

Las formaciones cuaternarias del delta del Llobregat

por M.^a A. MARQUÉS ROCA

RESUMEN

En esta nota explico de forma muy resumida las principales hipótesis y conclusiones expuestas en la memoria que, sobre el mismo tema y con el mismo título, he realizado como tesis doctoral*. Se estudian las características estratigráficas y sedimentológicas del Cuaternario del delta del Llobregat que se desarrolla básicamente sobre las margas azules del Plioceno. Se han diferenciado dos tipos de Cuaternario, uno inferior denominado *complejo detrítico inferior* que se atribuye al Flandriense y se caracteriza por la existencia de ciclos transgresivos separados por niveles de estabilización y depósitos regresivos, y un *complejo deltaico* que incluye una base transgresiva (10.900 ± 150 años B.P.) y el delta en sentido estricto, en el que domina la progradación deltaica aunque también incluye períodos de estabilización. Todo este Cuaternario se asocia al ascenso del mar Flandriense que se realizó, no de forma continua sino con etapas de estabilización.

La evolución de la llanura deltaica está condicionada por la formación de barras sucesivas y por las variaciones del curso del Llobregat. La evolución actual se caracteriza por un retroceso en la mayor parte de la costa.

SUMMARY

In this paper I make a brief account of the principal hypothesis and conclusions already given in the memory, that on the same subject I have accomplished as my doctoral thesis. Stratigraphical and sedimentological characteristics of the Quaternary of the Llobregat delta, which basically develops on the blue marls of the Pliocene, are studied. Two types of the Quaternary have been differentiated. One denominated *inferior detritic complex* which is attributed to the Flandrian and has as a characteristic the existence of onlap cycles separated by stability levels and offlap deposits, and a *deltaic complex* which includes an onlap base (10.900 ± 150 years B. P.) and the delta, sensu stricto, in which deltaic progradation is predominant though it also includes periods of stabilization. This Quaternary is associated to the rising of the Flandrian sea which did not occur in a continuous form but in stabilization stages.

The evolution of the deltaic plain is conditioned by the formation of consecutive bars and by the variations of the Llobregat course.

The main characteristics of the present evolution is the coastal retreat in almost the entire delta.

Gracias al interés hidrológico del delta del Llobregat he podido disponer de varias series de mues-

tras de sondeo (campana realizada por S.G.O.P. y C.A.P.O.) de diversa índole y representatividad según la técnica de sondeo y de muestreo.

El trabajo se inicia con el estudio de los antecedentes bibliográficos, de los documentos históricos, de los factores que influyen en el desarrollo del delta y de la foto aérea, realizando simultáneamente el análisis de las muestras y de los principales deltas conocidos.

Abordamos, además del estudio sedimentológico, el paleontológico, el de la geometría y relación espacial de los sedimentos y el estudio binocular.

El estudio paleontológico además de las determinaciones específicas, para las que he contado con la ayuda de especialistas en los distintos grupos, lo hemos centrado en el reconocimiento de las condiciones ecológicas requeridas por cada especie, para poder llegar a conocer los medios representados por las distintas asociaciones.

Todos los datos obtenidos a través de estas técnicas nos han permitido distinguir sobre el zócalo, que suele ser pliocénico y que constituye el nivel de base de nuestro estudio, unos niveles detríticos y arcillosos con fauna que hemos denominado *complejo detrítico inferior* y otro conjunto que por sus características hemos denominado *complejo deltaico*.

La separación entre los materiales del *complejo detrítico inferior* y los paleozoicos y mesozoicos no implica ningún problema, pero a veces la similitud con las formaciones terciarias comporta mayor complejidad. La separación entre ambas se ha basado fundamentalmente tanto en la posición altimétrica como en la litología y fauna.

La mayor dificultad se centraba en la existencia, sobre las limolitas gris azuladas del Plioceno (Plasenciense), de unos materiales detríticos de color amarillento que se podían haber atribuido al Astiense. Esta

* Memoria titulada "Las formaciones cuaternarias del delta del Llobregat", presentada el 6 de septiembre de 1974 en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona para optar al título de Doctor en Ciencias y fue leída el 28 de octubre de 1974.

La memoria original consta de vol. 1: 6 hoj. s. n., p. 1-401 (mc); vol. 2: apéndices, p. 402-614, + 4 lám. pleg. f. t. 72 fig.

posibilidad la descartamos por el hecho de haber encontrado un paleorelieve junto con un paleosuelo con caliche sobre los materiales del Plasenciense (Fig. 1).

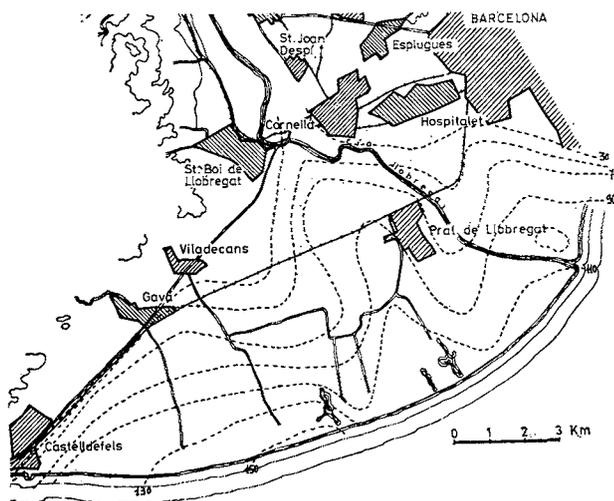


Fig. 1. Topografía de la superficie pliocuaternaria.

En este paleorelieve se pueden distinguir tres depresiones. Una depresión central que correspondería a la continuación del valle del Llobregat, abriéndose en la región de l'Illa-La Ricarda y penetrando hacia el estrecho de Conrellá; alcanza su cota más baja a los 116 m. Creemos que esta depresión podría corresponder al cañón del Llobregat descrito por LEENHARDT et. al. (1969) y que MAUFFRET y SANCIO (1970) enlazan con otro parcialmente relleno situado en una zona más externa de la plataforma. La depresión occidental es más abierta y más profunda, sobrepasa los

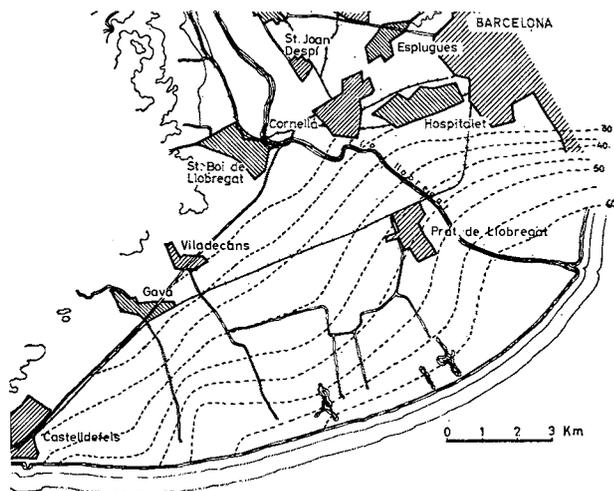


Fig. 2. Topografía del techo del complejo detrítico inferior.

150 m, y se abre entre el Remolar y Castelldefels. Ambas están separadas por un umbral. Al E del Prat se desarrolla otro espolón que partiendo de Hospitalet llega hasta la costa con dirección N-S que constituye el límite de la depresión oriental.

El techo de este *complejo detrítico inferior* (Fig. 2) lo hemos situado en un nivel de gravas muy constante en todo el delta y que al igual que en otros como el Ebro, Ródano, etc. forma su base. El motivo de tal separación se basa en que sobre estas gravas se hallan los primeros episodios transgresivos de la base del complejo deltaico.

Una vez conocido o definido el límite superior de este *complejo detrítico* hemos podido por una parte representar el mapa topográfico de este límite y también trazar las isopacas (Fig. 3) del *complejo detrítico inferior*.

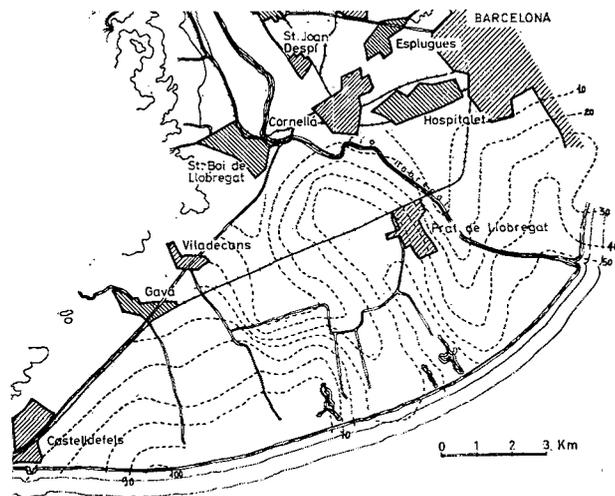


Fig. 3. Isopacas del complejo detrítico inferior.

La topografía del techo del *complejo detrítico inferior* (Fig. 2) es más uniforme y menos accidentada que la anterior. La depresión oriental ha desaparecido y la occidental y central están muy atenuadas, enlazando casi en la zona litoral, sobrepasando ligeramente la curva de 60 m.

El desarrollo máximo del *complejo detrítico inferior* se localiza en las zonas deprimidas de la superficie que hemos denominado, por simplificación, superficie pliocuaternaria. En estas zonas llega a alcanzar los 100 m de potencia o quizás más en las proximidades de la laguna del Remolar, en donde no se ha conseguido atravesar todo el Cuaternario. En los restantes sectores su espesor sería inferior a los 60 m. Como es lógico las menores potencias corresponden a los umbrales o elevaciones topográficas.

Desde el punto de vista litológico el *complejo detrítico inferior* presenta una composición muy varia-

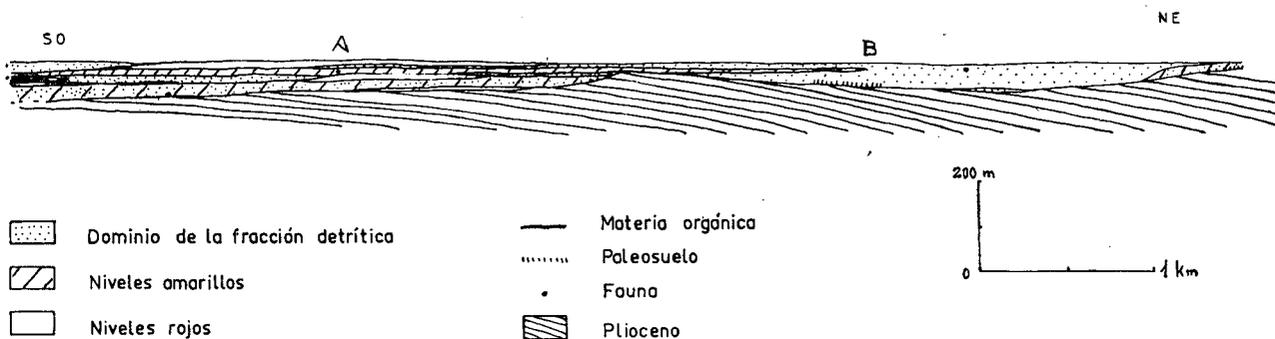


FIG. 4. Esquema del complejo detrítico inferior. A: cubet occidental; B, cubeta central.

da; en general dominan los sedimentos detríticos. Si bien topográficamente hemos distinguido tres depresiones, desde el punto litológico las dos cubetas extremas presentan unas características muy semejantes. Así pues, podemos diferenciar un *complejo detrítico inferior* que corresponde a las depresiones o cubetas oriental y occidental y otro que correspondería a la cubeta central, separada de ambas por umbrales pliocénicos (Fig. 4).

El primero se caracteriza por la presencia de dos niveles muy constantes de color amarillo, finos en la parte central del delta y detríticos en los bordes, que localmente pueden llegar a ser tres. Están separados por unos niveles rojos que pasan lateralmente a conglomerados y areniscas.

El complejo detrítico de la cubeta central presenta mayores irregularidades y sólo permanece constante, en su parte más externa, el nivel amarillo superior, mientras que el inferior está muy reducido o ausente. Dominan los depósitos detríticos de influencia fluvial; por ello, en contraste con las cubetas laterales, en etapas regresivas o de rejuvenecimiento del relieve el río debió erosionar y retrabajar parcialmente los materiales que la rellenaban mientras que en las otras dos conservan la disposición y naturaleza primitiva.

Dentro del *complejo detrítico inferior* se han podido distinguir unas etapas o niveles de estabilización. El primero de ellos se localiza a cotas de — 50 a — 60 m y corresponde a la última etapa de la transgresión holocena. Se caracteriza por la presencia de niveles de tipo lagunar salobre con fauna característica, niveles compactos formados por areniscas o por conglomerados de cemento calcáreo que, en los lugares en que la erosión los ha preservado, están recubiertos por horizontes rojos. La altura de la cota depende de la situación del sondeo y de las características del nivel. Así por ejemplo, en los bordes del delta las cotas son próximas a 50 m y corresponden a niveles rojos mientras que en la parte central se aproximan más a los 60 m y el criterio utilizado corresponde a la existencia de *beach rock* o de niveles orgánicos.

Otro nivel de estabilización que separaría los dos

ciclos mayores del *complejo detrítico inferior* y que es el más neto y extendido en toda la zona, se localiza a una profundidad de — 75 m. Como no se ha podido corregir el error de cota inicial de sondeo hemos tomado como referencia un nivel turboso localizado a esta profundidad en los sondeos 5 F y 4'Q que, por sus características, representan el mínimo error. Al analizar los materiales correspondientes a esta cota se ha podido ver su evolución lateral y vertical apreciándose un tránsito muy generalizado. Partiendo de niveles marinos que incluyen fauna siempre de tipo somero y que en algunos casos tienen arcillas rojas, se pasa a niveles orgánicos que pueden contener fauna de tipo lagunar. Estos niveles pueden estar solapados o pueden pasar lateralmente a sedimentos detríticos consolidados (en algunos casos verdaderos *beach rock*). Por encima aparecen los niveles rojos que pueden representar un suelo autóctono o bien un depósito coluvionar.

Finalmente podemos indicar la existencia de un posible nivel de estabilización (los argumentos son muy escasos) a una cota de — 95 m. A esta cota aparece, en el sondeo 3 F, un nivel rojo con fauna litoral que pasa a unos conglomerados de cemento calcáreo en el sondeo 5 I. Los restantes sondeos no presentan características litológicas y faunísticas que puedan adoptarse como criterios de estabilización.

Hemos intentado datar estos niveles para lo cual disponíamos tan solo de una datación absoluta realizada con el método del C^{14} . La muestra corresponde a unos niveles de turbas situados sobre las gravas del techo del *complejo detrítico inferior* dando una edad de 10.900 ± 140 años B.P. Por esta razón consideramos que el nivel de estabilización de — 50 a — 60 m debe ser próximo a esta edad.

En cuanto a los niveles de — 75 y el posible de — 95 los hemos comparado con niveles datados absolutamente en zonas próximas. Una de ellas es la del Rosellón y la Camarga estudiada entre otros por MÓNACO y THOMMERET, que en uno de sus trabajos, publicado en 1972, sitúan unos niveles de estabilización a — 85, — 70, — 60, — 40 y — 20 m con edades de

13.800 ± 300, 12.900 ± 200, 10.500 ± 150, 8.400 ± 150 y 6.000 ± 100 años B.P. respectivamente; por lo que se puede apreciar una notable correspondencia entre estos niveles y las que nosotros hemos hallado en el *complejo detrítico inferior*.

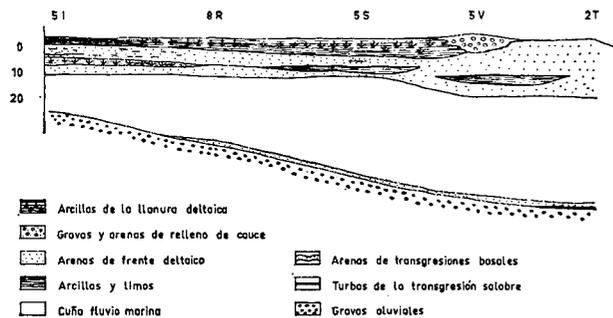


FIG. 5. Corte esquemático del complejo deltaico.

Estos niveles de estabilización limitan unos depósitos de tipo cíclico en los que se reconoce: un nivel inferior transgresivo muy localizado, un nivel fluvio-marino que tiene en el techo un nivel de estabilización y finalmente un nivel de neta influencia continental (suelos autóctonos o coluviones). Encima de los niveles rojos se desarrolla un nuevo ciclo que termina en un nuevo nivel rojo.

Este esquema es válido en las cubetas laterales pero en la central desaparecen los niveles rojos y parcialmente los amarillos.

A través del estudio de la fauna también se ha podido ver que este complejo corresponde a ciclos transgresivos separados por niveles o etapas de estabilización, puesto que hemos reconocido niveles con faunas típicamente marinas, en donde dominan los *Cardium*, *Theridium* y *Bittium*, y también niveles con abundantes foraminíferos con representantes planctónicos, fundamentalmente *Globigerinoides ruber* y *Globigerinoides sacculifer*. También existen faunas correspondientes a medios de baja salinidad con *Limnocythere inopinata* y *Cyprideis torosa*, que representan medios lagunares próximos a desembocaduras, y otras de medios restringidos, destacando los niveles con dominio de *Ammonia beccarii*. Esta especie para LANKFORD (1959) es típica de las bahías de sonda del Mississippi y para SCRUTON (1969) de las lagoon del Ebro. Otras asociaciones reflejan la interacción entre el dominio continental y marino (*Vertigo* sp. con *Cardium*, *Bittium*, etc.).

Es interesante destacar que no se han encontrado faunas significativas de clima frío.

Una vez conocidas las características del *complejo detrítico inferior* abordamos el problema de la datación. En realidad no poseemos ninguna datación ab-

soluta y nos hemos basado en la fauna y en su posición para intentar situarlos dentro de la escala cronoestratigráfica.

En primer lugar debemos desechar la correspondencia con una etapa glaciaria por dos razones evidentes: una se basa en que la fauna oscila entre un tipo templado y templado cálido, como lo demuestra la presencia de *Ammonia beccarii*, *Globigerinoides ruber* y *Globigerinoides sacculifer*, etc. y la otra en la presencia de facies transgresivas que se registran en todo este *complejo detrítico inferior*. Otra posibilidad sería que correspondiera a las distintas oscilaciones del Würm pero ello no parece posible puesto que no existe la típica fauna fría reconocida por MARS (1958), BARBAZA (1971), MARTINELL y JULIA (1973), en la costa norte de Barcelona, a profundidades de 80 a 100 m y tampoco existe una importante etapa regresiva (debemos notar que en la regresión postirreniense, correspondiente al Würm III, se alcanzaron cotas de — 100 m).

Quedan pues, las posibilidades de correspondencia con el interglaciario Riss-Würm o sea con el complejo transgresivo tirreniense, con períodos transgresivos anteriores (Siciliense, Milaziense) o bien con la transgresión flandriense.

Las dos primeras hipótesis presentan también el problema de la falta de períodos erosivos y además en el caso de corresponder al Riss-Würm, la ausencia de las típicas faunas cálidas.

La última posibilidad, es decir la inclusión en el flandriense, viene apoyada por la coincidencia con los resultados hallados por MÓNACO et. alt. en el Rosellón y la Camarga que como hemos visto al tratar de las etapas de estabilización corresponden notablemente con las que hemos hallado en el *complejo detrítico inferior*. Así pues, la inclusión dentro del flandriense nos explicaría la ausencia de: 1) un marcado período erosivo, 2) de una fauna fría y 3) de la típica fauna cálida con *Strombus* del Riss-Würm.

Por ello nos inclinamos por esta hipótesis, es decir, que los materiales que se sitúan discordantemente sobre el Plioceno, representan distintas etapas de la transgresión flandriense, que empezó hace aproximadamente 18.000 años B.P.

Ello no excluye que los niveles inferiores a los — 95 m sean más antiguos o la posibilidad de que éstos existan en puntos no alcanzados por los sondeos.

El otro gran conjunto que hemos podido distinguir es el que hemos denominado *complejo deltaico*. Comprende desde la última secuencia transgresiva, datada en unos 10.000 años B. P., hasta los últimos niveles de la llanura deltaica. En general, el límite entre los dos complejos, es decir el nivel de gravas, queda muy bien marcado en todo el delta puesto que

constituye el acuífero profundo y es objeto de intensa explotación.

Esquemáticamente, comprende una parte basal transgresiva de *onlap* o traslapamiento y una parte superior de *offlap* o cislapamiento, formada por el delta del Llobregat en sentido estricto, puesto que en general domina la progradación debida a los aportes fluviales.

Este complejo deltaico se desarrolla sobre la superficie formada por el techo del *complejo detrítico inferior* (fig. 2) cuyos rasgos más característicos recordaremos que eran la suavidad de las formas, representadas por dos ligeras ondulaciones, occidental y central, separadas por un débil espolón.

El espesor de este complejo es muy variable dada su forma de cuña. Alcanza el máximo desarrollo en la zona costera central en donde llega a alcanzar los 64 m de potencia y hacia los bordes se adelgaza progresivamente.

Hemos estudiado detalladamente una serie de sondeos lo cual nos ha permitido conocer las características del complejo deltaico, que hemos dividido en tres partes o tramos:

1) tramo inferior que está formado básicamente por un nivel de tipo salobre y otro de arenas con influencia marina,

2) tramo intermedio o cuña fluvio-marina,

3) tramo superior que comprende desde los niveles detríticos del frente deltaico a los de la llanura deltaica. Está afectado por algunas pulsaciones que le dan mayor complejidad.

Tramo inferior

Dentro de lo que hemos denominado tramo inferior se distinguen los siguientes elementos:

a) Plano de la transgresión salobre que separa las gravas aluviales inferiores de las primeras manifestaciones la última secuencia transgresiva flandriense. Este plano hipotético no coincide en muchos casos con el límite litológico. Esto se debe a que en su progresión hacia la parte interna, de base más elevada, queda incluido dentro o se desarrolla en las gravas del complejo detrítico inferior.

b) Nivel salobre que corresponde a lagunas litorales. Al igual que las actuales su distribución es discontinua, lo cual hace que pasen lateralmente a depósitos de otros ambientes, que pueden o no tener su influencia (potencia media inferior 1 m).

Cuando el nivel salobre, en sentido estricto, está bien desarrollado, está formado esencialmente por un característico nivel de turbas y por arcillas limosas ricas en restos carbonosos, que en algún caso pueden tener una pequeña fracción de arena.

La fauna que contiene es pobre en especies y rica

en individuos. Esta circunstancia indica la existencia de un medio con unas condiciones bastante extremas o inestables. En el grupo de los moluscos domina extraordinariamente *Hydrobia acuta* y va acompañada de *Cerastoderma* (s.s.) *edule edule*, en cuanto a los foraminíferos *Ammonia beccarii* y *A. beccarii* var. *tepida* y en cuanto a los ostrácodos *Cyprideis torosa* y *Loxoconcha ellyptica*, con predominio de la primera.

Esta asociación representa unas condiciones muy especiales puesto que *Hydrobia acuta* puede representar el último término de la evolución de fauna antes de su total desaparición, produciéndose, antes de ésta, una reducción de especies y un incremento de individuos. Tal es el caso de las lagunas litorales de la Camarga, periódicamente invadidas por el mar y en las que, según MARAZANOF (1964), sólo existe esta especie de gasterópodos.

Cyprideis torosa vive en todas las concentraciones salinas posibles, pero según ELOFSON (1941) es particularmente abundante en medios lagunares próximos a desembocaduras. Tal es el caso de su distribución actual en el delta del Ródano, al igual que *Ammonia beccarii* es característica de estos medios lagunares litorales del Ebro, según SCRUTON (1969).

Esta concurrencia de datos viene además apoyada por los resultados del análisis polínico que indican la existencia de elevados porcentajes de *Salicornia* y *Artemisia* que, junto con las especies acompañantes, dan idea de una vegetación de tipo mediterráneo propia de lagunas saladas del borde del mar.

Así pues, la citada asociación corresponde a unas lagunas litorales por lo cual este nivel encaja con los salobres de la base del Ródano descritos por OOMKENS (1967, 1970). Se ha realizado una datación absoluta de una turba correspondiente a este nivel y ha dado una edad de 10.900 ± 140 años B.P. Esta datación nos permite suponer que la edad del complejo deltaico (delta y base transgresiva) es próxima a ésta.

c) Arenas transgresivas basales que, tanto por las características del sondeo como del propio sedimento es muy raro obtener muestra. Este nivel está bien desarrollado en la zona costera y hacia el interior desaparece aproximadamente a la altura de Cornellá.

Tramo intermedio o cuña fluvio-marina

Es el más potente y uniforme de todo el complejo deltaico. Está formado por arcillas limosas y limos arcillosos con bajos porcentajes de arena. La potencia máxima, de 45 m, se alcanza en la zona central costera, es decir al S de la actual desembocadura del Llobregat y al N de l'Illa. A partir de aquí los espesores se van reduciendo hacia los bordes y el valle, de

tal manera que este tramo adquiere la típica forma de cuña.

Dentro de esta cuña se ha podido distinguir mediante criterios litológicos y faunísticos dos secuencias.

La secuencia basal se inicia por un nivel con asociaciones faunísticas bastante someras, seguido de niveles francamente marinos con escasa influencia fluvial. Esta influencia va acentuándose progresivamente hacia el techo. Además se caracteriza por una disminución, en el mismo sentido, del número de especies y del tamaño de grano (*upward fining sequence*).

La secuencia superior se caracteriza por un aumento de tamaño hacia el techo (*upward coarsening sequence*) y por la posición de las muestras dentro de los diagramas CM que corresponden a medios cada vez más energéticos. En cuanto a la fauna, prosigue la reducción que suele culminar en una desaparición total, exceptuando fragmentos de moluscos o foraminíferos rodados.

En general se observa una mayor influencia marina en los sondeos situados en la parte más externa y una mayor influencia continental hacia el interior. Tal es el caso del sondeo 9N en el que la fauna es poco abundante y suele contener, además de los elementos marinos siempre escasos, otros de tipo somero y continental. Por ello, podemos decir que la fauna experimenta una reducción tanto en sentido vertical (hacia niveles superiores de la cuña) como horizontal (hacia las zonas más internas).

Estas características nos permiten deducir que los sedimentos de este tramo son esencialmente de origen fluvial, han sido transportados fundamentalmente por suspensión y se han depositado en un medio marino. Todo ello encaja dentro del concepto de cuña fluviomarina correspondiendo también al prodelta y *foreset*, aunque no debe despreciarse el aporte de sedimentos desde la costa septentrional, que daría una componente holomarina.

Pero además, dentro de este conjunto es posible diferenciar una fase transgresiva de *onlap* o translapamiento debido al ascenso del mar flandriense y otra regresiva de *offlap* o cislamiento producida por la progradación del delta hacia el mar. Por ello, las arcillas y limos depositados en la parte distal de la cuña van siendo solapados progresivamente por sedimentos cada vez más proximales.

Esta segunda secuencia se desarrolla fundamentalmente a partir del momento en que el nivel del mar se estabiliza. De hecho la progradación deltaica se produce cuando competencia fluvial supera a la marina. Por ello, considerando constantes a largo plazo los aportes fluviales e invariable la estabilidad de la cuenca de deposición, la razón más válida para explicar la progradación es la estabilización del nivel del mar, que en último término actúa a favor de la competencia fluvial.

Tramo superior *

Este tramo se inicia con unos sedimentos detríticos que corresponden a la secuencia de cislamiento. Son los que la separación entre el tramo intermedio y el que hemos denominado tramo superior. En general son los depósitos del frente deltaico y forman parte del top-set.

Este tramo es el más complejo porque está afectado por períodos de estabilización. Evidentemente su registro será distinto según la zona del delta, es decir, dada la propia inclinación de los niveles deltaicos, los estadios más bajos quedarán reflejados en zonas externas y los más altos en las internas más elevadas.

Por ello, en los sondeos de la línea de costa situados entre la actual desembocadura y el complejo lagunar Illa-Ricarda, que corresponden a las últimas etapas de crecimiento del delta, el tramo superior está constituido sólo por arenas y los niveles de estabilización no están presentes.

Sin embargo en otros sondeos se aprecia la existencia o bien de niveles de turbas, como en el 5V a 19,30 m de profundidad, o bien otros francamente litorales (*grapestones* a — 20 m, sondeo 3F), que parecen indicar un nivel de estabilización a esta cota.

Sobre estos niveles se desarrolla un nuevo ciclo transgresivo-regresivo (*onlap-offlap*) con otro posible nivel de estabilización a — 10 m, muy visible en los perfiles y diagramas en valla o "biombos" realizados con los datos de un sector de la Zona Franca. Por último se desarrolla la última secuencia que da lugar a la actual llanura deltaica.

Como dato inicial para comprender la evolución de esta última etapa partiremos de la línea de costa de edad romana (MARQUES y JULIA en curso de publicación) cuyo trazado ha sido posible reconstruir merced a una serie de explotaciones de áridos que han puesto al descubierto multitud de cortes y de piezas arqueológicas.

Estas explotaciones se localizan a lo largo de la antigua carretera de Barcelona a Valencia o Camino Real de Valencia en una franja de unos 200 m de ancho, situada a unos 3 km de la costa actual.

La costa romana forma el límite exterior de dos llanuras muy disimétricas, separadas por una depresión que actuaría a modo de estuario y se localizaría aproximadamente en el actual valle.

En general las posteriores etapas de la evolución estarían marcadas por el desarrollo de nuevas barras (MARQUES en curso de publicación) y la colmatación de las depresiones por depósitos aluviales.

* En este tramo debemos tener en cuenta dos particularidades: primera que no se trata de una unidad genética y segunda que la obtención de datos ha sido diferente de los otros tramos, puesto que hemos tenido en algunos casos acceso directo a las formaciones y además disponemos de multitud de partes detalladas de sondeos de pocos metros, pero generalmente sin muestras, debidos a las obras de cimentación, vías de comunicación, etc.

Se ha intentado situar la posición y edad de estas barras mediante criterios litológicos e históricos. Los resultados obtenidos, que se refieren fundamentalmente a la parte occidental del delta, deben considerarse como una hipótesis.

Así pues, además de la línea de costa de época romana (siglo I), hemos distinguido una segunda que separaría la laguna de la Murtra de la Murtrassa y pasaría por el extremo N del Remolar. Una tercera que sería la causante de la formación de la Murtra y del Remolar y pasaría por su desembocadura hasta la parte superior del complejo lagunar Illa-Ricarda-Margarola y puesto que los documentos que citan por primera vez al Remolar son del siglo XI, podemos datar esta costa como algo anterior es decir siglo X o XI.

En cuanto a la parte oriental del delta presenta una complicada estructura fruto de una compleja interferencia entre el dominio continental, marino y lacustre o palustre.

En primer lugar disponemos de una serie de 58 sondeos poco profundos realizados en un sector de la Zona Franca. En ellos hemos podido distinguir:

1) Nivel fino superior formado por arcillas y limos de color beige. En la parte oriental dominan las arcillas y las potencias son menores, en la occidental las potencias son mayores y dominan los limos, y en la intermedia indentan los dos. Consideramos que representan los materiales de inundación y su distribución está condicionada por la posición del río, que ha variado en este sector, y por las obras de saneamiento.

2) Nivel detrítico beige: formado por arenas de grano fino homométricas. El desarrollo de este nivel es muy variable y se extiende preferentemente en el sector oriental. Aunque poseemos pocos datos creemos que estos materiales pueden corresponder a unas arenas eólicas.

3) Nivel detrítico gris: formado por arenas, finas y gruesas, y gravas cuya proporción varía notablemente de un punto a otro. Algunos niveles arenosos contienen restos de moluscos marinos. Corresponde a una interacción entre el dominio marino (arenas con fauna) y fluvial (gravas).

4) Nivel orgánico que se desarrolla a una cota de — 10 m sobre una serie de pequeñas ondulaciones. Corresponde a un depósito de tipo lagunar. Como habíamos indicado anteriormente puede representar una etapa de estabilización.

La última etapa de la evolución de la llanura (tema que traté en la comunicación "Algunas características del delta del Llobregat" en el "1.º Coloquio acerca del Pla de Barcelona" Cátedra de Barcelona, abril 1974, y cuyos trabajos están en curso de publicación) se caracteriza por los cambios en la dinámica progradativa del delta. Si bien el delta avanzaba de forma generalizada como mínimo hasta 1935, en

1948 aparecen los primeros datos que representan, en la zona de la desembocadura, un claro retroceso. Mediante una superposición de documentos gráficos del delta occidental hemos podido distinguir en líneas generales:

1) Un fuerte retroceso al sur de la desembocadura que se va atenuando hacia el sector de la Ricarda-Remolar; 2) un sector bastante estable que va desde el punto anterior hasta Castelldefels en el área denominada Pineda, destacando sin embargo un área de retroceso al S de la Murtra, y 3) un ligero avance al sur de este sector.

El retroceso, que afecta fundamentalmente a la zona más prominente, cerca de la desembocadura, se debe en último término a una transformación en la relación dinámica entre el río y el mar, desplazada a favor de este último. Según nuestro punto de vista (*op. cit.*) las causas que han provocado esta transformación son:

1) Construcción de las obras del puerto (espigones) que: a) afectan las corrientes litorales y con ello el transporte de arena en las zonas situadas al sur de las obras y b) modifican la profundidad de la zona costera favoreciendo la deposición de arena en ciertos sectores profundos, creando un déficit en el delta.

2) Extracción de áridos a lo largo del río Llobregat, que representa: a) un volumen de material que no podrá llegar al mar puesto que debe compensar el déficit producido en las zonas de extracción y b) un descenso general del nivel del cauce con los consiguientes problemas de descalzamiento de puentes, etc.

3) Explotación de los acuíferos que ha hecho descender los niveles freáticos, con la consiguiente pérdida de carga hidrostática.

4) Asentamiento propio del delta.

5) Construcción del aeropuerto, para cuya obra se extrajeron arenas de la playa.

Por otra parte, la razón que posiblemente explica el avance en la costa más occidental es que la redistribución de las arenas, efectuada por la corriente de longshore, ha sido modificada en conjunto en los últimos años, pero no ha variado significativamente en este sector. Aparte de las arenas que provenían de zonas más septentrionales, los aportes del río también suministraban el material que se iba redistribuyendo a lo largo de la costa. En la actualidad, gran parte de las arenas transportadas por estas corrientes provienen directamente de los materiales que forman las zonas más prominentes. Esto provoca su parcial destrucción y por ende su retroceso, pero todavía sigue produciéndose una acumulación en la zona de Castelldefels. Este fenómeno suponemos que se irá debilitando a medida que la costa del delta se aproxime a una línea de equilibrio (sin avance ni retroceso), seguramente situada bastante tierra dentro de la actual.

Conclusiones:

a) Los materiales que se desarrollan sobre las margas azules, clásicamente atribuidas al Plasencien, corresponden al Cuaternario que llega a alcanzar, en el punto de mayor desarrollo, potencias superiores a los 150 m.

b) En líneas generales se pueden diferenciar dos tipos de cuaternario: uno inferior en el que predominan los sedimentos detríticos, que hemos denominado *complejo detrítico inferior* y otro superior que hemos denominado complejo deltaico por presentar la estructura clásica deltaica.

c) El complejo detrítico inferior se caracteriza por la existencia de unos ciclos transgresivos separados por niveles de estabilización y depósitos regresivos o de cislapamiento. En total se han podido reconocer tres ciclos. Estos depósitos corresponden al Flandriense.

d) El complejo deltaico tiene una potencia de unos 60 m; incluye una parte basal transgresiva de *onlap* o translapamiento y una parte superior de *offlap* o cislapamiento formada por el delta del Llobregat en sentido estricto, puesto que en general domina la progradación debida a los aportes fluviales, aunque se acusan algunos períodos de estabilización.

e) La transgresión flandriense no se ha realizado de forma continua sino con episodios de estabilización. Según la importancia de estos episodios se han desarrollado o no secuencias regresivas de cislapamiento.

Hemos podido distinguir etapas de estabilización a las cotas de — 95 m (probable), — 75 m, — 60 m; — 40 m, — 18 m, — 20 m y — 10 m.

f) La evolución de la llanura deltaica está caracterizada por dos fenómenos convergentes: el avance de la línea de costa por la formación de barras y la variación del curso fluvial del Llobregat.

g) La evolución actual se caracteriza por un retroceso en la mayor parte de la costa deltaica.

BIBLIOGRAFÍA

- BARBAZA, Y. (1971): "Morphologie des secteurs rocheux du littoral Catalan Septentrional". *Mémoires et documents*, nouv. ser. v. II, 152 pp., 36 fig., 6 tabl. 16 pl., París.
- ELOFSON (1941): "Zur Kenntruiss der merinen Ostracoden Swedens, mit besonderer Berücksichtigung des Skageraks". *Zobl. Bidragfran Uppsala*, Band XIX, Uppsala.
- LANKFORD, R. R. (1959): "Distribution and ecology of Foraminifera from the east Mississippi delta margin". *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* vol. 43, pp. 2.048-2.099, Tulsa.
- LEENHARDT, O., A. REBUFFATI, R. SABATIER, A. BRUNETON (1969): "Profil sismique dans le bassin nord-Baléares". *C. R. Soc. Géol. France*, t. 7, pp. 249-251, 1 lám. fig., París.
- MARAZANOF, F. (1964): "Introduction a l'étude ecologique des mollusques des cause douces et saumâtres de Camargue". *La Terre et la Vie*, n.º 3, pp. 350-374.
- MARS, P. (1958): "Les faunes malacologiques quaternaires 'froides' de Méditerranée. Le gisement du Cap de Creus". *Vie et Milieu* (3), pp. 293-309, 4 fig., 2 tab. París.
- MARTINELL, J., R. JULIA (1973): "Nuevos datos sobre los yacimientos wurmienses del litoral catalán". *Act. Geol. Hispánica*, año 8, pp. 105-108, 2 lám., Barcelona.
- MAUFFRET, A., J. SANCHO (1970): "Étude de la marge continentale au Nord de Majorque (Baléares, Espagne)". *Rev. Inst. Français du Pétrole* t. XXV, n.º 6, pp. 714-730, 5 fig., 4 pl., París.
- MONACO, A., J. THOMMERET, Y. THOMMERET (1972): "L'âge des dépôts quaternaires sur le plateau continental du Roussillon (Golfe de Lion)". *C.R.Ac.Sc. sér. D*, t. 274, pp 2.280-2.283, 2 fig., 1 tab., París.
- OOMKENS, E. (1967): "Depositional sequences and sand distribution in a deltaic complex". *Verhand. Konink Ned. Geol. Mijn. Genoot. Geol. Serv.* Vol. 46, pp. 265-278. 11 fig.
- OOMKENS, E. (1970): "Depositional sequences and sand distribution in the Post-Glacial Rhône delta complex" in: Morgan: J. P. (edit.) *Deltaic sedimentation modern and ancient. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Sp. Publ.* n.º 15, pp. 198-212, 10 fig., Tulsa.
- SCRUTON, M. E. (1969): "The distribution and ecology of Recent foraminifera off the Ebro delta. North-eastern Spain". Thesis of Dr. Phyl. University of Bristol. 306 pp., 99 fig., 11 tab., 3 apénd., 22 lám., Bristol.