

Estratigrafía secuencial de sistemas deltaicos en cuencas de antepaís: ejemplos de Sant Llorenç del Munt, Montserrat y Roda (Paleógeno: cuenca de antepaís surpirenaica)

Miguel López Blanco

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

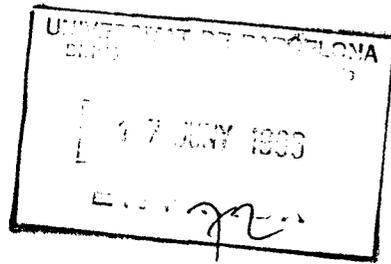
ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



UNIVERSITAT DE BARCELONA

Departament de Geologia Dinàmica,
Geofísica i Paleontologia



Facultat de Geologia
Zona Universitària de Pedralbes
Tel. 402 13 76
Fax 402 13 40
08071 Barcelona

ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL DE SISTEMAS DELTAICOS EN CUENCAS DE ANTEPAIS: EJEMPLOS DE SANT LLORENÇ DEL MUNT, MONTSERRAT Y RODA (Paleógeno, cuenca de antepaís surpirenaica)

Memoria ralaizada por Miguel LÓPEZ BLANCO en el Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia de la Facultat de Geologia de la Universidad de Barcelona, dirigida por los doctores Mariano Marzo Carpio, del mencionado departamento y Luís Pomar Goma del Departament de Ciencies de la Terra de la Universitat de les Illes Balears, para optar al grado de Doctor en Geología.

Barcelona, Junio de 1996

Los directores:

Mariano Marzo Carpio

Luis Pomar Goma

El doctorando, Miguel López Blanco

4) SECUENCIALIDAD

4.1) INTRODUCCIÓN

Como han afirmado Embry (1993), López-Blanco (1991 y 1993) y Helland-Hansen y Martinsen (en prensa), las superficies objetivamente mejores para la delineación de ciclos son: 1) las superficies de máxima inundación (o de máxima transgresión) (secuencias estratigráficas genéticas de Galloway, 1989a) o, 2) las superficies de máxima regresión (secuencias transgresivo-regresivas de Embry, 1993). Las secuencias deposicionales no son objetivamente tan útiles como las anteriores porque el reconocimiento objetivo y la correlación de los sectores conforme ("comformable") y no conforme ("unconformable) de las superficies limitantes (tipo I, II o III), si es que en algún momento se han llegado a generar, es bastante difícil. Además, en algunas situaciones, como ciclos sin bajada relativa del nivel de base, estos tres tipos de superficie no se desarrollan.

En trabajos clásicos de análisis secuencial, los límites de las unidades estratigráficas o secuencias se atribuyen a superficies producidas en momentos o períodos específicos de una curva de variación relativa del nivel de base, sin tener en cuenta las posibles variaciones de aporte sedimentario. El aporte sedimentario es un importante factor que controla en parte la formación de las partes, cortejos, componentes etc.

En la sucesión de Sant Llorenç del Munt y Montserrat se ha optado por desarrollar una subdivisión estratigráfica basada en secuencias de tipo transgresivo-regresivo de diferentes jerarquías. La opción transgresivo-regresiva ha sido elegida, en vez de optar por una subdivisión en secuencias estratigráficas genéticas, ya que el sistema estudiado presenta una sucesión de depósitos subaéreos, muy importante volumétricamente. En los ambientes subaéreos las superficies de máxima regresión son teóricamente más fáciles de reconocer que las superficies de máxima inundación. Las secuencias transgresivo-regresivas son aplicables a todas las escalas dentro de nuestro sistema.

El modelo de estratigrafía genética también sería fácil de aplicar a nuestras sucesiones. Galloway (1989a) también tiene en cuenta el importante papel que juega el aporte sedimentario. El principal problema con el análisis estratigráfico genético (a parte de la dificultad existente en el reconocimiento de las superficies de máxima inundación en los dominios aluviales) es que las

discordancias generadas en los estadios de máxima regresión se encontrarían dentro de las unidades aloestratigraficas definidas y no limitándolas.

La subdivision secuencial propuesta se basa en las relaciones entre facies a través del tiempo y en las oscilaciones transgresivas-regresivas de diferentes escalas y frecuencias que éstas muestran. Las transgresiones y regresiones están controladas por el eustatismo, la subsidencia y el aporte de sedimento. Una transgresión puede producirse incluso durante una bajada del nivel de base y una regresión durante una subida de éste. Lo que se observa en el registro sedimentario es el resultado de la interacción entre estos tres factores de control y las secuencias transgresivo-regresivas de diferente escala observadas son producto de esta interacción, independientemente de cual de los tres factores es más (o menos) importante o influyente. Estas secuencias son simplemente descriptivas y no son asimilables a variaciones de un sólo parámetro.

4.2) SUBDIVISION ESTRATIGRAFICA

4.2.1) ESTRATIGRAFÍA DEL ABANICO COSTERO

En el complejo de abanico costero de Sant Llorenç del Munt se han diferenciado unidades transgresivo-regresivas de varias escalas, ordenes y "frecuencias" (López-Blanco, 1991 y 1993, y Rasmussen 1993). De menor a mayor frecuencia estas unidades han sido agrupadas en cuatro subdivisiones principales: Megasecuencias compuestas, secuencias compuestas, secuencias fundamentales y secuencias de alta frecuencia.

1) SECUENCIAS FUNDAMENTALES

Las secuencias fundamentales (López-Blanco, 1991 y 1993), son secuencias transgresivo-regresivas de orden intermedio. Éstas muestran potencias que oscilan entre 3 y 80 metros y son reconocibles lateralmente durante centenares de metros incluso kilómetros. Estas secuencias son subdividibles en dos partes, una transgresiva y otra regresiva.

La parte transgresiva se situa sobre una superficie transgresiva (que generalmente coincide o se funde con una superficie de máxima regresión) y bajo una superficie de máxima inundación (o de máxima transgresión). Esta parte de la secuencia muestra unas tendencias profundizantes y granodecipientes (Fotos 1 y 6, lámina V) reconocibles en depósitos marinos y costeros. Puede estar representada tanto por depósitos de plataforma carbonática (Foto 1, lámina V) como por sedimentos terrígenos (Foto 6, lámina V). Esta parte de la secuencia se corresponde con el cortejo transgresivo de

Brown y Fisher (1977), los depósitos asociados a las transgresiones deposicionales ("depositional transgressions") de Curray (1964) y Swift (1968) o transgresiones acrecionales ("accretionary transgressions") de Helland-Hansen y Martinsen (en Prensa).

Los límites de las secuencias fundamentales vienen marcados por la superficie transgresiva basal (Fotos 3 y 6, lámina V), generalmente coincidente con una superficie de máxima regresión. Estas superficies suelen aparecer, en las zonas costeras, como superficies erosivas de escaso relieve, que pueden cortar superficies de progradación (clinoformas) previas (Fotos 3 y 7, lámina V) y que están cubiertas por un pavimento conglomerático más grueso que los depósitos infra- y suprayacentes (Fotos 1 y 6, lámina V). Estos pavimentos muestran generalmente clastos perforados por litófagos e incrustados por fauna marina de aguas someras como ostras, otros bivalvos y foraminíferos. Estas superficies marcan un cambio vertical abrupto, dentro de las facies costeras, de una tendencia granocreciente de somerización y progradación a otra granodecreciente de profundización y retrogradación. Como discuten López-Blanco (1991 y 1993) y Rasmussen (1993), estas superficies pueden haberse generado por dos procesos diferentes en distintos, pero sucesivos, periodos de evolución del sistema deposicional:

- durante un período de máxima regresión (posiblemente relacionado con un estadio en el que predomina el "bypass" posiblemente en respuesta a un decrecimiento de la acomodación como consecuencia de una bajada del nivel del mar relativo o de un periodo de "stillstand");
- durante una transgresión erosional.

En López-Blanco (1993) este tipo de superficies y pavimentos de cantos se interpretan como generados durante un período de máxima regresión en áreas donde se ha producido cierta erosión subaerea pero sin abarrancamientos importantes. Posteriormente esta superficie habría sido bioturbada y retrabajada por el oleaje durante la transgresión posterior. Este retrabajamiento podría incluso borrar la mayor parte de las evidencias de incisión y encajamiento de cursos fluviales. Algunos hechos que apoyan esta opción son: la extensión hacia a la cuenca del pavimento conglomerático, su marcada base erosiva, la presencia de "outsized clasts", así como la existencia de matriz de color rojizo (Rasmussen, 1993).

La posibilidad de que estas superficies hayan sido generadas única y exclusivamente por una transgresión erosional ("ravinement surfaces" de Swift, 1868 y Nummedal y Swift, 1987) ha sido abordada por López-Blanco (1991) y Rasmussen (1993). Esta transgresión erosional estaría relacionada con un

período de bajo aporte de sedimento ligado, o no, a una subida relativa del nivel del mar. En este caso, los procesos de retrabajamiento ("winnowing") producirían la erosión de los sedimentos más finos, mientras que parte de los materiales de grano grueso podrían provenir del "foreshore", habiendo sido transportados durante períodos de tormenta (Rasmussen, 1983).

Las segunda posibilidad es aplicable a todos los límites de secuencia fundamental, pero los procesos erosivos desarrollados durante la transgresión pueden estar sobrepuestos a una superficie erosiva o de "bypass" previa. La conexión lateral entre algunos de los citados pavimentos (superficies de erosión submarina) y la base de complejos de canales fluviales y niveles de paleosuelos (López-Blanco, 1991, Burns, 1992 y Rasmussen, 1993) indicando un episodio de erosión, o no deposición, en ambientes subaéreos, podría ser un punto de apoyo para la opción regresiva-transgresiva. Sin embargo, como se señalan López-Blanco (1991) y Rasmussen (1993), tales relaciones pueden ser locales, ya que también se encuentran canales encajados y paleosuelos en otras posiciones, no conectados con las mencionadas superficies.

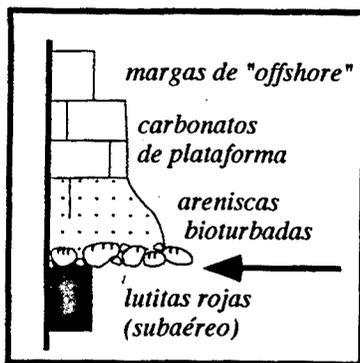


Figura S.18) Columna estratigráfica en la que se señala (flecha) una superficie de retrabajamiento transgresivo que podría coincidir con el límite de secuencia fundamental.

Stratigraphic log showing a transgressive reworking surface (arrow) which could be a fundamental sequence boundary.

El reconocimiento de los límites de secuencia fundamental en el campo puede ser complicado. En una columna estratigráfica como la de la figura S.18, la superficie límite de secuencia sería rápidamente atribuida a la localización del pavimento de cantos. Sin embargo, esta superficie puede ser un límite de secuencia o puede no serlo. Se necesita algo más que una serie estratigráfica para determinar donde se encuentra un límite de secuencia o cualquier otra superficie clave ("key surface"). Normalmente, cuando nos ocupamos de un paso vertical de depósitos subaéreos a submarinos, este paso está marcado por una superficie neta destacada por un pavimento de cantos. Estas superficies pueden ser fácilmente mal interpretadas como límites de secuencia fundamental. Tras una correlación física, tanto hacia la cuenca como hacia zonas proximales, se podrá saber si una superficie es realmente un límite de secuencia o no lo es. La mala interpretación se puede dar en situaciones tan comunes como las mostradas en las figuras S.19 a y S.19 b. En S.19 a existe un paso lateral entre depósitos subaéreos y submarinos. En este caso las múltiples

superficies transgresivas locales pueden ser confundidas con una única superficie

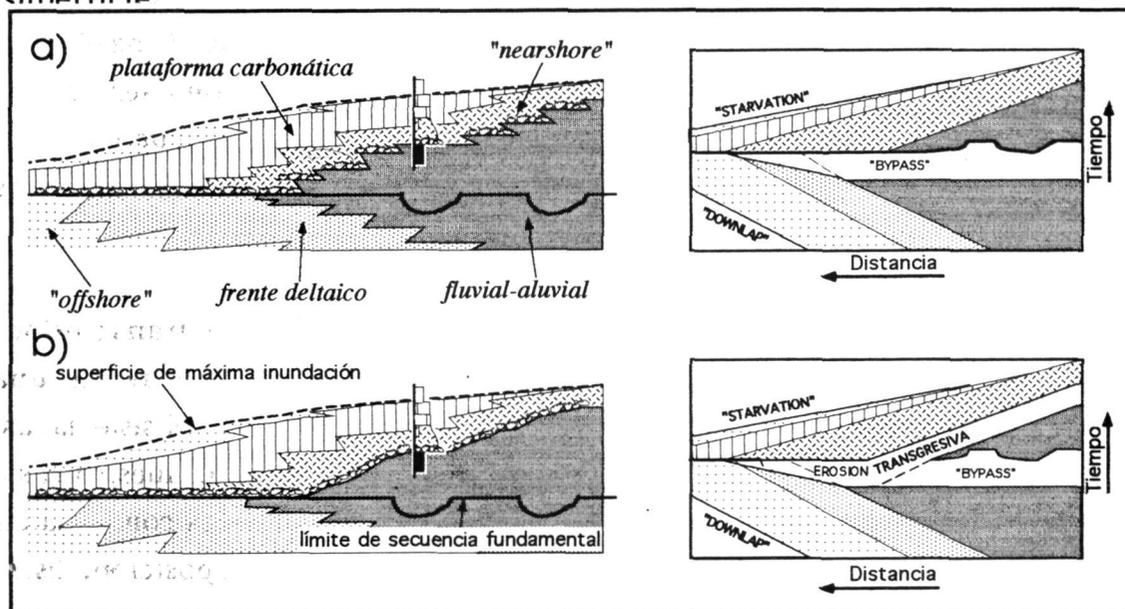


Figura S.19 Cortes geológicos y esquemas temporales de dos tipos diferentes de partes transgresivas en una secuencia fundamental en los que se muestra la relación entre superficies y facies. **a)** existiendo paso lateral entre depósitos marinos y no marinos; **b)** existiendo una superficie erosiva diácrona entre depósitos marinos y no marinos.

Geometrical and time cross sections of two different types of transgressive parts of fundamental sequence, showing the relationships between surfaces and facies. a) with a lateral passage between marine and non-marine deposits. b) With a diachronous erosive surface between marine and non-marine deposits.

La figura S.19 b muestra una situación muy similar a la de S.19 a. En este segundo caso, al trazar lateralmente la superficie en cuestión, ésta no se sitúa ni entre facies subaereas ni entre facies submarinas. Se trata de una superficie erosiva continua que separa los depósitos subaereos de los submarinos y que, hacia la cuenca coincide con un límite de secuencia fundamental. El problema estriba en que esta superficie no es una superficie-tiempo sino una superficie diácrona que se habría formado durante la mayor parte del tiempo de sedimentación de la parte transgresiva de la secuencia fundamental. Esta superficie diácrona puede ser fácilmente mal interpretada como un límite de secuencia, ya que ambas superficies son coincidentes en algún punto o sector. La situación en la que se habría generado esta superficie es similar a la mostrada en la figura S.19 a, pero en este caso los parámetros erosivos (mayores en S.19 b) o el aporte sedimentario (menor en S.19 b) condicionan que el paso lateral entre depósitos marinos y continentales desaparezca por erosión, generándose una superficie erosiva diácrona y no un límite de secuencia fundamental.

El reconocimiento de los límites de secuencia en porciones subaereas del sistema no es simple. La manera más simple para reconocerlos es el seguimiento

en el campo de las superficies reconocibles en los depósitos marinos o costeros. En la mayoría de los casos la superficie de máxima regresión se puede seguir hasta la base de complejos de canales fluviales, pero como indican López-Blanco (1991 y 1993) y Rasmussen (1993) estos complejos de canal pueden ser locales, discontinuos y situarse en cualquier lugar dentro de la secuencia. Los horizontes de paleosuelos también han sido ligados localmente a límites de secuencia fundamental por Burns (1992) y Rasmussen (1993).

Las superficies de máxima inundación (o de máxima transgresión) marcan, en la vertical, el cambio de una tendencia transgresiva a una regresiva, y representan los momentos de máxima profundidad en el sistema, así como la máxima extensión tierra adentro de las facies marinas. En nuestro caso, las superficies de máxima inundación se presentan como secciones condensadas asociadas a tasas de sedimentación bajas, e incluso a no deposición. Estas superficies son fácilmente trazables y reconocibles en el campo (Fotos 1, 2, y 3, lámina V).

Comunmente los techos de las capas de carbonatos de plataforma han sido interpretados como superficies de máxima inundación. La cuestión no es tan simple, ya que, en algunos casos, parte de los sedimentos de grano fino situados por encima del carbonato todavía pertenecen a la parte transgresiva (figura S.20), representando depósitos de aguas más profundas que los carbonatos. En este caso, la superficie de máxima inundación tendría que ser trazada por encima del techo del nivel calizo. En el sistema estudiado también se han observado carbonatos de plataforma que muestran tendencias de tipo somerizante y progradante. En este caso, una posible explicación es que los depósitos de plataforma carbonática pertenezcan parcialmente a la parte regresiva de la secuencia fundamental. Otra posibilidad es la que se deduce de los trabajos de Pomar (1991 y 1993). Los períodos de máxima transgresión son también los más favorables para la producción de carbonatos, y esta alta producción puede dar lugar a la progradación de la plataforma carbonática, a pesar de encontrarnos todavía dentro de la parte transgresiva de la secuencia.

El paso en una vertical de facies muy bioturbadas a poco o apenas bioturbadas dentro de depósitos costeros (Foto 6, lámina V) o la presencia de concentraciones de fauna marina (generalmente foraminíferos) son otros criterios para distinguir estas superficies en secciones verticales. En cortes transversales o paneles de correlación, las superficies de máxima inundación quedan evidenciadas, además de por los criterios mencionados previamente, por el máximo avance hacia tierra de las facies marinas.

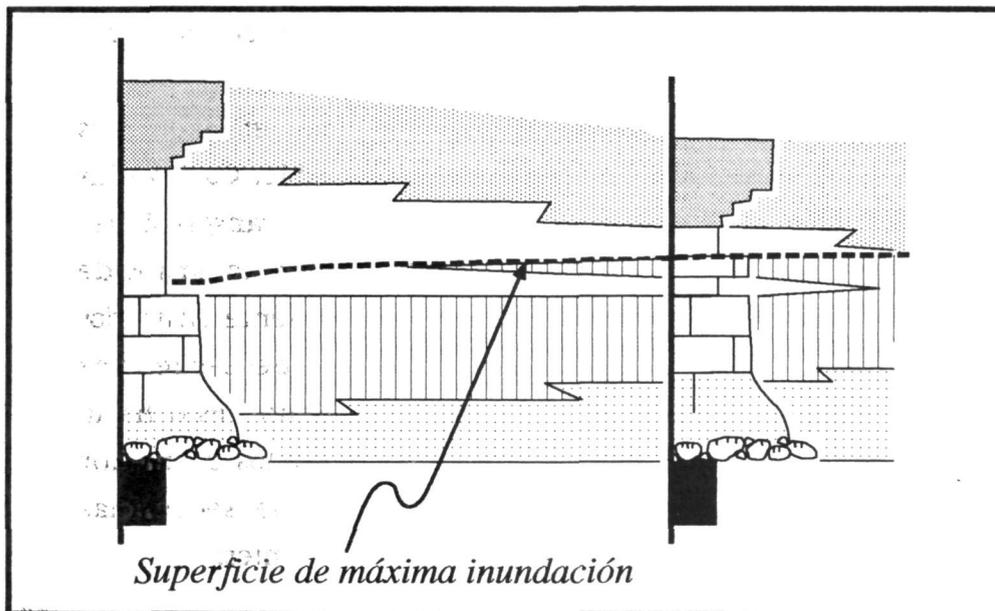


Figura S.20)
Correlación entre dos columnas estratigráficas donde se muestra una superficie de máxima inundación localizada en una posición más alta que el techo de una capa de carbonatos de plataforma.
Correlation between two logs showing the location of a maximum flooding surface higher than the top of carbonate platform bed.

La parte regresiva consta principalmente de facies terrígenas, caracterizadas por una tendencia somerizante (grano y estratocreciente en facies marinas y costeras), que progradan hacia cuenca (Fotos 4 y 7, lámina V), y que, a menudo, muestran una relación de "downlap" sobre la superficie de máxima inundación. El techo de la parte regresiva es el límite de la secuencia fundamental. Esta parte de la secuencia fundamental coincide esencialmente, en la mayoría de los casos, con el cortejo de alto nivel ("highstand systems tract") de Brown y Fisher (1977) y con los depósitos asociados a regresiones normales ("normal regression") de Helland-Hansen y Martinsen (en Prensa). Sin embargo, los episodios finales de este tramo regresivo pueden incluir, en algunos casos, depósitos equivalentes a cortejos de bajo nivel (Foto 5, lámina V) ("lowstand systems tracts") de Brown y Fisher (1977) o de regresiones forzadas (Foto 4, lámina V) ("forced regressions") de Posamentier *et al.* (1992b).

Las secuencias fundamentales muestran ciclos transgresivo-regresivos a escala de afloramiento y sus superficies suelen estar marcadas por cambios litológicos y de facies. Como se ha visto anteriormente, hay claras diferencias entre las facies costeras y marinas pertenecientes a la parte transgresiva (plataforma carbonática, frente deltaico retrabajado y playas) y las pertenecientes a la regresiva (frente deltaico progradante y talud deltaico con turbiditas).

La parte regresiva de las secuencias fundamentales corresponde a una progradación del sistema de abanico costero relacionada con un incremento del aporte sedimentario. La parte transgresiva de la secuencia estaría relacionada con el decrecimiento o desaparición del aporte terrígeno, con el consiguiente retrabajamiento por el oleaje, colonización por organismos y transgresión

causados por el balance negativo entre una subida relativa del nivel del mar y la ausencia de aporte clástico.

La continuidad lateral de las secuencias fundamentales en secciones aproximadamente paralelas a la antigua línea de costa es variable. Cuando las secuencias fundamentales son potentes o registran importantes transgresiones y regresiones, éstas son más fáciles de seguir. Algunas veces al trasladarnos de una sección a otra, el número de secuencias fundamentales presente entre dos niveles guía varía. Probablemente existe el mismo número de secuencias fundamentales en ambas secciones pero su expresión es diferente. Esto haría que algunas fuesen menos evidentes y se consideraran como ciclos de menor jerarquía dentro de una secuencia fundamental. El número de secuencias fundamentales puede cambiar lateralmente por dos motivos diferentes:

- erosión diferencial
- aporte sedimentario diferencial.

La primera opción estaría relacionada con la posibilidad de que la erosión existente en la base de las secuencias fundamentales (o en la base de algún sistema de canales fluviales importante) haga desaparecer alguna secuencia fundamental, en parte o por completo (figura S.21 a). Esta posibilidad no debe ser muy común, ya que no se han descrito superficies erosivas importantes en la zona de estudio. En algunos casos muy excepcionales se han observado, pero éstas no afectan a depósitos costeros.

La segunda posibilidad es que los depósitos estén controlados por puntos locales de aporte detrítico. En este caso la ausencia o presencia de depósitos de una secuencia fundamental no depende de que hayan sido erosionados sino de que se hayan depositado, o no. Si el aporte sedimentario no es uniforme a lo largo de la línea de costa, se pueden formar depósitos, tanto transgresivos como regresivos, de carácter muy local. Durante el estadio regresivo la progradación se desarrollará preferentemente cerca de los canales distributarios (figuras S.21 b y S.21 c). Esta posibilidad comportaría la existencia de sistemas fluviales (ríos) perennes en un sistema deltaico dominado por la acción fluvial. En este sistema serían frecuentes los subambientes de bahía interdistributaria, levees, lagoons, etc. Dichos ambientes no han sido casi descritos en la zona de estudio. El sistema deltaico que se estudia es un sistema mixto dominado por la acción fluvial (de tipo "braided") y el oleaje (Travé, 1988; López-Blanco, 1991, y Rasmussen, 1993). En nuestro caso, esta segunda posibilidad no alcanzaría extremos como los mostrados en la figura S.21 b. La existencia de puntos de desembocadura locales y cambiantes puede variar la magnitud de las transgresiones o regresiones que se deducen de una misma secuencia

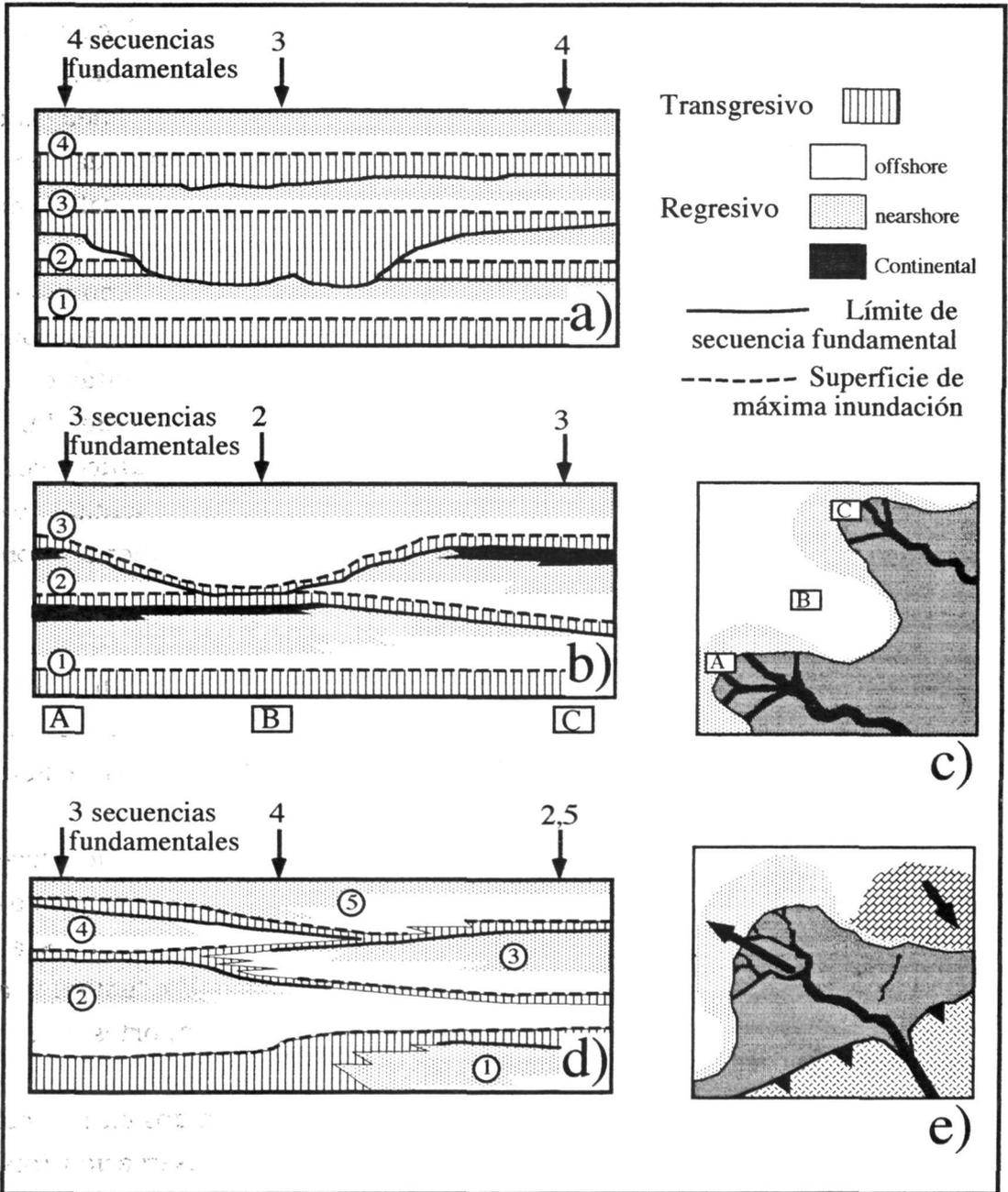


Figura S.21) Posibles explicaciones de la variabilidad del número de secuencias fundamentales observable en diferentes secciones situadas paralelas al margen de cuenca. **a)** corte mostrando un posible origen erosivo; **b)** corte mostrando un posible origen no deposicional relacionado con varios puntos de entrada de sedimento; **c)** mapa paleogeográfico ilustrando la situación **b)**; **d)** corte mostrando un posible origen autocíclico de las secuencias fundamentales, depositándose al mismo tiempo facies detríticas progradantes y carbonatos transgresivos en diferentes puntos; **e)** mapa paleogeográfico ilustrando la situación **d)**.

Possible explanation of the lateral (along strike) change on the expression and number of fundamental sequences. a) cross-section showing an erosional origin. b) cross-section showing a non-depositional origin related to local source points. c) paleogeographic map illustrating b. d) cross-section showing an autocyclical explanation involving the simultaneous deposition in different places of prograding clastic facies and transgressive carbonate platform. e) Paleogeographic map illustrating d

fundamental, haciendo que éstos cambien en importancia en una sección perpendicular a los aportes. Esta variación lateral de los valores de avance y/o retroceso de la línea de costa se reflejan en la expresión en el campo de la secuencia fundamental. Si en una sección los valores de transgresión o regresión resultan muy bajos, una secuencia fundamental real puede quedar enmascarada e incluirse dentro de otra, pasando a ser considerada como un secuencia de mayor frecuencia dentro de una secuencia fundamental de mayor jerarquía.

Todavía queda una tercera posibilidad, también relacionada con puntos de aporte de terrígenos localizados, pero con variaciones de aporte relacionadas con procesos de avulsión o migración de canales distributarios. Así, simultáneamente, pero en diferentes partes del sistema, puede darse la deposición de facies de plataforma carbonática y de abanico costero progradante (figura S.21 d). En este caso las secuencias fundamentales serían locales, no tendrían valor cronoestratigráfico y se corresponderían con los ciclos de progradación y abandono de Allen *et al.* (1987).

Tras un muestreo palinológico realizado en los depósitos marinos de la zona de Sant Llorenç del Munt, se ha detectado una ciclicidad en ciertas características del polen hallado, que coincide con la ciclicidad de las secuencias fundamentales (López Blanco y Solé de Porta, 1993).

En el muestreo realizado se ha hallado gran cantidad de polen triásico resedimentado, siendo éste mucho más abundante en los tramos regresivos de las secuencias fundamentales que en los transgresivos. Este hecho se debe a que durante los tramos transgresivos, el aporte sedimentario procedente del area fuente sería mínimo; mientras que en los regresivos los aportes son muy importantes y pueden proceder directamente del area fuente.

También se ha observado que los granos de polen recogidos en los tramos transgresivos son los que presentan un más alto grado de conservación (menor transporte).

2) SECUENCIAS COMPUESTAS

El patrón de apilamiento ("stacking pattern") de las secuencias fundamentales ha sido estudiado (López-Blanco, 1991 y 1993) a lo largo de un corte de ocho kilómetros de longitud, localizado en la zona occidental del sistema de abanico costero de Sant Llorenç del Munt y orientado paralelamente a la dirección principal de transporte (SE-NW) (Anexo I y figura S.22). A partir de este corte geológico se han elaborado un par de gráficos que se muestran en la figura S.23. El primero (figura S.23 a) representa la trayectoria de la línea de

costa mientras que el segundo (figura S.23 b) representa la trayectoria del paso de los depósitos de frente deltaico a los de offshore. En base a estos dos gráficos se han definido una serie de unidades (López-Blanco, 1991 y 1993) caracterizadas por el patrón de apilamiento presentado por las consecutivas secuencias fundamentales. Así, las unidades se pueden dividir en dos grupos, las Unidades transgresivas y las Unidades regresivas.

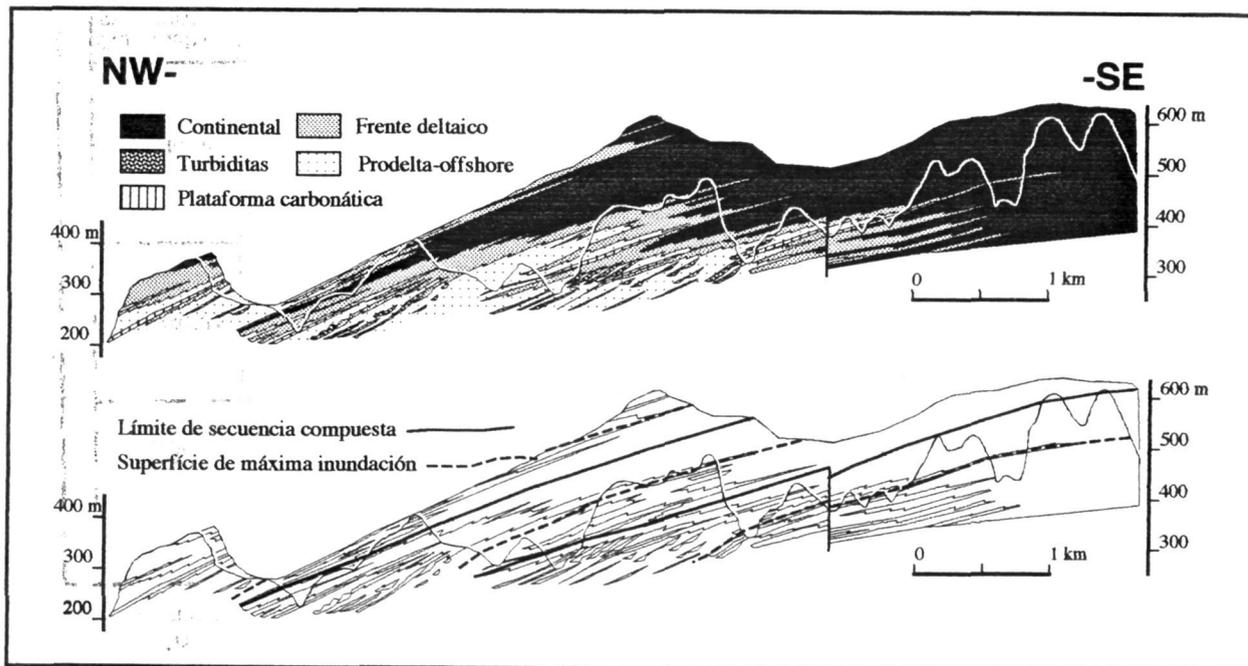


Figura S.22) Corte geológico simplificado de parte del sector occidental del abanico de Sant Llorenç del Munt. a) facies; b) secuencias compuestas.

Simplified cross-section of the western sector of Sant Llorenç del Munt system. a) facies; b) composite sequences.

Las unidades transgresivas son grupos de secuencias fundamentales consecutivas cuyo apilamiento presenta una tendencia de tipo retrogradacional, siempre combinada con una componente agradacional. Estas unidades están limitadas en la base por una superficie de máxima regresión, correspondiente a la base de la primera secuencia fundamental de la unidad. El techo viene marcado por una superficie de máxima inundación, perteneciente a la secuencia fundamental más alta de la unidad y que pertenece también, en parte, a la Unidad regresiva situada por encima. La potencia máxima de las unidades transgresivas oscila entre los treinta y los sesenta metros, aproximadamente. El retroceso de la línea de costa durante la deposición de las unidades transgresivas oscila entre 1 y más de 4,5 km.

Las unidades regresivas son grupos de secuencias fundamentales consecutivas cuyo apilamiento presenta una tendencia de tipo progradacional,

siempre combinada con una componente agradacional. Están limitadas en su base por una superficie de máxima inundación y a techo por una superficie de máxima regresión (techo de la secuencia fundamental más alta de la unidad). La potencia máxima de estas unidades oscila entre los sesenta y los doscientos metros. El avance de la línea de costa durante el depósito de las unidades regresivas varía entre 3,5 y 7,5 km.

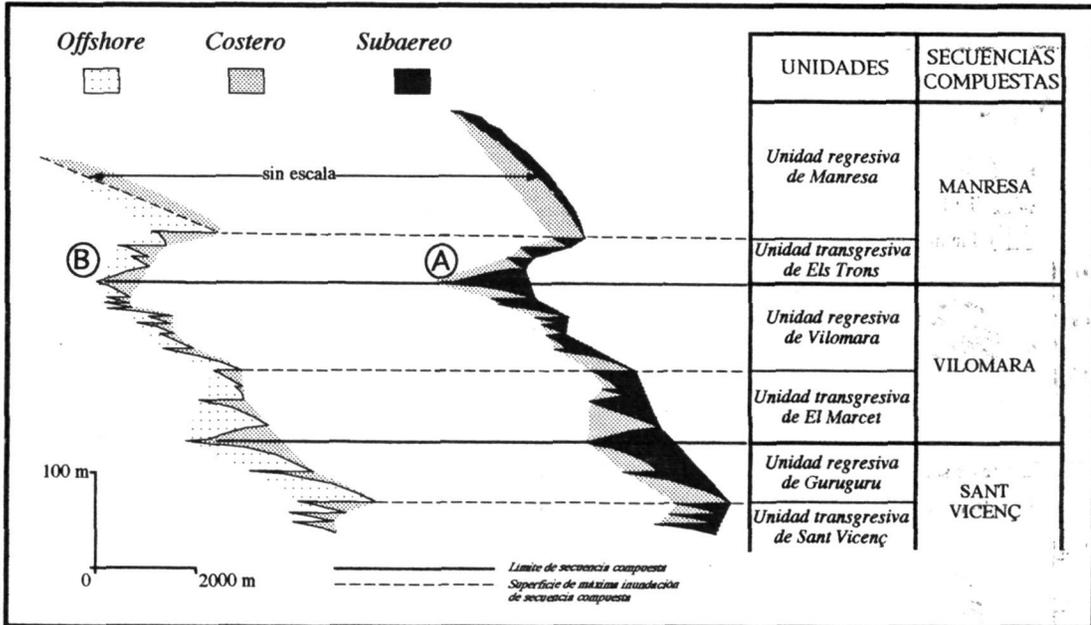


Figura S.23) Gráficos construidos a partir del corte de la figura anterior, en los que se muestra la variación en la horizontal de (A) la línea de costa y (B) el paso de facies costeras a "offshore". En ellos también se muestra la posición de las superficies de máxima regresión y las de máxima transgresión, así como la situación de las unidades transgresivas, unidades regresivas y secuencias compuestas. Cada una de las pequeñas cuñas representa una secuencia fundamental.

Graphs showing horizontal variations of (A) the coastline and (B) the passage from fan-delta front to offshore along the figure S.22 cross-section. Location of maximum regression and maximum transgression and the position of transgressive units, regressive units and composite sequences. Each one of the small wedges represents a fundamental sequence.

A partir de estas unidades transgresivas y regresivas se han definido las secuencias compuestas (figuras S.22, S.23 y S.24 y Fotos 1 y 2, lámina VI). Las secuencias compuestas han sido definidas (López-Blanco, 1991 y 1993) como secuencias transgresivo-regresivas formadas por parejas de unidades consecutivas, localizándose en la base de la secuencia una unidad transgresiva y sobre ésta una unidad regresiva. Estas secuencias presentan potencias que oscilan aproximadamente entre 100 y 300 metros (Fotos 1 y 2, lámina VI) y presentan una continuidad lateral (en secciones perpendiculares a los aportes) del orden de decenas de kilómetros, afectando, al menos, dos sistemas de abanico costero adyacentes (Sant Llorenç del Munt y Montserrat). Así, las secuencias compuestas están limitadas por superficies de máxima regresión que coinciden con los límites de una secuencia fundamental, localizadas en la posición en la

Figura S.24) Mapa de la zona de Sant Llorenç del Munt y Montserrat donde se diferencian: las megaunidades de la megasecuencia compuesta, las superficies clave que delimitan las unidades de las secuencias compuestas, los niveles guía de conglomerados monogénicos del abanico proximal de Sant Llorenç del Munt, así como la estructura del margen de la cuenca.

Map of the Sant Llorenç del Munt and Montserrat areas where the megaunits of the composite megasequence, key surfaces of the composite sequences, monogenic conglomeratic levels of the Sant Llorenç del Munt fan, as well as the basin margin structure, are shown.

que se produce el cambio de un apilamiento progradacional de las secuencias fundamentales a uno de tipo retrogradacional (Fotos 1 y 2, lámina VI). La superficie de máxima inundación que separa una unidad transgresiva de una unidad regresiva posterior es la superficie de máxima inundación de la secuencia compuesta (Fotos 1 y 2, lámina VI). Esta superficie divide en dos unidades a la secuencia compuesta, al igual que divide en dos partes (transgresiva y regresiva) a la secuencia fundamental a la que pertenece.

Las secuencias compuestas aquí definidas son bastante similares a las descritas por Mitchum y Van Wagoner (1991). La mayor similitud (a parte del nombre) es que ambas quedan definidas a partir del estudio del apilamiento de secuencias de mayor frecuencia. Sin embargo existen una serie de diferencias a puntualizar.

Nuestras unidades transgresivas son comparables a los grupos de secuencias transgresivos ("transgressive sequence sets") y las unidades regresivas a los grupos de secuencias de alto nivel ("highstand sequence sets") de Mitchum y Van Wagoner (1991). Sin embargo, no se ha encontrado nada equivalente a los grupos de secuencias de bajo nivel ("lowstand sequence sets"), probablemente debido a las altas tasas de subsidencia y acomodación de la zona.

Las piezas fundamentales ("building blocks") de las secuencias compuestas de Mitchum y Van Wagoner (1991) son secuencias deposicionales, mientras que en nuestro modelo son secuencias de tipo transgresivo-regresivo (secuencias fundamentales).

Nuestras secuencias compuestas constan de una unidad transgresiva y una unidad regresiva, separadas por una superficie de máxima inundación coincidente con una superficie de máxima inundación de secuencia fundamental. De esta manera, existe una secuencia fundamental compartida y dividida entre dos unidades diferentes: las unidades transgresiva y regresiva de una misma secuencia compuesta (López-Blanco, 1991 y 1993). La unidad transgresiva de una secuencia compuesta no está constituida sólo por secuencias fundamentales completas, ya que está constituida por un número entero de secuencias fundamentales y termina con la parte inferior transgresiva de una secuencia fundamental. Una unidad regresiva comienza

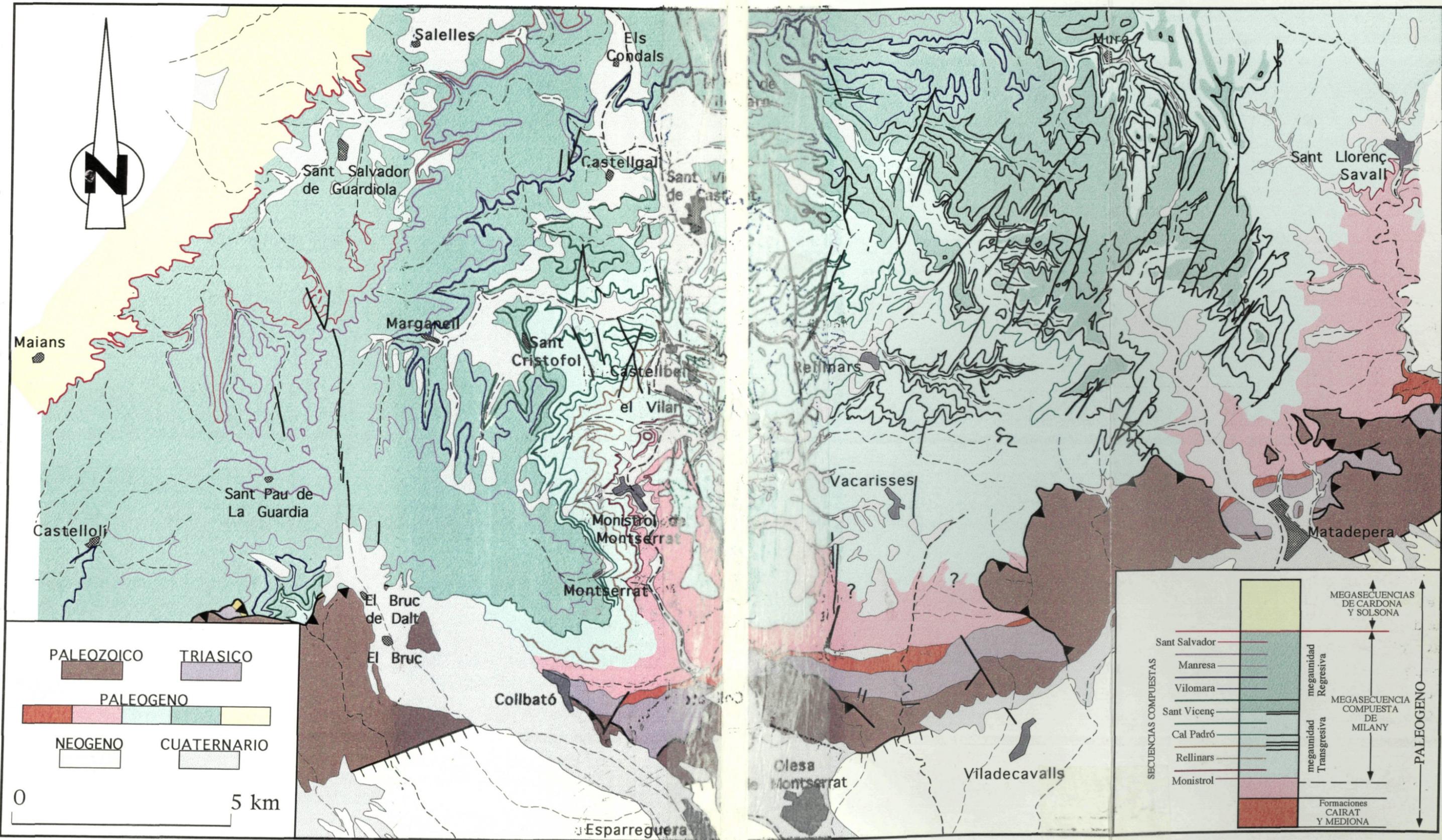


Figura S.24

1900
1901
1902
1903
1904