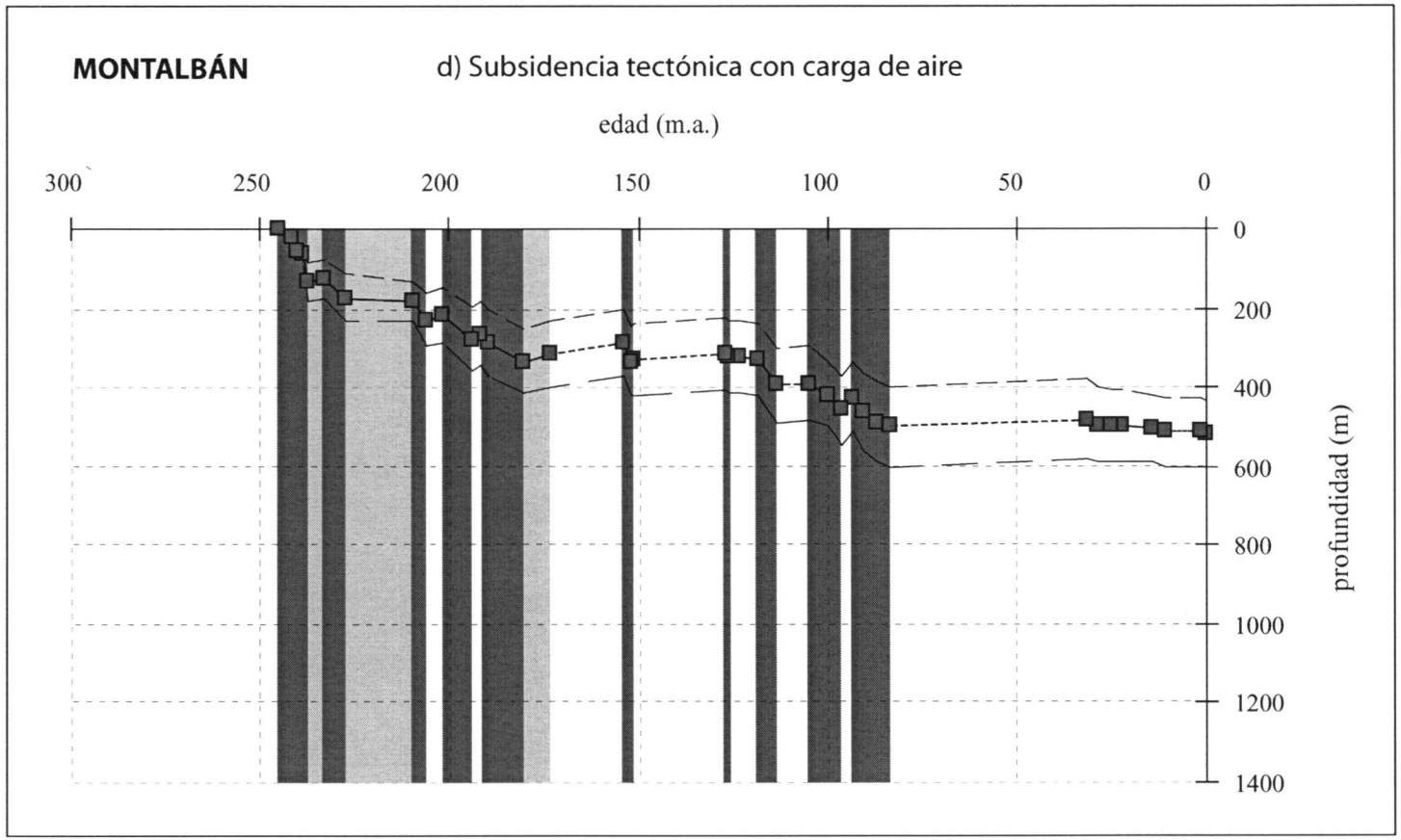


Fig. 30_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

MONTALBÁN

	SUB AIRE	SUB AIRE	
edad	media	máx	mín
0	515	599	432
1,7	514	599	430
10,5	514	599	430
14	503	589	417
21,9	496	587	406
25,2	496	587	406
28,4	494	586	401
31	480	580	380
83,7	500	601	400
86,9	488	588	387
90,8	464	561	366
93,5	426	514	339
96	456	543	369
100	417	498	337
104,5	390	485	295
113	393	488	299
118	327	420	235
123,3	322	414	230
126	322	414	230

	SUB AIRE	SUB AIRE	
edad	media	máx	mín
127	316	408	225
151	330	422	238
151,5	333	421	245
154	286	370	203
173	317	401	234
180,1	334	416	252
189,6	285	369	202
191,4	263	344	182
193,6	277	357	196
201,7	217	285	150
205,9	**228**	**295**	**160**
209,6	183	232	134
227,4	173	232	115
233	126	173	79
237,1	132	180	83
238,5	62	75	49
239,9	53	64	42
241,5	22	27	17
244,8	0	1	0

Fig. 29 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.9. Mirambel

Fuente: Sondeo hasta los 1440 metros, el resto sección de campo compuesta.
Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 26' 21" W
Latitud: 40° 37' 08" N

Provincia geográfica: Teruel.

En la figura A12 y tabla A12 se pueden ver la columna y la tabla con los datos utilizados en el cálculo de la subsidencia, respectivamente. La columna de Mirambel es compuesta, ya que desde el Jurásico Inferior hasta el contacto con el basamento los datos se han obtenido de un sondeo.

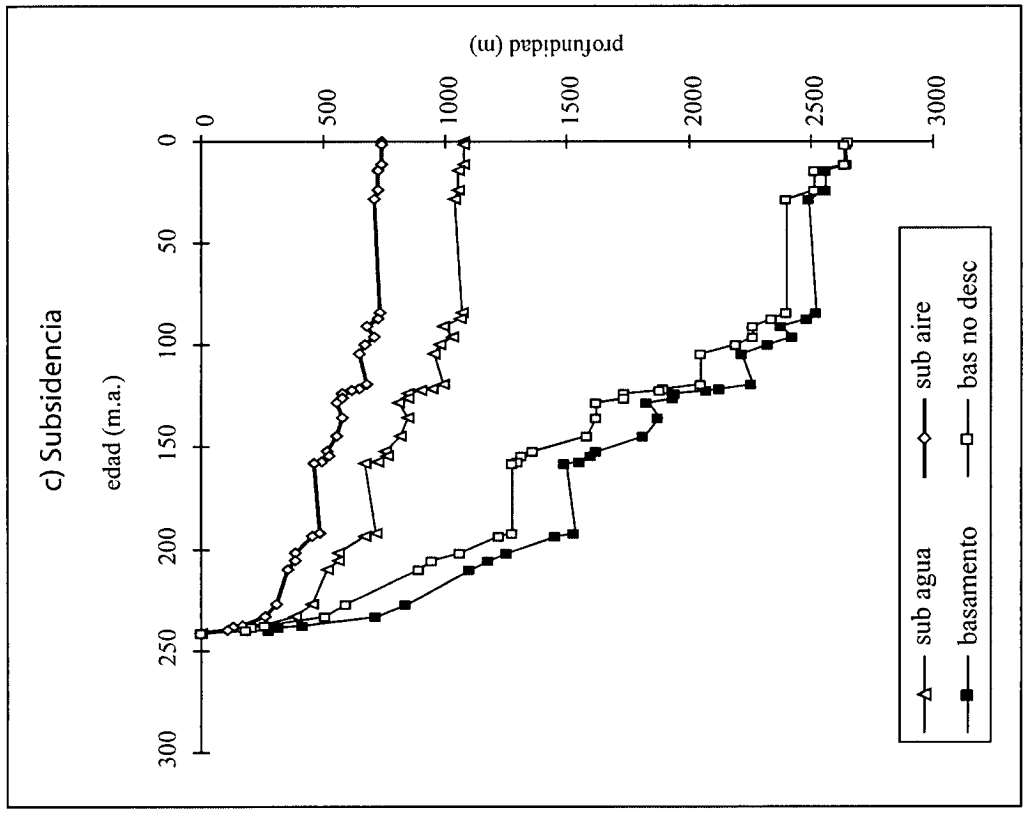
El espesor o profundidad total es de 2655.5 metros, siendo la Formación Eslida (T6), de edad Triásico Medio, la que se deposita discordante sobre el Paleozoico.

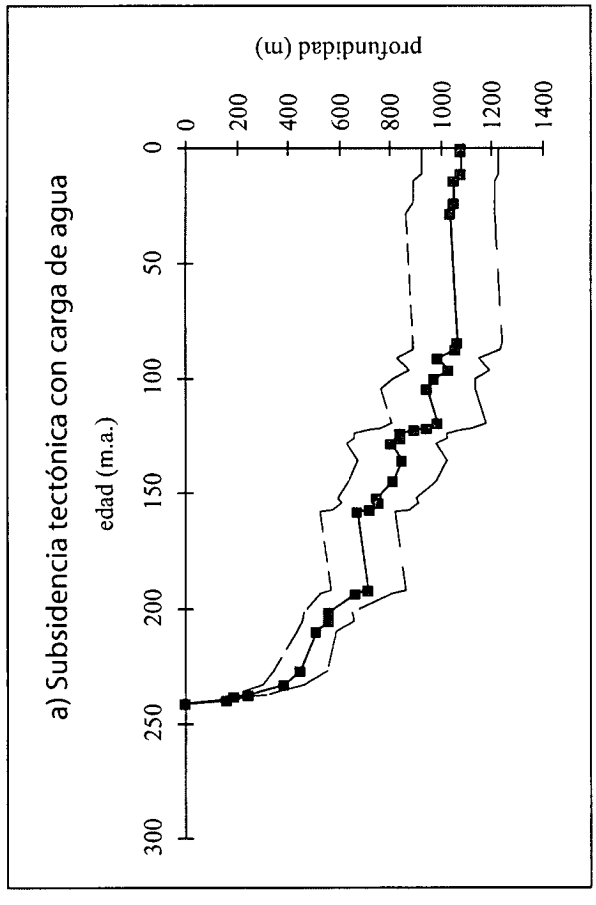
7.1.9.1. Curvas de subsidencia

Las curvas de subsidencia resultantes del análisis se muestran en la figura 31.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de agua se observa que el valor hasta el Triásico es de unos 560 metros, llegando a casi 1080 metros hasta la actualidad. La curva de subsidencia del basamento indica un hundimiento de unos 1180 metros a finales del Triásico y de unos 2660 metros hasta la actualidad.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire muestra que a finales del Triásico el hundimiento es de aproximadamente 380 metros, siendo de unos 740 metros en toda la historia de la subsidencia de esta zona. En la curva se han separado ocho fases *sinrift*: la primera aparece en el Triásico Medio con la sedimentación de las formaciones Eslida (T6), Marines (T7), Landete (T8), Mas (T9) y Cañete (T10), con más de 300 metros de subsidencia; la segunda se observa en la Formación Imón (T15), de edad Triásico Superior, que presenta unos 30 metros de subsidencia; la tercera fase comprende las formaciones J2 y J3 del Lias (Jurásico Inferior), mostrando una subsidencia de algo más de 100 metros; la cuarta fase comienza en el Jurásico Superior y termina en el Cretácico Inferior; las fases quinta y sexta aparecen en el Cretácico Inferior, y la séptima y octava en el Cretácico Superior. La facies Keuper (T14) y la Formación Cortes de Tajuña (J1) aparecen como fases *postrift*.





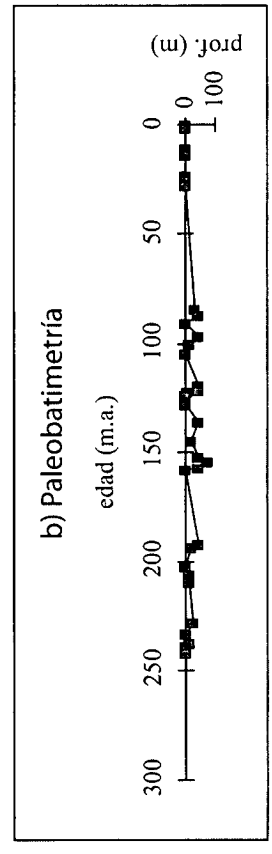


Fig. 31. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

MIRAMBEL

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1077	1226	927	2656	2656	2656	2656
1,75	0	1075	1226	925	2639	2646	2648	2643
11,2	0	1075	1226	925	2639	2646	2648	2643
14	0	1052	1211	891	2515	2566	2587	2544
23,7	0	1052	1211	891	2515	2566	2587	2544
28	0	1036	1210	862	2404	2494	2536	2453
84	30	1065	1239	891	2404	2524	2566	2482
86,9	43	1059	1230	888	2343	2489	2536	2443
90,8	0	987	1145	829	2266	2379	2421	2337
96	43	1030	1188	873	2266	2422	2464	2380
100	12	973	1137	809	2191	2326	2377	2275
104,5	0	948	1132	762	2047	2221	2301	2141
119	43	990	1176	806	2047	2264	2344	2184
121	43	944	1122	764	1897	2134	2220	2047
122	5	898	1081	717	1883	2082	2173	1991
123,3	0	843	1023	661	1733	1940	2041	1838
126	0	841	1023	661	1733	1940	2041	1838
128	0	803	979	628	1622	1837	1943	1731
135,5	43	847	1023	671	1622	1880	1986	1774
144,2	20	810	983	638	1584	1821	1927	1715
151,5	45	749	901	597	1356	1624	1728	1520
154,1	75	759	911	609	1310	1607	1713	1501
156,8	45	723	873	573	1294	1561	1666	1455
158	0	669	816	522	1272	1493	1598	1389
191,7	43	712	859	565	1272	1536	1641	1432
193,5	20	664	803	527	1217	1455	1555	1355
201,9	3	557	652	464	1056	1255	1327	1182
205,7	**15**	**557**	**660**	**454**	**945**	**1179**	**1258**	**1100**
209,6	10	512	590	436	892	1103	1161	1046
227,4	25	449	556	344	592	841	928	754
233	3	382	461	303	509	720	785	656
237,1	15	247	315	180	259	420	478	361
238,5	3	186	221	152	204	323	352	293
239,9	3	162	192	132	183	285	310	260
241,3	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 31 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

BIBLIOTECA

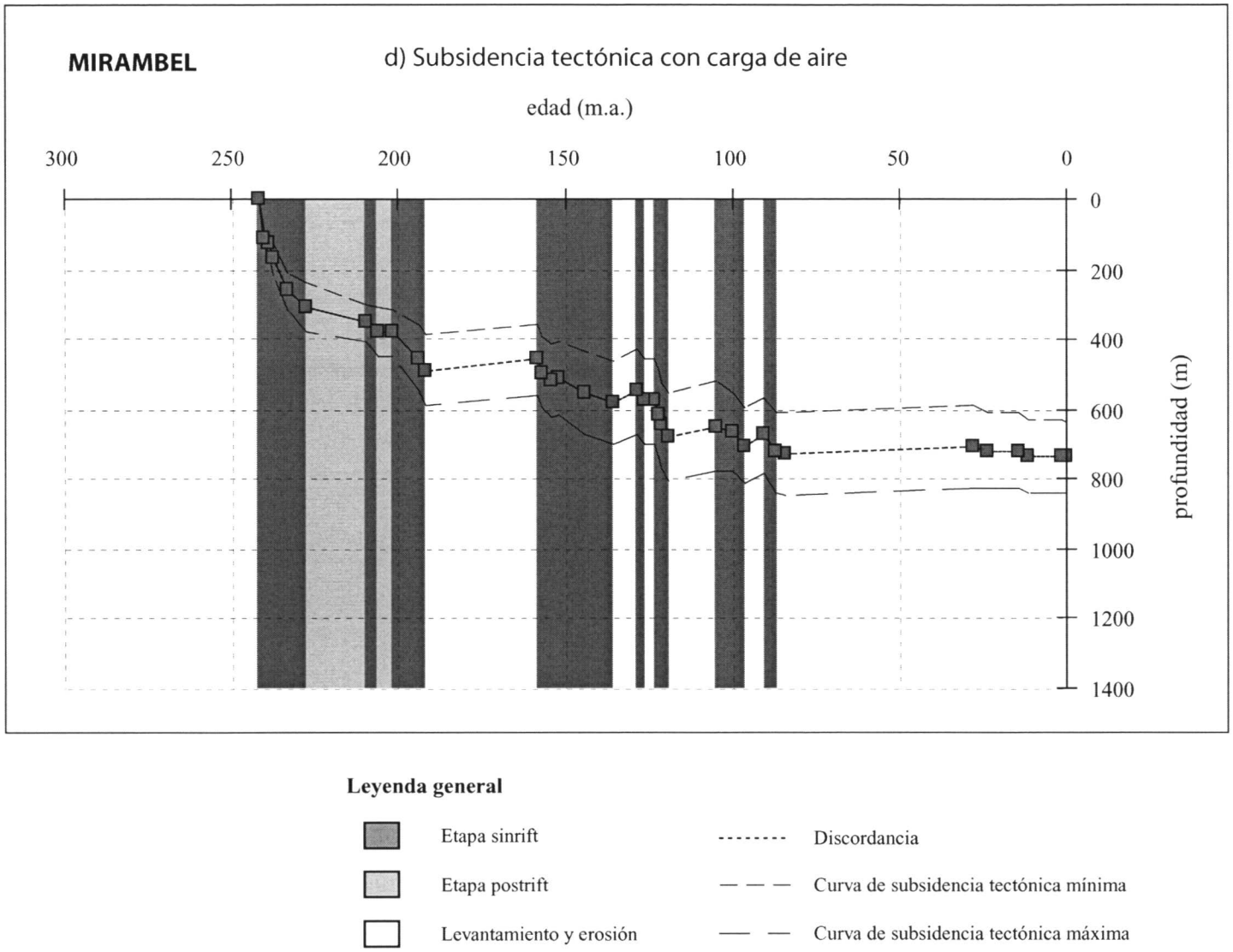


Fig. 31_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

MIRAMBEL

	SUB AIRE	SUB AIRE	
edad	media	máx	mín
0	736	838	634
1,75	735	838	632
11,2	735	838	632
14	719	828	609
23,7	719	828	609
28	708	827	589
84	728	847	609
86,9	724	841	607
90,8	675	783	567
96	704	812	597
100	665	777	553
104,5	648	774	521
119	677	804	551
121	645	767	522
122	614	739	490
123,3	576	699	452
126	575	699	452
128	549	669	429

	SUB AIRE	SUB AIRE	
edad	media	máx	mín
135,5	579	699	459
144,2	554	672	436
151,5	512	616	408
154,1	519	623	416
156,8	494	597	392
158	457	558	357
191,7	487	587	386
193,5	454	549	360
201,9	381	446	317
205,7	**381**	**451**	**310**
209,6	350	403	298
227,4	307	380	235
233	261	315	207
237,1	169	215	123
238,5	127	151	104
239,9	111	131	90
241,3	0	1	0

Fig. 31 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.10. Chelva

Fuente: Sección de campo compuesta.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 59' W
Latitud: 39° 46' N

Provincia geográfica: Valencia.

La columna y la tabla con los datos realizadas para esta sección se muestran en la figura A7 y tabla A7 respectivamente.

El espesor total es de 1847 metros, depositándose la Formación Boniches (P4) discordante sobre el Paleozoico.

7.1.10.1. Curvas de subsidencia

En la figura 32 se exponen las curvas de subsidencia obtenidas.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de agua se observa que el hundimiento de la zona hasta finales del Triásico es de unos 350 metros, siendo de unos 800 metros hasta la actualidad. La curva de subsidencia total muestra que el hundimiento del basamento hasta el Triásico es de unos 670 metros y de aproximadamente 1850 metros hasta la actualidad.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire indica que la subsidencia a finales del Triásico es de unos 240 metros y de 550 metros desde el basamento hasta la actualidad. Las fases *sinrift* diferenciadas han sido nueve: la primera en el Pérmico Superior, comprendiendo las formaciones Boniches (P4) y Alcotas (P5), con unos 80 metros de subsidencia; la segunda corresponde al Triásico Inferior, con casi 20 metros de hundimiento y depositándose la Formación Cañizar (T1); la tercera fase comprende las formaciones Landete (T8), Mas (T9) y Cañete (T10) e indica unos 100 metros de subsidencia; la cuarta fase pertenece a la Formación Imón (T15) y a todas las formaciones del Lias (Jurásico Inferior, J1 a J5); las fases quinta, sexta y séptima aparecen en el Jurásico Inferior la primera de ellas y en el Jurásico Superior las otras dos, mientras que la octava y novena aparecen en el Cretácico. La facies Keuper (T14) se presenta como fase *postrift*.

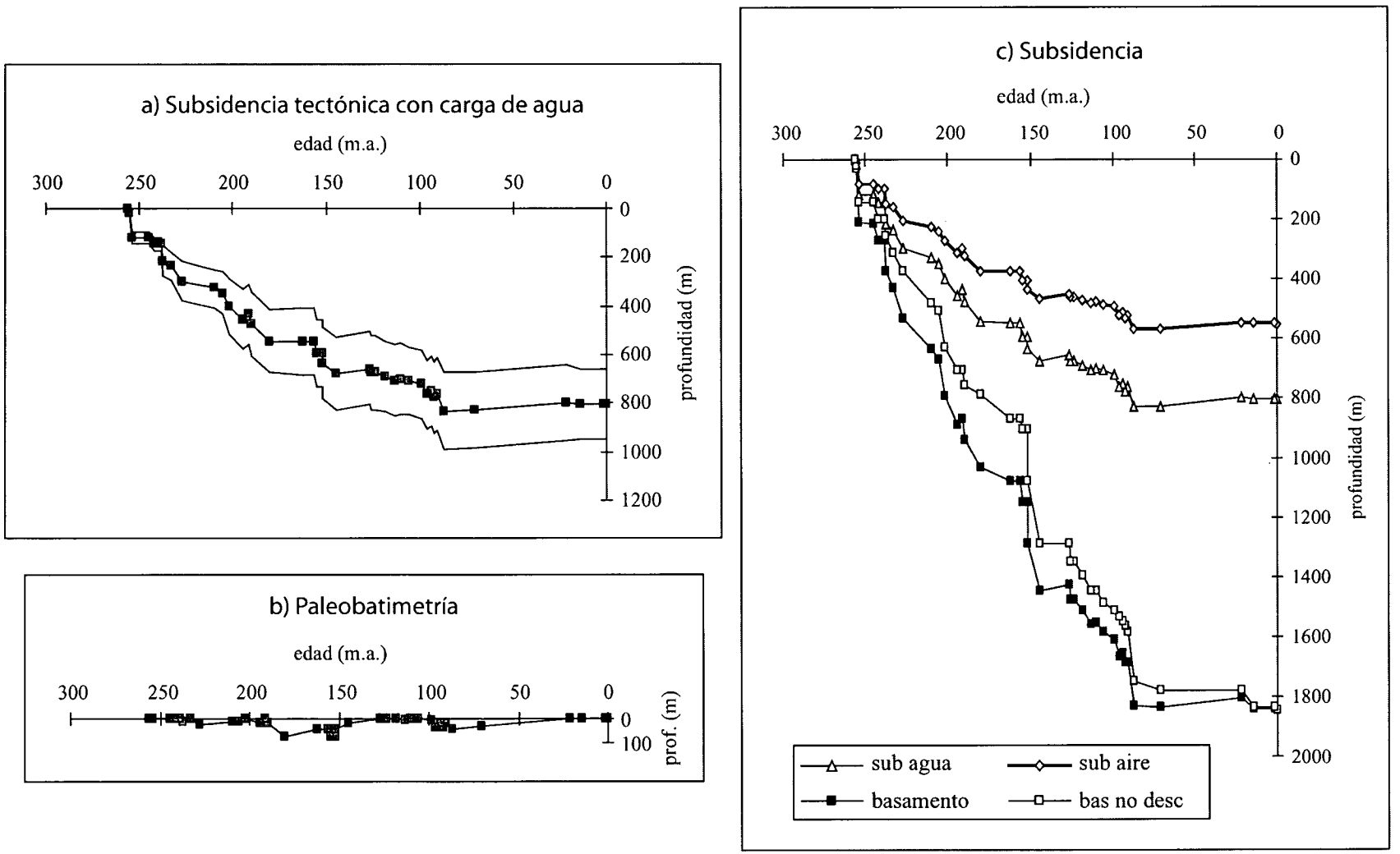


Fig. 32. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

CHELVA

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	805	948	661	1847	1848	1848	1848
1,7	0	803	948	658	1836	1841	1843	1839
14,5	0	803	948	658	1836	1841	1843	1839
21,5	0	797	951	644	1780	1807	1822	1792
71	30	828	982	674	1780	1837	1852	1822
86,9	43	831	989	674	1747	1829	1851	1806
90,8	20	762	911	613	1586	1687	1729	1646
92	40	775	922	628	1564	1689	1731	1647
93,5	20	750	895	606	1552	1659	1701	1617
96,1	40	764	906	622	1536	1665	1706	1623
98,9	8	721	862	581	1514	1612	1655	1569
105,5	3	708	848	568	1486	1585	1630	1541
110	0	699	844	554	1447	1556	1608	1504
113	5	705	850	560	1447	1561	1613	1509
118	0	688	832	543	1395	1514	1570	1459
123,3	0	674	827	522	1351	1479	1544	1414
126	0	674	827	522	1351	1479	1544	1414
126,8	0	657	806	506	1291	1428	1495	1361
144,3	20	677	827	527	1291	1448	1515	1380
151,5	45	635	781	487	1079	1288	1368	1208
151,8	75	594	731	455	907	1149	1234	1063
154,5	75	594	731	455	907	1149	1234	1063
156,5	45	547	686	407	870	1080	1170	991
162	45	547	686	407	870	1080	1170	991
180,1	75	544	674	413	790	1031	1119	943
189,6	20	474	606	344	757	942	1032	852
191	0	433	557	309	707	871	959	783
194	20	454	578	328	707	891	979	803
201,9	3	399	513	287	630	792	875	710
205,7	**15**	**348**	**434**	**260**	**508**	**669**	**736**	**602**
209,6	10	326	405	249	483	634	695	573
227,4	25	298	380	218	372	533	599	468
233	3	234	293	177	311	432	480	385
237,1	15	214	275	152	255	374	425	324
238,4	0	145	171	117	200	271	291	250
241,8	0	145	171	117	200	271	291	250
244,8	0	120	143	97	144	213	232	193
254	0	120	143	97	144	212	232	193
255	0	15	18	10	22	29	31	26
256	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 32 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

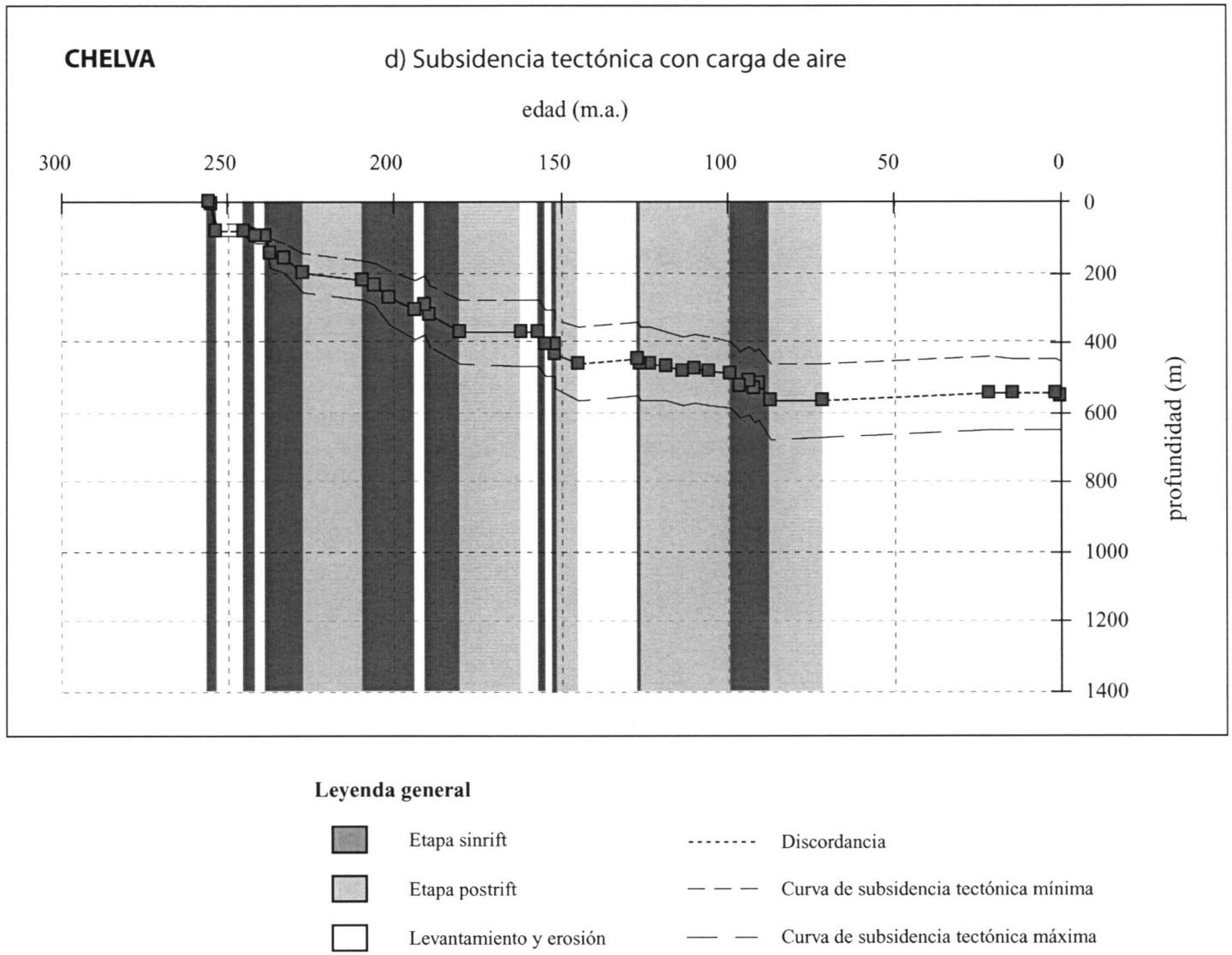


Fig. 32_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

CHELVA

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín	edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	550	648	452	151,8	406	500	311
1,7	549	648	450	154,5	406	500	311
14,5	549	648	450	156,5	374	469	278
21,5	545	650	440	162	374	469	278
71	566	671	461	180,1	372	461	282
86,9	568	676	461	189,6	324	414	235
90,8	521	623	419	191	296	381	211
92	530	630	429	194	310	395	224
93,5	513	612	414	201,9	273	351	196
96,1	522	619	425	**205,7**	**238**	**297**	**178**
98,9	493	589	397	209,6	223	277	170
105,5	484	580	388	227,4	204	260	149
110	478	577	379	233	160	200	121
113	482	581	383	237,1	146	188	104
118	470	569	371	238,4	99	117	80
123,3	461	565	357	241,8	99	117	80
126	461	565	357	244,8	82	98	66
126,8	449	551	346	254	82	98	66
144,3	463	565	360	255	10	12	7
151,5	434	534	333	256	0	1	0

Fig. 32 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.11. Manzanera

Fuente: Sección de campo compuesta.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 50' W
Latitud: 40° 02' N

Provincia geográfica: Teruel.

La columna estratigráfica y la tabla con los datos se muestran en la figura A9 y tabla A9 respectivamente.

El espesor total de la sección es de 2220 metros. La Formación Alcotas (P5) se deposita discordante sobre los materiales del Paleozoico.

7.1.11.1. Curvas de subsidencia

Las curvas de subsidencia de la sección de Manzanera se pueden ver en la figura 33.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua indica unos 930 metros de subsidencia hasta la actualidad y algo más de 400 metros hasta final del Triásico. La curva de subsidencia total revela unos 2220 metros hasta la actualidad y unos 820 metros hasta finales del Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se observa que el hundimiento de esta zona desde el comienzo del Pérmico hasta la actualidad es de unos 640 metros, siendo de casi 280 metros hasta finales del Triásico. Se han diferenciado ocho fases *sinrift*: la primera aparece en el Pérmico Superior, depositándose la Formación Alcotas (P5), con unos 65 metros de subsidencia; la segunda fase comprende desde la Formación Cañizar hasta la Formación Cañete (T1 a T10), mostrando una subsidencia de unos 200 metros; la tercera fase representa el Jurásico Inferior (J2 a J5) y la cuarta fase el Jurásico Superior (J6 a J8). El resto de las fases (quinta a octava) pertenecen al Cretácico. La facies Keuper (T14) se presenta como fase *postrift*.

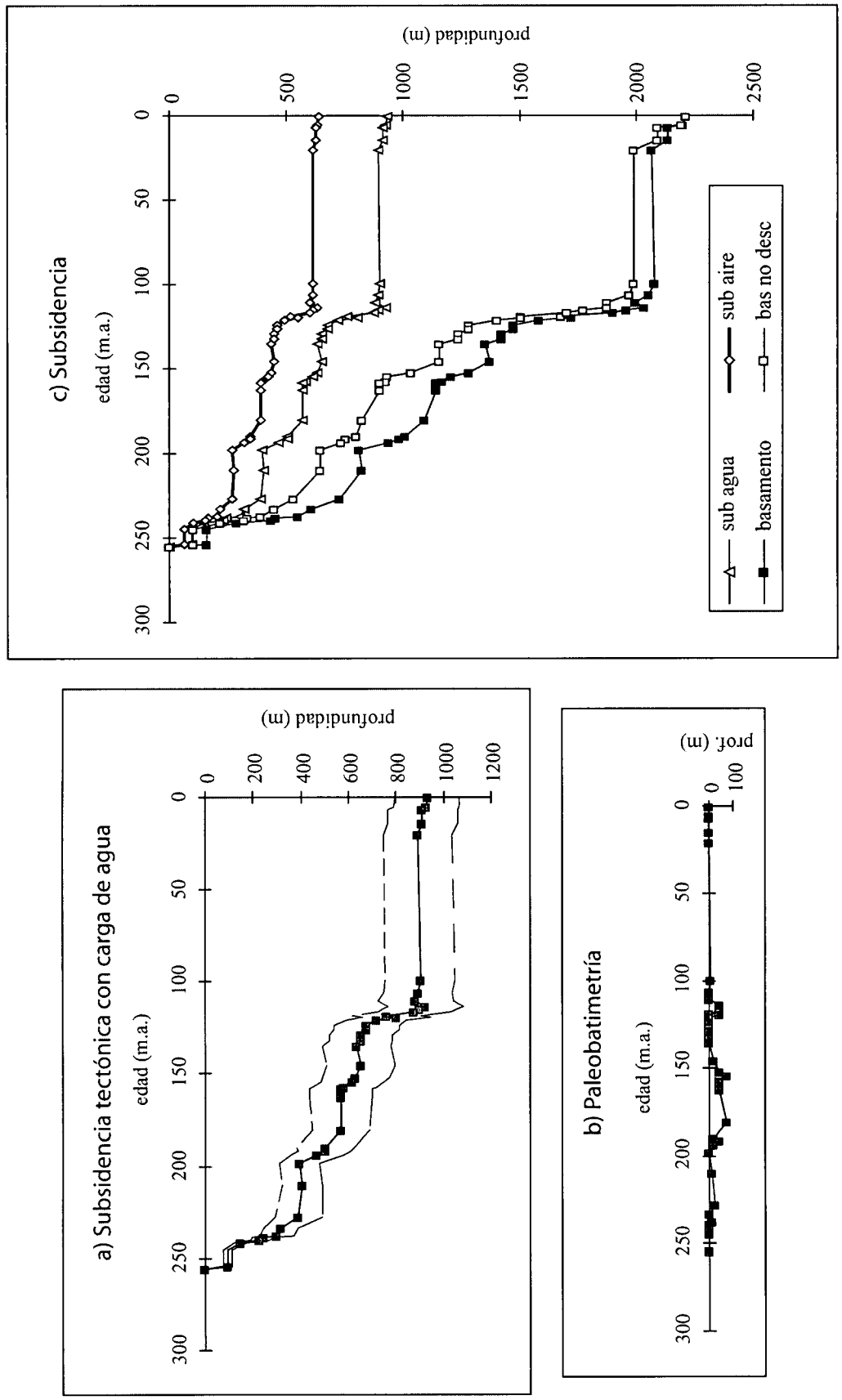


Fig. 33. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

MANZANERA

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	933	1068	800	2220	2221	2221	2221
5,2	0	930	1066	794	2198	2207	2210	2203
6,5	0	914	1059	769	2098	2142	2161	2123
14,5	0	914	1059	769	2098	2142	2161	2123
20,3	0	895	1040	749	1998	2074	2105	2043
99,3	8	903	1047	758	1998	2082	2113	2051
105,5	3	894	1039	749	1978	2062	2094	2030
110	0	884	1042	726	1878	1999	2050	1948
113	43	926	1084	768	1878	2042	2093	1991
114,5	43	898	1056	742	1778	1964	2023	1906
116,5	43	878	1031	724	1708	1906	1967	1846
118,2	0	761	904	616	1508	1683	1751	1615
119	43	803	947	658	1508	1725	1793	1658
120,4	0	721	847	595	1408	1588	1646	1530
123,3	0	676	813	540	1288	1476	1549	1403
126	0	676	813	540	1288	1476	1549	1403
128,5	0	655	787	524	1238	1426	1498	1355
132	0	655	787	524	1238	1426	1497	1355
135	0	633	778	489	1156	1355	1442	1269
145	20	652	797	508	1156	1375	1462	1288
151,5	45	632	771	492	1036	1282	1372	1193
154,1	75	617	750	483	936	1208	1298	1118
156,8	45	582	717	449	928	1169	1260	1078
158	45	572	704	439	903	1143	1235	1051
162	45	572	704	439	903	1143	1234	1051
180,1	75	569	692	448	828	1096	1182	1009
189,6	20	502	622	382	798	1009	1096	922
191,5	43	502	613	392	753	983	1063	902
193,5	20	468	579	358	733	937	1019	855
198	0	395	478	313	643	812	874	750
209,8	**10**	**405**	**489**	**323**	**643**	**822**	**884**	**759**
227,4	25	389	489	291	529	729	806	651
233	3	319	391	247	449	609	666	552
237,1	15	301	373	228	388	550	607	492
238,5	3	243	285	200	333	457	488	425
239,9	3	228	269	189	320	435	465	405
241,5	0	148	176	120	217	288	308	267
244,8	0	94	113	73	100	160	177	143
254	0	94	113	73	100	160	177	143
255	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 33 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

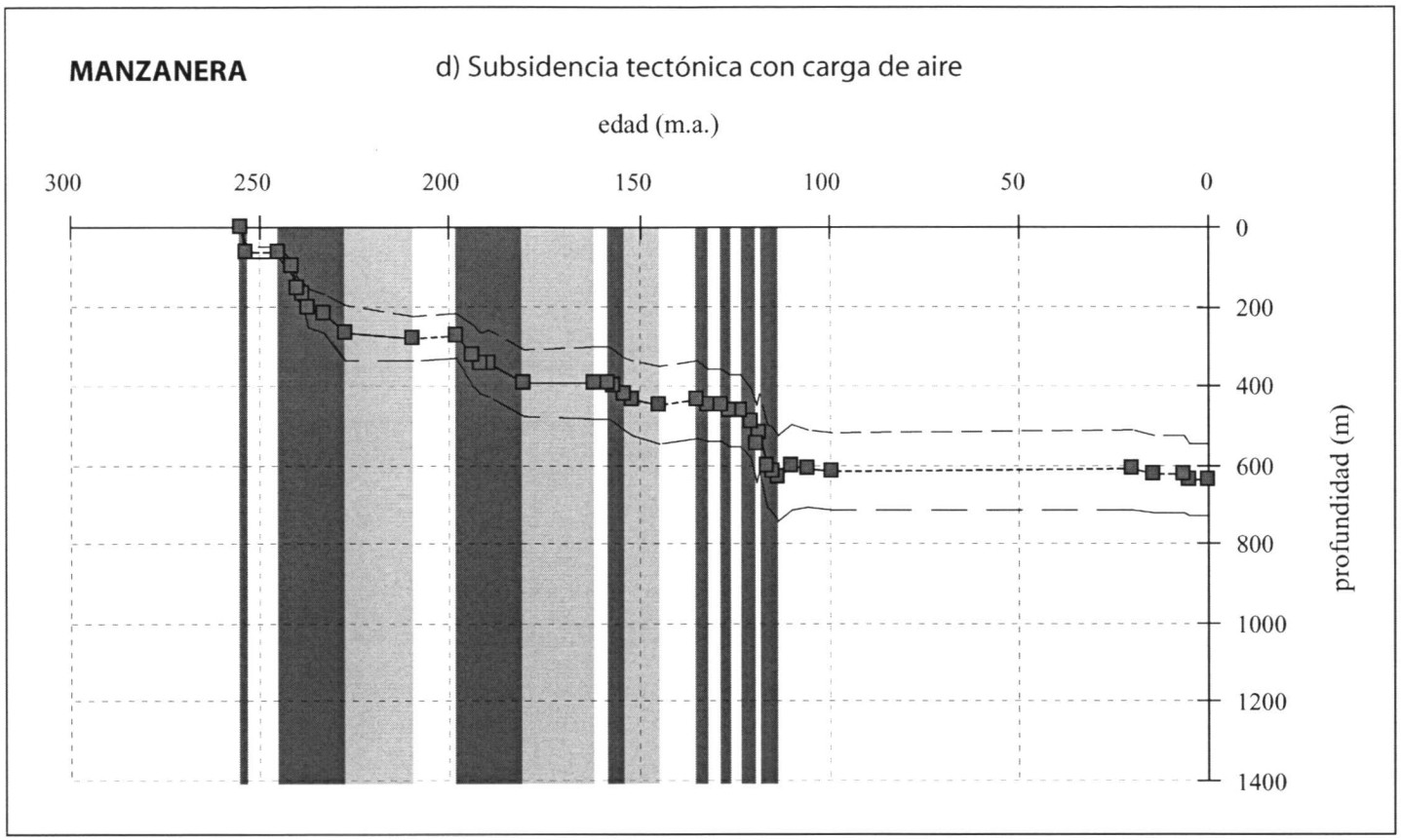


Fig. 33_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

MANZANERA

	SUB AIRE	SUB AIRE	
edad	media	máx	mín
0	638	730	547
5,2	636	729	543
6,5	625	724	526
14,5	625	724	526
20,3	612	711	512
99,3	617	716	518
105,5	611	710	512
110	604	712	496
113	633	741	525
114,5	614	722	507
116,5	600	705	495
118,2	520	618	421
119	549	647	450
120,4	493	579	407
123,3	462	556	369
126	462	556	369
128,5	448	538	358
132	448	538	358
135	433	532	334
145	446	545	347

	SUB AIRE	SUB AIRE	
edad	media	máx	mín
151,5	432	527	336
154,1	422	513	330
156,8	398	490	307
158	391	481	300
162	391	481	300
180,1	389	473	306
189,6	343	425	261
191,5	343	419	268
193,5	320	396	245
198	270	327	214
209,8	**277**	**334**	**221**
227,4	266	334	199
233	218	267	169
237,1	206	255	156
238,5	166	195	137
239,9	156	184	129
241,5	101	120	82
244,8	64	77	50
254	64	77	50
255	0	1	0

Fig. 33 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.12. JÉRICA

Fuente: Sección de campo compuesta.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 42' W
Latitud: 39° 54' N

Provincia geográfica: Castellón.

En la figura A10 se muestra la columna estratigráfica realizada y en la tabla A10 los datos utilizados para el análisis.

El espesor total de la sección es de 1180 metros, depositándose la Formación Alcotas (P5) sobre el Paleozoico de manera discordante. En esta sección no aparece el Cretácico debido a la existencia de un importante **hiato** en el Jurásico Superior (a techo de la Formación Loriguilla).

7.1.12.1. Curvas de subsidencia

La figura 34 muestra las curvas de subsidencia obtenidas para la sección de Jérica.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de agua se observa que el valor de subsidencia obtenido desde el Pérmico hasta la actualidad es de unos 550 metros, correspondiendo algo más de 350 metros a la subsidencia alcanzada a finales del Triásico. La curva de subsidencia total indica un hundimiento de basamento de unos 1180 metros hasta la actualidad y de unos 720 metros hasta el Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se observa que la subsidencia en esta zona alcanzó los 240 metros a finales del Triásico y llegó a los 380 metros aproximadamente hasta la actualidad. El valor máximo de subsidencia se alcanza en el Jurásico Superior con algo más de 400 metros. Se han distinguido seis fases de subsidencia inicial o *sinrift*: la primera aparece en el Pérmico Superior con la sedimentación de la Formación Alcotas (P5) y unos 80 metros de subsidencia; la segunda comprende el Triásico Inferior y Medio con las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6), Marines (T7) y Landete (T8), presentando casi 100 metros de subsidencia; la tercera fase es en el Triásico Medio, depositándose la Formación Cañete (T10) y unos 25 metros de subsidencia; la cuarta fase se observa en el Jurásico Inferior y comprende la Formación Cortes de tajuña (J1); la quinta fase abarca las formaciones del Jurásico Inferior (J3 a J5) y la sexta fase aparece en el Jurásico Superior (J6 a J8).

JÉRICA

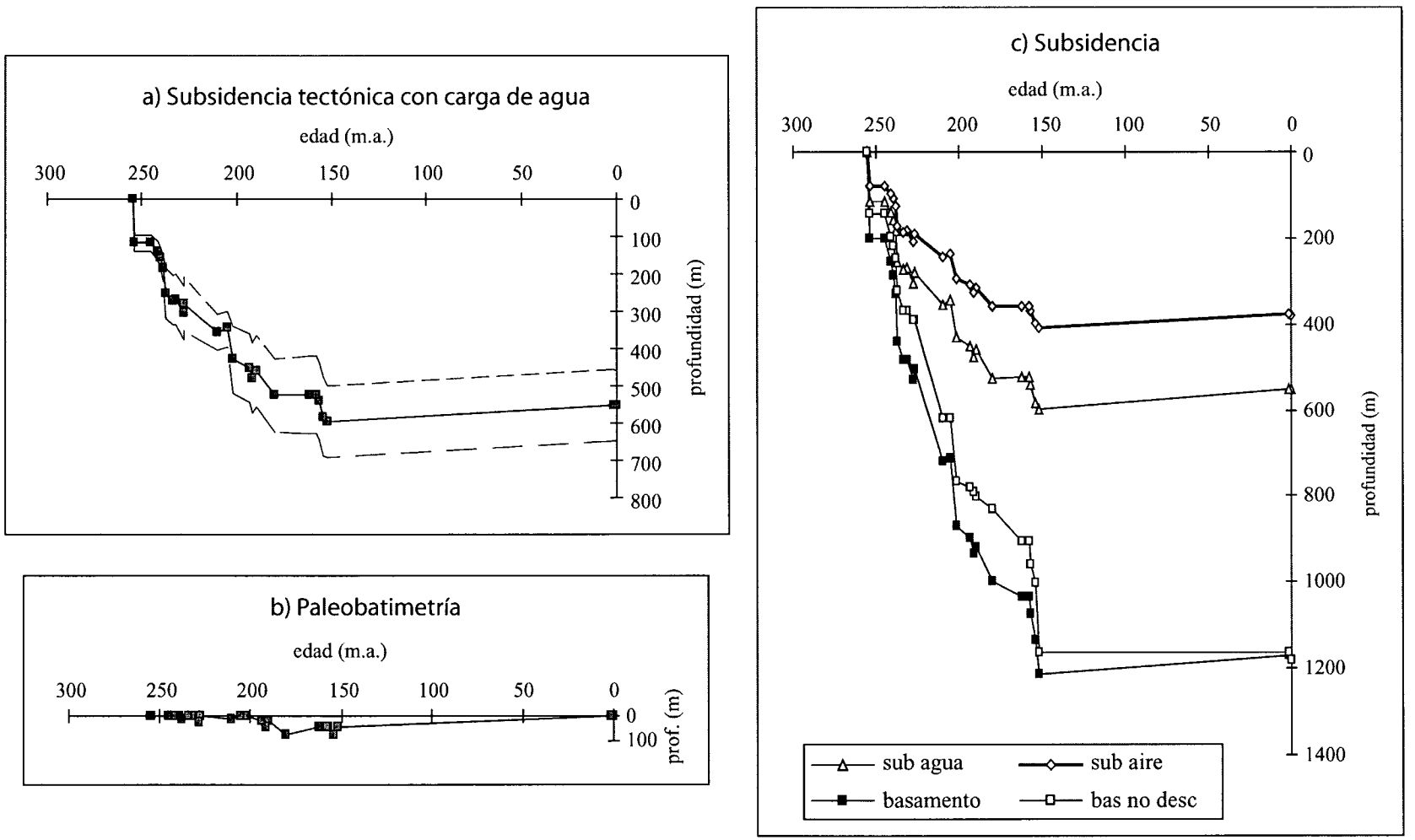


Fig. 34. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

JÉRICA

		SUB AGUA	SUB AGUA		CS	CS BASAMENTO	CS BASAMENTO	
edad	**paleobatim.**	**media**	**máx**	**mín**	**bas no desc**	**media**	**máx**	**mín**
0	0	553	647	461	1180	1181	1181	1181
1,7	0	552	648	456	1162	1170	1174	1166
152	45	597	692	500	1162	1215	1219	1211
154,1	75	582	688	477	1001	1136	1172	1100
156,8	45	540	645	434	960	1075	1117	1033
158	45	524	626	421	907	1034	1081	987
162	45	524	626	421	907	1034	1081	987
180,1	75	525	623	429	830	999	1050	948
189,6	20	459	554	364	802	919	971	867
191,5	43	478	572	385	791	933	984	881
193,5	20	451	544	358	780	899	951	847
201,9	3	429	521	338	768	871	923	820
205,2	0	345	394	298	618	711	737	686
210	**10**	**355**	**404**	**309**	**618**	**721**	**747**	**696**
227,2	0	279	353	206	391	506	559	454
227,6	25	304	377	231	391	531	584	479
231,6	0	268	334	200	369	482	530	433
233,5	3	271	336	203	369	484	533	436
237,1	15	253	320	184	324	442	494	391
238,5	3	184	219	149	246	330	356	304
239,9	3	157	184	129	219	288	307	268
241,5	0	139	164	113	197	256	274	238
244,8	0	116	138	94	142	201	218	184
254	0	116	138	94	142	201	218	184
255	0	0	0	0	0	1	1	1

Fig. 34 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

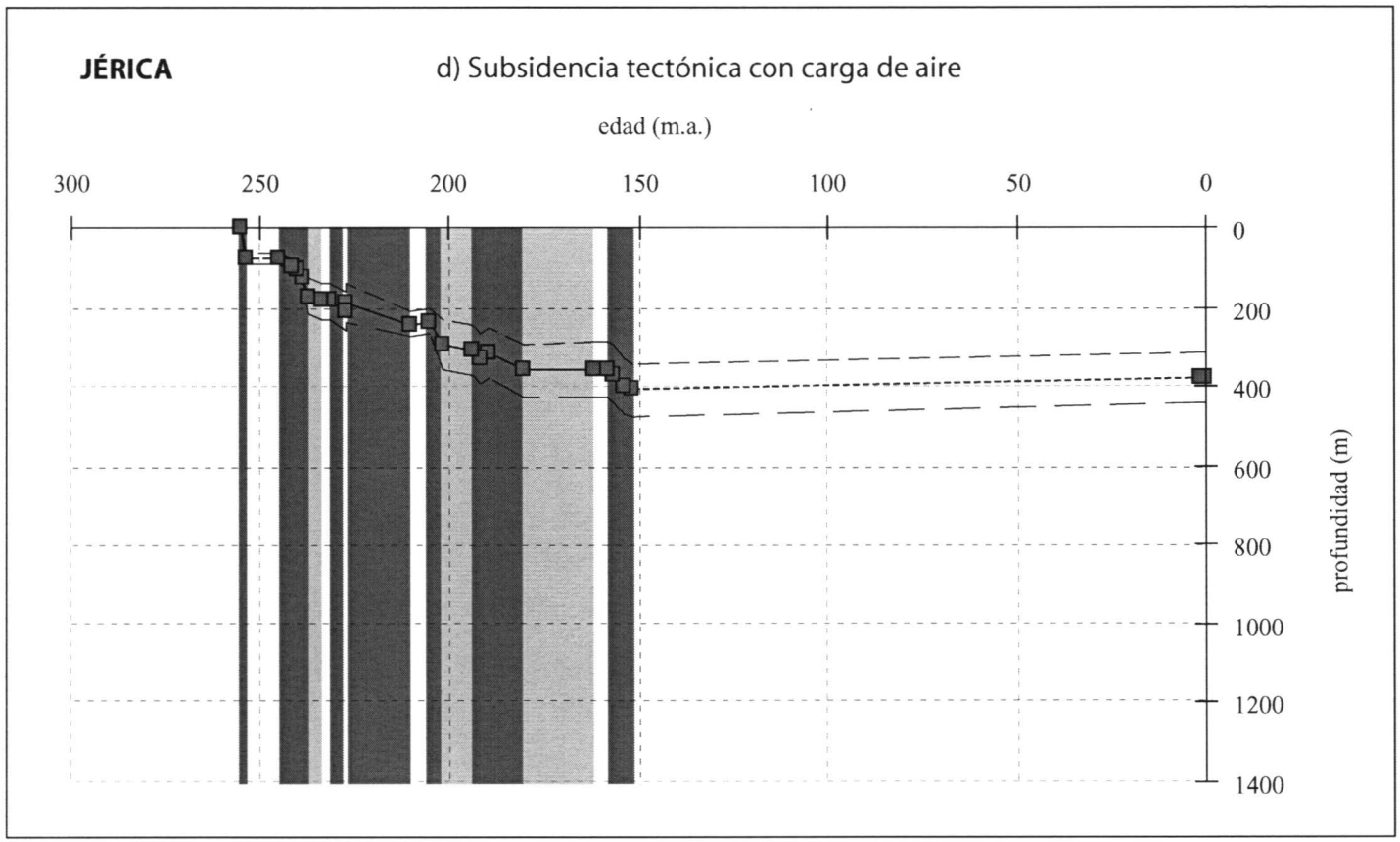


Fig. 34_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

JÉRICA

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	378	442	315
1,7	377	443	312
152	408	473	342
154,1	398	470	326
156,8	369	441	297
158	358	428	288
162	358	428	288
180,1	359	426	293
189,6	314	379	249
191,5	327	391	263
193,5	308	372	245
201,9	293	356	231
205,2	236	269	204
210	**243**	**276**	**211**
227,2	191	241	141
227,6	208	258	158
231,6	183	228	137
233,5	185	230	139
237,1	173	219	126
238,5	126	150	102
239,9	107	126	88
241,5	95	112	77
244,8	79	94	64
254	79	94	64
255	0	0	0

Fig. 34 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.13. Bobalar-2

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 14' 5.64" W
Latitud: 40° 32' 59.41" N

Provincia geográfica: Castellón.

La figura A15 y tabla A15 muestran, respectivamente, la columna realizada a partir del sondeo Bobalar-2 y los datos obtenidos de esta y utilizados para el análisis.

La profundidad total del sondeo es de 5040.4 metros, y es la Formación Eslida (T6) la que se deposita discordante sobre el Paleozoico. A partir de aquí el Triásico y el Jurásico aparecen completos, y prácticamente todo el Cretácico.

7.1.13.1. Curvas de subsidencia

La figura 35 muestra las curvas de subsidencia obtenidas para este sondeo.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua indica una subsidencia ligeramente superior a los 900 metros a finales del Triásico y de unos 1850 metros hasta la actualidad. La curva de subsidencia del basamento indica unos 2220 metros hasta el Triásico y más de 5000 metros hasta la actualidad.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire muestra que el hundimiento a finales del Triásico llega a los 620 metros y hasta la actualidad es de casi 1270 metros. En ella se han distinguido siete fases *sinrift*: la primera comprende las formaciones Eslida (T6), Marines (T7), Landete (T8), Mas (T9) y Cañete (T10), todas ellas del Triásico Medio, mostrando unos 560 metros de subsidencia; la segunda, más tendida que la anterior, es decir, con menor subsidencia en el tiempo que ocupa la fase, comprende el Triásico Superior (Formación Imón: T15) y parte del Jurásico Inferior (J1); la tercera fase aparece en el Jurásico Inferior y Medio (J3 a J6) y la cuarta fase en el Jurásico Superior (J6 y J7). Las fases quinta y sexta se reconocen en el Cretácico Inferior y la séptima en el Cretácico Superior. Después de cada fase *sinrift* aparece una fase *postrift*, excepto en la tercera fase. La fase *postrift* que nos interesa, por ser de edad triásica, corresponde a toda la facies Keuper (T11, T12 y T13).

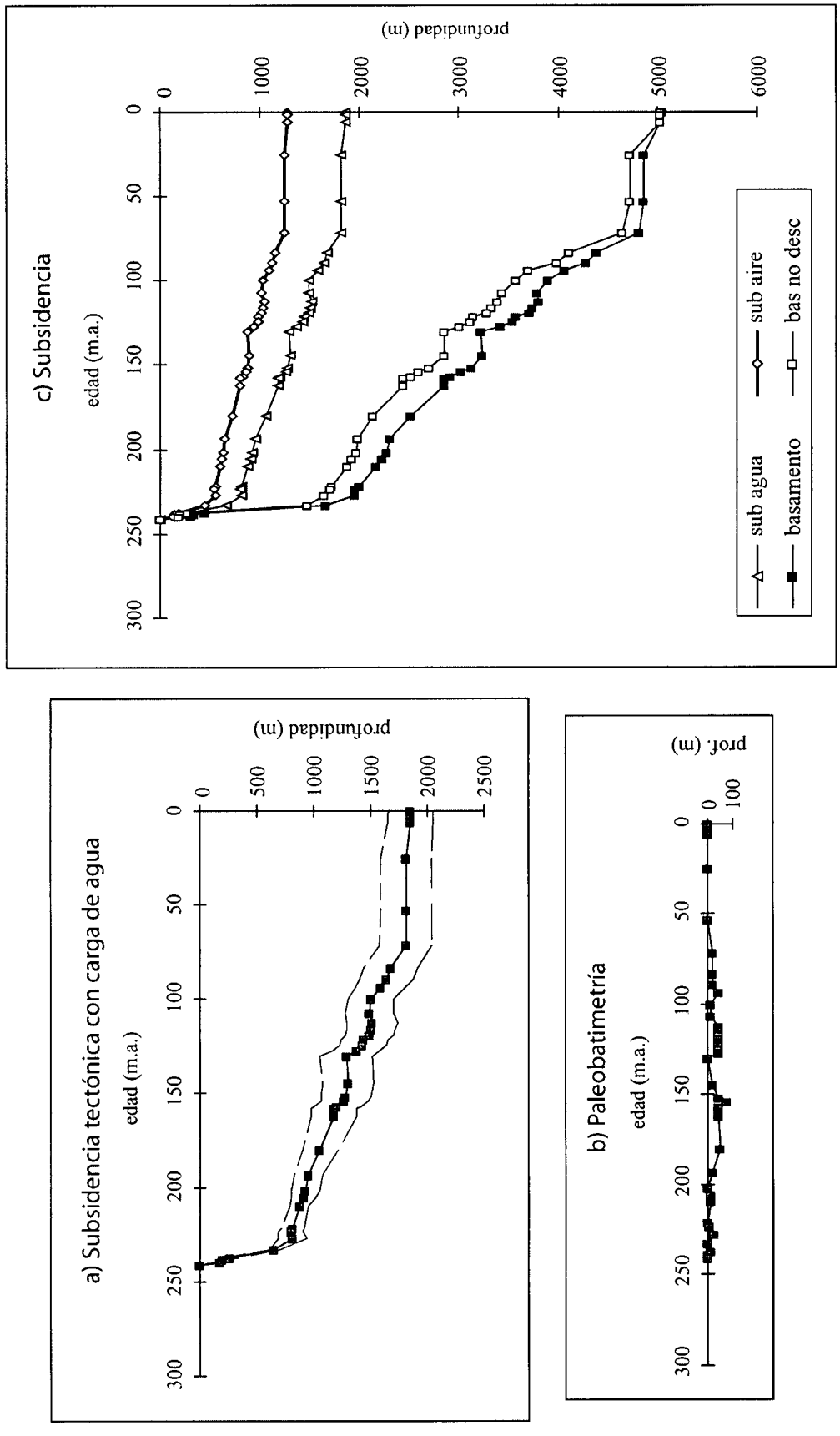


Fig. 35. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

BOBALAR-2

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1852	2048	1657	5040	5041	5041	5041
1,6	0	1852	2048	1656	5031	5036	5037	5034
6	0	1852	2048	1656	5030	5036	5037	5034
25	0	1810	2033	1587	4731	4858	4907	4809
53	3	1813	2036	1590	4730	4861	4910	4812
71,3	20	1810	2042	1577	4655	4824	4887	4761
83,5	20	1674	1909	1438	4105	4388	4498	4278
89	20	1641	1880	1403	3985	4285	4407	4163
93,5	43	1586	1805	1368	3705	4063	4187	3940
100	12	1495	1694	1298	3575	3893	4004	3781
106,9	12	1485	1700	1270	3430	3793	3927	3659
112,2	43	1516	1738	1293	3390	3799	3942	3657
116,5	43	1500	1715	1284	3330	3746	3884	3608
119	43	1486	1703	1271	3290	3708	3849	3567
121	43	1441	1644	1239	3150	3573	3709	3438
124,5	43	1426	1633	1219	3120	3540	3680	3399
127	43	1372	1576	1167	3010	3416	3559	3273
130	0	1283	1510	1055	2850	3222	3393	3050
144,6	20	1302	1530	1075	2850	3242	3413	3070
151,5	45	1279	1495	1061	2707	3123	3291	2954
154,1	75	1264	1469	1058	2587	3029	3191	2866
156,8	45	1204	1409	999	2517	2922	3087	2757
158	45	1178	1375	979	2447	2848	3010	2686
162	45	1178	1375	979	2447	2848	3010	2686
180,1	50	1055	1216	894	2140	2518	2657	2380
193,5	20	949	1078	821	1977	2304	2417	2191
201.9	3	923	1047	799	1960	2266	2375	2157
205,7	**15**	**907**	**1015**	**800**	**1917**	**2223**	**2318**	**2127**
209,6	10	869	954	784	1877	2160	2236	2084
221,5	0	812	917	707	1726	1993	2087	1899
223,6	5	794	904	683	1697	1955	2054	1856
227,4	25	815	938	693	1647	1943	2054	1832
233	3	655	696	614	1469	1661	1698	1624
237,1	15	262	336	187	256	447	516	378
238,5	3	197	237	158	201	343	378	308
239,9	3	171	205	138	180	302	332	271
241	0	0	1	0	0	1	2	1

Fig. 35 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

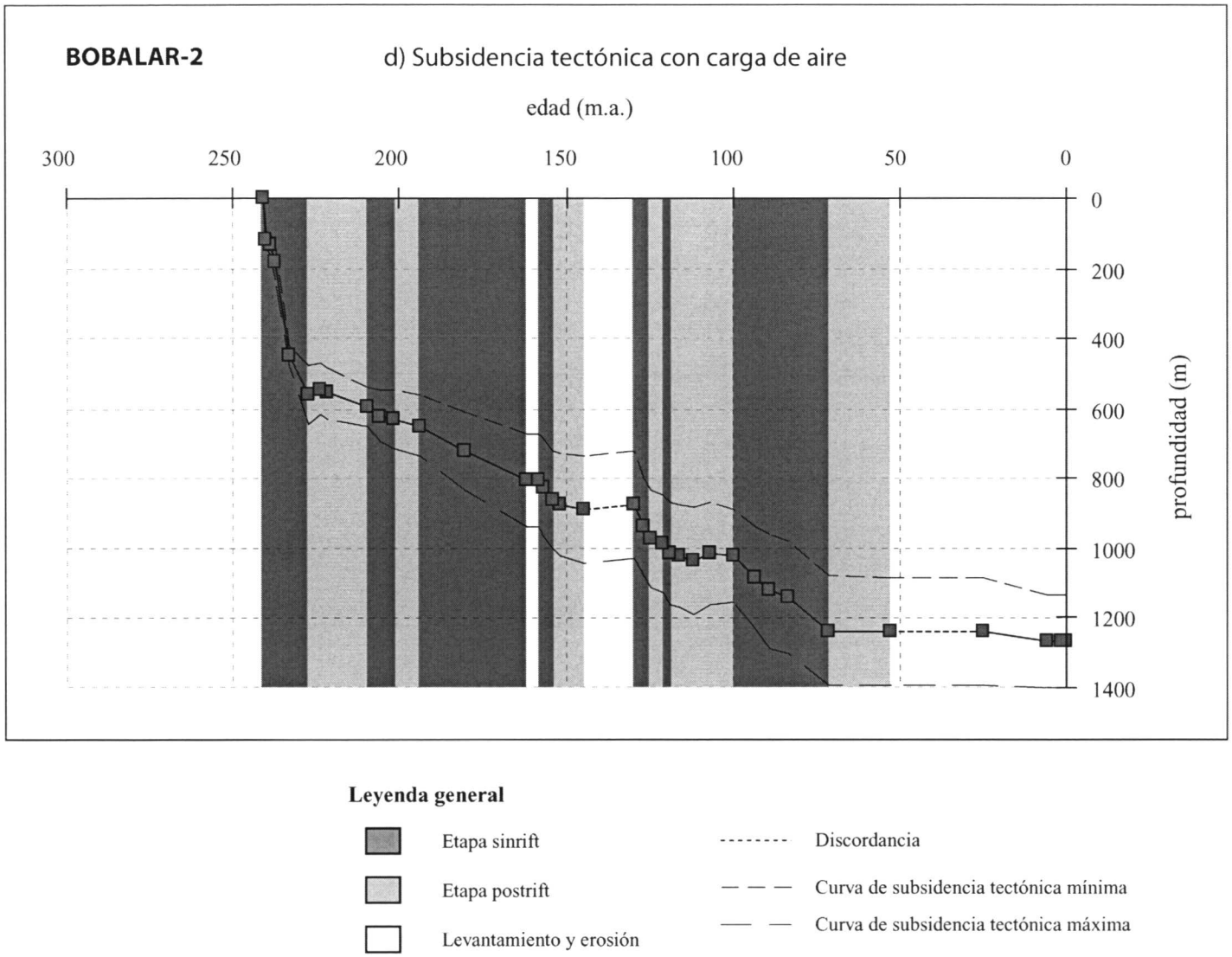


Fig. 35_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

BOBALAR-2

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	1266	1400	1133
1,6	1266	1400	1132
6	1266	1400	1132
25	1237	1390	1085
53	1239	1392	1087
71,3	1237	1396	1078
83,5	1144	1305	983
89	1122	1285	959
93,5	1084	1234	935
100	1022	1158	887
106,9	1015	1162	868
112,2	1036	1188	884
116,5	1025	1172	878
119	1016	1164	869
121	985	1124	847
124,5	975	1116	833
127	938	1077	798
130	877	1032	721
144,6	890	1046	735
151,5	874	1022	725
154,1	864	1004	723
156,8	823	963	683
158	805	940	669
162	805	940	669
180,1	721	831	611
193,5	649	737	561
201,9	631	716	546
205,7	**620**	**694**	**547**
209,6	594	652	536
221,5	555	627	483
223,6	543	618	467
227,4	557	641	474
233	448	476	420
237,1	179	230	128
238,5	135	162	108
239,9	117	140	94
241	0	1	0

Fig. 35 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.14. Salsadella

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 10' 19" W
Latitud: 40° 23' 08" N

Provincia geográfica: Castellón.

La columna del sondeo Salsadella se puede ver en la figura A16 y los datos en la tabla A16.

La profundidad total es de 1122 metros, depositándose la Formación Alcotas (Pérmico Superior: P5) sobre el basamento.

7.1.14.1. Curvas de subsidencia

Las curvas de subsidencia resultantes del análisis se muestran en la figura 36.

En la curva a) se observa unos 530 metros de subsidencia hasta la actualidad, de los cuales unos 330 metros corresponden al Pérmico y Triásico. La subsidencia del basamento hasta la actualidad es de unos 1120 metros, según indica la curva de subsidencia total, y de unos 660 metros hasta el Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se puede ver que la subsidencia hasta la actualidad es de unos 360 metros, y de unos 225 metros hasta el Triásico. El valor más alto se alcanza en el Jurásico Superior con casi 390 metros. Se han diferenciado cinco fases de subsidencia *sinrift*: la primera aparece en el Pérmico Superior (Formación Alcotas: P5) con cerca de 80 metros de subsidencia; la segunda se observa en el Triásico Inferior y Medio y comprende las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6), Marines (T7), Landete (T8), Mas (T9) y Triásico Levantino Balear (TLB: facies Muschelkalk) teniendo unos 135 metros de subsidencia; las siguientes fases aparecen en el Jurásico: la tercera en el Jurásico Inferior (J3 a J5), la cuarta en el Jurásico Medio (J6) y la quinta en el Jurásico Superior (J6 y J7). La facies Keuper inferior (T11) corresponde a una fase *postrift*.

SALSADELLA

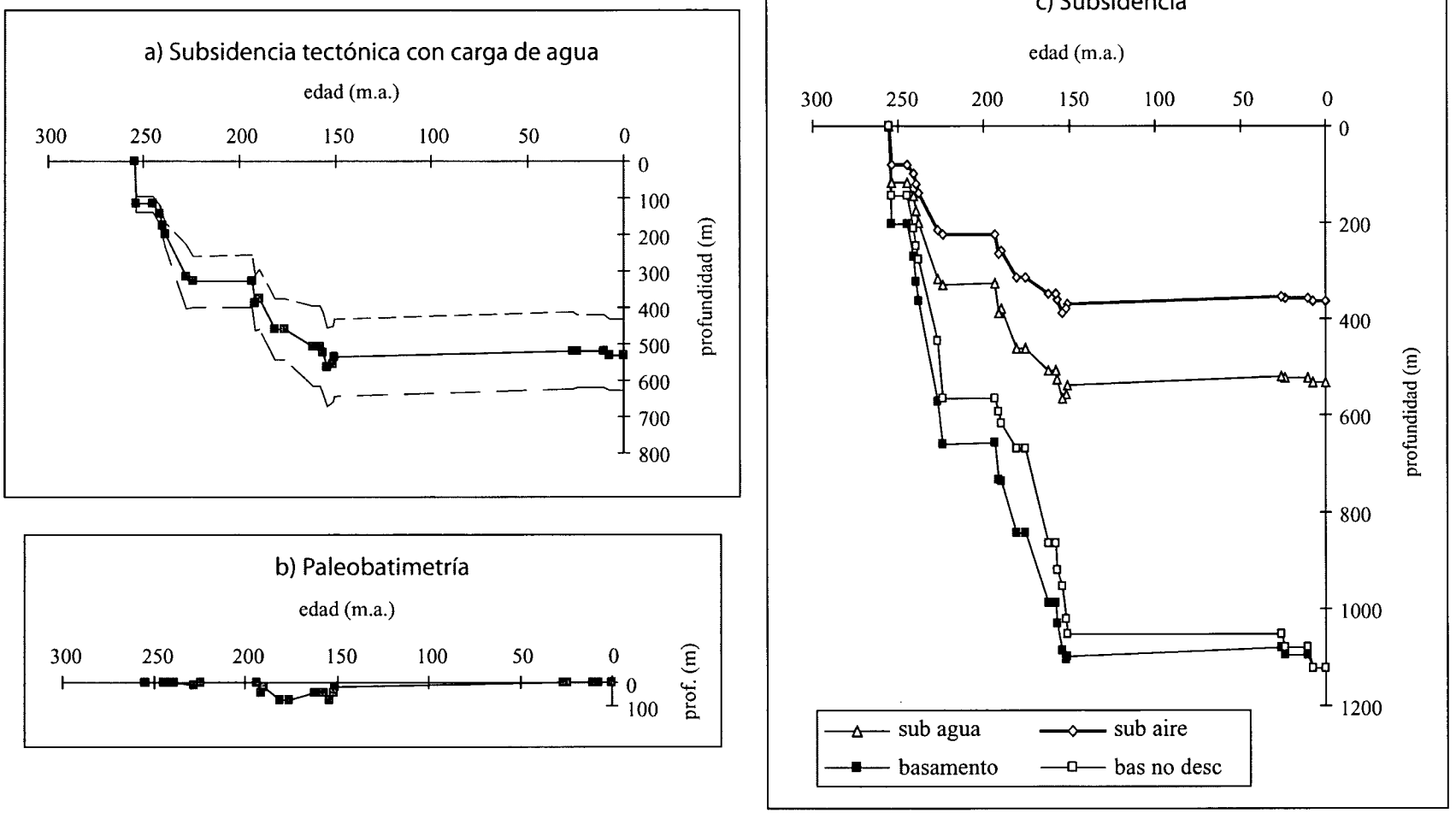


Fig. 36. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

SALSADELLA

		SUB AGUA	SUB AGUA		CS	CS BASAMENTO	CS BASAMENTO	
edad	**paleobatim.**	**media**	**máx**	**mín**	**bas no desc**	**media**	**máx**	**mín**
0	0	531	629	432	1122	1123	1123	1123
7,2	0	531	629	432	1122	1123	1123	1123
10,5	0	521	620	421	1081	1097	1106	1088
23,9	0	521	620	421	1081	1097	1106	1088
26,2	0	518	622	413	1053	1080	1095	1064
150,8	20	537	642	433	1053	1100	1115	1084
151,5	45	554	660	451	1022	1104	1125	1083
154,1	75	565	673	456	956	1087	1122	1053
156,8	45	524	635	413	922	1032	1073	992
158	45	506	616	396	865	988	1035	940
162	45	506	616	396	865	988	1035	940
176	75	459	544	375	669	843	890	796
181,1	75	459	544	375	669	843	890	796
189,6	20	377	459	297	618	736	784	688
191,5	43	388	462	313	593	733	778	688
193,3	0	326	398	256	564	657	702	613
224	**3**	**329**	**401**	**259**	**564**	**660**	**705**	**616**
227,4	15	315	402	227	444	570	631	508
238,5	3	200	234	167	277	362	385	339
239,9	3	174	203	143	249	321	341	300
241,5	0	143	170	118	211	269	286	251
244,8	0	116	138	95	144	203	219	186
254	0	116	138	94	144	202	219	186
255	0	0	0	0	0	1	1	1

Fig. 36 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

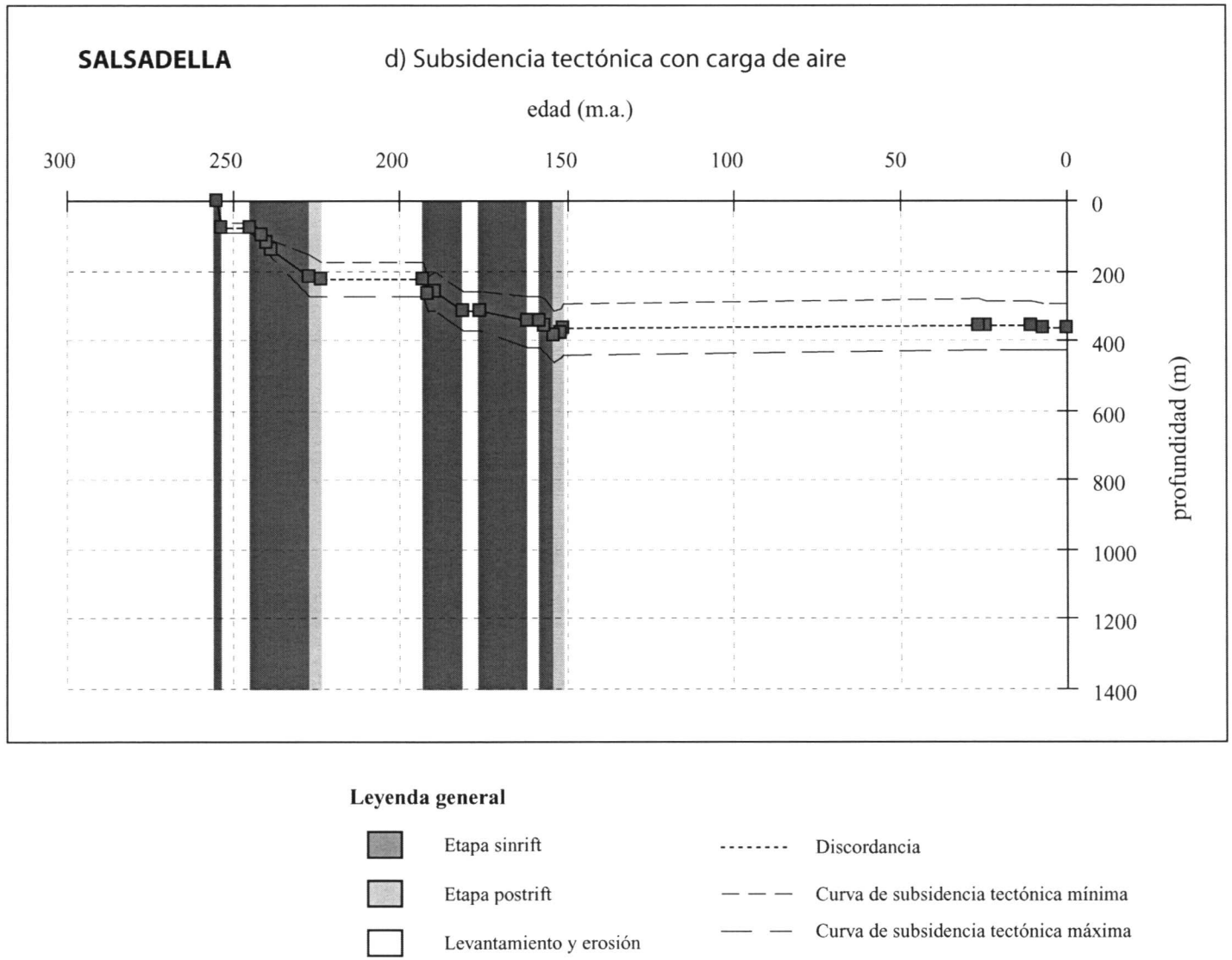


Fig. 36_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

SALSADELLA

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	363	430	295
7,2	363	430	295
10,5	356	424	288
23,9	356	424	288
26,2	354	425	282
150,8	367	439	296
151,5	379	451	308
154,1	386	460	312
156,8	358	434	282
158	346	421	271
162	346	421	271
176	314	372	256
181,1	314	372	256
189,6	258	314	203
191,5	265	316	214
193,3	223	272	175
224	**225**	**274**	**177**
227,4	215	275	155
238,5	137	160	114
239,9	119	139	98
241,5	98	116	81
244,8	79	94	65
254	79	94	64
255	0	0	0

Fig. 36 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.15. Gátova

Fuente: Sección de campo compuesta.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 21' W
Latitud: 39° 50' N

Provincia geográfica: Castellón.

La columna estratigráfica realizada para la sección de Gátova se puede ver en la figura A13 y los datos para el cálculo en la tabla A13.

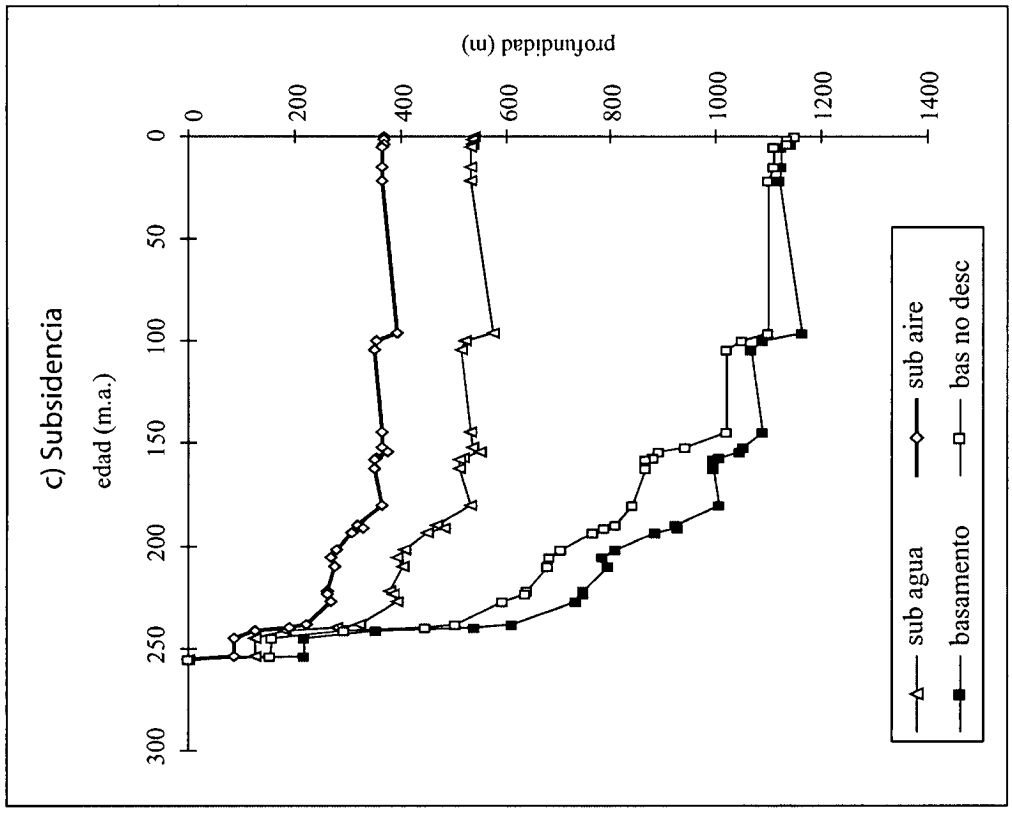
El espesor total de la sección es de 1149.4 metros, depositándose la Formación Alcotas (P5: Pérmico Superior) discordante sobre el basamento.

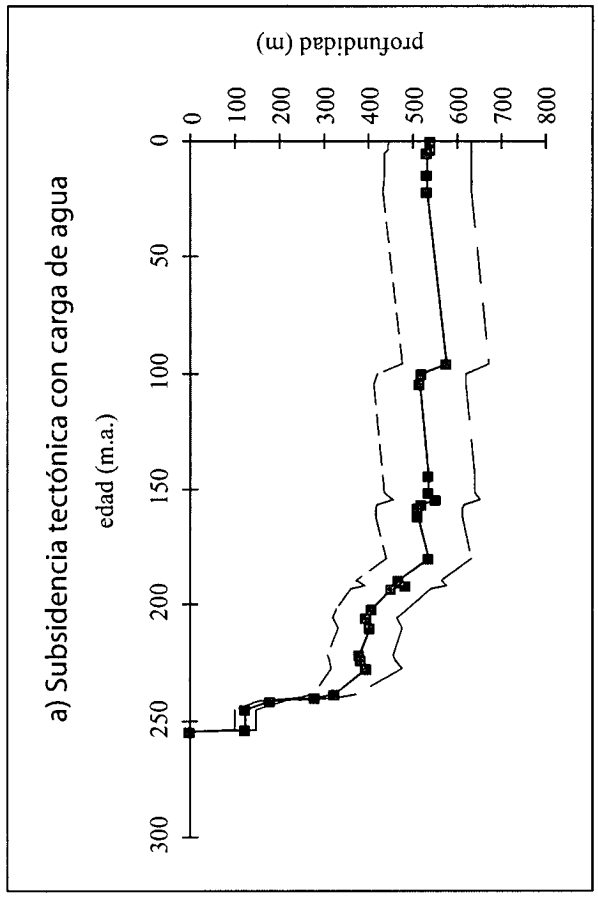
7.1.15.1. Curvas de subsidencia

En la figura 37 se muestran las curvas de subsidencia resultantes del análisis.

La curva a), curva de subsidencia tectónica con carga de agua, indica una subsidencia de unos 540 metros hasta la actualidad, de los cuales unos 400 metros corresponden al Pérmico y Triásico. En la curva c) y en la columna "CS BASAMENTO media", que muestra el hundimiento del basamento, se observa que la subsidencia total es de unos 1150 metros, mientras que a finales del Triásico se llega casi a los 800 metros.

En la curva d), que indica la subsidencia tectónica con carga de aire, se observa que en total se alcanza los 370 metros aproximadamente, siendo de unos 280 metros la subsidencia a finales del Triásico. El valor más alto (unos 390 metros) se alcanza en el Cretácico Superior. En esta curva se han distinguido cinco fases *sinrift*: la primera se observa en el Pérmico Superior, con la Formación Alcotas (P5) y unos 85 metros de subsidencia; la segunda fase comprende el Triásico Inferior y Medio, con las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6), Marines (T7) y el llamado Triásico Levantino Balear (TLB), correspondiente a la facies Muschelkalk. En esta fase se alcanza algo más de 180 metros de subsidencia. La tercera fase se reconoce en el Jurásico Inferior (J1 a J5), la cuarta en el Jurásico Superior (J6 y J7), y la quinta y última fase aparece a finales del Cretácico Inferior y comienzos del Superior. El Keuper inferior (T11) y superior (T13), junto con la Formación Manuel (Keuper "medio": T12) aparecen como fase *postrift*.





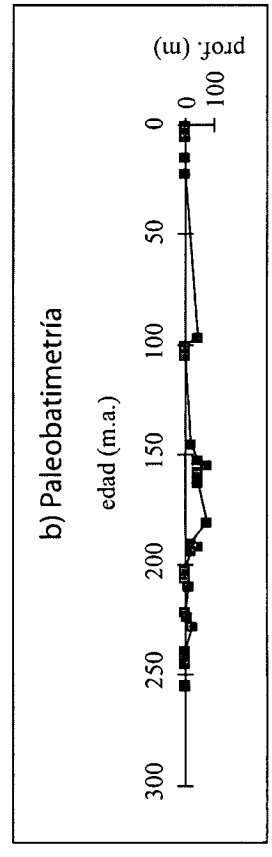


Fig. 37. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

GÁTOVA

GÁTOVA

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	540	632	448	1149	1150	1150	1150
1,7	0	538	632	443	1135	1141	1144	1138
3,7	0	538	632	443	1134	1141	1144	1138
5	0	533	631	436	1110	1125	1134	1116
14,6	0	533	631	436	1109	1125	1134	1116
21,7	0	533	631	433	1100	1119	1130	1108
96	43	575	673	477	1099	1162	1173	1151
100	3	521	620	421	1049	1088	1109	1067
104,5	0	515	620	410	1022	1068	1096	1040
144,5	20	535	639	430	1022	1088	1116	1060
151,5	45	537	639	434	942	1054	1092	1016
154,1	75	552	650	454	892	1045	1088	1003
156,8	45	518	617	418	881	1007	1051	963
158	45	512	610	414	865	994	1039	949
162	45	512	610	414	865	994	1039	949
180,1	75	535	631	439	842	1006	1051	960
189,6	20	468	563	373	809	923	971	874
191,5	43	483	575	391	787	927	975	878
193,5	20	451	541	361	765	884	934	835
201,9	3	408	487	329	704	810	856	765
205,5	0	394	465	320	683	785	827	743
209,8	**10**	**404**	**475**	**331**	**682**	**795**	**837**	**753**
221,5	0	380	455	306	640	748	792	703
223,6	5	385	459	310	637	750	795	704
227,4	25	395	475	315	595	733	784	683
238,5	3	323	373	274	505	613	642	583
239,9	3	279	322	237	449	540	565	516
241,5	0	181	212	151	294	355	374	336
244,8	0	124	148	101	156	218	235	200
254	0	124	148	101	155	217	235	200
255	0	0	0	0	0	1	1	1

Fig. 37 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

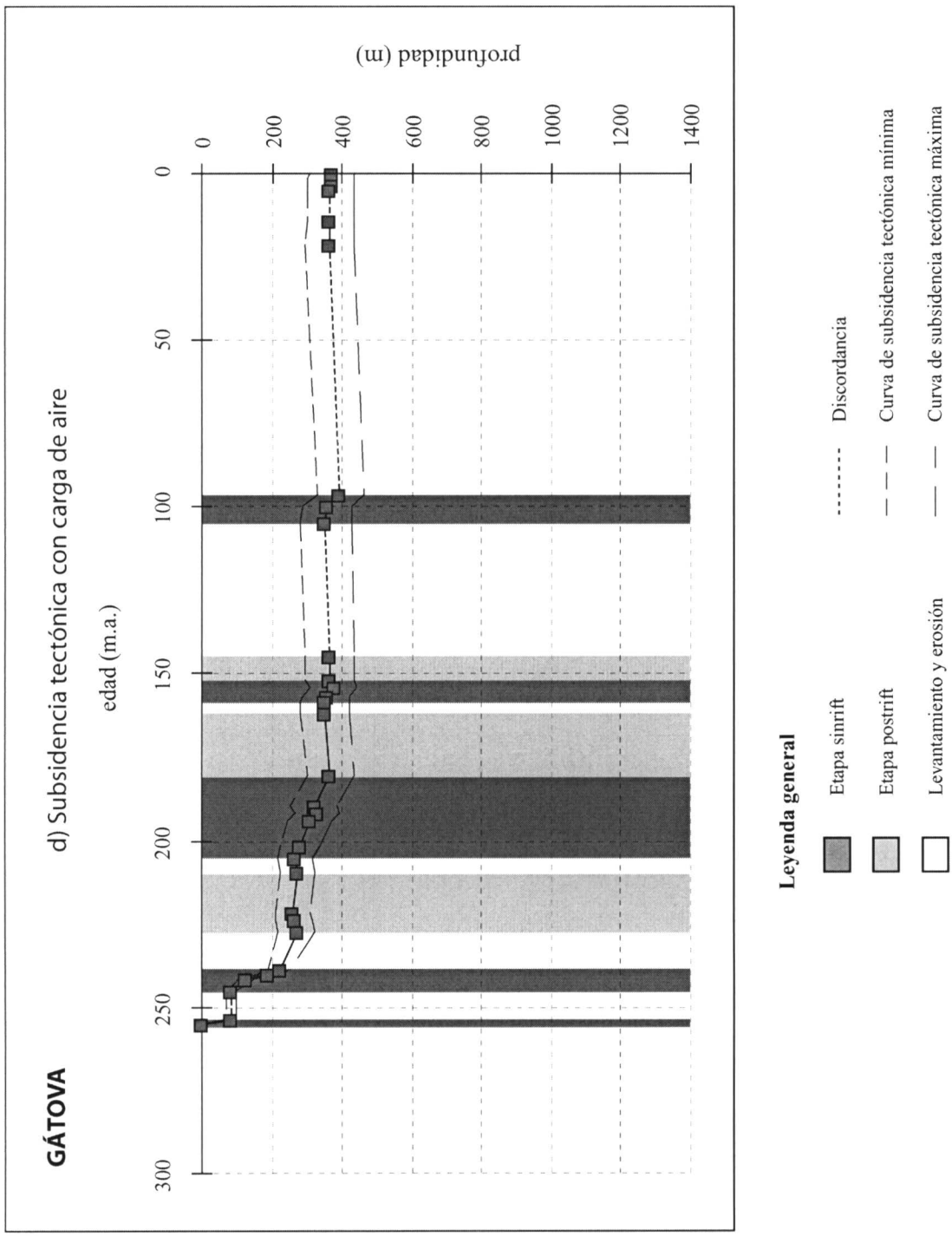


Fig. 37_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

GÁTOVA

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	369	432	306
1,7	368	432	303
3,7	368	432	303
5	364	431	298
14,6	364	431	298
21,7	364	431	296
96	393	460	326
100	356	424	288
104,5	352	424	280
144,5	366	437	294
151,5	367	437	297
154,1	377	444	310
156,8	354	422	286
158	350	417	283
162	350	417	283
180,1	366	431	300
189,6	320	385	255
191,5	330	393	267
193,5	308	370	247
201,9	279	333	225
205,5	269	318	219
209,8	**276**	**325**	**226**
221,5	260	311	209
223,6	263	314	212
227,4	270	325	215
238,5	221	255	187
239,9	191	220	162
241,5	124	145	103
244,8	85	101	69
254	85	101	69
255	0	0	0

Fig. 37 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.1.16. Chóvar-Eslida

Fuente: Sección de campo compuesta.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 18' 51" W
Latitud: 39° 52' 07" N

Provincia geográfica: Castellón.

La columna y datos para el análisis de la subsidencia se muestran en la figura A14 y tabla A14 respectivamente.

El espesor total es de 2156.2 metros, apareciendo la Formación Alcotas (P5) sobre el basamento. En esta sección es donde la Formación Eslida (T6) es más potente, llegando a alcanzar casi los 700 metros de espesor.

7.1.16.1. Curvas de subsidencia

En la figura 38 se pueden ver las curvas de subsidencia obtenidas para la sección de Chóvar-Eslida.

En la curva a) y columna "SUB AGUA media" se observa que la subsidencia hasta la actualidad es de unos 930 metros, siendo de unos 630 a finales del Triásico. La curva de subsidencia del basamento indica un valor superior a los 2150 metros desde el Pérmico hasta la actualidad, mientras que hasta el Triásico se llega a los 1320 metros.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire muestra una subsidencia de aproximadamente 640 metros hasta la actualidad, siendo de unos 430 metros a finales del Triásico. El valor máximo de subsidencia se alcanza en el Cretácico Superior con unos 660 metros. Se han diferenciado ocho fases de subsidencia *sinrift*: la primera aparece en el Pérmico Superior con la Formación Alcotas (P5) y un valor superior a los 70 metros de subsidencia; la segunda se observa en el Triásico Inferior y parte del Triásico Medio, sedimentándose las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6) y Marines (T7) y mostrando unos 300 metros de subsidencia, de los cuales unos 260 metros corresponden a la Formación Eslida. Las tres fases siguientes (tercera, cuarta y quinta) aparecen en el Jurásico Inferior (J1 y J2 la tercera fase, J4 y J5 la cuarta) y en el Jurásico Superior (J6 y J7 la quinta). Las últimas tres fases corresponden al Cretácico. La facies Muschelkalk (TLB) y Keuper (T14) en esta sección aparecen como fases *postrift*.

CHÓVAR-ESLIDA

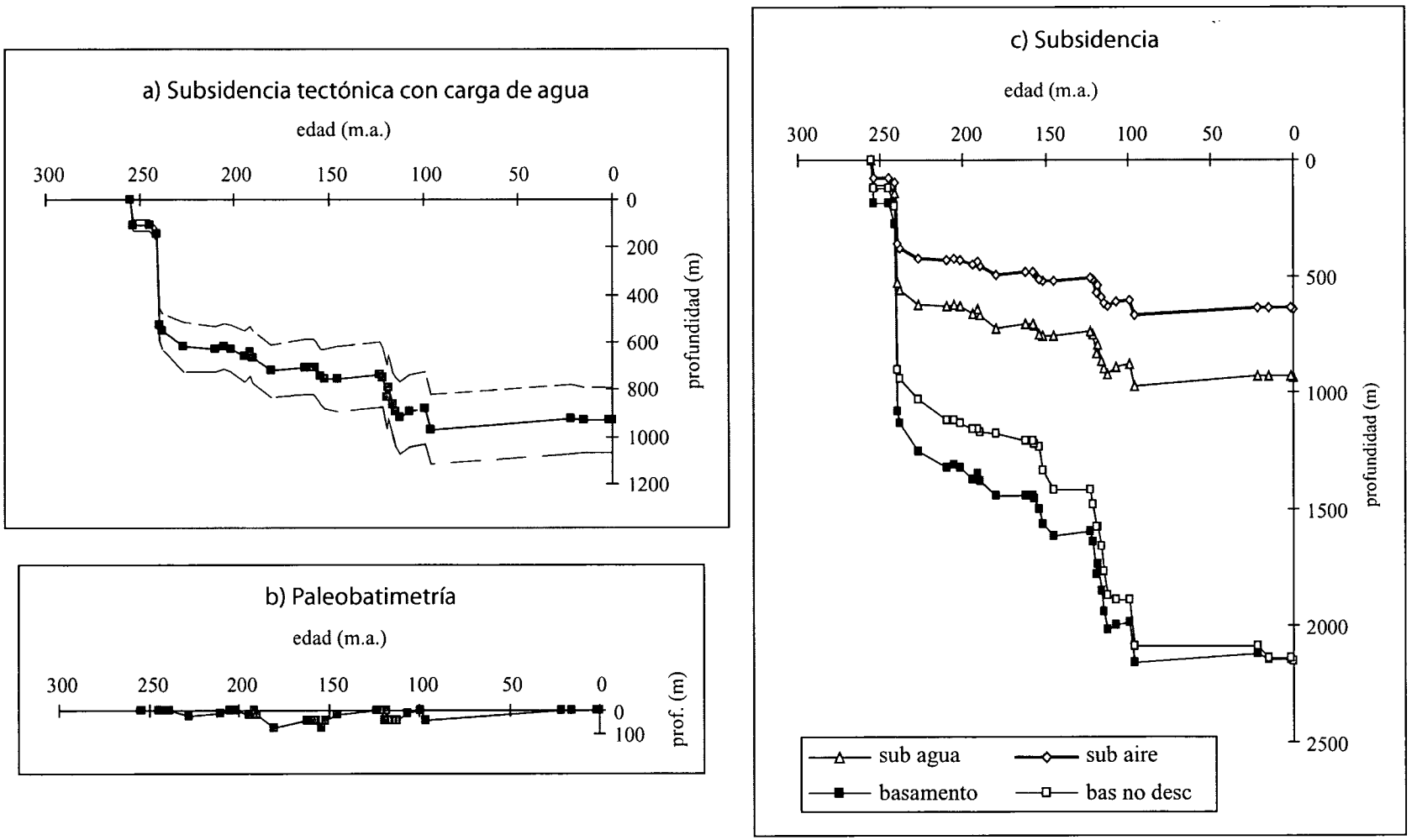


Fig. 38. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría

CHÓVAR-ESLIDA

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	932	1069	793	2156	2157	2157	2157
1,5	0	929	1069	789	2141	2149	2152	2146
15	0	929	1069	789	2141	2148	2151	2145
21,4	0	926	1074	778	2091	2120	2134	2107
96	43	970	1118	821	2091	2163	2177	2150
99,3	0	879	1030	727	1891	1987	2031	1943
106,9	12	891	1042	739	1891	1999	2043	1954
112,2	43	920	1075	767	1871	2018	2068	1969
114,5	43	895	1045	748	1771	1943	1999	1888
116,5	43	862	996	729	1661	1853	1905	1800
118,2	0	790	925	655	1581	1738	1796	1680
119	43	832	967	698	1581	1781	1839	1723
121	0	750	876	625	1481	1645	1703	1587
123	0	737	873	600	1421	1597	1669	1526
145	20	756	894	620	1421	1617	1689	1546
151,5	45	753	879	628	1336	1566	1634	1498
154,1	75	745	862	628	1236	1502	1568	1435
156,7	45	708	825	591	1221	1457	1525	1389
158	45	705	819	590	1211	1448	1515	1381
162	45	705	819	590	1211	1448	1515	1381
180,1	75	721	831	610	1176	1443	1509	1378
189,6	20	664	774	553	1171	1384	1449	1318
191,2	0	639	746	531	1159	1352	1416	1288
194	20	658	767	552	1159	1372	1436	1308
201,9	3	628	727	528	1129	1325	1384	1266
205,3	0	620	715	524	1119	1311	1368	1254
210	**10**	**629**	**726**	**534**	**1119**	**1321**	**1378**	**1264**
227,4	25	620	726	516	1029	1254	1321	1188
238,5	3	554	631	478	939	1134	1179	1089
239,9	3	527	595	458	899	1083	1122	1044
241,5	0	143	171	117	200	273	293	253
244,8	0	108	130	86	120	187	206	169
254	0	108	130	86	120	187	206	169
255	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 38 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

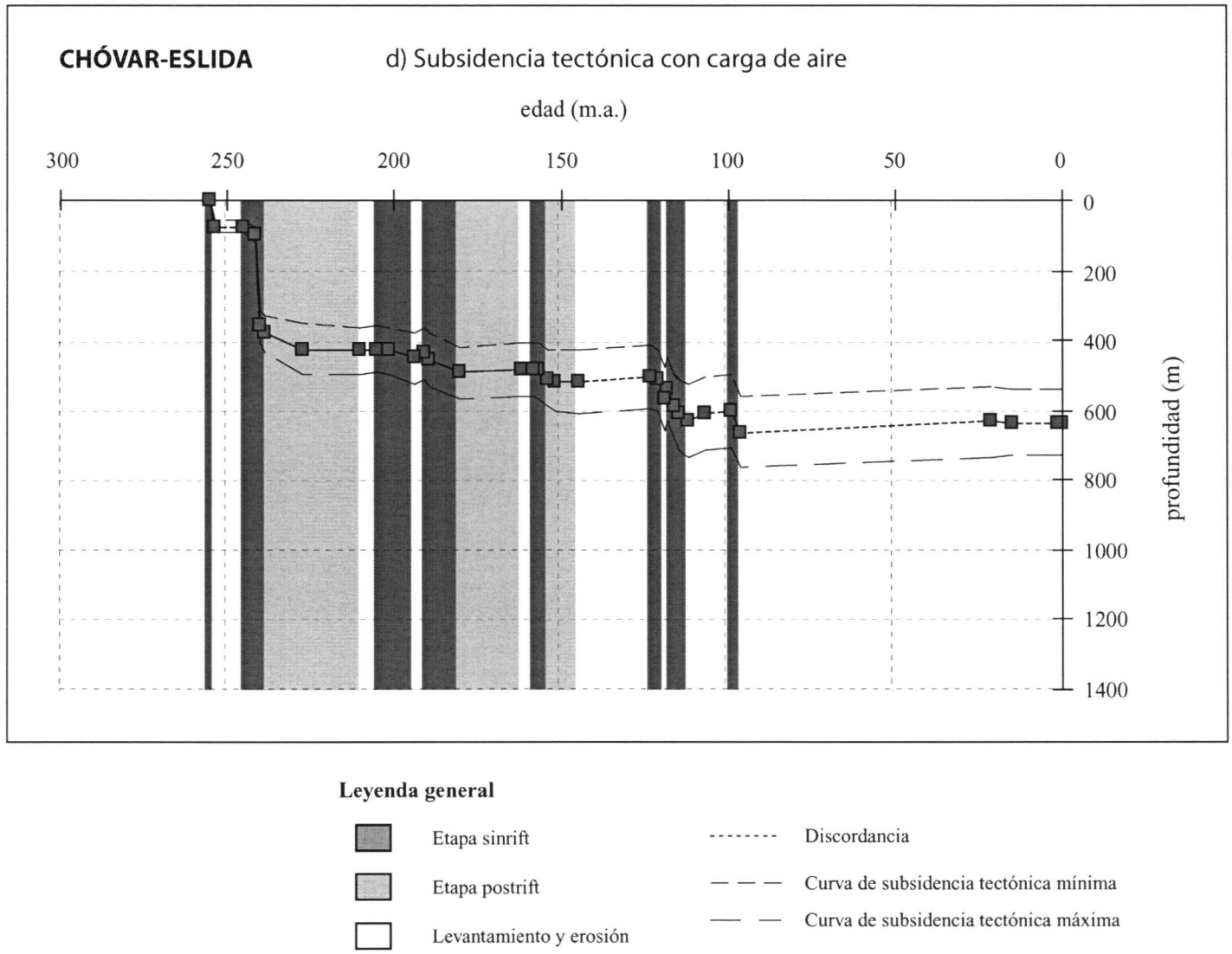


Fig. 38_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

CHÓVAR-ESLIDA

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	637	731	542
1,5	635	731	539
15	635	731	539
21,4	633	734	532
96	663	764	561
99,3	601	704	497
106,9	609	712	505
112,2	629	735	524
114,5	612	714	511
116,5	589	681	498
118,2	540	632	448
119	569	661	477
121	513	599	427
123	504	597	410
145	517	611	424
151,5	515	601	429
154,1	509	589	429
156,7	484	564	404
158	482	560	403
162	482	560	403
180,1	493	568	417
189,6	454	529	378
191,2	437	510	363
194	450	524	377
201,9	429	497	361
205,3	424	489	358
210	**430**	**496**	**365**
227,4	424	496	353
238,5	379	431	327
239,9	360	407	313
241,5	98	117	80
244,8	74	89	59
254	74	89	59
255	0	1	0

Fig. 38 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2. CUENCA DEL EBRO

Se han analizado dieciséis sondeos situados en la Cuenca del Ebro (fig. 13). A continuación se describe cada uno de ellos de NW a SE indicando, al igual que para las secciones y sondeos de la Cordillera Ibérica, sus coordenadas geográficas, la provincia a la que pertenece, y se explica de forma somera la columna estratigráfica y con más detalle las curvas de *backstripping* y los valores de subsidencia obtenidos para cada caso. Los nombres de las formaciones que citamos en esta cuenca se refieren siempre a sus equivalentes en tiempo.

7.2.1. EJEA-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 1° 14' 43.5" W
Latitud: 42° 07' 11" N

Provincia geográfica: Zaragoza

La figura B1 muestra la columna realizada a partir de la interpretación del sondeo, y en la tabla B1 aparecen los datos utilizados en el análisis de la subsidencia.

La profundidad total del sondeo es de 2977 metros. En él se observa que es la Formación Cañizar (T1) la que yace de forma discordante sobre el basamento. El Terciario es muy potente, llegando a pasar ligeramente los 2700 metros de profundidad.

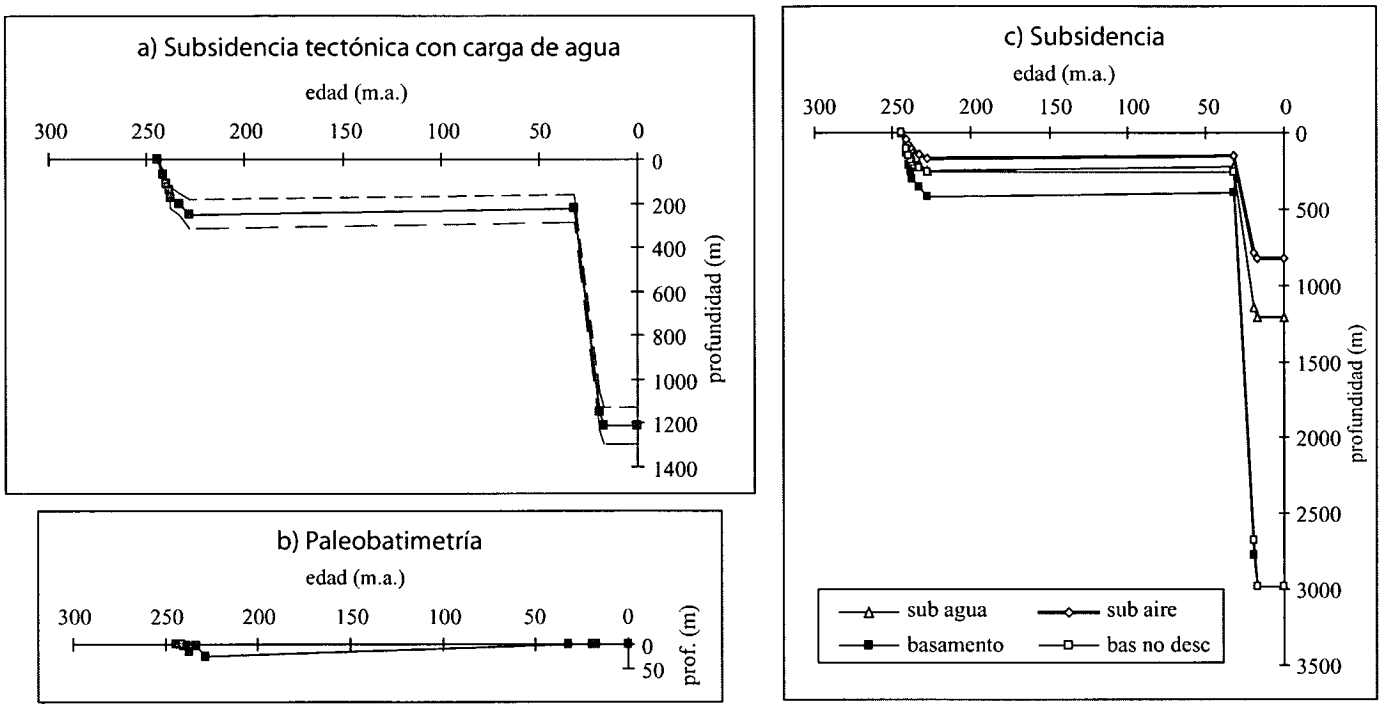
7.2.1.1. Curvas de subsidencia

En la figura 39 se muestran las curvas obtenidas con el análisis.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua (curva a) y la columna "SUB AGUA media" indican unos 1200 metros de subsidencia desde el basamento hasta la actualidad, y unos 250 metros hasta el Triásico. En la curva de subsidencia total o del basamento (curva c) y columna "CS BASAMENTO media" se observa que el hundimiento es de casi 3000 metros hasta hoy día, y de unos 420 metros a finales del Triásico.

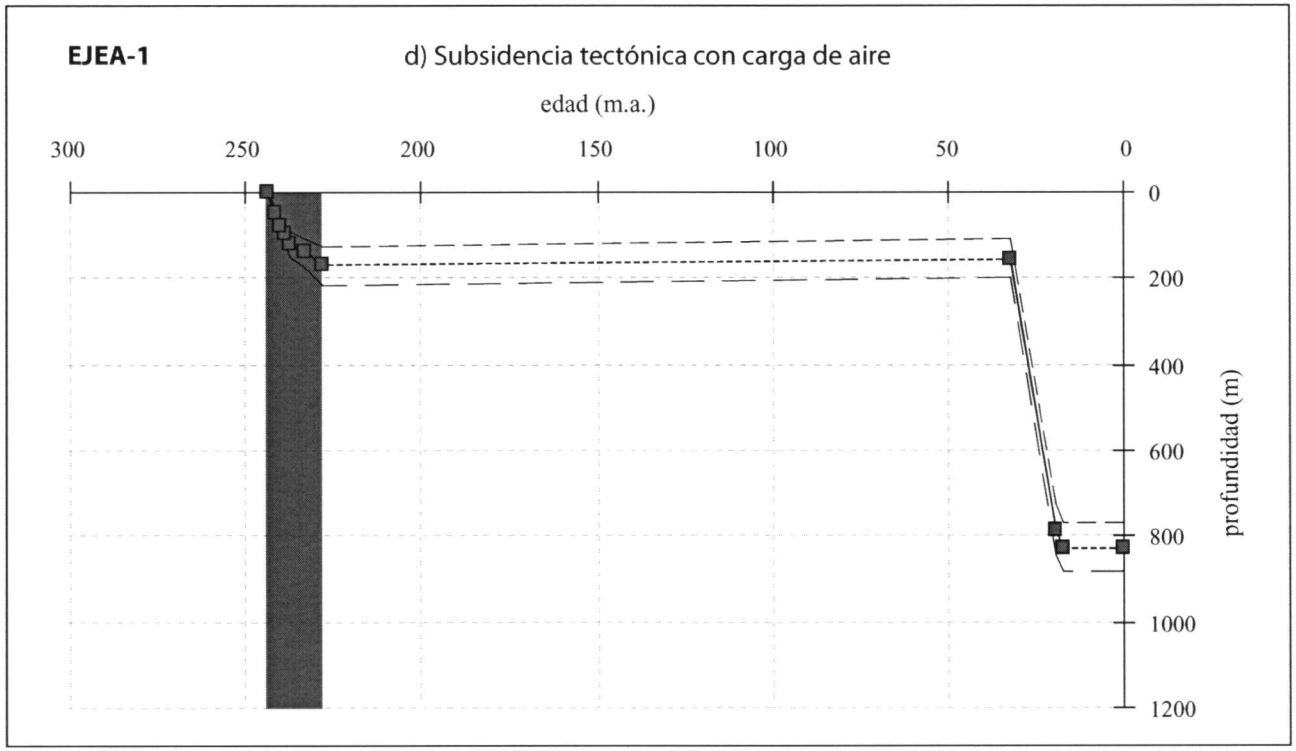
En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire (curva d y columna "SUB AIRE media" en la figura 39 cont.) se puede ver que la subsidencia hasta la actualidad es de casi 830 metros, siendo unos 170 metros los que corresponden al Triásico. En este sondeo aparece una única fase *sinrift*, que se puede ver en esta curva. Esta fase ocupa el Triásico, desde la unidad equivalente a la Formación Cañizar hasta la Formación Cañete (T1 a T10). Esta última formación está interrumpida por una discordancia importante sobre la que se depositan los primeros sedimentos del Terciario, de edad Oligoceno.

EJEA-1



edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1208	1292	1125	2977	2978	2978	2978
17	0	1208	1292	1125	2977	2978	2978	2978
19,3	0	1147	1235	1059	2672	2774	2791	2756
32	0	224	290	159	259	398	454	342
228	**25**	**249**	**315**	**184**	**259**	**423**	**479**	**367**
233	3	203	252	154	232	358	400	317
237,1	15	176	221	129	196	307	346	268
238,5	3	139	168	110	177	259	282	235
239,9	3	114	139	91	152	217	236	197
241,5	0	67	82	53	107	138	149	127
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 39. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas



edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	826	883	769
17	826	883	769
19,3	784	844	724
32	153	198	109
228	**170**	**215**	**126**
233	139	172	105
237,1	120	151	88
238,5	95	115	75
239,9	78	95	62
241,5	46	56	36
244	0	1	0

Leyenda general

- Etapa sinrift
- Etapa postrift
- Levantamiento y erosión
- Discordancia
- Curva de subsidencia tectónica mínima
- Curva de subsidencia tectónica máxima

Fig. 39 cont. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire. Valores de los datos de subsidencia de la curva

7.2.2. Tauste Este-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 1° 03' 27.51" W
Latitud: 41° 58' 19" N

Provincia geográfica: Zaragoza.

En la figura B2 y tabla B2 se muestran la columna realizada a partir del log de Tauste Este-1 y los datos que se han utilizado para el cálculo de la subsidencia, respectivamente.

La profundidad total del sondeo es de 3460 metros, siendo la Formación Cañizar (T1) la que se deposita discordante sobre el Paleozoico. La columna ha sido completada desde los 3329 metros con los sondeos de Zuera-1 y Ejea-1 cercanos a este, ya que el sondeo se suspendió a esa profundidad y para realizar el análisis de la subsidencia es necesario tener el registro completo desde el basamento. A partir de aquí el Triásico aparece completo, estando la facies Keuper compuesta por materiales volcánicos (ofitas) en su mayoría.

7.2.2.1. Curvas de subsidencia

La figura 40 muestra las curvas de subsidencia obtenidas y los valores de las mismas.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de agua se observa que a finales del Triásico se llega a superar los 400 metros de subsidencia y en la actualidad se alcanzan los 1370 metros. La curva de subsidencia total indica que el hundimiento del basamento desde el Triásico hasta la actualidad es de unos 3460 metros, siendo de unos 860 metros el correspondiente al Triásico.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire muestra una subsidencia total de unos 930 metros y de casi 300 metros a finales del Triásico. Se han diferenciado tres fases *sinrift*: la primera ocupa el Triásico Inferior y parte del Triásico Medio y comprende las unidades equivalentes a las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6), Marines (T7) y Landete (T8), con una subsidencia de unos 140 metros; la segunda corresponde a la Formación Cañete (T10, Triásico Medio) y presenta una subsidencia de unos 60 metros; la tercera fase comprende el Triásico Superior y Jurásico Inferior (T15 y J1). A partir de aquí no hay depósitos hasta el Oligoceno (Terciario). La Formación Mas (T9) y la facies Keuper corresponden a dos fases *postrift* diferentes.

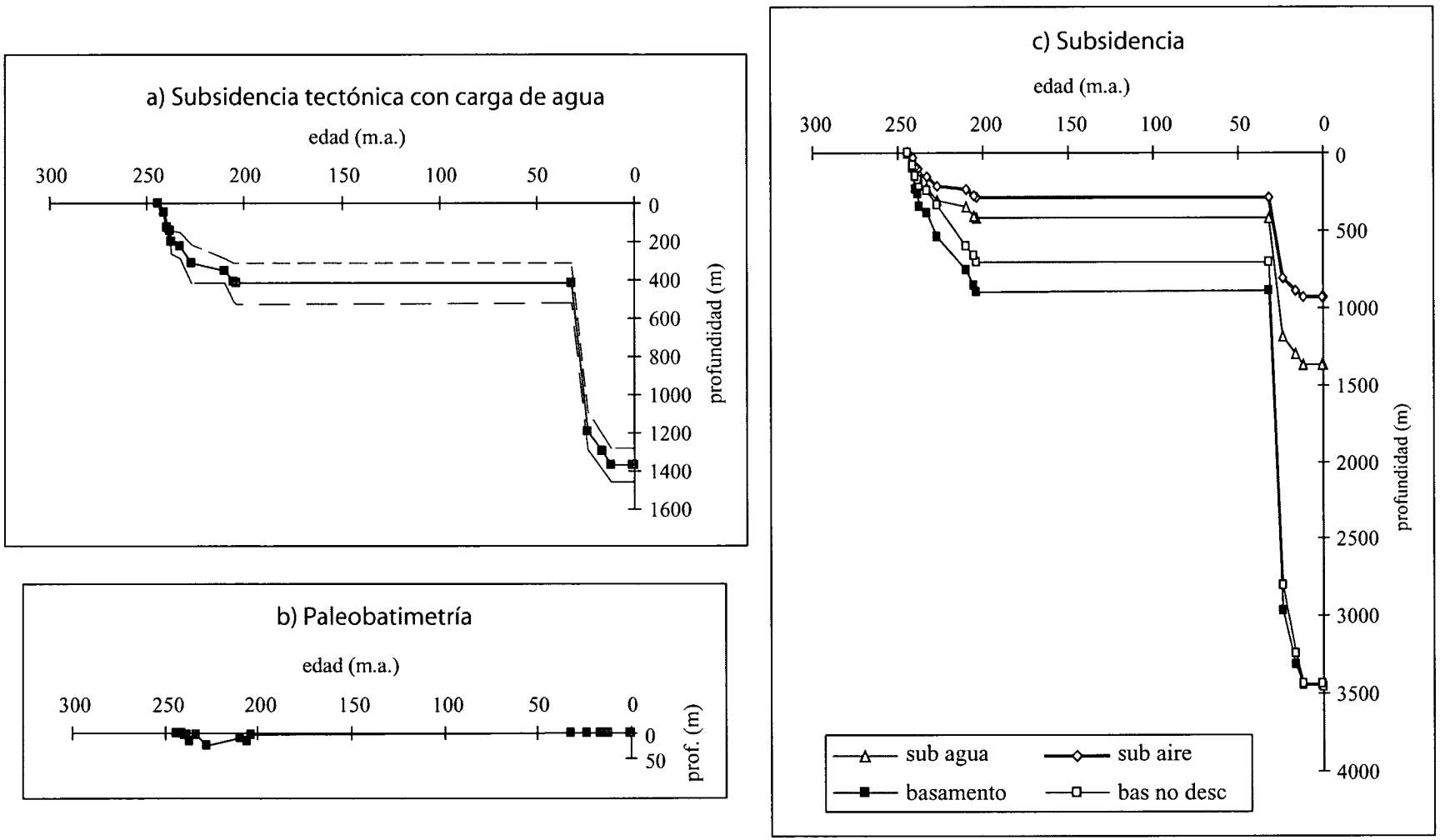


Fig. 40. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

TAUSTE ESTE-1

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1368	1459	1277	3460	3461	3461	3461
0,5	0	1366	1459	1276	3438	3449	3451	3447
12	0	1366	1459	1276	3438	3449	3451	3447
16,4	0	1299	1390	1210	3238	3314	3328	3301
23,7	0	1189	1287	1090	2802	2965	2996	2934
32	0	415	521	310	702	895	986	804
204	3	418	524	313	702	898	989	807
205,7	**15**	**411**	**511**	**312**	**660**	**860**	**943**	**776**
209,6	10	351	415	287	603	761	813	710
227,4	25	312	413	212	341	547	635	459
233	3	221	290	152	243	388	449	327
237,1	15	203	265	142	210	347	402	293
238,5	3	146	177	116	169	262	288	236
239,9	3	129	157	102	157	237	260	215
241,5	0	51	63	39	80	105	114	97
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 40 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

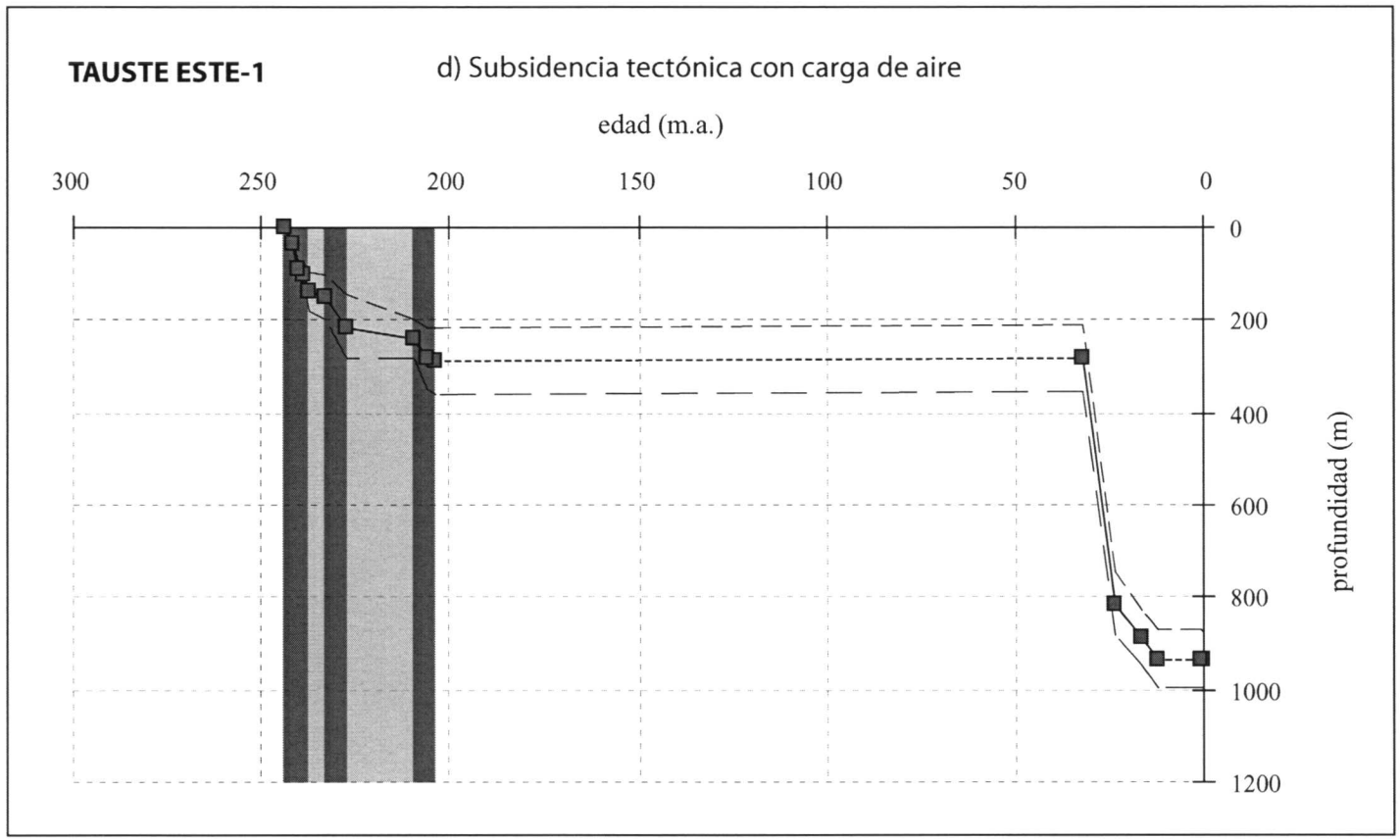


Fig. 40_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

TAUSTE ESTE-1

	SUB AIRE	SUB AIRE	
edad	**media**	**máx**	**mín**
0	935	997	873
0,5	934	997	872
12	934	997	872
16,4	888	950	827
23,7	813	880	745
32	284	356	212
204	286	358	214
205,7	**281**	**349**	**213**
209,6	240	284	196
227,4	213	282	145
233	151	198	104
237,1	139	181	97
238,5	100	121	79
239,9	88	107	70
241,5	35	43	27
244	0	1	0

Fig. 40 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.3. Zuera-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 51' 17.66" W
Latitud: 41° 49' 46.44" N

Provincia geográfica: Zaragoza.

La columna realizada a partir de la interpretación del log se muestra en la figura B3 y los datos de subsidencia en la tabla B3.

La profundidad total del sondeo es de 3487 metros. El Triásico aparece completo, y la primera formación que se deposita sobre el Paleozoico es la Formación Cañizar (T1).

7.2.3.1. Curvas de subsidencia

En la figura 41 se muestran las curvas de subsidencia obtenidas para el sondeo Zuera-1.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua indica unos 1300 metros hasta la actualidad y unos 570 metros a finales del Triásico. La curva de subsidencia total muestra un hundimiento del basamento de casi 3500 metros hasta la actualidad y cerca de 1300 metros hasta el Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire la subsidencia a finales del Triásico es de casi 400 metros y de unos 900 metros hasta la actualidad. Se han distinguido cinco fases de subsidencia *sinrift*: la primera abarca el Triásico Inferior y parte del Triásico Medio, con las unidades equivalentes a las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6), Marines (T7) y Landete (T8) y unos 160 metros de subsidencia; la segunda fase aparece en el Triásico Medio con la Formación Cañizar (T10) y unos 70 metros de subsidencia; la tercera fase corresponde al equivalente de la Formación Manuel (T12), de edad Triásico Superior, y que presenta unos 100 metros de subsidencia; la cuarta fase comienza en el Triásico Superior con la unidad equivalente a la Formación Imón y termina en el Jurásico Inferior con la Formación Turmiel (T15 a J5), y la quinta fase se observa en el Jurásico Superior (J7). Después de cada fase *sinrift*, excepto la última fase que está interrumpida por una discordancia, se observa una fase *postrift*, por lo que se han podido identificar cuatro: la primera corresponde a la Formación Mas (T9), la segunda a la facies Keuper inferior (T11), la tercera a la facies Keuper superior (T13) y la cuarta a la Formación Chelva (J6).

ZUERA-1

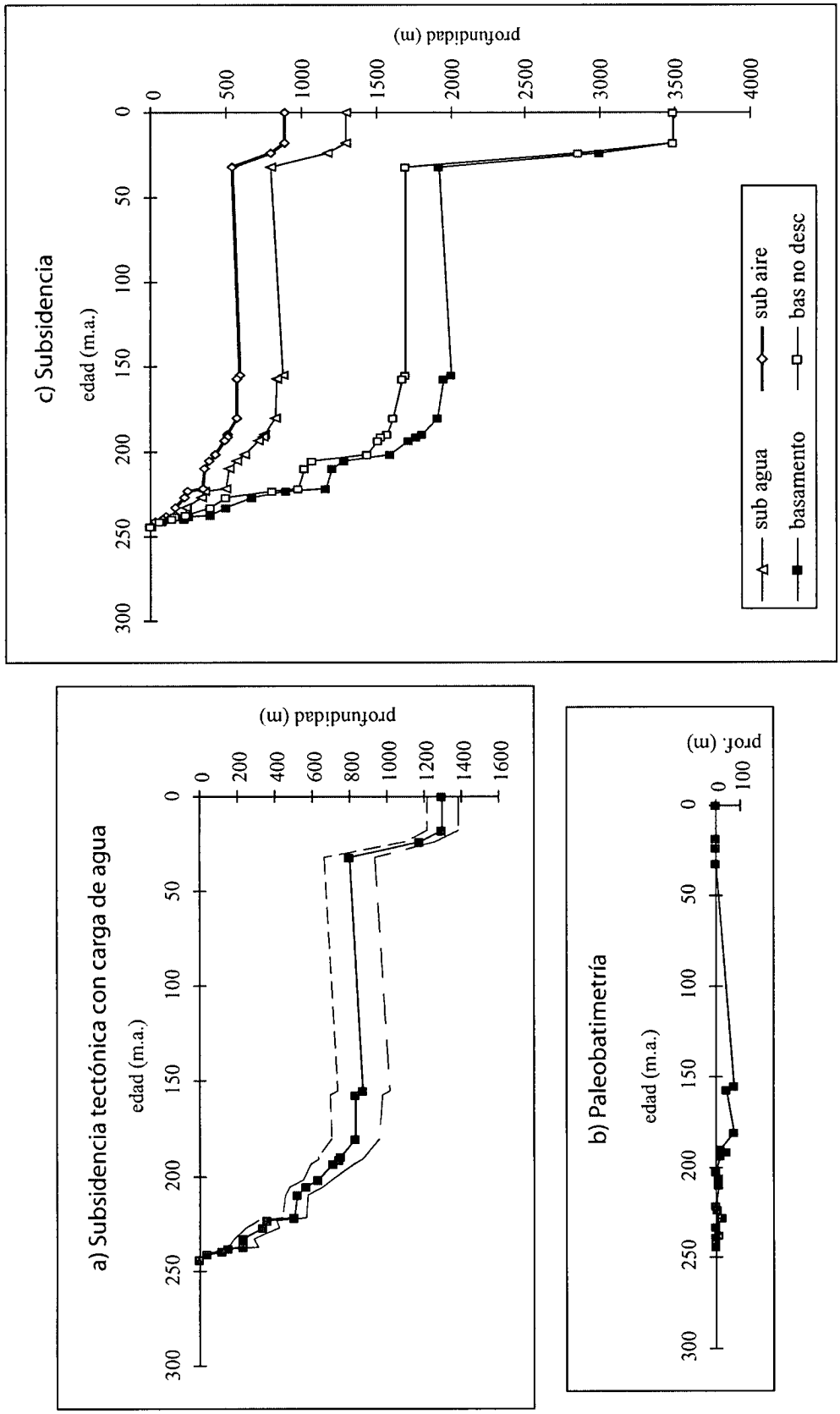


Fig. 41. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

ZUERA-1

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1299	1380	1219	3487	3488	3488	3488
18	0	1299	1380	1219	3487	3488	3488	3488
23,7	0	1175	1258	1093	2850	2999	3030	2968
32	0	799	939	660	1699	1926	2032	1820
154,8	75	875	1014	734	1699	2001	2107	1895
156,8	45	834	974	693	1680	1949	2057	1841
180,1	75	832	961	705	1619	1909	2009	1810
189,6	20	753	879	629	1580	1806	1905	1707
191,5	43	746	862	629	1532	1767	1861	1673
193,5	20	711	825	595	1515	1721	1814	1627
201,9	3	628	704	550	1440	1592	1654	1529
205,7	**15**	**568**	**655**	**478**	**1079**	**1290**	**1365**	**1215**
209,6	10	518	576	459	1024	1205	1253	1157
221,5	0	505	566	442	982	1165	1217	1114
223,6	5	361	410	313	807	902	941	863
227,4	25	335	424	246	500	675	756	594
233	3	234	285	184	397	502	545	460
237,1	15	233	309	155	237	395	465	326
238,5	3	148	178	116	162	259	286	232
239,9	3	123	149	97	144	223	245	200
241,5	0	41	50	32	63	84	91	77
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 41 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

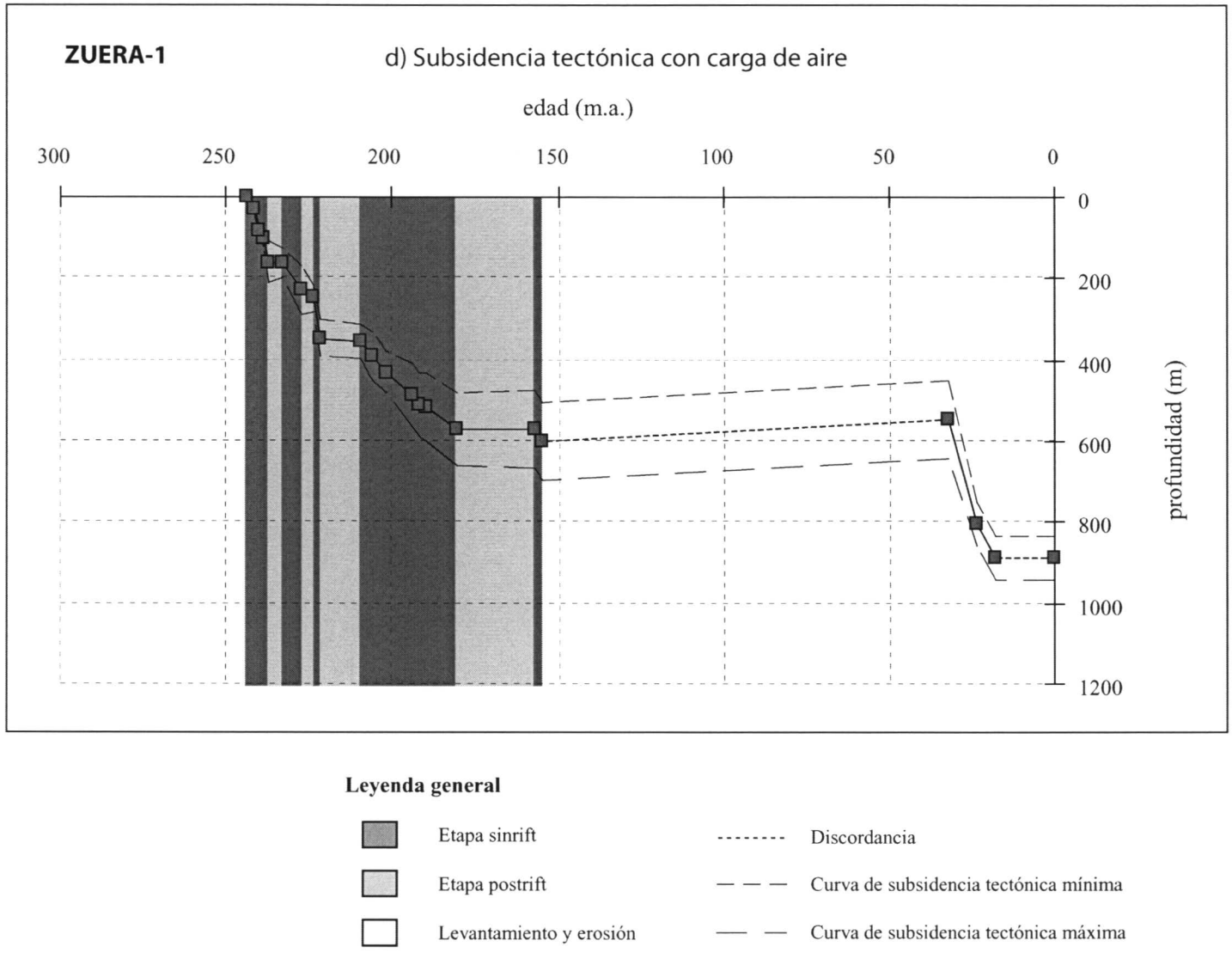


Fig. 41_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

ZUERA-1

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	888	943	833
18	888	943	833
23,7	803	860	747
32	546	642	451
154,8	598	693	502
156,8	570	666	474
180,1	569	657	482
189,6	515	601	430
191,5	510	589	430
193,5	486	564	407
201,9	429	481	376
205,7	**388**	**448**	**327**
209,6	354	394	314
221,5	345	387	302
223,6	247	280	214
227,4	229	290	168
233	160	195	126
237,1	159	211	106
238,5	101	122	79
239,9	84	102	66
241,5	28	34	22
244	0	1	0

Fig. 41 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.4. MONEGRILLO-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 25' 40.5" W
Latitud: 41° 37' 18" N

Provincia geográfica: Zaragoza.

La figura B4 muestra la columna del sondeo interpretado y la tabla B4 los datos para el cálculo de la subsidencia.

La profundidad total del sondeo es de 1381 metros, depositándose la Formación Cañizar (T1) sobre el Paleozoico mediante un pequeño nivel de conglomerados.

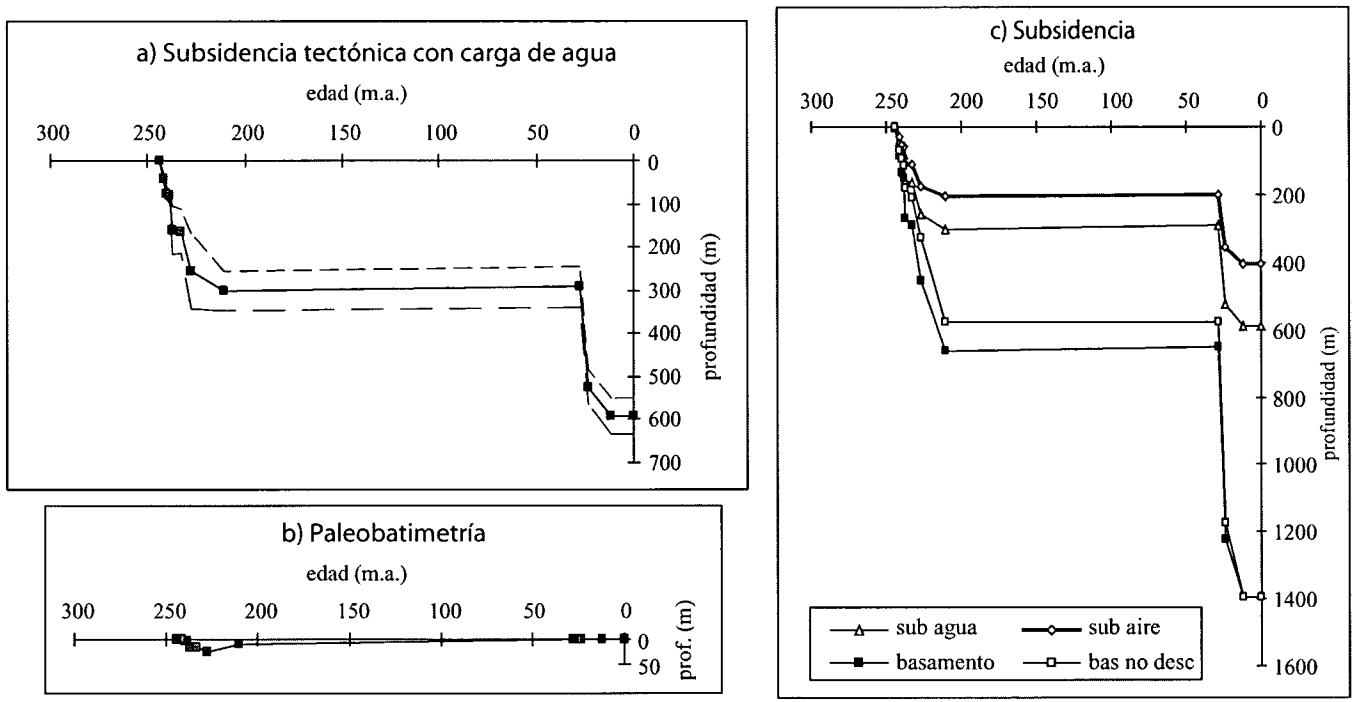
7.2.4.1. Curvas de subsidencia

Las curvas obtenidas a partir del análisis de la subsidencia se muestran en la figura 42.

La subsidencia a finales del Triásico, según se observa en la curva de subsidencia tectónica con carga de agua, es de unos 300 metros y hasta la actualidad de casi 600 metros. La subsidencia del basamento es de aproximadamente 1400 metros hasta la actualidad, de los cuales unos 660 metros corresponden al Triásico.

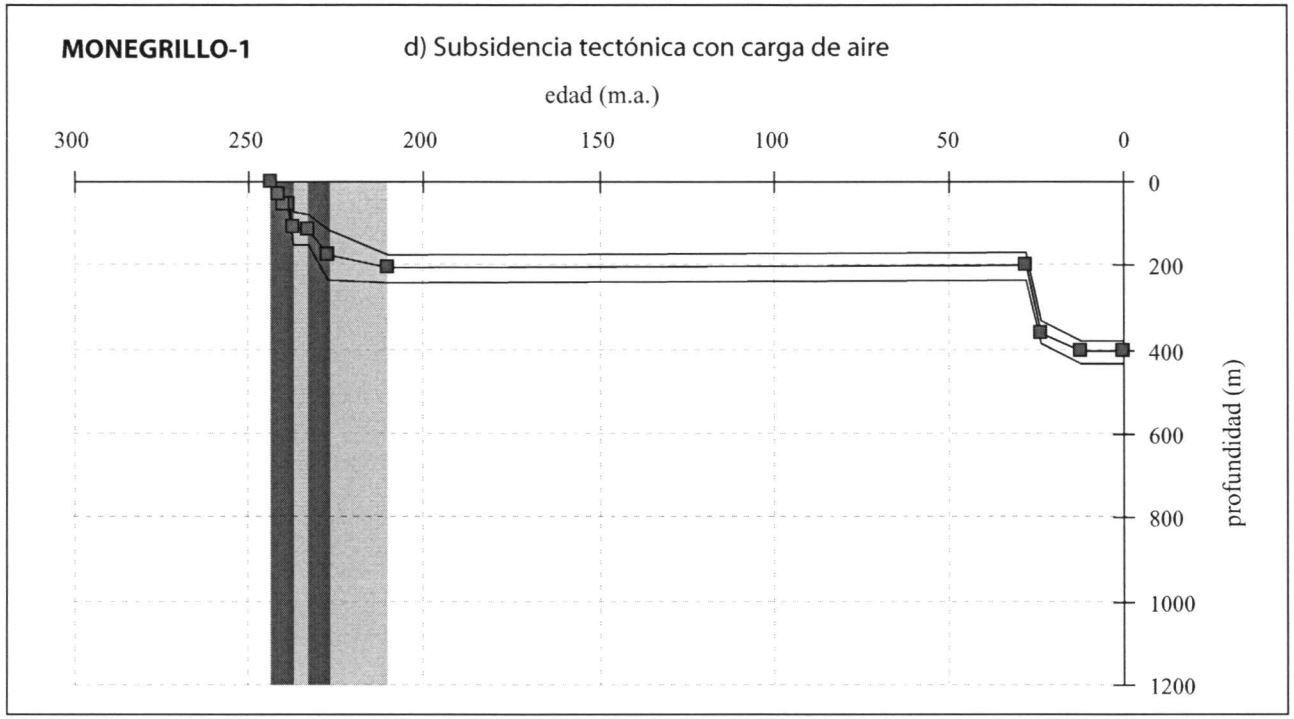
En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se puede ver que hay unos 400 metros de subsidencia hasta la actualidad y unos 200 metros hasta el final del Triásico. En este sondeo se han diferenciado dos fases *sinrift*: la primera corresponde al Triásico Inferior y parte del Triásico Medio, en la cual, con algo más de 100 metros de subsidencia, se depositaron las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6), Marines (T7) y Landete (T8); la segunda fase se observa a finales del Triásico Medio, en la que se depositó la Formación Cañete (T10) y hubo un hundimiento de unos 60 metros. Hay dos fases *postrift* que corresponden a la Formación Mas (T9), la primera, y a la facies Keuper (T14) la segunda.

MONEGRILLO-1



edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	591	633	550	1395	1396	1396	1396
12	0	591	633	550	1395	1396	1396	1396
23,7	0	524	565	484	1175	1223	1233	1213
28	0	291	338	246	575	652	680	624
210,5	**10**	**301**	**348**	**255**	**575**	**662**	**690**	**634**
227,4	25	256	344	168	327	456	525	386
233	15	164	215	113	208	292	335	250
237,1	15	161	217	104	182	272	319	225
238,5	3	82	97	66	115	153	165	141
239,9	3	76	92	60	95	135	147	122
241,5	0	42	51	32	70	85	91	79
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 42. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas



edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	404	433	376
12	404	433	376
23,7	358	386	331
28	199	231	168
210,5	**206**	**238**	**174**
227,4	175	235	115
233	112	147	77
237,1	110	148	71
238,5	56	66	45
239,9	52	63	41
241,5	29	35	22
244	0	1	0

Leyenda general

- Etapa sinrift
- Etapa postrift
- Levantamiento y erosión
- Discordancia
- Curva de subsidencia tectónica mínima
- Curva de subsidencia tectónica máxima

Fig. 42 cont. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire. Valores de los datos de subsidencia de la curva

7.2.5. La Zaída-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 24' 49" W
Latitud: 41° 19' 43" N

Provincia geográfica: Zaragoza.

A partir de la interpretación del log se obtiene la columna que se muestra en la figura B5 y la tabla B5 con los datos para el cálculo de la subsidencia.

7.2.5.1. Curvas de subsidencia

La figura 43 contiene las curvas de subsidencia para el sondeo La Zaída-1 que resultan del análisis.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua indica unos 680 metros de subsidencia desde el Triásico hasta la actualidad, siendo unos 350 metros los que corresponden al Triásico. La curva de subsidencia total muestra un hundimiento del basamento de unos 1580 metros hasta la actualidad y casi 700 metros hasta el Triásico.

La subsidencia en la curva de subsidencia tectónica con carga de aire es de unos 470 metros en total, y de unos 240 metros hasta el Triásico. Se pueden observar cuatro fases *sinrift*: la primera aparece en el Triásico Inferior y parte del Triásico Medio, comprendiendo las formaciones Cañizar (T1), Nivel de Prados (T2), Río Arandilla (T3), Marines (T7) y Landete (T8) y presentando unos 135 metros de subsidencia; la segunda comprende la Formación Cañete (T10, Triásico Medio) y presenta unos 65 metros de subsidencia; la tercera fase comienza en el Triásico Superior y termina en el Toarciense (Jurásico Inferior, T15 a J5), y por último la cuarta fase que comprende el Jurásico Superior (J6 y J7). Hay cuatro fases *postrift* después de todas las fases *sinrift*. En ellas se deposita la Formación Mas (T9), la facies Keuper (T14), la Formación Chelva (J6) y la Formación Loriguilla (J8).

LA ZAÍDA-1

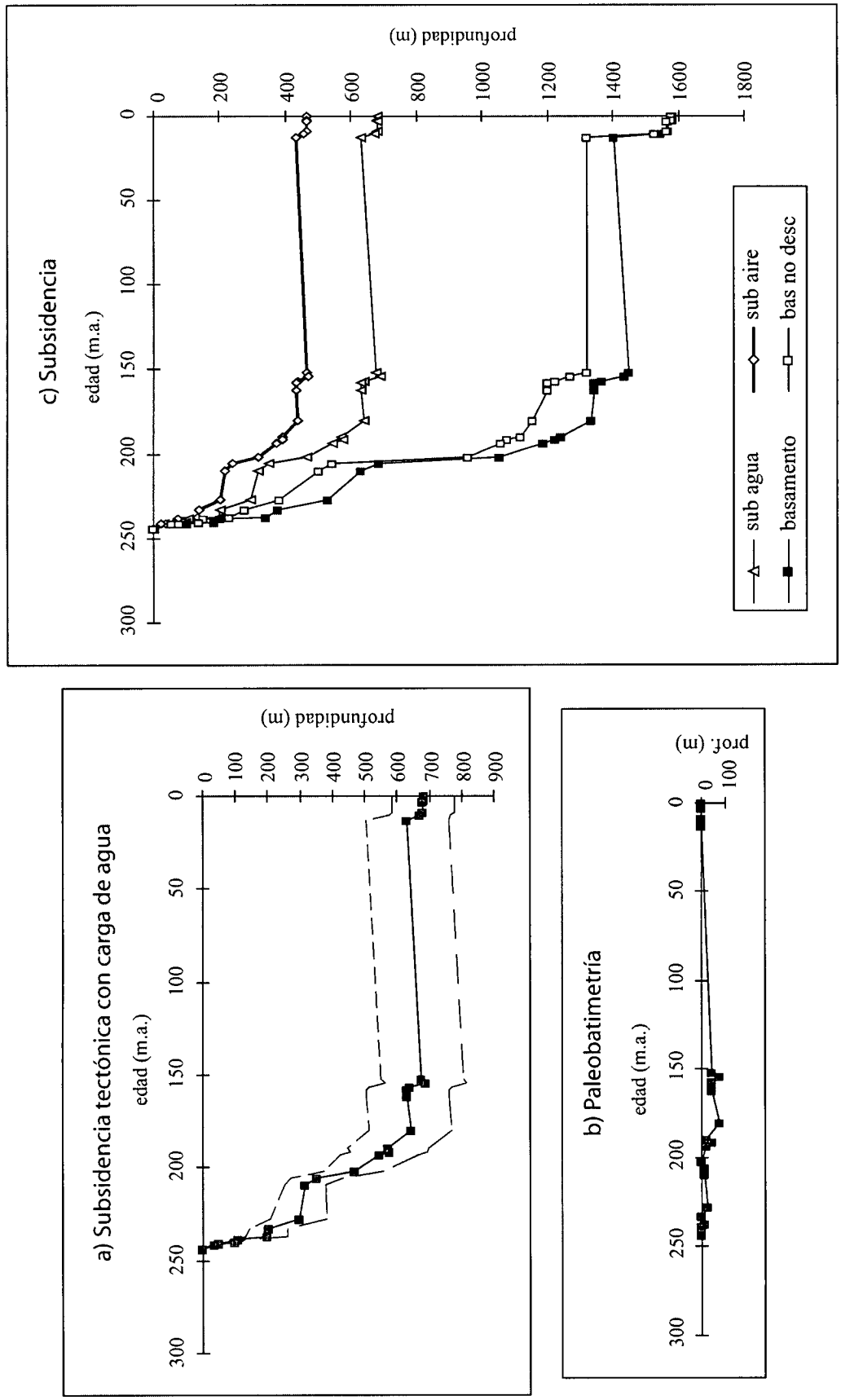


Fig. 43. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

LA ZAÍDA-1

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	683	780	587	1581	1582	1582	1582
1,9	0	683	780	587	1581	1582	1582	1582
3	0	680	778	584	1564	1571	1574	1569
9	0	680	778	584	1564	1571	1574	1568
10,5	0	670	765	576	1529	1547	1554	1540
13	0	632	759	505	1323	1404	1449	1360
152	45	677	805	550	1323	1449	1494	1404
154,1	75	689	816	562	1271	1437	1487	1386
156,8	45	639	769	511	1224	1366	1424	1308
158	45	632	759	503	1201	1346	1404	1287
162	45	632	759	503	1201	1346	1404	1287
180,1	75	642	769	515	1155	1333	1395	1271
189,6	20	571	696	446	1118	1243	1307	1179
191,5	43	575	693	455	1076	1224	1287	1162
193,5	20	544	664	424	1061	1186	1250	1121
201,9	3	467	560	373	956	1054	1106	1002
205,7	**15**	**350**	**430**	**269**	544	687	745	630
209,6	10	316	380	252	501	630	676	585
221,5	25	296	383	208	381	531	599	463
233	3	202	260	143	276	377	425	329
237,1	15	197	263	130	231	341	397	285
238,5	3	108	129	86	150	203	220	187
240,2	0	97	117	76	138	184	199	169
241	0	51	63	41	76	100	109	91
241,5	0	34	41	26	55	68	73	63
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 43 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

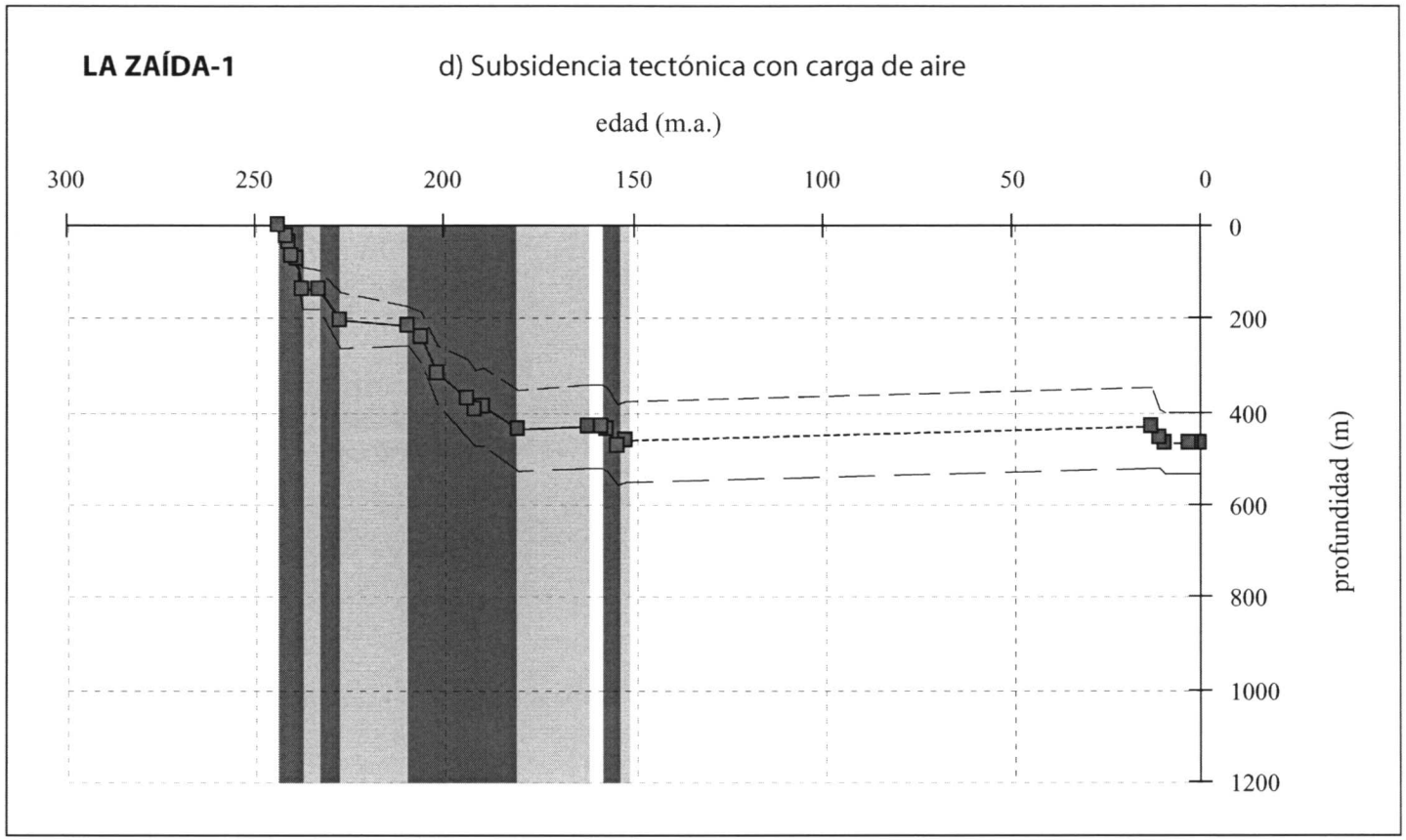


Fig. 43_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

LA ZAÍDA-1

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	467	533	401
1,9	467	533	401
3	465	532	399
9	465	532	399
10,5	458	523	394
13	432	519	345
152	463	550	376
154,1	471	558	384
156,8	437	526	349
158	432	519	344
162	432	519	344
180,1	439	526	352
189,6	390	476	305
191,5	393	474	311
193,5	372	454	290
201,9	319	383	255
205,7	**239**	**294**	**184**
209,6	216	260	172
227,4	202	262	142
233	138	178	98
237,1	135	180	89
238,5	74	88	59
240,2	66	80	52
241	35	43	28
241,5	23	28	18
244	0	1	0

Fig. 43 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.6. EBRO-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 10' 18.02" W
Latitud: 41° 22' 56.64" N

Provincia geográfica: Zaragoza.

La interpretación realizada del sondeo Ebro-1 se muestra en la columna de la figura B6 y los datos utilizados para el análisis de la subsidencia en la tabla B6.

La profundidad total es de 1893 metros, correspondiendo casi 700 metros a los materiales del Triásico, que aparece completo. La Formación Cañizar (T1) se deposita de manera discordante sobre el Paleozoico.

7.2.6.1. Curvas de subsidencia

En la figura 44 se pueden ver las curvas de subsidencia obtenidas para este sondeo.

Según se observa en la curva de subsidencia tectónica con carga de agua se llega a los 820 metros de subsidencia desde el Triásico hasta la actualidad, siendo unos 430 metros los que corresponden al Triásico. La curva de subsidencia total indica un hundimiento del basamento de unos 1900 metros, de los que unos 860 metros pertenecen al Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se observa que en el Triásico hay una subsidencia de casi 300 metros y se alcanzan los 560 metros en la actualidad. En ella se han diferenciado cuatro fases *sinrift*: la primera abarca desde la Formación Cañizar hasta la Formación Landete (T1 a T8, Triásico Inferior y parte del Triásico Medio), teniendo una subsidencia de casi 190 metros; la segunda fase comprende la Formación Cañete (T10, final del Triásico Medio), con unos 70 metros de subsidencia; la tercera fase corresponde a la unidad equivalente a la Formación Manuel (T12) y aparece en el Triásico Medio con unos 6 metros de subsidencia, y por último, la cuarta fase comienza en el Triásico Superior y termina en el Jurásico Inferior (T15 a J2). Hay dos fases *postrift*: una al final de la primera fase, que comprende la Formación Mas (T9), y otra al final de la segunda fase y que corresponde a los materiales de la facies Keuper inferior (T11).

EBRO-1

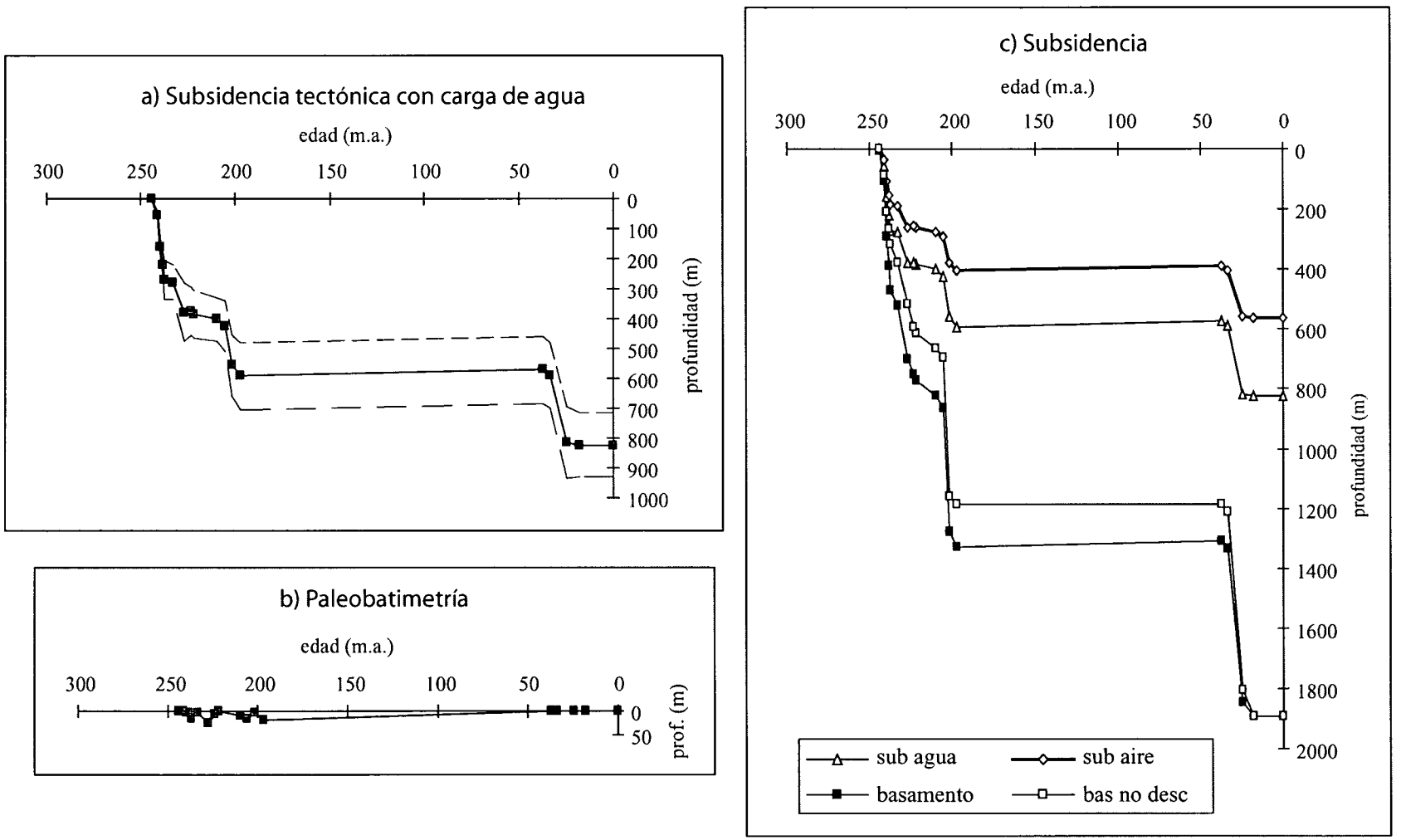


Fig. 44. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

EBRO-1

		SUB AGUA	SUB AGUA		CS	CS BASAMENTO	CS BASAMENTO	
edad	**paleobatim.**	**media**	**máx**	**mín**	**bas no desc**	**media**	**máx**	**mín**
0	0	824	930	717	1893	1894	1894	1894
18	0	824	930	717	1893	1894	1894	1894
24,5	0	816	935	696	1808	1845	1859	1830
33,6	0	588	698	480	1213	1337	1396	1279
37	0	571	683	459	1188	1308	1371	1245
197	20	591	704	478	1188	1328	1391	1265
201,9	3	556	658	454	1161	1279	1336	1221
205,7	**15**	**426**	**511**	**341**	**696**	**864**	**923**	**804**
209,6	10	401	473	329	665	821	871	771
221,5	0	385	464	306	613	771	828	714
223,6	5	376	456	296	593	751	810	692
227,4	25	379	475	282	517	703	777	628
233	3	278	334	222	381	521	566	477
237,1	15	271	336	206	318	470	523	418
238,5	3	221	260	180	268	389	420	358
239,9	3	159	189	129	210	293	316	270
241,5	0	54	64	42	88	109	117	101
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 44 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

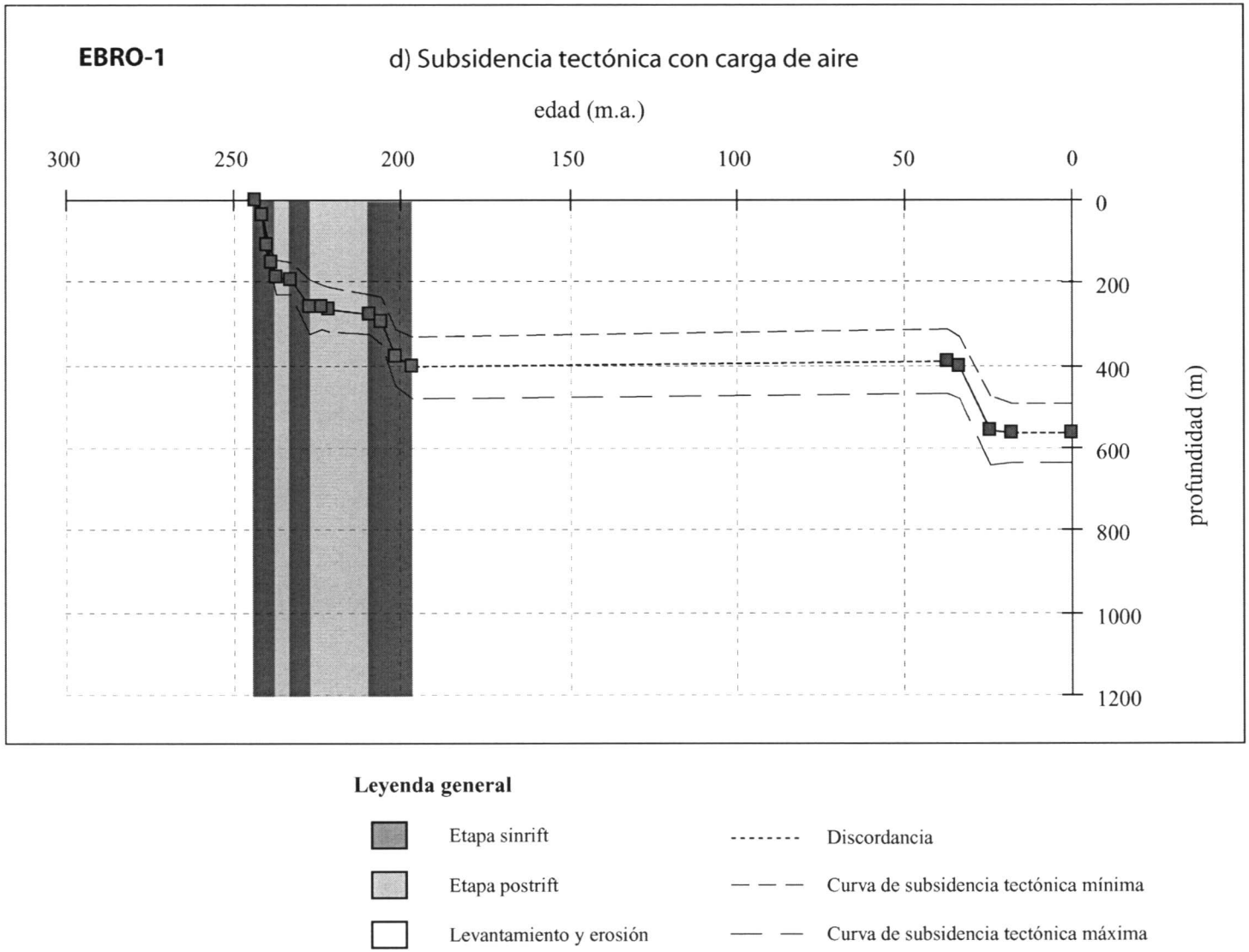


Fig. 44_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

EBRO-1

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	563	636	490
18	563	636	490
24,5	558	639	476
33,6	402	477	328
37	390	467	314
197	404	481	327
201,9	380	450	310
205,7	**291**	**349**	**233**
209,6	274	323	225
221,5	263	317	209
223,6	257	312	202
227,4	259	325	193
233	190	228	152
237,1	185	230	141
238,5	151	178	123
239,9	109	129	88
241,5	37	44	29
244	0	1	0

Fig. 44 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.7. Bujaraloz-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 08' 04" W
Latitud: 41° 25' 29" N

Provincia geográfica: Zaragoza.

La columna realizada a partir de la interpretación del sondeo se muestra en la figura B7 y los datos para el cálculo en la tabla B7.

La profundidad total de sondeo es de 2825 metros, habiéndose completado con el sondeo Ebro-1 hasta los 2888 metros para llegar al basamento y tener el registro completo. La primera formación que aparece sobre el Paleozoico es la Formación Cañizar (T1).

7.2.7.1. Curvas de subsidencia

Las curvas de subsidencia se muestran en la figura 45.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua indica unos 1160 metros de subsidencia hasta la actualidad y unos 530 metros para el Triásico. El hundimiento del basamento, según muestra la curva de subsidencia total, es de casi 2900 metros hasta la actualidad y de unos 1200 metros a finales del Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se puede ver que a finales del Triásico la subsidencia es de unos 360 metros, siendo de casi 800 metros desde el basamento hasta la actualidad. Se han diferenciado seis fases *sinrift*: la primera se observa en el Triásico Inferior y principios del Triásico Medio, abarcando las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6), Marines (T7) y Landete (T8), y presentando unos 150 metros de subsidencia; la segunda aparece a finales del Triásico Medio con a Formación Cañete (T10) y unos 85 metros de subsidencia; la tercera fase corresponde a la Formación Manuel (T12, Keuper medio) y presenta casi 30 metros de subsidencia; la cuarta fase comprende el Triásico Superior y parte del Jurásico Inferior, con la sedimentación de las formaciones Imón (T15) y Cortes de Tajuña (J1). La quinta fase se observa en el Jurásico Superior (J7 y J8) y la sexta fase pertenece al Cretácico Inferior. Al final de cada fase *sinrift* hay una fase *postrift*, que son las siguientes: la primera corresponde a la Formación Mas (T9), la segunda a la facies Keuper inferior (T11), la tercera a la facies Keuper superior (T13), la cuarta a las formaciones del Jurásico Inferior y Medio (J2 a J6), la quinta a la Formación Higueruelas (J9) y la sexta y última fase *postrift* corresponde a las dos formaciones del Cretácico Inferior (K7 y K8) que aparecen antes de la interrupción que llega hasta el Terciario, donde se reanuda la sedimentación.

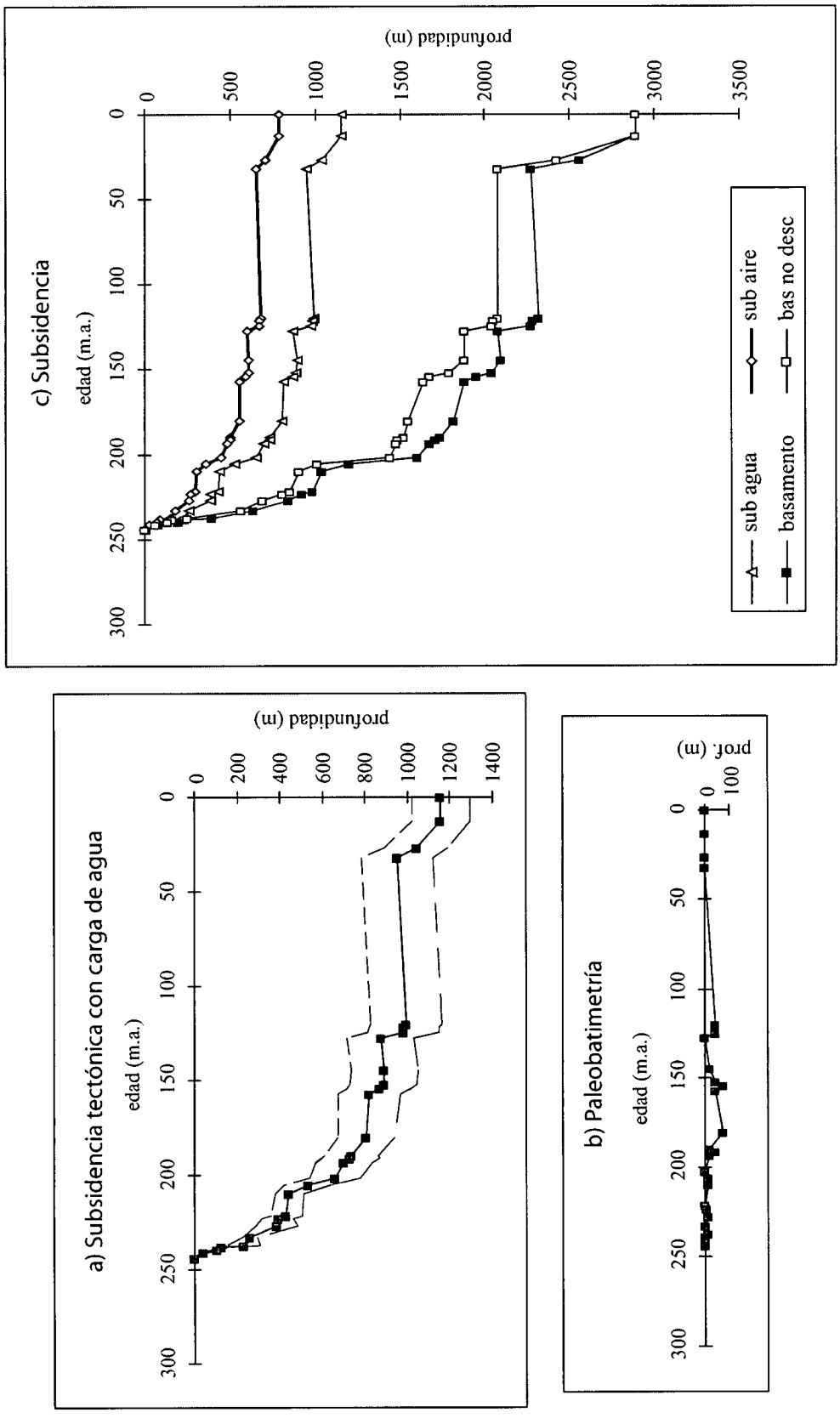


Fig. 45. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

BUJARALOZ-1

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1157	1293	1020	2888	2889	2889	2889
13	0	1157	1293	1020	2888	2889	2889	2889
26,5	0	1040	1189	892	2427	2559	2610	2507
32	0	951	1119	783	2081	2271	2356	2185
119,5	43	993	1162	827	2081	2314	2399	2228
121	43	983	1150	816	2052	2287	2373	2200
124,5	43	979	1147	809	2042	2277	2366	2187
127	0	872	1031	714	1876	2077	2169	1984
144,2	20	892	1052	734	1876	2097	2189	2004
151,5	45	887	1043	731	1791	2041	2136	1945
154,1	75	865	1012	717	1670	1947	2043	1850
156,8	45	818	966	669	1634	1877	1977	1778
180,1	75	806	936	674	1549	1815	1904	1726
189,6	20	737	863	610	1526	1733	1819	1646
191,5	43	731	865	598	1488	1706	1801	1612
193,5	20	702	834	569	1478	1671	1765	1576
201,9	3	655	774	538	1438	1601	1685	1517
205,7	**15**	**530**	**639**	**418**	**1013**	**1196**	**1284**	**1108**
209,6	10	443	509	376	903	1038	1089	988
221,5	0	429	503	354	848	988	1047	929
223,6	5	389	465	313	803	920	982	859
227,4	10	385	486	284	691	843	928	757
233	3	260	296	227	565	635	662	609
237,1	15	228	307	149	250	398	468	327
238,5	3	127	152	102	158	237	258	215
239,9	3	108	132	86	131	198	217	179
241,5	0	41	50	31	63	82	89	76
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 45 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

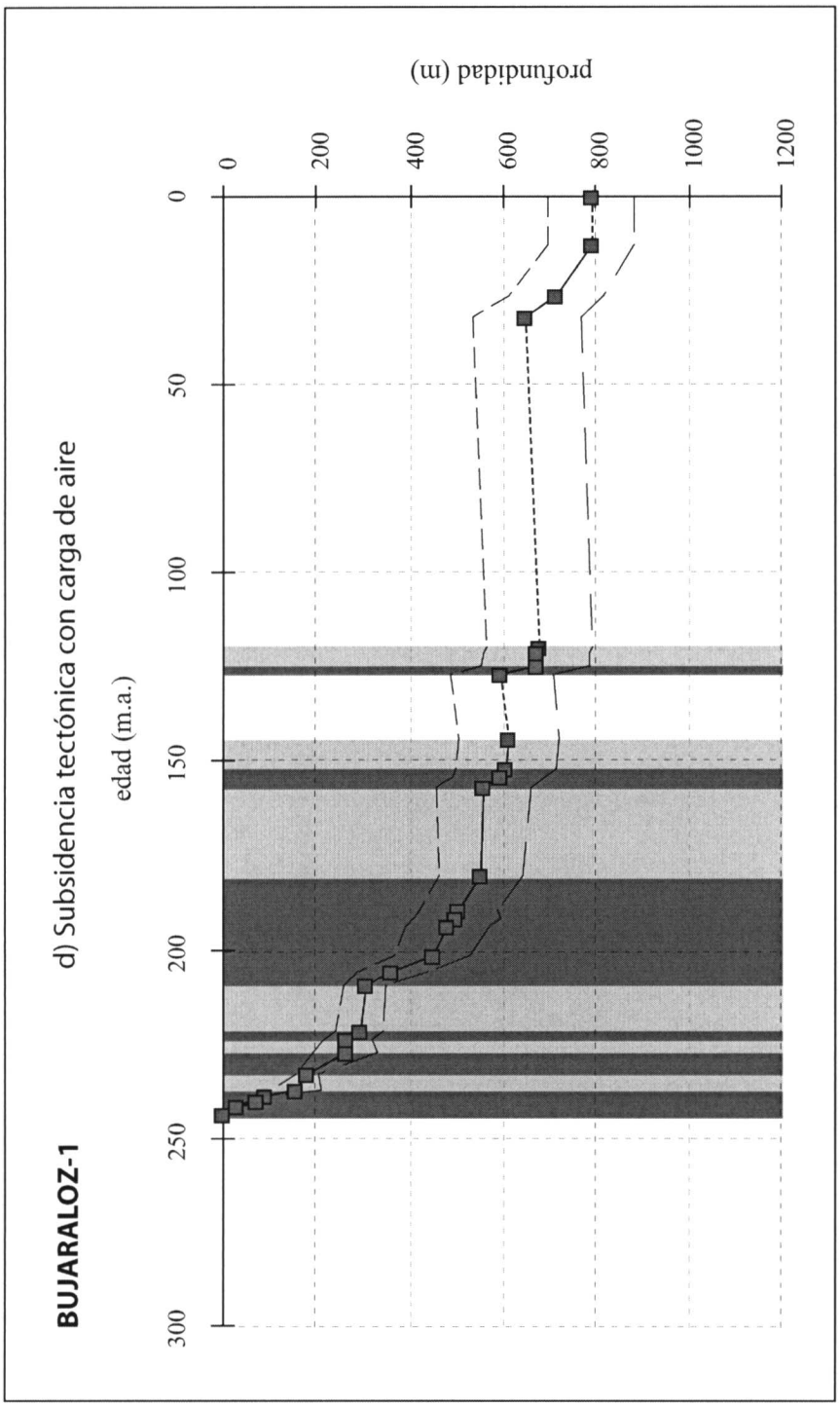


Fig. 45_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

BUJARALOZ-1

	SUB AIRE	SUB AIRE	
edad	**media**	**máx**	**mín**
0	791	884	697
13	791	884	697
26,5	711	813	610
32	650	765	535
119,5	679	794	565
121	672	786	558
124,5	669	784	553
127	596	705	488
144,2	610	719	502
151,5	606	713	500
154,1	591	692	490
156,8	559	660	457
180,1	551	640	461
189,6	504	590	417
191,5	500	591	409
193,5	480	570	389
201,9	448	529	368
205,7	**362**	**437**	**286**
209,6	303	348	257
221,5	293	344	242
223,6	266	318	214
227,4	263	332	194
233	178	202	155
237,1	156	210	102
238,5	87	104	70
239,9	74	90	59
241,5	28	34	21
244	0	1	0

Fig. 45 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.8. EBRO-2

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 06' 24.43" W
Latitud: 41° 38' 38.86" N

Provincia geográfica: Huesca.

En la figura B8 se puede ver la columna realizada a partir del log, y en la tabla B8 los datos utilizados para el análisis.

El sondeo tiene una profundidad total de 2780 metros. El Triásico está completo y la Formación Cañizar (T1) es la que aparece discordante sobre el Paleozoico.

7.2.8.1.Curvas de subsidencia

La figura 46 muestra las curvas de subsidencia y los valores para cada una de ellas obtenidas con el análisis.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de agua la subsidencia a finales del Triásico es de unos 620 metros, siendo de aproximadamente 1150 metros desde el basamento hasta la actualidad. La curva de subsidencia total indica unos 2780 metros de hundimiento hasta la actualidad, de los que más de 1400 metros corresponden al Triásico.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire muestra una subsidencia total de casi 800 metros, y a finales del Triásico de unos 420 metros. En ella se han separado tres fases *sinrift*: la primera abarca el Triásico Inferior y Medio (T1 a T10) y presenta unos 280 metros de subsidencia; la segunda fase corresponde a la facies Keuper medio, Formación Manuel (T12) y tiene unos 90 metros de subsidencia; y la tercera fase abarca el Triásico Superior y todos los sedimentos que aparecen del Jurásico Inferior (T15 a J4). Las fases *postrift* que aparecen son: la primera que corresponde a la facies Keuper inferior (T11) y la segunda a la facies Keuper superior (T13).

EBRO-2

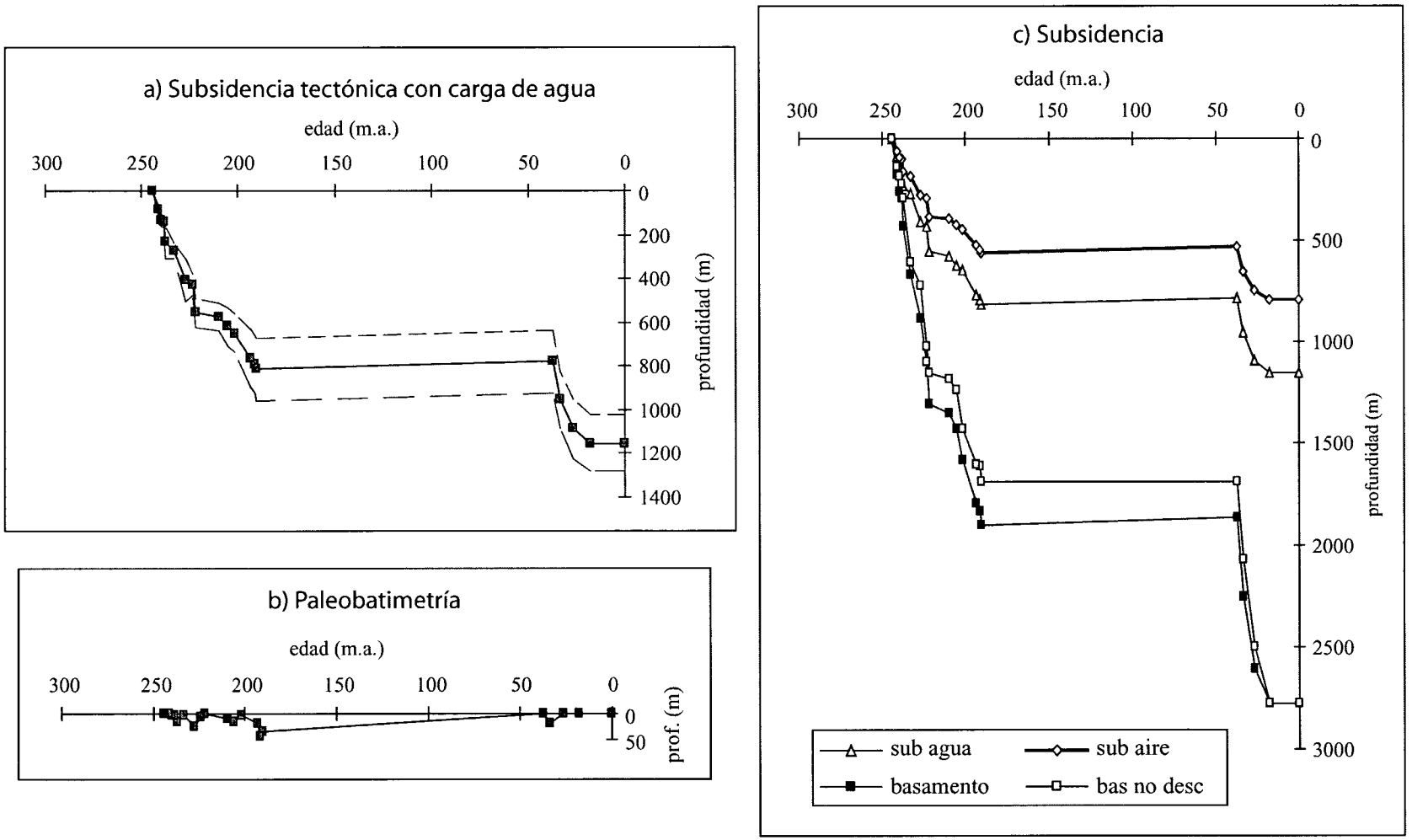


Fig. 46. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

EBRO-2

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1153	1283	1024	2780	2781	2781	2781
18	0	1153	1283	1024	2780	2781	2781	2781
26,5	0	1088	1223	955	2500	2606	2642	2571
33,6	20	955	1087	825	2070	2259	2321	2197
37	0	780	925	636	1687	1864	1959	1769
190,5	35	815	960	671	1687	1899	1994	1804
191,5	43	791	926	655	1615	1832	1924	1740
193,3	20	764	898	628	1605	1798	1891	1705
201,9	3	648	736	559	1425	1579	1642	1515
205,7	**15**	**619**	**708**	**531**	**1237**	**1425**	**1491**	**1360**
209,6	10	575	639	512	1180	1347	1392	1302
221,5	0	556	620	490	1150	1305	1351	1260
223,6	5	427	475	379	1020	1097	1129	1065
227,4	25	405	502	309	724	882	962	802
233	3	272	306	237	604	669	693	645
237,1	15	233	307	158	294	428	492	363
238,5	3	143	170	117	220	288	308	268
239,9	3	135	162	107	186	258	280	237
241,5	0	85	102	66	136	173	186	160
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 46 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

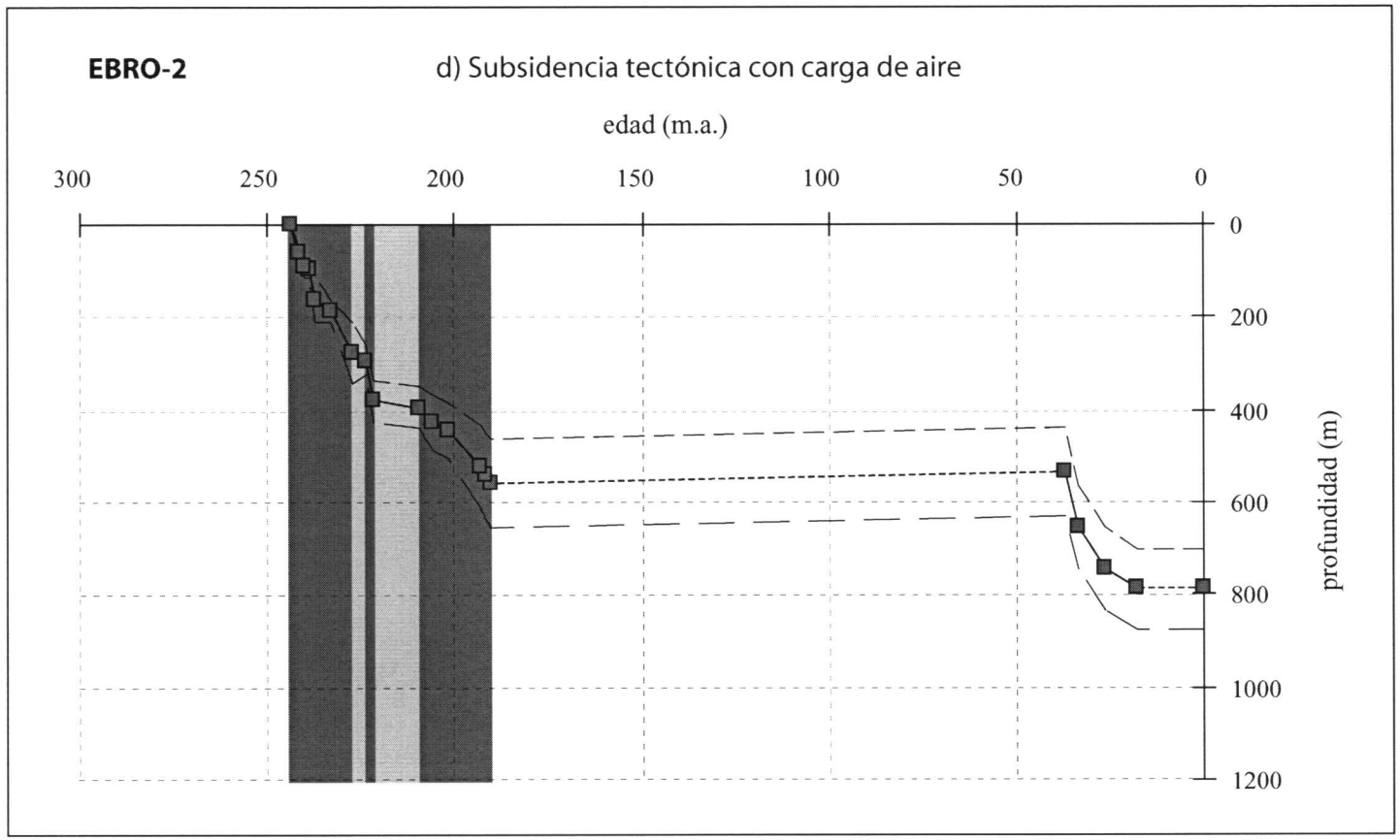


Fig. 46_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

EBRO-2

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	788	877	700
18	788	877	700
26,5	744	836	653
33,6	653	743	564
37	533	632	435
190,5	557	656	459
191,5	541	633	448
193,3	522	614	429
201,9	443	503	382
205,7	**423**	**484**	**363**
209,6	393	437	350
221,5	380	424	335
223,6	292	325	259
227,4	277	343	211
233	186	209	162
237,1	159	210	108
238,5	98	116	80
239,9	92	111	73
241,5	58	70	45
244	0	1	0

Fig. 46 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.9. Candasnos-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 05' 59.44" W
Latitud: 41° 30' 09" N

Provincia geográfica: Huesca.

En la figura B9 se muestra la columna obtenida a partir de la interpretación del sondeo, y en la tabla B9 los datos utilizados en el cálculo.

La profundidad total es de 1550 metros. Se ha completado hasta los 2315 metros con los sondeos Ebro-2, Ballobar-1 y Fraga-1 para tener el registro completo hasta el basamento.

7.2.9.1. Curvas de subsidencia

La figura 47 muestra las curvas y los valores de subsidencia obtenidos para el sondeo Candasnos-1.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua indica una profundidad de unos 970 metros hasta la actualidad y unos 460 metros hasta el Triásico. La curva de subsidencia total muestra un hundimiento del basamento de más de 2300 metros y hasta el Triásico de casi 1000 metros.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se observa que hay cerca de 700 metros de subsidencia hasta la actualidad y de unos 315 metros a finales del Triásico. Se han diferenciado seis fases *sinrift*: la primera abarca desde el Pérmico Superior hasta parte del Triásico Medio (P6 a T8) y presenta unos 170 metros de subsidencia; la segunda aparece a finales del Triásico Medio con la Formación Cañete (T10) y casi 80 metros de subsidencia; la tercera corresponde a la facies Keuper medio (Formación Manuel: T12), que presenta unos 20 metros de subsidencia; la cuarta fase comprende el Triásico Superior y el Jurásico Inferior (T15 a J5); la quinta fase corresponde a la parte alta de la Formación Chelva (J6) y la sexta fase a la única formación que aparece del Cretácico Inferior (K8). Las fases *postrift* que se observan son cuatro y cada una aparece después de las cuatro primeras fases. Por orden son: la Formación Mas (T9), la facies Keuper inferior (T11), la facies Keuper superior (T13) y la parte inferior de la Formación Chelva (J6).

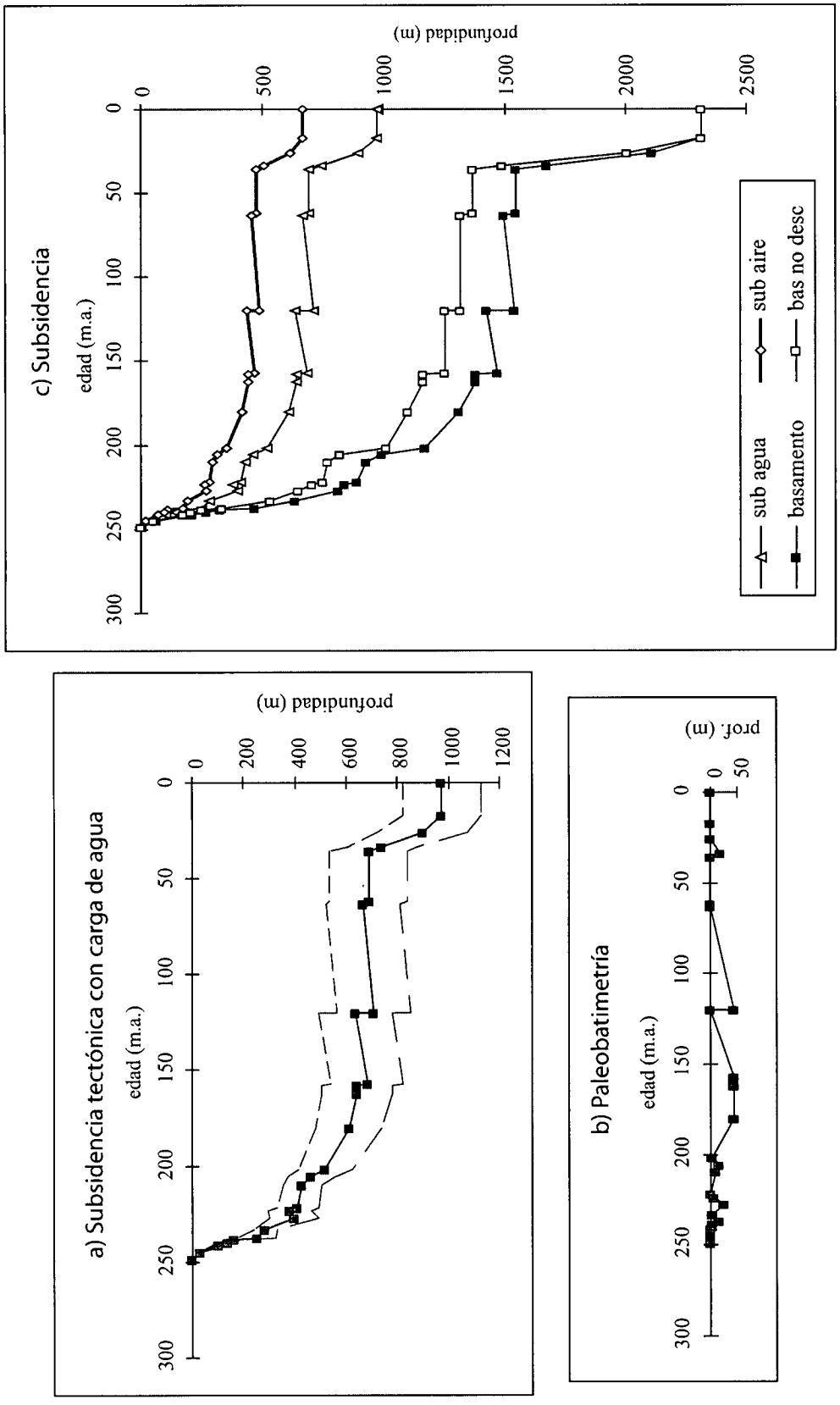


Fig. 47. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

CANDASNOS-1

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	971	1125	819	2315	2316	2316	2316
17	0	971	1125	819	2315	2316	2316	2316
25,7	0	898	1075	721	2005	2108	2167	2049
33,6	20	740	876	603	1490	1676	1748	1603
36	0	688	840	535	1371	1550	1640	1460
61,5	0	688	840	535	1371	1550	1640	1460
63	0	666	810	519	1315	1495	1583	1407
119,5	43	708	854	563	1315	1538	1626	1449
120	0	636	780	493	1250	1428	1518	1337
157	45	682	824	538	1250	1473	1563	1382
158	45	642	780	503	1165	1383	1476	1290
162	45	642	780	503	1165	1383	1476	1290
180,1	43	609	736	481	1100	1311	1399	1224
201,9	3	518	625	413	1012	1172	1248	1095
205,7	**15**	**462**	**556**	**370**	**817**	**990**	**1059**	**921**
209,6	10	427	503	351	770	926	982	870
221,5	0	408	489	329	745	890	949	831
223,6	5	379	462	296	704	836	899	773
227,4	25	396	492	300	645	815	891	739
233	3	284	331	237	530	633	668	597
237,1	15	250	326	174	330	465	529	401
238,5	3	159	187	130	250	324	346	302
239,9	3	138	165	110	205	271	291	250
241,5	0	102	123	80	170	211	226	197
244,8	0	32	38	25	50	64	69	59
249	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 47 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

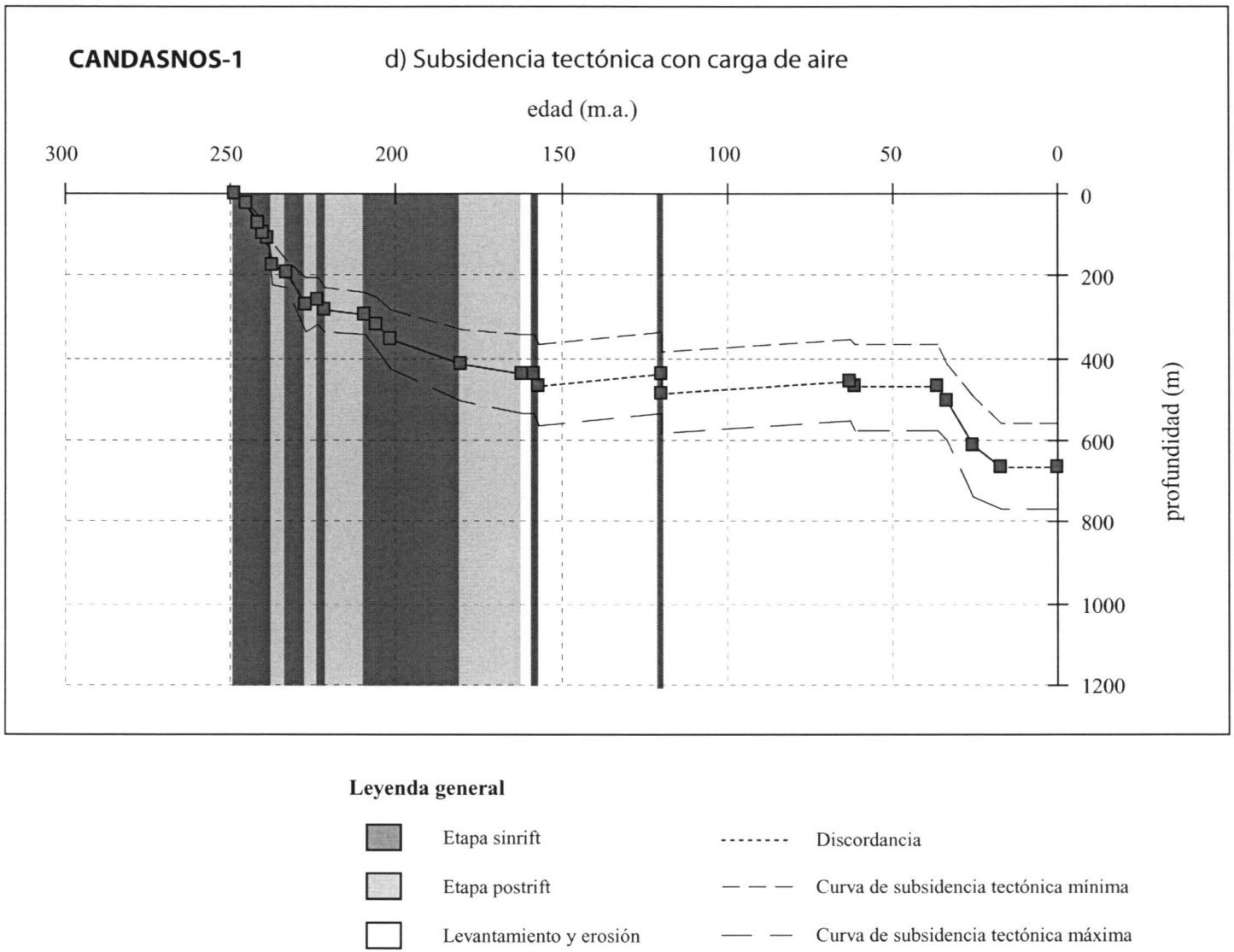


Fig. 47_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

CANDASNOS-1

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	664	769	560
17	664	769	560
25,7	614	735	493
33,6	506	599	412
36	470	574	366
61,5	470	574	366
63	455	554	355
119,5	484	584	385
120	435	533	337
157	466	563	368
158	439	533	344
162	439	533	344
180,1	416	503	329
201,9	354	427	282
205,7	**316**	**380**	**253**
209,6	292	344	240
221,5	279	334	225
223,6	259	316	202
227,4	271	336	205
233	194	226	162
237,1	171	223	119
238,5	109	128	89
239,9	94	113	75
241,5	70	84	55
244,8	22	26	17
249	0	1	0

Fig. 47 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.10. CASPE-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 06' 36.41" E
Latitud: 41° 10' 25" N

Provincia geográfica: Zaragoza.

En la figura B10 y tabla B10 se muestran la columna interpretada del sondeo y los datos utilizados para el cálculo, respectivamente.

La profundidad total es de 1160 metros, y sobre el Paleozoico se depositan unos conglomerados equivalentes a los de la unidad Hoz del Gallo (P6).

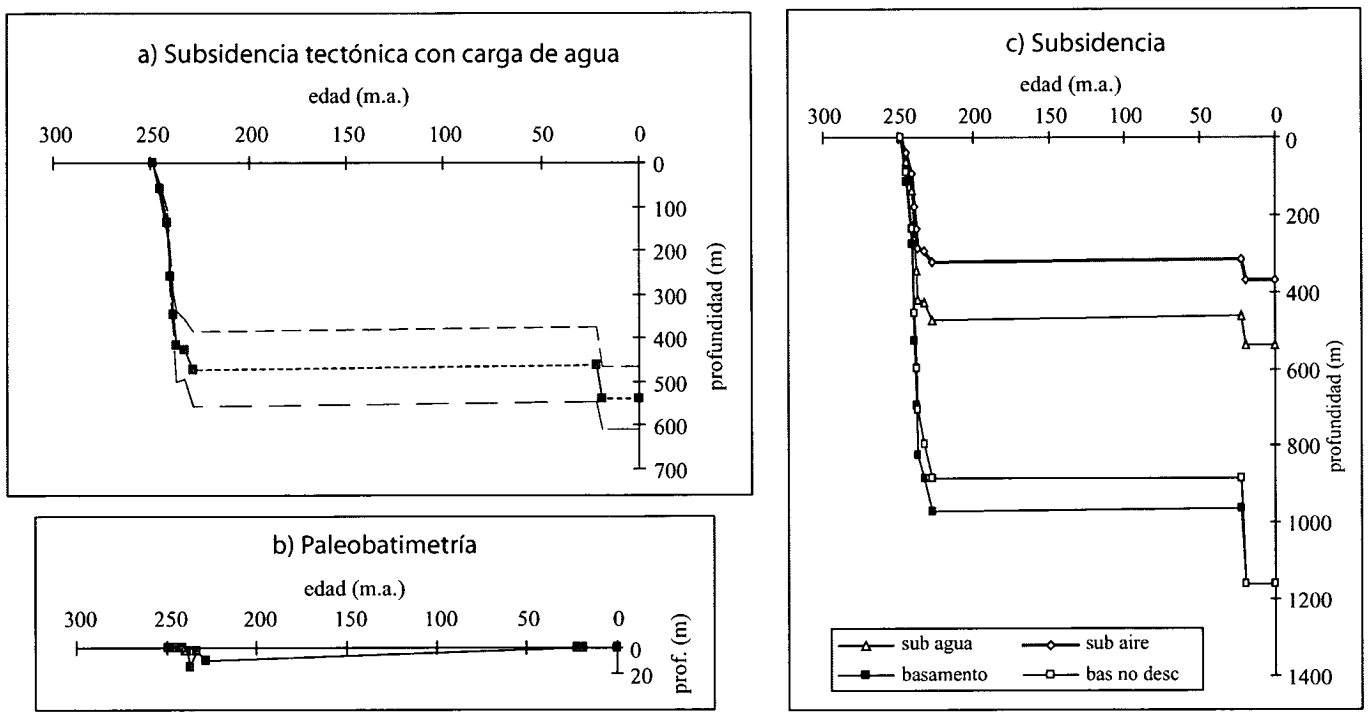
7.2.10.1. Curvas de subsidencia

Las curvas de subsidencia y valores obtenidos a partir del análisis se muestran en la figura 48.

En la curva a (subsidencia tectónica con carga de agua) y columna "SUB AGUA media" se puede ver que la subsidencia a finales del Triásico es de unos 470 metros y desde el basamento hasta la actualidad de unos 540 metros. Según la curva de subsidencia total el basamento a finales del Triásico se hunde unos 970 metros, llegando a los 1160 en la actualidad.

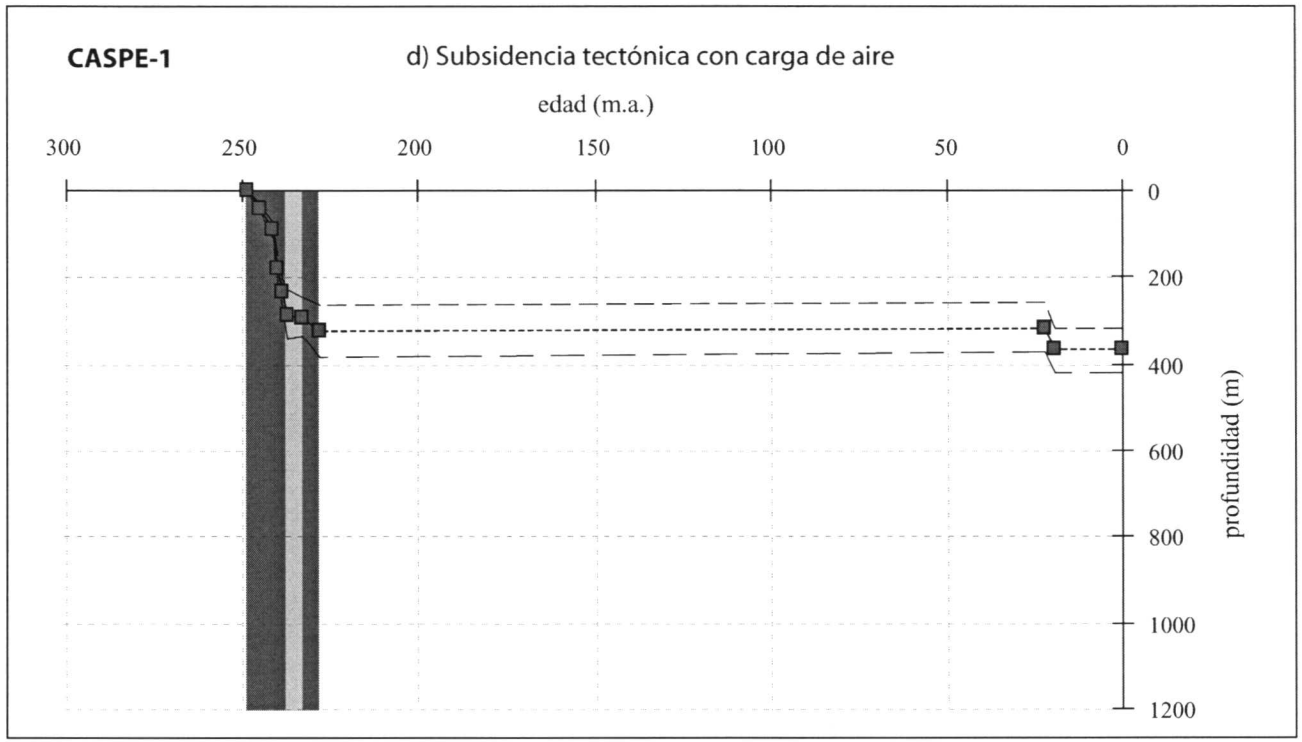
La curva de subsidencia tectónica con carga de aire (curva d) indica unos 370 metros de profundidad hasta la actualidad y unos 320 metros a finales del Triásico. En ella se observan dos fases *sinrift*: la primera abarca desde el Pérmico Superior hasta parte del Triásico Medio (P6 a T8) y presenta casi 290 metros de subsidencia; la segunda fase se observa en el Triásico Medio con la formación Cañete (T10), que presenta algo más de 40 metros de subsidencia. Entre estas dos fases *sinrift* hay una fase *postrift* que corresponde a la Formación Mas (T9).

CASPE-1



edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	538	610	467	1160	1161	1161	1161
19	0	538	610	467	1160	1161	1161	1161
22	0	462	547	376	883	962	1002	923
228	**10**	**471**	**557**	**386**	**883**	**972**	**1012**	**933**
233	3	427	494	358	796	886	920	852
237,1	15	418	500	335	704	823	872	774
238,5	3	345	392	298	599	696	722	671
239,9	3	260	303	218	455	528	552	505
241,5	0	135	161	108	235	276	292	259
244,8	0	60	72	47	90	115	124	106
249	0	0	0	0	0	1	1	1

Fig. 48. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas



edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	368	417	319
19	368	417	319
22	316	374	257
228	**322**	**381**	**264**
233	292	338	245
237,1	286	342	229
238,5	236	268	204
239,9	178	207	149
241,5	92	110	74
244,8	41	49	32
249	0	0	0

Fig. 48 cont. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire. Valores de los datos de subsidencia de la curva

7.2.11. Ballobar-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 09' 5.45" E
Latitud: 41° 33' 30.46" N

Provincia geográfica: Huesca.

La figura B11 muestra la columna obtenida a partir de la interpretación del sondeo, y la tabla B11 contiene los datos utilizados en el análisis.

La profundidad total es de 2706 metros, de los cuales aproximadamente 1000 metros corresponden a los materiales del Pérmico y Triásico. El Triásico aparece completo y sobre el basamento de depositan unos conglomerados equivalentes a los de la unidad Hoz del Gallo (P6).

7.2.11.1. Curvas de subsidencia

El resultado del análisis de la subsidencia realizado para este sondeo son las curvas de subsidencia y los valores de las mismas que se muestran en la figura 49.

El valor de subsidencia a finales del Triásico que indica la curva de subsidencia tectónica con carga de agua es de unos 540 metros y de algo más de 1100 metros hasta la actualidad. Según muestra la curva de subsidencia total el basamento se hunde hasta hoy día unos 2700 metros, correspondiendo unos 1200 metros a la subsidencia a finales del Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se observa que la subsidencia a finales del Triásico es de casi 380 metros y de unos 760 metros hasta la actualidad. Se han diferenciado seis fases *sinrift*: la primera comprende el Triásico Inferior y parte del Triásico Medio, desde la Formación Cañizar hasta la Formación Landete (T1 a T8), y llega casi a los 200 metros de subsidencia; la segunda se presenta en el Triásico Medio con la Formación Cañete (T10) y casi 90 metros de subsidencia; la tercera fase corresponde a la Formación Manuel (Keuper medio, T12), que en esta zona presenta unos 50 metros de subsidencia; la cuarta fase abarca el Triásico Superior y Jurásico Inferior, desde la Formación Imón hasta la Formación Turmiel (T15 a J5); la quinta fase se observa en el Jurásico Superior (J6 y J7) y la sexta en el Cretácico Inferior (K6). Las fases *postrift* que aparecen son cuatro y se observan a continuación de las cuatro primeras fases *sinrift*: la primera corresponde a la Formación Mas (T9), la segunda a la facies Keuper inferior (T11), la tercera a la facies Keuper superior (T13) y la cuarta a la parte inferior de la Formación Chelva (J6).

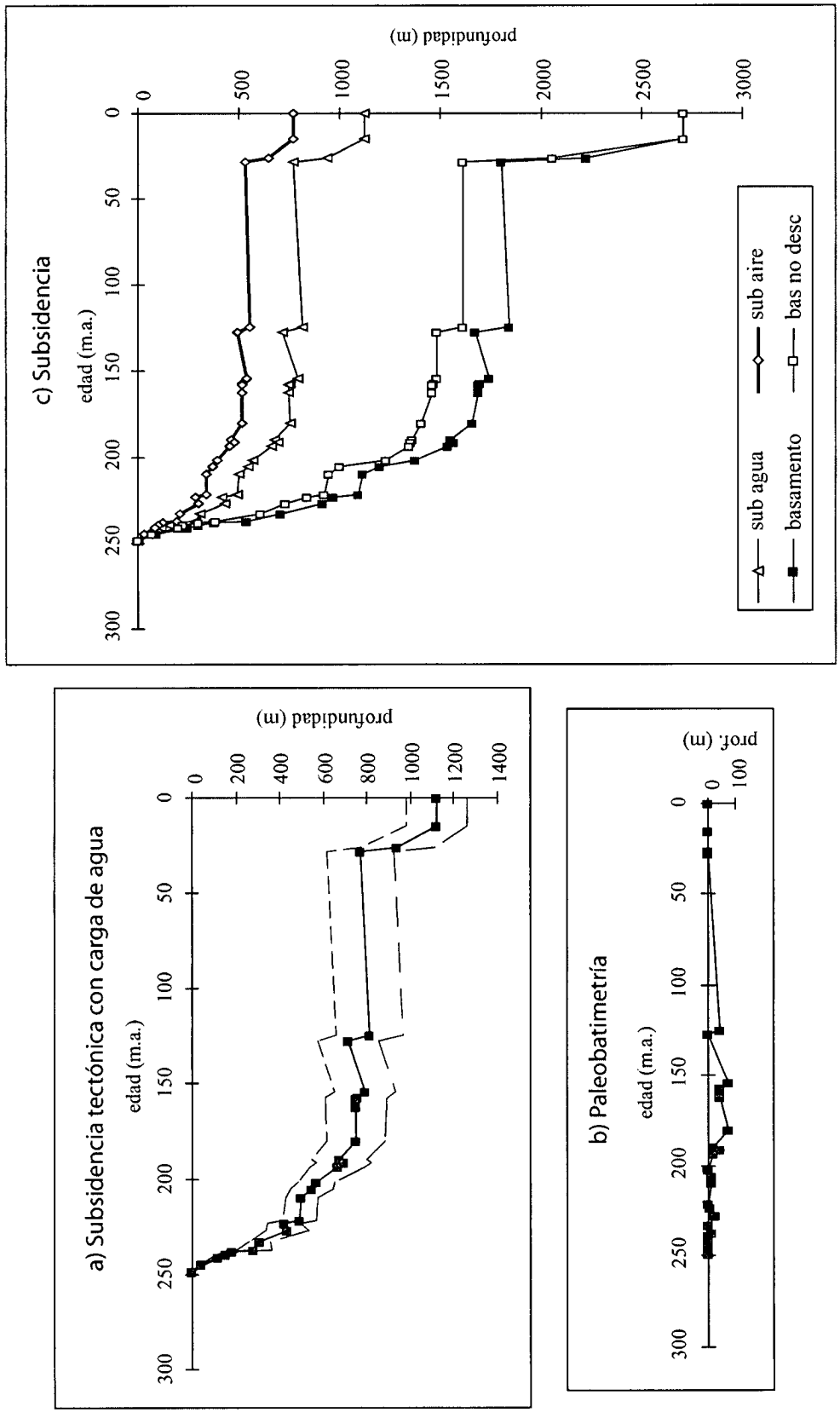


Fig. 49. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

BALLOBAR-1

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1118	1257	979	2706	2707	2707	2707
15	0	1118	1257	979	2706	2707	2707	2707
26,2	0	939	1112	768	2056	2223	2303	2144
28	0	771	925	617	1611	1803	1899	1706
124,5	43	813	967	660	1611	1845	1942	1749
127	0	715	856	575	1481	1670	1763	1577
154,1	75	790	930	650	1481	1745	1838	1652
156,8	45	753	894	612	1466	1698	1793	1603
158	45	748	889	607	1456	1688	1783	1592
162	45	748	888	607	1456	1688	1783	1592
180,1	75	750	882	619	1401	1658	1749	1567
189,6	20	673	800	546	1358	1553	1643	1464
191,5	43	692	818	568	1351	1569	1656	1481
193,5	20	663	789	538	1341	1534	1622	1445
201,9	3	569	651	486	1226	1372	1430	1314
205,7	**15**	**544**	**641**	**446**	**1001**	**1196**	**1268**	**1124**
209,6	10	499	572	426	941	1113	1164	1062
221,5	0	489	565	413	921	1090	1144	1036
223,6	5	418	497	341	836	968	1026	910
227,4	25	433	531	334	731	913	992	834
233	3	307	354	260	606	708	743	673
237,1	15	282	361	202	386	537	605	470
238,5	3	180	211	149	296	378	402	355
239,9	3	151	180	120	226	298	321	276
241,5	0	118	143	94	196	246	263	229
244,8	0	45	56	35	71	92	99	85
249	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 49 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

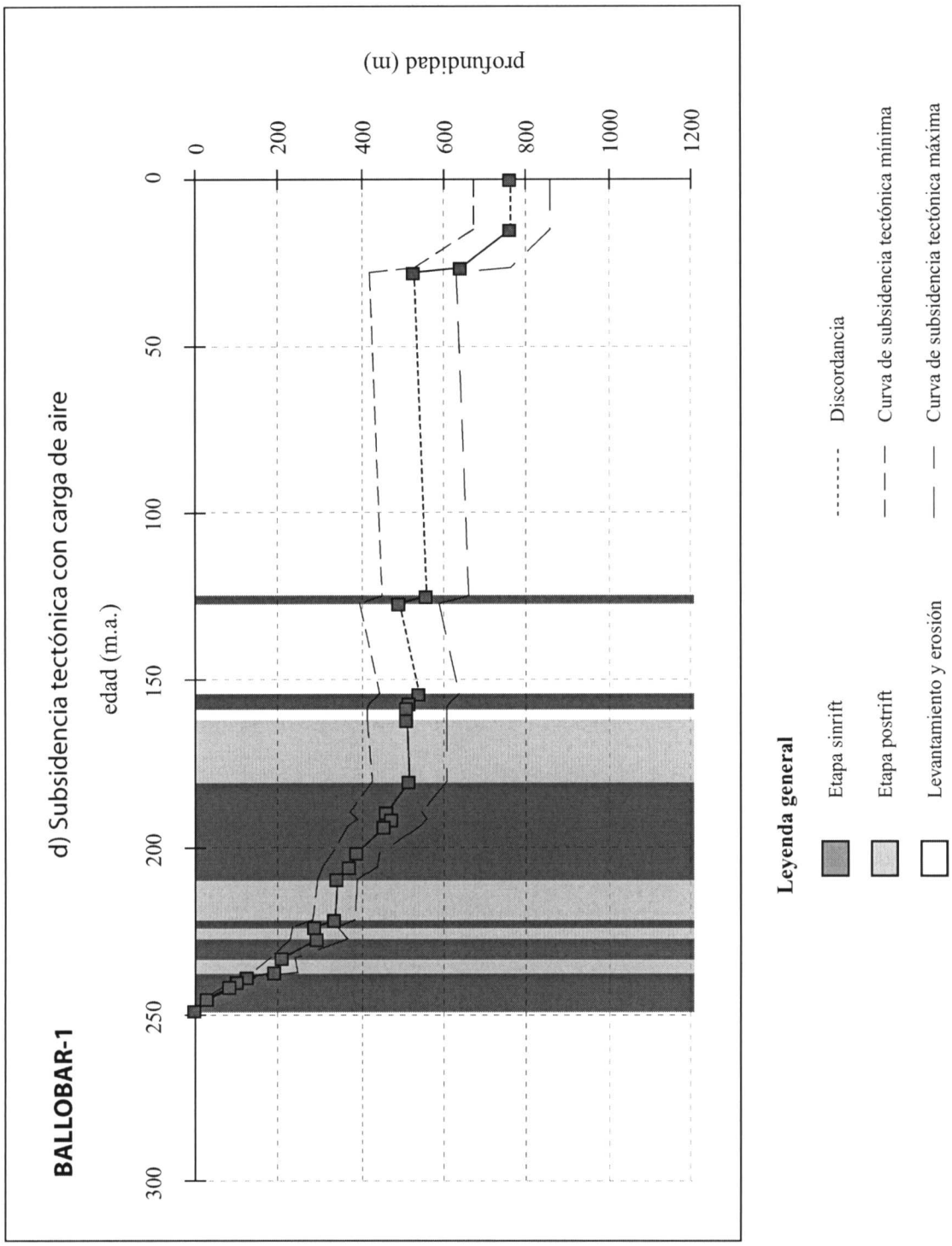


Fig. 49_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

BALLOBAR-1

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	764	859	669
15	764	859	669
26,2	642	760	525
28	527	632	422
124,5	556	661	451
127	489	585	393
154,1	540	636	444
156,8	515	611	418
158	511	608	415
162	511	607	415
180,1	513	603	423
189,6	460	547	373
191,5	473	559	388
193,5	453	539	368
201,9	389	445	332
205,7	**372**	**438**	**305**
209,6	341	391	291
221,5	334	386	282
223,6	286	340	233
227,4	296	363	228
233	210	242	178
237,1	193	247	138
238,5	123	144	102
239,9	103	123	82
241,5	81	98	64
244,8	31	38	24
249	0	1	0

Fig. 49 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.12. Fraga-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 13' 36.44" E
Latitud: 41° 29' 18.45" N

Provincia geográfica: Huesca.

A partir de la interpretación del sondeo se obtiene la columna que se muestra en la figura B12 y los datos para el cálculo se pueden ver en la tabla B12.

La profundidad total es de 2143 metros. El Pérmico y Triásico tienen unos 960 metros, y son los conglomerados de la unidad Hoz del Gallo (P6) los que se depositan discordantes sobre el Paleozoico.

7.2.12.1. Curvas de subsidencia

La figura 50 muestra las curvas y valores de subsidencia obtenidos con el análisis.

Según se observa en la curva de subsidencia tectónica con carga de agua en la actualidad se llega a casi 930 metros de subsidencia en esta zona, teniendo el Pérmico y Triásico unos 550 metros. El basamento presenta una subsidencia de más de 2100 metros hasta la actualidad y de casi 1160 metros, según la curva de subsidencia total.

La subsidencia que se obtiene en la curva de subsidencia tectónica con carga de aire es de unos 380 metros a finales del Triásico y de más de 600 metros hasta la actualidad. Se han diferenciado cuatro fases *sinrift*: la primera presenta unos 250 metros de subsidencia y abarca desde el Pérmico Superior hasta parte del Triásico Medio (P6 a T8); la segunda corresponde a la Formación Cañete (T10, Triásico Medio) y tiene unos 60 metros de subsidencia; la tercera fase aparece en la facies Keuper media con la Formación Manuel (T12) y unos 30 metros de subsidencia; la cuarta fase se observa en el Triásico Superior con la Formación Imón (T15) y casi 20 metros de subsidencia. Después de cada fase *sinrift* hay una fase *postrift*, por lo que se han observado cuatro: la primera corresponde a la Formación Mas (T9), la segunda a la facies Keuper inferior (T11), la tercera a la facies Keuper superior (T13) y la cuarta a la Formación Cortes de Tajuña (J1).

FRAGA-1

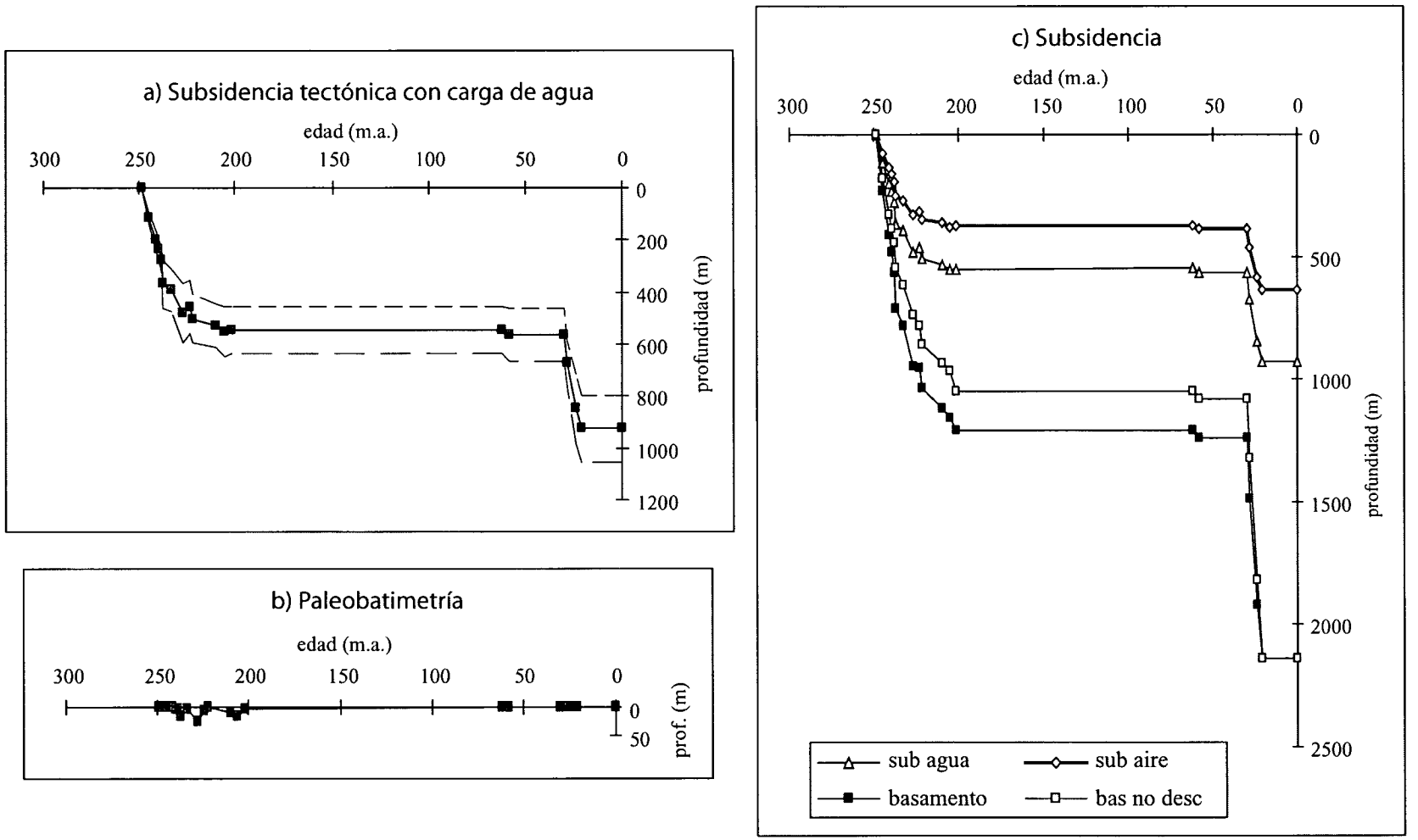


Fig. 50. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

FRAGA-1

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	926	1055	797	2143	2144	2144	2144
21	0	926	1055	797	2143	2144	2144	2144
23,7	0	847	982	712	1822	1927	1973	1882
28	0	674	762	588	1323	1492	1533	1452
30	0	565	666	462	1078	1242	1304	1180
58	0	565	666	462	1078	1242	1304	1180
62	0	544	633	455	1048	1206	1260	1152
201,9	3	547	636	458	1048	1209	1263	1155
205,7	**15**	**552**	**647**	**458**	**963**	**1157**	**1215**	**1099**
209,6	10	528	612	446	932	1116	1166	1067
221,5	0	502	595	408	858	1039	1098	980
223,6	5	458	559	355	783	952	1021	882
227,4	25	478	591	367	738	944	1024	864
233	3	392	473	310	612	781	840	722
237,1	15	367	461	275	543	712	783	642
238,5	3	278	323	231	443	562	594	529
239,9	3	233	274	190	385	477	504	450
241,5	0	199	236	161	328	408	432	383
244,8	0	116	139	92	179	230	246	214
249	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 50 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

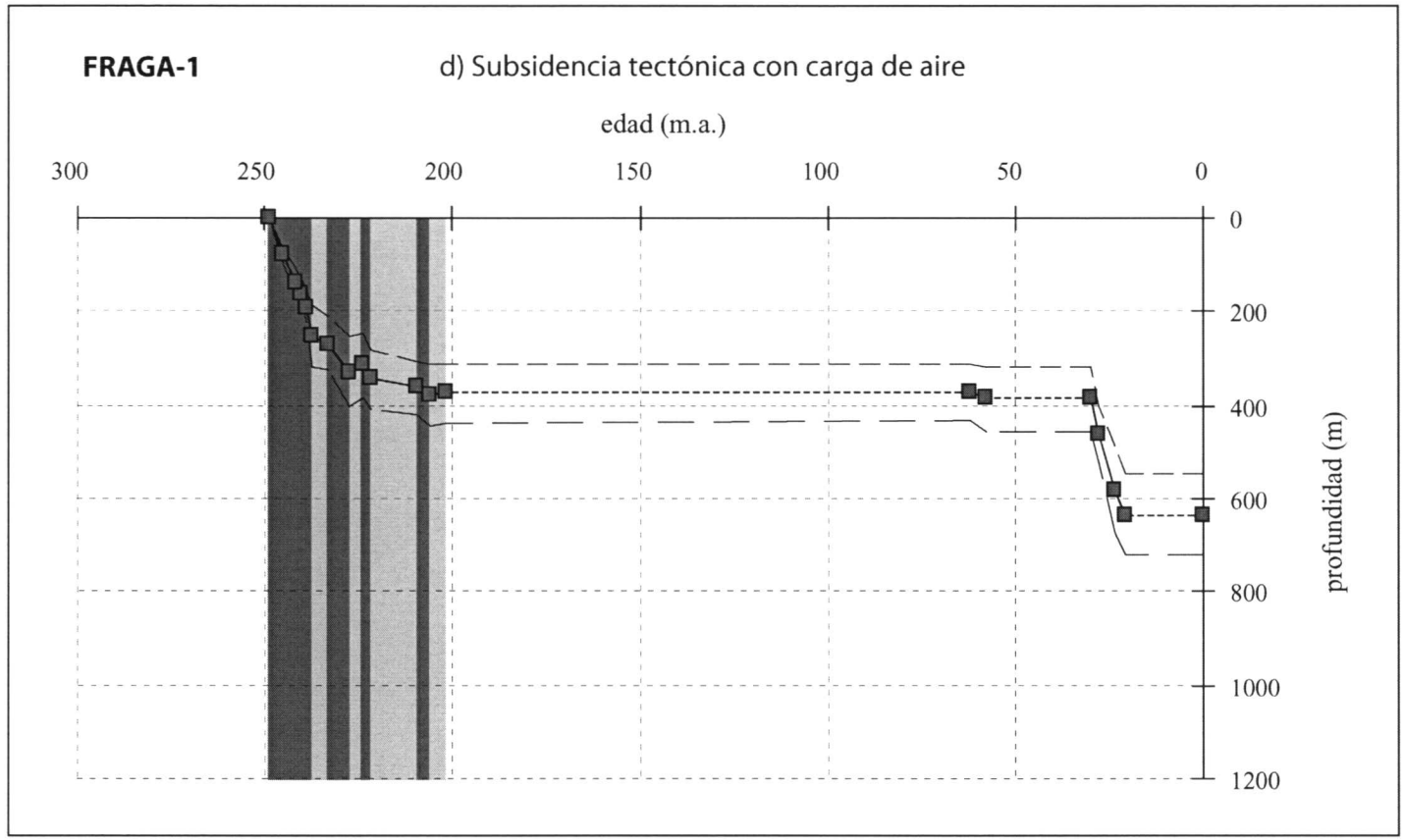


Fig. 50_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

FRAGA-1

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	633	721	545
21	633	721	545
23,7	579	671	487
28	461	521	402
30	386	455	316
58	386	455	316
62	372	433	311
201,9	374	435	313
205,7	**377**	**442**	**313**
209,6	361	418	305
221,5	343	407	279
223,6	313	382	243
227,4	327	404	251
233	268	323	212
237,1	251	315	188
238,5	190	221	158
239,9	159	187	130
241,5	136	161	110
244,8	79	95	63
249	0	1	0

Fig. 50 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.13. Sariñena-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 05' 23.53" W
Latitud: 41° 47' 25.16" N

Provincia geográfica: Huesca.

La columna del sondeo interpretado se muestra en la figura B13 y los datos usados en el cálculo de la subsidencia en la tabla B13.

La profundidad total del sondeo es de 2893 metros, habiéndose completado hasta los 2983 metros con el sondeo Ebro-2. El Triásico aparece completo.

7.2.13.1. Curvas de subsidencia

En la figura 51 se pueden ver las curvas de subsidencia obtenidas para el sondeo Sariñena-1.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de agua se observa una subsidencia hasta el Triásico de unos 540 metros, y hasta la actualidad de unos 1240 metros. En la curva de subsidencia total o del basamento la subsidencia hasta la actualidad es de unos 2980 metros, siendo a finales del Triásico de aproximadamente 1180 metros.

La curva de subsidencia tectónica con carga de aire indica unos 850 metros de profundidad total, y de unos 370 metros de profundidad hasta el Triásico. Se han definido tres fases *sinrift*: la primera comprende el Triásico Inferior y parte del Triásico Medio (T1 a T8) y presenta unos 160 metros de subsidencia; la segunda aparece a finales del Triásico Medio y comprende la Formación Cañete (T10) y la facies Keuper inferior y media (T11 y T12) y unos 160 metros de subsidencia; la tercera fase se observa desde el Triásico Superior hasta la última formación jurásica que aparece antes de la interrupción (T15 a J2). Hay dos fases *postrift*: una correspondiente a la Formación Mas (T9) y otra que corresponde a la facies Keuper superior (T13).

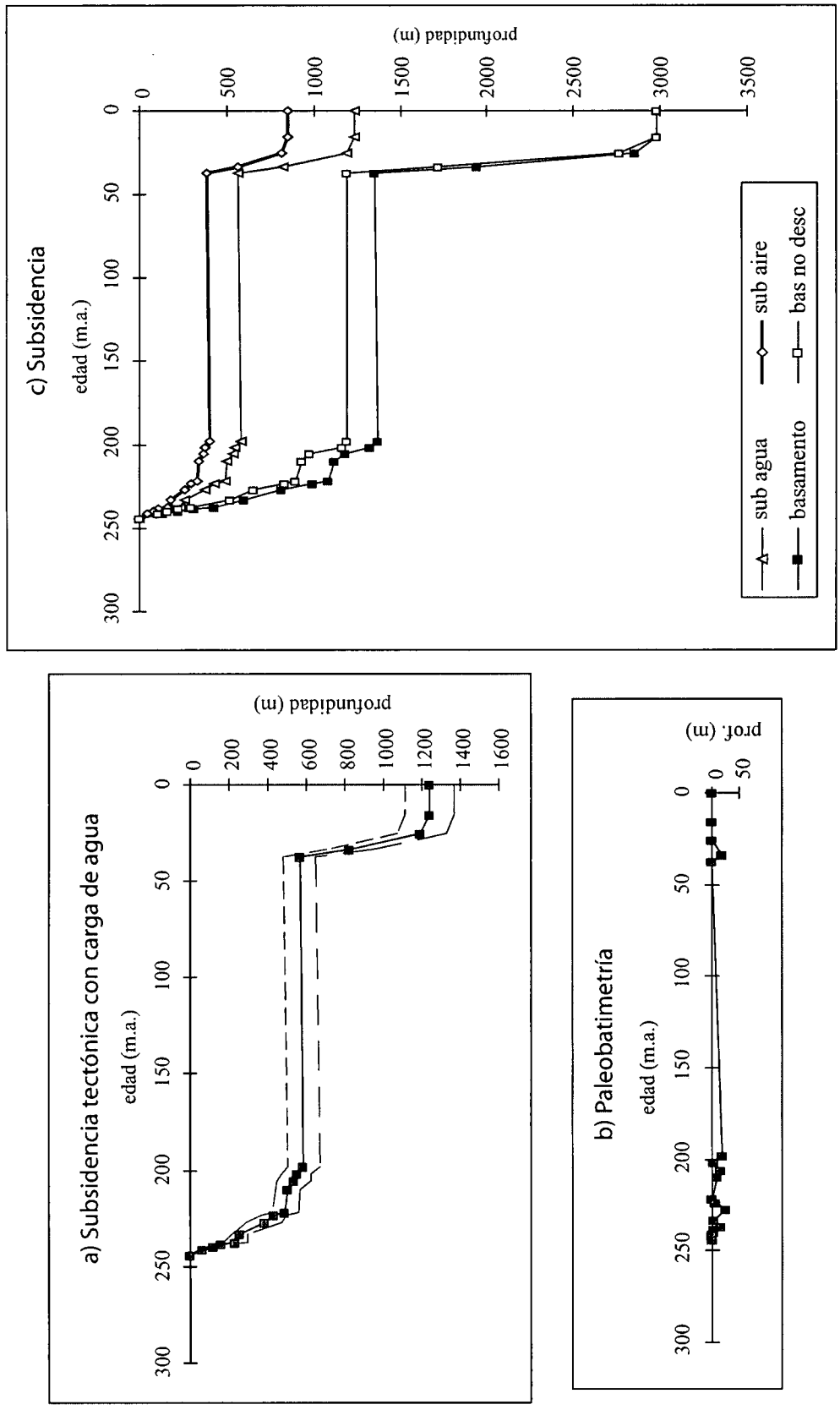


Fig. 51. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

SARIÑENA-1

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1238	1365	1110	2983	2984	2984	2984
16	0	1238	1365	1110	2983	2984	2984	2984
25,5	0	1195	1324	1068	2763	2858	2885	2831
33,6	20	824	945	704	1718	1941	2020	1862
37	0	566	651	480	1188	1352	1420	1285
198	20	585	671	500	1188	1372	1440	1305
201,9	3	549	620	475	1165	1321	1378	1265
205,7	**15**	**537**	**625**	**451**	**975**	**1184**	**1253**	**1115**
209,6	10	500	565	436	933	1120	1171	1070
221,5	0	489	557	421	898	1087	1141	1033
223,6	5	433	497	370	833	994	1046	941
227,4	25	380	471	290	652	816	895	737
233	3	256	293	219	523	604	633	575
237,1	15	233	298	167	293	434	494	374
238,5	3	157	184	130	223	311	335	288
239,9	3	121	146	95	158	228	248	207
241,5	0	64	79	51	103	133	143	123
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 51 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

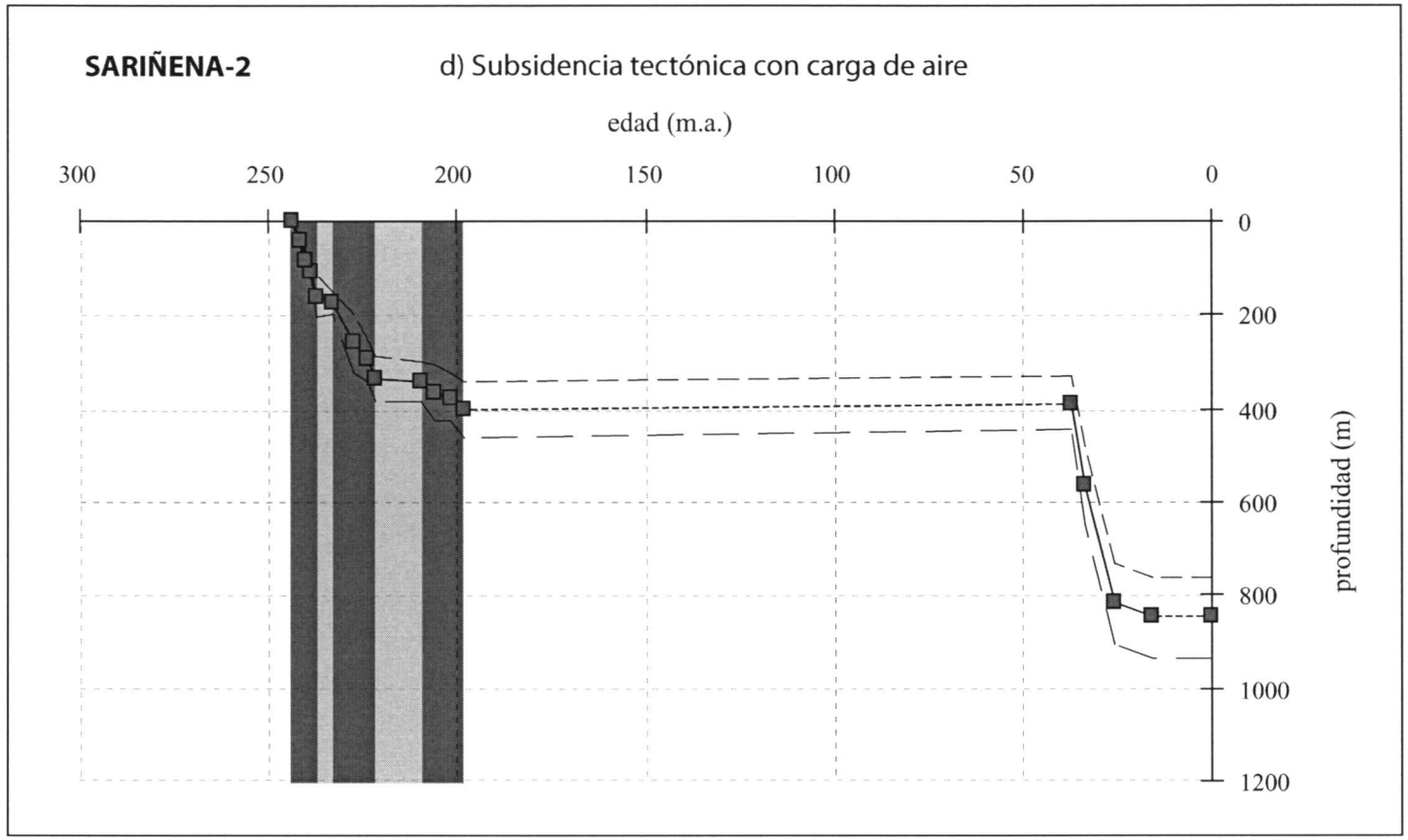


Fig. 51_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

SARIÑENA-1

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	mín
0	846	933	759
16	846	933	759
25,5	817	905	730
33,6	563	646	481
37	387	445	328
198	400	459	342
201,9	375	424	325
205,7	**367**	**427**	**308**
209,6	342	386	298
221,5	334	381	288
223,6	296	340	253
227,4	260	322	198
233	175	200	150
237,1	159	204	114
238,5	107	126	89
239,9	83	100	65
241,5	44	54	35
244	0	1	0

Fig. 51 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.14. Monzón-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 13' 15.47" E
Latitud: 41° 53' 40.23" N

Provincia geográfica: Huesca.

La columna del sondeo se muestra en la figura B14 y los datos obtenidos de ella y usados en el análisis se pueden ver en la tabla B14.

La profundidad total del sondeo es de 3714 metros, teniendo el Triásico algo más de 1100 metros. La Formación Cañizar (T1) se deposita discordante sobre el Paleozoico con un pequeño nivel de conglomerados.

7.2.14.1. Curvas de subsidencia

En la figura 52 se muestran las curvas de subsidencia y los valores obtenidos para el sondeo Monzón-1.

La curva de subsidencia tectónica con carga de agua indica una subsidencia de algo más de 600 metros para el Triásico y de unos 1450 metros hasta la actualidad. El hundimiento del basamento, según marca la curva de subsidencia total, es de más de 3700 metros hasta la actualidad, de los que unos 1375 metros corresponden al Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se observa que la subsidencia a finales del Triásico es de casi 420 metros y cerca de 1000 metros hasta la actualidad. Se observan cuatro fases *sinrift*: la primera en el Triásico Inferior y parte del Triásico Medio, en la que se depositan las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6), Marines (T7) y Landete (T8) y presenta unos 200 metros de subsidencia; la segunda corresponde a la Formación Cañete (T10) y la facies Keuper inferior y media (T11 y T12) y tiene unos 150 metros de subsidencia; la tercera fase aparece en el Triásico Superior con la Formación Imón (T15) y casi 40 metros de subsidencia; la cuarta y última fase se observa en el Jurásico Inferior con la Formación Cuevas Labradas (J2). Hay tres fases *postrift* después de las tres primeras fases *sinrift* descritas anteriormente: la primera corresponde a la Formación Mas (T9), la segunda a la facies Keuper superior (T13) y la tercera a la Formación Cortes de Tajuña (J1).

MONZÓN-1

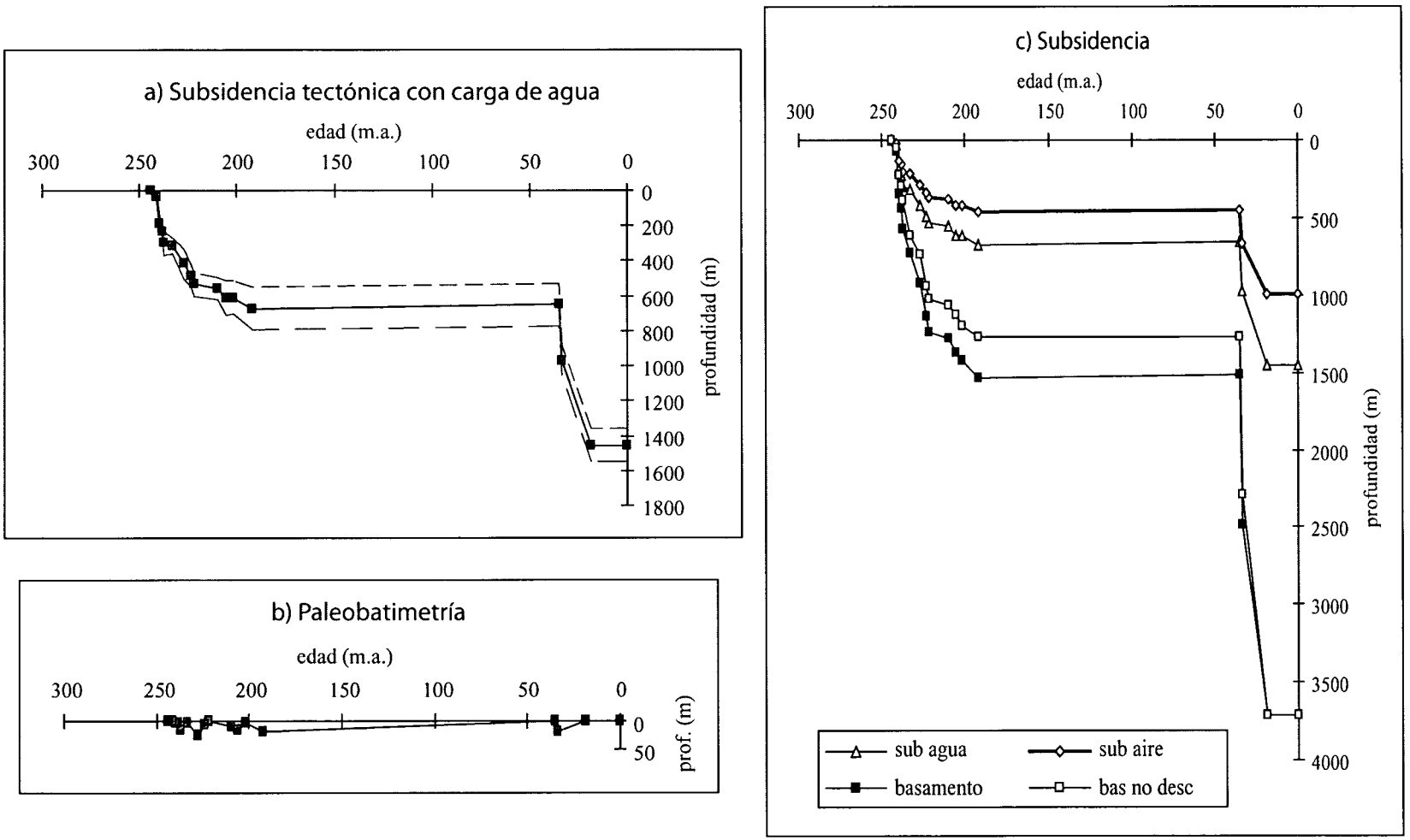


Fig. 52. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas

MONZÓN-1

edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	1454	1551	1358	3714	3715	3715	3715
18,5	0	1454	1551	1356	3714	3715	3715	3715
33,6	20	968	1055	884	2295	2491	2545	2437
35	0	652	774	531	1269	1512	1616	1409
192	20	673	794	552	1269	1532	1636	1429
201,9	3	609	702	515	1197	1425	1509	1342
205,7	**15**	**610**	**710**	**512**	**1124**	**1375**	**1460**	**1291**
209,6	10	554	617	492	1059	1280	1336	1225
221,5	0	535	601	471	1024	1237	1294	1180
223,6	5	489	552	424	941	1133	1189	1077
227,4	25	418	503	335	739	925	1003	847
233	3	313	357	271	614	730	768	693
237,1	15	298	369	230	384	570	636	504
238,5	3	230	268	192	299	442	475	408
239,9	3	189	225	152	224	345	376	314
241,5	0	35	44	28	54	72	79	66
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 52 cont. Valores de subsidencia obtenidos de las curvas anterioes

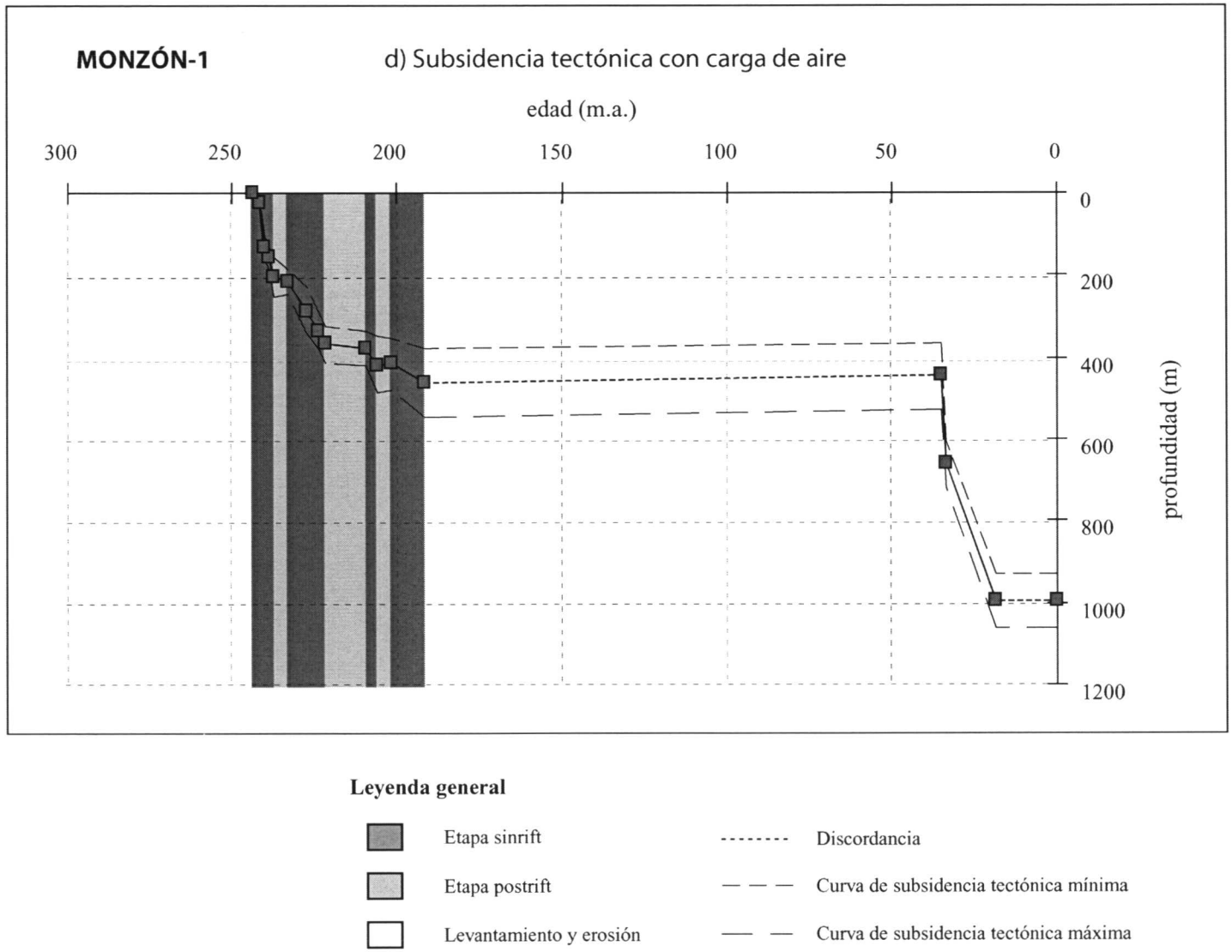


Fig. 52_2. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire y fases de subsidencia diferenciadas

BIBLIOTECA UNIVERSITAS MATRITENSIS COMPLUTENSIS

MONZÓN-1

edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	994	1060	928
18,5	994	1060	927
33,6	662	721	604
35	446	529	363
192	460	543	377
201,9	416	480	352
205,7	**417**	**485**	**350**
209,6	379	422	336
221,5	366	411	322
223,6	334	377	290
227,4	286	344	229
233	214	244	185
237,1	204	252	157
238,5	157	183	131
239,9	129	154	104
241,5	24	30	19
244	0	1	0

Fig. 52 cont_3. Valores de subsidencia tectónica con carga de aire obtenidos de la curva anterior

7.2.15. MAYALS-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 32' 19.10" E
Latitud: 41° 20' 17.20" N

Provincia geográfica: Lérida.

En la figura B15 y tabla B15 se pueden ver la columna obtenida a partir de la interpretación del sondeo y los datos utilizados en el análisis de la subsidencia, respectivamente.

La profundidad total del sondeo es de 1360 metros, siendo menos de 400 metros los correspondientes al Triásico. La Formación Cañizar (T1) se deposita discordante sobre el basamento.

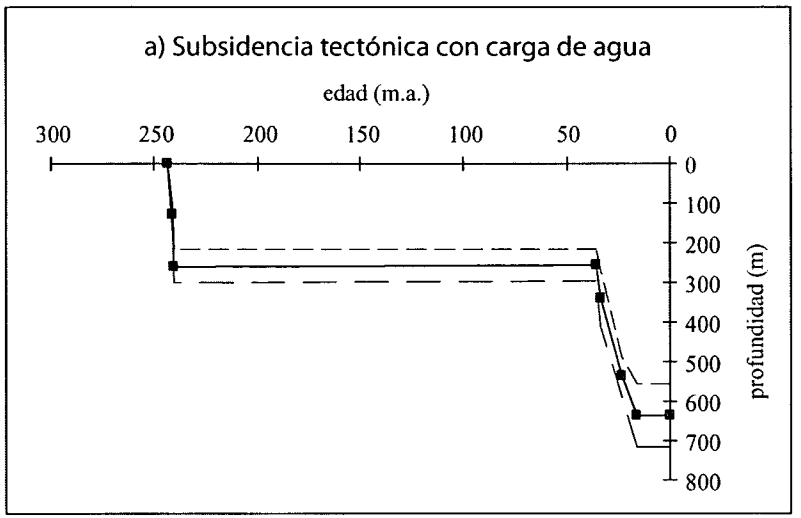
7.2.15.1. Curvas de subsidencia

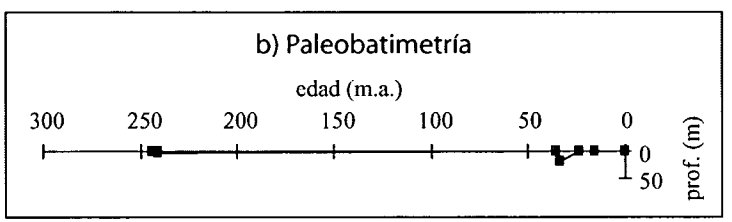
La figura 53 muestra las curvas y valores de subsidencia que se han obtenido con el cálculo.

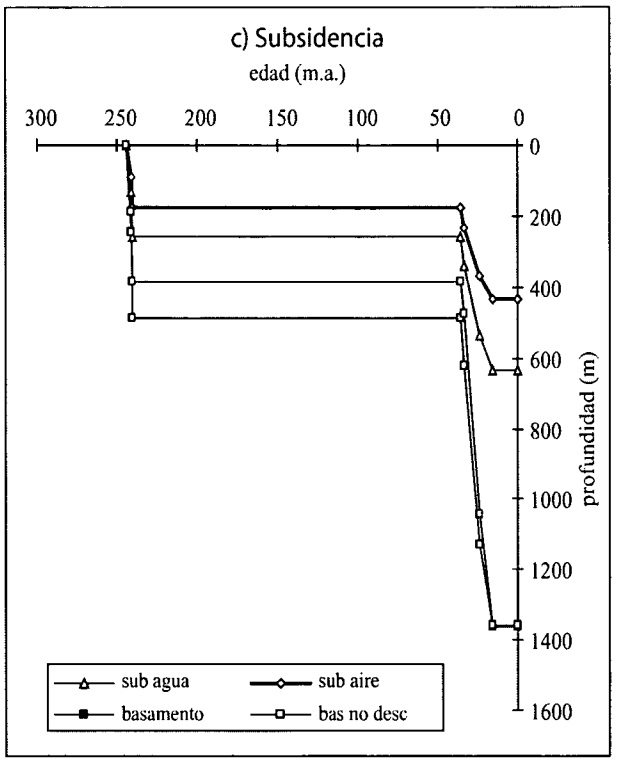
La curva de subsidencia tectónica con carga de agua indica un valor de unos 640 metros de subsidencia hasta la actualidad, de los que unos 250 metros corresponden al Triásico. En la curva de subsidencia del basamento el hundimiento es de unos 1360 metros en total y de casi 500 metros a finales del Triásico.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de aire se observa que la subsidencia a finales del Triásico es de unos 180 metros y de casi 440 metros hasta la actualidad. En ella se distingue una única fase *sinrift* que corresponde a los materiales del Triásico que aparecen antes de la discordancia que llega hasta el Terciario, la Formación Cañizar (T1) y la Formación Eslida (T6).

MAYALS-1

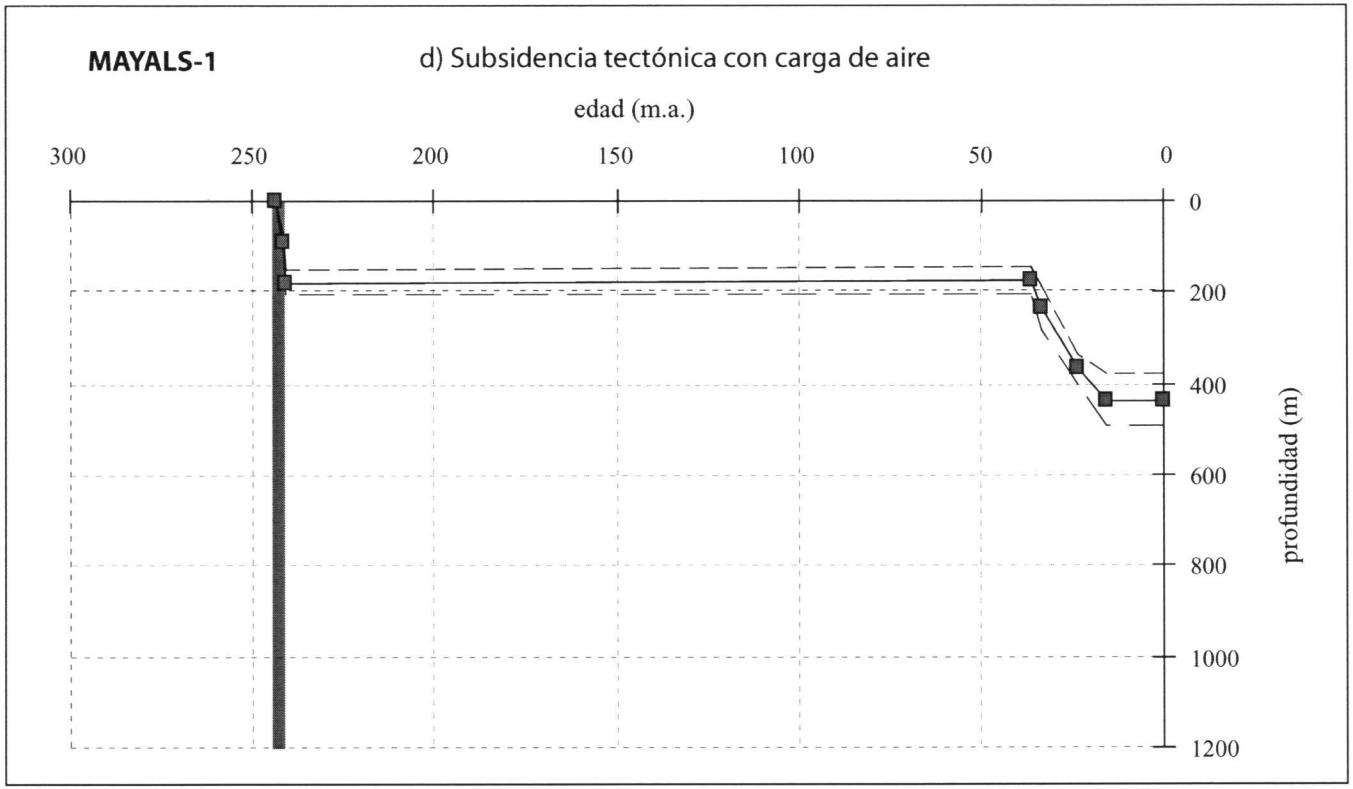






edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	636	715	556	1360	1361	1361	1361
16	0	636	715	556	1360	1361	1361	1361
23,7	0	537	587	487	1045	1131	1147	1115
33,6	20	339	411	268	475	621	671	570
36	0	256	297	214	384	485	513	458
240,8	**3**	**259**	**300**	**217**	**384**	**488**	**516**	**461**
241,5	0	129	154	104	190	245	263	228
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 53. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas



edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	435	489	380
16	435	489	380
23,7	367	401	333
33,6	232	281	183
36	175	203	146
240,8	**177**	**205**	**148**
241,5	88	105	71
244	0	1	0

Leyenda general

- Etapa sinrift
- Etapa postrift
- Levantamiento y erosión
- Discordancia
- Curva de subsidencia tectónica mínima
- Curva de subsidencia tectónica máxima

Fig. 53 cont. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire. Valores de los datos de subsidencia de la curva

7.2.16. LÉRIDA-1

Fuente: Sondeo. Log interpretado.

Coordenadas de situación:

Longitud: 0° 36' 52.45" E
Latitud: 41° 39' 45.94" N

Provincia geográfica: Lérida.

La figura B16 muestra la columna interpretada con el sondeo y la tabla B16 los datos obtenidos de ella.

La profundidad total es de 1320 metros, teniendo el Triásico 143 metros de profundidad. La Formación Cañizar (T1) se apoya discordante sobre el Paleozoico con un pequeño nivel de conglomerados.

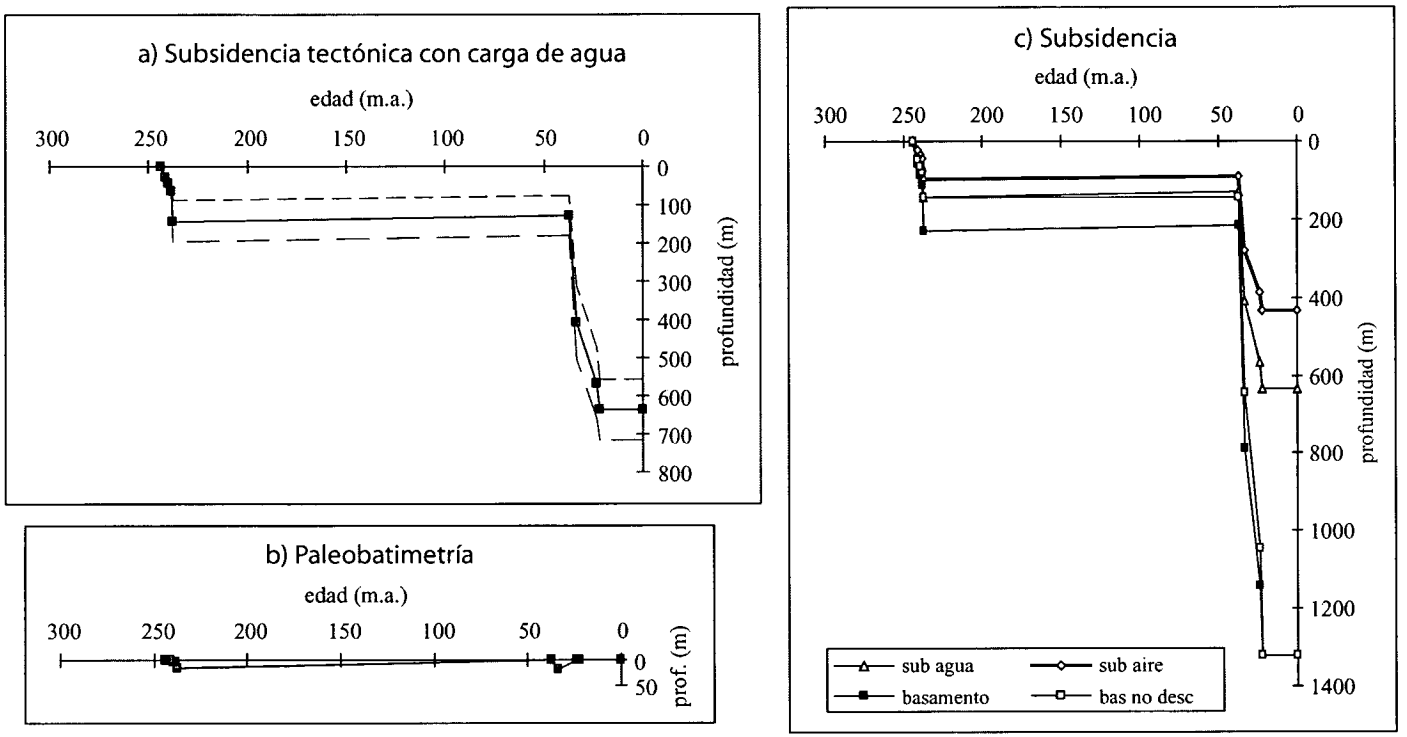
7.2.16.1. Curvas de subsidencia

En la figura 54 se muestran las curvas y valores de subsidencia obtenidos.

En la curva de subsidencia tectónica con carga de agua se puede ver que la subsidencia a finales del Triásico es de unos 140 metros y de casi 640 metros hasta la actualidad. La curva de subsidencia total indica unos 1320 metros de hundimiento total del basamento, de los que 230 metros corresponden al Triásico.

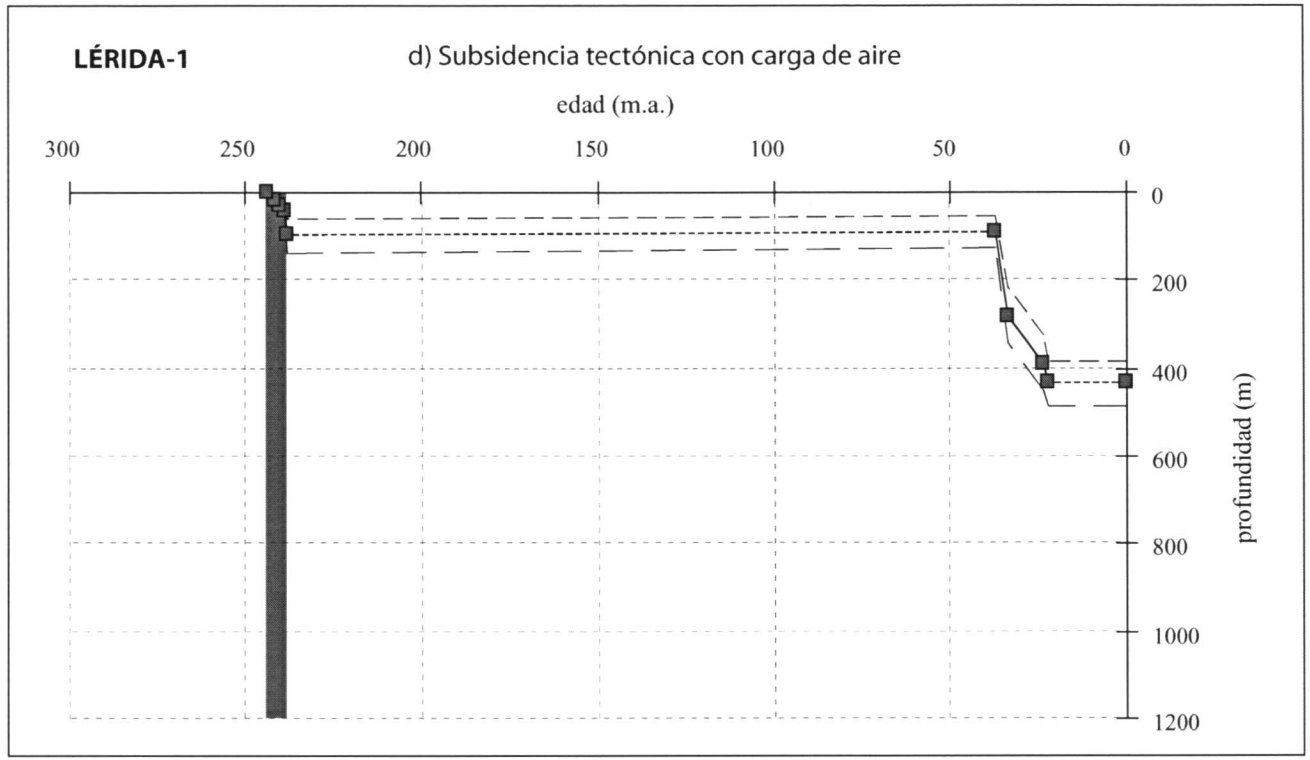
La curva de subsidencia tectónica con carga de aire muestra unos valores de subsidencia de aproximadamente 430 metros hasta la actualidad y 100 metros a finales del Triásico. Hay una sola fase *sinrift* que corresponde a las formaciones Cañizar (T1), Eslida (T6), Marines (T7) y Landete (T8).

LÉRIDA-1



edad	paleobatim.	SUB AGUA media	SUB AGUA máx	SUB AGUA mín	CS bas no desc	CS BASAMENTO media	CS BASAMENTO máx	CS BASAMENTO mín
0	0	635	714	557	1320	1321	1321	1321
22	0	635	714	557	1320	1321	1321	1321
23,7	0	566	660	473	1045	1141	1172	1110
33,6	20	408	503	312	644	786	843	729
37	0	129	181	75	143	215	261	169
237,8	**15**	**143**	**197**	**89**	**143**	**230**	**276**	**184**
238,5	3	64	79	51	77	112	123	101
239,9	3	45	56	37	63	85	93	78
241,5	0	29	35	22	48	59	63	54
244	0	0	1	0	0	1	1	1

Fig. 54. Curvas de subsidencia total, tectónica con carga de agua y paleobatimetría. Valores de los datos de subsidencia de las curvas



edad	SUB AIRE media	SUB AIRE máx	SUB AIRE mín
0	434	488	381
22	434	488	381
23,7	387	451	323
33,6	279	344	213
37	88	124	51
237,8	**98**	**135**	**61**
238,5	44	54	35
239,9	31	38	25
241,5	20	24	15
244	0	1	0

Leyenda general

- Etapa sinrift
- Etapa postrift
- Levantamiento y erosión
- Discordancia
- Curva de subsidencia tectónica mínima
- Curva de subsidencia tectónica máxima

Fig. 54 cont. Curva de subsidencia tectónica con carga de aire. Valores de los datos de subsidencia de la curva

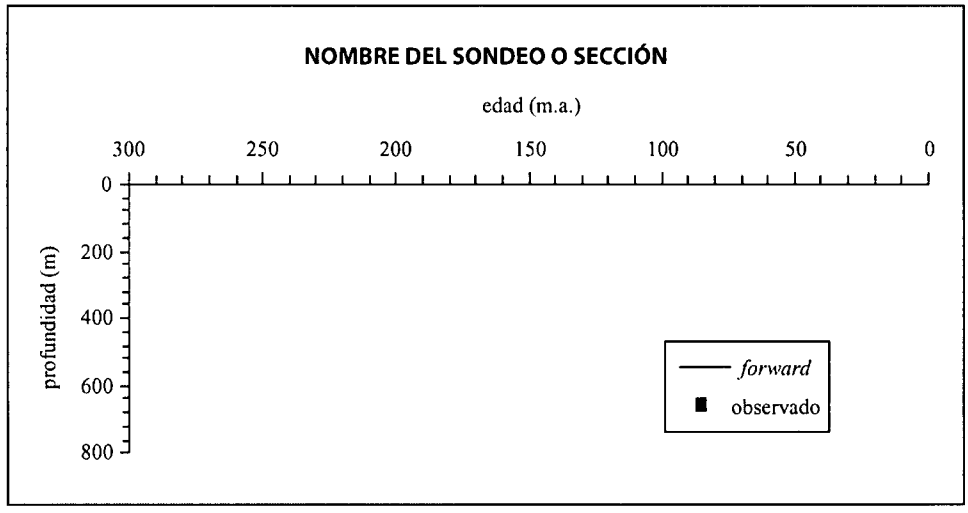
8. MODELIZACIÓN O *FORWARD MODELLING*

8. FORWARD MODELLING

Una vez que se tienen las curvas de desmantelamiento o *backstripping*, obtenidas en el capítulo anterior a partir del análisis de la subsidencia, se puede proceder a modelizarlas para así obtener los valores de los factores de estiramiento de la parte inferior de la litosfera (beta: β) y la parte superior de la misma (delta: δ) en cada una de las fases definidas y una curva de evolución predicha por el modelo que se ajustará en mayor o menor grado a los datos observados. Los valores de los factores de extensión mayores que 1 indican distensión y menores que 1 indican procesos compresivos, ya sea en la parte cortical (factor delta: δ) o en la parte subcortical (factor beta: β).

La técnica de modelización usada en el presente trabajo se basa, como ya se dijo en el capítulo de metodología, en modelos de estiramiento litosféricos (McKenzie, 1978; Royden y Keen, 1980). Para llevarla a cabo se definen las fases *sinrift* que se observan en las curvas obtenidas con la técnica de desmantelamiento o *backstripping* para así conseguir los valores de β y δ, que se deberán tomar siempre como aproximados. La técnica que explicamos en este capítulo ayuda, además, a definir las fases, ya que dependiendo del ajuste que se obtenga se puede decidir si una formación o unidad concreta pertenece a la fase *sinrift* o a la *postrift*.

En este capítulo se presentan las curvas obtenidas con la técnica de modelización progresiva o *forward modelling*, explicada en el capítulo 3, realizadas en figuras individuales para cada sondeo y sección estratigráfica de cada una de las cuencas que estudiamos, Cuenca Ibérica y Cuenca del Ebro. En la figura 55 se muestra un esquema de la disposición de la curva, las fases y los valores de subsidencia que se ha realizado para cada sondeo y sección estudiados. Junto a las curvas se muestra la edad de comienzo y fin de las fases en millones de años (columnas "edad com" y "edad fin" respectivamente), en las que la última fase de edad triásica aparece en negrita; los valores de los factores de estiramiento para cada fase (columnas "beta" y "delta") y el modelo de estiramiento (columna "modelo") utilizado para la modelización y que afecta a toda la litosfera (una capa: *bdcoup* o dos capas: *bdfree*). Para poder comparar entre la subsidencia que se observa a partir de los datos de campo o sondeos ("sub obs") y la subsidencia que predice el modelo ("sub pred") se muestran los valores de la subsidencia (en metros) respecto a una edad determinada (en millones de años). Los primeros corresponden a los valores que indican los cuadrados negros en la curva, mientras que los segundos vienen dados por el correspondiente valor con la misma edad en la línea que traza el programa al aplicar esta técnica.



edad com **edad fin** **beta** **delta** **modelo**

edad **sub obs** **sub pred**

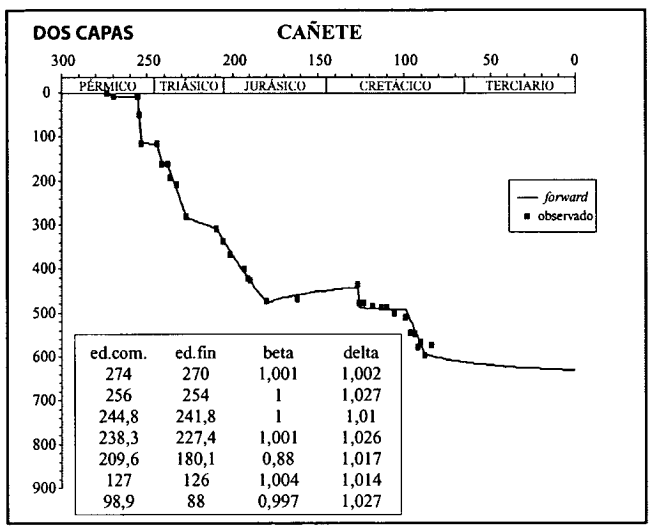
Fig. 55. Leyenda-esquema mostrando la curva de forward modelling, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia realizadas para cada sondeo y sección estudiada

En general, todas las secciones y sondeos han sido modelizadas aplicando en primer lugar el modelo de dos capas (*bdfree*), que se basa en el modelo de Royden y Keen (1980), y después el modelo de una capa (*bdcoup*), que se basa en el modelo de McKenzie (1978). Sin embargo, al observar que el mejor ajuste se conseguía sistemáticamente con el modelo de dos capas o capas que actúan independientemente (fig. 56), se eligieron las curvas resultantes de aplicar este modelo para explicar el presente capítulo. De este modo, se observará que en la columna "modelo" de las curvas de modelización de las secciones y sondeos analizados en este trabajo aparece *bdfree* (beta y delta libres, modelo de dos capas) en lugar de *bdcoup* (beta y delta acopladas, modelo de una capa).

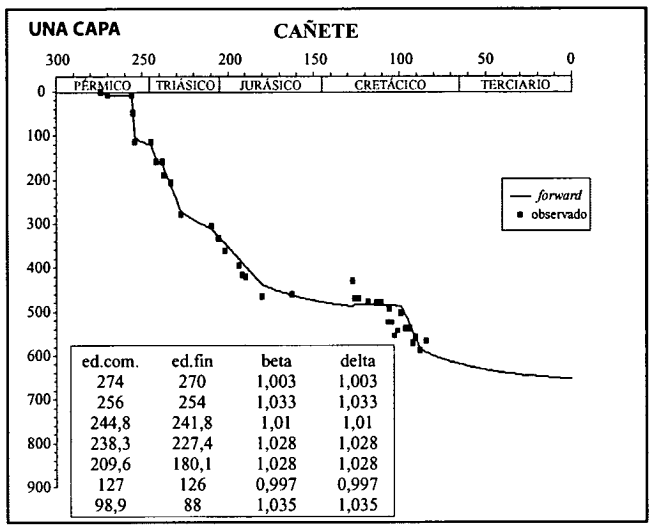
Debido a que los sedimentos terciarios de la Cuenca del Ebro y los márgenes de la Cordillera Ibérica se depositaron bajo un régimen de tipo compresivo con una compensación isostática de tipo flexural, no local, a diferencia de los materiales pérmicos y triásicos depositados bajo un régimen distensivo y asumiendo una compensación isostática local, la técnica de *forward modelling* utilizada no puede analizar los datos que tengan una edad igual o inferior a los 65 millones de años (Terciario). Por eso, los datos terciarios no se han tenido en cuenta y se observará que en las figuras las curvas de modelización no ajustan estos datos.

Por otro lado, las fases del Jurásico y Cretácico no se comentan, ya que están fuera del propósito de la tesis, pero se han introducido en el *forward modelling* como se verá en las diferentes figuras, ya que para llevar a cabo esta técnica correctamente es necesario introducir todas las fases observadas. Sólo se hará referencia, por lo tanto, a las fases y valores de subsidencia del Pérmico y Triásico.

CORDILLERA IBÉRICA

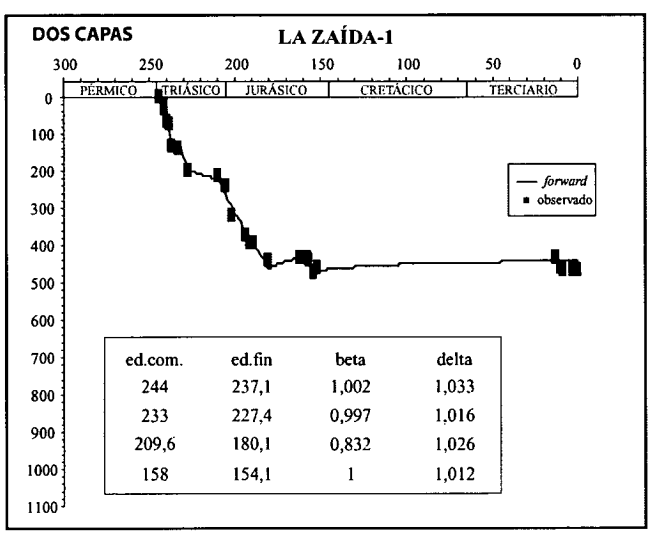


ed.com.	ed.fin	beta	delta
274	270	1,001	1,002
256	254	1	1,027
244,8	241,8	1	1,01
238,3	227,4	1,001	1,026
209,6	180,1	0,88	1,017
127	126	1,004	1,014
98,9	88	0,997	1,027

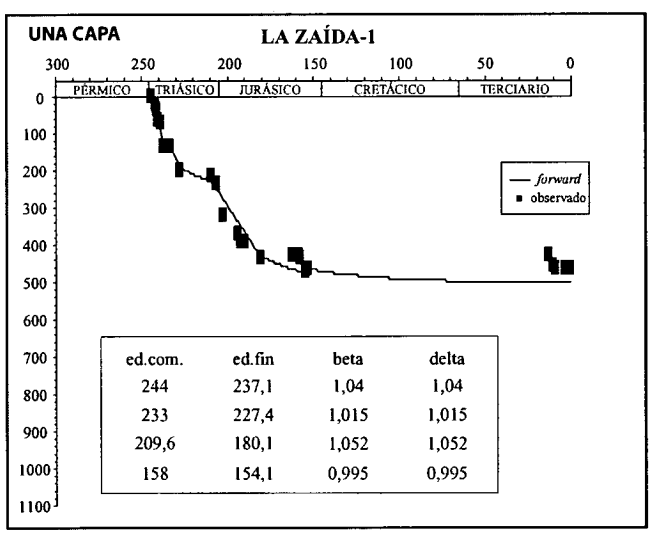


ed.com.	ed.fin	beta	delta
274	270	1,003	1,003
256	254	1,033	1,033
244,8	241,8	1,01	1,01
238,3	227,4	1,028	1,028
209,6	180,1	1,028	1,028
127	126	0,997	0,997
98,9	88	1,035	1,035

CUENCA DEL EBRO



ed.com.	ed.fin	beta	delta
244	237,1	1,002	1,033
233	227,4	0,997	1,016
209,6	180,1	0,832	1,026
158	154,1	1	1,012



ed.com.	ed.fin	beta	delta
244	237,1	1,04	1,04
233	227,4	1,015	1,015
209,6	180,1	1,052	1,052
158	154,1	0,995	0,995

Fig. 56. Comparación entre la modelización con dos capas y con una capa en dos ejemplos de la Cordillera Ibérica y Cuenca del Ebro. Se puede observar que el mejor ajuste se consigue con dos capas.

8.1. CORDILLERA IBÉRICA

Se ha realizado el *forward modelling* en los cinco sondeos y once secciones que se analizaron en el capítulo anterior. A continuación se describe cada uno de ellos de NW a SE, igual que en el capítulo 7. Para su situación ver figura 13.

8.1.1. Torremocha-1

El sondeo Torremocha-1 presenta dos fases de subsidencia *sinrift*, de las cuales la primera corresponde a los materiales del Triásico. La curva de modelización y las fases definidas se pueden ver en la figura 57.

La fase abarca desde los 232 millones de años hasta los 211 m.a. (Triásico Medio-Superior). El valor obtenido para el factor de estiramiento de la capa inferior de la litosfera (beta) es de 0,942 y para el factor de estiramiento de la capa superior de la litosfera (delta) de 1,029.

8.1.2. Alhama

La curva y todos los datos obtenidos en la modelización se muestran en la figura 58.

La fase de subsidencia que comprende el Triásico Medio presenta un valor de la parte superior de la litosfera (delta) superior a 1, mientras que la parte inferior (beta) es 0,87.

Los valores de la subsidencia observada son, en general, mayores que los que predice el modelo, siendo la diferencia bastante grande al comienzo de la fase.

8.1.3. El Hito

En este sondeo se han definido seis fases, de las cuales las tres primeras pertenecen al Triásico y la cuarta abarca parte del Triásico y Jurásico, como se puede ver en la figura 59.

Los valores de los factores de extensión en todas las fases son ligeramente superiores a 1, excepto en la cuarta fase donde el factor beta (parte inferior de la litosfera) presenta un valor inferior a 1 (0,828).

Los valores de la subsidencia observada suelen ser mayores que los de la subsidencia que el modelo predice, siendo la diferencia entre ambos pequeña.

8.1.4. Molina de Aragón

La figura 60 muestra la curva de modelización, las fases de subsidencia con los valores de los factores β y δ y los valores de la subsidencia observada y estimada.

En la sección de Molina de Aragón se han definido cuatro fases dentro del intervalo Pérmico-Triásico. Las dos primeras pertenecen al Pérmico (Autuniense y Thüringiense,

respectivamente) y las otras dos al Triásico, estando en la última de ellas incluido parte del Jurásico, ya que termina en el Toarciense.

Los valores de beta y delta son superiores a 1, excepto beta en la primera, tercera y cuarta fase en las que presenta los valores 0,984, 0,997 y 0,917 respectivamente.

La subsidencia observada a partir de los datos es, en general, mayor que la que el modelo predice, aunque las diferencias son pequeñas.

8.1.5. Majadas

En la figura 61 se muestra la curva obtenida con la técnica de *forward modelling*, las fases *sinrift* y los valores de la subsidencia observada y estimada por el modelo.

Las fases de subsidencia que se han distinguido dentro del Triásico son tres. En ellas los valores de beta y delta son mayores que 1, excepto en la segunda y tercera fase donde beta es menor que 1 (0,954 y 0,985 respectivamente).

La diferencia entre los valores de la subsidencia observada y la estimada en el intervalo Pérmico-Triásico es muy pequeña.

8.1.6. Cañete

Se han definido cinco fases dentro del Pérmico y el Triásico, como se puede ver en la figura 62. La primera y segunda corresponden al Pérmico (Autuniense y Thüringiense respectivamente), la segunda y tercera al Triásico Inferior y Medio, y la quinta al Triásico Superior y Jurásico Inferior.

Los valores que se han obtenido de beta y delta son superiores o iguales a 1 en todas las fases excepto en la última donde beta es inferior a 1 (0,88).

La diferencia entre los valores de la subsidencia observada y estimada es pequeña, siendo los valores de la primera mayores que los de la segunda en general. El ajuste obtenido del modelo respecto a los datos es, por tanto, bastante bueno.

8.1.7. Teruel

Las tres fases definidas en el intervalo Pérmico-Triásico en la sección de Teruel se pueden ver en la figura 63. En ellas delta es siempre superior a 1, mientras que beta es inferior a 1 en las dos primeras fases, correspondientes al Pérmico Superior y al Triásico Inferior-Medio respectivamente, y superior a 1 en la tercera fase (Triásico Superior-Jurásico Inferior). El ajuste obtenido es bueno, ya que la diferencia entre la subsidencia observada y la estimada no es muy grande.

8.1.8. Montalbán

La figura 64 contiene la curva, fases y valores de beta y delta y de las subsidencias

obtenidas con la técnica de *forward modelling*.

En esta sección se han diferenciado tres fases pertenecientes al Triásico, terminando la última de ellas en el Jurásico Inferior. En esta fase beta es inferior a 1 y delta es casi 1, mientras que en las otras dos fases los factores de extensión son superiores a 1 o cercanos a este valor.

8.1.9. Mirambel

En la figura 65 se muestran la curva y los datos obtenidos en la modelización.

El valor del factor de estiramiento de la parte subcortical (beta) en la primera fase definida para el Triásico en este sondeo es menor que 1 e igual a 1 para la segunda fase, que llega hasta el Jurásico Inferior. El valor del factor de la parte cortical (delta) es mayor que 1 en la primera fase y muy cercano a 1 en la segunda.

La desviación entre la subsidencia observada a partir de los datos y la subsidencia predicha es bastante grande sobre todo para las edades comprendidas en la primera fase, siendo además siempre mayor la subsidencia observada que la estimada por el modelo.

8.1.10. Chelva

La figura 66 muestra la curva y los datos obtenidos con la modelización.

En la sección de Chelva se han modelizado cuatro fases *sinrift*: la primera aparece en el Pérmico Superior (Thüringiense) y presenta unos valores de beta y delta superiores a 1; la segunda se sitúa en el Triásico Inferior y se han obtenido unos valores de los factores de extensión ligeramente superiores a 1 (1,001 y 1,005 respectivamente); en la tercera y cuarta fase (Triásico Medio y Triásico Superior-Jurásico Inferior respectivamente) beta aparece con valores menores o muy cercanos a 1, mientras que delta es mayor que 1 en los dos casos.

En cuanto a los valores de las subsidencias son mayores, en general, los observados que los predichos por el modelo.

8.1.11. Manzanera

En la figura 67 se muestra la curva de *forward modelling*, las fases, valores de beta y delta y los valores de las subsidencias observada y predicha.

En las dos fases diferenciadas en el Pérmico y Triásico en la sección de Manzanera el factor de extensión correspondiente a la parte inferior de la litosfera (beta) presenta un valor muy cercano a 1 en la primera fase (0,999) e inferior a 1 en la segunda (0,981), mientras que delta es mayor que uno en las dos fases.

Los valores de la subsidencia observada son, en general, mayores que los de la subsidencia predicha por el modelo.

8.1.12. Jérica

Se han modelizado tres fases en esta sección, la primera del Pérmico Superior y las otras tres del Triásico (fig. 68).

Los valores del factor delta son mayores que 1 en todas las fases. Los valores de beta, sin embargo, son menores que 1 en la primera fase, y ligeramente superiores o iguales a 1 en la segunda y tercera fases.

Las diferencias entre los valores de la subsidencia observada y predicha son pequeñas, siendo mayores las primeras a las segundas en general.

8.1.13. Bobalar-2

En el sondeo Bobalar-2 se distinguieron dos fases pertenecientes al Triásico, aunque la segunda termina en el Jurásico Inferior (fig. 69).

En la primera fase el valor que se obtiene del factor delta (1,155) es el mayor valor obtenido en todas las fases de todas las secciones y sondeos analizados en este trabajo en la Cuenca Ibérica. El valor de beta en esta fase es menor que 1. En la segunda fase tanto delta como beta son mayores que 1.

La subsidencia observada en la primera fase es mayor que la subsidencia estimada, sin embargo, en la segunda fase la observada es menor que la estimada.

8.1.14. Salsadella

En la figura 70 se muestra el resultado de aplicar la técnica de modelización en este sondeo.

La primera fase definida, que está dentro del Pérmico Superior, presenta un valor de beta menor que 1 y un valor de delta mayor que 1. En la segunda fase (Triásico Inferior y Medio) se ha obtenido un valor mayor que 1 para el factor de estiramiento cortical (delta) y menor que 1 para el factor subcortical (beta). La desviación entre la subsidencia observada y la estimada es pequeña, siendo los valores de la primera mayores que los de la segunda en su mayoría.

8.1.15. Gátova

Se han definido dos fases *sinrift*, la primera dentro del Pérmico Superior y la segunda en el Triásico Inferior y Medio (fig. 71). En ellas beta tiene valores menores que 1 y delta es superior a 1 en las dos fases.

Los valores de la subsidencia observada correspondientes a la segunda fase son mayores que los de la subsidencia predicha, siendo la diferencia entre ambas bastante grande.

8.1.16. Chóvar-Eslida

Las dos fases modelizadas en esta sección dentro del intervalo Pérmico-Triásico (fig. 72) presentan unos valores del factor de estiramiento cortical (delta) mayores que 1, mientras que el factor subcortical (beta) tiene un valor menor que 1 en la primera fase (0,985) y algo mayor que 1 en la segunda (1,003).

En cuanto a las subsidencias observada y predicha destaca una desviación muy grande del valor que corresponde a la base de la Formación Eslida (T6, 241.5 m.a.), que es la formación que presenta en esta zona la mayor subsidencia, siendo de unos 100 metros la subsidencia que se obtiene a partir de los datos y de unos 230 metros los que el modelo predice. El resto de los valores son, en general, mayores los obtenidos a partir de los datos que los estimados por el modelo.

8.2. CUENCA DEL EBRO

Se ha aplicado la técnica de *forward modelling* en los mismos dieciséis sondeos utilizados en el capítulo anterior. A continuación se comenta cada uno de ellos de NW a SE. Para su situación ver figura 13.

8.2.1. Ejea-1

En este sondeo aparece una única fase, de edad Triásica, en la que se ha obtenido un valor de beta muy cercano a 1 (0,999) y un valor de delta de 1,053 (fig. 73). Los valores de la subsidencia observada son mayores que los de la subsidencia predicha, excepto para el último valor (228 m.a.), debido a que esta fase aparece interrumpida por una discordancia.

8.2.2. Tauste Este-1

En las tres fases observadas en este sondeo (fig. 74), todas dentro del Triásico, se han obtenido unos valores de los factores de extensión superiores a 1, o igual a 1 en el caso de beta en la última fase, y los valores de la subsidencia observada son, en general, mayores que los de la subsidencia que predice el modelo, aunque muy próximos entre sí.

8.2.3. Zuera-1

Las cuatro fases que se definieron en este sondeo pertenecientes al Triásico se pueden ver en la figura 75. En ellas los valores de los dos factores de estiramiento son superiores a 1, excepto en la segunda fase donde beta es igual a 1, y en la tercera y cuarta fase en las que beta tiene un valor de 0,998 y 0,988 respectivamente.

8.2.4. Monegrillo-1

En la figura 76 se pueden ver los valores de beta y delta, la curva obtenida con la

modelización y la diferencia entre la subsidencia observada y la predicha. En las dos fases definidas, que engloban el Triásico Inferior y Medio, los valores de los factores de extensión son mayores que 1 o igual a 1 en el caso de beta en la segunda fase. La diferencia entre la subsidencia observada y la estimada por el modelo es, en general, pequeña, por lo que se puede decir que el ajuste es bastante bueno.

8.2.5. La Zaída-1

En las tres fases que se definieron en este sondeo (fig. 77) el factor delta presenta unos valores mayores que 1, mientras que el valor de beta en la primera fase es superior a 1, en la segunda cercano a 1 y en la tercera inferior a 1.

8.2.6. Ebro-1

La curva y los valores obtenidos con la modelización se muestran en la figura 78.

Los valores del factor de estiramiento de la parte subcortical (beta) son iguales a 1 en la primera, segunda y cuarta fase, mientras que en la tercera es ligeramente inferior a 1. El factor de extensión cortical (delta) es superior a 1 en todas las fases menos en la tercera donde es algo inferior a 1 (0,996).

8.2.7. Bujaraloz-1

En este sondeo se definieron cuatro fases de subsidencia rápida dentro del Triásico (fig. 79). En ellas delta presenta valores superiores a 1 o igual a 1 en la tercera fase, y beta valores superiores a 1 en las fases primera y cuarta, muy cercano a 1 en la segunda fase e inferior a 1 en la tercera fase.

8.2.8. Ebro-2

En las tres fases *sinrift* diferenciadas en este sondeo el factor delta presenta unos valores mayores que 1 (fig. 80), mientras que el factor beta en las dos primeras fases es menor que 1 y en la tercera tiene un valor ligeramente superior a 1.

La diferencia entre la subsidencia observada y la estimada por el modelo en la primera fase es mayor que en las otras dos fases.

8.2.9. Candasnos-1

Las cuatro fases que se definieron en este sondeo dentro del intervalo Pérmico-Triásico, y que se pueden ver en la figura 81, muestran unos valores del factor de estiramiento cortical (delta) mayores o iguales a 1 y unos valores del factor subcortical (beta) mayor que 1 en el caso de la primera fase o inferiores o cercanos a 1 en las otras tres fases.

La subsidencia observada en la primera fase es bastante menor que la que predice el modelo, mientras que a partir de la segunda fase, de manera general, se hace mayor, y la

diferencia entre ambas también disminuye.

8.2.10. Caspe-1

Al llevar a cabo la modelización en este sondeo se han obtenido, tanto para el factor de estiramiento subcortical (beta) como para el cortical (delta), unos valores superiores a 1 en las dos fases pérmico-triásicas (fig. 82). Al comienzo de la primera fase la subsidencia que predice el modelo es mayor que la que se observa a partir de los datos, pero en la segunda fase los valores de la subsidencia estimada por el modelo son menores que los de la subsidencia observada.

La diferencia entre las subsidencias observada y estimada es grande en la primera fase y menor en la segunda.

8.2.11. Ballobar-1

En la figura 83 se muestra la curva y los valores de los factores de extensión y de las subsidencias obtenidas con la modelización.

Los valores del factor delta han sido mayores que 1 en las cuatro fases modelizadas, mientras que los del factor beta han sido menores o cercanos a 1 en las tres últimas fases y superior a 1 en la primera.

8.2.12. Fraga-1

Las cuatro fases que se observan en este sondeo y que se han modelizado se incluyen en el Pérmico y en el Triásico, como se ve en la figura 84. De ellas, sólo la segunda fase presenta unos valores inferiores a 1 para los dos factores de estiramiento, el resto de fases muestran valores superiores o cercanos a 1. El ajuste obtenido para estas fases es bastante bueno, ya que la diferencia entre la subsidencia observada y la estimada es pequeña, en general.

8.2.13. Sariñena-1

El valor de delta en las tres fases que se observan en este sondeo (fig. 85), todas dentro del Triásico, llegando la última al Jurásico Inferior, es mayor que 1, mientras que el valor de beta es mayor que 1 en la primera fase, cercano a 1 en la segunda e igual a 1 en la tercera. La diferencia entre la subsidencia observada y la predicha hasta el final del Triásico es pequeña.

8.2.14. Monzón-1

Se han modelizado las tres fases definidas en este sondeo (fig. 86), obteniendo unos valores superiores a 1 para el factor delta, excepto en la tercera fase en la que es ligeramente inferior a 1, y unos valores para beta mayor que 1 en la primera fase, ligeramente inferior a

1 en la segunda y menor que 1 en la tercera.

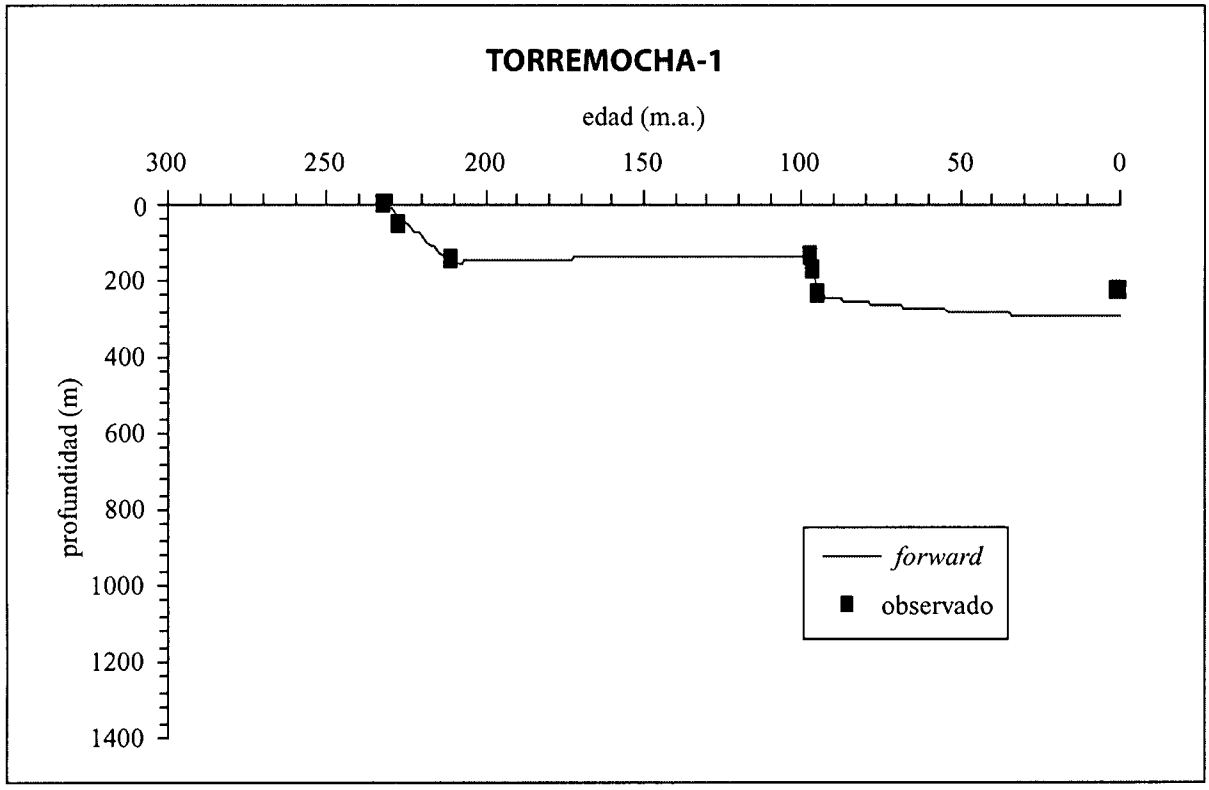
La subsidencia observada tiene, en su mayoría, valores mayores que los que se obtienen para la subsidencia que estima el modelo, siendo la diferencia entre ambas pequeña.

8.2.15. MAYALS-1

Para la fase de edad triásica que aparece en este sondeo se ha obtenido un valor igual a 1 para el factor que mide el estiramiento subcortical (beta) y un valor superior a 1 para el factor que mide la extensión cortical (delta), como se muestra en la figura 87. La subsidencia observada a partir de los datos al final de la fase es mayor que la subsidencia que predice el modelo.

8.2.16. LÉRIDA-1

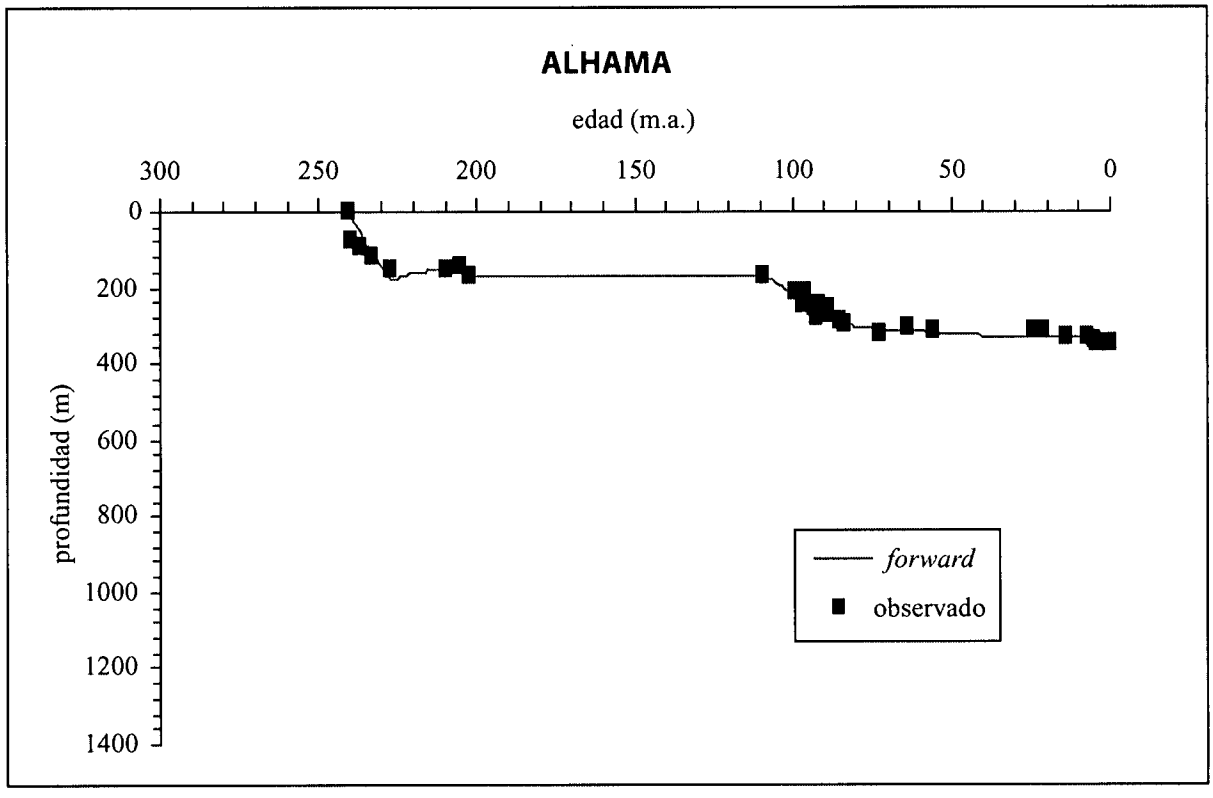
Los valores de los factores de extensión obtenidos para la fase de edad triásica que se observa en este sondeo (fig. 88) son mayores que 1 en el caso de delta e igual a 1 en el caso de beta. La subsidencia observada a partir de los datos, en general, es menor que la subsidencia que estima el modelo.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
232	**211**	**0,942**	**1,029**	**bdfree**
97	95	1	1,027	bdfree

edad	sub obs	sub pred
232	0	-4
227,4	59	32
211	**144**	**152**
97	137	135
96,1	172	180
95	239	235
0,5	226	294
0	228	294

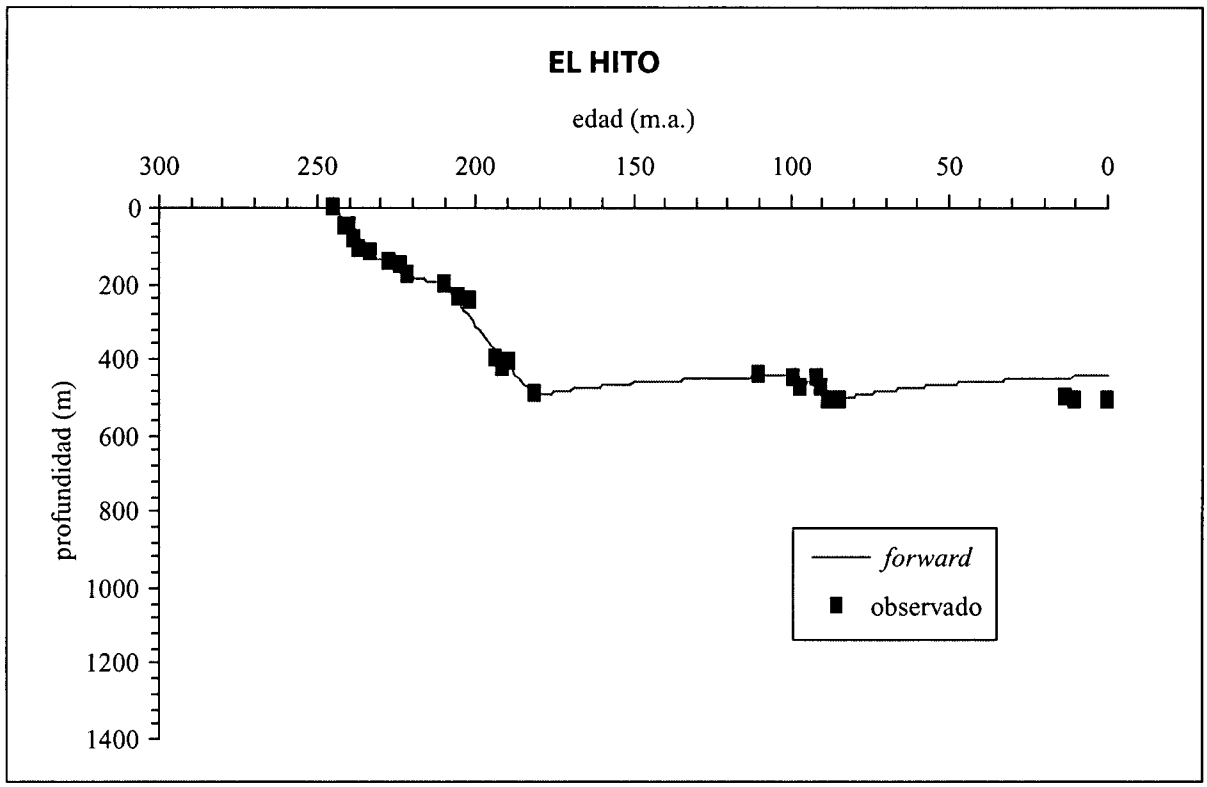
Fig. 57. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
240,9	**227,4**	**0,87**	**1,022**	**bdfree**
205,4	202,5	1,027	1,014	bdfree
109,5	83,5	1,001	1,029	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
240,9	0	-4	89,3	272	270
240,2	76	7	88,6	258	274
237,1	97	53	84,9	292	292
233	118	109	83,5	301	299
227,4	150	181	72,5	321	309
210	**154**	**148**	64	308	315
205,4	147	143	55,6	313	320
202,5	170	170	24	318	331
109,5	168	169	21	318	332
98,9	208	221	14	327	333
96,5	242	234	7,1	331	335
95,8	215	237	5,2	343	335
93,5	252	249	4,2	346	335
92,5	276	254	1,3	346	335
91,8	249	257	0	351	336

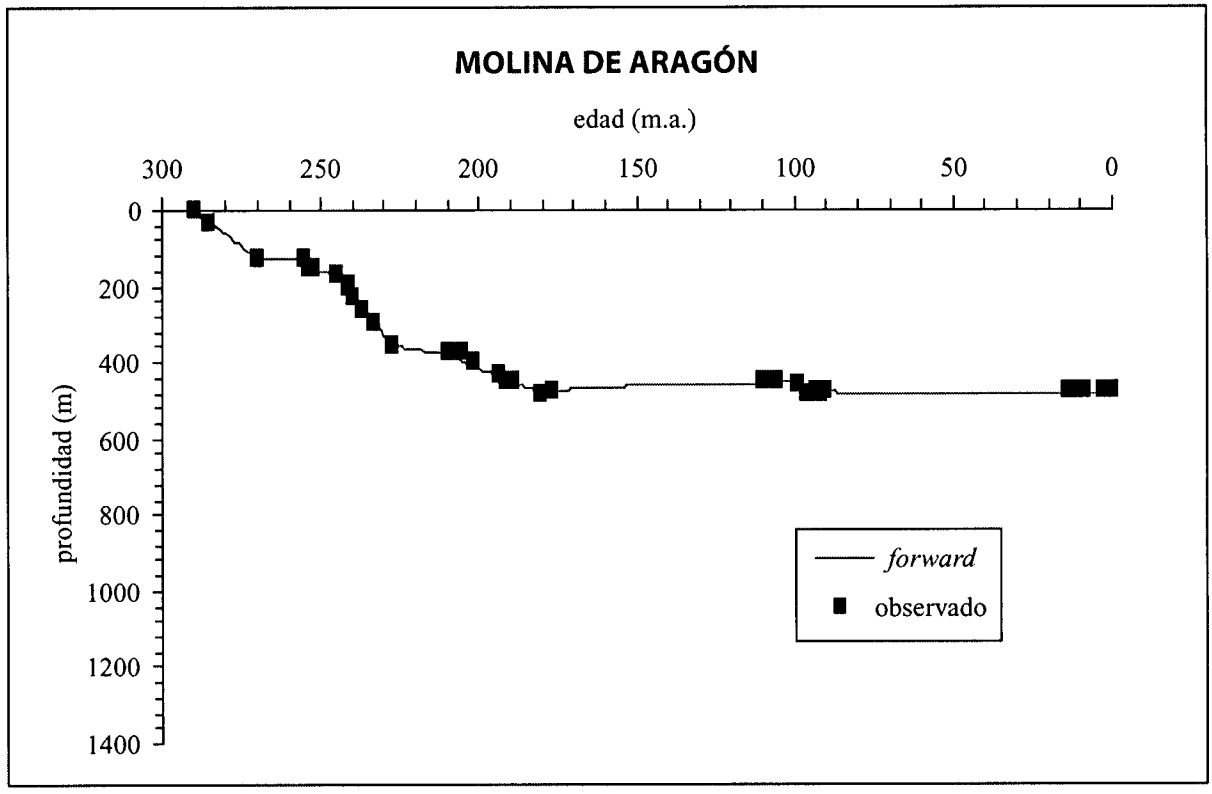
Fig. 58. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244,8	241,6	1,001	1,013	bdfree
239,5	237,1	1,003	1,022	bdfree
223,6	221,5	1,002	1,011	bdfree
209,6	**181**	**0,828**	**1,04**	**bdfree**
98,9	96,5	0,89	0,979	bdfree
91,5	88	1	1,021	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
244,8	0	-4	191,5	421	399
241,6	48	47	189,6	410	417
239,5	48	48	181	491	499
238,5	89	81	110	440	445
237,1	108	128	98,9	446	442
233	123	132	96,5	476	477
227,4	146	137	91,5	449	447
223,6	154	139	90,2	473	471
221,5	174	180	88	509	512
209,6	205	200	84	506	504
205,7	**238**	**247**	13,5	504	446
201,9	250	290	10,5	509	445
193,5	399	379	0	509	443

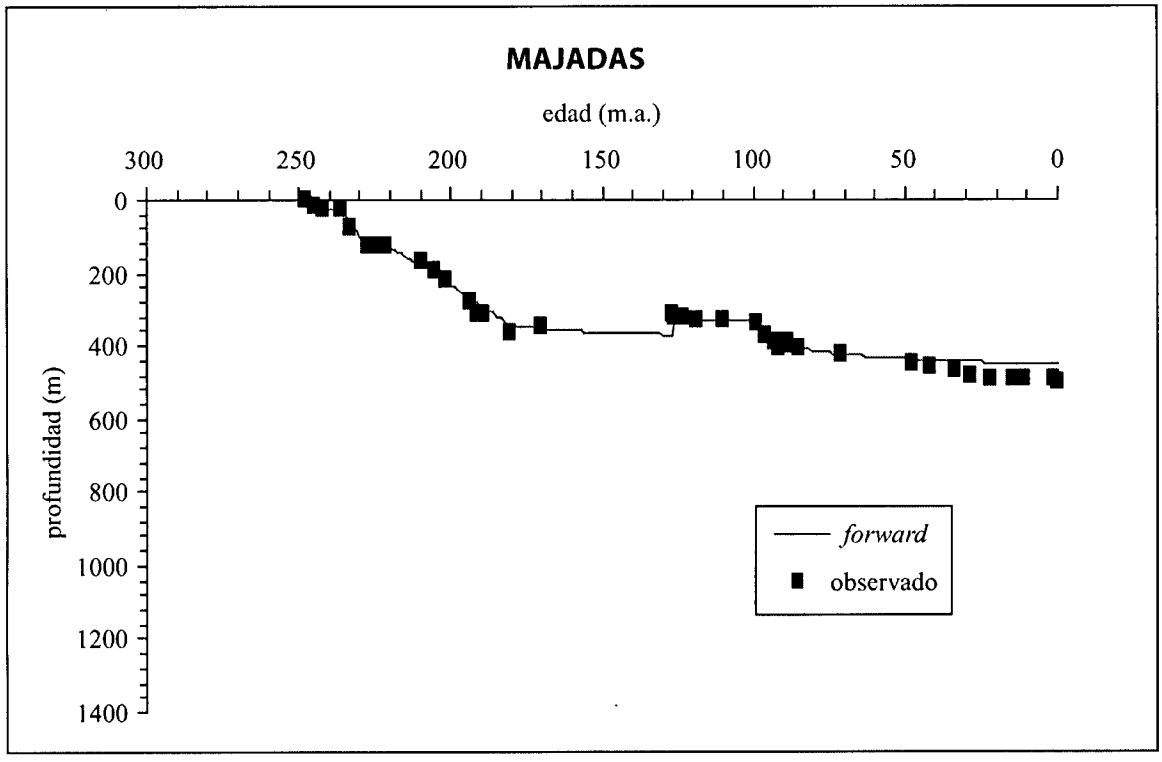
Fig. 59. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
290	270	0,984	1,03	bdfree
255	254	1,027	1,011	bdfree
244,8	227,4	0,997	1,042	bdfree
209,6	**180,1**	**0,917**	**1,006**	**bdfree**
98,9	96,1	1	1,007	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
290	0	-1	191,5	451	446
285	31	30	189,6	448	451
270	129	128	180,1	486	477
255	129	131	177	478	474
254	150	147	110	447	453
252	150	154	105,5	451	453
244,8	171	169	98,9	457	452
241,5	196	205	96,1	481	479
241	202	210	93,5	475	479
240,2	232	218	92	486	479
237,1	263	251	90,5	474	479
233	301	295	13,7	472	481
227,4	354	354	10,5	473	481
209,6	370	379	9	475	481
205,7	**376**	**396**	3	475	481
201,9	397	411	1,75	476	481
193,5	433	440	0	478	481

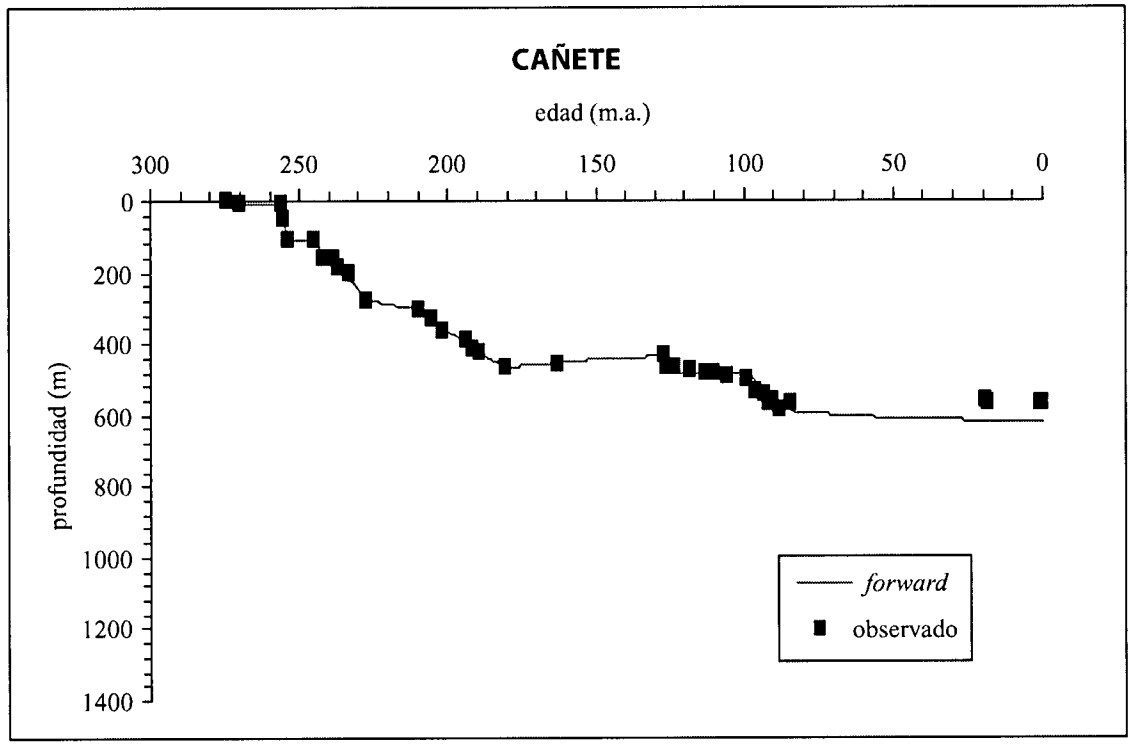
Fig. 60. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
248	242	1,001	1,008	bdfree
236	227,4	0,954	1,017	bdfree
221,5	**180,1**	**0,985**	**1,049**	**bdfree**
126,7	126	1,022	0,992	bdfree
98,9	92	0,999	1,018	bdfree
88,6	84,9	1,028	1,007	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
248	0	-4	109,8	328	331
244,8	14	12	98,9	337	334
242	27	26	96,1	375	362
236	27	27	93,5	393	387
233	74	64	92	411	402
227,4	124	129	89,3	402	404
223,6	126	127	88,6	388	404
221,5	128	126	84,9	406	406
209,6	170	180	71,3	422	422
205,7	**196**	**201**	48	453	437
201,9	222	223	41,6	458	440
193,5	276	271	33,6	470	443
191,5	316	282	28,6	487	445
189,6	312	292	28,3	487	445
180,1	366	345	22,1	489	446
170	349	353	14,5	489	448
126,7	318	370	10,7	496	449
126	323	321	1,8	496	450
123,3	323	325	0	498	451
119	328	327			

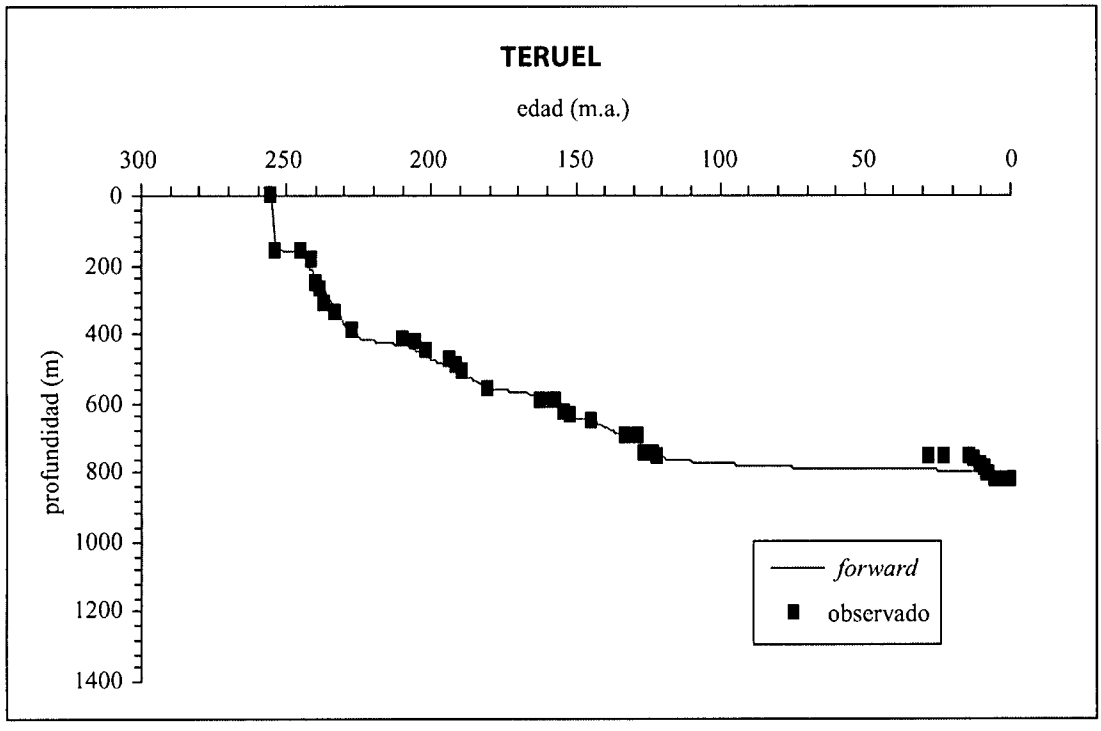
Fig. 61. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
274	270	1,001	1,002	bdfree
256	254	1	1,027	bdfree
244,8	241,8	1	1,01	bdfree
238,3	227,4	1,001	1,026	bdfree
209,6	**180,1**	**0,88**	**1,017**	**bdfree**
127	126	1,004	1,014	bdfree
98,9	88	0,997	1,027	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
274	0	-3	127	430	435
270	7	6	126	470	480
256	7	7	123,3	470	481
255	48	57	118	478	483
254	113	107	113	480	483
244,8	113	114	110	480	484
241,8	159	155	105,5	493	484
238,3	159	162	98,9	504	484
237,1	189	175	96,1	538	510
233	206	218	93,5	539	533
227,4	278	277	92	571	547
209,6	305	302	90,2	558	564
205,7	**332**	**329**	88	589	585
201,9	362	353	84,1	566	589
193,5	394	402	19,3	564	617
191,5	416	413	18,2	566	617
189,6	420	423	1,1	566	619
180,1	466	470	0	568	620
162,5	461	451			

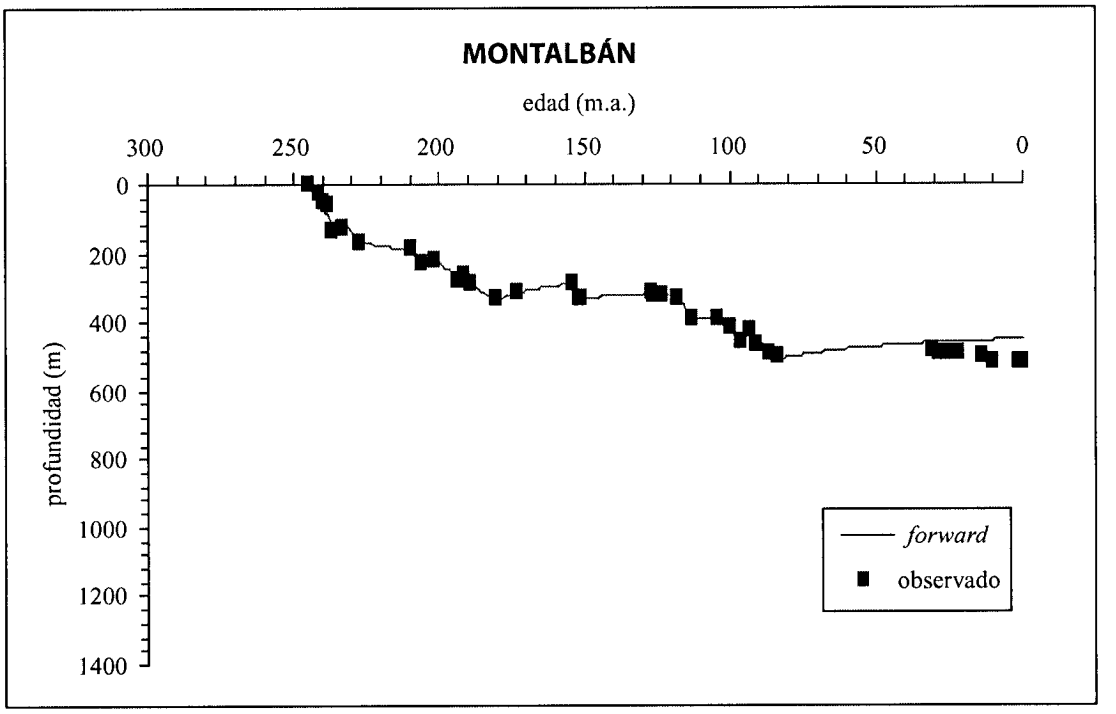
Fig. 62. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
255	254	0,997	1,04	bdfree
244,8	227,4	0,992	1,057	bdfree
209,6	**180,1**	**1,013**	**1,027**	**bdfree**
158	151,5	1	1,016	bdfree
144,2	133	1	1,011	bdfree
128,5	126	1,001	1,013	bdfree
123,3	121,5	1,001	1,003	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
255	0	-3	151,5	638	643
254	159	149	144,2	650	651
244,8	159	168	133	699	697
241,5	188	214	128,5	699	701
239,9	255	236	126	746	744
238,5	270	255	123,3	746	747
237,1	315	274	121,5	758	757
233	340	330	28	754	793
227,4	393	406	23	754	794
209,6	415	433	14	754	794
205,7	**427**	**448**	12,5	762	794
201,9	446	463	10,5	781	795
193,5	474	497	8,7	793	795
191,5	493	505	7,9	802	795
189,6	506	513	7,1	808	795
180,1	558	555	5,2	819	795
162	592	578	3,5	820	795
158	592	582	2	820	795
156,8	595	593	1,7	820	795
154,1	628	618	0	822	795

Fig. 63. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.

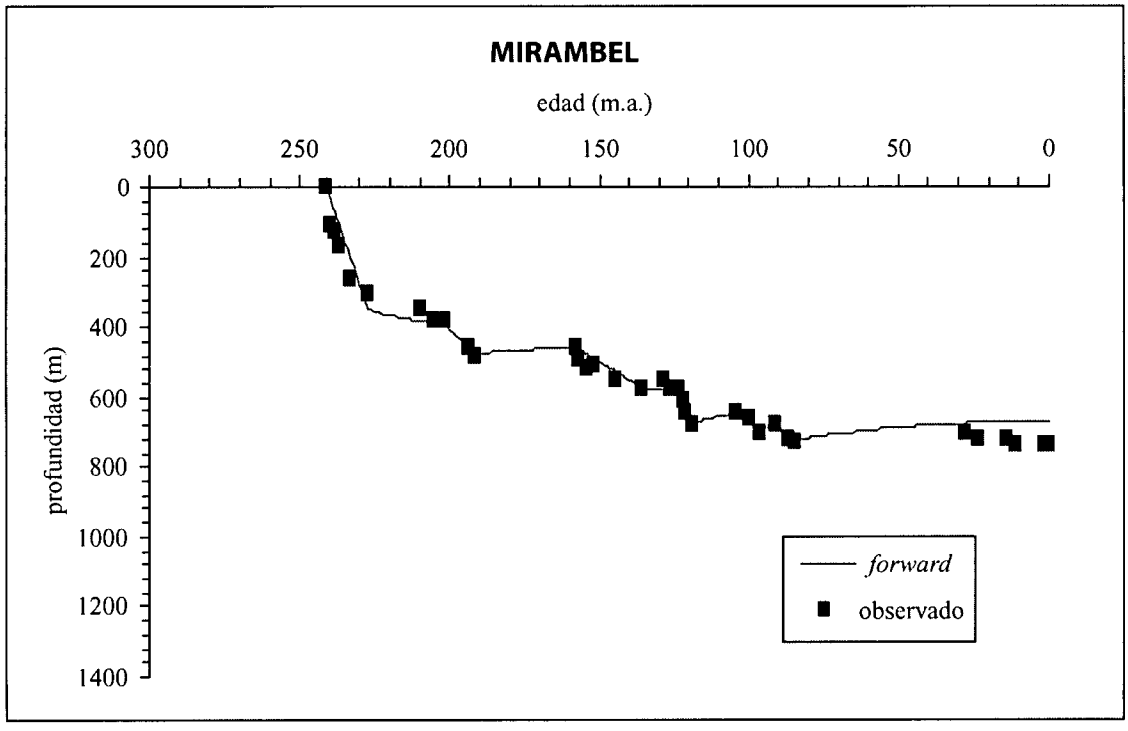


edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244,8	237,1	1,001	1,029	bdfree
233	227,4	0,997	1,012	bdfree
209,6	**205,9**	**0,954**	**0,997**	**bdfree**
201,7	193,6	1	1,014	bdfree
191,4	180,1	0,882	0,991	bdfree
154	151,5	1	1,012	bdfree
127	126	1,001	1,002	bdfree
118	113	0,999	1,019	bdfree
104,5	96	0,864	0,982	bdfree
93,5	83,7	0,999	1,029	bdfree

edad	sub obs	sub pred
244,8	0	-4
241,5	22	44
239,9	53	67
238,5	62	87
237,1	132	108
233	126	111
227,4	173	165
209,6	183	190
205,9	**228**	**225**
201,7	217	216
193,6	277	269
191,4	263	270
189,6	285	285
180,1	334	335
173	317	315
154	286	287
151,5	333	330
151	330	330
127	316	318

edad	sub obs	sub pred
126	322	325
123,3	322	324
118	327	323
113	393	390
104,5	390	392
100	417	427
96	456	445
93,5	426	431
90,8	464	450
86,9	488	481
83,7	500	509
31	480	461
28,4	494	460
25,2	496	458
21,9	496	457
14	503	455
10,5	514	454
1,7	514	451
0	515	451

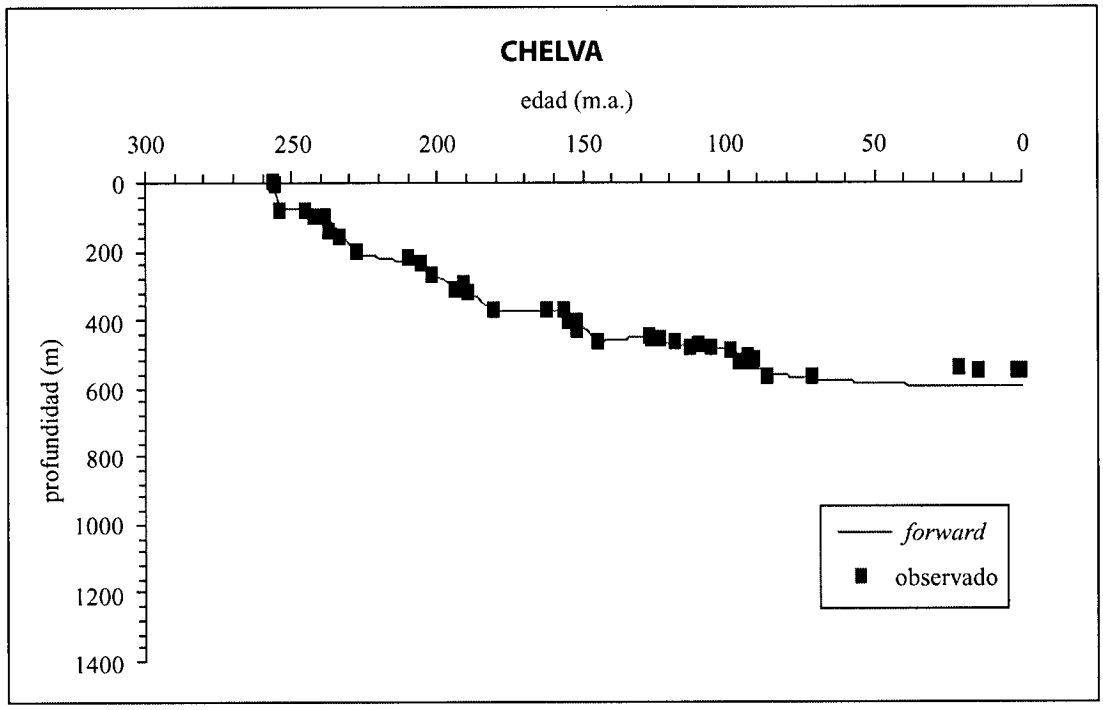
Fig. 64. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
241,3	227,4	0,983	1,089	bdfree
209,6	**205,7**	**1**	**0,998**	**bdfree**
201,9	191,7	0,915	1,004	bdfree
158	135,5	1,001	1,033	bdfree
128	126	1,001	0,998	bdfree
123,3	119	0,89	0,999	bdfree
104,5	96	0,921	0,996	bdfree
90,8	86,9	1,001	1,019	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
241,3	0	-4	126	575	574
239,9	111	31	123,3	576	575
238,5	127	66	122	614	611
237,1	169	101	121	645	637
233	261	205	119	677	683
227,4	307	349	104,5	648	647
209,6	350	382	100	665	676
205,7	**381**	**379**	96	704	696
201,9	381	383	90,8	675	675
193,5	454	464	86,9	724	728
191,7	487	479	84	728	724
158	457	457	28	708	675
156,8	494	463	23,7	719	673
154,1	519	476	14	719	670
151,5	512	489	11,2	735	669
144,2	554	527	1,75	735	667
135,5	579	575	0	736	667
128	549	581			

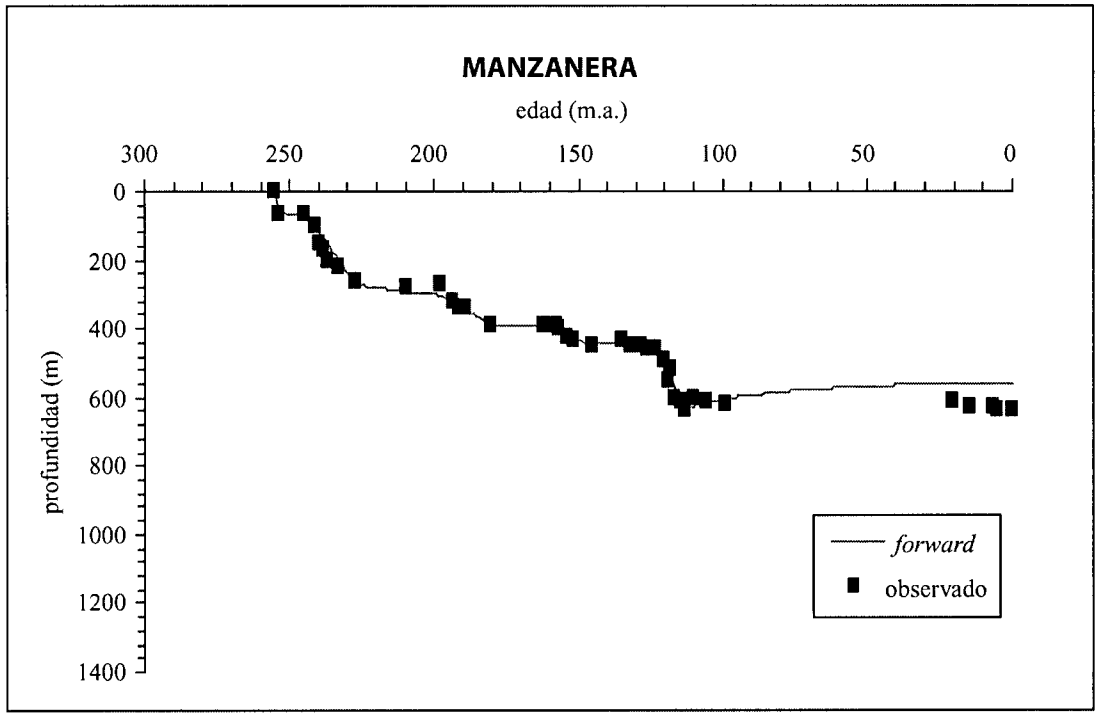
Fig. 65. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
256	254	1,002	1,02	bdfree
244,8	241,8	1,001	1,005	bdfree
238,4	227,4	0,995	1,025	bdfree
209,6	**194**	**0,999**	**1,015**	**bdfree**
191	180,1	0,96	1,008	bdfree
156,5	154,5	1,001	1,009	bdfree
151,8	144,3	0,944	1,002	bdfree
126,8	126	1,058	1,019	bdfree
98,9	86,9	1	1,017	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
256	0	-3	151,5	434	409
255	10	35	144,3	463	465
254	82	73	126,8	449	448
244,8	82	79	126	461	456
241,8	99	97	123,3	461	465
238,4	99	99	118	470	474
237,1	146	111	113	482	479
233	160	149	110	478	481
227,4	204	206	105,5	484	485
209,6	223	230	98,9	493	489
205,7	**238**	**248**	96,1	522	504
201,9	273	266	93,5	513	518
194	310	302	92	530	527
191	296	305	90,8	521	533
189,6	324	315	86,9	568	557
180,1	372	374	71	566	572
162	374	373	21,5	545	595
156,5	374	374	14,5	549	596
154,5	406	405	1,7	549	598
151,8	406	406	0	550	598

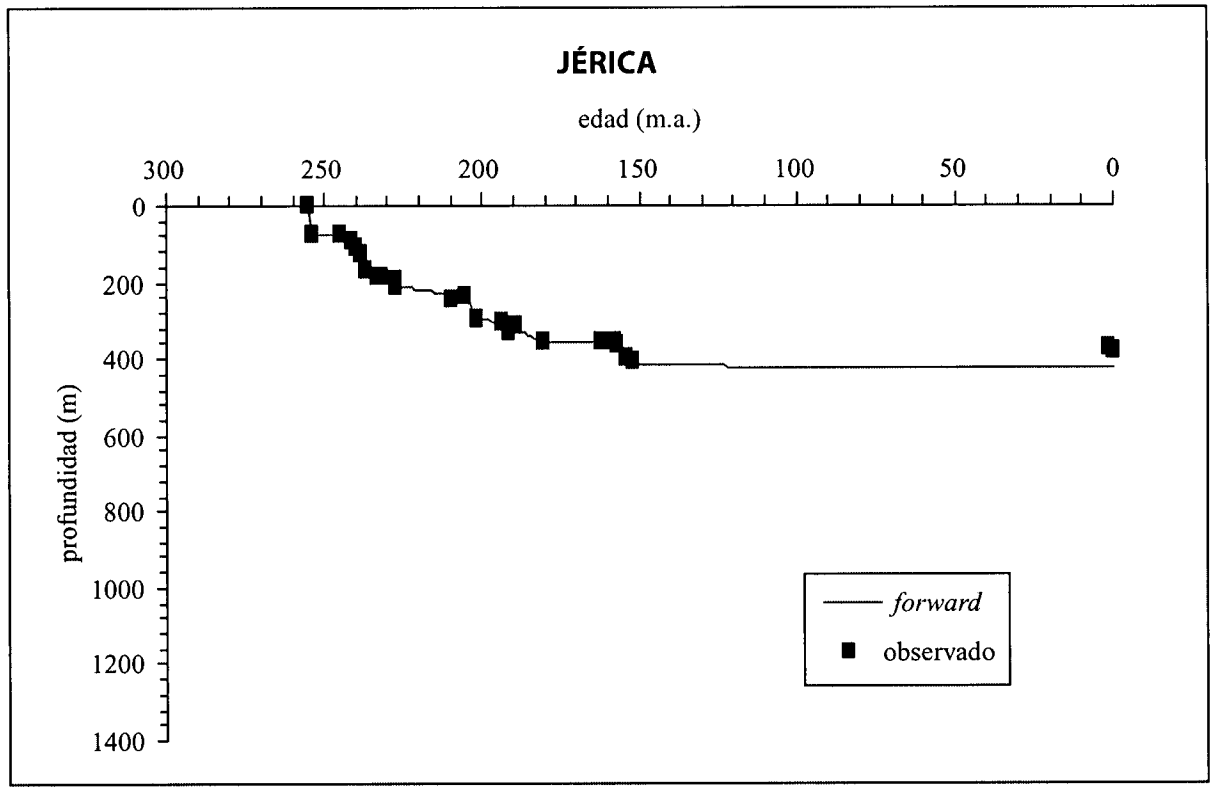
Fig. 66. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
255	254	0,999	1,017	bdfree
244,8	**227,4**	**0,981**	**1,046**	**bdfree**
198	180,1	0,967	1,014	bdfree
158	151,5	0,999	1,012	bdfree
135	132	1,001	1,002	bdfree
128,5	126	1,001	1,004	bdfree
123,3	119	1	1,019	bdfree
118,2	113	0,887	0,999	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
255	0	-3	145	446	438
254	64	62	135	433	440
244,8	64	66	132	448	447
241,5	101	103	128,5	448	448
239,9	156	121	126	462	461
238,5	166	137	123,3	462	462
237,1	206	153	120,4	493	507
233	218	202	119	549	529
227,4	266	271	118,2	520	530
209,8	**277**	**293**	116,5	600	569
198	270	302	114,5	614	609
193,5	320	326	113	633	637
191,5	343	336	110	604	624
189,6	343	345	105,5	611	614
180,1	389	389	99,3	617	604
162	391	391	20,3	612	560
158	391	391	14,5	625	559
156,8	398	399	6,5	625	557
154,1	422	418	5,2	636	557
151,5	432	435	0	638	557

Fig. 67. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.

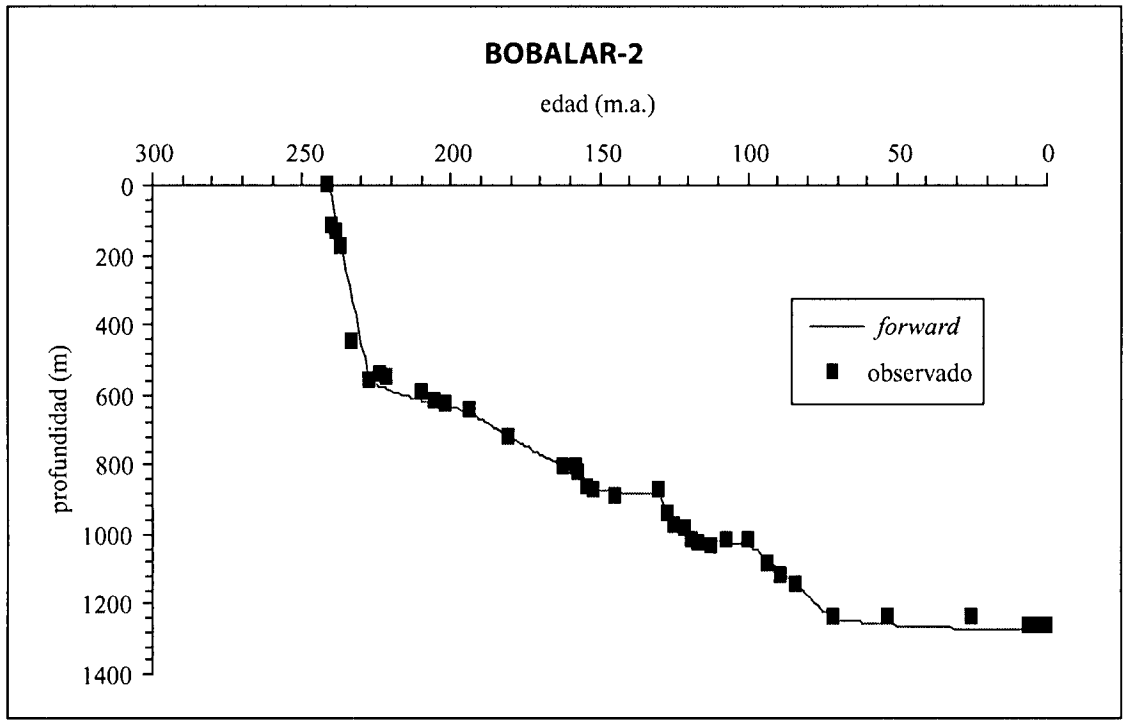


edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
255	254	0,991	1,019	bdfree
244,8	237,1	1,001	1,021	bdfree
231,6	**227,6**	**1,004**	**1,009**	**bdfree**
205,2	201,9	1	1,016	bdfree
193,5	180,1	0,963	1,004	bdfree
158	152	1	1,015	bdfree

edad	sub obs	sub pred
255	0	-3
254	79	78
244,8	79	80
241,5	95	114
239,9	107	131
238,5	126	146
237,1	173	162
233,5	185	169
231,6	183	172
227,6	208	207
227,2	191	208
210	**243**	**230**
205,2	236	235

edad	sub obs	sub pred
201,9	293	296
193,5	308	305
191,5	327	315
189,6	314	323
180,1	359	358
162	358	358
158	358	358
156,8	369	369
154,1	398	393
152	408	412
1,7	377	426
0	378	426

Fig. 68. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.

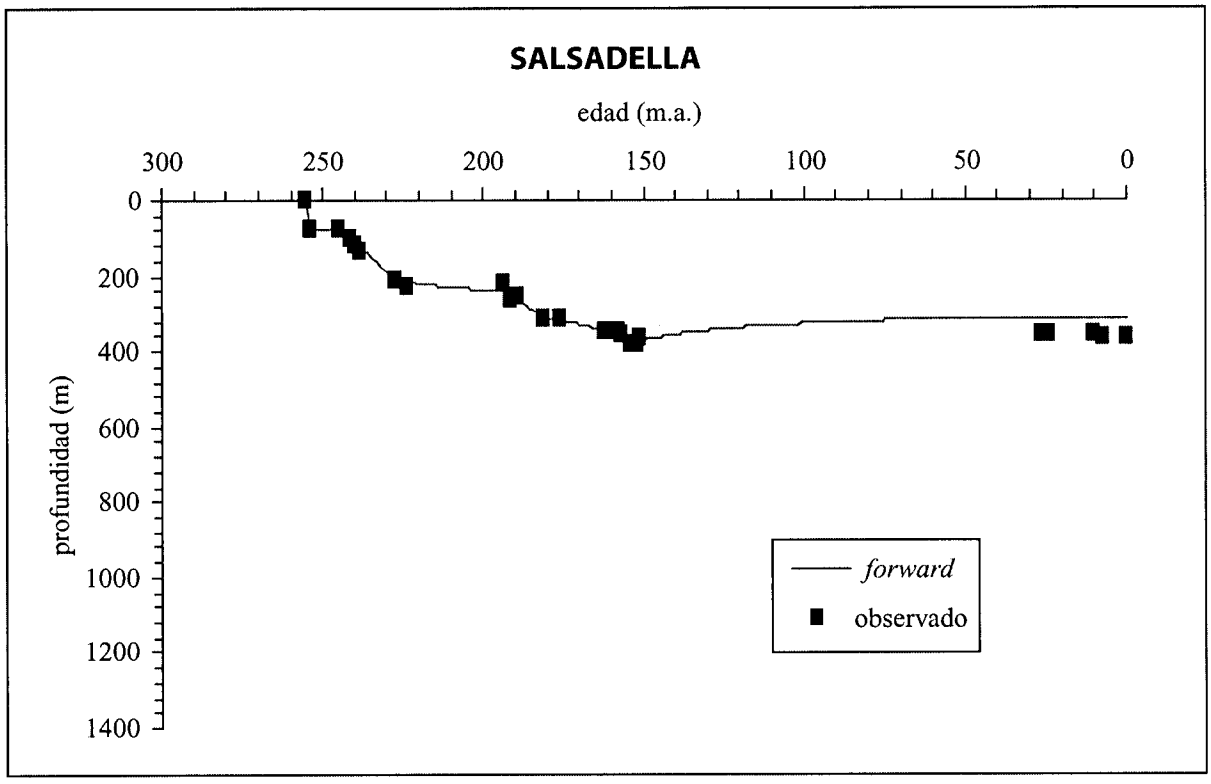


edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
241	227,4	0,992	1,155	bdfree
209,6	**201,9**	**1,023**	**1,004**	**bdfree**
193,5	162	0,955	1,023	bdfree
158	154,1	1	1,019	bdfree
130	124,5	1	1,027	bdfree
121	119	0,96	0,998	bdfree
100	71,3	0,997	1,066	bdfree

edad	sub obs	sub pred
241	0	-4
239,9	117	42
238,5	135	100
237,1	179	158
233	448	331
227,4	557	560
223,6	543	576
221,5	555	584
209,6	594	618
205,7	**620**	**623**
201,9	631	629
193,5	649	649
180,1	721	721
162	805	804
158	805	806
156,8	823	825
154,1	864	870
151,5	874	872
144,6	890	877

edad	sub obs	sub pred
130	877	885
127	938	935
124,5	975	977
121	985	984
119	1016	1023
116,5	1025	1021
112,2	1036	1021
106,9	1015	1023
100	1022	1025
93,5	1084	1073
89	1122	1107
83,5	1144	1149
71,3	1237	1242
53	1239	1258
25	1237	1271
6	1266	1275
1,6	1266	1276
0	1266	1277

Fig. 69. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.

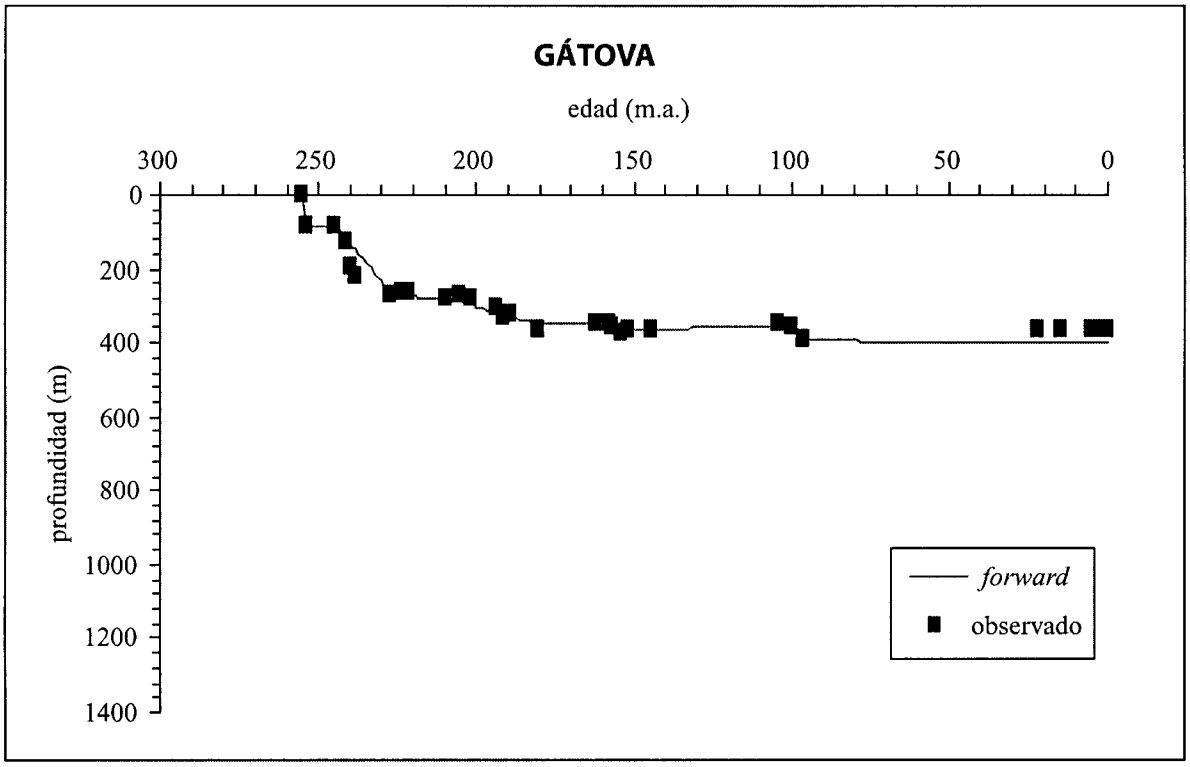


edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
255	254	0,991	1,019	bdfree
244,8	**227,4**	**0,989**	**1,029**	**bdfree**
193,3	181,1	1	1,017	bdfree
176	162	1,001	1,005	bdfree
158	154,1	0,911	0,987	bdfree

edad	sub obs	sub pred
255	0	-3
254	79	78
244,8	79	80
241,5	98	103
239,9	119	115
238,5	137	125
227,4	215	209
224	**225**	**214**
193,3	223	241
191,5	265	251
189,6	258	262
181,1	314	312

edad	sub obs	sub pred
176	314	316
162	346	344
158	346	346
156,8	358	361
154,1	386	385
151,5	379	374
150,8	367	372
26,2	354	312
23,9	356	312
10,5	356	311
7,2	363	311
0	363	311

Fig. 70. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.

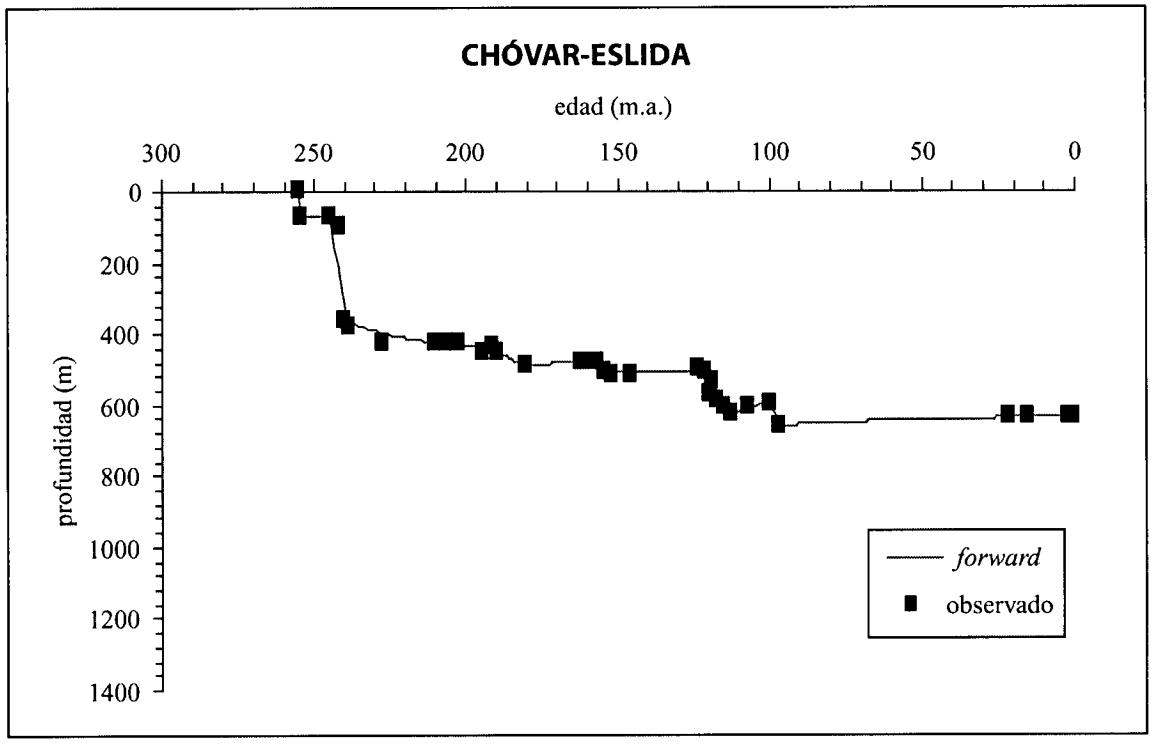


edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
255	254	0,982	1,019	bdfree
244,8	**227,4**	**0,985**	**1,042**	**bdfree**
205,5	180,1	0,977	1,008	bdfree
158	154,1	0,97	0,998	bdfree
100	96	1,001	1,011	bdfree

edad	sub obs	sub pred
255	0	-3
254	85	85
244,8	85	85
241,5	124	117
239,9	191	133
238,5	221	147
227,4	270	265
223,6	263	270
221,5	260	273
209,8	**276**	**285**
205,5	269	288
201,9	279	298
193,5	308	320
191,5	330	324
189,6	320	329
180,1	366	350

edad	sub obs	sub pred
162	350	352
158	350	353
156,8	354	360
154,1	377	373
151,5	367	370
144,5	366	365
104,5	352	354
100	356	354
96	393	392
21,7	364	397
14,6	364	397
5	364	397
3,7	368	397
1,7	368	397
0	369	397

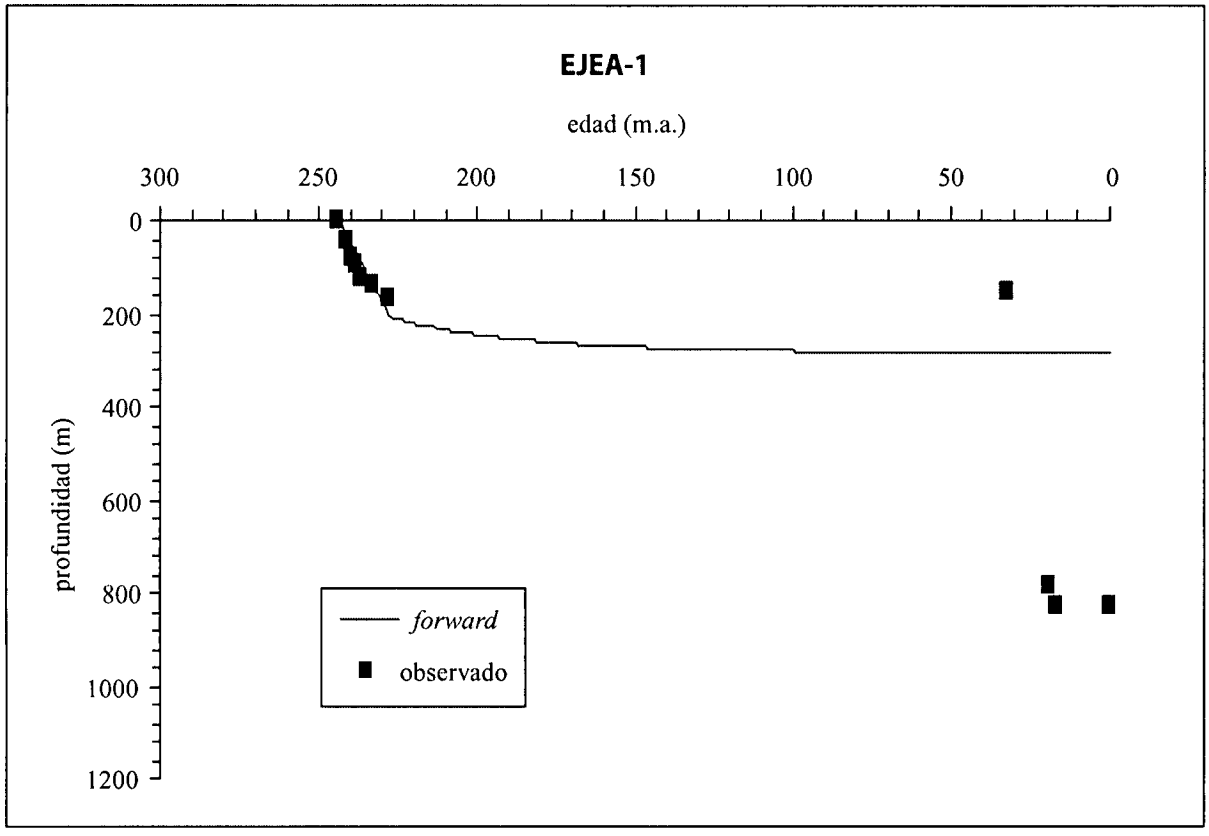
Fig. 71. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
255	254	0,985	1,017	bdfree
244,8	**238,5**	**1,003**	**1,081**	**bdfree**
205,3	194	1	0,999	bdfree
191,2	180,1	0,937	0,998	bdfree
158	154,1	1	1,009	bdfree
123	119	1	1,012	bdfree
118,2	112,2	0,885	0,993	bdfree
99,3	96	1,001	1,021	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
255	0	-3	154,1	509	511
254	74	74	151,5	515	511
244,8	74	74	145	517	511
241,5	98	229	123	504	509
239,9	360	305	121	513	529
238,5	379	370	119	569	550
227,4	424	400	118,2	540	551
210	**430**	427	116,5	589	579
205,3	424	433	114,5	612	607
201,9	429	436	112,2	629	635
194	450	441	106,9	609	613
191,2	437	444	99,3	601	597
189,6	454	453	96	663	662
180,1	493	495	21,4	633	640
162	482	482	15	635	639
158	482	480	1,5	635	638
156,7	484	490	0	637	638

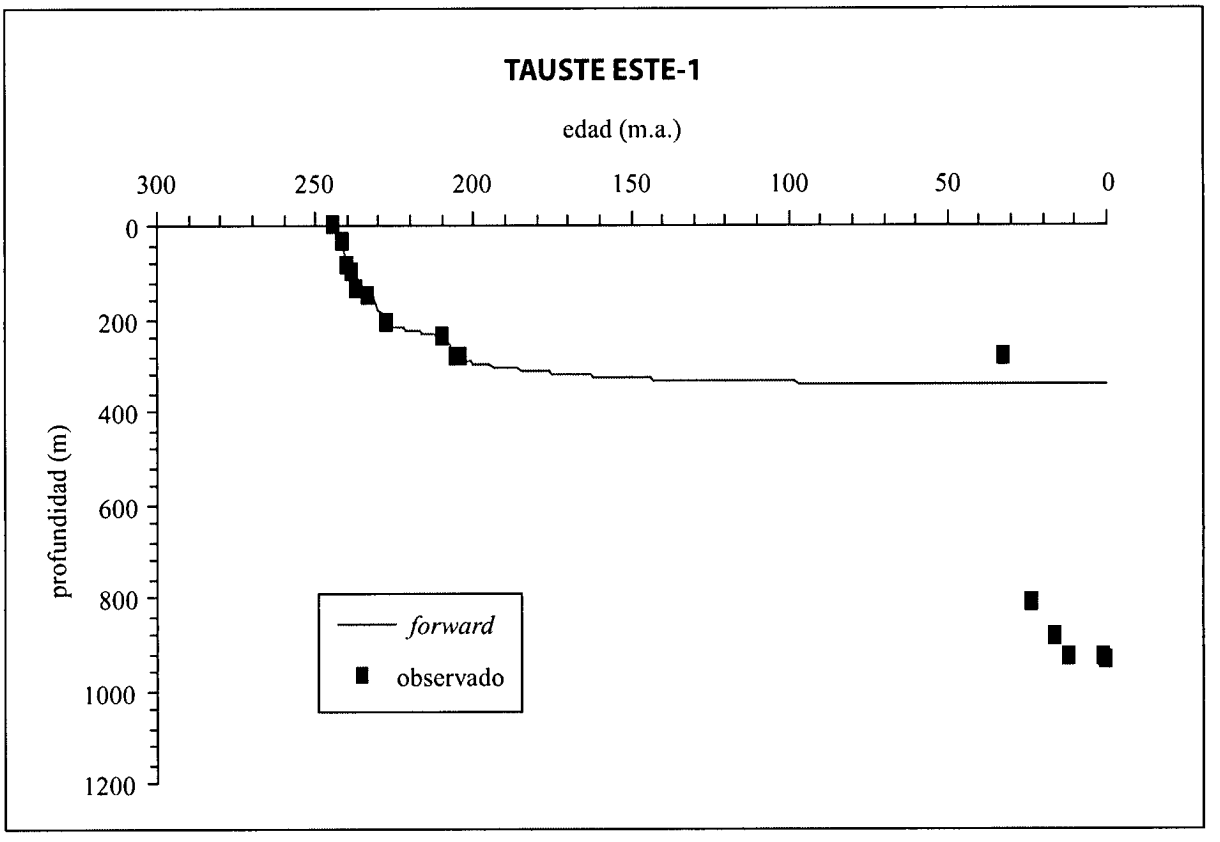
Fig. 72. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	228	0,999	1,053	bdfree

edad	sub obs	sub pred
244	0	-4
241,5	46	28
239,9	78	48
238,5	95	66
237,1	120	84
233	139	137
228	**170**	**205**
32	153	282
19,3	784	282
17	826	282
0	826	283

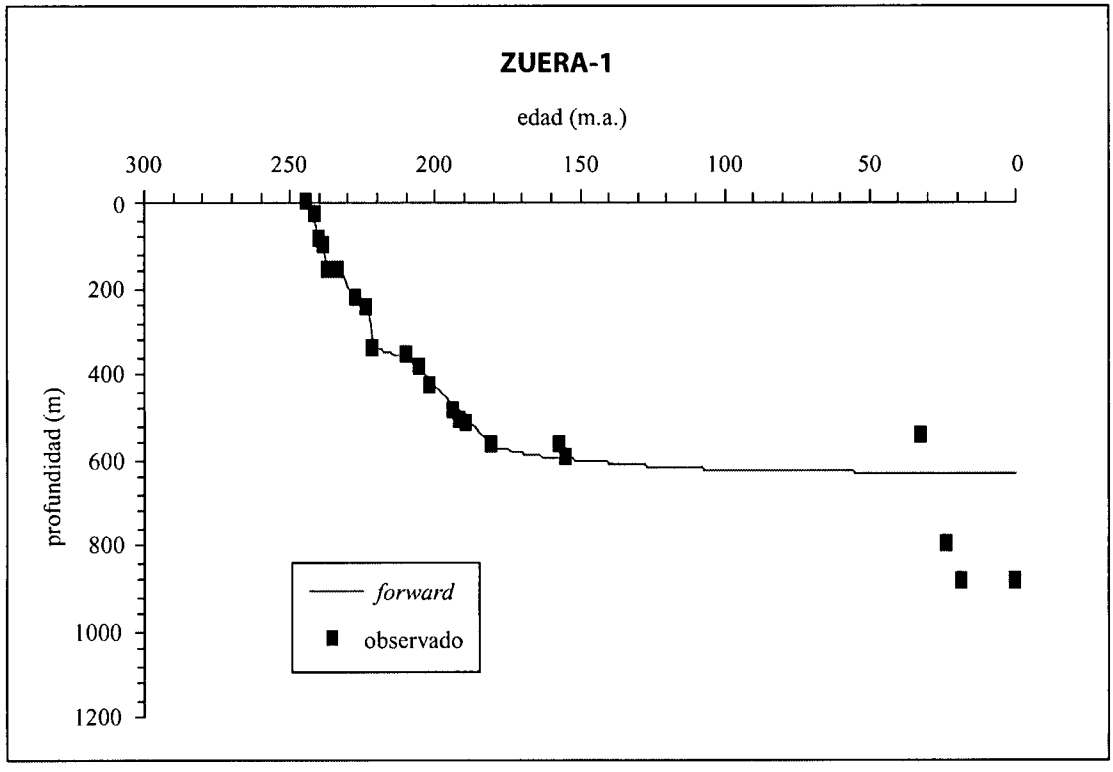
Fig. 73. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	237,1	1,001	1,037	bdfree
233	227,4	1,001	1,016	bdfree
209,6	**204**	**1**	**1,012**	**bdfree**

edad	sub obs	sub pred
244	0	-4
241,5	35	48
239,9	88	81
238,5	100	110
237,1	139	139
233	151	143
227,4	213	212
209,6	240	239
205,7	**281**	**275**
204	286	290
32	284	341
23,7	813	342
16,4	888	342
12	934	342
0,5	934	342
0	935	342

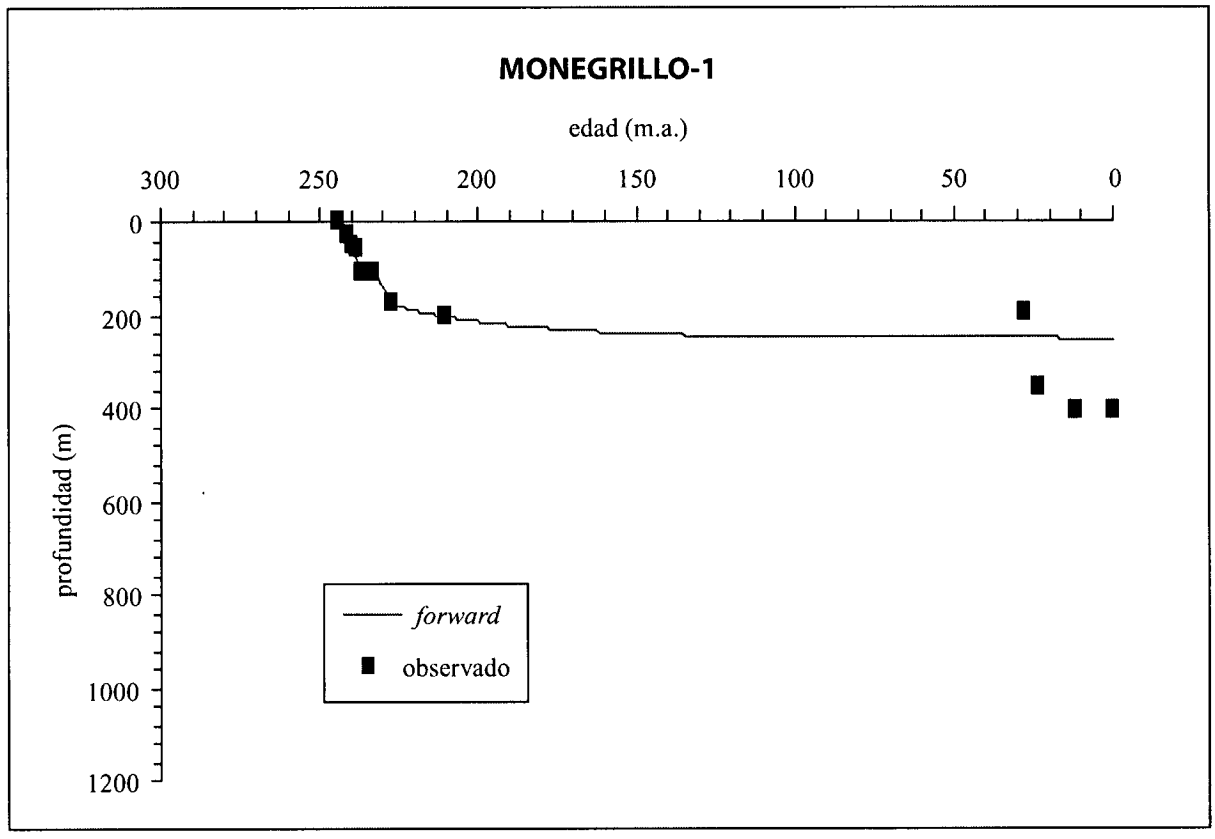
Fig. 74. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	237,1	1,003	1,039	bdfree
233	227,4	1	1,019	bdfree
223,6	221,5	0,998	1,025	bdfree
209,6	**180,1**	**0,988**	**1,045**	**bdfree**
156,8	154,8	1,001	0,999	bdfree

edad	sub obs	sub pred
244	0	-4
241,5	28	50
239,9	84	84
238,5	101	115
237,1	159	145
233	160	155
227,4	229	234
223,6	247	242
221,5	345	338
209,6	354	361
205,7	**388**	**389**
201,9	429	416
193,5	486	475
191,5	510	489
189,6	515	502
180,1	569	570
156,8	570	599
154,8	598	597
32	546	631
23,7	803	631
18	888	631
0	888	632

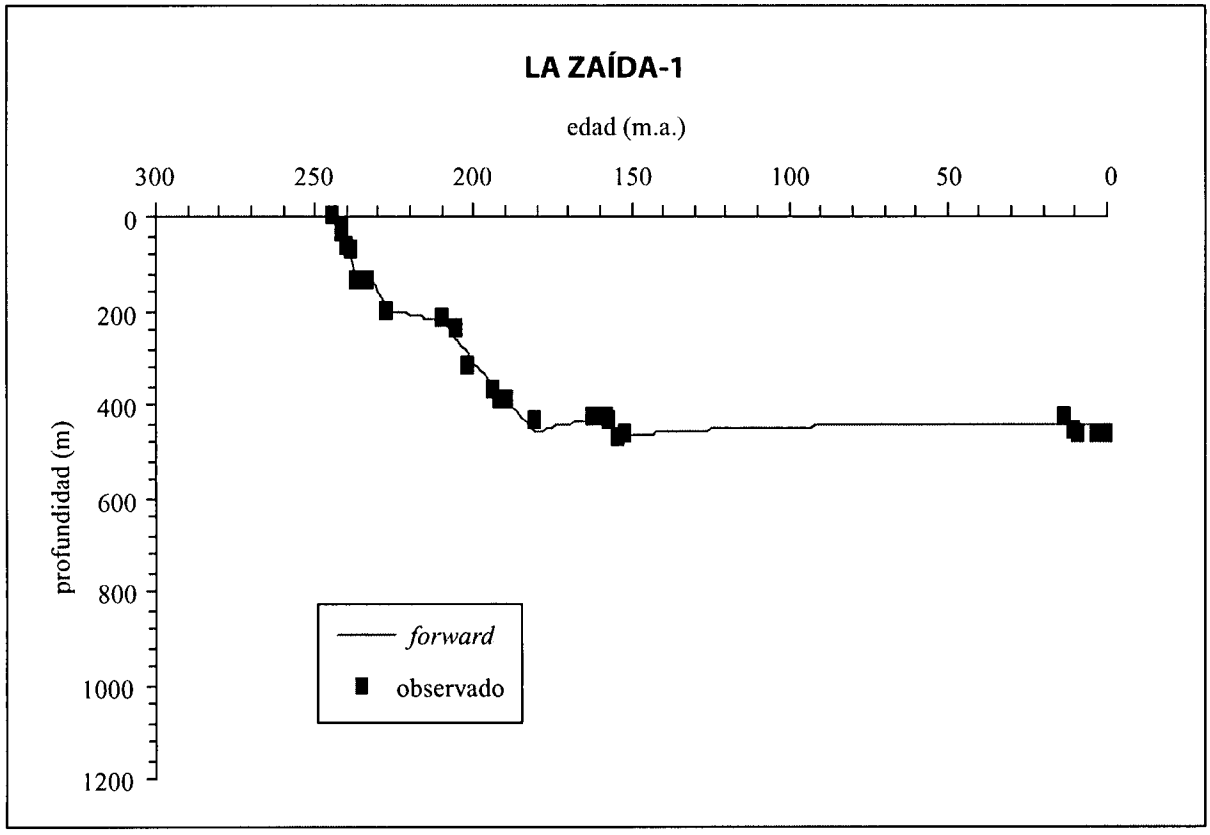
Fig. 75. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	237,1	1,001	1,027	bdfree
233	**227,4**	**1**	**1,018**	**bdfree**

edad	sub obs	sub pred
244	0	-4
241,5	29	33
239,9	52	57
238,5	56	78
237,1	110	99
233	112	102
227,4	175	177
210,5	**206**	**203**
28	199	250
23,7	358	250
12	404	251
0	404	251

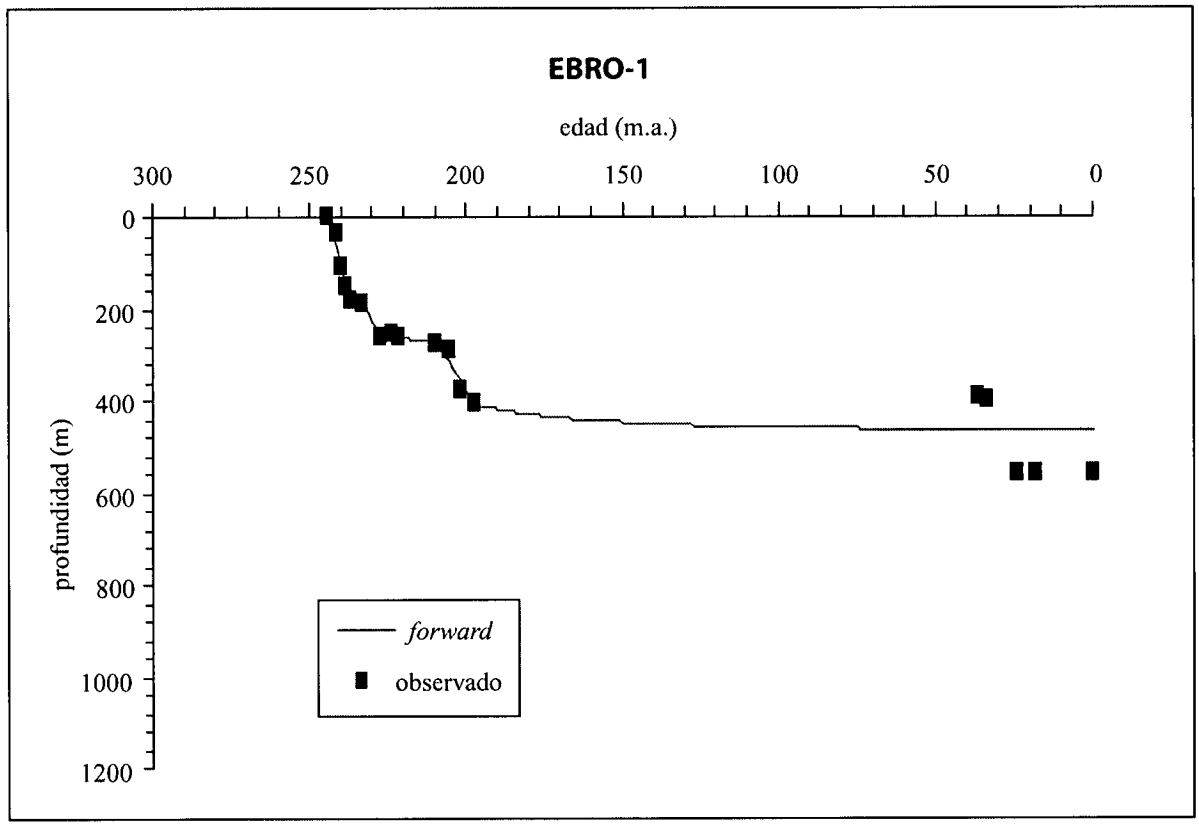
Fig. 76. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	237,1	1,002	1,033	bdfree
233	227,4	0,997	1,016	bdfree
209,6	**180,1**	**0,832**	**1,026**	**bdfree**
158	154,1	1	1,012	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
244	0	-4	189,6	390	393
241,5	23	41	180,1	439	460
241	35	50	162	432	431
240,2	66	64	158	432	427
238,5	74	95	156,8	437	439
237,1	135	120	154,1	471	467
233	138	124	152	463	466
227,4	202	195	13	432	442
209,6	216	222	10,5	458	442
205,7	**239**	**260**	9	465	442
201,9	319	294	3	465	442
193,5	372	363	1,9	467	442
191,5	393	379	0	467	442

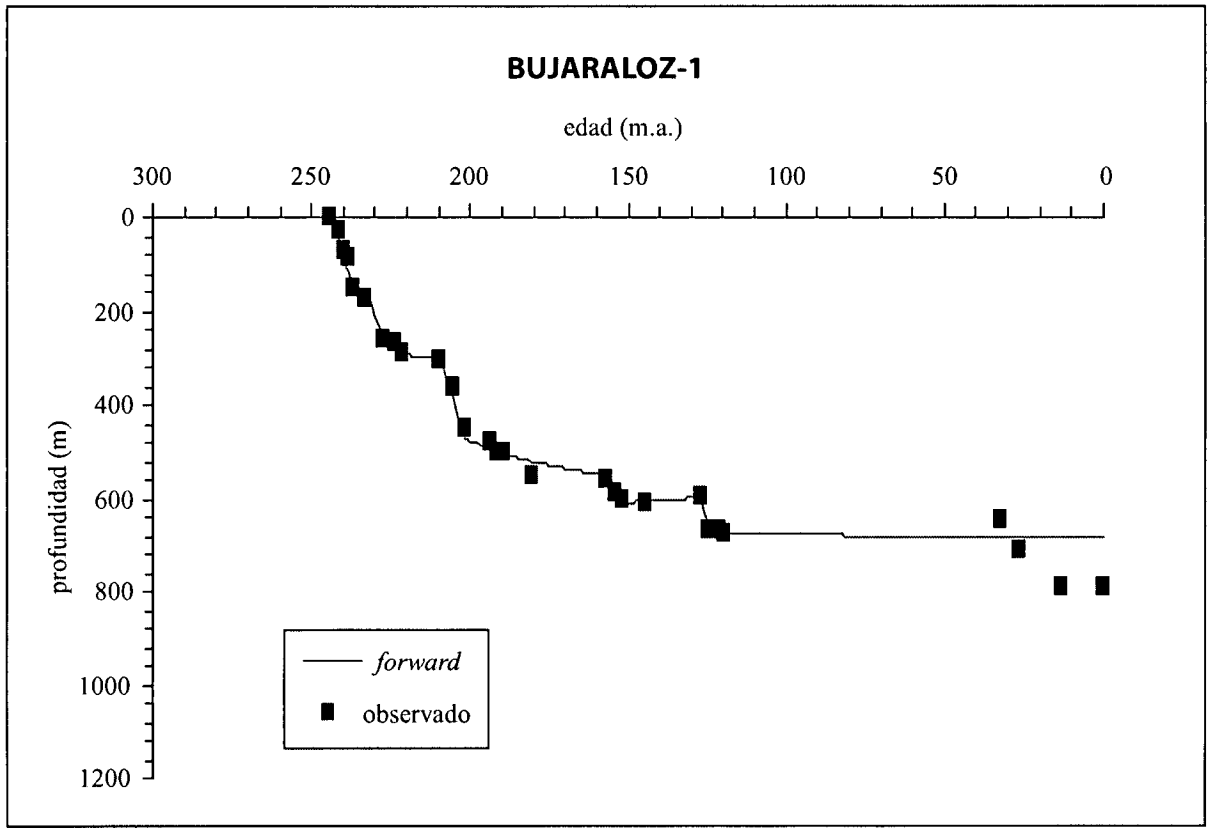
Fig. 77. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	237,1	1	1,048	bdfree
233	227,4	1	1,014	bdfree
223,6	221,5	0,986	0,996	bdfree
209,6	**197**	**1**	**1,034**	**bdfree**

edad	sub obs	sub pred
244	0	-4
241,5	37	63
239,9	109	106
238,5	151	143
237,1	185	182
233	190	192
227,4	259	254
223,6	257	262
221,5	263	263
209,6	274	274
205,7	**291**	**316**
201,9	380	357
197	404	410
37	390	463
33,6	402	463
24,5	558	463
18	563	463
0	563	464

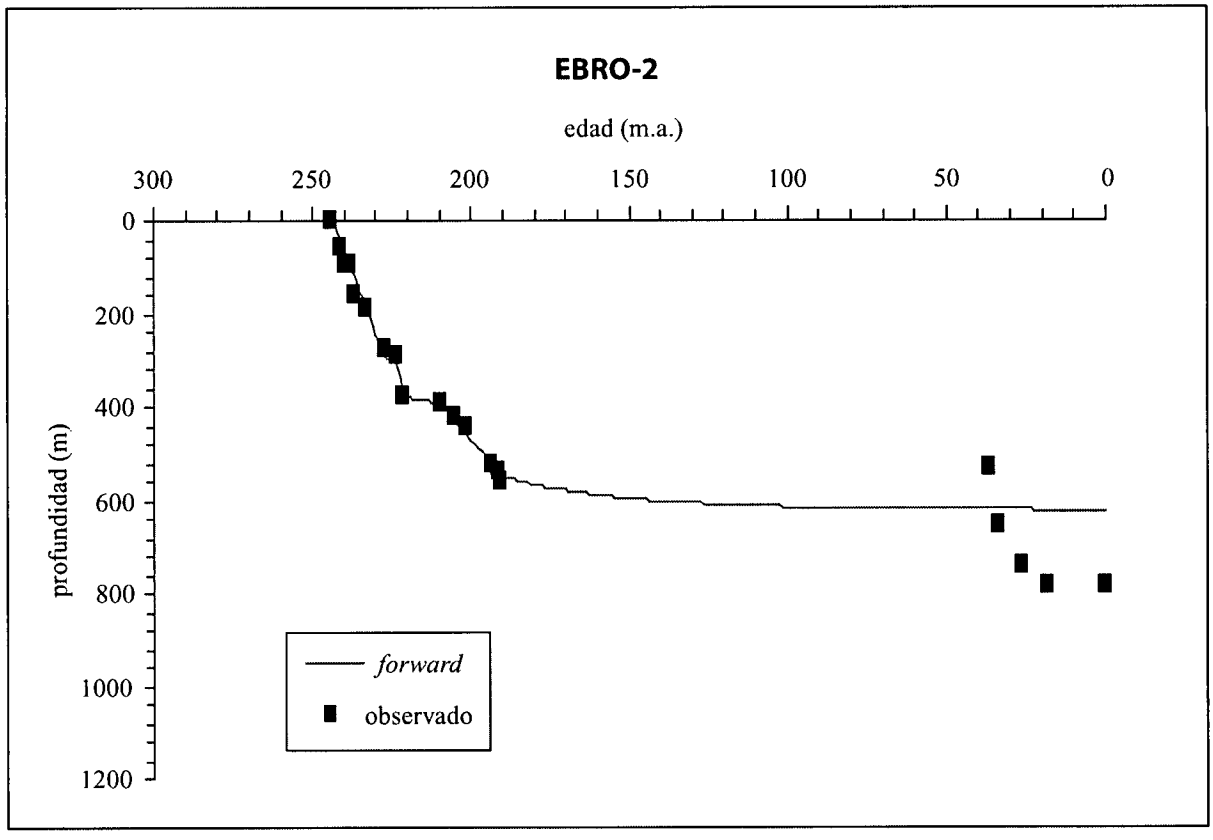
Fig. 78. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	237,1	1,005	1,04	bdfree
233	227,4	0,999	1,026	bdfree
223,6	221,5	0,979	1	bdfree
209,6	**201,9**	**1,028**	**1,051**	**bdfree**
156,8	151,5	0,938	1	bdfree
127	124,5	1	1,022	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
244	0	-4	189,6	504	503
241,5	28	49	180,1	551	521
239,9	74	84	156,8	559	549
238,5	87	114	154,1	591	584
237,1	156	145	151,5	606	613
233	178	155	144,2	610	604
227,4	263	260	127	596	598
223,6	266	269	124,5	669	672
221,5	293	293	121	672	674
209,6	303	303	119,5	679	674
205,7	**362**	**387**	32	650	682
201,9	448	470	26,5	711	682
193,5	480	494	13	791	682
191,5	500	499	0	791	682

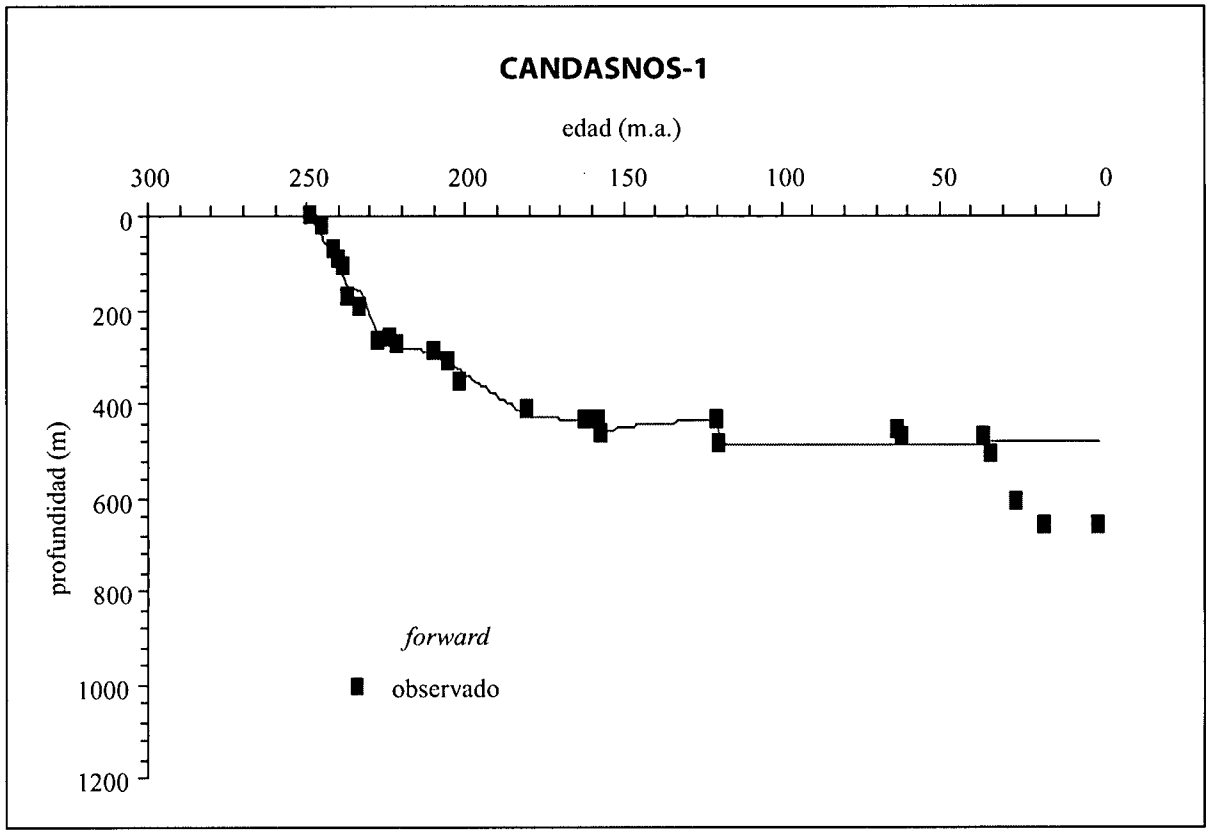
Fig. 79. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	227,4	0,995	1,075	bdfree
223,6	221,5	0,975	1,014	bdfree
209,6	**190,5**	**1,001**	**1,037**	**bdfree**

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
244	0	-4	201,9	443	455
241,5	58	39	193,3	522	526
239,9	92	67	191,5	541	541
238,5	98	91	190,5	557	549
237,1	159	116	37	533	621
233	186	190	33,6	653	621
227,4	277	294	26,5	744	621
223,6	292	302	18	788	622
221,5	380	379	0	788	622
209,6	393	394			
205,7	**423**	**425**			

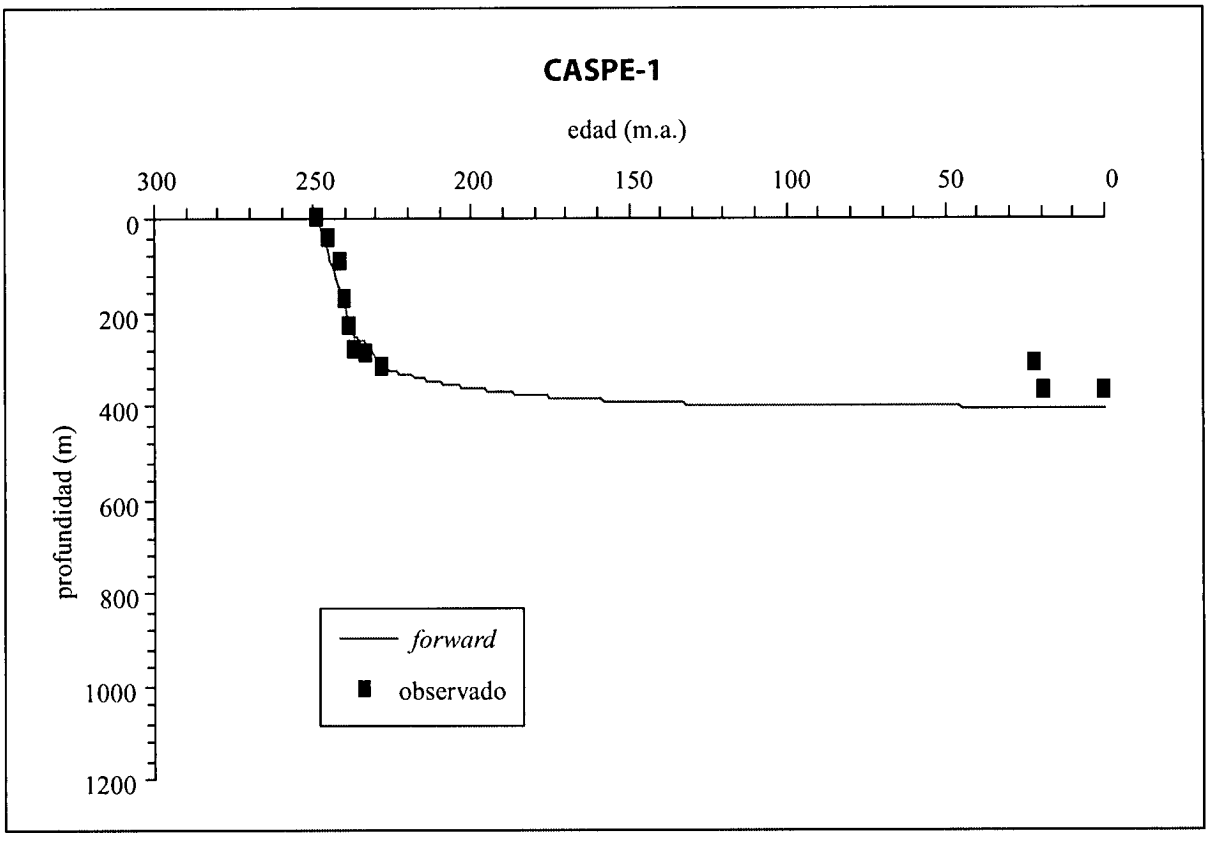
Fig. 80. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
249	237,1	1,004	1,04	bdfree
233	227,4	0,999	1,025	bdfree
223,6	221,5	0,993	1	bdfree
209,6	**180,1**	**0,974**	**1,025**	**bdfree**
158	157	0,948	0,993	bdfree
120	119,5	1,001	1,015	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
249	0	-4	180,1	416	428
244,8	22	50	162	439	436
241,5	70	92	158	439	437
239,9	94	113	157	466	467
238,5	109	131	120	435	433
237,1	171	150	119,5	484	483
233	194	159	63	455	484
227,4	271	261	61,5	470	484
223,6	259	269	36	470	483
221,5	279	278	33,6	506	483
209,6	292	293	25,7	614	483
205,7	**316**	**312**	17	664	483
201,9	354	330	0	664	483

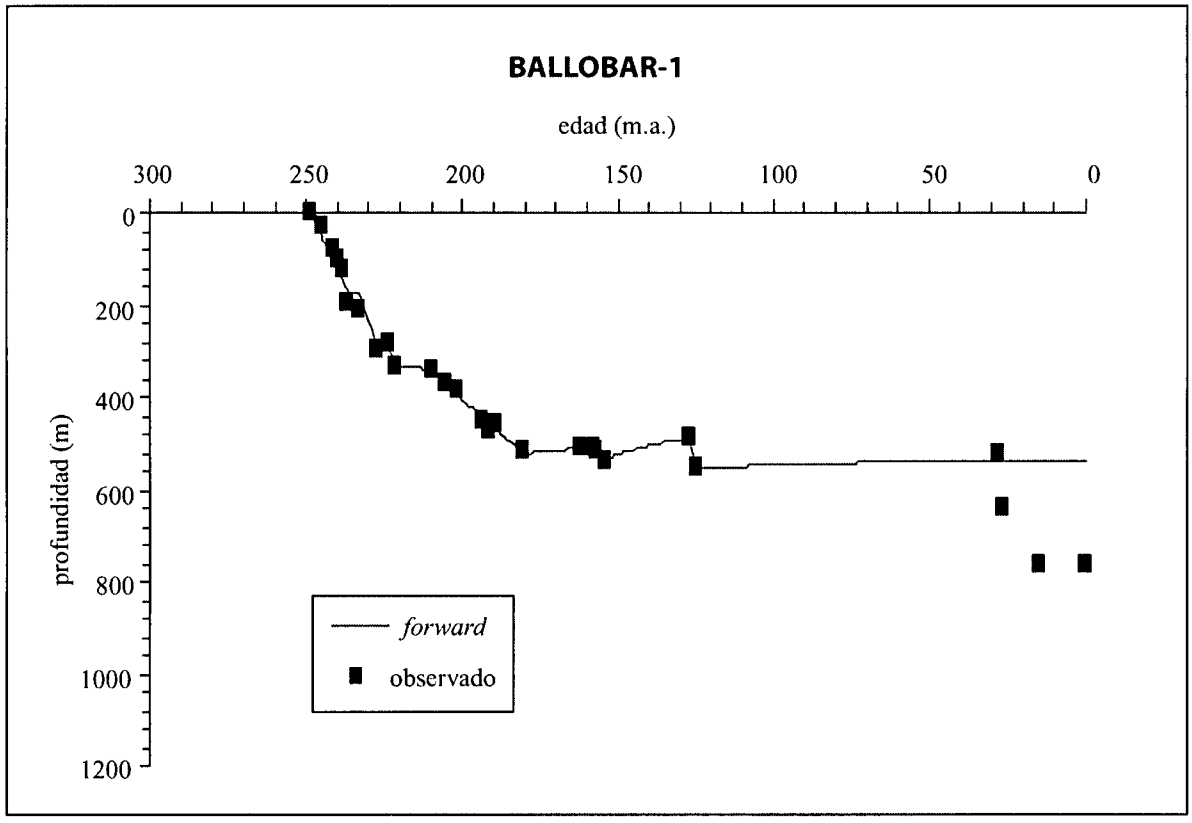
Fig. 81. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
249	237,1	1,003	1,067	bdfree
233	**228**	**1,001**	**1,013**	**bdfree**

edad	sub obs	sub pred
249	0	-4
244,8	41	85
241,5	92	156
239,9	178	192
238,5	236	224
237,1	286	255
233	292	266
228	**322**	**321**
22	316	404
19	368	404
0	368	404

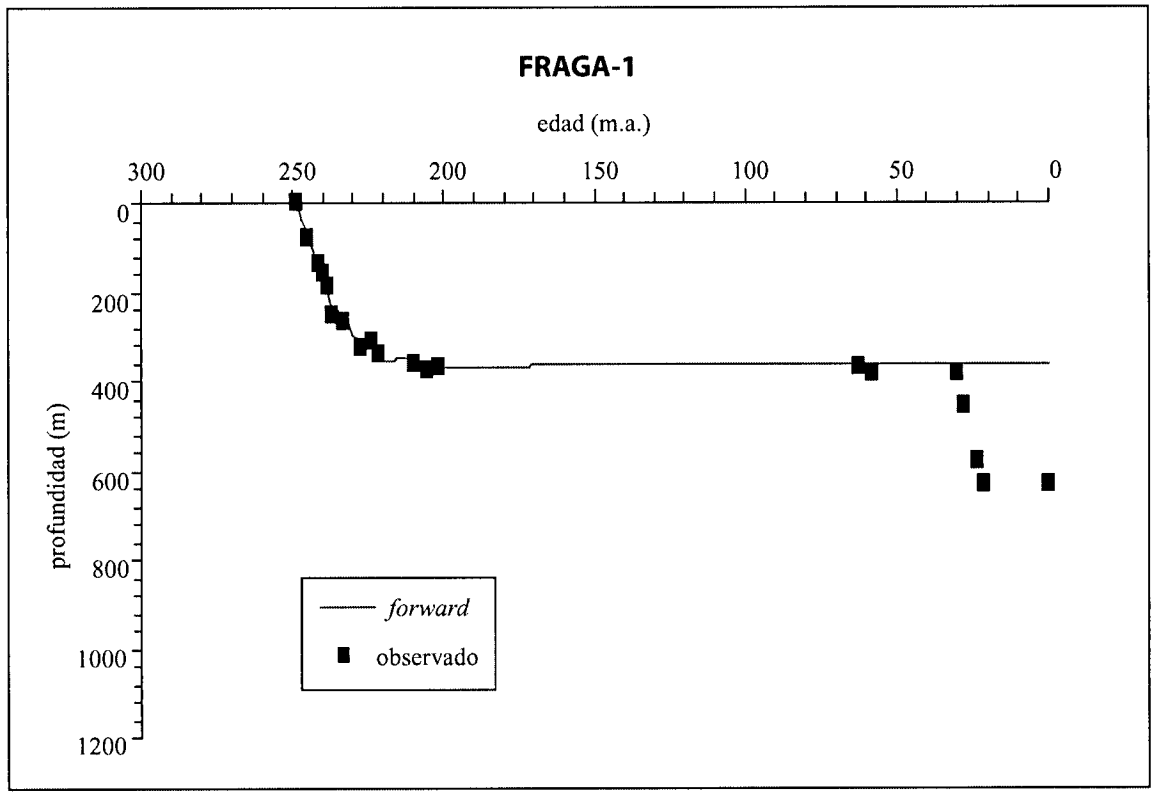
Fig. 82. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
249	237,1	1,002	1,044	bdfree
233	227,4	0,999	1,027	bdfree
223,6	221,5	0,968	1,001	bdfree
209,6	**180,1**	**0,906**	**1,027**	**bdfree**
158	154,1	0,931	0,99	bdfree
127	124,5	1,001	1,02	bdfree

edad	sub obs	sub pred	edad	sub obs	sub pred
249	0	-4	191,5	473	458
244,8	31	56	189,6	460	469
241,5	81	103	180,1	513	522
239,9	103	126	162	511	511
238,5	123	146	158	511	509
237,1	193	168	156,8	515	520
233	210	177	154,1	540	538
227,4	296	287	127	489	489
223,6	286	295	124,5	556	555
221,5	334	334	28	527	537
209,6	341	341	26,2	642	537
205,7	**372**	**369**	15	764	537
201,9	389	394	0	764	537
193,5	453	446			

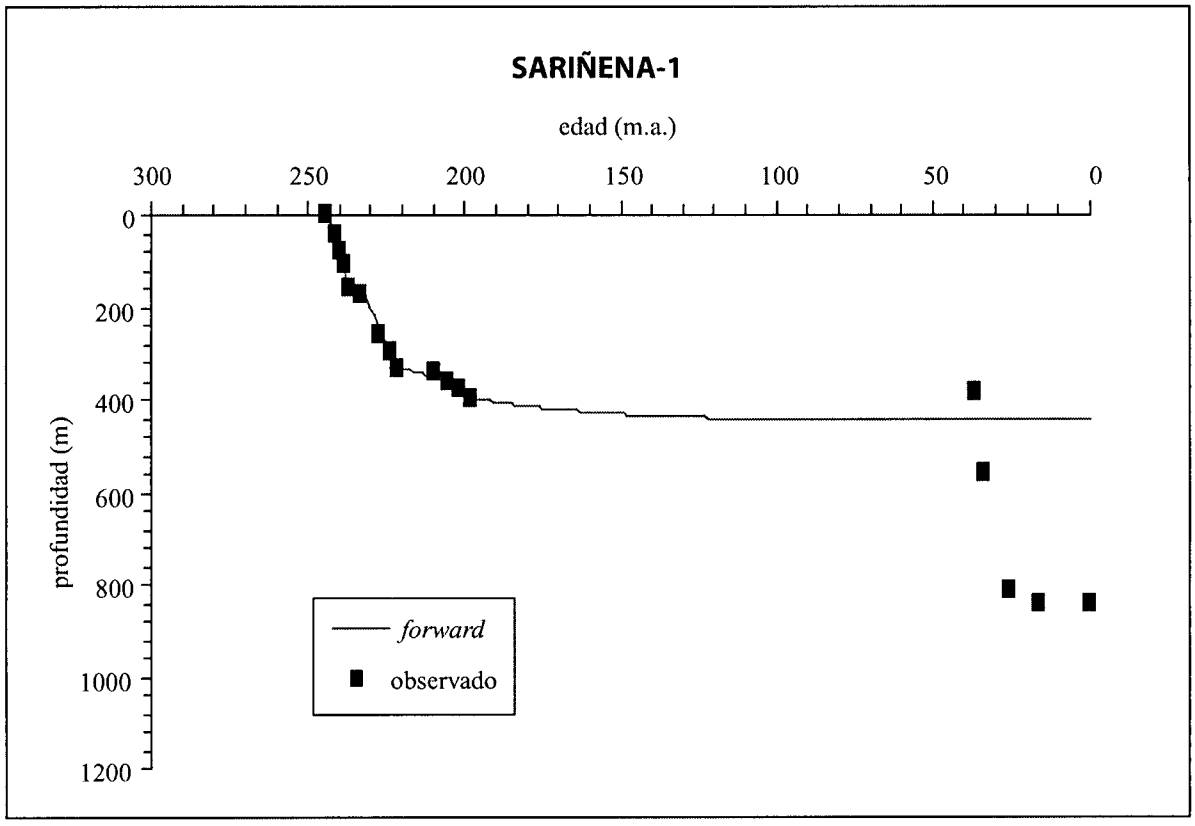
Fig. 83. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
249	237,1	0,999	1,062	bdfree
233	227,4	0,857	0,985	bdfree
223,6	221,5	1,005	1,015	bdfree
209,6	**205,7**	**1,001**	**1,008**	**bdfree**

edad	sub obs	sub pred
249	0	-4
244,8	79	79
241,5	136	145
239,9	159	178
238,5	190	207
237,1	251	237
233	268	247
227,4	327	328
223,6	313	312
221,5	343	357
209,6	361	348
205,7	**377**	**375**
201,9	374	374
62	372	362
58	386	362
30	386	361
28	461	361
23,7	579	361
21	633	361
0	633	361

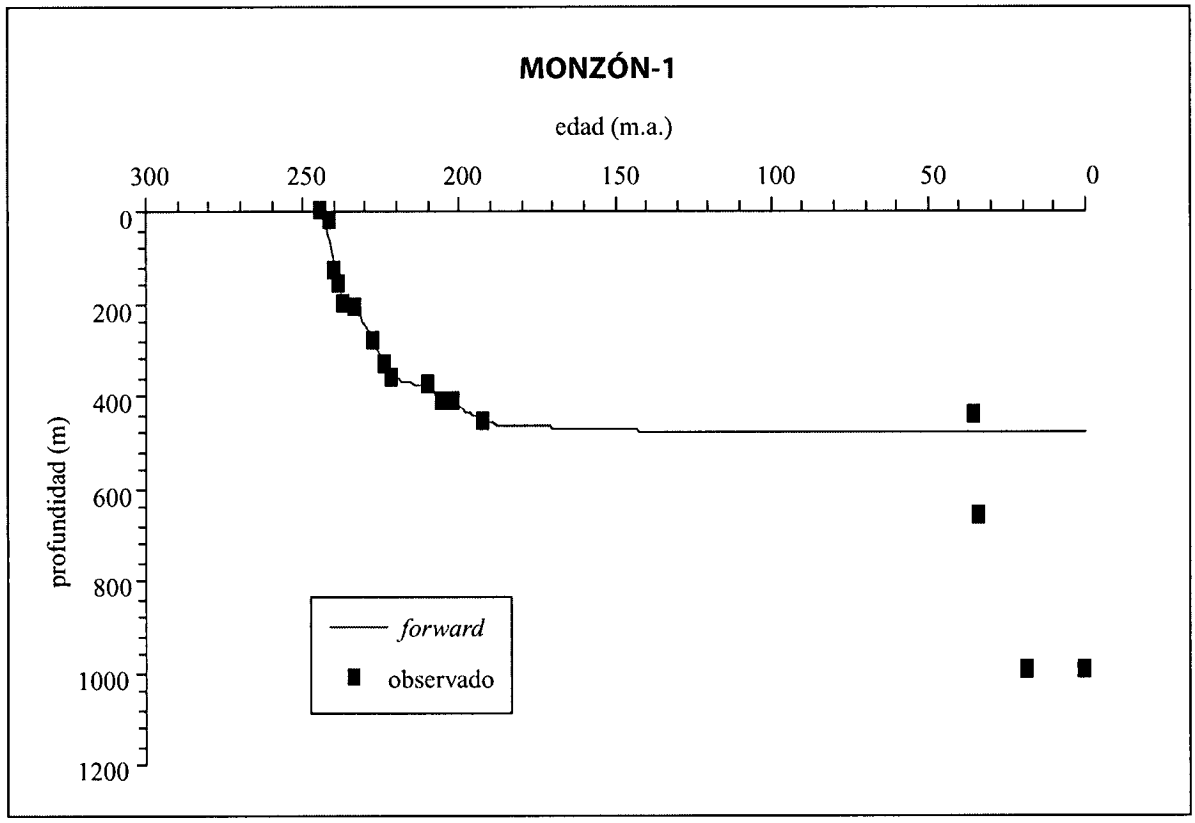
Fig. 84. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	237,1	1,002	1,041	bdfree
233	221,5	0,998	1,039	bdfree
209,6	**198**	**1**	**1,008**	**bdfree**

edad	sub obs	sub pred
244	0	-4
241,5	44	53
239,9	83	89
238,5	107	121
237,1	159	153
233	175	163
227,4	260	244
223,6	296	299
221,5	334	330
209,6	342	351
205,7	**367**	**366**
201,9	375	381
198	400	396
37	387	447
33,6	563	447
25,5	817	447
16	846	447
0	846	447

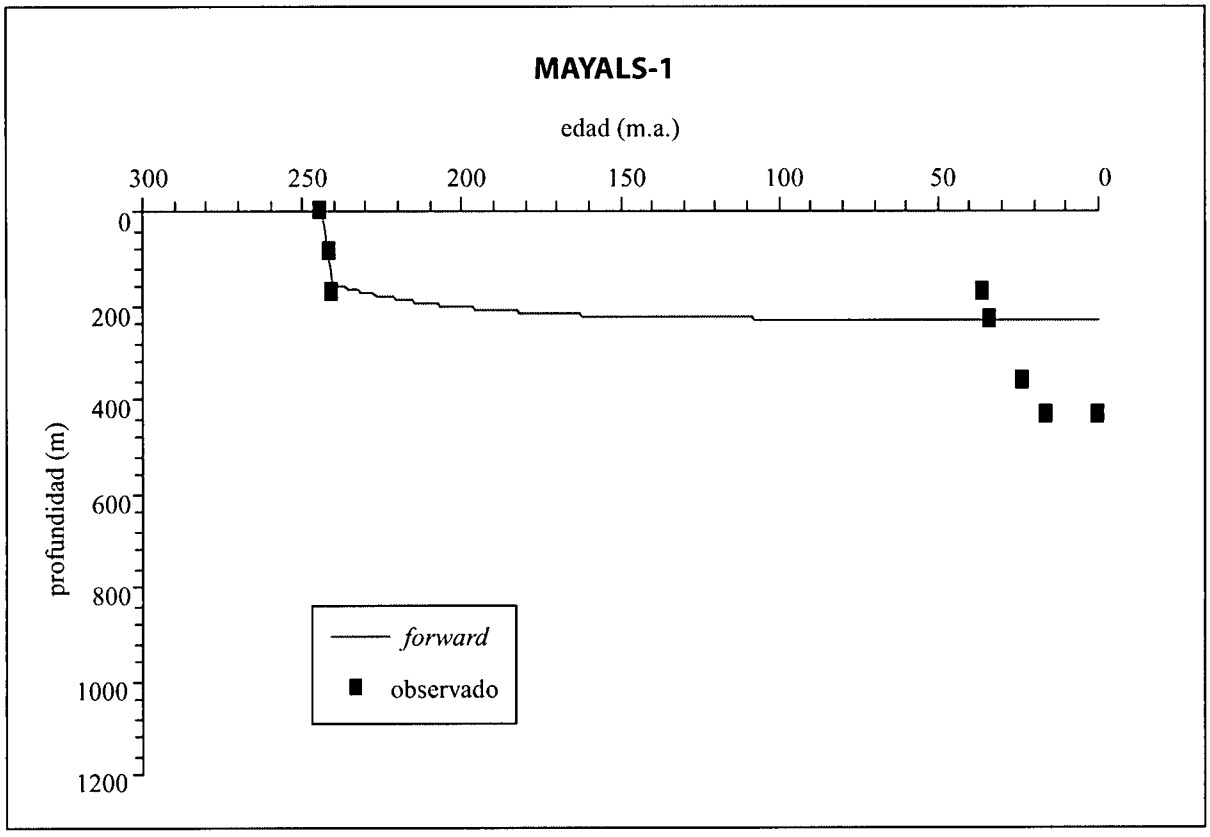
Fig. 85. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	237,1	1,002	1,054	bdfree
233	221,5	0,998	1,035	bdfree
209,6	**205,7**	**0,958**	**0,997**	**bdfree**
201,9	192	1,001	1,011	bdfree

edad	sub obs	sub pred
244	0	-4
241,5	24	69
239,9	129	116
238,5	157	157
237,1	204	200
233	214	210
227,4	286	284
223,6	334	334
221,5	366	362
209,6	379	384
205,7	**417**	**417**
201,9	416	416
192	460	459
35	446	483
33,6	662	483
18,5	994	483
0	994	483

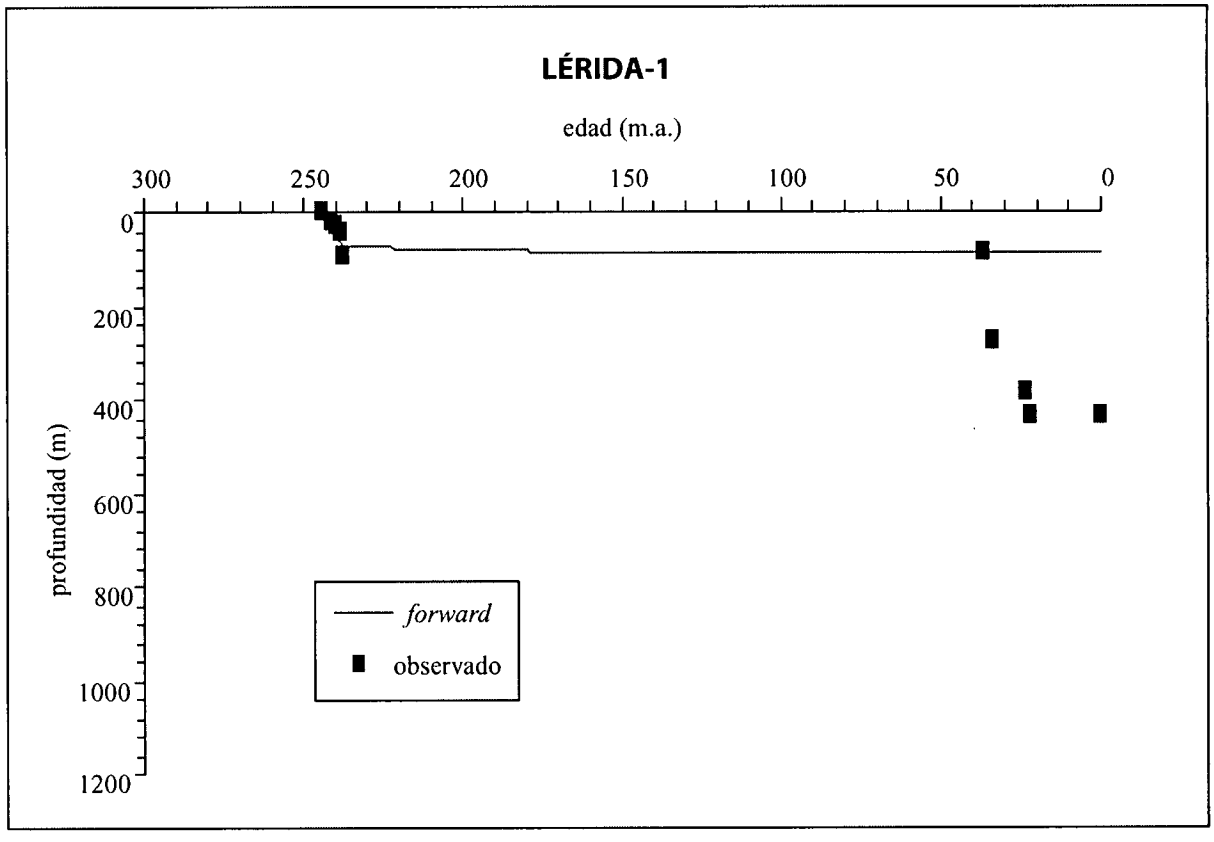
Fig. 86. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	240,8	1	1,041	bdfree

edad	sub obs	sub pred
244	0	-4
241,5	88	119
240,8	**177**	**153**
36	175	232
33,6	232	232
23,7	367	232
16	435	232
0	435	232

Fig. 87. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.



edad com.	edad fin	beta	delta	modelo
244	237,8	1	1,019	bdfree

edad	sub obs	sub pred
244	0	-4
241,5	20	26
239,9	31	45
238,5	44	62
237,8	**98**	**70**
37	88	87
33,6	279	87
23,7	387	87
22	434	87
0	434	87

Fig. 88. Curva de *forward modelling*, fases, valores de los factores de estiramiento y de subsidencia.

9. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

9. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se interpretarán los resultados que hemos obtenido a lo largo del trabajo realizado y que hemos ido mostrando en los capítulos anteriores.

En un primer apartado se explicará la respuesta de los sedimentos de las formaciones estudiadas del Pérmico y Triásico frente a la subsidencia, en un segundo apartado se examinarán las fases *sinrift* y *postrift* obtenidas con el análisis de la subsidencia (capítulo 7) en cada una de las cuencas, para después compararlas y ver la evolución de la subsidencia de una respecto a la otra, y en un tercer apartado nos centraremos en los mecanismos de subsidencia que tuvieron lugar durante las etapas definidas y en los datos numéricos y curvas obtenidos en el capítulo 8, comparando, por último, la subsidencia de ambas cuencas con otras cuencas vecinas (Cántabro-Pirenáica y Catalánides) desde el punto de vista sedimentológico.

9.1. RESPUESTA SEDIMENTARIA

Uno de los objetivos propuestos en este trabajo fue estudiar la respuesta de los sistemas deposicionales a las fases de apertura definidas y encontrar si existe o no una relación entre la geometría de los cuerpos sedimentarios o arquitectura deposicional que se observa en campo y la tasa y tipo de subsidencia. En este apartado haremos, en primer lugar, una introducción a algunos conceptos básicos relacionados con el relleno sedimentario, estudiaremos las geometrías de los cuerpos sedimentarios en formaciones seleccionadas destacando los tipos de contactos internos y externos de dichos cuerpos para obtener los diferentes tipos de arquitectura deposicional.

Las observaciones se han realizado exclusivamente en los depósitos siliciclásticos de edad Pérmico Superior y Triásico Inferior y Medio correspondientes a las formaciones Boniches (P4), Alcotas (P5), Cañizar (T1) y Eslida (T6), sin entrar, por tanto, en los depósitos carbonatados de la facies Muschelkalk. De igual modo, estas observaciones se llevarán a cabo en los sedimentos de la Cordillera Ibérica, ya que en la Cuenca del Ebro el Pérmico y Triásico no afloran, y para relacionar la evolución de la subsidencia en cuencas extensionales con el estilo del relleno hace falta un trabajo de campo detallado en buenos afloramientos, como muestran los ejemplos descritos por Alexander y Leeder (1987), Leeder (1993), Steel y Ryseth (1990) entre otros.

9.1.1. Arquitectura deposicional

Las cuencas sedimentarias se forman por estiramiento de la litosfera y su registro estratigráfico es la suma de una serie de procesos geológicos, principalmente climáticos y tectónicos, que interactúan unos con otros a través del tiempo y pueden provocar cambios relativos en el nivel del mar y en la acomodación de las cuencas.

El estilo aluvial se ha deducido en este estudio a partir de dos características principales: litofacies y morfologías de los canales, incluyendo el relleno de estos, y la relación con la llanura de inundación. Ambas características constituyen los tipos de cuerpos sedimentarios (geometrías) representados aquí utilizando la nomenclatura de Friend (1983), Hirst (1991), Miall (1985, 1996) y la nuestra propia aquí definida.

Denominamos arquitectura deposicional, aluvial en este caso, a la respuesta geométrica a los diferentes estilos aluviales mediante el apilamiento de los sedimentos. Por tanto, un conjunto de sedimentos de origen fluvial que representen un canal, barras deposicionales, sedimentos de desbordamiento ligados al canal, etc. Serían elementos arquitectónicos que, con sus facies y características concretas, podría constituir un cuerpo con una arquitectura fluvial determinada. Las superficies que separan unos cuerpos de otros ("superficie limitante") y aquellas menores que separan los diferentes elementos arquitectónicos dentro de cada cuerpo serán también importantes a la hora de definir el tipo de arquitectura aluvial, como veremos más adelante.

Los diferentes cuerpos sedimentarios que se han observado en las formaciones de origen aluvial estudiadas se han agrupado en tres arquitecturas aluviales principales. Algunas de estas unidades pueden mostrar un único tipo de arquitectura, mientras que otras pueden presentar varias. Los tipos de arquitectura principales diferenciados son (Fig. 89):

1) complejos amalgamados de areniscas y/o conglomerados.
2) Cuerpos aislados de areniscas y/o conglomerados.
3) Cuerpos de tipo "cordón" o *ribbon* de areniscas localizados entre arcillas o limos.

En el presente trabajo no se pretende entrar en el detalle de los cuerpos sedimentarios desde el punto de vista sedimentológico, ya que únicamente pretendemos ver la posible relación de aquellos con la subsidencia. Estudios que detallan el origen sedimentario de estas geometrías para las diferentes formaciones que se estudian en este capítulo pueden encontrarse en López-Gómez y Arche (1993, 1997) y Arche y López-Gómez (1999). Extensas descripciones en otras unidades pueden encontrarse también en Bromleg (1991), Hirst (1991), Cowan (1991) y Miall (1992).

Los cuerpos o geometrías amalgamados (fig. 89a) indican una complejidad sedimentaria, una historia múltiple (*multistorey*) de acumulación de procesos aluviales. Se han observado en las formaciones Boniches, Alcotas, Cañizar y Eslida, en la primera de ellas en conglomerados (fig. 90A), mientras que en las tres últimas es en areniscas (fig. 90B-F). En conjunto se han interpretado como sucesiones verticales de sedimentos acumulados mediante sistemas fluviales básicamente de tipo entrelazado o *braided*, que en el caso de los conglomerados pueden puntualmente estar relacionados con abanicos aluviales.

Los cuerpos o geometrías aisladas (fig. 89b) pueden tener una morfología tabular o lenticular. Su extensión lateral es variable, pudiendo oscilar entre unos pocos centímetros

hasta el centenar de metros, mientras que el espesor no suele superar los dos metros. Por su forma e interpretación sedimentaria los dividimos en tres: 1) cuerpos delgados con base plana (fig. 89b-1), 2) cuerpos con base erosiva y estratificación cruzada tipo "epsilon" dominante (fig. 89b-2), y 3) cuerpos con base erosiva y presencia de estratificación cruzada planar y de surco dominantes (fig. 89b-3). El primer caso es interpretado como derrames y el segundo y tercero como relleno de canales mediante sistemas fluviales de tipo meandriforme y entrelazado (*braided*), respectivamente. Se han observado en las formaciones Alcotas y Eslida (fig. 90 cont.).

Los cuerpos o geometrías de tipo cordón o *ribbon* (fig. 89c) son siempre de areniscas y representan rellenos de canales con escasa migración lateral, quedando encajados entre sedimentos lutíticos en la llanura de inundación (Friend, 1983; Kraus, 1999). Estos sedimentos se extienden lateralmente sólo antes de abandonarse el sistema. Cuando estos sistemas se suceden en la vertical generan morfologías de nido o cestas (*nested*). Se han observado únicamente en la Formación Eslida (fig. 90C).

Estas geometrías de cuerpos están separadas por "superficies limitantes" (*boundary surfaces*) de diferente orden (Allen, 1983; Miall, 1988, 1991, 1996 y Bridge, 1993, entre otros) que delimitan su morfología interna y externa separándolos también de cuerpos adyacentes e indican, según su categoría, el tiempo que han necesitado para desarrollarse y su mayor o menor relación con la evolución de la cuenca. En las unidades que hemos estudiado podemos diferenciar fácilmente las ocho superficies limitantes de la clasificación de Miall (1991) (fig. 91), desde una superficie limitando un único *set* (ripple) de 1er orden o una macroforma de un evento estacional (3er orden) a aquella que limita un cinturón de canales relacionado con un pulso de falla (6° orden) o la que limita todo un relleno complejo de cuenca de claro control tectónico (8° orden) que podría alcanzar los 10^7 millones de años.

Nosotros nos centraremos en las superficies de 5° o mayor orden, entre los que se encuentran los contactos entre unidades. Las superficies menores que el 5° orden, no estudiados en este trabajo, representan cambios causados por procesos autocíclicos, que en el caso de las de 3era 5° orden se estima que tienen periodos de 10^3-10^4 años, sin embargo, las de 6° a 8° orden representan factores alogénicos que controlaron la arquitectura fluvial en periodos de distinta magnitud. Así, las superficies de 6° orden se cree que tienen un origen tectónico, como pulsos individuales de las fallas límite de cuenca, originando cambios en la tasa de creación de acomodación en periodos de aproximadamente 1 millón de años. Sin embargo, las superficies de 7° y 8° orden representan eventos tectónicos mayores, como el comienzo de la extensión en la cuenca con la aparición de nuevos sistemas de fallas límite provocando cambios mayores en la geometría de la cuenca y la pendiente regional (cambios en el estilo fluvial, modelos de paleocorrientes, etc.) dentro de un periodo de 3 a 5 millones de años.

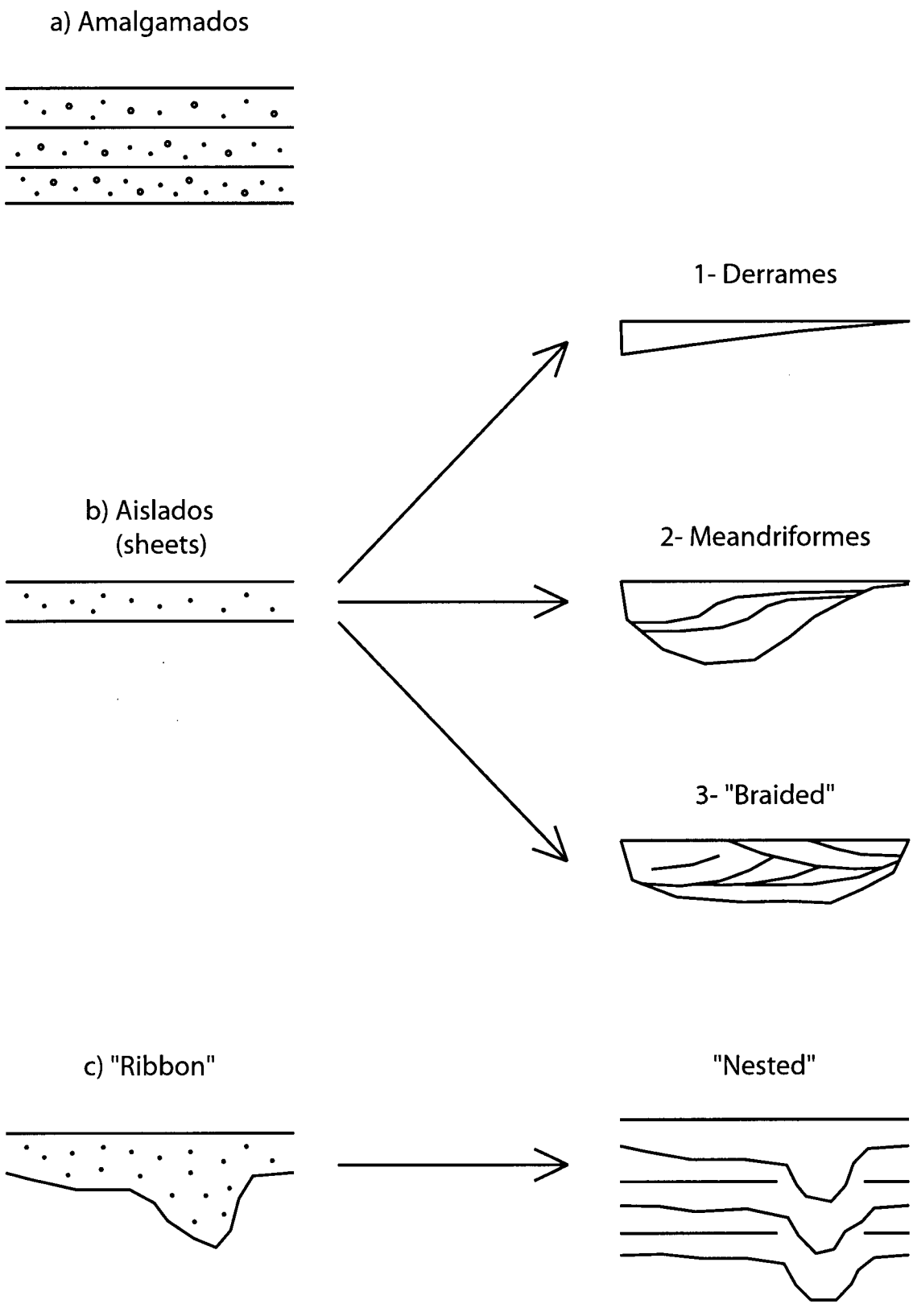
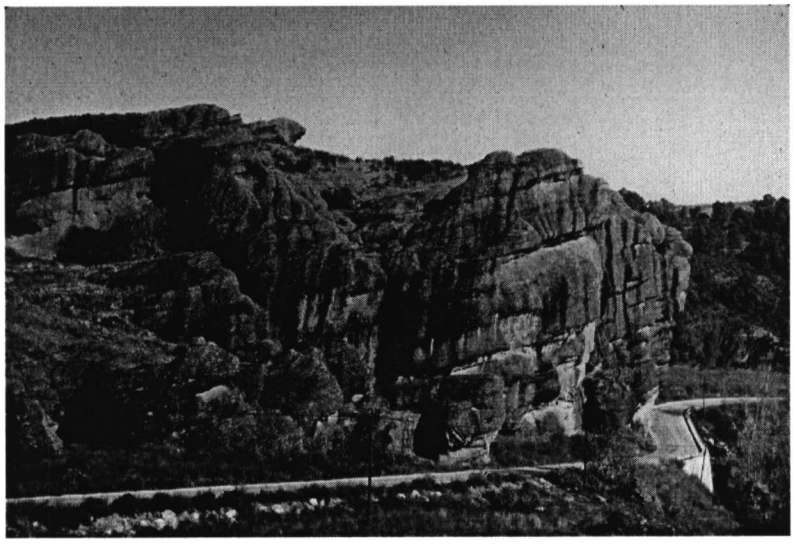


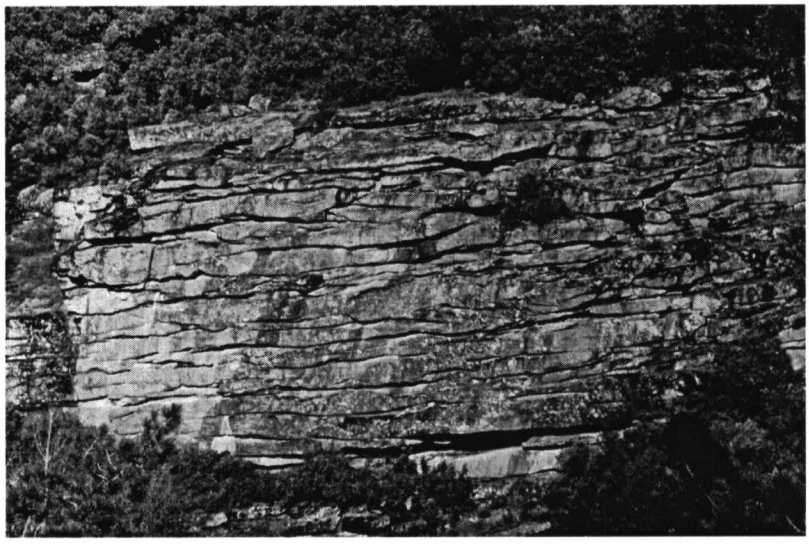
Fig. 89. Geometrías diferenciadas en los sedimentos aluviales de las formaciones seleccionadas



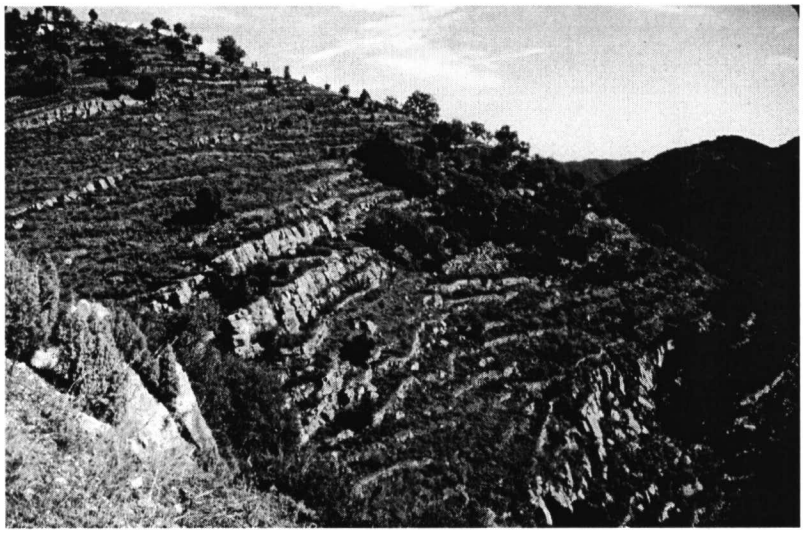
A) Amalgamado en conglomerados (Fm. Boniches)

10 m.

B) Amalgamado en areniscas (Fm. Cañizar)



3 m.



C) *Ribbon - Nested* (Fm. Eslida)

4 m.

Fig. 90. Tipos de geometrías diferenciadas en campo en los sedimentos aluviales de las formaciones seleccionadas

D) Aislado *braided*
(Fm. Eslida)

1 m.

E) Aislado derrames
(Fm. Eslida)

3 m.

F) Aislado meandriforme
(Fm. Alcotas)

1 m.

Fig. 90 cont. Tipos de geometrías diferenciadas en campo en los sedimentos aluviales de las formaciones seleccionadas

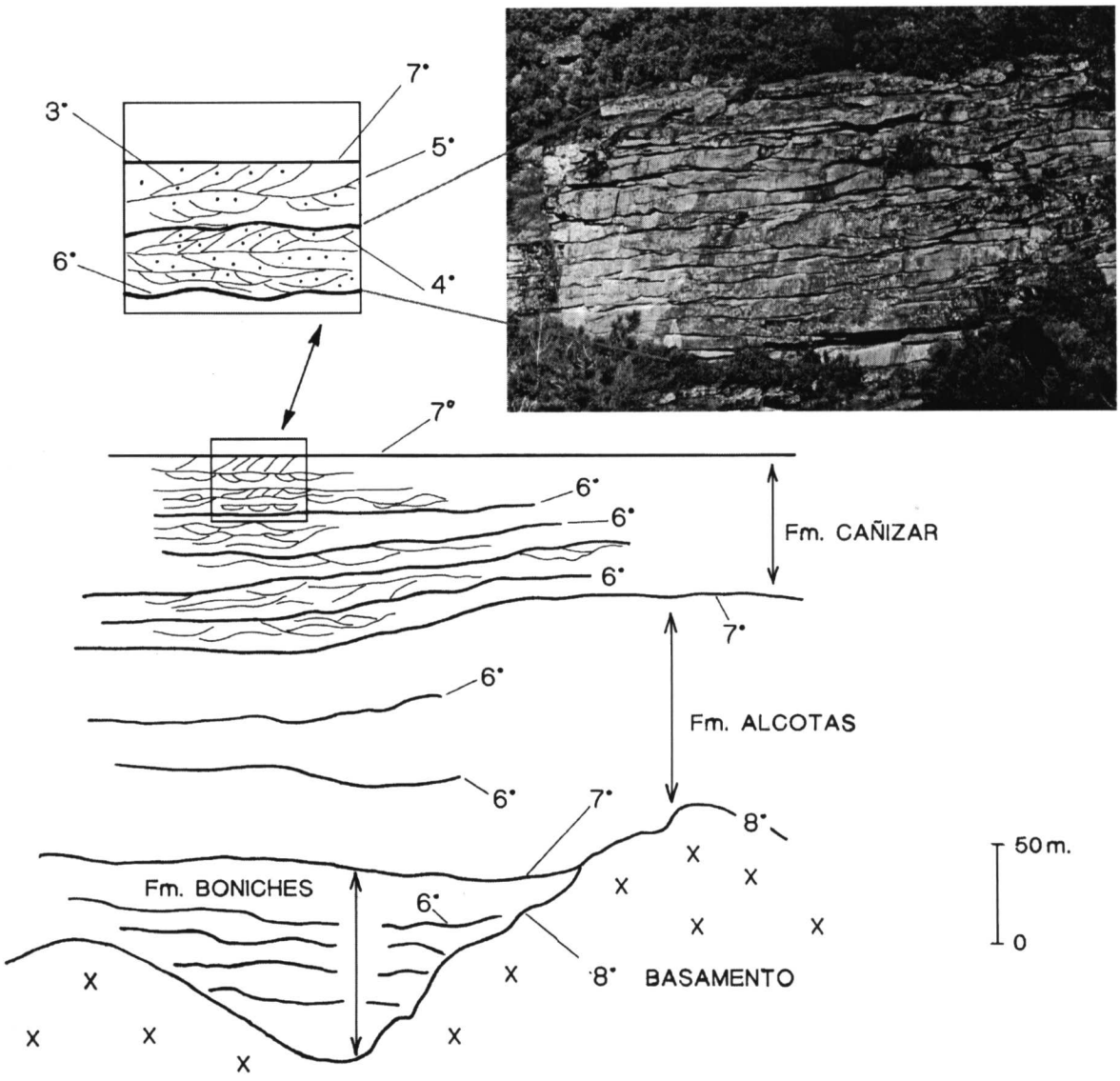


Fig. 91. Superficies limitantes en los sedimentos aluviales de las formaciones seleccionadas

En las formaciones que aquí se estudian se han observado estilos aluviales diferentes que se manifiestan con las distintas geometrías antes señaladas. Las formaciones Boniches y Cañizar muestran sedimentos originados básicamente por sistemas fluviales tipo *braided*, de gravas y arenas, respectivamente. El resultado en ambos casos es una geometría de cuerpo amalgamado (fig. 90A y B). La Formación Alcotas es el resultado de la evolución de sistemas fluviales tipo *braided* y meandriforme que divagaban entre extensas llanuras de inundación lutíticas, y cuyo resultado son cuerpos aislados, de base erosiva y geometría tabular (fig. 90 cont. D y F). En ocasiones estos cuerpos se muestran muy delgados (pocos metros de espesor) y presentan gran extensión lateral, siendo resultado de derrames laterales de los sistemas fluviales antes citados (fig. 90 cont. E). La Formación Eslida es la más compleja de las cuatro, mostrando todas las geometrías señaladas anteriormente y también de tipo *ribbon* (fig. 90C), que puede llegar a producir, cuando se acumulan verticalmente, geometrías tipo *nested*.

Los contactos entre las formaciones Boniches y Alcotas y las formaciones Eslida y la suprayacente Marines son concordantes. Estos dos contactos son similares, aunque en el último caso la unidad superior (Fm. Marines) no es fluvial sino de origen estuarino. La base de las formaciones Boniches y Cañizar están marcadas por discordancias angulares. La base de la Formación Boniches representa la discordancia basal de los sedimentos aluviales pérmico-triásicos sobre el basamento del Paleozoico Inferior (fig. 91), y por tanto representa una superficie de 8º orden, mostrando el comienzo de la cuenca sedimentaria para la mayor parte de la Cordillera Ibérica.

La base de la Formación Cañizar es una superficie de 7º orden que representa una reorganización fundamental de la cuenca sedimentaria después de un pulso tectónico de carácter extensional, marcada por un cambio drástico en el ambiente de sedimentación fluvial (fig. 91). Otra superficie de 7º orden de origen tectónico está representada a techo de la Formación Cañizar desde Chelva hacia el oeste de la Cordillera Ibérica. Esta superficie marca la ausencia de las formaciones Eslida y Marines y puntualmente de la Formación Landete, y está representada por costras ferruginosas, paleosuelos y decoloración de los últimos 15 metros de las areniscas fluviales de la Formación Cañizar, indicando una circulación de fluidos oxidantes en la vertical. Esta formación está constituida por seis secuencias limitadas por superficies de 6º orden que representan secuencias relacionadas con movimientos periódicos de las fallas límite de cuenca (fig. 91) (López-Gómez y Arche, 1993).

9.1.2. La subsidencia como control en la arquitectura fluvial

En el presente apartado vamos a presentar los cambios que la subsidencia pudo producir en la arquitectura de los diferentes cuerpos aluviales diferenciados y mostrados en el apartado anterior. Al valorar estos cambios en los cuerpos limitados por superficies superiores a 4º orden podemos incluir las tres arquitecturas antes citadas, amalgamadas, aisladas (sin incluir derrames) y *ribbon*. Estos tres tipos de arquitectura están constituidos, básicamente, por sistemas de canales y sus rellenos.

Hay dos controles básicos sobre el registro aluvial y, por tanto, sobre sus cuerpos resultantes: el cambio general del nivel de base o cambio de la línea de costa y la subsidencia, que es básicamente por causas tectónicas. Así, cuando se producen los cambios del nivel de base, se producen también cambios en la pendiente y, por tanto, variaciones en la erosión aguas arriba, carga de sedimentos etc. Burnett y Schumm (1984) completan estos controles añadiendo los factores debidos al clima y el tipo de material que confina los canales y, Heller y Paola (1996) añaden la tasa de avulsión como factor claramente condicionante de la arquitectura aluvial.

En el caso concreto que aquí estudiamos podemos considerar irrelevante el control debido a las variaciones del nivel del mar, ya que los sedimentos del Pérmico y Triásico

Inferior en estas áreas se depositaron en una cuenca interior (Arche y López-Gómez, 1999). Por otro lado, las causas que provocan los fenómenos de avulsión no están todavía bien conocidas (Miall, 1996; Heller y Paola, 1996, Smith *et al.*, 1999).

Por lo deducido hasta aquí, podemos pensar que la subsidencia debida a la tectónica es el factor que mejor puede valorarse como control o condicionante en la formación de los diferentes tipos de arquitectura que aquí se presentan. Es también necesario añadir que, al no ser el único factor que controla la morfología de los cuerpos sedimentarios, sería tentativo intentar relacionar dichas arquitecturas exclusivamente a través del control de la subsidencia.

A continuación comentaremos las cuestiones más destacables que se obtienen de la figura 92, donde se muestran las formaciones escogidas y las geometrías de cuerpos que aparecen en cada una de ellas en cuatro de las zonas estudiadas, junto con las fases *sinrift* y los valores obtenidos de los factores β y δ.

En aquellas fases en las que sólo aparecen cuerpos amalgamados (fase 244.8-241.8 m.a. en la Formación Cañizar de las secciones de Cañete y Chelva) los factores de extensión (β y δ) son prácticamente iguales y muy cercanos a 1, lo que indica que la extensión fue muy pequeña y además la litosfera pudo actuar según el modelo de una capa. Por otro lado, en las fases donde sólo se encuentran cuerpos aislados (fase 255-254 m.a. en la Formación Alcotas en las secciones de Teruel y Chóvar-Eslida) los valores del factor de extensión de la parte inferior de la litosfera (β) son menores que 1.

Únicamente en la zona donde los factores de extensión muestran los valores más altos, es decir, mayor extensión y, por tanto, mayor subsidencia (sección de Chóvar-Eslida para las formaciones Cañizar y Eslida), es donde aparecen todas las posibles geometrías de cuerpos diferenciadas, además de la geometría tipo *ribbon* y *nested*. Se ha observado que las mismas geometrías de cuerpos se pueden formar en mucho tiempo o en poco, por ejemplo, en la geometría tipo tabular o aislada que aparece en la Formación Alcotas, cuya duración la hemos estimado en 1 millón de años (255-254 m.a.) y en la Formación Eslida cuya duración la estimamos en casi 2 millones de años (241.5-239.9 m.a.). También se observa en la geometría tipo amalgamada que aparece en la Formación Boniches (1 millón de años: 256-255 m.a.) y en la Formación Cañizar (algo más de 3 millones de años: 244.8-241.5).

Por lo observado puede deducirse que no existe una clara relación directa entre la subsidencia, indicada por la extensión de los factores β y δ, y las diferentes arquitecturas aluviales diferenciadas. Es evidente que la subsidencia controla el estilo fluvial y, por tanto, el tipo de arquitectura fluvial, sin embargo, no puede atribuirse un tipo de arquitectura a una subsidencia determinada, al demostrarse, en este caso, que una misma arquitectura aluvial puede formarse con régimen de subsidencia diferente, es decir, con valores de estiramiento cortical distintos podemos obtener el mismo resultado en cuanto a apilamiento

de sedimentos. Todo esto apoya la idea de que el estilo fluvial y la morfología de los cuerpos resultantes de la dinámica de estos sistemas deposicionales se deben a una compleja interacción de factores de los que no es fácil determinar la importancia real de cada uno de ellos, aunque la tasa de subsidencia elevada aumenta la posibilidad de formación y conservación de una geometría determinada.

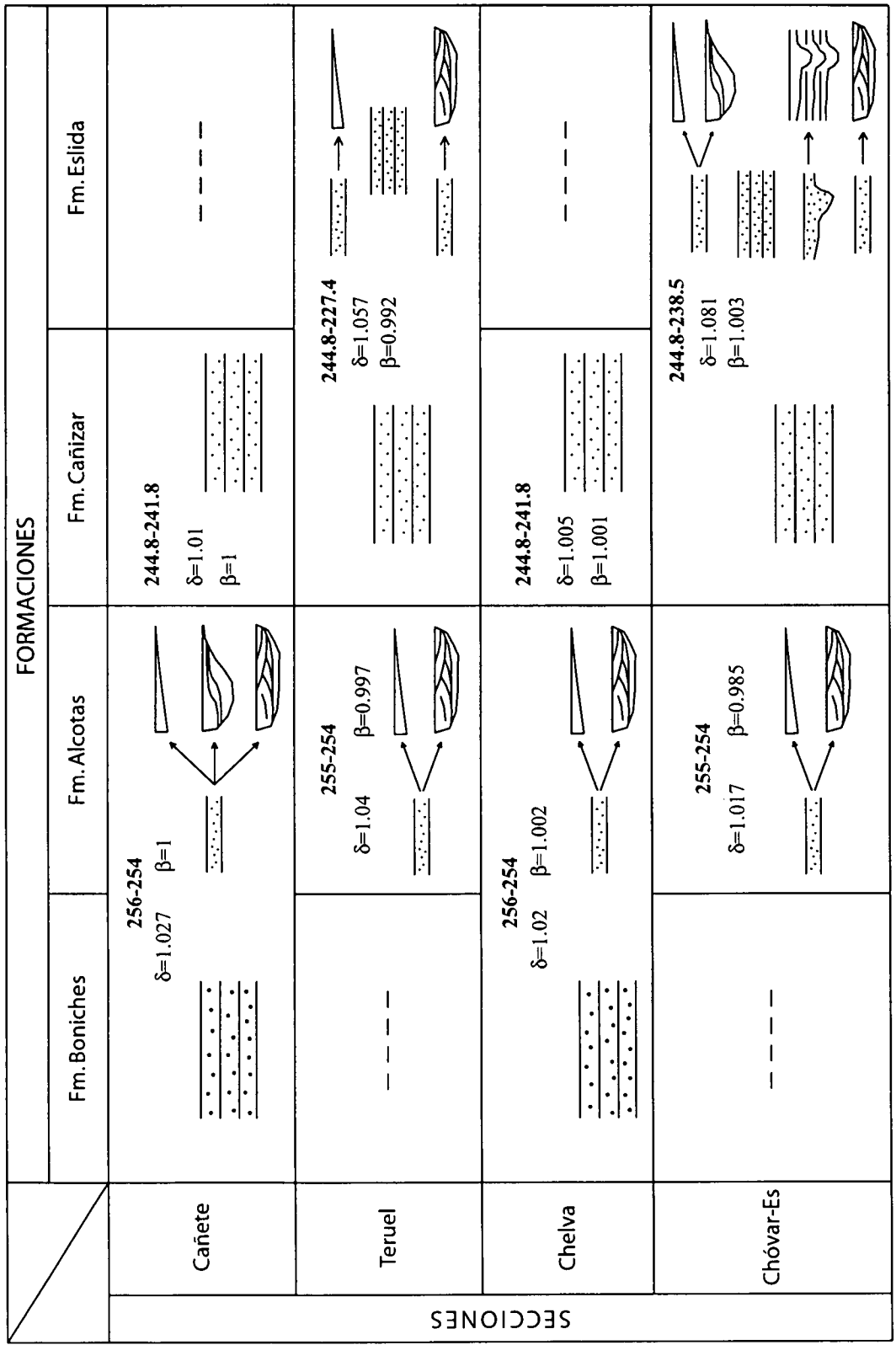


Fig. 92. Fases *sinrift*, factores de extensión y geometrías de cuerpos diferenciados en cuatro formaciones siliciclásticas del Pérmico y Triásico en cuatro secciones elegidas de la Cordillera Ibérica

9.2. ETAPAS DE SUBSIDENCIA *SINRIFT* Y *POSTRIFT* EN EL PÉRMICO Y TRIÁSICO

A partir de los resultados obtenidos con el análisis de la subsidencia (capítulo 7) se pueden observar una serie de fases de *rifting* en cada una de las cuencas estudiadas. En primer lugar comentaremos las fases diferenciadas en las zonas analizadas de la Cuenca Ibérica y Cuenca del Ebro por separado y posteriormente compararemos la evolución de una respecto a la otra.

9.2.1. Cuenca Ibérica

En la figura 93 se muestran las fases *sinrift* y *postrift* definidas para cada sección de campo y sondeo estudiados en la Cuenca Ibérica, situados de NW a SE. Los rectángulos con el mismo color corresponden a fases principales de subsidencia rápida o *sinrift* diferenciadas en toda la cuenca de manera general y englobadas en un intervalo de edad determinado. Los rectángulos grises representan fases *postrift*, mientras que los que permanecen en blanco representan ausencia de sedimentación.

Hay dos zonas (Molina de Aragón y Cañete) en las que la extensión comienza antes que en el resto de la cuenca (fase de color rojo), representadas por sedimentos autunienses (Pérmico Inferior). En el Thüringiense (fase naranja) el *rifting* se extiende a otras zonas del SE de la cuenca (Teruel, Chelva, Manzanera, Jérica, Salsadella, Gátova y Chóvar-Eslida) para después generalizarse en el Triásico Inferior. Esta fase Thüringiense, sin embargo, se interrumpe pronto en las diferentes zonas estudiadas.

La fase *sinrift* que comienza en la base del Triásico de forma generalizada en toda la cuenca (fase de color azul) termina al techo del Ladiniense con la sedimentación de la Formación Cañete, siguiéndole una fase de subsidencia térmica o *postrift*. En algunas zonas, como en El Hito, Cañete, Montalbán, Chelva y Jérica, esta fase de subsidencia rápida aparece dividida en dos fases separadas por una interrupción sedimentaria o por una fase *postrift*. En Molina de Aragón y Majadas esta fase comienza en el Pérmico Superior con la sedimentación de los conglomerados correspondientes a la unidad Hoz del Gallo. Aunque el programa no interpreta estos conglomerados en la zona de Molina de Aragón como fase *sinrift* creemos que éstos pertenecen a esta fase, más que a una fase de subsidencia térmica, lo que resulta bastante evidente sedimentológicamente y por otro lado, tampoco es extraño encontrar conglomerados en una zona próxima al borde de cuenca, como sucedió con esta zona en el Pérmico Superior. En Chóvar-Eslida se interpreta, a partir de la curva de modelización, que esta fase termina en la Formación Eslida y que la facies Muschelkalk formaría parte de la fase *postrift*, a diferencia de lo que ocurre en Gátova, a pesar de estar a poca distancia una de otra. Esto es debido, posiblemente, a que la subsidencia de la Formación Eslida es muy grande en poco tiempo, lo que hace que el Triásico Levantino Balear (facies Muschelkalk) sea interpretado en el programa como fase de subsidencia térmica. Además, esta facies

en la zona de Chóvar-Eslida está en una tercera parte disuelta en superficie (Calvet *et al.*, 2001), lo que lleva a incluir un espesor menor del que en realidad se depositó, por lo que si introdujéramos el espesor real seguramente saldría dentro de la fase *sinrift*.

La siguiente fase *sinrift* que aparece de manera generalizada en toda la cuenca comienza en el Retiense, representada por la Formación Imón, y dura hasta el Jurásico Inferior. En las secciones de Alhama, Manzanera, Jérica, Gátova y Chóvar-Eslida y en el sondeo Salsadella no aparece esta fase por la presencia de una discordancia.

Hay casos especiales que, por diferentes motivos que se explican a continuación, actúan de manera independiente y que, por tanto, presentan fases distintas a las que se observan que son más generales en el resto de la cuenca. Esto ocurre, por ejemplo, en la zona del sondeo Torremocha-1, que presenta una sola fase *sinrift* que abarca la parte alta del Ladiniense, todo el Carniense y el Noriense, no habiendo sedimentos más antiguos ni más recientes a estas edades, ya que esta zona corresponde al borde NW de la cuenca para el Pérmico y Triásico. El Hito muestra una fase de edad Carniense que corresponde a la sedimentación de una unidad equivalente a la Formación Manuel y que no aparece en ninguna otra zona de la Cuenca Ibérica. Entre esta fase y la anterior (de edad Anisiense) y la posterior (Retiense) se observan las correspondientes fases de subsidencia térmica o *postrift*. Esto es debido a que corresponde al borde SW de la cuenca para el Pérmico y Triásico. Su evolución posterior es más afín con la evolución de la "Cuenca Manchega". Por último, en la zona de Majadas la última fase *sinrift* que aparece en esta sección es la única que comienza en el Carniense terminal y acaba en el Jurásico Inferior, abarcando la facies Keuper superior y la Formación Imón de edad triásica.

En resumen y de manera general, del análisis de estas fases se deduce que durante el Pérmico Inferior había dos pequeñas cuencas (Molina de Aragón y Cañete) en la zona estudiada, mientras que el resto permanecía sin experimentar estiramiento. Posteriormente, en el Pérmico Superior, la cuenca comenzó a abrirse hacia el SE y ya en el Triásico Inferior la extensión se generaliza y aparecen subcuencas individualizadas con fallas límite que actúan en momentos diferentes, pero dentro del intervalo de edad Scytiense-Ladiniense. Después de esta fase de subsidencia rápida comienza una fase de subsidencia térmica que, en general, comprende la facies Keuper y dura hasta el Retiense, que es cuando comienza la siguiente fase *sinrift* en toda la cuenca, excepto en el SE (Manzanera, Jérica, Salsadella, Gátova y Chóvar-Eslida) y al NW (Torremocha-1 y Alhama), donde no aparecen representados los sedimentos de esta fase.

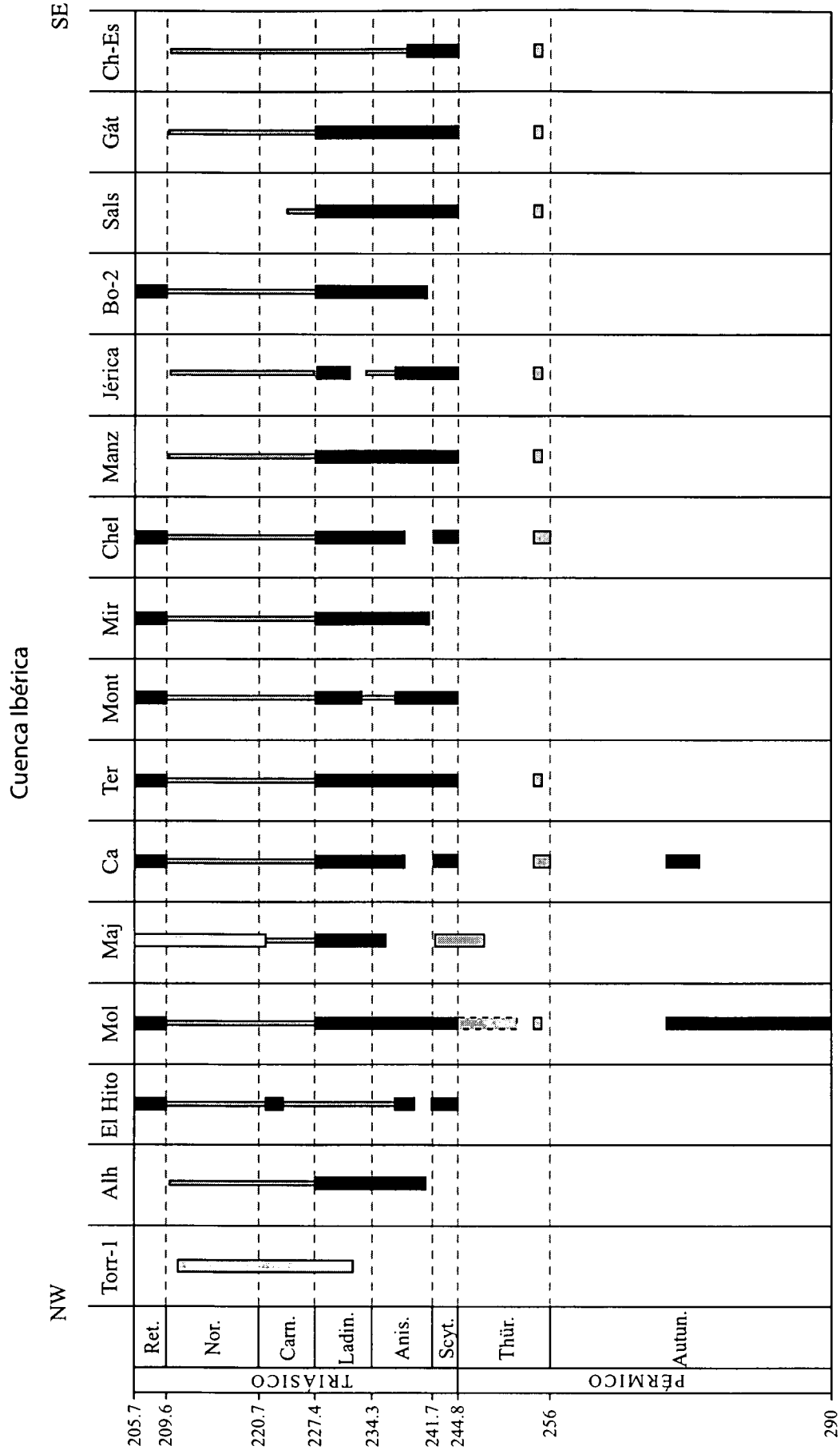


Fig. 93. Fases *sinrift* y *postrift* identificadas en la Cuenca Ibérica durante el Pérmico y Triásico

9.2.2. Cuenca del Ebro

Al igual que para la Cuenca Ibérica, se ha realizado una figura donde se muestran las fases *sinrift* y *postrift* diferenciadas para cada sondeo estudiado en la Cuenca del Ebro, situados de NW a SE (fig. 94). Se han utilizado los mismos colores que para la Cuenca Ibérica en aquellas fases que abarcan aproximadamente el mismo intervalo de edad. Como se comentará en el apartado 9.2.3. no se han incluido para el análisis de la subsidencia los afloramientos del Pérmico Inferior localizados al S de la Cuenca.

Basándonos en las fases que se han distinguido en esta cuenca se propone una división de la misma. Así, podemos diferenciar cuatro áreas: área occidental, área central, área norte y área oriental. El área occidental incluye los sondeos Ejea-1, Tauste Este-1, Zuera-1, Monegrillo-1, La Zaída-1, Ebro-1, Bujaraloz-1 y Ebro-2; el área central comprende los sondeos Candasnos-1, Caspe-1, Ballobar-1 y Fraga-1; el área norte los sondeos Sariñena-1 y Monzón-1, y el área oriental abarca los sondeos Mayals-1 y Lérida-1 (Fig. 13). El área occidental, a su vez, se ha dividido en cuatro zonas dependiendo también de las fases observadas: zona de Ejea-1, zona de Tauste Este-1 (que incluye Tauste Este-1, Zuera-1, Monegrillo-1 y La Zaída-1), zona de Ebro-1 (que incluye Ebro-1 y Bujaraloz-1) y zona de Ebro-2.

Las fases *sinrift* diferenciadas (fig. 94) muestran que en el área central, correspondiente a los sondeos Candasnos-1, Caspe-1, Ballobar-1 y Fraga-1, la apertura comienza en el Pérmico Superior con unos conglomerados (equivalentes en edad a los de la unidad Hoz del Gallo). En el resto de las áreas diferenciadas esta fase comienza en el Triásico Inferior y en todos los sondeos, excepto en los del área norte, se prolonga hasta el final del Ladiniense. En la mayoría de los casos, a excepción de Ejea-1 y Ebro-2, esta fase aparece dividida en otras dos fases *sinrift* separadas por una fase de subsidencia térmica o *postrift*, que corresponde a la unidad equivalente en tiempo a la Formación Mas de la Cuenca Ibérica.

La siguiente fase de subsidencia rápida se observa en el Carniense, en lo que corresponde a unas arcillas equivalentes en tiempo a la Formación Manuel. Entre la fase anterior y esta aparece una fase *postrift*, excepto en los sondeos de Ejea-1 y Caspe-1, en las áreas occidental y central, respectivamente, en los que hay una discordancia desde el Ladiniense hasta el Terciario.

La siguiente fase *sinrift* comienza en el Retiense con la sedimentación de la unidad equivalente a la Formación Imón y dura hasta el Jurásico Inferior. Esta fase no aparece en el sondeo Monegrillo-1 debido a que a partir del Noriense no hay más sedimentos acumulados hasta los de edad terciaria.

Igual que en la Cuenca Ibérica, en la Cuenca del Ebro hay casos especiales que actúan de manera individualizada y que presentan fases algo diferentes en edad a las que

son más generales en toda la cuenca. La zona del sondeo Ejea-1 no presenta sedimentos más recientes que el Ladiniense y representa el borde NW de la cuenca para el Triásico. Caspe-1 muestra sedimentos que representan la primera fase *sinrift* del Pérmico Superior, pero desde el Ladiniense superior no presenta registro sedimentario. Sariñena-1 y Monzón-1 (área norte) presentan una única fase *sinrift* desde el Ladiniense hasta el Carniense, en lugar de dos fases separadas por una etapa *postrift*, lo que implica que el Keuper inferior corresponde a una fase de subsidencia rápida, no de subsidencia térmica. Por último, Mayals-1 y Lérida-1 (área oriental) sólo presentan sedimentos de edad Scytiense-Anisiense (Triásico Inferior y Medio), que se muestran como fase *sinrift*, y a partir del Anisiense ambos sondeos presentan una discordancia hasta los materiales terciarios. Este área corresponde al borde SE de la cuenca triásica.

En resumen, se puede deducir a partir de las fases definidas que la Cuenca del Ebro presenta una zona más subsidente para el Pérmico Superior y que corresponde a lo que hemos denominado área central. A partir del Triásico Inferior la extensión se generaliza para toda la cuenca hasta el Anisiense terminal, donde hay una pequeña fase *postrift*, que pertenece a la facies Muschelkalk medio. En el Ladiniense y Carniense hay dos nuevas fases *sinrift* (correspondientes a la facies Muschelkalk superior y Keuper medio, respectivamente) separadas por una fase *postrift*. En el Retiense vuelve a aparecer otra fase de subsidencia rápida generalizada en toda la cuenca, separada de la fase anterior por una etapa *postrift*.

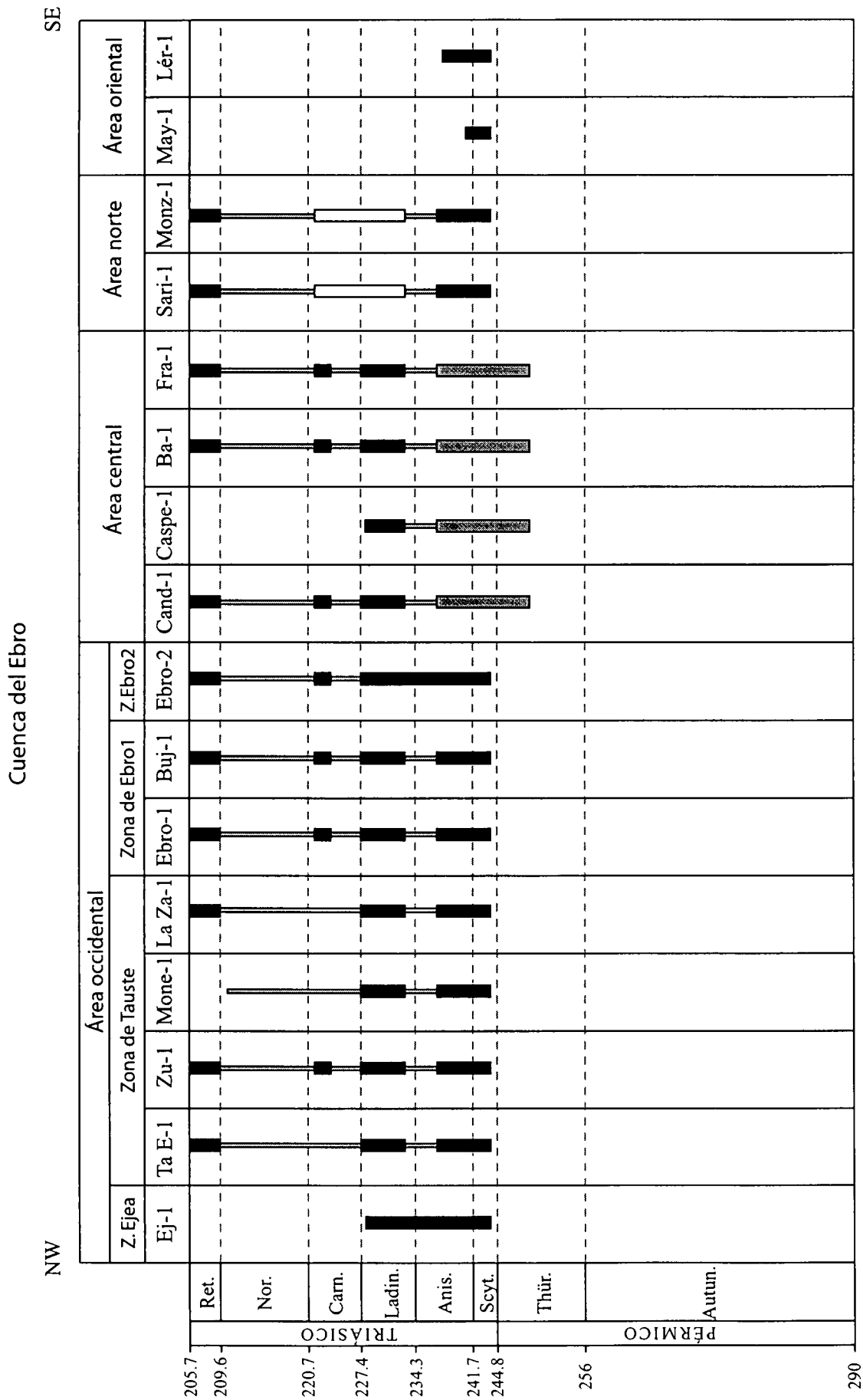


Fig. 94. Fases *sinrift* y *postrift* identificadas en la Cuenca del Ebro durante el Pérmico y Triásico

9.2.3. Comparación entre ambas cuencas

Según lo explicado en los dos subapartados anteriores y siguiendo las figuras 93 y 94 se observan una serie de fases que aparecen exclusivamente en la Cuenca Ibérica, otras que lo hacen sólo en la Cuenca del Ebro y otras fases que aparecen en ambas cuencas. La diferenciación de ambas cuencas con las fallas principales, bloques elevados y zonas más hundidas se muestran en la figura 95 para el Pérmico Superior-Triásico Inferior.

La fase *sinrift* de edad Autuniense (color rojo) se observa sólo en la Cuenca Ibérica en dos zonas concretas (Molina de Aragón y Cañete) que constituyen dos pequeñas cuencas pérmicas. Sin embargo, hay que considerar los pequeños afloramientos aislados de los alrededores de Reznos (Rey y Ramos, 1991) y Paniza (De la Peña *et al.*, 1977; Del Olmo *et al.*, 1983) que están descritos como Autunienses, al igual que aquellos en los alrededores de Fombuena (Conte *et al.*, 1987; Lendínez *et al.*, 1989), correspondiendo todos ellos al borde sur de la Cuenca del Ebro. Estos sedimentos también se podrían considerar como fases puntuales, cortas y posiblemente equivalentes a las descritas para la Cuenca Ibérica. Sin embargo, la ausencia de la mayoría de los sedimentos de edad Pérmico y Triásico en los citados afloramientos no nos ha permitido hacer análisis fiables de la subsidencia para estos puntos, por lo que se ha preferido omitirlos en el presente estudio. La fase posterior de edad Thüringiense basal (color naranja) se extiende en la Cuenca Ibérica hacia el SE, mientras que en la Cuenca del Ebro no aparece en los sondeos estudiados.

En el Thüringiense terminal es cuando comienza a abrirse la Cuenca del Ebro de manera más patente, lo que se ve reflejado por la presencia de la primera fase (color violeta) en el área central (sondeos Candasnos-1, Caspe-1, Ballobar-1 y Fraga-1). En la Cuenca Ibérica esta fase se observa en dos zonas independientes (Molina de Aragón y Majadas), seguramente ligada a fracturas locales. Se podría asumir que esta fase en el área central de la Cuenca del Ebro representaría la fase embrionaria de la del Triásico Inferior, es decir, la inestabilidad del Triásico Inferior habría comenzado antes en esta área que en el resto de la cuenca.

En el Triásico Inferior es cuando se observa una mayor apertura, tanto de la Cuenca Ibérica como de la Cuenca del Ebro, y se puede decir que es con esta fase (color azul) con la que la extensión se generaliza en ambas cuencas, aunque la duración de la misma es diferente en cada una. Además, se observa que en la Cuenca Ibérica esta fase es distinta según la zona, ya que para esta edad existían varios bloques que actuaban de manera independiente según los movimientos de sus fracturas internas. En la Cuenca del Ebro esta fase Scytiense-Ladiniense está dividida en dos por una fase de subsidencia térmica, que corresponde a la unidad equivalente a la Formación Mas (T9), lo que no ocurre de manera general en la Cuenca Ibérica, aunque hay que considerar que en esta última cuenca existen zonas en las que lo que se observa es una discordancia en el Anisiense.

A partir de esta fase, lo que se observa en la Cuenca Ibérica es una fase *postrift*

que termina en el Retiense, mientras que en la Cuenca del Ebro aparece una fase *sinrift* de edad Carniense que corresponde a la parte media de la facies Keuper (T12), seguida de una fase *postrift* hasta el Retiense. Con la sedimentación de la unidad equivalente a la Formación Imón (T15), de edad Triásico Superior, se generaliza la apertura en ambas cuencas y aparentemente comienzan a actuar de manera semejante, sin umbrales que las separan (fase de color marrón).

BLOQUES PALEOZOICOS ELEVADOS

PRINCIPALES FALLAS LÍMITE DE CUENCA

LÍNEA DE COSTA ACTUAL MEDITERRÁNEA

FRENTE PIRENÁICO

PRINCIPALES LINEAMIENTOS DE FALLAS

1 - 1' : TERUEL

2 - 2' : REQUENA

3 - 3' : VALENCIA - CASTELLON

4 - 4' : CAÑETE - SAGUNTO

5 - 5' : MOLINA - TERUEL

6 - 6' : ALHAMA - OROPESA

7 - 7' : ATECA - MONTALBAN

Fig. 95. Fracturas principales en la Cuenca Ibérica y Cuenca del Ebro

9.3. MECANISMOS DE SUBSIDENCIA: ANÁLISIS DE LOS DATOS NUMÉRICOS Y CURVAS DE MODELIZACIÓN

A partir de los resultados obtenidos con el *forward modelling* (capítulo 8) en el que se realizó la modelización de las curvas para obtener los valores de los factores de estiramiento, beta (β) y delta (δ), para cada fase definida en cada sondeo o sección de campo, hemos obtenido una serie de resultados que pasaremos a interpretar y discutir a continuación. En primer lugar lo haremos para la Cuenca Ibérica, en segundo lugar para la Cuenca del Ebro y por último compararemos los resultados entre ambas cuencas.

9.3.1. Cuenca Ibérica

Los valores de los factores de extensión obtenidos en el capítulo de *forward modelling* se sintetizan en el gráfico de la figura 96. En él se representan los valores del factor beta (β) frente a los del factor delta (δ) mostrando el color que corresponde a cada fase coincidiendo con los utilizados en la figura 93.

De este gráfico se pueden obtener una serie de ideas que pasamos a exponer a continuación. En primer lugar se observa que los valores del factor δ (estiramiento de la capa cortical) son siempre mayores que 1, excepto en dos casos para la fase de edad Retiense (color marrón) en la que están muy próximos a 1. Los valores del factor β (estiramiento de la capa inferior de la litosfera) presentan un rango más amplio de valores, aunque de manera general se puede decir que están próximos a 1 o son menores que 1. En cuanto a las fases, la de edad Thüringiense (color naranja) y Scytiense-Ladiniense (color azul) presentan, en general, unos valores de δ mayores que 1 y de β menores o muy cercanos a 1. La fase Retiense (color marrón) muestra una dispersión alta de puntos, lo que quiere decir que los valores de los factores de extensión son muy variables y se mueven en un rango amplio (β desde algo mayor que 1 hasta algo mayor que 0,8 y δ desde valores ligeramente inferiores a 1 hasta casi 1,05). Por otro lado, el mayor valor del factor δ es 1,155 y el menor es 0,997, mientras que el mayor valor del factor β es 1,027 y el menor es 0,828. El valor más alto de δ obtenido en toda la Cuenca Ibérica (1,155) aparece en la fase Scytiense-Ladiniense (color azul) y corresponde al sondeo Bobalar-2.

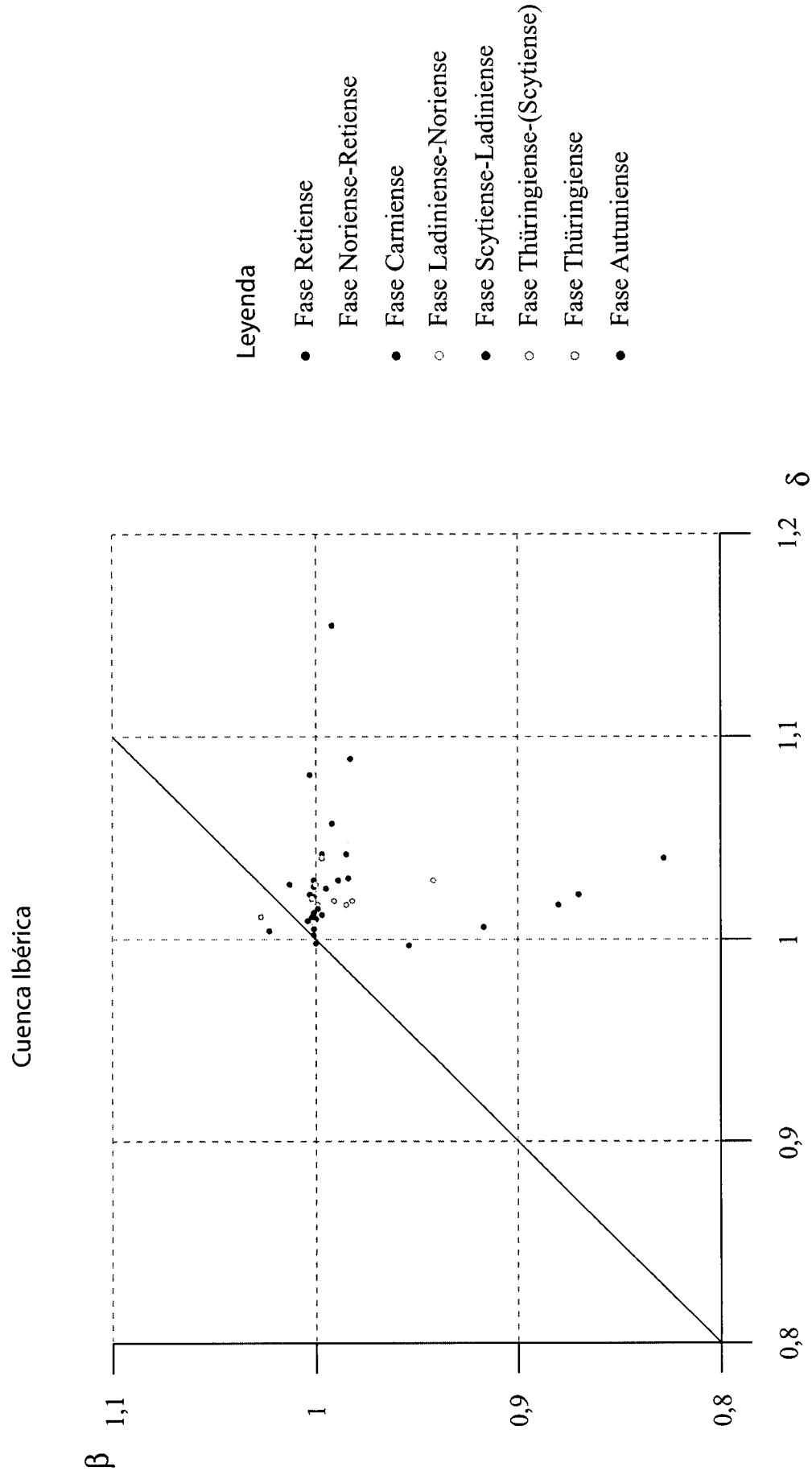


Fig. 96. Valores de β frente a δ teniendo en cuenta los colores de cada fase diferenciada en la Cuenca Ibérica en la figura 93

9.3.2. Cuenca del Ebro

Del mismo modo que para la Cuenca Ibérica, para la Cuenca del Ebro se ha realizado un gráfico (fig. 97) en el que se muestran los valores del factor beta (β) frente a los del factor delta (δ) mostrando el color que corresponde a cada fase siguiendo los utilizados en la figura 94.

En esta figura se observa que los valores del factor δ son, en general, mayores que 1, mientras que los del factor β están muy próximos a 1 o son menores que 1. En cuanto a las fases, la de edad Scytiense-Ladiniense (color azul) muestra unos valores de los factores de extensión mayores que 1 para δ y muy cercanos o ligeramente inferiores a 1 para β. La fase de edad Carniense (color verde) presenta valores de δ mayores o iguales que 1 y de β menores que 1 en general. Los valores de los factores de extensión que presenta la fase Retiense (color marrón) muestran una variación grande, desde algo mayor que 1 hasta algo mayor que 0,8 para β y desde valores ligeramente inferiores a 1 hasta algo mayores que 1 para δ. Por otro lado, el mayor valor del factor δ es 1,075 y el menor es 0,985, mientras que el mayor valor del factor β es 1,028 y el menor es 0,832. El valor más alto de δ obtenido en toda la Cuenca del Ebro (1,075) aparece en la fase Scytiense-Ladiniense (color azul) y corresponde al sondeo Ebro-2.

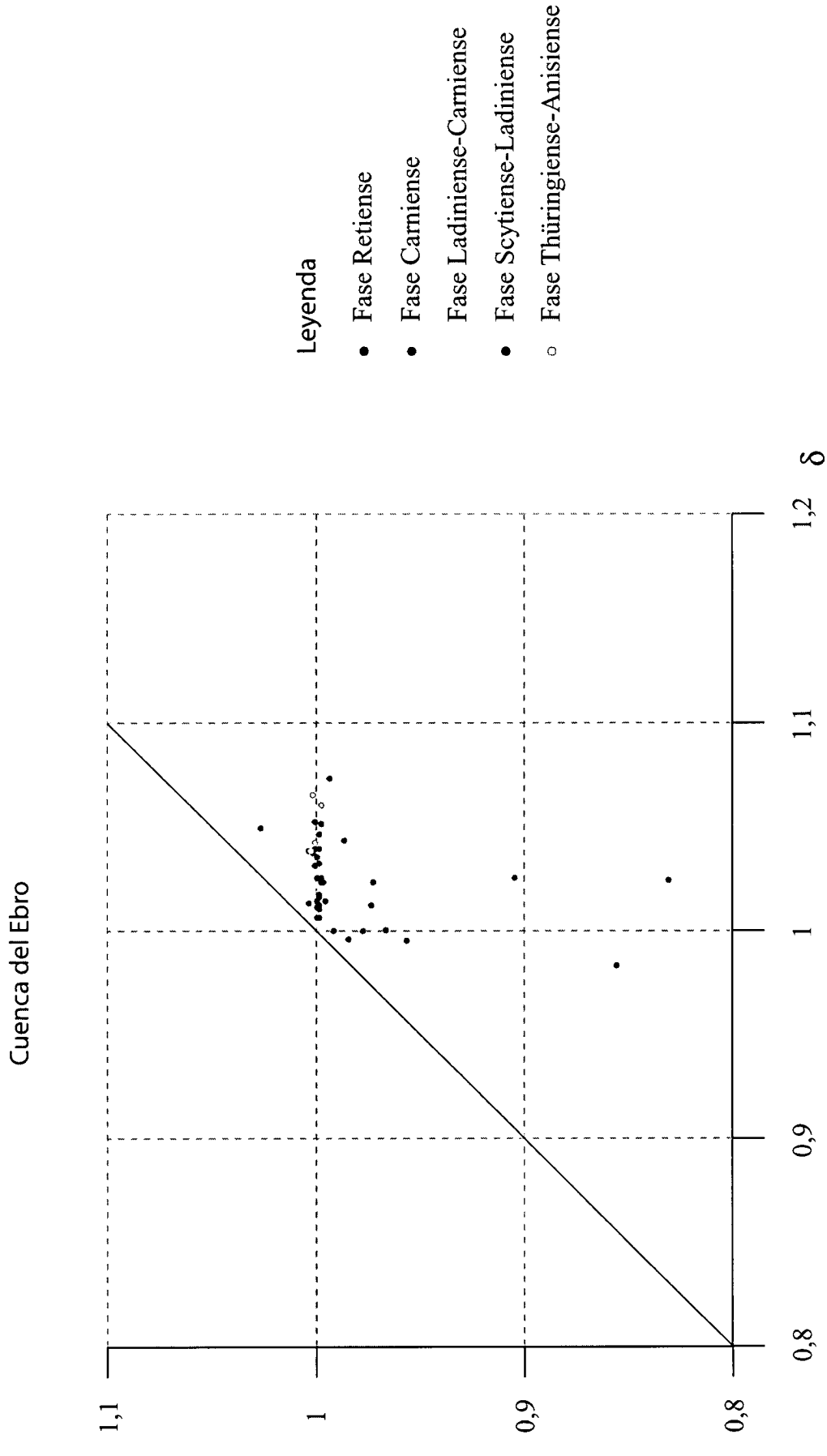


Fig. 97. Valores de β frente a δ teniendo en cuenta los colores de cada fase diferenciada en la Cuenca del Ebro en la figura 94

9.3.3. Comparación entre ambas cuencas

A partir de la interpretación realizada de los valores de δ y β para cada una de las cuencas estudiadas y basándonos en las figuras 96 y 97, se pueden hacer ahora una serie de observaciones sobre el funcionamiento de la litosfera en cada cuenca para cada fase definida.

En primer lugar, y de manera general, se observa que en la Cuenca Ibérica los valores del factor β aparecen en un rango mayor que en la Cuenca del Ebro, en la que están más concentrados en torno al valor 1, mientras que δ presenta en la Cuenca Ibérica valores raramente inferiores a 1 y en la Cuenca del Ebro más valores cercanos a 1 o ligeramente inferiores a este valor. La mayor dispersión de los valores de δ y β en la Cuenca Ibérica puede indicar una dinámica más activa de la cuenca y mayor separación o división en bloques distintos durante la evolución de la misma. Por otro lado, los valores de δ y β cercanos a 1 en la Cuenca del Ebro indican, en general, un estiramiento menor en la zona que cuando los valores son mayores que 1, lo que puede relacionarse con una menor acumulación de sedimentos como respuesta.

En la Cuenca del Ebro el factor β se muestra en torno al valor 1, lo que indicaría que cuando la capa cortical se estira la capa inferior de la litosfera permanece sin sufrir apenas deformación. Esto no sucede en la Cuenca Ibérica.

Los valores "anómalos" observados en ambas cuencas en los que el factor de estiramiento de la capa inferior de la litosfera (β) muestra valores especialmente bajos (menores que 1), sobre todo en la fase de edad Retiense (color marrón), no son fáciles de explicar, aunque pensamos que hay dos posibles causas que podrían explicarlo. Por un lado, se pueden atribuir a un reflejo de la distensión en otra zona próxima, provocando en la zona que muestra la anomalía una "compresión" de la parte inferior de la litosfera (Pinet y Coletta, 1990; McBride y England, 1994), y por otro lado, podrían ser una respuesta a las variaciones de densidad y viscosidad producidas por cambios en el espesor de la corteza que provocarían "compresiones" locales, como demuestran McKenzie *et al.* (2000) en un ejemplo teórico apoyado en cálculos llevados a cabo en la Basin and Range, al W de Estados Unidos.

En cuanto a las fases comunes en las dos cuencas se observa que la primera de ellas, representada en color azul, muestra mayor dispersión en la Cuenca Ibérica, tanto en los valores de δ como de β, mientras que en la Cuenca del Ebro los valores de β suelen estar muy cerca de 1 y los de δ entre 1 y 1,05. El valor de δ más alto obtenido en ambas cuencas aparece en esta fase y coincide con el mayor registro sedimentario acumulado en el menor tiempo.

La siguiente fase que aparece en las dos cuencas es la de edad Retiense, representada en color marrón, que muestra una gran dispersión de valores en ambas cuencas, tanto del

factor de estiramiento cortical (δ) como subcortical (β), aunque es menor en la Cuenca del Ebro que en la Cuenca Ibérica. Esta fase muestra los valores más altos y más bajos del factor β en ambas cuencas.

9.4. COMPARACIÓN CON OTRAS CUENCAS DE IBERIA

El Pérmico y el Triásico representan un periodo de tiempo de grandes cambios en la mayoría del oeste del Tethys. Estos cambios son debidos, en gran medida, a la reorganización que las placas experimentaron mediante fracturación y separación tras etapas largas e intensas de compresión. La Placa Ibérica sufrió estos cambios en gran parte de su superficie, aunque no se produjeron de igual manera y al mismo tiempo. Existió una propagación de esfuerzos en marcadas direcciones, resultado a su vez de la propagación hacia el oeste del Neotethys, que dieron lugar al origen de diferentes cuencas.

Las cuencas Catalana, Pirenaica y su prolongación Vasco-Cantábrica, Ebro e Ibérica tienen un origen y evolución comparables en diferentes aspectos. Las alineaciones tectónicas que dieron lugar a las fases embrionarias de todas estas cuencas pudieron estar relacionadas con grandes esfuerzos posthercínicos de cizalla y sus resultantes, que cortaron gran parte de la Placa Ibérica siguiendo zonas antiguas de debilidad (fig. 1B) (Arthaud y Matte, 1977; Salas y Casas, 1993; Arche y López-Gómez 1996). La comparación del origen y evolución entre las cuencas Ebro e Ibérica se ha desarrollado en el apartado 9.2.3; pretendemos seguidamente, sin entrar en el mismo detalle, comparar la evolución de estas dos cuencas con las vecinas señaladas arriba. Hay que destacar que el espesor importante de sedimentos y la mayor duración de las fases volcánicas en la zona Cántabro-Pirenáica indica una intensa deformación ligada a la falla transcurrente del Golfo de Vizcaya, ausente en Ibérica y Ebro.

A finales del Carbonífero y comienzos del Pérmico, extensiones relacionadas con las últimas manifestaciones hercínicas dieron lugar a pequeñas depresiones, alargadas y de pocos kilómetros, en la Cuenca Cántabro-Pirenaica, Cuenca Ibérica y margen sur del Macizo Ibérico, que generalmente estuvieron acompañadas, en sus comienzos, de vulcanismos de tipo calco-alcalino con basaltos y riolitas asociados (Muñoz *et al.*, 1983), e incluso episienitas en el Sistema Central (González-Casado *et al.*, 1996). La extensión continuó durante el Pérmico produciendo *grabens* y *semigrabens* separados por zonas de umbrales de donde inicialmente llegaban sedimentos mediante sistemas aluviales hacia las cuencas, sistemas que pudieron llegar a acumular cientos de metros, como en el caso de la Cuenca Cántabro-Pirenaica. La presencia de vulcanismos en estas cuencas podría indicar que la fracturación inicial fue lo suficientemente profunda como para alcanzar zonas próximas a la astenosfera (Arche y López-Gómez, 1996). En algún momento del Autuniense cesó el movimiento transtensional en estas cuencas, pasando a una etapa de elevación e intensa erosión que por el momento no puede precisarse su duración, pues hasta el Pérmico Superior no encontramos registro sedimentario en estas cuencas.

En el Pérmico Superior (Thüringiense) tanto las cuencas del Ebro e Ibérica como las cuencas vecinas experimentaron un cambio substancial en su evolución. Una importante etapa de extensión marcó la morfología de estas cuencas de tipo *rift* y de los sedimentos que las rellenaban. Los surcos que formaban estas cuencas llegaron a interconectar entre ellos mediante zonas de transferencia, pero aún sin llegar a unir sus superficies. Una sedimentación de origen aluvial de decenas a cientos de metros comenzó a rellenar, mediante discordancias basales sobre sedimentos autunienses o directamente sobre el zócalo paleozoico, las cuencas Cántabro-Pirenaica, Catalana, Ibérica y posiblemente del Ebro. La distensión se generalizó en esta etapa de manera muy similar en todo el E de la Placa Ibérica, aunque en cada cuenca persistía una clara compartimentación en bloques relacionada todavía con fracturación local que provocaba importantes cambios laterales en la potencia de los sedimentos, como claramente sucede en las cuencas Catalana e Ibérica, donde posiblemente se refleja mejor esta característica. En la Cuenca Ibérica no aparecieron focos volcánicos donde la geometría de las fallas parece indicar profundidades inferiores a 15 Km (Arche y López-Gómez, 1996), sin embargo, al oeste y centro de la Cuenca Pirenaica aparecen flujos basálticos y diques (Lucas y Gisbert, 1995) indicando una mayor profundidad para sus fallas.

Tras la etapa distensiva del Pérmico Superior, la mayor parte de los sedimentos se ven nuevamente interrumpidos por una discordancia, resultado de la elevación y caída de bloques que experimentaron la mayoría de las cuencas. Esta discordancia puede estar muy marcada, como sucede en la Cuenca Cántabro-Pirenaica, mientras que en las cuencas Ibérica, Ebro y Catalana puede llegar a quedar enmascarada.

La etapa que corresponde al final del Pérmico y Triásico Inferior o base del Triásico Medio, presenta grandes problemas de datación en todas las cuencas citadas. El Scytiense no está datado en ninguna cuenca de la Península Ibérica, por lo que es muy difícil, por el momento, precisar el comienzo del Triásico. En todas las cuencas estos sedimentos son básicamente areniscas o conglomerados de origen continental (Buntsandstein) salvo en la mayoría de la Cuenca Cántabro-Pirenaica, donde este registro prácticamente no existe. Se trata de un momento muy especial en la evolución de las cuencas, ya que las más antiguas, como la Cántabro-Pirenaica y la Ibérica, experimentaron extensiones que permitieron el desarrollo de geometrías simétricas en sus configuraciones, mientras que, también esta etapa, representó prácticamente el comienzo de las cuencas Ebro y Tajo. Todas las cuencas muestran que se trata de una etapa de subsidencia no acusada donde los sedimentos de tipo aluvial se reciclaban a sí mismos con frecuencia (López-Gómez *et al.*, 2002) hasta el comienzo del Anisiense, en que las cuencas situadas hacia el W de la Placa Ibérica experimentaron una importante interrupción en la sedimentación, mientras que las del este, Catalana, este de la del Ebro y este de la Ibérica, comenzaron una etapa madura de extensión que llegó hasta el final del Triásico. El comienzo de esta etapa está representado por sedimentos continentales de tipo fluvial en las cuencas Ibérica y Ebro que evolucionaron a sedimentos de transición

(facies Röt), lo que se observa también en la Cuenca Catalana y Pirenaica.

La fase que representa la mayor parte del Anisiense y todo el Ladiniense es nuevamente bastante homogénea en la mayoría de las cuencas, aunque en esta ocasión se trata de sedimentos carbonatados marinos. La subsidencia permitió la entrada del mar del Tethys en diferentes ciclos transgresivo-regresivos hasta cubrir, en *onlap*, la mitad de la Placa Ibérica y, por lo tanto, cubrir por primera vez los umbrales que separan las diferentes cuencas. Este registro sedimentario (facies Muschelkalk) aparece en todas las cuencas descritas, salvo en el oeste de la Cuenca Cantábrica donde no está representado; en el resto de las cuencas encontramos dicha facies con una mayor o menor acumulación de sedimentos.

El Triásico Superior está representado básicamente por la facies Keuper, que muestra una etapa general subsidente. Estos sedimentos se encuentran representados en todas las cuencas, aunque las características litológicas de los mismos no permiten hacer equivalencias laterales entre dichas cuencas con los tramos diferenciados. Los sondeos estudiados en la Cuenca del Ebro nos hacen comprender que esta facies ha sufrido procesos intensos de erosión y disolución en exposición subaérea en otras cuencas. En la Cuenca Cántabro-Pirenaica, estos sedimentos son difíciles de estudiar por los motivos antes expuestos y por los efectos producidos por la tectónica posterior terciaria, de hecho, no aparecen representados hacia el oeste. Algo que parece importante destacar es que el control tectónico, en bloques, no actuó en esta etapa como lo hizo en otras anteriores; existen claros depocentros, especialmente en la Cuenca del Ebro, pero estos no parecen tener una relación única con la fracturación. Por otro lado, estas fracturaciones permitieron el paso de material subvolcánico en las cuencas Catalana, Pirenaica, Ebro e Ibérica, localizados generalmente en los tramos más altos de la facies.

La última fase tectónica subsidente aparece representada en todas las cuencas señaladas. Se trata de una fase en la que una nueva incursión del Tethys al final del Triásico, en el Retiense, invadió toda la mitad este de la Placa Ibérica. Estos sedimentos, reconocidos incluso en la Cuenca Bética, son muy similares en espesor y litología; no existe, por tanto, un control debido a movimiento de bloques de estos sedimentos, tratándose, posiblemente, de la etapa más homogénea de evolución tectónica entre las cuencas señaladas anteriormente.

10. CONCLUSIONES

10. CONCLUSIONES

1. Se ha realizado el análisis de la subsidencia con gran detalle en cinco sondeos y once secciones de la Cordillera Ibérica y en dieciséis sondeos de la Cuenca del Ebro y se les ha aplicado a todos ellos la técnica de la modelización o *forward modelling*. Como resultado se han obtenido una serie de fases de *rifting* durante el Mesozoico, de las cuales hemos estudiado las correspondientes al intervalo Pérmico-Triásico, así como la respuesta sedimentaria a las mismas.

Origen y evolución de las cuencas

2. Las fases *sinrift* y *postrift* están delimitadas en este trabajo con más precisión que en estudios anteriores, de manera que las fases *sinrift* conocidas como tales hasta ahora pueden dividirse en otras menores separadas por etapas *postrift* o mediante interrupciones.

3. Las fases diferenciadas en la Cuenca Ibérica en el Pérmico y Triásico son cinco: cuatro corresponden a etapas *sinrift* y una a etapa *postrift*. La primera etapa *sinrift* aparece en el Autuniense (Pérmico Inferior) en las zonas de Molina de Aragón y posteriormente Cañete, la segunda en el Thüringiense (Pérmico Superior) en un área más extensa hacia el SE de la cuenca, la tercera fase *sinrift* abarca el Triásico Inferior y Medio (Scytiense-Ladiniense) e indica una mayor expansión y simetría de la cuenca en su comienzo (Formación Cañizar: T1). Esta fase puede estar interrumpida localmente por una fase *postrift* o ausencia de sedimentación, dividiéndola en dos fases *sinrift* más cortas. Después de esta fase comienza una *postrift* generalizada en toda la cuenca que comprende el Carniense y Noriense, correspondiendo a la sedimentación de la facies Keuper. La cuarta y última fase *sinrift* diferenciada es de edad Retiense y aparece de manera general en toda la cuenca.

4. En la Cuenca del Ebro se han distinguido cinco fases: tres *sinrift* y dos *postrift*. La primera fase *sinrift* aparece en el Triásico Inferior y termina en el Triásico Medio, aunque en el área central puede comenzar en el Pérmico Superior. Esta fase se presenta dividida en dos etapas *sinrift* por la presencia de una etapa *postrift* en el Anisiense terminal. Después de esta fase *sinrift* aparece, en la parte inferior del Carniense, la primera fase *postrift*, que corresponde a la facies Keuper inferior, seguida por la segunda fase *sinrift* en el Carniense superior. La segunda y última fase *postrift* ocupa todo el Noriense y termina con el comienzo de la última fase *sinrift* en el Retiense, representada por los sedimentos equivalentes a la Formación Imón (T15).

5. En base a las fases *sinrift* observadas hemos dividido la Cuenca del Ebro en cuatro áreas: área occidental, área central, área norte y área oriental. El área occidental, a su vez, la hemos dividido en zona de Ejea, zona de Tauste, zona de Ebro1 y zona de Ebro2. El área central es la que se muestra más completa, ya que la primera fase comienza a finales del Pérmico, mientras que en la zona de Ejea, dentro del área occidental, sólo se ha

podido diferenciar la primera fase triásica, y en el área oriental esta fase aparece incluso incompleta.

6. El análisis realizado en las fases descritas para ambas cuencas ha permitido establecer las siguientes comparaciones:

- Se ha observado que la evolución de ambas cuencas muestra etapas comunes en el intervalo Pérmico-Triásico estudiado y otras particulares de cada una de ellas.

- Se han encontrado dos fases *sinrift* comunes en ambas cuencas: la primera comienza en el Triásico Inferior y termina en el Triásico Medio (Scytiense-Ladiniense), y la segunda aparece en el Retiense, cuando ambas cuencas se unen adquiriéndose la máxima extensión geográfica.

- La Cuenca Ibérica comienza su evolución durante el Pérmico con dos fases *sinrift* bien diferenciadas: la primera, de carácter local, en el Pérmico Inferior (Autuniense), y la segunda, más generalizada, en el Pérmico Superior (Thüringiense). Sin embargo, la Cuenca del Ebro durante el Pérmico apenas ha comenzado su desarrollo, salvo en zonas puntuales del sur de la misma, que no han sido analizadas en este trabajo.

- La fase *sinrift* de la parte alta del Carniense en la Cuenca del Ebro no aparece representada en la Cuenca Ibérica, excepto en el sondeo El Hito. Sin embargo, los sedimentos que representan dicha fase en la Cuenca del Ebro podrían ser equivalentes a los de la Formación Manuel de la zona de Valencia, fuera del área de estudio.

- La primera fase *sinrift* común en ambas cuencas (de edad Scytiense-Ladiniense) tiene, en la Cuenca del Ebro, una fase *postrift* de corta duración intercalada, dividiendo esta fase en dos.

- El estudio de las fases diferenciadas durante el Triásico Inferior y Medio indica una mayor actividad tectónica en bloques individualizados en la Cuenca Ibérica respecto a la Cuenca del Ebro en el mismo periodo de tiempo.

Evolución cortical

7. Los resultados obtenidos al aplicar la técnica de *forward modelling* en ambas cuencas nos ha permitido delimitar las fases *sinrift* y *postrift* y obtener los valores de los factores de estiramiento, tanto de la corteza (δ) como de la parte subcortical (β), para cada una de las fases durante el intervalo Pérmico-Triásico.

8. En la Cuenca Ibérica el factor de extensión δ presenta valores mayores que 1 (entre 1.155 y 0.997), mientras que en β éstos son menores o cercanos a 1 (entre 1.027 y 0.828) para el periodo estudiado. A su vez, los valores de ambos factores cambian según la fase: las fases de edad Thüringiense y Scytiense-Ladiniense muestran valores de δ mayores que 1 y de β menores o muy cercanos a 1. La fase de edad Retiense muestra un rango amplio de

valores para el factor β.

9. En la Cuenca del Ebro el factor δ presenta valores mayores que 1 (entre 1.075 y 0.985), mientras que en el factor β son próximos o menores que 1 (entre 1.028 y 0.832) para el intervalo estudiado. Además, los valores de ambos factores cambian según las fases definidas: la fase de edad Scytiense-Ladiniense muestran valores de δ mayores que 1 y de β menores o muy cercanos a 1. La fase de edad Carniense presenta valores de δ mayores o iguales a 1 y de β menores que 1. La fase de edad Retiense muestra un rango amplio de valores para el factor β.

10. Comparando los valores de los factores de extensión para ambas cuencas se observa que la parte cortical sufrió mayor estiramiento en la Cuenca Ibérica que en la Cuenca del Ebro, mientras que la parte subcortical muestra un estiramiento similar en ambas cuencas para el intervalo Pérmico-Triásico. En las dos fases comunes diferenciadas los valores de δ y β presentan un rango de valores mayor en la Cuenca Ibérica que en la Cuenca del Ebro, lo que significa mayor diferenciación cortical y, por tanto, mayor complejidad en la evolución de la Cuenca Ibérica, permitiendo una mayor acumulación de sedimentos, para el periodo estudiado. Incluso para la fase de edad Scytiense-Ladiniense la parte subcortical (representada por el factor β) en la Cuenca del Ebro apenas sufre estiramiento.

Registro sedimentario

11. El mayor registro sedimentario acumulado en el menor tiempo se produce, en ambas cuencas, en la fase Scytiense-Ladiniense, con los valores de δ más altos.

12. El análisis de las diferentes arquitecturas aluviales de las formaciones estudiadas junto con los valores obtenidos de δ y β ha demostrado que dicha arquitectura deposicional no viene determinada exclusivamente por la tectónica o tasa de extensión, sino que otros factores como el clima y la tasa de avulsión deben influir en la morfología final de los cuerpos sedimentarios, ya que se ha observado la presencia del mismo tipo de arquitectura para diferentes valores de δ y β. Además, el tiempo no es un factor que condicione la geometría o arquitectura de los cuerpos, ya que las mismas geometrías se pueden generar en un intervalo de tiempo diferente.

11. BIBLIOGRAFÍA

11. BIBLIOGRAFÍA

ABRIL, J., APALATEGUI, O., PLIEGO, D. y RUBIO, J., 1978. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Camarena de la Sierra (Nº 613). IGME.

ALEXANDER, J. y LEEDER, M.R., 1987. Active tectonic control on alluvial architecture. En: Ethrige, F.G., Flores, R.M., Harvey M.D. (eds). Recent Developments in Fluvial Sedimentology. Soc. Econ. Paleontol. Mineral Spec. Publ 39, 243-252.

ALLEN, J.R.L., 1983. River bedforms: progress and problems. En: Collinson, J.D., Lewin, J. (eds). Modern and ancient fluvial systems. Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ. 6, 19-33.

ALLEN, P.A. ; CABRERA, L.; COLOMBO, F. y MATTER, A., 1983. Variations in alluvial style on the Eocene-Oligocene alluvial fan of the Scala Dei Group, SE Ebro Basin, Spain. J. Geol. Soc. London, 140 133-146.

ALLEN, P.A. y ALLEN, J.R. 1990. Basin analysis: Principles and applications. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 451 pp.

ALMELA, A., QUINTERO, I., GÓMEZ, E., MANSILLA, H., MARTÍNEZ, C. y VILLENA, J., 1981. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Molina de Aragón (Nº 489). IGME.

ALVARO, M., 1987. La subsidencia tectónica en la Cordillera Ibérica durante el Mesozoico. Geogaceta 3, 34-37.

ANADON, P.; CABRERA, L.; COLOMBO, F.; MARZO, M. y RIBA, O., 1986. Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, Eastern Ebro Basin margins (NE Spain). In: Friend, P.F. (ed.). Foreland Basins. International Association of Sedimentologists Spec. Publ. 8, 259-271.

ARCHE, A., 1992. Relaciones entre sedimentología y tectónica. Capítulo 17. Sedimentología vol. II. CSIC. 433-489.

ARCHE, A. y LÓPEZ-GÓMEZ, J., 1996. Origin of the Permian-Triassic Iberian Basin, central-eastern Spain. Tectonophysics 266, 443-464.

ARCHE, A. y LÓPEZ GÓMEZ, J., 1999. Tectonic and geomorphic controls on the fluvial styles of the Eslida Formation, Middle Triassic, eastern Spain. Tectonophysics 315, 187-207.

ARRIBAS, J., 1984. Sedimentología y diagénesis del Buntsandstein y Muschelkalk de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (provincias de Soria y Zaragoza). Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 354 pp.

ARRIBAS, J., 1985. Base litoestratigráfica de las facies Buntsandstein y Muschelkalk en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, zona Norte. Estudios Geológicos 41, 47-57.

ARRIBAS, J., 1987. Las facies superiores del Muschelkalk en el borde de la Rama

Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Cuadernos de Geología Ibérica 11, 557-574.

ARRIBAS, J. y SORIANO, J., 1984. La porosidad en las areniscas triásicas (Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica). Estudios Geológicos 40, 341-353.

ARTHAUD, F., y MATTE, F., 1977. Late paleozoic strike-slip faulting in southern Europe and northern Africa: Result of a right lateral shear zone between the Appalachians and the Urals. Geol. Asoc. Am. Bull. 88, 1305-1320.

ASSENS, J., RAMÍREZ, J., GIANNINI, J. y GÓMEZ, J.J., 1973. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Chelva (Nº 666). IGME.

BANDA, E.; UDIAS, A.; MUELLER, S.; MEZCUA, J.; BOLOIX, M.; GALLART, J. y APARICIO, A., 1983. Crustal structure beneath Spain from deep seismic sounding experiments. Phys. Earth Planet. Inter. 31, 277-280.

BARTRINA, T., HERNÁNDEZ, E., 1990. Las unidades evaporíticas del Triásico del subsuelo del Maestrazgo. En: Ortí C., F., Salvany D., J.M. (eds). Formaciones evaporíticas de la cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante: Nuevas Aportaciones y Guía de Superficie. Enresa. 34-38.

BASTIDA, J.; BESTEIRO, J.; REVENTOS, M., LAGO, M. y POCOVI, A., 1989. Los basaltos alcalinos subvolcánicos espilitizados de Arándiga (provincia de Zaragoza): estudio mineralógico y geoquímico. Acta Geológica Hispánica 24, 115-130.

BEAUMONT, C. ; KEEN, C.E. y BOUTILIER, R., 1982a. On the evolution of rift continental margins: Comparison of models and observation for the Nova Scotia Margin. Geophys. J. R. Astron. Soc. 70, 667-715.

BEAUMONT, C. ; KEEN, C. E. y BOUTILIER, R., 1982b. A comparison of forelands and rift margin sedimentary basins. Phil. Trans. R. Soc. London, A 305, 295-317.

BOND, G. y KOMINZ, M.A., 1984. Construction of tectonic subsidence curves for the Early Paleozoic miogeocline, southern Canadian Rocky Mountains: Implications for subsidence mechanisms, age of break up and crustal thinning. Geol. Soc. Am. Bull. 95, 155-173.

BOULOUARD, Ch. y VIALLARD, P., 1982. Reduction or Lacune du Trias Inférieur sur la Bordure Méditerranéenne de la Chaine Ibérique : Arguments Palynologiques. C.R. Acad. Paris 295, 803-808.

BRIDGE, J.S., 1993. The interaction between channel geometry, water flow, sediment transport and deposition in braided rivers. In: Best, J.L., Bristow, C.S. (eds.). Braideed rivers. Geol. Soc. London Spec. Publ. 75, 13-71.

BROMLEY, M.H., 1991. Architectural features of the Kayenta Formation (Lower Jurassic), Colorado Plateau, USA: Relationship to salt tectonics in the Paradox Basin. Sediment Geol. 73, 77-99.

BROUTIN, J.; CHATEAUNEUF, J.; GALTIER, J. y RANCHI, A., 2000. L'Autunien d'Autun reste-t-il une reference pour les depots continentaux du Permien inferieur d'Europe? Geologie de la France 2, 17-31.

BROWLEY, M, 1991. Variations in fluvial style as revealed by architectural elements, Kayente Formation, Mesa Creek, Colorado, USA: Evidence for both ephemeral and perennial fluvial processes. En: A. D. Miall and N. Tyler (eds.) The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. SEPM (Society for Sedimentary Geology), Tulsa, Oklahoma. Concepts in Sedimentology and Paleontology 3, 94-102.

BUCK, W.R.; STECKLER, M.S. y COCHRAN, J.R., 1988. Thermal consequences of lithospheric extension: pure and simple. Tectonics 7, 213-234.

BURNETT, A.W. y SCHUMM, S.A., 1984. Alluvial river response to neotectonic deformation in Louisiana and Mississippi. Science 222, 49-50.

CALVET F., LÓPEZ-GÓMEZ, J., GALINDO, C., TUCKER, M.E., y ARCHE, A., 2001. Dolomías de gran escala en las plataformas epeíricas triásicas del este de la Península Ibérica. En: Molina C., J.M (ed). XIV Congreso Nacional de Sedimentología, IV Coloquio del Cretácico de España, Jaén. Vol 3(1), 105-107.

CANEROT, J., 1982. Ibérica Central-Maestrazgo. Capítulo 6. El Cretácico de España. Ed. Universidad Complutense de Madrid. 273-344.

CANEROT, J., MARTÍN, L. y LEYVA, F., 1973. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Morella (N° 545). IGME.

CASTIELLA, J., 1977. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Tauste (N° 321). IGME.

CASTILLO-HERRADOR, F., 1974. Le Trias eváporitique des bassins de la Vallée de l'Ebre et de Cuenca. Bulletin de la Societe Geologique du France 16, 49-63.

CLOETINGH, S.; McQUEEN, H. y LAMBECK, K., 1985. On a tectonic mechanism for regional sea level variations. Earth Planet. Sci. Letters 75, 157-166.

COLOMBO, F., 1986. Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno continental del borde meridional occidental de los Catalánides. Cuad. Geol. Iberica 10, 55-115.

COLOMBO, F. y VERGES, J. 1992. Geometría del margen SE de la Cuenca del Ebro: discordancias progresivas en el Grupo Scala Dei, Serra de la Llena (Tarragona). Acta Geol. Hispanica 27, 33-54.

COLOMBO, F.; BARBÉ, D. y ESCARRÉ, V., 1995. Controles alocíclicos en el relleno sedimentario de una cuenca paleógena: arquitectura deposicional del Grupo Cornudella, Cuenca del Ebro (Tarragona). Geogaceta 17, 27-30.

CONTE, J.; GASCÓN, F.; LAGO, M. y CARLS, P., 1987. Materiales estefano-pérmicos en la fosa de Fombuena (provincia de Zaragoza). Boletín Geológico y Minero 48, 460-470.

COWAN, E., 1991. The large-scale architecture of the fluvial Westwater-Canyon Member, Morrison Formation (Upper Jurassic), San Juan Basin, New México. En: A. D. Miall and N. Tyler (eds.). The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. SEPM (Society for Sedimentary Geology), Tulsa, Oklahoma. Concepts in Sedimentology and Paleontology 3, 80-93.

COWARD, M.P., 1986. Heterogeneous stretching, simple shear and basin development. Earth Planet. Sci. Letters 80, 325-336.

CRESPO, A. y NAVARRO, D., 1979. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Montalbán (Nº 518). IGME.

CRESPO Z., A., y NAVARRO V., D., 1981. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Forcall (Nº 544). IGME.

DE LA PEÑA, A.; FONOLLÁ, F.; RAMOS, J.L. y MARFIL, R., 1977. Identificación del Autuniense en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (provincia de Soria). Cuadernos de Geología Ibérica 4, 123-134.

DEL OLMO, P.; OLIVÉ, A.; GUTIÉRREZ, M; AGUILAR, M.; LEAL, M. y PORTERO, J.M., 1983. Memoria del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000 (serie MAGNA). Hoja 438 (Paniza). 80 pp. IGME. Ministerio de Ciencia y Tecnologia, Madrid.

DESEGAULX, P. y MORETTI, I., 1988. Subsidence history of the Ebro Basin. Journal of Geodynamics 10, 9-24.

DOBLAS M., OYARZUM, R., SOPEÑA, A., LÓPEZ-RUIZ, J., CAPOTE, R., HERNÁNDEZ, J.L., HOYOS, M., LUNAR, C. y SÁNCHEZ-YA, Y., 1993. Variscan-Late Variscan-Early Alpine progressive extensional collapse of Central Spain. Geodim. Acta 7, 1-14.

DOUBINGER J.; LÓPEZ-GÓMEZ, J. y ARCHE, A., 1990. Pollen and spores from the Permian and Triassic sediments of the southeastern Iberian Ranges, Cueva de Hierro (Cuenca) to Chelva-Manzanera (Valencia-Teruel) region, Spain. Rev. Paleobot. Palynol. 66, 25-456.

FERREIRA, E., 1983. Rochas granitoides hercínicas post-tectónicas del área de Satao. Memorias Nota Publicacoes Museu Geología 96, 39-74.

FRIEND, P., 1983. Towards a field classification of alluvial architecture or sequence. En: J. D. Collinson and J. Lewin (eds.). Modern and ancient fluvial systems. Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ. 6, 345-354.

GARCÍA ROYO, C. y ARCHE, A., 1987. El Triásico de la región Nuévalos-Cubel (Zaragoza). Sedimentación en un sector del borde de la cuenca del surco Molina-Valencia. Cuadernos de Geología Ibérica 11, 575-605.

GAUTIER, F., 1974. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Manzanera (Nº 614). IGME.

GODOY, A., OLIVÉ, A. y MOISSENET, E., 1983. Mapa Geológico de España Escala 1: 50000. Hoja Teruel (Nº 567). IGME.

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.

GONZÁLEZ-CASADO, J.M.; CABALLERO, J.M.; CASQUET, C.; GALINDO, G. y TORNOS, F., 1996. Palaeostress ans geotectonic interpretation of the Alpine cycle onset in the Sierra de Guadarrama (eastern Iberia-Central System) based on evidence from epysyenites. Tectonophysics 262, 213-219.

GOY, A., 1995. Ammonoideos del Triásico Medio de España: bioestratigrafía y correlaciones. Cuadernos de Geología Ibérica 19, 21-60.

GOY, A.; GÓMEZ, J.J. y YÉBENES, A., 1976. El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (mitad norte): I. Unidades litoestratigráficas. Estudios Geológicos 32, 391-423.

GOY, A. y MÁRQUEZ-ALIAGA, A., 1998. Bivalvos del Triásico Superior en la Formación Imón (Cordillera Ibérica, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, sección Geología 94, 77-91.

GRADSTEIN, F.M.; AGTERBERG, F.P.; OGG, J.G.; HARDENBOL, J.; Van VEEN, P.; THIERRY, J. y HUANG, Z., 1995. Geochronology time scales and global stratigraphic correlation. SEPM Special Publication 54, 95-126.

HERNANDO, S.; SCHOTT, J.J.; THUIGAT, R. y MONTIGNY, R., 1980. Age des andesites et des sediments interstratifies de la region d'Atienza (Espagne) : Etude stratigraphyque et paleomagnetique. Sciences Geologiques Bulletin 33, 119-128.

HIRST, J.P., 1991. Variations in alluvial architecture across the Oligo-Miocene Huesca fluvial System. Ebro Basin, Spain. En: A. D. Miall and N. Tyler (eds.) The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. SEPM (Society for Sedimentary Geology), Tulsa, Oklahoma. Concepts in Sedimentology and Paleontology 3, 111-121.

JARVIS, G.T. y McKENZIE, D.P., 1980. The development of sedimentary basins with finite extension rates. Earth Planet. Sci. Letters 48, 42-52.

JURADO, M.J., 1989. El Triásico del subsuelo de la Cuenca del Ebro. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 258 pp.

JURADO, M.J., 1990. El Triásico y el Liásico basal evaporíticos del subsuelo de la

Cuenca del Ebro. En: Ortí C., F., Salvany D., J.M. (eds). Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la Zona de Levante: Nuevas Aportaciones y Guía de Superficie. Enresa, 21-28.

KEEN, C.E., 1981. The continental margins of Eastern Canada, a review. Geodynamic Series, Am. Geophys. Union 6, 45-58.

KRAUS, M., 1999. Paleosols in clastic sedimentary rocks: their geologic applications. Earth-Science Reviews 47, 41-70.

KUSZNIR, N.J. y PARK, R.G., 1987. The extensional strength of the continental lithosphere: its dependence on geothermal gradient and crustal composition and thickness. En: Continental extensional tectonics (Ed. by M.P. Coward, J.F. Dewey and P.L. Hancock), Spec. Publ. Geol. Soc, London 28, 35-52.

LAGO, M. y POCOVI, A., 1984. Le vulcanisme calco-alcalin d'age Stephanien-Permien dans la Chaine Iberique (est de l'Espagne). Supplement Bulletin de Mineralogie, Paris 110, 42-44.

LAGO, M.; ÁLVARO, J.; ARRANZ, E.; POCOVI, A. y VAQUER, R., 1992. Condiciones del emplazamiento, petrología y geoquímica de las riolitas calco-alcalinas Estefaniense-Pérmicas en las Cadenas Ibéricas. Cuadernos Laboratorio Xeologico de Laxe 18, 65-79.

LEEDER, M.R., 1993. Tectonic controls upon drainage basin development, river channel migration and alluvial architecture: implications for hydrocarbon reservoir development and characterization. In: North, C.P., Prosser, D.J. (eds.). Characterization of fluvial and Aeolian reservoirs. Geol. Soc. London Spec. Publ. 73, 7-22.

LENDÍNEZ, A.; RUÍZ FERNÁNDEZ DE LA LOPA, V. y CARLS, P., 1989. Memoria del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000 (serie MAGNA). Hoja 438 (Moyuela). 80 pp. IGME. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid.

LENDÍNEZ G., A. y MARTÍN H., D., 1991. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Alhama de Aragón (Nº 436). IGME.

LÓPEZ-GÓMEZ, J., 1985. Sedimentología y estratigrafía de los materiales Pérmicos y Triásicos del sector SE de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica entre Cueva de Hierro y Chelva (provincias de Cuenca y Valencia). Seminarios de Estratigrafía 11, 344 pp.

LÓPEZ-GÓMEZ, J.; ARCHE, A. y DOUBINGER, J., 1984. El Triásico del Anticlinorio de Cueva de Hierro (Serranía de Cuenca), España. Revista Española de Micropaleontología 16, 19-42.

LÓPEZ-GÓMEZ, J. y ARCHE, A., 1986. Estratigrafía del Pérmico y Triásico en facies Buntsandstein y Muschelkalk en el sector sureste de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (provincias de Cuenca y Valencia). Estudios Geológicos 42, 259-270.

LÓPEZ-GÓMEZ, J. y ARCHE, A., 1992. Las unidades litoestratigráficas del Pérmico y Triásico Inferior y Medio en el sector SE de la Cordillera Ibérica. Estudios Geológicos 48, 123-143.

LÓPEZ-GÓMEZ, J. y ARCHE, A., 1993. Architecture of the Cañizar Fluvial Sheet Sandstones, Early Triassic, Iberian Ranges, Eastern Spain. Spec. Publs Int. Ass. Sediment. 17, 363-381.

LÓPEZ-GÓMEZ, J. y ARCHE, A., 1994. La Formación Brechas de Tabarreña (Pérmico Inferior): depósitos de flujos con densidad variable al SE de la Cordillera Ibérica, España. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Geol.) 89 (1-4), 131-144.

LÓPEZ-GÓMEZ, J. y ARCHE, A., 1995. El Pérmico y el Triásico del Levante Español. Características principales y consideraciones paleogeográficas. Cuadernos de Geología Ibérica 19, 201-234.

LÓPEZ-GÓMEZ, J. y ARCHE, A., 1997. The upper permian boniches conglomerates Formation: Evolution from alluvial fan to fluvial system environments and accompanying tectonic and climatic controls in the southeast Iberian Ranges, Central Spain. Sedimentary Geology 114, 267-294.

LÓPEZ-GÓMEZ, J.; ARCHE, A.; CALVET, F. y GOY, A., 1998. Epicontinental marine carbonate sediments of the middle and upper Triassic in the westernmost part of the Tethys Sea, Iberian Peninsula. Zbl. Geol. Paläont. Teil I 9-10, 1033-1084.

LÓPEZ-GÓMEZ, J., ARCHE, A. y PÉREZ-LÓPEZ, A., 2002. Permian and Triassic. In: W. Gibbon y T. Moreno. Geology of Spain. 185-212. Geol. Soc. London.

LUCAS, C. y GISBERT, J., 1995. Carbonifère Superieur et Permien. En : Barnolas, A. y Chiron, J.C. (eds.). Synthese geologique et geophysique des Pyrenees, BRGM 1, 339-359.

MÁRQUEZ, L.; LÓPEZ-GÓMEZ, J.; TRIFONOVA, E., 1994. Datación (foraminíferos) y ambientes sedimentarios de la Formación Dolomías de Landete, Anisiense, facies Muschelkalk, Provincia de Cuenca. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geología) 89, 99-107.

MARZO, M., 1980. El Buntsandstein de los Catalánides: estratigrafía y procesos de sedimentación. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.

MARZO, M. y CALVET, F., 1995. El Triásico de los Catalánides. II Coloquio estratigráfico y paleogeográfico del Pérmico y Triásico de España. Institut d'Estudis Ilerdencs, Lérida, 1-175.

MAS, R., 1981. El Cretácico Inferior de la región noroccidental de la provincia de Valencia. Seminarios de Estratigrafía 8, 408 pp. y 33 láminas.

McKENZIE, D., 1978. Some remarks on the development of sedimentary basins. Earth

and Planetary Science Letters 40, 25-32.

McKENZIE, D., NIMMO, F. y JACKSON, J.A., 2000. Characteristics and consequences of flow in the Lower Crust. En: Jour. Geoph. Res. 105, 11029-11046.

MELÉNDEZ, N., 1983. El Cretácico de la región de Cañete-Rincón de Ademuz (provincias de Cuenca y Valencia). Seminarios de Estratigrafía 9, 242 pp. y 33 láminas.

MELÉNDEZ, A.; AURELL, M.; BÁDENAS, B. y SORIA, A.R., 1995. Las rampas carbonatadas del Triásico Medio en el sector central de la Cordillera Ibérica. Cuadernos de Geología Ibérica 19, 173-199.

MIALL, A.D., 1985. Architectural-element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits. Earth Sci. Rev. 22, 261-308.

MIALL, A.D., 1988. Architectural elements and bounding surfaces in fluvial deposits: anatomy of the Kayenta Formation (Lower Jurassic), southwest Colorado. Sediment. Geol. 55, 233-262.

MIALL, A.D., 1991. Hierarchies of architectural units in clastic rocks, and their relationship to sedimetation rate. En: Miall, A.D., Tyler, N. (eds). The three-dimensional facies architecture of terrigenous clastic sediments, and its implications for hydrocarbon discovery and recovery. Soc. Econ. Paleontol. Mineral Conc. Sedimentol. Paleontol. 3, 6-12.

MIALL, A.D., 1992. Alluvial deposits. En: R.G. Walker and N.P. James (eds.) Facies Models. Geological Association of Canada, 119-142.

MIALL, A.D., 1996. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroloeum geology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 582 pp.

MORGAN, P. y FERNÁNDEZ, M. 1992. Neogene vertical movements and constraints on extension in the Catalan Coastal Ranges, Iberian Peninsula, and the Valencia Trough (western Mediterranean). Tectonophysics 203, 185-201.

MOURGÓN, P.M., y CAMPOS J., C., 1974. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Segorbe (Nº 640). IGME.

MUÑOZ, J.A.; PUIGDEFÁBREGAS, C. y FONTBOTÉ, J.M., 1983. El Pirineo. En: Comba (ed.). Libro Jubilar J.M. Ríos, Ministerio de Industria 2, 161-205.

NAVIDAD, M. y ÁLVARO, M., 1985. El vulcanismo alcalino del Triásico Superior de Mallorca. Boletín del Instituto Geológico y Minero de España 96, 10-22.

ORTÍ, F., 1974. El Keuper del Levante Español. Litoestratigrafía, petrología y paleogeografía de la cuenca. Estudios Geológicos 30, 7-46.

ORTÍ, F., 1990. Introducción a las evaporitas de la cuenca terciaria del Ebro. En: Ortí, F. y Salvany, J. (eds.). Formaciones evaporíticas de la cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante: Nuevas Aportaciones y Guía de Superficie. Enresa, 62-66.

ORTÍ, F. y GONZÁLEZ, F., 1977. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Jérica (Nº 639). IGME.

ORTÍ, F.; GARCÍA-VEIGAS, J.; ROSELL, L.; JURADO, M.J. y UTRILLA, R.M., 1996. Formaciones salinas de las cuencas triásicas en la Península Ibérica: Caracterización petrológica geoquímica. In: Arche, A., López-Gómez, J. (eds.). Pérmico y Triásico de la Península Ibérica. Cuad. Geol. Ibérica 20, 13-36.

PARSONS, B. y SCLATTER, J.G., 1977. An analysis of the variation of ocean floor bathymetry with heat flow and age. J. Geophys. Res. 82, 803-827.

PÉREZ ARLUCEA, M., 1985. Estratigrafía y sedimentología del Pérmico Y Triásico en el sector Molina de Aragón-Albarracín (provincias de Guadalajara y Teruel). PhD. Thesis. Universidad Complutense de Madrid.

PÉREZ-ARLUCEA, M. y SOPEÑA, A., 1985. Estratigrafía del Pérmico y Triásico en el sector central de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (provincias de Guadalajara y Teruel). Estudios Geológicos 41, 207-222.

PÉREZ-ARLUCEA, M. y TRIFONOVA, E., 1993. Stratigraphy of the Middle Triassic in part of the Iberian Ranges (Spain) based on foraminifera data. Geologica Balcanica 23, 23-33.

PINET, B., y COLETTA, B., 1990. Probing into extensional basins: comparison of recent data and derivation of tentative models. Tectonophysics 173, 185-197.

PITMAN, W.C. y ANDREWS, J.A., 1985. Subsidence and thermal history of small pull-apart basins. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. (eds.). Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ. 37, 45-49.

POLLOCK, H.N. y CHAPMAN, D.S., 1977. On the regional variation of heat flow, geotherms, and lithospheric thickness. Tectonophysics 38, 279-296.

PUIGDEFÁBREGAS, C.; MUÑOZ, J.A. y MARZO, M., 1986. thrust belt development in the eastern pyrenees and related depositional sequences in the southern Foreland Basin. En: P.A.P.H. Allen (ed.), Foreland Basins. International Association of Sedimentologists, Special Publication, 229-246.

RAMÍREZ, J.I., 1986. Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja Cañete (Nº 611). IGME.

RAMÍREZ, J.I., ALVARO, M. y DEL OLMO, P., 1989. Mapa Geológico de España Escala 1: 50000. Hoja Las Majadas (Nº 587). IGME.

RAMOS, A., 1979. Estratigrafía y paleogeografía del Pérmico y Triásico al Oeste de Molina de Aragón (provincia de Guadalajara). Seminarios de Estratigrafía 6, 313 pp.

REY, D. y RAMOS, A., 1991. Estratigrafía y Sedimentología del Pérmico y Triásico del sector Deza-Castejón (Soria). Rev. Soc. Geol. España 4, (1-2), 105-125.

RIBA, O.; REGUANT, S. y VILLENA, J., 1983. Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la cuenca terciaria del Ebro. In: Comba, J.A. (coord.). Libro Jubilar J.M. Ríos. Geología de España, Tomo II, 131-159.

ROURE, F.; CHOUKROUNE, P.; ECORS PYRENEES TEAM, 1989. ECORS deep seismic data and balanced cross section: Geometric constraints on the evolution of the Pyrenees. Tectonics 8, 41-50.

ROYDEN, L. y KEEN, C.E., 1980. Rifting process and thermal evolution of the continental margin of Eastern Canada determined from subsidence curves. Earth and Planetary Science Letters 51, 343-361.

SACHER, L., 1966. Stratigraphie unf Tektonik der Norwestlichen Hesperischen Ketten bei Molina de Aragón (Spanien). Teil 1. Stratigraphie (Palaozoikum). N. J. Geol. Und Palaont. 124 (2), 151-167.

SALAS, R. y CASAS, A. 1993. Mesozoic extensional tectonics, stratigraphy and crustal evolution during the Alpine Cycle of the Eastern Iberian Basin". Tectonophysics 228, 33-55.

SALAS, R.; GUIMERA, J.; MAS, R.; MARTÍN-CLOSAS C.; MELÉNDEZ, A. y ALONSO, A., 2001. Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rift System and its cainozoic inversión (Iberian Chain). In: Ziegler, P.A., Cavazza, W., Robertson, A.H.F., Crasquin-Soleau, S. (eds.). Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. Mem. Mus. Natn, Hist. Nat. 186: 145-185.

SALVESON, J.O., 1976. Variations in the oil and gas geology of rift basins. Egyptian General Petroleum Corp., 5th Explor. Sem., Cairo, Egypt, November 15-17, 1976.

SALVESON, J.O., 1978. Variations in the geology of rift basins - a tectonic model. Paper presented at Rio Grande Rift Symposium, Santa Fe, New Mexico.

SÁNCHEZ-MOYA, Y.; SOPEÑA, A.; MUÑOZ A. y RAMOS, A., 1992. Consideraciones teóricas sobre el análisis de la subsidencia: aplicación a un caso real en el borde de la cuenca Triásica Ibérica. Rev. Sociedad Geol. España 5 (3-4), 21-39.

SCLATER, J.G. y CHRISTIE, P.A.F., 1980. Continental stretching: an explanation of the post Mid-Cretaceous subsidence of the Central North Sea Basin. Journal of Geophysical Research 85, 3711-3739.

SENGÖR, A.M.C. y BURKE, K., 1978. Relative timing of rifting and volcanism on Earth and its tectonic implications. Geophys. Res. Letters 5, 419-421.

SLEEP, N.H., 1971. Thermal effects of the formation of Atlantic continental margins by continental breakup. Geophys. J. R. Astron. Soc. 24, 325-350.

SOPEÑA, A., 1979. Estratigrafía del Pérmico y Triásico del NW de la provincia de Guadalajara. Seminarios de Estratigrafía 5, 329 pp.

SOPEÑA, A.; LÓPEZ, J.; ARCHE, A.; PÉREZ-ARLUCEA, M.; RAMOS, A.; VIRGILI, C. y HERNANDO, S., 1988. Permian and Triassic rift basins of the Iberian Peninsula. En: Manspeizer, W. (ed.). Triassic-Jurassic rifting. Elsevier, Developments in Geotectonics 22, 757-786.

SOPEÑA, A.; DOUBINGER, J.; RAMOS, A. y PÉREZ-ARLUCEA, M., 1995. Palynologie du Permian et du Trias dans le centre de la Péninsule Ibérique. Sciences Geologiques Bulletin 48, 119-157.

STAMPFLI, G.M. y BOREL, G.D., 2002. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. Earth and Planetary Science Letters 196, 17-33.

STECKLER, M.S., 1981. Thermal and mechanical evolution of Atlantic-type margins. Unpubl. PhD thesis, Columbia University, New York, 261 pp.

STECKLER, M.S. y WATTS, A.B., 1978. Subsidence of the Atlantic-type continental margin off New York. Earth Planet. Sci. Letters 41, 1-13.

STEEL, R.J., y RYSETH, A., 1990. The Triassic - Early Jurassic succession in the northern North Sea: Megasequence stratigraphy and Intra-Triassic tectonics. En: Hardman, P.F.P., Brooks, J. (eds). Tectonic events responsible for Britain's oil and Gas Reserves. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 55, 139-168.

TURCOTTE, D.L. y OXBURGH, E.R., 1973. Mid-plate tectonics. Nature 244, 337-339.

Van HINTE, J.E., 1978. Geohistory analysis - application of micropalaeontology in exploration geology. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geology 62, 201-222.

Van WEES, J.D. y STEPHENSON, R.A., 1995. Quantitative modelling of basins and rheological evolution of the Iberian Basin (Central Spain): Implications for lithospheric dynamics of intraplate extension and inversion. Tectonophysics 252, 163-178.

Van WEES, J.D.; STEPHENSON, R.A.; STOVBA, S.M. y SHYMANOVSKY, V.A., 1996. Tectonic variation in the Dniepr-Donets Basin from automated modelling of backstripped subsidence curves. Tectonophysics 268, 257-280.

Van WEES, J.D.; ARCHE, A.; BEIJDORFF, C.G.; LÓPEZ-GÓMEZ, J. y CLOETINGH, S.A.P.L., 1998. Temporal and spatial variations in tectonic subsidence in the Iberian Basin (Eastern Spain): Inferences from automated forward modelling of high-resolution stratigraphy (Permian-Mesozoic). Tectonophysics 300, 285-310.

Van WEES, J.D., BEEKMAN, F., 2000. Lithosphere rheology during intraplate basin extension and inversion. Inferences from automated modelling of four basins in western Europe. Tectonophysics 320, 219-242.

VILAS, L.; MAS, R.; GARCÍA, A.; ARIAS, C.; ALONSO, A.; MELÉNDEZ, N. y RINCÓN, R., 1982. Ibérica Suroccidental. Capítulo 8. El Cretácico de España. Ed. Universidad Complutense

de Madrid, 457-513.

VIRGILI, C.; HERNANDO, S.; RAMOS, A. y SOPEÑA, A., 1976. Le Permian en Espagne. En : Falke, H. (ed.). The continental Permian in the central west and south Europa. 91-109.

VISSCHER, H.; BRUGMAN, W. y LÓPEZ-GÓMEZ, J., 1982. Nota sobre la presencia de una palinoflora triásica en el supuesto Pérmico del anticlinorio de Cueva de Hierro (Serranía de Cuenca), España. Revista Española de Micropaleontología 14, 315-322.

WALCOTT, R.I., 1972. Gravity, flexure and the growth of sedimentary basins at continental edge. Geol. Soc. Am. Bull. 83, 1845-1848.

WATTS, A.B., 1981. The U.S. Atlantic continental margin: subsidence history, crustal structure and thermal evolution. En: A. Bally (ed.). The geology of continental margins. American Association of Petrol. Geol. Education Courses Notes 19, 1-75.

WATTS, A.B., 2001. Isostasy and flexure of the Lithosphere. Cambridge University Press. 458 pp.

WATTS, A.B.; KARNER, G.D. y STECKLER, M.S., 1982. Lithospheric flexure and the evolution of sedimentary basins. Phill. Trans. R. Soc. London A 305, 249-281.

WERNICKE, B., 1985. Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere. Canadian Journal of Earth Science 22, 108-125.

YILMAZ, P.O.; NORTON, I.O.; LEARY, D. y CHUCHLA, R.J., 1996. Tectonic evolution and paleogeography of Europe. En: Ziegler, P.A. y Horvàth, F. (eds.). Peri-Tethys Memoir 2: Structure and Prospects of Alpine Basins and Forelands, 47-60.

ZIEGLER, P.A., 1990. Geological atlas of western and central Europe. Shell Internationale Petroleum Maastschappij BV, International Lithosphere Program 148, 1-239 pp.

ZOETERMEIJER, P.; DESEGAULX, P.; CLOETINGH, S.; ROURE, F. y MORETTI, I., 1990. Lithospheric dynamics and tectonic-stratigraphic evolution of the Ebro Basin. Journal of Geophysical Research 95 B3, 2701-2711.

CORDILLERA IBÉRICA

TORREMOCHA-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	0,5	0	18,9	0	0	100	0	0	0	0	0
D-2	**95**	**0,5**	**19**	**18,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
K-16	96,1	95	295	19	0	0	0	100	0	0	20
K-15	97	96,1	308,9	295	0	0	50	50	0	0	40
D-1	**211**	**97**	**309**	**308,9**	**0**	**0**	**45**	**0**	**55**	**0**	**0**
T-14	227,4	211	633	309	0	0	45	0	55	0	10
T-10	232	227,4	690	633	0	0	0	100	0	0	25

ALHAMA

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,3	0	30,4	0	50	0	50	0	0	0	0
D-8	**4,2**	**1,3**	**30,5**	**30,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
PL-1	5,2	4,2	41,5	30,5	0	0	0	100	0	0	0
Mi-5	7,1	5,2	97	41,5	20	0	80	0	0	0	0
Mi-2a	14	7,1	113,5	97	0	0	0	100	0	0	0
Mi-1	21	14	163,4	113,5	50	0	50	0	0	0	0
D-7	**24**	**21**	**163,5**	**163,4**	**30**	**40**	**30**	**0**	**0**	**0**	**0**
EO+OL	55,6	24	196,5	163,5	30	40	30	0	0	0	0
PA	64	55,6	223,9	196,5	0	30	25	45	0	0	0
D-6	**72,5**	**64**	**224**	**223,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
K-20b	83,5	72,5	307	224	0	0	0	100	0	0	20
K-20a	84,9	83,5	340	307	0	0	0	100	0	0	20
K-19a	88,6	84,9	406,4	340	0	0	0	100	0	0	20
D-5	**89,3**	**88,6**	**406,5**	**406,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
K-18a	91,8	89,3	433,9	406,5	0	0	0	100	0	0	20
D-4	**92,5**	**91,8**	**434**	**433,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
K-17	93,5	92,5	461,5	434	0	0	0	100	0	0	40
K-16	95,8	93,5	516,9	461,5	0	0	0	100	0	0	20
D-3	**96,5**	**95,8**	**517**	**516,9**	**0**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**
K-15	98,9	96,5	544,5	517	0	0	50	50	0	0	40
K-13	109,5	98,9	710,9	544,5	0	100	0	0	0	0	12
D-2	**202,5**	**109,5**	**711**	**710,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-1	205,4	202,5	751,9	711	0	0	0	100	0	0	3
D-1	**210**	**205,4**	**752**	**751,9**	**0**	**0**	**50**	**20**	**30**	**0**	**0**
T-14	227,4	210	790,5	752	0	0	50	20	30	0	10
T-10	233	227,4	817	790,5	0	0	0	100	0	0	25
T-5	237,1	233	842	817	0	0	100	0	0	0	3
T-4	240,2	237,1	882	842	10	45	45	0	0	0	0
T-3	240,9	240,2	1082	882	0	100	0	0	0	0	0

EL HITO

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-5	**10,5**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**60**	**40**	**0**	**0**	**0**	**0**
Mi-2	13,5	10,5	40,9	0,1	0	60	40	0	0	0	0
D-4	**84**	**13,5**	**41**	**40,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
K-20	88	84	181	41	0	0	0	100	0	0	3
K-19	90,2	88	221	181	0	0	50	50	0	0	43
K-18	91,5	90,2	312,9	221	0	0	0	100	0	0	3
D-3	**96,5**	**91,5**	**313**	**312,9**	**0**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**
K-15	98,9	96,5	329,5	313	0	0	50	50	0	0	40
K-13	110	98,9	379,4	329,5	0	100	0	0	0	0	3
D-2	**181**	**110**	**379,5**	**379,4**	**0**	**0**	**30**	**70**	**0**	**0**	**0**
J-5	189,6	181	541,5	379,5	0	0	30	70	0	0	75
J-4	191,5	189,6	558	541,5	0	0	0	100	0	0	20
J-3	193,5	191,5	578	558	0	0	50	50	0	0	43
J-2	201,9	193,5	979,5	578	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1132	979,5	0	0	0	30	70	0	3
T-15	209,6	205,7	1187	1132	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	1262,2	1187	0	0	50	0	50	0	10
T-12	223,6	221,5	1360,2	1262,2	0	100	0	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	1431,5	1360,2	0	0	50	0	50	0	5
T-10	233	227,4	1442,5	1431,5	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	1514,5	1442,5	0	0	50	0	50	0	3
T-8	238,5	237,1	1528,5	1514,5	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,5	238,5	1572,9	1528,5	0	0	100	0	0	0	3
D-1	**241,6**	**239,5**	**1573**	**1572,9**	**10**	**90**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
T-1	244,8	241,6	1690	1573	10	90	0	0	0	0	0

MOLINA DE ARAGÓN

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,75	0	22,7	0	75	25	0	0	0	0	0
Pl-2	3	1,75	36,4	22,7	100	0	0	0	0	0	0
D-5	**9**	**3**	**36,5**	**36,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
Mi-3	10,5	9	49	36,5	0	0	0	100	0	0	0
Mi-2	13,7	10,5	64,9	49	50	50	0	0	0	0	0
D-4	**90,5**	**13,7**	**65**	**64,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
K-18	92	90,5	100	65	0	0	0	100	0	0	3
K-17	93,5	92	125	100	0	0	25	75	0	0	30
K-16	96,1	93,5	165	125	0	0	0	100	0	0	20
K-15	98,9	96,1	175	165	0	0	50	50	0	0	40
K-14	105,5	98,9	190	175	0	40	0	60	0	0	8
K-13	110	105,5	229,9	190	0	100	0	0	0	0	3
D-3	**177**	**110**	**230**	**229,9**	**0**	**0**	**10**	**90**	**0**	**0**	**0**
J-6	180,1	177	290	230	0	0	10	90	0	0	45
J-5	189,6	180,1	340	290	0	0	30	70	0	0	75
J-4	191,5	189,6	355	340	0	0	0	100	0	0	35
J-3	193,5	191,5	365	355	0	0	50	50	0	0	43
J-2	201,9	193,5	475	365	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	590	475	0	0	0	100	0	0	3
T-15	209,6	205,7	600	590	0	0	0	100	0	0	15
T-14	227,4	209,6	672	600	0	0	75	25	0	0	10
T-10	233	227,4	763,75	672	0	0	0	100	0	0	25
T-5	237,1	233	858,75	763,75	0	50	50	0	0	0	3
T-4	240,2	237,1	930,8	858,75	0	50	50	0	0	0	0
T-3	241	240,2	1050	930,8	0	100	0	0	0	0	0
T-2	241,5	241	1075	1050	0	95	5	0	0	0	0
T-1	244,8	241,5	1185	1075	0	100	0	0	0	0	0
P-6	252	244,8	1289,9	1185	100	0	0	0	0	0	0
D-2	**254**	**252**	**1290**	**1289,9**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**	**0**
P-5	255	254	1349,9	1290	0	50	50	0	0	0	0
D-1	**270**	**255**	**1350**	**1349,9**	**0**	**0**	**90**	**10**	**0**	**0**	**0**
P-2	285	270	1483,5	1350	0	0	90	10	0	0	0
P-1	290	285	1555	1483,5	0	80	5	0	0	15	0

MAJADAS

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,8	0	20,4	0	50	50	0	0	0	0	0
D-9	**10,7**	**1,8**	**20,5**	**20,4**	**0**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**
Mi-2a	14,5	10,7	45,4	20,5	0	0	50	50	0	0	0
D-8	**22,1**	**14,5**	**45,5**	**45,4**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
OL-2	28,3	22,1	65,4	45,5	100	0	0	0	0	0	0
D-7	**28,6**	**28,3**	**65,5**	**65,4**	**30**	**35**	**35**	**0**	**0**	**0**	**0**
OL-1	33,6	28,6	151,5	65,5	30	35	35	0	0	0	0
EO-3	41,6	33,6	218	151,5	40	30	30	0	0	0	0
EO-2	48	41,6	279	218	50	50	0	0	0	0	0
K-20c	71,3	48	429	279	0	0	50	20	30	0	3
K-20a+b	84,9	71,3	606,5	429	0	0	0	70	30	0	20
K-19a	88,6	84,9	622,9	606,5	0	0	0	100	0	0	20
D-5	**89,3**	**88,6**	**623**	**622,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
K-18a	92	89,3	637	623	0	0	0	100	0	0	20
K-17	93,5	92	653,5	637	0	0	50	50	0	0	40
K-16	96,1	93,5	753,5	653,5	0	0	0	100	0	0	20
K-15	98,9	96,1	786,5	753,5	0	0	50	50	0	0	40
K-13	109,8	98,9	852,9	786,5	0	100	0	0	0	0	3
D-4	**119**	**109,8**	**853**	**852,9**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**	**0**
K-2	123,3	119	874,9	853	0	50	50	0	0	0	0
D-3	**126**	**123,3**	**875**	**874,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
K-1	126,7	126	891,4	875	0	0	0	100	0	0	0
D-2	**170**	**126,7**	**891,5**	**891,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-6	180,1	170	902,5	891,5	0	0	0	100	0	0	45
J-5	189,6	180,1	952,5	902,5	0	0	50	50	0	0	75
J-4	191,5	189,6	991	952,5	0	0	10	90	0	0	20
J-3	193,5	191,5	1069	991	0	0	25	75	0	0	43
J-2	201,9	193,5	1191	1069	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1296,5	1191	0	0	0	90	10	0	3
T-15	209,6	205,7	1341,5	1296,5	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	1441,5	1341,5	0	0	50	20	30	0	10
T-12	223,6	221,5	1472	1441,5	0	100	0	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	1500	1472	0	0	50	50	0	0	5
T-10	233	227,4	1556	1500	0	0	0	100	0	0	25
T-5	236	233	1611,4	1556	0	10	60	30	0	0	3
D-1	**242**	**236**	**1611,5**	**1611,4**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
T-1	244,8	242	1644,5	1611,5	0	100	0	0	0	0	0
P-6	248	244,8	1677,5	1644,5	100	0	0	0	0	0	0

CAÑETE

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,1	0	18,9	0	100	0	0	0	0	0	0
D-8	**18,2**	**1,1**	**19**	**18,9**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Mi-1	19,3	18,2	46,4	19	100	0	0	0	0	0	0
D-7	**84,1**	**19,3**	**46,5**	**46,4**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
K-20	88	84,1	113	46,5	100	0	0	0	0	0	3
K-19	90,2	88	129,5	113	0	0	50	50	0	0	43
K-18	92	90,2	190,5	129,5	0	0	0	100	0	0	3
K-17	93,5	92	268	190.5	0	0	30	70	0	0	40
K-16	96,1	93,5	318	268	0	0	0	100	0	0	20
K-15	98,9	96,1	351,5	318	0	0	50	50	0	0	40
K-14	105,5	98,9	390	351,5	0	55	0	45	0	0	8
K-13	110	105,5	489,9	390	0	100	0	0	0	0	3
D-6	**113**	**110**	**490**	**489,9**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
K-3	118	113	506,5	490	0	100	0	0	0	0	0
K-2	123,3	118	546,4	506,5	0	50	50	0	0	0	0
D-5	**126**	**123,3**	**546,5**	**546,4**	**0**	**15**	**25**	**60**	**0**	**0**	**0**
K-1	127	126	709,9	546,5	0	15	25	60	0	0	0
D-4	**162,5**	**127**	**710**	**709,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-6	180,1	162,5	765	710	0	0	0	100	0	0	45
J-5	189,6	180,1	833,5	765	0	0	30	70	0	0	75
J-4	191,5	189,6	866	833,5	0	0	0	100	0	0	35
J-3	193,5	191,5	890	866	0	0	0	100	0	0	43
J-2	201,9	193,5	957	890	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1062	957	0	0	0	100	0	0	3
T-15	209,6	205,7	1112	1062	0	0	0	100	0	0	15
T-14	227.4	209,6	1329,5	1112	0	0	40	0	60	0	10
T-10	233	227,4	1443,5	1329,5	0	0	25	75	0	0	25
T-9	237,1	233	1526,5	1443,5	0	0	50	0	50	0	3
T-8	238,3	237,1	1553,9	1526,5	0	0	0	100	0	0	15
D-3	**241,8**	**238,3**	**1554**	**1553,9**	**5**	**95**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
T-1	244,8	241,8	1709,9	1554	5	95	0	0	0	0	0
D-2	**254**	**244,8**	**1710**	**1709,9**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**	**0**
P-5	255	254	1823,4	1710	0	50	50	0	0	0	0
P-4	256	255	1923,4	1823,4	100	0	0	0	0	0	0
D-1	**270**	**256**	**1923,5**	**1923,4**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
P-3	274	270	1940	1923,5	100	0	0	0	0	0	0

TERUEL

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,7	0	20,4	0	100	0	0	0	0	0	0
D-7	**2**	**1,7**	**20,5**	**20,4**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Pl-2	3,5	2	32	20,5	100	0	0	0	0	0	0
Pl-1	5,2	3,5	37	32	0	0	10	90	0	0	0
Mi-5	7,1	5,2	100	37	0	40	60	0	0	0	0
Mi-4a	7,9	7,1	189	100	0	0	45	5	50	0	0
Mi-4	8,7	7,9	233,5	189	0	0	25	75	0	0	0
Mi-3	10,5	8,7	283,5	233,5	0	0	0	100	0	0	0
Mi-2	12,5	10,5	494,5	283,5	30	50	20	0	0	0	0
Mi-2a	14	12,5	527,9	494,5	0	0	25	75	0	0	0
D-6	**23**	**14**	**528**	**527,9**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Ol	28	23	544,4	528	0	100	0	0	0	0	0
D-5	**121,5**	**28**	**544,5**	**544,4**	**0**	**0**	**20**	**80**	**0**	**0**	**0**
K-2a	123,3	121,5	576,9	544,5	0	0	20	80	0	0	5
D-4	**126**	**123,3**	**577**	**576,9**	**0**	**35**	**60**	**5**	**0**	**0**	**0**
K-1a	128,5	126	815,9	577	0	35	60	5	0	0	0
D-3	**133**	**128,5**	**816**	**815,9**	**0**	**20**	**70**	**10**	**0**	**0**	**0**
K-0	144,2	133	1071,5	816	0	20	70	10	0	0	0
J-9	151,5	144,2	1216	1071,5	0	10	0	90	0	0	20
J-8	154,1	151,5	1332,5	1216	0	0	25	75	0	0	45
J-7	156,8	154,1	1382,5	1332,5	0	0	30	70	0	0	75
J-6	158	156,8	1392,7	1382,5	0	0	0	100	0	0	45
D-2	**162**	**158**	**1392,8**	**1392,7**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**45**
J-6	180,1	162	1604,5	1392,8	0	0	0	100	0	0	45
J-5	189,6	180,1	1687,5	1604,5	0	0	30	70	0	0	75
J-4	191,5	189,6	1748,5	1687,5	0	0	0	100	0	0	35
J-3	193,5	191,5	1759,5	1748,5	0	0	50	50	0	0	43
J-2	201,9	193,5	1810	1759,5	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1881,5	1810	0	0	0	100	0	0	3
T-15	209,6	205,7	1900	1881,5	0	0	0	100	0	0	15
T-14	227,4	209,6	2066,5	1900	0	0	35	25	40	0	10
T-10	233	227,4	2155	2066,5	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	2332,5	2155	0	0	50	0	50	0	3
T-8	238,5	237,1	2410,5	2332,5	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	2432,5	2410,5	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241,5	239,9	2582,5	2432,5	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	2699,9	2582,5	0	100	0	0	0	0	0
D-1	**254**	**244,8**	**2700**	**2699,9**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	0	**0**
P-5	255	254	2988,5	2700	0	50	50	0	0	0	0

MONTALBÁN

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,7	0	13,4	0	100	0	0	0	0	0	0
D-10	**10,5**	**1,7**	**13,5**	**13,4**	**0**	**0**	**65**	**35**	**0**	**0**	**0**
Mi-2	14	10,5	58,5	13,5	0	0	65	35	0	0	0
Mi-1	21,9	14	118,4	58,5	70	30	0	0	0	0	0
D-9	**25,2**	**21,9**	**118,5**	**118,4**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
OL-2	28,4	25,2	146,5	118,5	100	0	0	0	0	0	0
OL-1	31	28,4	262,4	146,5	35	35	5	25	0	0	0
D-8	**83,7**	**31**	**262,5**	**262,4**	**0**	**0**	**30**	**65**	**5**	**0**	**0**
K-24	86,9	83,7	357	262,5	0	0	30	65	5	0	30
K-23	90,8	86,9	390	357	0	0	0	100	0	0	43
K-22	93,5	90,8	467,4	390	0	0	0	100	0	0	20
D-7	**96**	**93,5**	**467,5**	**467,4**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**0**
K-21	100	96	512	467,5	0	0	25	75	0	0	43
K-13	104,5	100	689,4	512	0	100	0	0	0	0	12
D-6	**113**	**104,5**	**689,5**	**689,4**	**0**	**0**	**35**	**65**	**0**	**0**	**0**
K-3a	118	113	898	689,5	0	0	35	65	0	0	5
K-2	123,3	118	922,4	898	0	25	0	75	0	0	0
D-5	**126**	**123,3**	**922,5**	**922,4**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**0**
K-1	127	126	942,1	922,5	0	0	25	75	0	0	0
D-4	**151**	**127**	**942,2**	**942,1**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-9	151,5	151	992,7	942,2	0	0	0	100	0	0	20
J-8	154	151,5	1044,6	992,7	0	0	0	100	0	0	45
D-3	**173**	**154**	**1044,7**	**1044,6**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-6	180,1	173	1055,7	1044,7	0	0	0	100	0	0	45
J-5	189,6	180,1	1088,2	1055,7	0	0	50	50	0	0	75
J-4	191,4	189,6	1115,6	1088,2	0	0	0	100	0	0	20
D-2	**193,6**	**191,4**	**1115,7**	**1115,6**	**0**	**0**	**10**	**90**	**0**	**0**	**0**
J-2	201,7	193,6	1243,1	1115,7	0	0	10	90	0	0	20
D-1	**205,9**	**201,7**	**1243,2**	**1243,1**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
T-15	209,6	205,9	1337,5	1243,2	0	0	0	100	0	0	15
T-14	227,4	209,6	1442,7	1337,5	0	0	25	25	50	0	10
T-10	233	227,4	1512,7	1442,7	0	0	15	85	0	0	25
T-9	237,1	233	1523,7	1512,7	0	0	50	0	50	0	3
T-8	238,5	237,1	1620,7	1523,7	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	1630,7	1620,7	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241,5	239,9	1675,7	1630,7	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	1728,7	1675,7	10	90	0	0	0	0	0

MIRAMBEL

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,75	0	16,9	0	30	70	0	0	0	0	0
D-8	**11,2**	**1,75**	**17**	**16,9**	**30**	**40**	**25**	**5**	**0**	**0**	**0**
Mi-2	14	11,2	140,4	17	30	40	25	5	0	0	0
D-7	**23,7**	**14**	**140,5**	**140,4**	**70**	**10**	**20**	**0**	**0**	**0**	**0**
Ol	28	23,7	251,4	140,5	70	10	20	0	0	0	0
D-6	**84**	**28**	**251,5**	**251,4**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**0**
K-24	86,9	84	312,5	251,5	0	0	25	75	0	0	30
K-23	90,8	86,9	389,9	312,5	0	0	0	100	0	0	43
D-5	**96**	**90,8**	**390**	**389,9**	**0**	**35**	**60**	**5**	**0**	**0**	**0**
K-21	100	96	465	390	0	35	60	5	0	0	43
K-13	104,5	100	608,4	465	0	100	0	0	0	0	12
D-4	**119**	**104,5**	**608,5**	**608,4**	**0**	**0**	**15**	**85**	**0**	**0**	**0**
K-8	121	119	758,5	608,5	0	0	15	85	0	0	43
K-7	122	121	772,5	758,5	0	0	100	0	0	0	43
K-2a	123,3	122	922,4	772,5	0	0	20	80	0	0	5
D-3	**126**	**123,3**	**922,5**	**922,4**	**0**	**0**	**5**	**95**	**0**	**0**	**0**
K-1a	128	126	1033,4	922,5	0	0	5	95	0	0	0
D-2	**135,5**	**128**	**1033,5**	**1033,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
K-4	144,2	135,5	1071,5	1033,5	0	0	0	100	0	0	43
J-9	151,5	144,2	1300	1071,5	0	0	0	100	0	0	20
J-8	154,1	151,5	1345,3	1300	0	0	25	75	0	0	45
J-7	156,8	154,1	1361,8	1345,3	0	0	0	100	0	0	75
J-6	158	156,8	1383,7	1361,8	0	0	0	100	0	0	45
D-1	**191,7**	**158**	**1383,8**	**1383,7**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-3	193,5	191,7	1439	1383,8	0	0	0	100	0	0	43
J-2	201,9	193,5	1600	1439	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1710,2	1600	0	0	0	30	70	0	3
T-15	209,6	205,7	1763,3	1710,2	0	0	0	100	0	0	15
T-14	227,4	209,6	2063,3	1763,3	0	0	40	10	50	0	10
T-10	233	227,4	2146,3	2063,3	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	2396,3	2146,3	0	0	60	30	10	0	3
T-8	238,5	237,1	2451,7	2396,3	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	2472,5	2451,7	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241,3	239,9	2655,5	2472,5	0	50	50	0	0	0	3

CHELVA

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,7	0	10,9	0	50	50	0	0	0	0	0
D-10	**14,5**	**1,7**	**11**	**10,9**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Mi-1	21,5	14,5	66,9	11	100	0	0	0	0	0	0
D-9	**71**	**21,5**	**67**	**66,9**	**0**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**
K-24	86,9	71	100	67	0	0	50	50	0	0	30
K-23	90,8	86,9	261,3	100	0	0	0	100	0	0	43
K-22	92	90,8	283,3	261,3	0	0	0	100	0	0	20
K-17	93,5	92	295	283,3	0	0	0	100	0	0	40
K-16	96,1	93,5	311,5	295	0	0	0	100	0	0	20
K-15	98,9	96,1	333,5	311,5	0	0	50	50	0	0	40
K-14	105,5	98,9	361	333,5	0	50	0	50	0	0	8
K-13	110	105,5	399,9	361	0	100	0	0	0	0	3
D-8	**113**	**110**	**400**	**399,9**	**0**	**50**	**0**	**50**	**0**	**0**	**0**
K-3a	118	113	452,5	400	0	50	0	50	0	0	5
K-2	123,3	118	496,4	452,5	0	50	50	0	0	0	0
D-7	**126**	**123,3**	**496,5**	**496,4**	**0**	**25**	**0**	**75**	**0**	**0**	**0**
K-1	126,8	126	556,4	496,5	0	25	0	75	0	0	0
D-6	**144,3**	**126,8**	**556,5**	**556,4**	**0**	**20**	**10**	**70**	**0**	**0**	**0**
J-9	151,5	144,3	768	556,5	0	20	10	70	0	0	20
J-8	151,8	151,5	939,9	768	0	0	20	80	0	0	45
D-5	**154,5**	**151,8**	**940**	**939,9**	**0**	**0**	**40**	**60**	**0**	**0**	**75**
J-7	156,5	154,5	977,4	940	0	0	40	60	0	0	75
D-4	**162**	**156,5**	**977,5**	**977,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**45**
J-6	180,1	162	1057	977,5	0	0	0	100	0	0	45
J-5	189,6	180,1	1090	1057	0	0	25	75	0	0	75
J-4	191	189,6	1139,9	1090	0	0	0	100	0	0	20
D-3	**194**	**191**	**1140**	**1139,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-2	201,9	194	1217,5	1140	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1339,5	1217,5	0	0	0	100	0	0	3
T-15	209,6	205,7	1364,5	1339,5	0	0	0	100	0	0	15
T-14	227,4	209,6	1475,5	1364,5	0	0	30	40	30	0	10
T-10	233	227,4	1536,5	1475,5	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	1592	1536,5	0	0	65	10	25	0	3
T-8	238,4	237,1	1647,4	1592	0	0	0	100	0	0	15
D-2	**241,8**	**238,4**	**1647,5**	**1647,4**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
T-1	244,8	241,8	1702,9	1647,5	0	100	0	0	0	0	0
D-1	**254**	**244,8**	**1703**	**1702,9**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**	**0**
P-5	255	254	1825	1703	0	50	50	0	0	0	0
P-4	256	255	1847	1825	100	0	0	0	0	0	0

MANZANERA

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	5,2	0	22	0	40	60	0	0	0	0	0
Mi-4	6,5	5,2	121,9	22	10	75	15	0	0	0	0
D-10	**14,5**	**6,5**	**122**	**121,9**	**50**	**0**	**0**	**50**	**0**	**0**	**0**
Mi-1	20,3	14,5	221,9	122	50	0	0	50	0	0	0
D-9	**99,3**	**20,3**	**222**	**221,9**	**0**	**40**	**0**	**60**	**0**	**0**	**0**
K-14	105,5	99,3	242	222	0	40	0	60	0	0	8
K-13	110	105,5	341,9	242	0	100	0	0	0	0	3
D-8	**113**	**110**	**342**	**341,9**	**0**	**5**	**30**	**65**	**0**	**0**	**0**
K-11	114,5	113	442	342	0	5	30	65	0	0	43
K-10	116,5	114,5	512	442	0	0	25	75	0	0	43
K-9	118,2	116,5	711,9	512	0	0	40	60	0	0	43
D-7	**119**	**118,2**	**712**	**711,9**	**0**	**15**	**5**	**80**	**0**	**0**	**0**
K-8	120,4	119	812	712	0	15	5	80	0	0	43
K-2	123,3	120,4	931,9	812	0	40	60	0	0	0	0
D-6	**126**	**123,3**	**932**	**931,9**	**0**	**20**	**20**	**60**	**0**	**0**	**0**
K-1	128,5	126	981,9	932	0	20	20	60	0	0	0
D-5	**132**	**128,5**	**982**	**981,9**	**0**	**60**	**40**	**0**	**0**	**0**	**0**
K-0	135	132	1063,9	982	0	60	40	0	0	0	0
D-4	**145**	**135**	**1064**	**1063,9**	**0**	**10**	**20**	**70**	**0**	**0**	**0**
J-9	151,5	145	1184	1064	0	10	20	70	0	0	20
J-8	154,1	151,5	1284	1184	0	0	25	75	0	0	45
J-7	156,8	154,1	1292,5	1284	0	0	50	50	0	0	75
J-6	158	156,8	1317,4	1292,5	0	0	20	80	0	0	45
D-3	**162**	**158**	**1317,5**	**1317,4**	**0**	**0**	**0**	**95**	**0**	**5**	**45**
J-6	180,1	162	1392,5	1317,5	0	0	0	95	0	5	45
J-5	189,6	180,1	1422,5	1392,5	0	0	20	70	0	10	75
J-4	191,5	189,6	1467,5	1422,5	0	0	0	100	0	0	20
J-3	193,5	191,5	1487,5	1467,5	0	0	50	50	0	0	43
J-2	198	193,5	1577,4	1487,5	0	0	0	100	0	0	20
D-2	**209,8**	**198**	**1577,5**	**1577,4**	**0**	**0**	**36**	**20**	**42**	**2**	**0**
T-14	227,4	209,8	1691	1577,5	0	0	36	20	42	2	10
T-10	233	227,4	1771	1691	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	1832	1771	0	0	50	25	25	0	3
T-8	238,5	237,1	1887,2	1832	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	1900	1887,2	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241,5	239,9	2003,5	1900	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	2119,9	2003,5	0	100	0	0	0	0	0
D-1	**254**	**244,8**	**2120**	**2119,9**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**	**0**
P-5	255	254	2220	2120	0	50	50	0	0	0	0

JÉRICA

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,7	0	17,9	0	50	50	0	0	0	0	0
D-6	**152**	**1,7**	**18**	**17,9**	**0**	**5**	**30**	**65**	**0**	**0**	**0**
J-8	154,1	152	179,5	18	0	5	30	65	0	0	45
J-7	156,8	154,1	220,4	179,5	0	0	20	80	0	0	75
J-6	158	156,8	272,9	220,4	0	0	0	100	0	0	45
D-5	**162**	**158**	**273**	**272,9**	**0**	**0**	**10**	**90**	**0**	**0**	**45**
J-6	180,1	162	350,5	273	0	0	10	90	0	0	45
J-5	189,6	180,1	378	350,5	0	0	20	80	0	0	75
J-4	191,5	189,6	389	378	0	0	0	100	0	0	20
J-3	193,5	191,5	400	389	0	0	25	75	0	0	43
J-2	201,9	193,5	412	400	0	0	0	100	0	5	20
J-1	205,2	201,9	561,9	412	0	0	0	100	0	0	3
D-4	**210**	**205,2**	**562**	**561,9**	**0**	**0**	**49**	**0**	**49**	**2**	**0**
T-14	227,2	210	789,4	562	0	0	49	0	49	2	10
D-3	**227,6**	**227,2**	**789,5**	**789,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
T-10	231,6	227,6	811,4	789,5	0	0	0	100	0	0	25
D-2	**233,5**	**231,6**	**811,5**	**811,4**	**0**	**0**	**80**	**20**	**0**	**0**	**0**
T-9	237,1	233,5	856,5	811,5	0	0	80	20	0	0	3
T-8	238,5	237,1	934	856,5	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	961,5	934	0	0	75	25	0	0	3
T-6	241,5	239,9	983,5	961,5	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	1038,4	983,5	0	100	0	0	0	0	0
D-1	**254**	**244,8**	**1038,5**	**1038,4**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**	**0**
P-5	255	254	1180	1038,5	0	50	50	0	0	0	0

BOBALAR-2

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	Roc. Volc.	Batim.
H	1,6	0	9,9	0	50	50	0	0	0	0	0
D-4	**6**	**1,6**	**10**	**9,9**	**25**	**25**	**40**	**10**	**0**	**0**	**0**
OL+Mi	25	6	309,9	10	25	25	40	10	0	0	0
D-3	**53**	**25**	**310**	**309,9**	**0**	**0**	**75**	**25**	**0**	**0**	**0**
K-20c	71,3	53	385	310	0	0	75	25	0	0	3
K-20b	83,5	71,3	935	385	0	0	25	75	0	0	20
K19a+K20a	89	83,5	1055	935	0	0	25	75	0	0	20
K-18a	93,5	89	1335	1055	0	0	0	100	0	0	20
K-21	100	93,5	1465	1335	0	0	25	75	0	0	43
K-13	106,9	100	1610	1465	0	100	0	0	0	0	12
K-12	112,2	106,9	1650	1610	0	100	0	0	0	0	12
K10+K11	116,5	112,2	1710	1650	0	0	0	100	0	0	43
K-9	119	116,5	1750	1710	0	0	50	50	0	0	43
K-8	121	119	1890	1750	0	0	25	75	0	0	43
K-7	124,5	121	1920	1890	0	0	100	0	0	0	43
K-6	127	124,5	2030	1920	0	0	60	40	0	0	43
K-5	130	127	2189,9	2030	0	40	40	20	0	0	43
D-2	**144,6**	**130**	**2190**	**2189,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-9	151,5	144,6	2333,4	2190	0	0	0	100	0	0	20
J-8	154,1	151,5	2453,4	2333,4	0	0	0	100	0	0	45
J-7	156,8	154,1	2523,4	2453,4	0	0	25	75	0	0	75
J-6	158	156,8	2593,3	2523,4	0	0	0	100	0	0	45
D-1	**162**	**158**	**2593,4**	**2593,3**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**45**
J-6	180,1	162	2900	2593,4	0	0	0	100	0	0	45
J3+J4+J5	193,5	180,1	3063	2900	0	0	0	100	0	0	50
J-2	201,9	193,5	3080	3063	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	3123	3080	0	0	0	100	0	0	3
T-15	209,6	205,7	3163	3123	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	3314	3163	0	0	50	0	50	0	10
T-12	223,6	221,5	3343	3314	0	0	100	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	3393	3343	0	0	0	0	100	0	5
T-10	233	227,4	3571	3393	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	4784	3571	0	0	30	0	70	0	3
T-8	238,5	237,1	4839,5	4784	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	4860,4	4839,5	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241	239,9	5040,4	4860,4	0	50	50	0	0	0	3

SALSADELLA

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-7	**7,2**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
Mi-3	10,5	7,2	41,2	0,1	0	0	0	100	0	0	0
D-6	**23,9**	**10,5**	**41,3**	**41,2**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
OL	26,2	23,9	69,4	41,3	100	0	0	0	0	0	0
D-5	**150,8**	**26,2**	**69,5**	**69,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-9	151,5	150,8	100	69,5	0	0	0	100	0	0	20
J-8	154,1	151,5	166,5	100	0	0	40	60	0	0	45
J-7	156,8	154,1	200	166,5	0	0	40	60	0	0	75
J-6	158	156,8	257,4	200	0	0	0	100	0	0	45
D-4	**162**	**158**	**257,5**	**257,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**45**
J-6	176	162	452,9	257,5	0	0	0	100	0	0	45
D-3	**181,1**	**176**	**453**	**452,9**	**0**	**0**	**40**	**60**	**0**	**0**	**75**
J-5	189,6	181,1	504,3	453	0	0	40	60	0	0	75
J-4	191,5	189,6	529,3	504,3	0	0	0	100	0	0	20
J-3	193,3	191,5	558,4	529,3	0	0	50	50	0	0	43
D-2	**224**	**193,3**	**558,5**	**558,4**	**0**	**0**	**30**	**20**	**50**	**0**	**0**
T-11	227,4	224	678	558,5	0	0	30	20	50	0	3
TLB	238,5	227,4	845,5	678	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	873	845,5	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241,5	239,9	911,5	873	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	977,9	911,5	0	100	0	0	0	0	0
D-1	**254**	**244,8**	**978**	**977,9**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**	**0**
P-5	255	254	1122	978	0	50	50	0	0	0	0

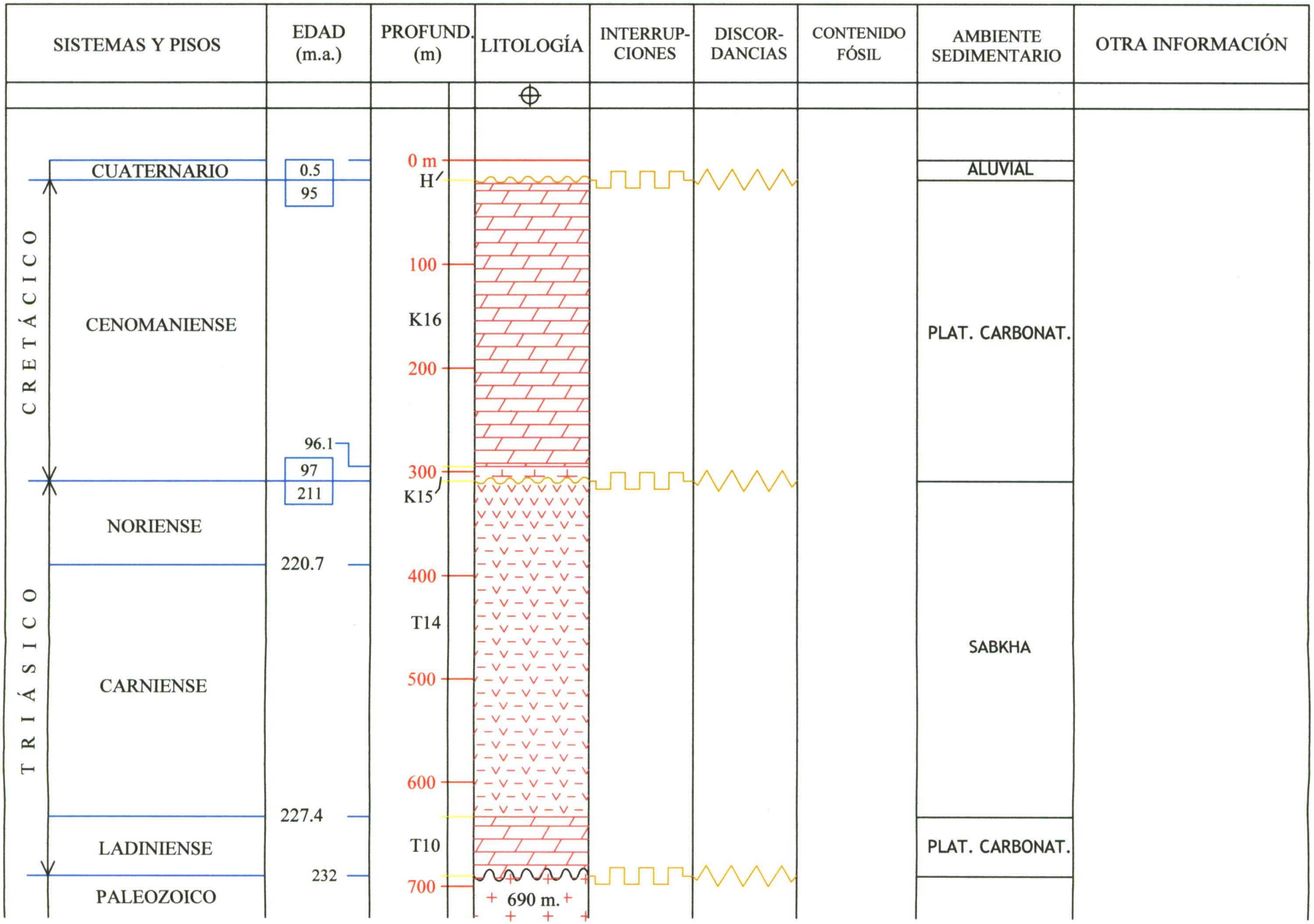
GÁTOVA

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,7	0	14,9	0	20	70	10	0	0	0	0
D-7	**3,7**	**1,7**	**15**	**14,9**	**0**	**45**	**5**	**50**	**0**	**0**	**0**
PL-1	5	3,7	39,9	15	0	45	5	50	0	0	0
D-6	**14,6**	**5**	**40**	**39,9**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Mi-1	21,7	14,6	49,9	40	100	0	0	0	0	0	0
D-5	**96**	**21,7**	**50**	**49,9**	**0**	**0**	**20**	**80**	**0**	**0**	**0**
K-21	100	96	100	50	0	0	20	80	0	0	43
K-13	104,5	100	127,4	100	0	100	0	0	0	0	12
D-4	**144,5**	**104,5**	**127,5**	**127,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-9	151,5	144,5	207,5	127,5	0	0	0	100	0	0	20
J-8	154,1	151,5	257,4	207,5	0	0	0	100	0	0	45
J-7	156,8	154,1	268,4	257,4	0	0	50	50	0	0	75
J-6	158	156,8	284,6	268,4	0	0	0	100	0	0	45
D-3	**162**	**158**	**284,7**	**284,6**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**45**
J-6	180,1	162	307	284,7	0	0	0	100	0	0	45
J-5	189,6	180,1	340	307	0	0	30	70	0	0	75
J-4	191,5	189,6	362	340	0	0	0	100	0	0	20
J-3	193,5	191,5	384	362	0	0	25	75	0	0	43
J-2	201,9	193,5	445	384	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,5	201,9	466,9	445	0	0	0	100	0	0	3
D-2	**209,8**	**205,5**	**467**	**466,9**	**0**	**0**	**35**	**30**	**35**	**0**	**0**
T-13	221,5	209,8	509	467	0	0	35	30	35	0	10
T-12	223,6	221,5	512,8	509	0	100	0	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	554,4	512,8	0	0	40	20	40	0	5
TLB	238,5	227,4	644,4	554,4	0	0	0	100	0	0	25
T-7	239,9	238,5	700	644,4	0	0	90	10	0	0	3
T-6	241,5	239,9	855,4	700	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	993,9	855,4	0	100	0	0	0	0	0
D-1	**254**	**244,8**	**994**	**993,9**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**	**0**
P-5	255	254	1149,4	994	0	50	50	0	0	0	0

CHÓVAR-ESLIDA

Código	Edad base	Edad techo	Prof. base	Prof. techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonat.	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	1,5	0	14,9	0	30	30	40	0	0	0	0
D-9	**15**	**1,5**	**15**	**14,9**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Mi-1	21,4	15	64,9	15	100	0	0	0	0	0	0
D-8	**96**	**21,4**	**65**	**64,9**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**0**
K-21	99,3	96	264,9	65	0	0	25	75	0	0	43
D-7	**106,9**	**99,3**	**265**	**264,9**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
K-12	112,2	106,9	285	265	0	100	0	0	0	0	12
K-11	114,5	112,2	385	285	0	0	0	100	0	0	43
K-10	116,5	114,5	495	385	0	0	0	100	0	0	43
K-9	118,2	116,5	574,9	495	0	0	50	50	0	0	43
D-6	**119**	**118,2**	**575**	**574,9**	**0**	**0**	**30**	**70**	**0**	**0**	**0**
K-8	121	119	675	575	0	0	30	70	0	0	43
K-2	123	121	734,9	675	0	50	50	0	0	0	0
D-5	**145**	**123**	**735**	**734,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-9	151,5	145	820	735	0	0	0	100	0	0	20
J-8	154,1	151,5	920	820	0	0	25	75	0	0	45
J-7	156,7	154,1	935	920	0	0	50	50	0	0	75
J-6	158	156,8	944,9	935	0	0	0	100	0	0	45
D-4	**162**	**158**	**945**	**944,9**	**0**	**0**	**20**	**80**	**0**	**0**	**45**
J-6	180,1	162	980,5	945	0	0	20	80	0	0	45
J-5	189,6	180,1	985,5	980,5	0	0	25	75	0	0	75
J-4	191,2	189,6	997,4	985,5	0	0	0	100	0	0	20
D-3	**194**	**191,2**	**997,5**	**997,4**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-2	201,9	194	1027,5	997,5	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,3	201,9	1037,4	1027,5	0	0	0	100	0	0	3
D-2	**210**	**205,3**	**1037,5**	**1037,4**	**0**	**0**	**50**	**20**	**30**	**0**	**0**
T-14	227,4	210	1127,5	1037,5	0	0	50	20	30	0	10
TLB	238,5	227,4	1217,5	1127,5	0	0	0	100	0	0	25
T-7	239,9	238,5	1257,5	1217,5	0	0	70	30	0	0	3
T-6	241,5	239,9	1956,2	1257,5	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	2036,1	1956,2	0	100	0	0	0	0	0
D-1	**254**	**244,8**	**2036,2**	**2036,1**	**0**	**50**	**49**	**0**	**0**	**1**	**0**
P-5	255	254	2156,2	2036,2	0	50	49	0	0	1	0

CORDILLERA IBÉRICA	Sondeo: TORREMOCHA-1	Coordenadas:
PROVINCIA: Guadalajara COMUNIDAD AUTÓNOMA: Castilla La Mancha	Profundidad total: 690 metros Escala: 1:5000	X= 2º 37' 30" W Y= 40º 57' 15" N



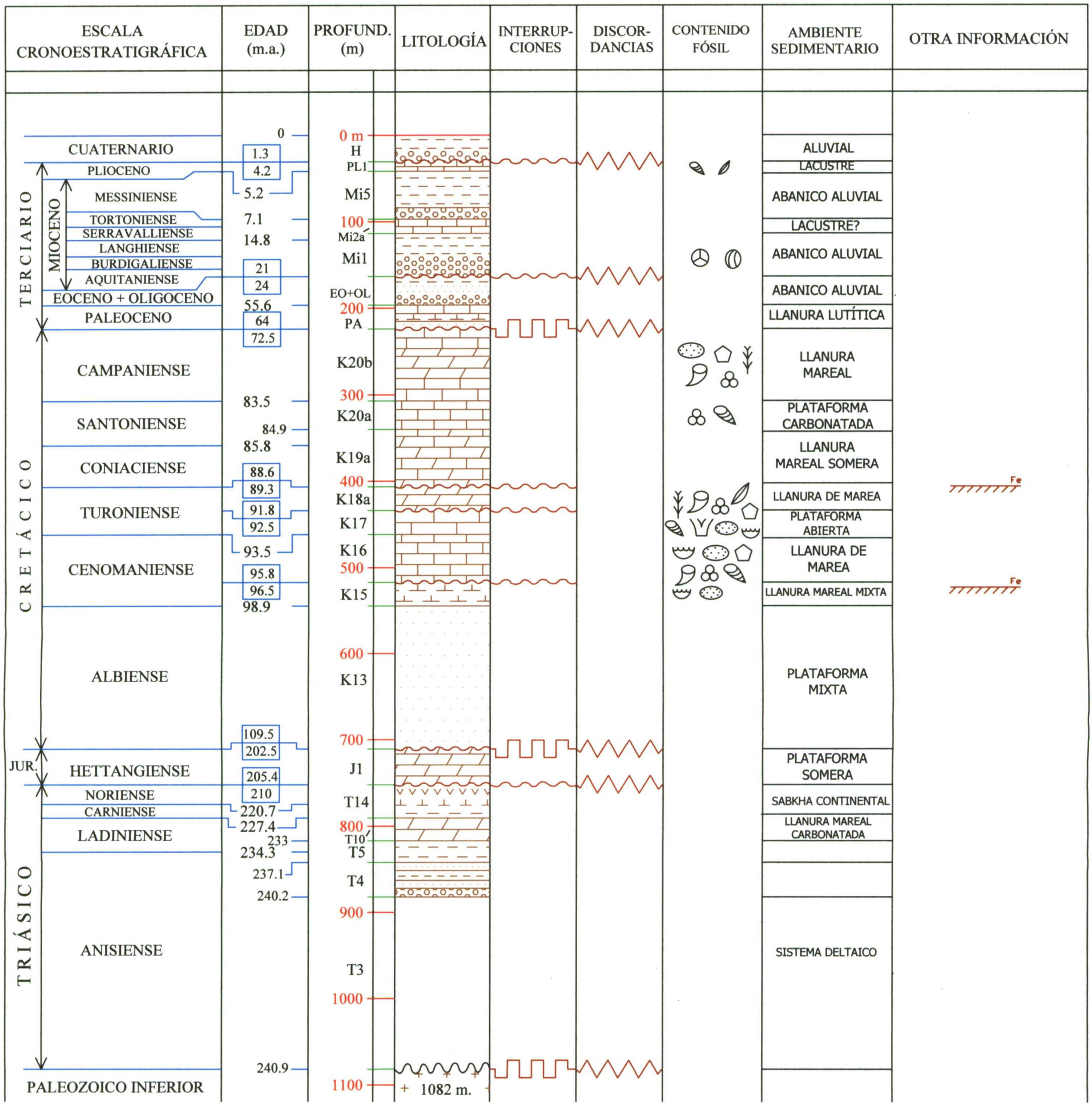
CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Zaragoza
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Aragón

Sección: ALHAMA

Espesor total: 1082 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 1° 52' W
Y= 41° 18' N

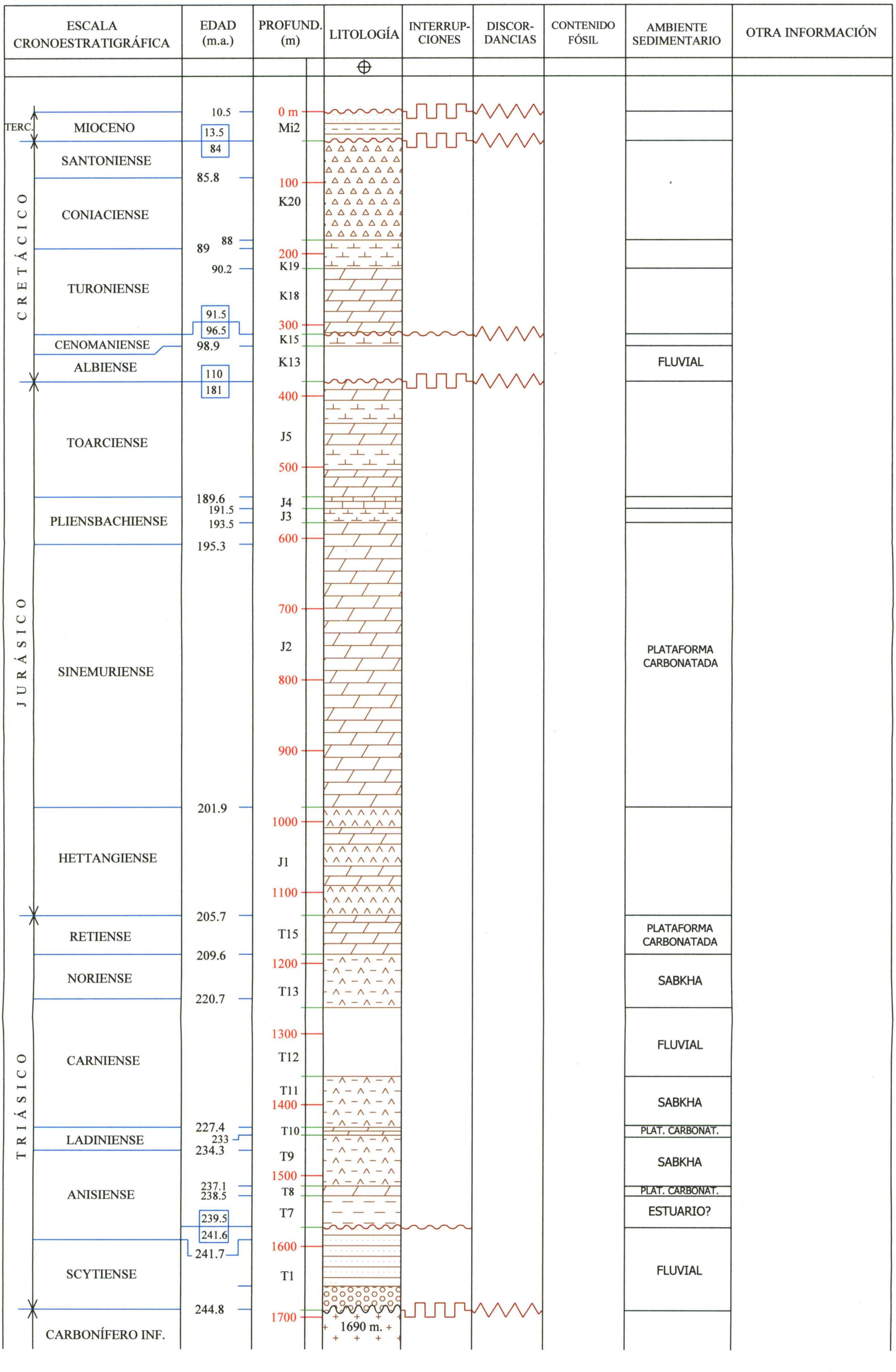


CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Cuenca
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Castilla La Mancha

Sondeo: EL HITO
Profundidad total: 1690 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 2° 35' 39" W
Y= 39° 53' 28" N



CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Guadalajara
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Castilla La Mancha

Sección: MOLINA DE ARAGÓN
Espesor total: 1555 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 1° 55' W
Y= 40° 57' N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
CUAT. HOLOCENO	1.75	0 m	H				ALUVIAL	
CUAT. PLEISTOCENO	3		PL2				FLUVIAL	
TERC. PIACENZIENSE	9		Mi3					
TERC. TORTONIENSE	11.2		Mi2					
TERC. SERRAVALLIENSE	13.7		K18					
CRETÁCICO: TURONIENSE	90.5	100	K17					
	92		K16					
	93.5		K15					
CRETÁCICO: CENOMANIENSE	98.9		K14					
	105.5	200	K13					
CRETÁCICO: ALBIENSE	110							
	177		J6					
JURÁSICO: AALENIENSE	180.1	300	J5					
JURÁSICO: TOARCIENSE	189.6		J4				PLAT. ABIERTA SOMERA	
JURÁSICO: PLIENSBACHIENSE	191.5		J3				PLATAF. ABIERTA	
	193.5	400	J2				PLATAFORMA INTERNA	
JURÁSICO: SINEMURIENSE	195.3							
	201.9	500	J1					
JURÁSICO: HETTANGIENSE	205.7		T15				PLATAF. CARBONAT.	
JURÁSICO: RETIENSE	209.6	600						
TRIÁSICO: NORIENSE	220.7		T14				SUPRAMAREAL	
TRIÁSICO: CARNIENSE	227.4							
		700	T10				PLATAF. CARBONAT.	
TRIÁSICO: LADINIENSE	233							
	234.3	800	T5				INTERMAREAL	
TRIÁSICO: ANISIENSE	237.1		T4				SUPRAMAREAL	
	240.2	900						
			T3				FLUVIAL	
		1000						
	241		T2				FLUVIAL	
	241.5							
TRIÁSICO: SCYTIENSE	241.7	1100	T1				FLUVIAL	
	244.8	1200	P6				ALUVIAL	
TRIÁSICO: ZECHSTEIN: CHANGXINGIENSE								
TRIÁSICO: ZECHSTEIN: LONGTANIENSE								
TRIÁSICO: ZECHSTEIN: CAPITANIENSE	252							
	254	1300	P5				ALUVIAL	
TRIÁSICO: ZECHSTEIN: WORDIENSE	255							
	270						FLUVIAL	
PÉRMICO: ROTLIEGENDES		1400	P2				LACUSTRE	
	285	1500	P1				FLUVIAL	
	290		1555 m.					
PALEOZOICO INFERIOR		1600						

CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Cuenca
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Castilla La Mancha

Sección: MAJADAS

Espesor total: 1677.5 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 1º 59' W
Y= 40º 13' N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
TERCIARIO — CUATERNARIO	1.8	0 m	H				ALUVIAL	
TERCIARIO — TORTONIENSE	10.7		M2a				LACUSTRE	
TERCIARIO — SERRAVALIENSE	14.5		OL2				ALUVIAL	
TERCIARIO — AQUITANIENSE	22.1	100	OL1				ALUVIAL	
TERCIARIO — CHATTIENSE	28.3							
TERCIARIO — RUPELIENSE	28.6							
TERCIARIO — PRIABONIENSE	33.6	EO3					FLUVIAL	
TERCIARIO — BARTONIENSE	37	200						
TERCIARIO — LUTECIENSE	41.6	EO2					FLUVIAL	
TERCIARIO — YPRESIENSE	48 49	300					SABKHA	
TERCIARIO — PALEOCENO	55.6							
CRETÁCICO — MAASTRICHTIENSE	65	K20c						
CRETÁCICO — CAMPANIENSE	71.3	400					LAGOON SOMERO	
CRETÁCICO — SANTONIENSE	83.5	500 K20a+b						
CRETÁCICO — CONIACIENSE	84.9 85.8	600 K19a					PLATAFORMA ABIERTA	Fe
CRETÁCICO — TURONIENSE	88.6	K18a					PLAT. INTERNA	Fe
CRETÁCICO — CENOMANIENSE	89.3 93.5	K17					PLAT. EXT. SOMERA	
CRETÁCICO — ALBIENSE	96.1 98.9	700 K16 K15					PLATAFORMA INTERNA	
CRETÁCICO — APTIENSE	109.8 119	800 K13 K2					LAGOON SOMERO	
CRETÁCICO — BARREMIENSE		K1					LLANURA ALUVIAL ARENOSA	
JURÁSICO — BAJOCIENSE	126.7	900					FLUVIAL	
JURÁSICO — AALENIENSE	170	J6					PALUSTRE-LACUSTRE	
JURÁSICO — TOARCIENSE	189.6	J5					PLAT. SOMERA	
JURÁSICO — PLIENSBACHIENSE	191.5	J4 1000 J3					PLATAFORMA EXTERNA	
JURÁSICO — SINEMURIENSE	193.5 195.3	1100 J2					PLATAFORMA INTERNA	
JURÁSICO — HETTANGIENSE	201.9	1200 J1					PLATAFORMA INTERNA SOMERA	
TRIÁSICO — RETIENSE	205.7	1300 T15					LLANURA DE MAREA A SABKHA	
TRIÁSICO — NORIENSE	209.6	T13					LLANURA DE MAREA	
TRIÁSICO — CARNIENSE	220.7 221.5	1400 T12					SABKHA LITORAL	
TRIÁSICO — LADINIENSE	223.6 227.4	T11 1500 T10					FLUVIAL	
TRIÁSICO — ANISIENSE	233 234.3	T9					SABKHA LITORAL	Fe
TRIÁSICO — SCYTIENSE	236 242	1600 T1					PLATAFORMA CARBONATADA	
PÉRM — THÜRINGIENSE	244.8	P6						Fe
PALEOZOICO INF.	248	1700	1677.5 m.				FLUVIAL ALUVIAL	

CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Cuenca
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Castilla La Mancha

Sección: CAÑETE

Espesor total: 1940 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:

X= 1° 36' W
Y= 40° 03' N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
CUATERNARIO	1.1 / 18.2	0 m					ALUVIAL	
MIOCENO	19.3	H					ABANICO ALUVIAL	
SANTONIENSE	84.1	Mi1					MARINO SOMERO A SABKHA	
CONIACIENSE	85.8	K20						
	88	100					LLANURA MAREAL	
	89	K19						
TURONIENSE	90.2	K18					PLATAFORMA CARBONATADA	
	92	200					PLATAFORMA ABIERTA	
		K17						
CENOMANIENSE	93.5	K16					PLATAFORMA INTERNA	
	96.1	300					LLANURA MAREAL FANGOSA	
	98.9	K15					PLATAFORMA INTERNA	
ALBIENSE	105.5	K14					SISTEMA DELTAICO	
		400						
		K13						
APTIENSE	110 / 113	K3					LLANURA ALUVIAL	
	121	500						
BARREMIENSE	123.3 / 126	K2					LLANURA ALUVIAL	
		600					LLANURA LACUSTRE-PALUSTRE	
		K1						
DOGGER	127 / 162.5	700					PLATAFORMA SOMERA	Fe
		J6						
TOARCIENSE	180.1	J5					PLATAFORMA EXTERNA SUBMAREAL	
	189.6	800					PLATAFORMA CARBONATADA	
PLIENSBACHIENSE	191.5	J4					PLATAF. INTERNA DE BAJA E	
	193.5	J3						
SINEMURIENSE	195.3	900					LLANURA DE MAREA	
	201.9	J2						
HETTANGIENSE		1000					SABKHA COSTERO	
		J1						
RETIENSE	205.7	T15					LLANURA MAREAL	
	209.6	1100						
NORIENSE							SABKHA SILICICLÁSTICO COSTERO	
	220.7	1200						
CARNIENSE		T14						
	227.4	1300					PLATAFORMA INTERNA	
LADINIENSE		T10						
	233	1400						
	234.3	T9					SABKHA COSTERO	
ANISIENSE		1500						
	237.1	T8					LLANURA DE MAREAS	
	238.3 / 241.8							
SCYTIENSE		1600					FLUVIAL	
		T1						
	244.8 / 254	1700						
THÜRINGIENSE		P5					ABANICO ALUVIAL DISTAL	
	255	1800						
		P4					ABANICO ALUVIAL	
	256 / 270	1900						
AUTUNIENSE	274	P3	+ 1940 m.				DEBRIS FLOW	
SILÚRICO								

CRETÁCICO
JURÁSICO
TRIÁSICO
PÉRMICO

CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Teruel
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Aragón

Sección: MONTALBÁN
Espesor total: 1728.7 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 0º 40' W
Y= 40º 47' N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN

TERCIARIO
- CUATERNARIO: 0 – 1.7 – 10.5
- MIOCENO: 14 – 21.9
- OLIGOCENO
  - CHATTIENSE: 25.2 – 28.4
  - RUPELIENSE: 31 – 83.7

CRETÁCICO
- SANTONIENSE: 85.8
- CONIACIENSE: 86.9
- TURONIENSE: 89.0 – 90.8
- CENOMANIENSE: 93.5 – 96
- ALBIENSE: 98.9 – 100
- APTIENSE: 104.5 – 113
- BARREMIENSE: 118 – 121.0
- KIMMERIDGIENSE: 123.3 – 126 – 127 – 151
- JURÁSICO
  - BAJOCIENSE: 151.5 – 154 – 173
  - TOARCIENSE: 180.1
  - PLIENSBACHIENSE: 189.6 – 191.4 – 193.6
  - SINEMURIENSE: 195.3
- TRIÁSICO
  - RETIENSE: 201.7 – 205.9
  - NORIENSE: 209.6
  - CARNIENSE: 220.7
  - LADINIENSE: 227.4
  - ANISIENSE: 233 – 234.3 – 237.1
  - SCYTIENSE: 238.5 – 239.9 – 241.5 – 241.7
- PALEOZOICO INFERIOR: 244.8

PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	AMBIENTE SEDIMENTARIO
0 m	H	
	Mi2	FLUVIAL
	Mi1	ABANICO ALUVIAL
100	OL2	
	OL1	FLUVIAL LACUSTRE FLUVIAL
200		
300	K24	PLATAFORMA
	K23	
400		PLATAFORMA
	K22	
	K21	PLATAFORMA
500		
	K13	FLUVIAL
600		
700		ESTUARIO LAGOON
	K3a	
800		PLATAFORMA INTERNA
900	K2	PLATAFORMA ABIERTA
	K1	
	J9	PLATAFORMA INTERNA
1000		PLATAFORMA CARBONATADA
	J8	
	J6	
	J5	
1100		PLATAFORMA ABIERTA ?
	J4	
	J2	PLATAFORMA CARBONATADA
1200		
	T15	PLATAFORMA INTERNA
1300		
	T14	SABKHA COSTERO
1400		
	T10	PLATAFORMA CARBONATADA
1500		
	T9	
	T8	LAGOON-PLATAFORMA INTERNA
1600		
	T7	
	T6	FLUVIAL
1700		FLUVIAL
	T1	
1728.7 m.		

Fe — BORINGS

Fe

CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Valencia
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Comunidad Valenciana

Sección: CHELVA

Espesor total: 1847 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:

X= 0º 59' W
Y= 39º 46' N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
CUATERNARIO	0 – 1.7	0 m – H					ALUVIAL	
TERC. MIOCENO	1.7 – 14.5	Mi1					ALUVIAL	
TERC.	14.5 – 21.5							
CAMPANIENSE	21.5 – 71	K24					LACUSTRE	
SANTONIENSE	71 – 83.5	100						
	83.5 – 85.8							
CONIACIENSE	85.8 – 89	K23					PLATAFORMA CARBONATADA	
		200						
TURONIENSE	89 – 92	K22						
	92 – 93.5	K17						
CENOMANIENSE	93.5 – 98.9	300						
	98.9 – 105.5	K16						
ALBIENSE	105.5 – 113	K15 – K14					FLUVIAL	
		K13						
APTIENSE	113 – 118	400					PLATAFORMA CARBONATADA	
	118 – 121	K3a						
BARREMIENSE	121 – 126	K2						
		500						
	126 – 144.3	K1						
TITÓNICO	144.3 – 150.7	600 – J9 – 700					PLATAFORMA CARBONATADA	
KIMMERIDGIENSE	150.7 – 151.8	800 – J8 – 900						
	151.8 – 154.5							
OXFORDIENSE	154.5 – 156.5	J7						
DOGGER	156.5 – 180.1	1000 – J6					PLATAFORMA CARBONATADA	Fe
TOARCIENSE	180.1 – 189.6	J5						Fe
PLIENSBACHIENSE	189.6 – 194	1100 – J4						
SINEMURIENSE	194 – 201.9	J2					PLATAFORMA CARBONATADA	
HETTANGIENSE	201.9 – 205.7	1200 – J1 – 1300						
RETIENSE	205.7 – 209.6	T15						
NORIENSE	209.6 – 220.7	1400 – T14						
CARNIENSE	220.7 – 227.4							
LADINIENSE	227.4 – 234.3	1500 – T10					PLATAFORMA CARBONATADA	
	233							
ANISIENSE	234.3 – 237.1	T9					PLATAFORMA MIXTA	
		1600 – T8					PLATAFORMA CARBONATADA	
	237.1 – 241.8							
SCYTIENSE	241.8 – 244.8	T1					FLUVIAL	
	244.8 – 254	1700						
THURINGIENSE – WORDIENSE	254 – 255	P5					FLUVIAL	
		1800						
UFIMIENSE	255 – 256	P4					ABANICO ALUVIAL	
PALEOZOICO INFERIOR		+ + 1847 m. +						

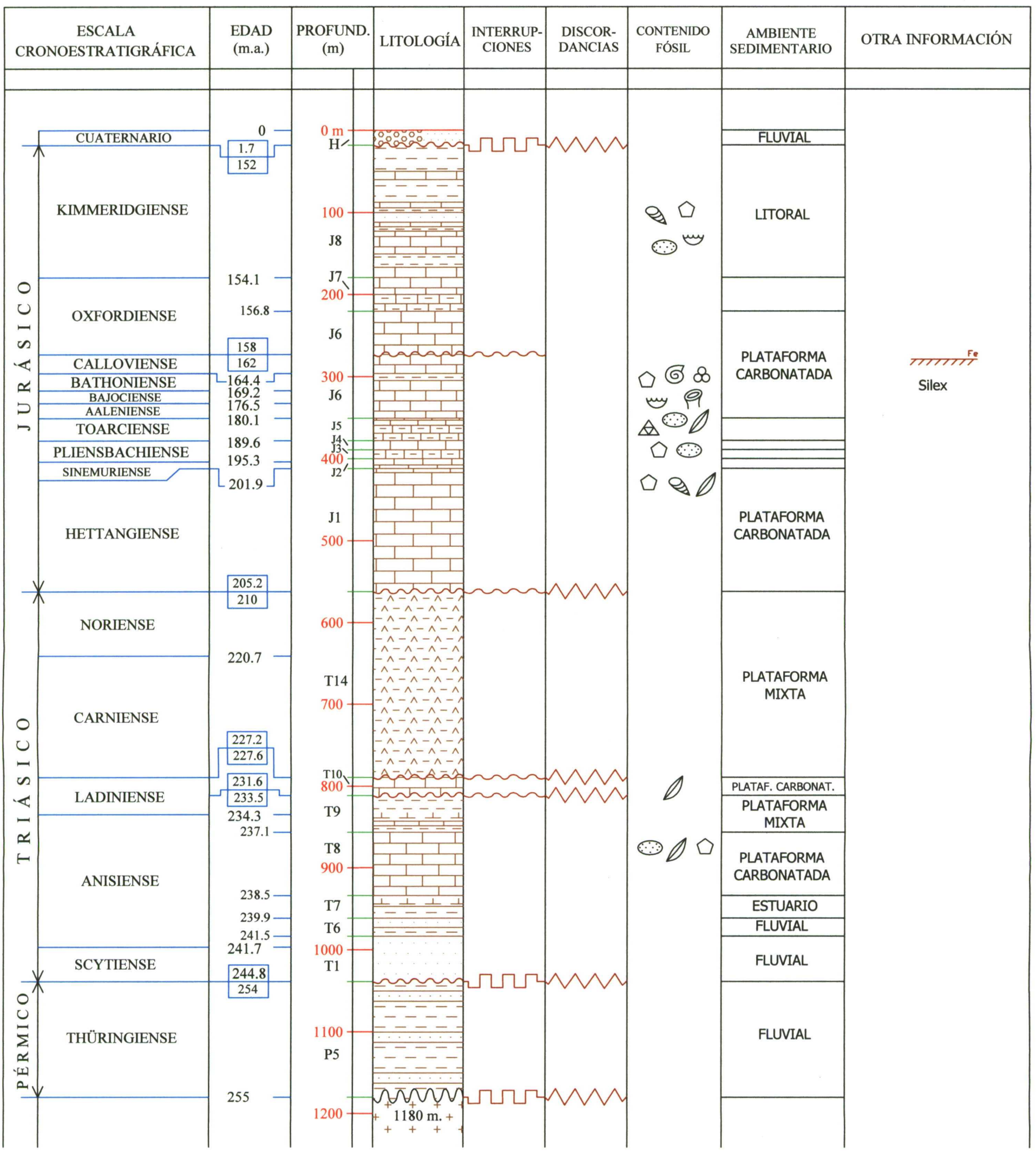
ERA: CRETÁCICO · JURÁSICO · TRIÁSICO · PÉRMICO

CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Castellón
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Comunidad Valenciana

Sección: JÉRICA
Espesor total: 1180 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 0º 42' W
Y= 39º 54' N

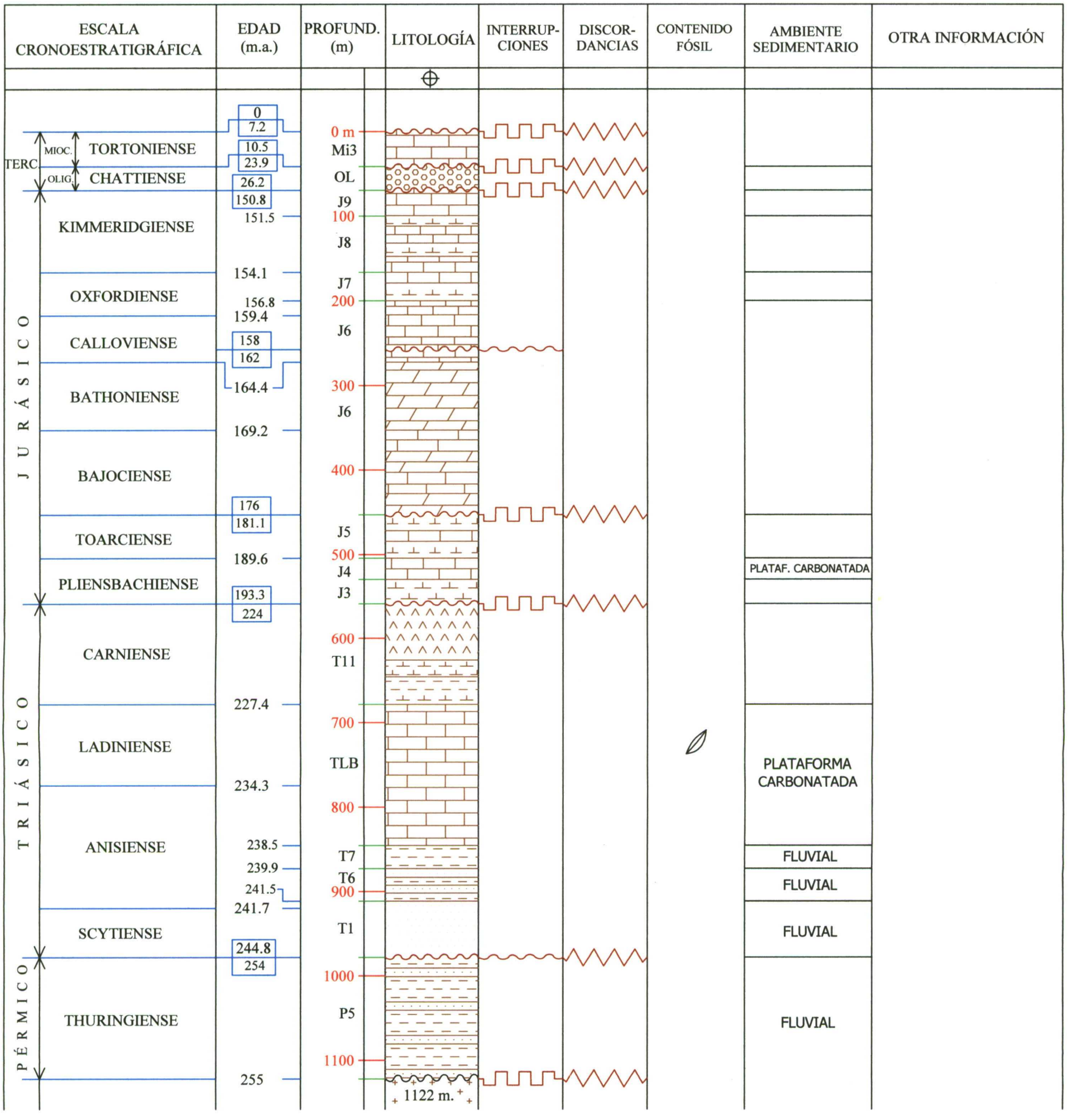


CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Castellón
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Comunidad Valenciana

Sondeo: SALSADELLA
Profundidad total: 1122 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 0º 10' 19" E
Y= 40º 23' 08" N



CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Castellón
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Comunidad Valenciana

Sondeo: GÁTOVA
Espesor total: 1149.4 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 0º 21' W
Y= 39º 50' N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
TERC. CUATERNARIO	1.7 / 3.7	0 m					ALUVIAL	
TERC. PLIOCENO	5 / 14.6	H / PL1 / Mi1					LAGOON / ALUVIAL	
CRETÁCICO CENOMANIENSE	21.7 / 96	K21						
CRETÁCICO ALBIENSE	98.9	100					FLUVIAL	
CRETÁCICO	104.5 / 144.5	K13						
JURÁSICO TITÓNICO		J9					PLATAFORMA CARBONATADA	
JURÁSICO KIMMERIDGIENSE	150.7 / 151.5	200 / J8						
JURÁSICO OXFORDIENSE	154.1 / 158	J7 / J6					PLATAFORMA CARBONATADA	
JURÁSICO DOGGER	162	300						Fe
JURÁSICO TOARCIENSE	180.1	J5						
JURÁSICO PLIENSBACHIENSE	189.6 / 191.5 / 193.5	J4 / J3						
JURÁSICO SINEMURIENSE	195.3 / 201.9	400 / J2					PLATAFORMA CARBONATADA	
JURÁSICO HETTANGIENSE	205.5 / 209.8	J1						
TRIÁSICO NORIENSE	220.7	T13 / 500 / T12					SABKHA / FLUVIAL	
TRIÁSICO CARNIENSE	227.4	T11					SABKHA	
TRIÁSICO LADINIENSE	234.3	600					PLATAFORMA CARBONATADA	
TRIÁSICO ANISIENSE	238.5 / 239.9 / 241.5	TLB / T7 / 700 / T6 / 800					ESTUARIO / FLUVIAL	
TRIÁSICO SCYTIENSE	241.7	900 / T1					FLUVIAL	
PÉRMICO THURINGIENSE	244.8 / 254	1000 / P5 / 1100					FLUVIAL	
PALEOZOICO INF.	255	1149.4 m.						

CORDILLERA IBÉRICA

PROVINCIA: Castellón
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Comunidad Valenciana

Sección: CHÓVAR-ESLIDA
Espesor total: 2156,2 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 0º 18' 51" W
Y= 39º 52' 07" N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA

CUATERNARIO
TERC.
MIOCENO
CENOMANIENSE
ALBIENSE
APTIENSE
BARREMIENSE
TITÓNICO
KIMMERIDGIENSE
OXFORDIENSE
DOGGER
TOARCIENSE
PLIENSBACHIENSE
SINEMURIENSE
HETTANGIENSE
NORIENSE
CARNIENSE
LADINIENSE
ANISIENSE
SCYTIENSE
THÜRINGIENSE
PALEOZOICO

CRETÁCICO
JURÁSICO
TRIÁSICO
PÉRMICO

EDAD (m.a.)

1.5
15
21.4
96
98.9
99.3
106.9
112.2
114.5
116.5
118.2
119
121
123
145
150.7
151.5
154.1
158
162
180.1
189.6
191.2
194
195.3
201.9
205.3
210
220.7
227.4
234.3
238.5
239.9
241.5
241.7
244.8
254
255

PROFUND. (m)

0 m
H
Mi1
100
K21
200
K12
300
K11
400
K10
500
K9
600
K8
700
K2
J9
800
J8
900
J7
J6
J5
J4
1000
J2
J1
T14
1100
TLB
1200
T7
1300
1400
1500
T6
1600
1700
1800
1900
T1
2000
P5
2100
+ 2156.2 m. -

LITOLOGÍA

INTERRUP-CIONES

DISCOR-DANCIAS

CONTENIDO FÓSIL

AMBIENTE SEDIMENTARIO

ALUVIAL
ALUVIAL
PLATAFORMA CARBONATADA
LLANURA COSTERA
PLATAFORMA CARBONATADA
PLATAFORMA CARBONATADA
PLATAFORMA CARBONATADA ABIERTA
PLATAFORMA CARBONATADA
FLUVIAL
PLATAFORMA CARBONATADA
TRANSICION - DELTAICO
FLUVIAL
FLUVIAL
FLUVIAL

OTRA INFORMACIÓN

Fe

CUENCA DEL EBRO

EJEA-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**17**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**20**	**55**	**0**	**25**	**0**	**0**
Mi	19,3	17	305	0,1	0	20	55	0	25	0	0
OL+Mi	32	19,3	2717,9	305	0	25	60	0	15	0	0
D-1	**228**	**32**	**2718**	**2717,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
T-10	233	228	2745	2718	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	2781	2745	0	0	100	0	0	0	3
T-8	238,5	237,1	2800	2781	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	2825	2800	0	40	60	0	0	0	3
T-6	241,5	239,9	2870	2825	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244	241,5	2977	2870	15	85	0	0	0	0	0

TAUSTE ESTE-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
H	0,5	0	21,9	0	100	0	0	0	0	0	0
D-2	**12**	**0,5**	**22**	**21,9**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**
Mi	16,4	12	222	22	0	0	100	0	0	0	0
Mi	23,7	16,4	658	222	0	0	60	0	40	0	0
OL	32	23,7	2757,9	658	0	30	50	0	20	0	0
D-1	**204**	**32**	**2758**	**2757,9**	**0**	**0**	**0**	**70**	**30**	**0**	**0**
J-1	205,7	204	2800	2758	0	0	0	70	30	0	3
T-15	209,6	205,7	2857	2800	0	0	0	100	0	0	15
T-14	227,4	209,6	3119	2857	0	0	10	0	50	40	10
T-10	233	227,4	3217	3119	0	0	10	90	0	0	25
T-9	237,1	233	3250	3217	0	0	50	50	0	0	3
T-8	238,5	237,1	3291	3250	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	3303	3291	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241,5	239,9	3380	3303	0	50	50	0	0	0	3
T-1	*244*	*241,5*	*3460*	*3380*	*10*	*90*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

ZUERA-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**18**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**15**	**25**	**60**	**0**	**0**
Mi	23,7	18	637	0,1	0	0	15	25	60	0	0
OL	32	23,7	1787,9	637	0	0	60	0	40	0	0
D-1	**154,8**	**32**	**1788**	**1787,9**	**0**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**
J-7	156,8	154,8	1807	1788	0	0	50	50	0	0	75
J-6	180,1	156,8	1868	1807	0	0	0	100	0	0	45
J-5	189,6	180,1	1907	1868	0	0	40	60	0	0	75
J-4	191,5	189,6	1955	1907	0	0	25	75	0	0	20
J-3	193,5	191,5	1972	1955	0	0	50	50	0	0	43
J-2	201,9	193,5	2047	1972	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	2408	2047	0	0	0	30	70	0	3
T-15	209,6	205,7	2463	2408	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	2505	2463	0	0	0	0	100	0	10
T-12	223,6	221,5	2680	2505	0	0	80	0	20	0	0
T-11	227,4	223,6	2987	2680	0	0	0	0	100	0	5
T-10	233	227,4	3090	2987	0	0	0	90	10	0	25
T-9	237,1	233	3250	3090	0	0	0	0	100	0	3
T-8	238,5	237,1	3325	3250	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	3343	3325	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241,5	239,9	3424	3343	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244	241,5	3487	3424	0	100	0	0	0	0	0

MONEGRILLO-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**12**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**45**	**10**	**45**	**0**	**0**
Mi	23,7	12	220	0,1	0	0	45	10	45	0	0
OL-2	28	23,7	819,9	220	0	0	50	0	50	0	0
D-1	**210,5**	**28**	**820**	**819,9**	**0**	**0**	**30**	**0**	**70**	**0**	**0**
T-14	227,4	210,5	1068	820	0	0	30	0	70	0	10
T-10	233	227,4	1187	1068	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	1213	1187	0	0	0	0	100	0	15
T-8	238,5	237,1	1280	1213	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	1300	1280	0	0	0	0	100	0	3
T-6	241,5	239,9	1325	1300	0	10	90	0	0	0	3
T-1	244	241,5	1395	1325	35	65	0	0	0	0	0

LA ZAIDA-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-4	**1,9**	**0**	**0,1**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
PL2	3	1,9	16,9	0,1	100	0	0	0	0	0	0
D-3	**9**	**3**	**17**	**16,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
Mi3	10,5	9	52	17	0	0	0	100	0	0	0
Mi2a	13	10,5	257,9	52	0	0	50	0	50	0	0
D-2	**152**	**13**	**258**	**257,9**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**0**
J-8	154,1	152	310	258	0	0	25	75	0	0	45
J-7	156,8	154,1	357	310	0	0	50	50	0	0	75
J-6	158	156,8	379,9	357	0	0	0	100	0	0	45
D-1	**162**	**158**	**380**	**379,9**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**45**
J-6	180,1	162	426	380	0	0	25	75	0	0	45
J-5	189,6	180,1	463	426	0	0	25	75	0	0	75
J-4	191,5	189,6	505	463	0	0	0	100	0	0	20
J-3	193,5	191,5	520	505	0	0	50	50	0	0	43
J-2	201,9	193,5	625	520	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1037,5	625	0	0	0	60	40	0	3
T-15	209,6	205,7	1080	1037,5	0	0	0	100	0	0	15
T-14	227,4	209,6	1200	1080	0	0	50	0	50	0	10
T-10	233	227,4	1305	1200	0	0	10	90	0	0	25
T-9	237,1	233	1350	1305	0	0	50	0	50	0	3
T-8	238,5	237,1	1431	1350	0	0	0	100	0	0	15
T-7	240,2	238,5	1443	1431	0	0	50	0	50	0	3
T-3	241	240,2	1505	1443	0	70	30	0	0	0	0
T-2	241,5	241	1526	1505	0	60	40	0	0	0	0
T-1	244	241,5	1581	1526	5	95	0	0	0	0	0

EBRO-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**18**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**50**	**0**	**50**	**0**	**0**
Mi	24,5	18	85	0,1	0	0	50	0	50	0	0
OL	33,6	24,5	680	85	0	0	50	50	0	0	0
EO-1	37	33,6	704,9	680	0	0	100	0	0	0	0
D-1	**197**	**37**	**705**	**704,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-2	201,9	197	732	705	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1197	732	0	0	0	60	40	0	3
T-15	209,6	205,7	1228	1197	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	1280	1228	0	0	20	0	80	0	10
T-12	223,6	221,5	1300	1280	0	0	100	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	1376	1300	0	0	50	0	50	0	5
T-10	233	227,4	1512	1376	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	1575	1512	0	0	50	0	50	0	3
T-8	238,5	237,1	1625	1575	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	1683	1625	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241,5	239,9	1805	1683	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244	241,5	1893	1805	10	90	0	0	0	0	0

BUJARALOZ-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-3	**13**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**40**	**40**	**20**	**0**	**0**
OL-Mi	26,5	13	461	0,1	0	0	40	40	20	0	0
OL	32	26,5	806,9	461	0	0	35	40	25	0	0
D-2	**119,5**	**32**	**807**	**806,9**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**0**
K-8	121	119,5	836	807	0	0	25	75	0	0	43
K-7	124,5	121	846	836	0	0	100	0	0	0	43
K-6	127	124,5	1011,9	846	0	0	20	80	0	0	43
D-1	**144,2**	**127**	**1012**	**1011,9**	**0**	**0**	**20**	**75**	**5**	**0**	**0**
J-9	151,5	144,2	1097	1012	0	0	20	75	5	0	20
J-8	154,1	151,5	1218	1097	0	0	25	75	0	0	45
J-7	156,8	154,1	1254	1218	0	0	50	50	0	0	75
J-6	180,1	156,8	1339	1254	0	0	0	100	0	0	45
J-5	189,6	180,1	1362	1339	0	0	25	75	0	0	75
J-4	191,5	189,6	1400	1362	0	0	100	0	0	0	20
J-3	193,5	191,5	1410	1400	0	0	50	50	0	0	43
J-2	201,9	193,5	1450	1410	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1875	1450	0	0	0	60	40	0	3
T-15	209,6	205,7	1985	1875	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	2040	1985	0	0	0	0	100	0	10
T-12	223,6	221,5	2085	2040	0	0	100	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	2197	2085	0	0	0	0	100	0	5
T-10	233	227,4	2323	2197	0	0	0	100	0	0	10
T-9	237,1	233	2638	2323	0	0	0	0	100	0	3
T-8	238,5	237,1	2730	2638	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	2757	2730	0	0	50	0	50	0	3
T-6	241,5	239,9	2825	2757	0	50	50	0	0	0	3
T-1	*244*	*241,5*	*2888*	*2825*	*30*	*70*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

EBRO-2

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**18**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**
OL+Mi	26,5	18	280	0,1	0	0	50	50	0	0	0
OL	33,6	26,5	710	280	0	2	60	38	0	0	0
EO-3	37	33,6	1092,9	710	0	0	50	40	10	0	20
D-1	**190,5**	**37**	**1093**	**1092,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-4	191,5	190,5	1165	1093	0	0	0	100	0	0	35
J-3	193,3	191,5	1175	1165	0	0	50	50	0	0	43
J-2	201,9	193,5	1355	1175	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1543	1355	0	0	0	50	50	0	3
T-15	209,6	205,7	1600	1543	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	1630	1600	0	0	50	0	50	0	10
T-12	223,6	221,5	1760	1630	0	0	100	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	2056	1760	0	0	0	0	100	0	5
T-10	233	227,4	2176	2056	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	2486	2176	0	0	0	0	100	0	3
T-8	238,5	237,1	2560	2486	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	2594	2560	0	0	0	0	100	0	3
T-6	241,5	239,9	2644	2594	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244	241,5	2780	2644	10	90	0	0	0	0	0

CANDASNOS-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-5	**17**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**35**	**55**	**10**	**0**	0
OL+Mi	25,7	17	310	0,1	0	0	35	55	10	0	0
OL	33,6	25,7	825	310	0	0	5	95	0	0	0
EO-3	36	33,6	943,9	825	0	0	35	35	30	0	20
D-4	**61,5**	**36**	**944**	**943,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
PA	63	61,5	999,9	944	0	0	0	100	0	0	0
D-3	**119,5**	**63**	**1000**	**999,9**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**0**
K-8	120	119,5	1064,9	1000	0	0	25	75	0	0	43
D-2	**157**	**120**	**1065**	**1064,9**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**0**
J-6	158	157	1149,9	1065	0	0	25	75	0	0	45
D-1	**162**	**158**	**1150**	**1149,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**45**
J-6	180,1	162	1215	1150	0	0	0	100	0	0	45
J2-J5	201,9	180,1	1303	1215	0	0	0	100	0	0	43
J-1	205,7	201,9	1498	1303	0	0	0	70	30	0	3
T-15	209,6	205,7	1545	1498	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	1570	1545	0	0	50	0	50	0	10
T-12	223,6	221,5	1611	1570	0	0	100	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	1670	1611	0	0	0	0	100	0	5
T-10	*233*	*227,4*	*1785*	*1670*	*0*	*0*	*0*	*100*	*0*	*0*	*25*
T-9	*237,1*	*233*	*1985*	*1785*	*0*	*0*	*20*	*0*	*80*	*0*	*3*
T-8	*238,5*	*237,1*	*2065*	*1985*	*0*	*0*	*0*	*100*	*0*	*0*	*15*
T-7	*239,9*	*238,5*	*2110*	*2065*	*0*	*0*	*30*	*0*	*70*	*0*	*3*
T-6	*241,5*	*239,9*	*2145*	*2110*	*0*	*50*	*50*	*0*	*0*	*0*	*3*
T-1	*244,8*	*241,5*	*2265*	*2145*	*0*	*100*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
P-6	*249*	*244,8*	*2315*	*2265*	*100*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*

CASPE-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**19**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**40**	**40**	**20**	**0**	**0**
Mi	22	19	276,9	0,1	0	0	40	40	20	0	0
D-1	**228**	**22**	**277**	**276,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
T-10	233	228	364	277	0	0	0	100	0	0	10
T-9	237,1	233	456	364	0	0	50	0	50	0	3
T-8	238,5	237,1	561	456	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	705	561	0	0	70	0	30	0	3
T-6	241,5	239,9	925	705	0	75	25	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	1070	925	0	100	0	0	0	0	0
P-6	249	244,8	1160	1070	70	15	15	0	0	0	0

BALLOBAR-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-4	**15**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**55**	**35**	**10**	**0**	**0**
Mi	26,2	15	650	0,1	0	0	55	35	10	0	0
OL-2	28	26,2	1094,9	650	0	0	20	80	0	0	0
D-3	**124,5**	**28**	**1095**	**1094,9**	**0**	**0**	**5**	**95**	**0**	**0**	**0**
K-6	127	124,5	1224,9	1095	0	0	5	95	0	0	43
D-2	**154,1**	**127**	**1225**	**1224,9**	**0**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**
J-7	156,8	154,1	1240	1225	0	0	50	50	0	0	75
J-6	158	156,8	1249,9	1240	0	0	25	75	0	0	45
D-1	**162**	**158**	**1250**	**1249,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**45**
J-6	180,1	162	1305	1250	0	0	0	100	0	0	45
J-5	189,6	180,1	1348	1305	0	0	25	75	0	0	75
J-4	191,5	189,6	1355	1348	0	0	0	100	0	0	20
J-3	193,5	191,5	1365	1355	0	0	50	50	0	0	43
J-2	201,9	193,5	1480	1365	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	1705	1480	0	0	0	30	70	0	3
T-15	209,6	205,7	1765	1705	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	1785	1765	0	0	0	0	100	0	10
T-12	223,6	221,5	1870	1785	0	0	100	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	1975	1870	0	0	0	0	100	0	5
T-10	233	227,4	2100	1975	0	0	10	90	0	0	25
T-9	237,1	233	2320	2100	0	0	10	0	90	0	3
T-8	238,5	237,1	2410	2320	0	0	10	90	0	0	15
T-7	239,9	238,5	2480	2410	0	0	25	0	75	0	3
T-6	241,5	239,9	2510	2480	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	2635	2510	0	100	0	0	0	0	0
P-6	249	244,8	2706	2635	100	0	0	0	0	0	0

FRAGA-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-3	**21**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**30**	**65**	**5**	**0**	**0**
Mi-1	23,7	21	321	0,1	0	0	30	65	5	0	0
Ol-2	28	23,7	820	321	0	10	25	65	0	0	0
Ol-1	30	28	1064,9	820	0	0	80	0	20	0	0
D-2	**58**	**30**	**1065**	**1064,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
Pa-2	62	58	1094,9	1065	0	0	0	100	0	0	0
D-1	**201,9**	**62**	**1095**	**1094,9**	**0**	**0**	**0**	**30**	**70**	**0**	**0**
J-1	205,7	201,9	1180	1095	0	0	0	30	70	0	3
T-15	209,6	205,7	1211	1180	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	1285	1211	0	0	50	0	50	0	10
T-12	223,6	221,5	1360	1285	0	0	100	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	1405	1360	0	0	0	0	100	0	5
T-10	233	227,4	1531	1405	0	0	0	100	0	0	25
T-9	237,1	233	1600	1531	0	0	80	0	20	0	3
T-8	238,5	237,1	1700	1600	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	1758	1700	0	0	70	0	30	0	3
T-6	241,5	239,9	1815	1758	30	60	10	0	0	0	3
T-1	244,8	241,5	1964	1815	10	80	10	0	0	0	0
P-6	249	244,8	2143	1964	70	20	10	0	0	0	0

SARIÑENA-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**16**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**
OL+Mi	25,5	16	220	0,1	0	0	50	50	0	0	0
OL	33,6	25,5	1265	220	0	0	70	30	0	0	0
EO-3	37	33,6	1794,9	1265	0	0	30	50	20	0	20
D-1	**198**	**37**	**1795**	**1794,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-2	201,9	198	1818	1795	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	2008	1818	0	0	0	20	80	0	3
T-15	209,6	205,7	2050	2008	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	2085	2050	0	0	0	0	100	0	10
T-12	223,6	221,5	2150	2085	0	0	100	0	0	0	0
T-11	227,4	223,6	2331	2150	0	0	50	0	50	0	5
T-10	233	227,4	2460	2331	0	0	0	90	10	0	25
T-9	237,1	233	2690	2460	0	0	0	0	100	0	3
T-8	238,5	237,1	2760	2690	0	0	0	90	10	0	15
T-7	239,9	238,5	2825	2760	0	0	40	0	60	0	3
T-6	241,5	239,9	2880	2825	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244	241,5	2983	2880	5	95	0	0	0	0	0

MONZÓN-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**18,5**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**40**	**60**	**0**	**0**	**0**	**0**
OL+Mi	33,6	18,5	1419	0,1	0	40	60	0	0	0	0
EO-3	35	33,6	2444,9	1419	0	0	25	15	60	0	20
D-1	**192**	**35**	**2445**	**2444,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
J-2	201,9	192	2517	2445	0	0	0	100	0	0	20
J-1	205,7	201,9	2590	2517	0	0	0	40	60	0	3
T-15	209,6	205,7	2655	2590	0	0	0	100	0	0	15
T-13	221,5	209,6	2690	2655	0	0	30	0	70	0	10
T-12	223,6	221,5	2773	2690	0	0	70	0	30	0	0
T-11	227,4	223,6	2975	2773	0	0	50	0	50	0	5
T-10	233	227,4	3100	2975	0	0	0	75	25	0	25
T-9	237,1	233	3330	3100	0	0	0	0	100	0	3
T-8	238,5	237,1	3415	3330	0	0	0	80	20	0	15
T-7	239,9	238,5	3490	3415	0	0	50	0	50	0	3
T-6	241,5	239,9	3660	3490	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244	241,5	3714	3660	25	75	0	0	0	0	0

MAYALS-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**16**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**0**	**25**	**75**	**0**	**0**	**0**
Mi	23,7	16	315	0,1	0	0	25	75	0	0	0
OL	33,6	23,7	885	315	0	0	70	0	30	0	0
EO-3	36	33,6	975,9	885	0	0	25	75	0	0	20
D-1	**240,8**	**36**	**976**	**975,9**	**0**	**50**	**50**	**0**	**0**	**0**	**0**
T-6	241,5	240,8	1170	976	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244	241,5	1360	1170	15	60	25	0	0	0	0

BIBLIOTECA

LÉRIDA-1

Código	Edad base	Edad techo	Prof. Base	Prof. Techo	Conglom.	Arenas	Arcillas	Carbonatos	Evaporitas	R. Volcánic.	Batim.
D-2	**22**	**0**	**0,1**	**0**	**0**	**30**	**70**	**0**	**0**	**0**	**0**
Mi	23,7	22	275	0,1	0	30	70	0	0	0	0
OL	33,6	23,7	676	275	0	0	70	30	0	0	0
EO-3	37	33,6	1176,9	676	0	0	30	60	10	0	20
D-1	**237,8**	**37**	**1177**	**1176,9**	**0**	**0**	**0**	**100**	**0**	**0**	**0**
T-8	238,5	237,8	1243	1177	0	0	0	100	0	0	15
T-7	239,9	238,5	1257	1243	0	0	100	0	0	0	3
T-6	241,5	239,9	1272	1257	0	50	50	0	0	0	3
T-1	244	241,5	1320	1272	20	80	0	0	0	0	0

CUENCA DEL EBRO

PROVINCIA: Zaragoza
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Aragón

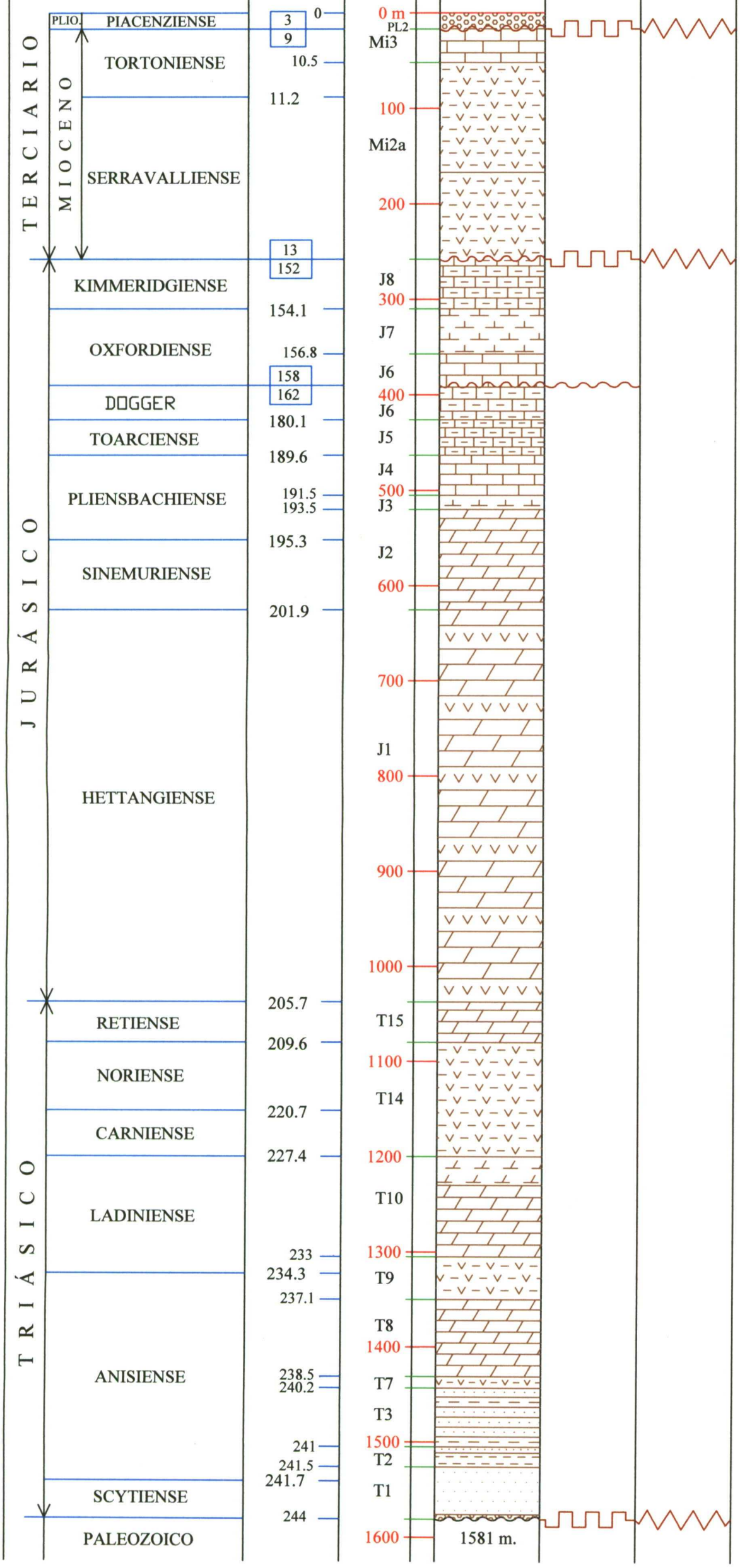
Sondeo: MONEGRILLO-1 Nº 56
Profundidad total: 1381 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 0º 25' 40.5" W
Y= 41º 37' 18" N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
TERCIARIO	0	0 m						
MIOCENO	12							
		100						
		Mi						
		200						
	23.7							
		300						
		400						
		500					LACUSTRE SALINO	
OLIGOCENO SUP.		OL2						
		600						
		700						
	28	800						
	210.5							
NORIENSE		900					SABKHA	
		T14						
	220.7	1000						
CARNIENSE								
	227.4							
		1100					PLATAFORMA CARBONATADA INTERNA	
LADINIENSE		T10						
	233							
	234.3	1200					SABKHA	
	237.1	T9						
		T8						
ANISIENSE								
	238.5	T7						
	239.9	1300						
	241.5	T6						
	241.7							
		T1					FLUVIAL	
SCYTIENSE								
	244							
PALEOZOICO		1400	1381 m.					
TRIÁSICO								

CUENCA DEL EBRO	Sondeo: LA ZAIDA-1 Nº 58	Coordenadas:
PROVINCIA: Zaragoza COMUNIDAD AUTÓNOMA: Aragón	Profundidad total: 1581 metros Escala: 1:5000	X= 0º 24' 49" W Y= 41º 19' 43" N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN



CUENCA DEL EBRO	Sondeo: EBRO-1 Nº 346	Coordenadas:
PROVINCIA: Zaragoza COMUNIDAD AUTÓNOMA: Aragón	Profundidad total: 1893 metros Escala: 1:5000	X= 0º 10' 18.02" W Y= 41º 22' 56.64" N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
CUATERNARIO / TERCIARIO: MIOCENO INF.	0 18	0 m Mi						
OLIGOCENO	23.7 24.5	100 200 300 OL 400 500 600						
EOCENO SUP.	33.6 37	EO1 700						
SINEMURIENSE	197 201.9	J2 800						
JURÁSICO: HETTANGIENSE		900 J1 1000 1100						
RETIENSE	205.7	1200 T15						
NORIENSE	209.6 220.7	T13						
CARNIENSE	221.5 223.6	T12 1300 T11						
LADINIENSE	227.4	1400 T10						
ANISIENSE	233 234.3 237.1 238.5 239.9	1500 T9 T8 1600 T7 1700 T6						oolitos
SCYTIENSE	241.5 241.7	1800 T1						
PALEOZOICO	244	1900 1893 m.						

CUENCA DEL EBRO	Sondeo: CANDASNOS-1 Nº 124	Coordenadas:
PROVINCIA: Huesca COMUNIDAD AUTÓNOMA: Aragón	Profundidad total: 2315 metros Escala: 1:5000	X= 0º 05' 59.44" W Y= 41º 30' 09" N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
TERCIARIO — MIOCENO INF.	0 / 17	0 m						
		100						
		OL+Mi						
		200						
	23.7							
		300						
OLIGOCENO	25.7							
		400						
		500						
		OL						
		600						
		700						
		800						
	33.6							
EOCENO SUP.		EO3						
		900						
PALEOC. DANIENSE	36 / 61.5							
CRET. APTIENSE	63 / 119.5	PA						
		1000						
	120 / 157	K8						oolitos
		1100						
OXFORDIENSE		J6						
	158 / 162							
DOGGER		J6						
		1200						
	180.1							
TOARCIENSE-SINEMURIENSE		J2-J5						oolitos
	201.9	1300						
		J1						
HETTANGIENSE		1400						oolitos
	205.7	1500						
RETIENSE		T15						
	209.6							
NORIENSE	220.7	T13	1550 m. final sondeo					
	221.5	T12						
		1600						
CARNIENSE	223.6	T11						
	227.4							
		1700						
LADINIENSE		T10						
	233	1800						
	234.3							
		T9						
		1900						
ANISIENSE	237.1							
		2000						
		T8						
	238.5							
		T7						
	239.9	2100						
		T6						
	241.5							
	241.7							
SCYTIENSE		2200						
		T1						
PÉRM. THURINGIENSE	244.8							
		P6						
	249	2300						
PALEOZOICO		2315 m.						

Completado con Ballobar-1, Fraga-1 y Ebro-2

CUENCA DEL EBRO	Sondeo: CASPE-1 Nº 313	Coordenadas:
PROVINCIA: Zaragoza COMUNIDAD AUTÓNOMA: Aragón	Profundidad total: 1160 metros Escala: 1:5000	X= 0º 06' 36.41" W Y= 41º 10' 25" N

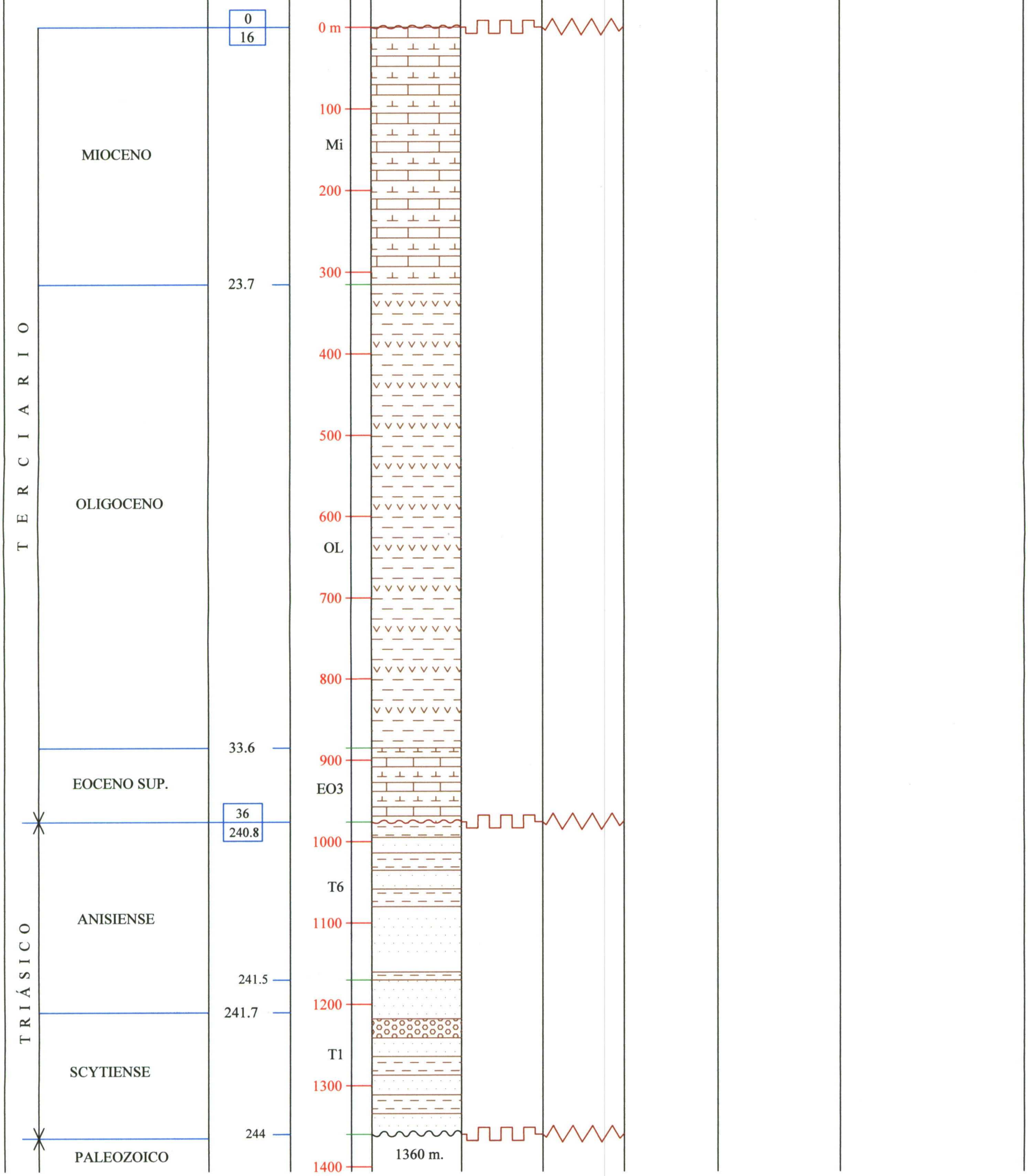
ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
TERCIARIO — MIOCENO INF.	0 19	0 m						
		100						
		Mi						
		200						
	22 228	300						
LADINIENSE		T10						
	233	400						
	234.3	T9						
	237.1	500						
		T8						
	238.5	600						
TRIÁSICO — ANISIENSE		T7						
	239.9	700						
		T6						
		800						
		900						
	241.5 241.7	T1						
SCYTIENSE		1000						sílex
	244.8	1100						
PÉRMICO — THÜRINGIENSE		P6						
	249	1160 m.						
PALEOZOICO		1200						

CUENCA DEL EBRO	Sondeo: FRAGA-1 Nº 113	Coordenadas:
PROVINCIA: Huesca COMUNIDAD AUTÓNOMA: Aragón	Profundidad total: 2143 metros Escala: 1:5000	X= 0º 13' 36.44" W Y= 41º 29' 18.45" N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN
CENOZOICO / TERCIARIO / MIOCENO — AQUITANIENSE	0 – 21	0 m						sílex
OLIGOCENO — CHATTIENSE	23.7 – 28.4	100 Mi1						
OLIGOCENO — RUPELIENSE		200						sílex
		300						
		400						
		500 OL2						
		600						
		700						
		800						
		900 OL1						
		1000						
PALEOC — THANETIENSE	30 – 58							
JURÁSICO — HETTANGIENSE	62 – 201.9	1100 Pa2 J1						
JURÁSICO — RETIENSE	205.7 – 209.6	1200 T15						
TRIÁSICO — NORIENSE	220.7 – 221.5	1300 T13 T12						
TRIÁSICO — CARNIENSE	223.6 – 227.4	T11 1400						
TRIÁSICO — LADINIENSE	233 – 234.3	T10 1500						
TRIÁSICO — ANISIENSE	237.1 – 238.5	T9 1600 T8 1700						
	239.9 – 241.5	T7 T6 1800						
TRIÁSICO — SCYTIENSE	241.7 – 244.8	T1 1900						
PÉRMICO — THÜRINGIENSE	249	2000 P6 2100						
PALEOZOICO		2143 m.						

CUENCA DEL EBRO	Sondeo: MAYALS-1 Nº 424	Coordenadas:
PROVINCIA: Lérida COMUNIDAD AUTÓNOMA: Cataluña	Profundidad total: 1360 metros Escala: 1:5000	X= 0º 32' 19.10" W Y= 41º 20' 17.20" N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN



CUENCA DEL EBRO

PROVINCIA: Lérida
COMUNIDAD AUTÓNOMA: Cataluña

Sondeo: LÉRIDA-1 Nº 117
Profundidad total: 1320 metros
Escala: 1:5000

Coordenadas:
X= 0º 36' 52.45" W
Y= 41º 39' 45.94" N

ESCALA CRONOESTRATIGRÁFICA	EDAD (m.a.)	PROFUND. (m)	LITOLOGÍA	INTERRUP-CIONES	DISCOR-DANCIAS	CONTENIDO FÓSIL	AMBIENTE SEDIMENTARIO	OTRA INFORMACIÓN