

## **Análisis de secuencias de islas barrera pleistocenas en relación con variaciones del nivel del mar, laguna de La Mata (Alicante)**

L. SOMOZA<sup>(1)</sup>, T. BARDAJI<sup>(1)</sup>, C.J. DABRIO<sup>(2)</sup>, J.L. GOY<sup>(1)</sup> y C. ZAZO<sup>(1)</sup>

(1) Cátedra de Geodinámica externa, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid.

(2) Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca.

### RESUMEN

En la laguna de La Mata (Alicante) se estudia un complejo de cordones litorales pleistocenos que forman el cierre de la actual laguna. Se analizan las secuencias resultantes y los posibles indicadores de variaciones del nivel del mar. Asimismo se interpretan estos depósitos en base a una curva aparente de tendencias del nivel del mar, obtenida con la suma de las componentes eustáticas cíclicas y la componente relativa debida al factor tectónico aplicado.

*Palabras clave:* Cuaternario. Pleistoceno. Variaciones del nivel del mar. Tectónica. Flecha litoral. Progradación. Escalón playero. Variaciones cíclicas climáticas.

### ABSTRACT

A complex of Pleistocene coastal barriers is studied in La Mata lagoon (Alicante). The resulting sequences are analyzed in order to establish indicators of sea level changes. These deposits can be correlated with an apparent curve of sea level tendencies obtained with the sum of the cyclic eustatic component and the relative component due to the tectonic factor applied.

*Key words:* Quaternary. Pleistocene. Sea-level changes. Tectonics. Spit-bar. Progradation. Plunge-step. Climatic cyclic variations.

### INTRODUCCIÓN

La laguna de La Mata (Alicante) es una de las múltiples que aparecen diseminadas a lo largo del litoral levantino español, instaladas a favor de áreas de hundimiento provocado por distintos accidentes tectónicos, fallas en dirección en el caso concreto de esta laguna (fig. 1).

Su aislamiento del mar abierto se realiza por medio de un sistema de cordones litorales cuya compleja estruc-

tura puede ser estudiada gracias a la existencia de un antiguo canal salinero, actualmente en desuso.

Por lo general, las unidades aflorantes están constituidas por depósitos progradantes costeros, siendo posible en una de ellas estudiar con detalle el contenido estructural, la asociación de facies a lo largo de la berma, el foreshore y la parte alta del shoreface.

El objetivo de este trabajo es analizar las secuencias de progradación de cordones litorales y los posibles indicadores de variaciones del nivel del mar en estas secuencias. Asimismo se analiza la relación entre los distintos depósitos e interpretación en base a niveles relativos del mar. Las componentes eustáticas de variaciones del nivel del mar durante el Pleistoceno Reciente más la componente tectónica del área sirven como base de referencia para observar las posiciones relativas de los episodios marinos y sus secuencias.

### DESCRIPCIÓN DE LAS DISTINTAS UNIDADES

En un tramo de dicho canal, de aproximadamente 200 m de longitud, situado en el extremo más próximo a la línea de costa actual, se han distinguido seis unidades sedimentarias con una compleja interrelación, separadas mediante superficies erosivas o procesos de disolución (fig. 2), cuya descripción se hace a continuación:

Unidad 1. - Limos rojos con pequeños cantos de cuarzo subredondeados, que presentan encostramientos. Esta unidad sólo es visible en el extremo más oriental del canal, ya que aparece notablemente basculado hacia el Oeste así como fuertemente erosionado.

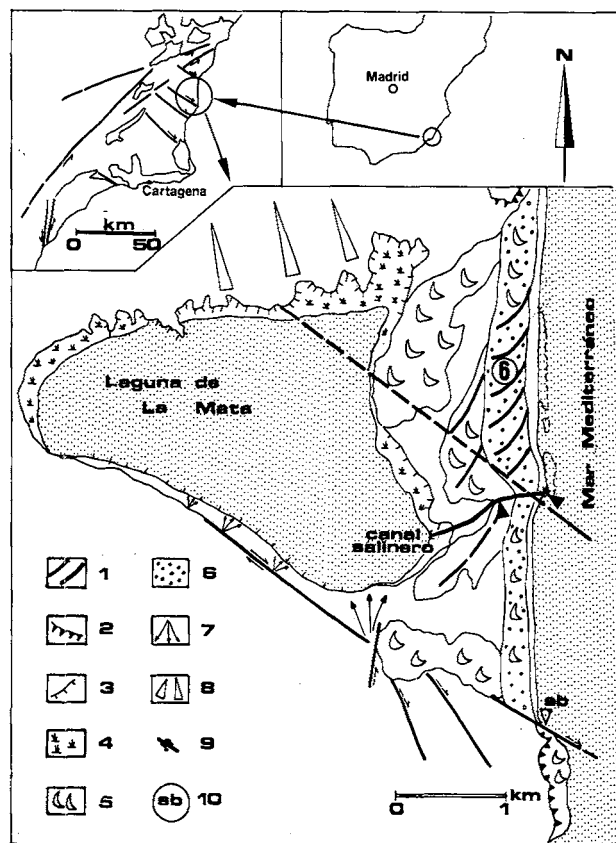


Figura 1. — Esquema morfológico de la laguna de La Mata en el contexto (recuadro) de los sistemas de fracturas del Sudeste Español. 1) Orientación de los cordones litorales. 2) Paleocantilados. 3) Escarpe por encajamiento. 4) Marisma. 5) Depósitos eólicos. 6) Niveles marinos. 7) Abanico aluvial. 8) Glacis. 9) Falla en dirección. 10) Datación sobre *Strombus bubonius* (100 ka. Dumas, 1977).

Figure 1. — Morphological scheme of La Mata lagoon and its situation in the structural context of the Spanish southeast. 1) Spit bar orientation. 2) Palaeocliffs. 3) Scarp due encasement. 4) Marsh. 5) Eolian deposits. 6) Marine deposit. 7) Alluvial fan. 8) Sheetwash deposits. 9) Strike-slip faults. 10) U/Th date on *Strombus Bubonius* shell (100 ka. Dumas, 1977).

Unidad 2. - Esta unidad está constituida fundamentalmente por arenas bioclásticas heterométricas, mal clasificadas y sin ningún tipo de estructura interna visible. Los bioclastos son fundamentalmente fragmentos de lamelibranquios, ostreidos, *Mitylus*, gasterópodos y serpúlidos. Hacia el Este presenta una mayor abundancia de terrígenos fundamentalmente granos de cuarzo subangulosos y cantos de limos rojos probablemente pertenecientes a la unidad inferior. Hacia el Oeste, esta unidad evoluciona a arenas amarillas poco cementadas con

ostreidos y *Cardium*, coincidiendo con la desaparición de la Unidad 1.

Unidad 3. - Esta unidad está constituida por una calcarenita bioclástica con facies de biomirudita, presenta fragmentos de gasterópodos, lamelibranquios, ostreidos, *Mitylus*, equinodermos, etc., heterométricos y angulosos. Se encuentra cementada por una micrita o una microesparita ferruginosa que indica una cementación submarina. Una bioturbación posterior con cemento esparítico de calcita de origen vadoso indican una emergencia. Presenta una estratificación cruzada a gran escala (0,80 a 1 m) con dirección de progradación hacia el Este. La unidad presenta un basculamiento hacia el Oeste además de acunarse ligeramente hacia el Este.

Unidad 4. - El rasgo que caracteriza a esta unidad es el estar constituida por una lumaquela cuya matriz es una arenisca con dos fases de cementación: a) esparita límpida intersticial que le confiere una facies de calcarenita, y b) cemento ferruginoso a favor de pequeños niveles limosos subhorizontales. Los bioclastos son muy variados siendo muy abundantes los lamelibranquios además de gasterópodos, anélidos y briozoos, además de presentar oolitos dispersos.

Unidad 5. - Esta unidad está constituida por una calcarenita biclástica con abundantes fragmentos de lamelibranquios, gasterópodos, equinodermos, etc. En su tramo inferior presenta estratificación cruzada de surco con direcciones paralelas y subparalelas a la antigua línea de costa. Este tramo se encuentra muy poco cementado. El tramo superior está constituido por sets de estratificación cruzada de media escala con dirección de progradación hacia el mar. Este tramo presenta una cementación más intensa que el anterior.

La unidad se encuentra fuertemente erosionada llegando a formarse a unos 100 m de la línea de costa actual un paleocantilado hacia la laguna (escull) con caída de bloques y relleno posterior por la unidad siguiente, así como por canales rellenos con abundante fauna.

Unidad 6. - Esta unidad constituye el objeto fundamental del presente trabajo. Está compuesta por unas arenas bioclásticas amarillas. En su base se han encontrado dos ejemplares de *Strombus bubonius*, lo que le confiere una edad Tirreniense en sentido amplio.

La relación de esta unidad con las anteriores es de superposición. El límite inferior es claramente erosivo, presentando la base canalizada. La zona inferior se caracteriza por sets de 0,3-0,4 m de estratificación cruzada planar con direcciones de corriente hacia el Este. Hacia el techo la unidad pasa a sets de estratificación cruzada de surco con direcciones de corriente N-220-180 que

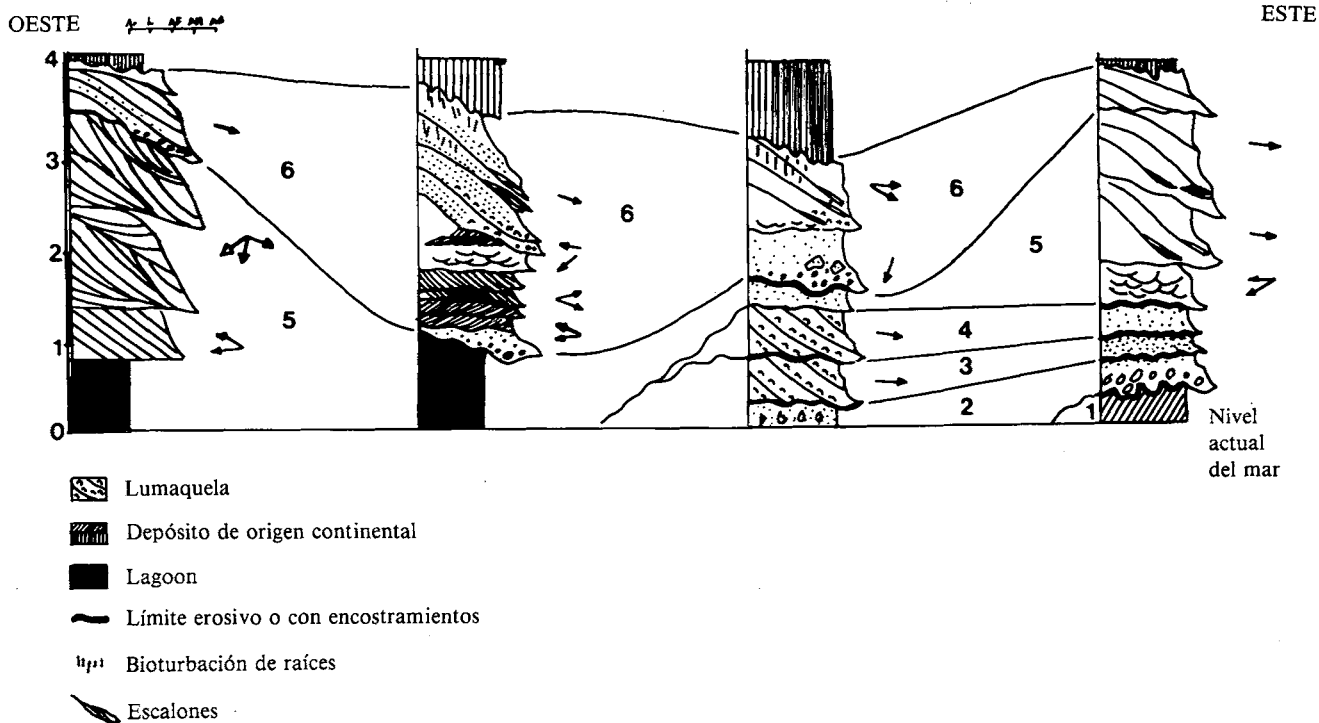


Figura 2. — Secuencias estratigráficas de los episodios marinos del canal salinero de La Mata.

Figure 2. — Stratigraphic sequence of marine episodes in La Mata drain.

lateralmente y verticalmente pasan a estratificación de bajo ángulo con sentido de progradación hacia el Este.

El techo de la unidad está fuertemente bioturbado y presenta una unidad de limos rojos superpuesto.

Morfológicamente esta unidad se distingue como cordón dunar, superpuesto sobre los anteriores, distinguiéndose ridges de acreción, generados por la acción de deriva litoral Norte-Sur.

### CARACTERÍSTICAS SEDIMENTARIAS DE LA UNIDAD 6

La Unidad 6 por sus condiciones de afloramiento permite estudiar en detalle las secuencias sedimentarias que componen un cordón litoral. La Unidad 5 presenta unas características similares pero con menos desarrollo debido a la fuerte erosión que ha sufrido.

La característica principal de esta unidad es la estratificación cruzada a gran escala de bajo ángulo (12-3°) con sentido de progradación hacia el mar, que separa paquetes con una misma secuencia lateral y vertical de estructuras sedimentarias. Esta secuencia está compuesta de techo a muro y de tierra a mar (fig. 3) por:

- Laminación paralela bioturbada con raíces.
- Laminación paralela(s) ligeramente inclinada hacia el mar, con suaves erosiones entre grupos de láminas que pasa hacia abajo a estratificación cruzada cuya forma recuerda la de un delta foreset. Existen dos tipos de

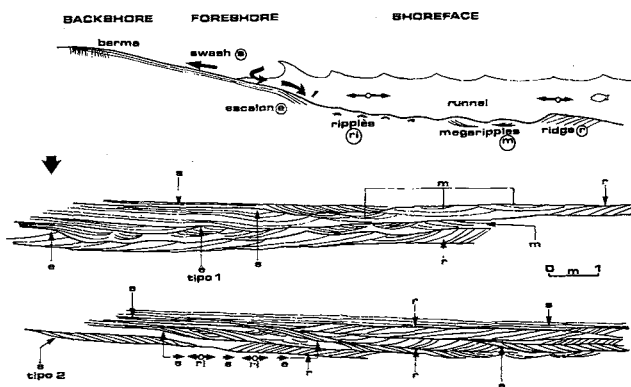


Figura 3. — Modelo conceptual de la asociación de ESP en la Unidad 6 y secuencias resultantes de la progradación.

Figure 3. — Conceptual model for the PSS association in the Unit 6 and sequence as resulting of progradation.

estratificaciones (en fig. 3) que caracterizan esta zona:

— *tipo 1*, consistente en estratificación cruzada que conserva los «topsets», asociada a estratificación cruzada en surco de escala media generada por megaripples de oscilación;

— *tipo 2*, caracterizado por estratificación cruzada de tipo tabular que no conserva los «topsets» y que pasa lateralmente a laminación cruzada de ripples de oscilación. Hacia tierra pasa a laminación paralela más tendida que en el tipo 1.

— estratificación cruzada de surco (m) con direcciones de corriente N-220-180 que hacia el mar pasan lateralmente a estratificación cruzada de bajo ángulo de 0,2-0,3 m de espesor, con direcciones de corriente hacia tierra (r). Ocasionalmente se observan pequeños canales erosivos con acumulaciones de cantos.

Esta asociación de estructuras sedimentarias se interpreta como la progradación de unidades de playa dentro de un cordón litoral. La zona de foreshore viene caracterizada por laminación paralela que pasa lateralmente y en continuidad a estratificación cruzada que representa la progradación del escalón playero («plunge-step»). La zona de shoreface está representada por un sistema de «ridge and runnel».

La preservación de la estructura interna como consecuencia de la migración hacia el mar de los escalones (e) morfológicos en la base del foreshore, parece ser un rasgo relativamente común. El grado de preservación de este tipo de estructura depende del aporte sedimentario existente en el área, independiente del tamaño de grano, pues también se conocen en costas de grava (Dabrio *et al.*, 1984, Dabrio *et al.*, 1985). Los dos tipos de estructuras

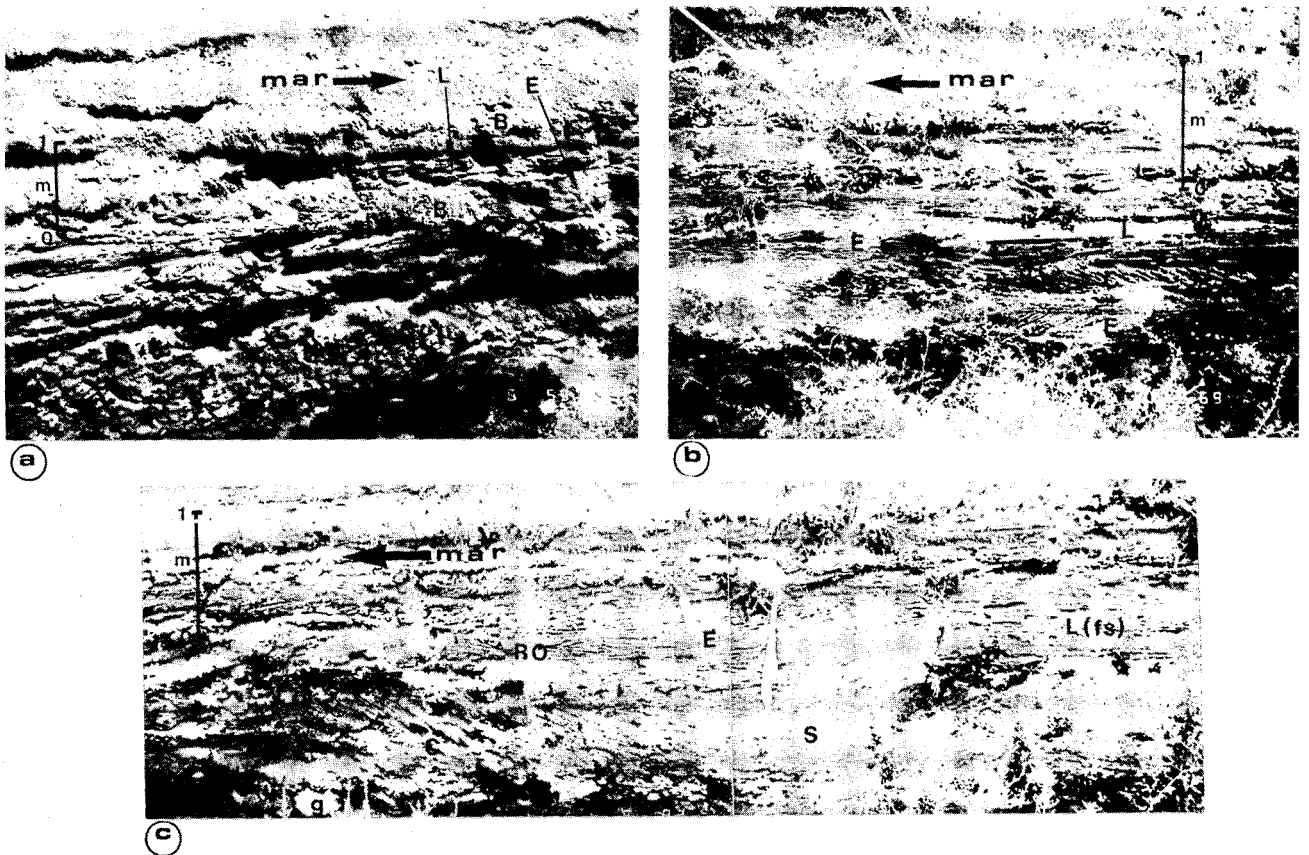


Figura 4. — Estructuras sedimentarias primarias (ESP) correspondientes a la secuencia progradante de playa. B: Bioturbación. L: Laminación paralela. fs: Foreshore. C: Cresta playera. S: Surco de playa. RO: Ripples de oscilación. E: Escalón de playa. g: Acumulación de *Glycimeris sp.*

Figure 4. — Primary sedimentary structures (PSS) corresponding to the prograding beach sequence. B: Bioturbation. L: Parallel lamination. fs: foreshore. C: Ridge. S: Runnel. RO: Oscillation ripples. E: Plunge-step. g: *Glycimeris sp.* accumulation.

del escalón están íntimamente relacionadas con el grado de aporte sedimentario. El tipo 1 asociado con «foreshore» más inclinados que los del tipo 2, se relacionan con mayor aporte sedimentario.

### VARIACIONES CÍCLICAS EN LA PROGRADACIÓN DEL «FORESHORE»

El criterio seguido para diferenciar variaciones cíclicas de la progradación del «foreshore» ha sido el analizar el grado de migración de los escalones hacia el mar. De este modo se han tomado como punto de referencia la rotura de pendiente entre la laminación paralela del foreshore y la estratificación cruzada de los escalones.

El resultado de calcular las distancias acumuladas de migración hacia el mar entre la secuencia de escalones se observa en la fig. 5.

Se pueden observar unos períodos de progradación alta (P) cuyo final coincide con superficies mayores erosivas (s). Los períodos de progradación elevada se repiten hasta 5 ciclos a lo largo de toda la secuencia. Estos ciclos se interpretan como fases constructivas de progradación rápida que origina las crestas playeras, pertenecientes a un sistema de flecha litoral.

En el análisis de series temporales sobre la migración relativa de escalones (fig. 6), se puede observar que en

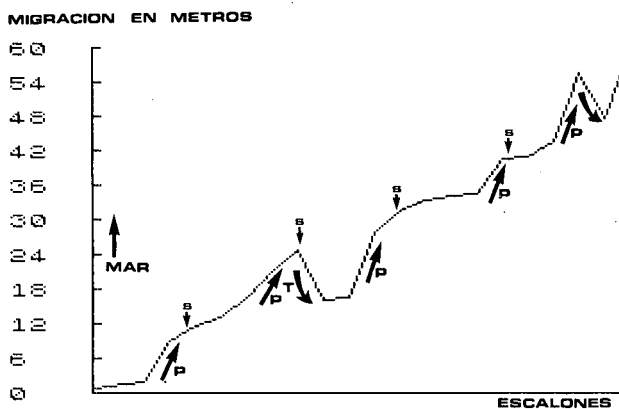


Figura 5. — Distancias acumuladas de migración hacia el mar de escalones playeros. P: Gradiente alto de progradación. S: Superficies mayores de erosión. T: Gradiente negativo de migración.

Figure 5. — Accumulative distances of plunge-step migration in seaward direction. P: High gradient progradation. S: Erosional surfaces. T: Negative gradient of migration.

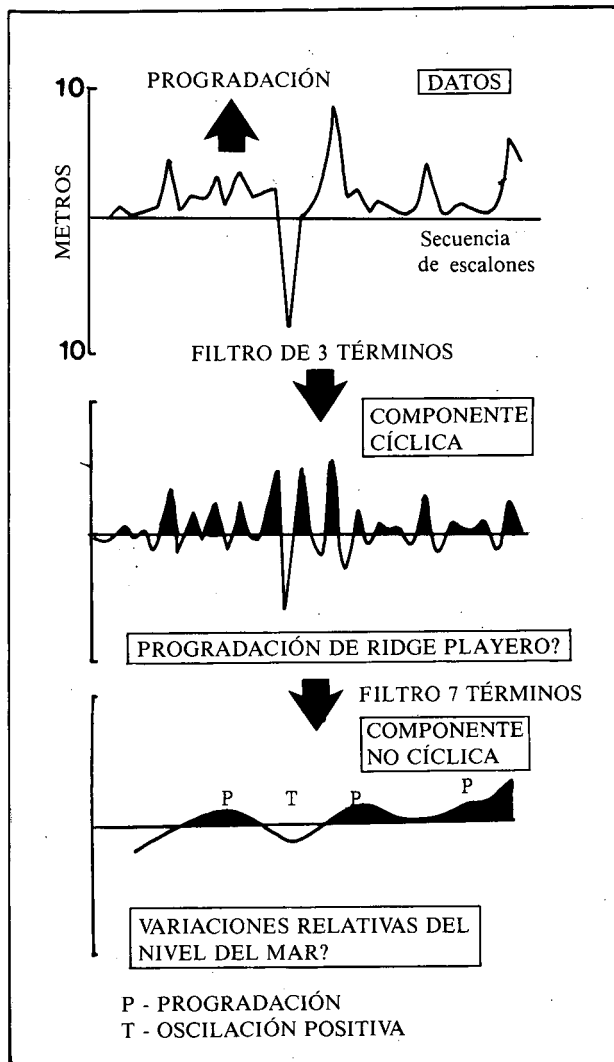


Figura 6. — Análisis de filtrado de la secuencia de migración relativa de escalones playeros.

Figure 6. — Filtering analysis of the sequence of relative plunge-step migration.

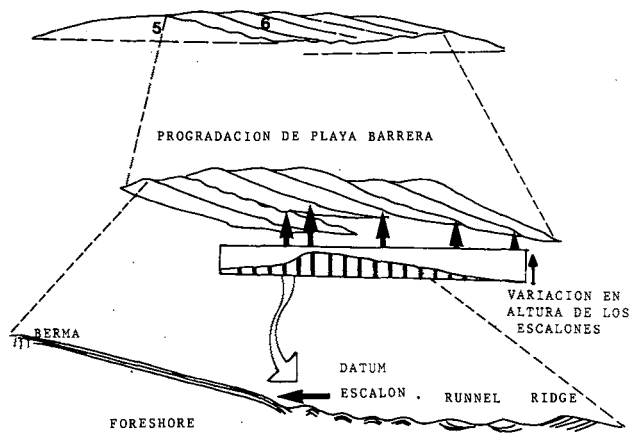
el filtro de tres términos aparece una marcada periodicidad, que se relaciona con la construcción de ridges playeros. En el siguiente filtraje (7 términos) se muestra una tendencia negativa en la migración de escalones (T en la fig. 6), intercalándose entre tendencias positivas de progradación (P). Éstas se interpretan como fases de equilibrio o de cierta bajada del nivel del mar, entre las que se intercala una fase de ascenso relativo.

La distancia de las fases constructivas consideradas como crestas playeras es del orden de 8-10 m, que coinciden con los valores obtenidos como avance medio de la costa por la adhesión de una nueva unidad de «foreshore»

berma» para generar una cresta playera en los depósitos holocenos de Roquetas (Almería) (Goy *et al.*, 1986).

### VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR EN UNA SECUENCIA DE PLAYA

El análisis de las secuencias de escalones dentro de una serie permite conocer la variación relativa del mar, así como el comportamiento progradante del sistema. La influencia de un ascenso relativo del nivel del mar sobre una secuencia continua progradante se puede observar en la fig. 7. Tomando como dato la rotura de pendiente del escalón, la secuencia completa muestra un ascenso relativo en la altura de los escalones. Este ascenso está marcado en el foreshore por erosión. Asimismo se observa un pequeño solapamiento en los depósitos de «shore-face» sobre los de «foreshore», coincidente con el área donde los escalones sufren un ascenso en altura.



SECUENCIAS DE ESCALONES COMO INDICADORES DE VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR DENTRO DE LA PROGRADACION DE UNA PLAYA BARRERA

Figura 7. — Variaciones de nivel del mar relativo indicadas por las secuencias de escalones playeros.

Figure 7. — Relative sea level changes inferred from sequences of plunge-step.

### INTERPRETACIÓN DE LAS UNIDADES

El conjunto de las unidades que componen la secuencia de niveles que afloran en el Canal Salinero de La

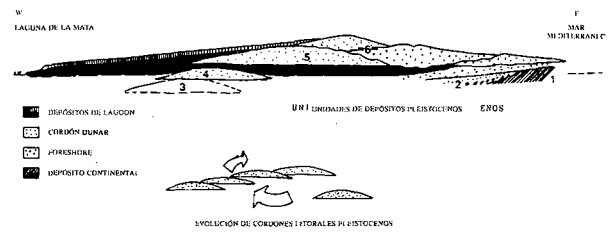


Figura 8. — Distribución de los depósitos marinos pleistocenos del cierre de la laguna de La Mata.

Figure 8. — Distribution of pleistocene marine episodes of the closing of La Mata lagoon.

Mata, se interpretan como una secuencia de depósitos de isla barrera relacionados con niveles relativos del mar durante el Pleistoceno Medio-Reciente.

La secuencia (fig. 8) que comienza con un depósito de origen continental refleja un hundimiento progresivo con acumulación de cordones litorales a partir de la Unidad 1. En la vertical la secuencia refleja una progradación de unidades de cordón litoral, con depósitos de zona abierta (Unidad 3), zona con influencia de salida mareal (Unidad 4), progradación de playa barrera (Unidades 5 y 6). La Unidad 2 se interpreta como un depósito marino abierto influenciado por la existencia de relieves de la Unidad 1. Estos relieves influyen en la sedimentación produciendo zonas protegidas hacia el Oeste.

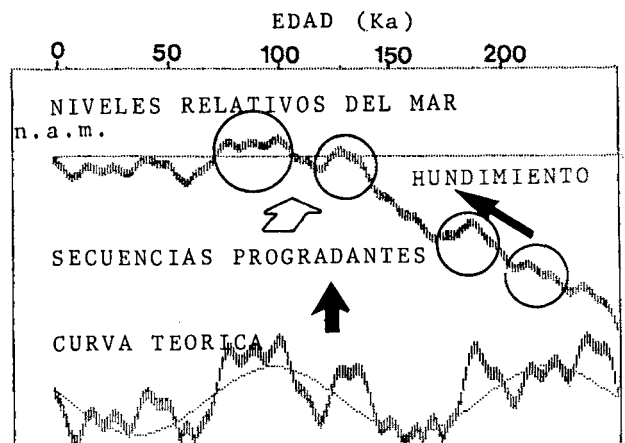


Figura 9. — Curva aparente de tendencias del nivel del mar en el Pleistoceno Superior, para el área de la laguna de La Mata.

Figure 9. — Apparent curve of late Pleistocene sea level tendencies in La Mata lagoon area.

Los cordones litorales de las Unidades 3 y 4 aparecen hacia el interior de la laguna, representándose morfológicamente como cordones dunares (fig. 1).

La interrelación entre las variaciones del nivel del mar eustáticas durante el Pleistoceno y el comportamiento tectónico del área marcan el desarrollo de episodios marinos, en su mayoría de carácter progradante. En la fig. 9a se puede observar una curva teórica relativa del nivel del mar construida sumando las componentes cíclicas responsables de variaciones eustáticas del nivel del mar durante el Pleistoceno Superior (fig. 9b) y una componente tectónica de hundimiento (Somoza *et al.*, 1987).

El resultado muestra una curva relativa del nivel del mar donde se pueden apreciar episodios de progradación que se superponen como consecuencia del factor tectónico de hundimiento aplicado. Existen asimismo superposición de episodios marinos que alcanzan semejantes niveles máximos transgresivos.

Esta curva teórica aplicada a este área permite un acercamiento a los parámetros tectónicos y eustáticos, así como la aproximación a una cronología de los episodios marinos dependiendo de su interrelación espacial.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BEETS, D.J., ROEP, TH.B. y DE JONG, J., 1981: Sedimentary sequences of the sub-recent North Sea Coast of the Western Netherlands near Alkmaar. *Spec. Publ. I.A.S.*, n. 5, pp. 133.
- DABRIO, C.J. y POLO, M.D., 1981: Flow regime and bedforms in a ridge and runnel system, SE Spain. *Sed. Geol.*, 28: 97-110.
- DABRIO, C.J., GOY, J.L. y ZAZO, C., 1984: Ambientes sedimentarios en el Golfo de Almería desde el Tirreniense a la actualidad. *I Congreso Español de Geología*, Tomo I, pp. 507-527.
- DABRIO, C.J., GOY, J.L. y ZAZO, C., 1985: A model of conglomeratic beaches in tectonically active areas (Late Pleistocene-actual, Almería, Spain)». *Abstracts 6th European Regional Meeting*, Lleida 1985, Spain.
- DAVIES, R.A.Jr., FOX, W.T., HAYES, M.O. y BOOTHROYD, J.C., 1972: Comparing of ridge and runnel systems in tidal and non tidal environments. *J. Sed. Petr.*, 42: 413-421.
- DUMAS, B., 1977: *Le Levant Espagnol. La genèse du relief*. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Paris-Sorbonne. 520 pp.
- GOY, J.L., ZAZO, C., DABRIO, C.J., HILLAIRE-MARCEL, CL., 1986: Évolution del sistemas de lagoons-îles barrière du tyrrhenian a l'actualité à Campo de Dalias (Almería, Espagne). *Changements Globaux en Afrique durant le Quaternaire*. INQUA Symposium, 1986 Dakar Senegal.
- HINE, A.C., 1979: Mechanisms of berm development and resulting growth along a barrier spit complex. *Sed.*, 26: 333-351.
- SOMOZA, L., ZAZO, C., BARDAJI, T., GOY, J.L., DABRIO, C.J., 1987: Recent Quaternary sea-level changes and tectonic movements in SE Spanish coast. Late Quaternary sea-level changes in Spain. *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 10. Museo de Ciencias Naturales. CSIC.