Acta Geológica Hispánica, t. VI (1971), n.° 5, págs. 131-138

El delta reciente del río Ebro: descripción de ambientes y evolución

por A. Maldonado * y O. Riba *

Resumen

Se describen los ambientes de la llanura deltaica, fluviales y palustres, y los fluvio-marinos, en esencial el frente deltaico.

Esta llanura está constituida por el deasrrollo constructivo de sucesivos lóbulos deltaicos, abandonados posteriormente y en parte erosionados. Es descrita la sucesión temporal de estos diferentes lóbulos.

La evolución reciente de la llanura deltaica está regida por la difluencia del cauce funcional recientemente ocurrida a la altura de la isla de Buda y por la formación y erosión de barras frente a la actual desembocadura y en diversos puntos de la costa del delta.

Por medio de un estudio detallado de foto aérea se establecen las variaciones experimentales por la línea de costa en los últimos 25 años.

Summary

Description of the deltaic plain, fluvial and paludal, and the fluvial-marine environments, mainly the delta front, in the delta of Rio Ebro (Spain).

This plain is built up by the constructive development of succesive lobate deltas, later abandoned and partially eroded. The temporary succession of these different lobes is described.

The recent evolution of the deltaic plain is governed by the abandonment of the active streams that recently occured at the latitude of the island of Buda and by the formation and erosion of bars in front of the present mouth of the active stream and in different points of the delta coast.

The variations undergone by the coast in the last 25 years are established by means of a detailed aerial photographic survey.

La presente nota es una breve descripción de los principales ambientes de depósito que se localizan en el delta del río Ebro, así como de la evolución experimentada por éstos. Este trabajo es una nota preliminar de una serie de campañas de geología que estamos realizando en esta zona.

El delta del río Ebro es un delta complejo, construido por la anexión de sucesivos lóbulos deltaicos que posteriormente fueron abandonados y modelados por la erosión costera. En su desarrollo se ha comportado de manera análoga al delta del río Mississippi (Fisk, 1961; Gould, 1970; etc.), sin embargo, en la actualidad difiere marcadamente de aquél por cuanto su evolución reciente está condicionada por un único canal que desemboca en aguas relativamente profundas y donde la acción de las olas es muy importante.

Métodos de trabajo

Se ha contado con tres colecciones de fotografías aéreas: del II/1946, VII/1957 y VII/1967, respectivamente. El vuelo del año 1957 ha sido empleado como base para la construcción de un mosaico de fotocomposición, al que se han adaptado los otros dos vuelos por medio de un Aero-Sketchmaster. Este estudio de foto aérea ha sido completado con varias campañas de geología marina y en tierra, en las que se ha realizado un extenso muestreo de los diferentes ambientes de depósito, por medio de un tubo de Van Straaten (Bouma, 1969) modificado por nosotros, y diversos tipos de dragas. Con el tubo se han obtenido testigos continuos de unos dos metros de longitud y seis centímetros de diámetro. Cuando otro método no nos ha sido factible, debido a las condiciones mecánicas del suelo, hemos realizado calicatas sobre el terreno hasta donde el nivel freático nos lo ha permitido. Los resultados completos de estos estudios forman parte de un trabajo de mayor envergadura que será publicado más adelante.

Descripción de ambientes

Se describirán exclusivamente los ambientes que se localizan en la llanura deltaica y los fluvio-marinos.

La llanura deltaica

Es la porción del delta que emerge sobre el nivel del mar, permaneciendo durante su desarrollo muy

* Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias. Barcelona.

próxima a dicho nivel. En el delta del río Ebro, esta llanura está delimitada del Cuaternario antiguo (depósitos de pie de monte y glacis) en la mayoría de su extensión, por un pequeño escarpe correspondiente a un antiguo acantilado marino, modelado por la erosión y en parte tapado por pequeños conos de deyección. Dentro de esta llanura, se distinguen el *ambiente fluvial* y el *palustre* (COLEMAN y GAGLIANO, 1965).

El ambiente fluvial está formado esencialmente por el cauce o lecho funcional del río, los *natural levees* y los cauces abandonados. El *cauce funcional* es el canal natural por el que discurre el caudal del río con su carga de sedimentos transportados. Este canal se encuentra confinado por diques naturales *(natural levees)* condicionando un flujo general hacia el mar. La altitud de estos diques sobre el nivel medio del río suele ser menos de 2-3 metros, disminuyendo progresivamente hacia la desembocadura. Los depósitos representados en el cauce son sedimentos detríticos del tamaño arena, en los que se ha localizado algunas intercalaciones de bancos de arcilla depositados en épocas de bajo flujo. Los *natural levees,* tienen una textura de tamaño de grano menor, la cual decrece aguas abajo y a medida que aumenta la distancia al canal. Fundamentalmente se localizan limos y arenas finas depositados por el río cuando una gran crecida de su caudal permite a éste sobrepasar los diques.

Los distributarios y cauces abandonados están actualmente colmatados por depósitos formados cuando el río abandonó el correspondiente cauce funcional. Este proceso de abandono y diversificación hacia un nuevo cauce se produce de una manera gradual. Una vez se alcanza la diversificación, se inicia la colmatación y relleno del cauce abandonado, favorecido por la formación de barras de arena en las cabeceras del canal que impiden que el material detrítico que penetra pueda salir. Esta colmatación se realiza según una estricta clasificación sedimentológica de tamaño de grano en sentido vertical y horizontal. Los cauces y distributarios abandonados han sido representados en el esquema adjunto.

Los ambientes palustres están caracterizados por la existencia de sedimentos orgánicos o de un gran contenido en materia orgánica. Fundamentalmente los forman las marismas *(marsh)* y el ambiente lagunal. Las marismas consisten en zonas casi horizontales parcialmente cubiertas por agua, o lagos de aguas muy someras, en las que se desarrolla una abundante vegetación de tipo arbustivo. Dependiendo de la clase de esta última y de la salinidad del agua se diferencian varios tipos de marismas; fundamentalmente: dulces, salobres y flotantes (*fresh, brackish* y *floating marsh,* respectivamente). Las marismas alcanzan una amplia representación en el delta del Ebro, en aquellos puntos donde no han sido eliminadas por los cultivos. Las del tipo salobre ocupan aproximadamente un tercio de la parte centro-septentrional del gran banco de arena que delimita por el S al puerto de los Alfaques. Asimismo, rodean en un amplio cinturón a los grandes estanques y balsas de la llanura deltaica. Las marismas dulces se localizan fundamentalmente ocupando las grandes balsas colmatadas actualmente (ver esquema) y en las proximidades de los *natural levees,* mientras que las marismas flotantes se hallan en grandes extensiones de las amplias plataformas de aguas muy someras que en contacto con la línea de costa se encuentran dentro de los puertos de los Alfaques y del Fangar.

El ambiente lagunal generalmente corresponde a un estadio del desarrollo de las marismas, ya sea anterior o posterior. Sus depósitos, son difíciles de separar de los de aquellas. Atendiendo al tamaño y origen de las extensiones de agua que forman este ambiente, se pueden clasificar en varios tipos de subambientes (grandes lagos, pequeños lagos, balsas, etc.). Son de destacar los denominados lagos transicionales *(open-bay)* localizados cerca de la línea de costa, como resultado de la evolución de la llanura deltaica, y que sucesivamente pasan por las etapas de mar abierto, golfos, grandes puertos naturales, albuferas y lagos cerrados. Como ejemplos de estos últimos tenemos los grandes puertos de los Alfaques y del Fangar. Como ejemplos de los anteriores los grandes estanques y balsas que ocupan gran extensión de la llanura deltaica. Estany de l'Encanyisada, Estany de la Tencada, etc.

Dentro de estos ambientes se debe señalar la presencia de pequeños *canales de corriente,* muy poco extensos aunque relativamente profundos, que conectan y avenan los diferentes lagos y marismas entre sí y el mar abierto.

Estos ambientes de la llanura deltaica han sido esquemáticamente representados en el mapa adjunto del delta del Ebro. Sin embargo, los diferentes tipos de marismas no han sido diferenciadas y ni tampoco los *natural levees,* por estar íntimamente interdigitados. Corresponden a la mayoría del área dejada en blanco, aunque los trabajos de saneamiento llevados a cabo extensamente en estos últimos años, dentro de esta zona, han transformado gran parte de este antiguo dominio en arrozales.

Ambientes fluvio-marinos

Están caracterizados por el depósito de sedimentos en ambiente marino, bajo un directo influjo fluvial. Sin embargo, el material puede haber sido enteramente suministrado por una erosión costera o por una transferencia a lo largo de la costa del material fluvial, en cuyo caso dan lugar a unas secuencias que

se denominan *holomarinas* (OOMKENS, 1970; LAGAAIJ y KOPSTEIN, 1964).

En los sedimentos del delta del río Ebro, los principales depósitos correspondientes a estos ambientes son los del frente deltaico *(delta front, intradelta)*, los de bahía de interdistributarios *(interdistributary bay)* y las barras costeras. Estas últimas, pueden ser consideradas como pertenecientes a un ambiente marino.

El *frente deltaico* está constituido por el conjunto de depósitos detríticos relativamente groseros, íntimamente asociados con el avance o progradación deltaica. Este ambiente se caracteriza por el desarrollo de un conjunto de barras, más o menos individualizadas textural y estructuralmente, en función de las cuales se pueden distinguir dentro de él una serie de subambientes. La barra principal que define a este ambiente se localiza frente a la desembocadura del cauce funcional formando una amplia media luna mar adentro, que puede llegar a emerger total o parcialmente. Su génesis es debida a un elevado índice de depósito, como consecuencia de la pérdida de competencia de la corriente fluvial, anteriormente confinada al canal. Esta masa de agua, al llegar al mar se extiende en una amplia lámina superficial como resultado de la diferencia de densidad entre el agua fluvial dulce y la marina. Así, se elimina la turbulencia vertical y la casi totalidad de los sedimentos transportados por arrastre y saltadura son depositados; asimismo se sedimentan gran parte de la carga en suspensión a consecuencia de los procesos físico-químicos que se producen en esta zona (BATES, 1953).

El ambiente de *bahía de interdistributarios* comprende las áreas de aguas abiertas o parcialmente comunicadas con el mar entre los distributarios del cauce funcionales. Este ambiente se localizaba en la mayor parte de la isla de Buda, aunque actualmente ha pasado a ser un ambiente lagunal al no tener comunicación permanente con el mar y estar en proceso de abandono el distributario que desemboca en la gola de Migjorn y delimita a la isla de Buda por el SW.

Los ambientes de barras y playas se localizan a todo lo largo de la costa de la llanura deltaica, en especial en los grandes *poulier* o flechas (baymouth) (GUILCHER, 1954) del Fangar y de los Alfaques. Estos últimos, como resultado de una activa transferencia de sedimentos a lo largo de la línea de costa del delta, tienden a crecer hacia el W, por medio de una continua anexión de barras en sus extremos occidentales, condicionado por el ángulo de incidencia de las olas, corrientes y temporales dominantes respecto a la costa (DUBOUL-RAZAVET, 1956 y 1958). El resultado final, es la tendencia al cierre de los puertos del Fangar y de los Alfaques, que terminarán por convertirse en albuferas y posteriormente en lagos.

EVOLUCIÓN DE LA LLANURA DELTAICA

Al igual que los grandes deltas actuales funcionales (Mississippi, Nilo, Ródano, etc.), el desarrollo constructivo mar adentro del actual delta del río Ebro, se debió de iniciar hace unos cinco o siete mil años, cuando se alcanzó un nivel del mar estabilizado análogo al actual, como consecuencia de los cambios eustáticos y climáticos ocurridos durante la última época glacial (KRUIT, 1955; MACAU, 1961; MORNER, 1969; SOLÉ SABARÍS y cols., 1961 y 1965). Su desarrollo está caracterizado por el continuo y progresivo abandono de los cauces funcionales, con el posterior relleno de estos últimos, y la creación de un nuevo cauce más corto hacia el mar.

El estudio de foto aérea del delta del Ebro nos ha permitido establecer la existencia de dos cauces principales abandonados y en parte colmatados, y el de un tercero menos importante al E de los anteriores. Además, se localiza el cauce funcional actual, que en su parte más inferior ha sido abandonado y se encuentra en proceso de colmatación. Estos antiguos cauces en algunos sectores son aún conocidos por los naturales del país y se encuentran representados en las cartografías antiguas con más o menos detalle (DEFFONTAINES, 1949; MALLADA, 1890; VILAR, 1964).

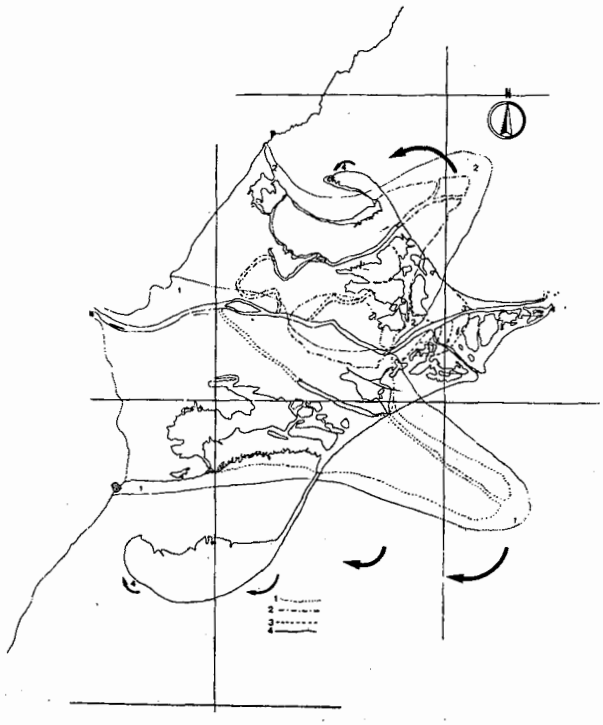


FIG. 1. — Esquema evolutivo de los sucesivos lóbulos deltaicos de la llanura del delta del río Ebro.
1. Lóbulo primitivo. 2. Lóbulo que se desarrolló desde antes del siglo XVII hasta el siglo XIX. 3. Estadios intermedios de la evolución de la llanura deltaica. 4. La llanura deltaica a principios del siglo actual.

Históricamente el más antiguo de todos estos cauces es el denominado El Riet, en las cartografías antiguas. Éste dio lugar al desarrollo de un amplio lóbulo deltaico que se extendía en dirección SE bastante más mar adentro que la actual línea de costa en este sector. Posteriormente y en parte coetáneo con él, se desarrolla el cauce denominado riet Zaida, en dirección NW y con un distributario hacia su último tercio dirigido al N. Análogamente que el anterior dio lugar al desarrollo de un nuevo lóbulo en el actual golfo de San Jorge, que aún se encuentra bien representado en los mapas batimétricos de esta zona, aunque su llanura deltaica ha sido en gran parte destruida y está sumergida.

La erosión de las llanuras deltaicas descritas anteriormente, libera una gran cantidad de sedimentos que las corrientes marinas clasifican, eliminando la fracción fina hacia aguas más profundas y de más

FIG. 2. — El delta del río Ebro a finales del siglo XIX y principios de XX, según las cartografías del Instituto Hidrográfico de la Marina. Las líneas isobatas han sido interpretadas por nosotros, a partir de las hojas Núm. 297 A; 811 A y 238 A, editadas en el año 1961, y las hojas Núms. 837 y 838, edición del año 1963.

bajo nivel energético, mientras que gran parte de la fracción arena es derivada lateralmente a lo largo de la costa y entra a formar parte de los grandes *poulier* del Fangar y de los Alfaques.

Posteriormente el riet Zaida, se desarrolló otro paralelo a él, más hacia E, aunque no hay testimonios de que haya sido muy importante, debiendo formarse a continuación el cauce funcional reciente, dirigido hacia el E, con dos distributarios: uno en la prolongación del cauce funcional y otro dirigido hacia el SSE, que desembocando en las golas Norte y de Migjorn respectivamente, han dado lugar a la formación de la isla de Buda.

En el año 1937, se abren pequeñas *crevasses* en el extremo oriental de la margen izquierda del río, que va a regir la posterior y actual evolución deltaica, al dar lugar seguidamente a la diversificación del cauce principal hacia el N. En el año 1946 los dos distributarios de las golas Norte y de Migjorn son aún totalmente funcionales, mientras que en el año 1957 se aprecia claramente en la fotografía aérea que la difluencia está totalmente alcanzada, siendo funcional un nuevo cauce hacia el N.

Como consecuencia de la creación de este nuevo cauce, el distributario antiguo hacia el E, aguas abajo del punto de difluencia, está en proceso de rápida colmatación. En él penetra material detrítico por ambos extremos: en el oriental por las olas y en el occidental por la corriente fluvial en los períodos de alto flujo, que queda retenido por las barras de las bocas. Como consecuencia, se están desarrollando sendas cuñas de material granoclasificado con descenso de tamaño de grano hacia el centro del canal, que están íntimamente interdigitadas. Al mismo tiempo, una densa vegetación arbustiva comienza a invadir el canal y a completar el proceso de rápida colmatación. Simultáneamente el extremo oriental de la llanura deltaica, cabo Tortosa, está siendo rápidamente erosionado, y por lo tanto se destruye el antiguo distributario en vías de colmatación y los ambientes a él ligados. Todo ello da lugar a un fenómeno complejo de erosión-sedimentación íntimamente ligado.

La desembocadura hacia el N del nuevo cauce funcional ha dado lugar al desarrollo de barras de arena alunadas frente a ésta. En julio de 1971 se podían diferenciar perfectamente cuatro generaciones distintas de barras, siendo las más antiguas las interiores. Estas barras corresponden respectivamente a diferentes estadios en la progradación del frente deltaico mar adentro. Éstas han sido sucesivamente formadas, desarrolladas, abandonadas y erosionadas por el mismo caudal del río que transportaba los sedimentos que las forman. Inmediatamente que este ciclo es completado, se inicia el desarrollo de otra nueva generación de barras en aguas más profundas y alejadas de la costa. Las barras abandonadas llegan a unirse a la costa, por sucesivo aporte de sedimentos a ellas, dejando aislado un pequeño lago o balsa transicional *(open bay)* en cuanto a su evolución, aunque no exactamente en cuanto a su génesis. Estas pequeñas balsas, terminarán por colmatarse y pasar a marismas, aunque también pueden hacerse más estables y profundas por erosión y subsidencia o compactación.

De las cuatro generaciones de barras, las tres más antiguas sólo se localizan claramente en la margen izquierda del cauce funcional, pues en la margen derecha el proceso de anexión de éstas a la costa y su evolución es diferente debido a las particulares condiciones ambientales. La generación de barras más antigua se encuentra en la margen izquierda, en el estadio más avanzado de la evolución descrita en el párrafo anterior. Las dos generaciones intermedias afloran en pequeños segmentos de las barras, en muy pocos la externa. La barra más moderna es la que corresponde al actual frente deltaico, se extiende frente a las desembocadura en toda su longitud no llegando a aflorar en ningún punto, aunque se localiza ligeramente bajo el nivel medio de las aguas.

Los *poulier* del Fangar y de los Alfaques, siguen un desarrollo análogo al descrito, por medio de barras que evolucionan paralelas a la costa a la que se terminan por anexionar, dejando pequeños canales o balsas intermedias que son progresivamente colmatadas. Sin embargo, el carácter de los sedimentos de estas barras no es tan claramente fluvial como el de las barras del frente deltaico, sino que es suministrado por transferencias litorales a lo largo del delta. Asimismo el papel jugado por los temporales, corrientes y olas en la evolución y desarrollo de estos *poulier* es muy importante y bastante complicado en el detalle por cuanto se producen simultánea y periódicamente procesos de erosión-sedimentación íntimamente relacionados.

Es muy notable la existencia a lo largo de la costa, en muchos sectores, de pequeñas bermas de erosión de unos veinte centímetros por término medio de altura. Éstas se localizan tanto en los puntos donde la costa está en progradación, como en aquéllos donde está siendo erosionada activamente. En el primero de los casos, las bermas son debidas a un aporte de arena por el viento hacia la costa; en ésta, se acumula la arena debido a la humedad e inmediamente es erosionada dando lugar a la pequeña berma indicada. En los puntos donde la línea de costa está francamente retrocediendo, la berma se localiza normalmente allí donde llegan las olas. Aunque morfológicamente ambas bermas, nítidamente diferentes en cuanto a origen, son iguales, es posible diferenciarlas atendiendo a la mineralogía de la arena que las forma. En el caso de la costa en progradación, como el aporte de arena es debido al viento, además de presentar una granulometría muy clasificada y característica, predomina con mucho la fracción de minerales ligeros, con un gran abundancia de carbonatos, sobre la fracción de minerales pesados que pueden incluso estar casi ausentes. Por el contrario, en los puntos donde la costa está retrocediendo, debido a un efecto de triaje selectivo de la fracción de minerales ligeros por las olas, proceso análogo al de la formación de placeres, se producen altas concentraciones de minerales pesados, que pueden llegar a representar más del cincuenta por ciento en los perfiles de algunas bermas, en láminas oscuras o negras (100 % de minerales pesados negros) que alternan con otras claras que contienen mayor proporción de minerales ligeros. El proceso contrario al de esta concentración de minerales pesados, se da en los puntos donde la costa está en progradación muy activa. En estos sectores, dentro de las áreas protegidas por las

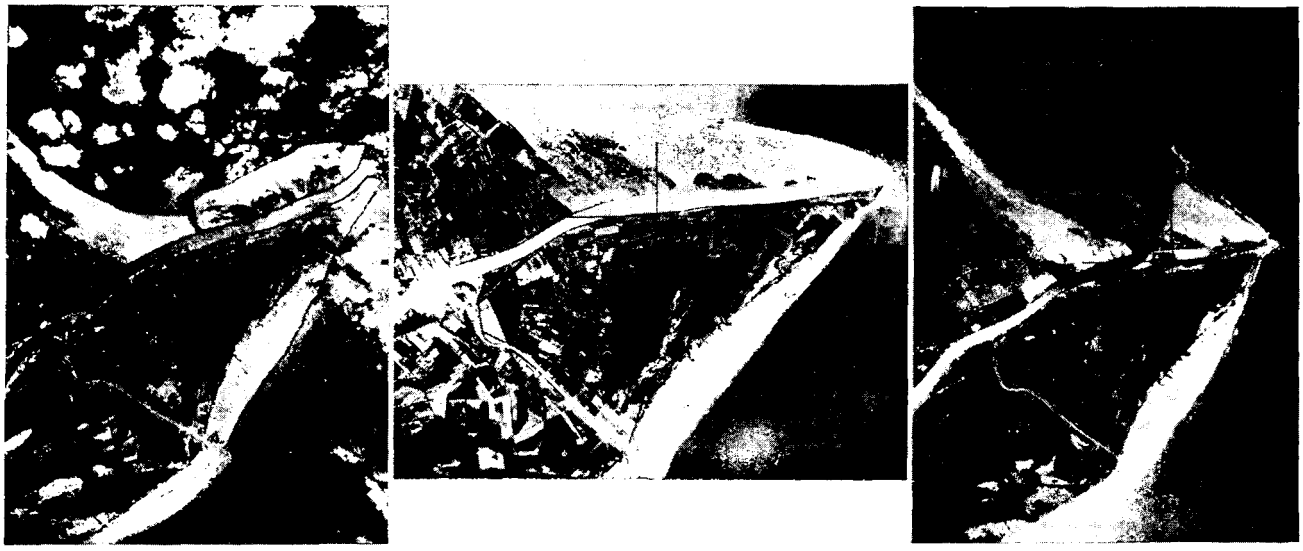
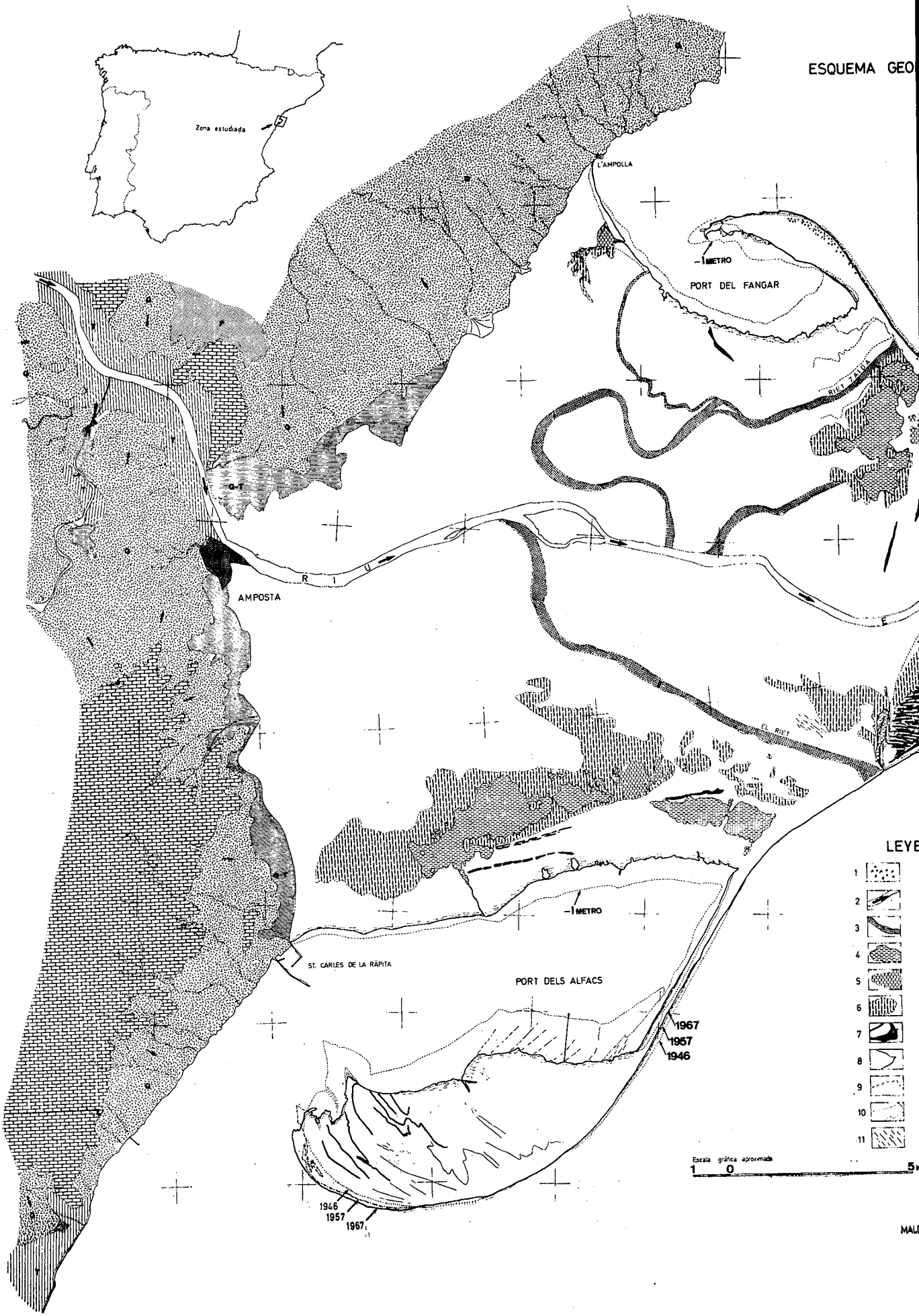
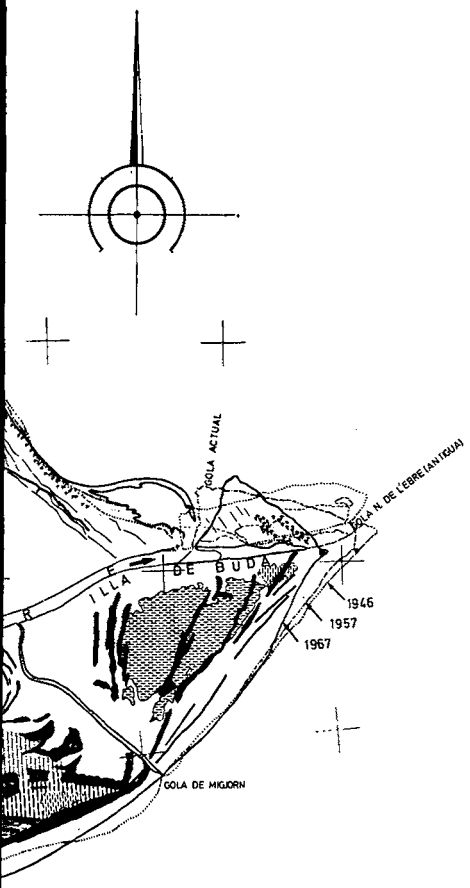


FIG. 3. — Fotografías aéreas verticales del extremo oriental de la llanura del delta del río Ebro, cabo Tortosa, tomadas respectivamente en febrero de 1946, julio de 1957 y julio de 1967.


ESQUEMA GEO
Zona estudiada
L'AMPOLLA
-1 METRO
PORT DEL FANGAR
RIET ZAIDA
R I U
AMPOSTA
EL RIET
-1 METRO
ST. CARLES DE LA RÁPITA
PORT DELS ALFACS
1967
1957
1946
1946
1957
1967
LEYE
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Escala gráfica aproximada
1 0 5
MAL



ESQUEMA GEOLÓGICO DEL DELTA DEL RÍO EBRO (ESPAÑA)

1. Dunas funcionales.
2. Lecho actual del río.
3. Cauces y distributarios abandonados y colmatados.
4. Balsas y estanques actuales.
5. Extensión de las balsas y estanques en el año 1946.
6. Marismas y balsas colmatadas.
7. Barras y antiguas líneas de costa.
8. Perfil de la costa en julio de 1967.
9. Idem en julio de 1957.
10. Idem en febrero de 1946.
11. Lineaciones: surcos, barras, límite de marismas, etc.
12. Conos de deyección.
13. Sentido de pendiente en los glacis.
14. Glacis.
15. Glacis y terrazas.
16. Terrazas.
17. Plioceno.
18. Preterciario.

(14–18: límites aproximados)

19. Costas no arenosas.
20. Curva isobata de — 1 metro.

Nota. — En blanco: ***natural levees*** y marismas. En extensas áreas, estas últimas, transformadas en arrozales.

Base cartográfica: Composición de fotos aéreas; vuelo del año 1957.

corrientes, debido a la existencia de barras generalmente, se producen capas con altas concentraciones en minerales que se comportan como muy ligeros, tales como las micas debido a su forma plana (SAINZ-AMOR y FONT-ALTABA, 1965).

Por último, se debe destacar la evolución en detalle que ha sufrido la línea de costa del delta en los últimos 25 años, la cual hemos podido establecer gracias al estudio de foto aérea y que se encuentra representada en el mapa adjunto.

CONCLUSIONES

El interés de esta nota se centra:

1.º En el establecimiento de la secuencia de los diferentes lóbulos deltáicos y cauces abandonados que han dado lugar al desarrollo del actual delta del río Ebro.

2.º Breve descripción de los diferentes ambientes de depósito de la llanura deltáica.

3.º Evolución sufrida por la costa durante los últimos 25 años.

4.º Esbozo del mecanismo de la evolución deltáica.

Agosto 1971

BIBLIOGRAFÍA

BATALLER, J. R. (1927): "El pliocénico de la provincia de Tarragona y algunas notas sobre el cuaternario fluvial". *Iberia,* t. 28, núm. 702, pp. 296-302, 18 figs. 19 nov. Barcelona.

BATES, C. C. (1953): "A Rational Theory of Delta Formation". *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol.,* vol. 37, páginas 2119-62.

BOUMA, A. H. (1969) *Methods for the study of sedimentary structures.* Wiley-Interscience, John Wiley and Sons. New-York, 458 pp.

COLEMAN, J. M., GAGLIANO, S. M. (1965): "Sedimentary structures: Mississippi River deltaic plain", pp. 133-148, in MIDDLETON, G. V. (ed.): *Primary sedimentary structures and their hydrodinamic interpretation.* Soc. Econ. Paleon. and Mineral. Sp. Pub., núm. 12, 265 pp. Tulsa, Oklahoma.

DEFFONTAINES, P. (1949): "Le delta de l'Ebre, étude de geographie humaine", en *La Catalogne vue par u ngéographe.* Hommage a Pierre Deffontaines, pp. 1-17, Barcelona, 1960. También en *La Zuda,* Tortosa, año 1, núm. 7, pp. 122-138.

DUBOUL-RAZAVET, CH. (1956): "Actions littorales à l'embochure de l'Ebre". *C. R. Ac. Sci.,* 242, pp. 1342-43, 1 fig.

DUBOUL-RAZAVET, CH. (1958): "Le régime des courants superficiells aux abords des côtes du Delta de l'Ebre". *Bull. d'Information du Comité Central d'Oceanographie et d'Études des Côtes,* X, 7, juillet-août, pp. 392-406, 3 tabl., 6 figuras.

FAURA I SANS, M. (1923): "Les Goles del Ebre". Fulla 43. *Servei del Mapa Geològic de Catalunya.* Barcelona.

FISK, H. N. (1961): "Bar-finger sand of Mississippi delta, in Geometry of Sandstone Bodies". *Amer. Assoc. Petroleum Geol.,* pp. 29-52.

GOULD, H. R. (1970): "The Mississippi delta complex", in MORGAN, J. (edit.): *Deltaic sedimentation modern and ancient.* Soc. of Econ. Paleontol. and Mineralogists. Sp. Publ., núm. 15, pp. 3-30, 25 figs. Tulsa, Oklahoma.

GUILCHER, A. (1954): *Morphologie littorale et sous-marine.* Preses Universitaires de France, París, 216 pp.

INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA MARINA: Hojas núms. 297-A, 811-A y 238 A, edición año 1961. Hojas núms. 837 y 838, edición año 1963. Cádiz.

KRUIT, C. (1955): *Sediments of the Rhône delta: grain size and microfauna.* Mouton and Co., S-Gravenhage, 141 pp., 6 tabl., 6 láms., 37 figs.

LAGAAIJ, R., y KOPSTEIN, F. P. H. W. (1964): "Typical features of a fluviomarine offlap sequence", in VAN STRAATEN (edit.): *Developments in Sedimentology,* vol. 1, "Deltaic and Shallow Marine Deposits". Amsterdam, pp. 216-226, 4 figs., 1 tabla.

MACAU, F. (1961): "Contribución al estudio del Cuaternario en el Delta del Ebro". *Bol. R. Soc. Esp .Hist. Nat.,* t. LIX, pp. 69-76, 7 figs. Madrid.

MALLADA, L. (1890): "Reconocimiento geográfico y geológico de la provincia de Taragona". *Bol. Com. Mapa Geol. Esp.,* t. XVI, pp. 1-175, lámina A, 7 figs. Madrid.

MAPA GEPOLÓGICO DE ESPAÑA: Hojas núms. 522, 523 y 547. I.G.M.E. Madrid.

MORGAN, J. P. (1970): "Depositional processes and products in the deltaic environment", in MORGAN, J. (edit.): *Deltaic sedimentation modern and ancient.* Society of Economic Paleontol. and Mineralogists. Spec. Publ., núm. 15, pp. 31-47, 13 figs., 2 tabl.

MÖRNER, N. -Axel (1969): "Eustatic and climatic changes during the last 15.000 years". *Geologie en Mijnbow,* vol. 48 (4), pp. 389-399, 9 figs.

OOMKENS, E. (1970): "Depositional sequences and sand distribution in the Post-glacial Rhone delta complex", in MORGAN, J. (edit.): *Deltaic sedimentation modern and ancient.* Soc. of Econ. Paleon. and Mineralogists. Sp. Publ., núm. 15, pp. 198-212, 10 figs. Tulsa, Oklahoma.

SAINZ-AMOR, E., y FONT-ALTABA, M. (1965): "Estudio mineralógico y granulométrico de algunas muestras de arenas recogidas en el Delta del Ebro". *Anales de Edafología y Agrobiología,* t. XXIV, núm. 3-4, pp. 135-150, 4 figs., 2 cuadros.

SOLÉ SABARÍS, L. (1961): "Algunes precisions sobre les oscilacions climàtiques cuaternaires a les costes catalanes i balears". *Miscellanea Fontseré,* pp. 39-427, 2 figs., 3 tabl. Barcelona.

SOLÉ, L.; MACAU, F.; VIRGILI, C., y LLAMAS, M. R. (1961): "Algunos datos sobre la evolución sedimentaria del delta del Ebro". *II Reunión de Sedimentología.* Instituto de Edafología (C.S.I.C.), pp. 197-199. Madrid.

SOLÉ SABARÍS, L.; MACAU, F.; VIRGILI, C., y LLAMAS, M. (1965): "Sobre los depósitos pliocénicos y cuaternarios del Bajo Ebro". *Memorias y Comunicaciones,* 2.ª serie, t. 1, 2 figs. Barcelona.

VILAR, P. (1964): *Catalunya dins l'Espanya moderna,* vol. 1, Edicions 62, S. A. Barcelona, 431 pp.