

V. M. ROSSELLÓ VERGER y J. F. MATEU BELLÉS

EL LITORAL CUATERNARIO DE SANTA POLA CONSIDERACIONES GENERALES

El segmento de país litoral que se estudia en los siguientes artículos forma parte de la orla neógeno-cuaternaria que se adosa al flanco S de los relieves béticos valencianos. Una serie de características geomorfológicas muy peculiares le confieren una acusada personalidad: un perímetro dentado, la presencia de albuferas y otros lagos residuales, la terminación del río Vinalopó, el rico y eficaz juego de la neotectónica y, sobre todo, la abundancia de rasgos pleistocenos marinos. Una campaña intensiva en junio-julio de 1976 —en que participaron todos los firmantes— y otras exploraciones posteriores han sido la base de las páginas que siguen, en cuya elaboración y discusión ha participado todo el equipo¹.

1. ESTRUCTURA Y MODELADO

Neotectónica y erosión reciente son las responsables del relieve del término de Santa Pola y sus inmediaciones septentrionales; el perímetro litoral en sus radicales cambios de orientación obedece a la complicación de las deformaciones cuaternarias y a la interposición del domo de la Serra de Santa Pola, emergido anteriormente. Poco podemos atribuir del relieve del sector a los paroxismos principales que elevaron los plegamientos béticos y subbéticos; aquí tropezamos casi siempre con una tectónica «postorogénica». A pesar de su edad tan reciente, las capas villafranquienses incluso presentan ya unos pliegues incipientes (CUENCA, 1972, p. 26).

¹ J. Cuerda Barceló se ha responsabilizado de la clasificación del abundante material paleontológico recolectado y ha revisado la totalidad de los artículos; Eulalia Sanjaume ha efectuado los análisis sedimentológicos y mineralógicos; V. Gozávez ha comprobado y recorrido nuevamente los yacimientos estudiados y ha localizado otros nuevos.

1.1. *El trasfondo geológico y el postpaís inmediato*

Los movimientos intracuaternarios no suponen una solución de continuidad, sino que probablemente son la prosecución o acentuación de los del Neógeno. En líneas generales presiden el relieve tres discretas eminencias de ejes groseramente paralelos: la Serra dels Colmenars —un frente de cuesta, en realidad— que alcanza 85 m en el límite con el término de Alacant; unos 11 Km al S, el braquianticlinal o domo de la Serra de Santa Pola —antiguamente Cap de l'Aljub— que culmina a 144 m, muy cerca del mar, y, 15 Km más al SW de su eje, la Serra del Molar llega a los 84 m, aunque los vértices topográficos ocupen altitudes inferiores (les Planes de la Marina, 76 m).

La neotectónica de plegamiento se ha producido sobre un substrato de capas de corrimiento o incluso por un juego profundo de bloques. Esta neotectónica se descompone en dos fases: 1), movimientos postortonioses y post-Mioceno terminal (Pontiense) que han elevado los sectores exteriores; 2), una fase de deformaciones postpliocenas, responsables del relieve actual (DUMAS, 1969, p. 166). Entre la Serra de Santa Pola y l'Altet la repercusión tectónica afecta el Plioceno marino recubierto de Cuaternario continental, dando lugar a unas originales y curiosas deformaciones, con una aparente ausencia de dirección de plegamiento, aunque a veces las pendientes sean muy acusadas (DUMAS, 1969, p. 173).

Las estructuras gravimétricas (MONTENAT, 1973, ff. 286 y 388) pueden esclarecer la disposición general del relieve. Existe un eje positivo de mediana importancia en sentido WSW-ENE que coincide aproximadamente con la isohípsa de 50 m y los vértices de "Patacón" y "Balsares"; otro eje positivo viene a formar, en sentido NW-SE, la bisectriz de la sierra y continúa hacia el archipiélago de Nova Tabarca o l'Illa Plana (ROSSELLÓ, 1978). Las fuertes anomalías negativas se concentran en una alineación WSW-ENE —paralela a la primera— desde el inmediato S de la ciudad de Elx hasta el Saladar d'Aigua Amarga, justificando lo que llamaremos "fosa de Elx" y la consiguiente sedimentación, que tal vez alcance en algún punto los 1.500 m. La depresión es recalada por el buzamiento de la "Formación de Sucina" y la coraza sobrepuesta en todo el frente rectilíneo Crevillent-Alacant, así como por el hundimiento de los ejes anticlinales del Molar y Serra de Santa Pola que se sumergen periclinalmente hacia la fosa (MONTENAT, 1973, f. 387).

Entre Alacant y la cúpula de Santa Pola se puede hablar de dos modestos sinclinales orientados E-W y separados por el eje de l'Altet (CUENCA, 1972, p. 28); se materializan en las depresiones de las exsalinas de l'Aigua Amarga, el Fondo de la Senieta y el Clot de Galvany, que empalma con la depresión circundante del Senial, els Bassals y Vallverd (GOZÁLVEZ, 1977 b, p. 17). Estas reducidas cuencas de hundimiento son separadas por ejes anticlinales, a veces de flancos fallados. Estas ondulaciones estructurales, que afectan el Plioceno marino con su cobertera continental de limos y costras, han creado un relieve

anáruico sin alineaciones claras ni red hidrográfrica expedita (DUMAS, 1969, página 174).

Sobre las areniscas amarillentas del Plioceno superior del Molar, sobre las calizas estromatolíticas de la Serra de Santa Pola, sobre las vertientes perimetrales de la fosa y sobre algunos de los pequeños accidentes del N aparece la "formación de Sucina" (MONTENAT, 1973)².

La costa al E de l'Altet y del Carabassí es el resultado de flexuras y fallas que interrumpen brutalmente el Plioceno bajo el mar, como se discutirá a propósito de los acantilados.

1.2. *Los domos miopliocénicos*

Del manto cuaternario de la llanura de Elx no emerge más que el Neógeno del Molar y de la Serra de Santa Pola. El primero consiste en una gran cúpula tendida de unos 15 Km², aislada entre cenagales y el litoral y geológicamente constituida por areniscas pliocenas coronadas por la "formación de Sucina", que alcanza, como máximo, unos 12 m, de acuerdo con las deformaciones tectónicas del Plioceno. Predominan en ella las arcillas verdoso-pálidas o blancuzcas y, encima, la coraza «villafranquiense» (?), que a veces se apoya directamente en las areniscas pliocenas e incluso puede desdoblarse. La formación tiene un aire lacustre o palustre en este caso: el domo estaría elevándose ya en el momento de su deposición, hecho confirmado por el desdoblamiento de las corazas. Algo al N del Molar se localiza una culminación gravimétrica (MONTENAT, 1973, ff. 350 y ss.). El domo acaba al W con un escalón de falla N-S, así como otro accidente en la fachada oriental, el cual no parece haber funcionado después de la terraza pleistocena media (DUMAS, 1977, páginas 321-322)

La Serra de Santa Pola tiene un predominio mioceno, si bien con ribetes pliocenos e igualmente detenta un eje gravimétrico de zona alta. Desde su culminación del faro se inclina suavemente hacia N y W, dando lugar a que todas las capas del Neógeno presenten buzamientos periclinales alrededor, hecha abstracción de tramos del E y del S, que sugieren una amputación subvertical de origen erosivo o tectónico. El eje anticlinal presenta un claro buzamiento occidental que viene a concordar con un aparente basculamiento reflejado en su peculiar red hidrográfrica. Queda patente la emersión de la "isla" de Santa Pola como consecuencia de movimientos póstumos del ciclo alpino (PIGNATELLI, 1973) al fin del Mioceno y su persistencia en un mar plioceno, cuya transgresión no llegó a vencerla y apenas pudo dejar depósitos más que en la periferia, por ejemplo, en el cerro (42 m) al E del Bassaret,

² La "formación de Sucina" toma nombre de esta localidad murciana y consiste en margas limosas de color rojo-ladrillo, pero a veces blancuzcas o verdosas, que descansan sobre el Plioceno terminal y debajo de la coraza (con nódulos farináceos, encostramientos cruzados y costra zonar). Corresponde a un período cálido de la base del Pleistoceno, con toda probabilidad "Villafranquiense".

con 25 m de potencia, que hace figura de un escollo (BREBION *et al.*, 1971).

El cuerpo de la Serra es de caliza finimiocena maciza en unos 100 m de potencia, de origen estromatolítico. Se trata, en general, de edificios a modo de cúpulas de unos 2 m construidos por organismos, sobre todo cianofíceas o clorofíceas, con estructura laminar análoga a ciertas construcciones arrecifales que hoy crecen en las Bahamas o Florida (MONTENAT, 1973, ff. 360 ss. y 830). Con ello podemos evocar en el Mioceno terminal un "cayo" o un grupo de ellos en el Cap de l'Aljub e inmediaciones. La facies de estromatolitos presenta dos horizontes de emersión con calizas oolíticas y una facies gredosa, depositadas en mar poco profundo.

En los flancos N y W figuran las formaciones pliocenas del mar que no llegó a cubrir la isleta. Se trata de margas fosilíferas verdes, amarillas y blanco-grisáceas, precintadas a veces por la coraza o caparazón calcáreo bajo-pleistoceno, si no se interpone la formación continental "de Sucina" en la transición del Plioceno al Cuaternario. La coraza puede ser poligénica, en el sentido de haber sido atacada en períodos húmedos y reconstruida o reforzada en los áridos (GAIBAR-CUERDA, 1969, p. 106)³. Aparte queda localmente, al nivel del mar, una caliza molásica amarilla con pectínidos, que es el substrato del Finimioceno del conjunto. (MONTENAT, 1973, f. 359). La elevación principal del domo debió de ser post-pliocena (DUMAS, 1977).

La red hidrográfica tuvo que desarrollarse en un medio donde predominaba la surrección a juzgar por el encajamiento. Los hendidos cauces se distribuyen en dos conjuntos aparentemente simétricos respecto a un eje de abombamiento, y sus gargantas y meandros llegan a morder 20 m en el Neógeno. Un sistema entrecruzado se sujeta a la divisoria realizada algo al NE de la carretera del faro y admite alguna posible inversión de sentido, pequeñas capturas, etc. La meandrización se acentúa en los barrancos del SW. Esta red extrañamente densa, salvo en el W, hoy no es funcional, ya que no contiene materiales aluviales; los fondos están ocupados por árboles y arbustos. El trazado tortuoso sugiere la sobreimposición de un período húmedo del Cuaternario (MONTENAT, 1973, ff. 694-695). Semejante encajamiento, si bien con menos complicación en el trazado, se advierte en el Molar, donde el Barranc de l'Escuera y otro de sentido opuesto penetran hondamente en el bloque del domo con un vaciado de 20 y más m, que pone al descubierto las areniscas del Plioceno superior.

1.3. *Glacis y conos*

Una forma de modelado tan característica del País Valenciano meridional no podía faltar en la comarca donde constituye la transición de los relieves subbéticos a los llanos y fosa y la orla de las eminencias de cierta importancia,

³ A partir de aquí, siempre que la atribución sea única, se citará sólo uno de los dos autores.

es decir, del Molar y Serra de Santa Pola, sobre todo hacia el interior. También aparece un glacis cuaternario —muy estrecho, es verdad— al pie de los cantiles del faro del Cap de Santa Pola e igualmente otro andén de parecida naturaleza ciñe los declives orientales del Molar. En todos los casos puede observarse la superposición de conos o abanicos aluviales a la salida de portillos (por ejemplo, en el Cap de l'Aljub) o gargantas (en el glacis interior). El abanico más considerable —de mucho— es el del Vinalopó.

Los limos “grimaldienses” de MONTENAT (1973, f. 632) son finos, de color salmón-anaranjado, y contienen lentejones bréchicos. En el litoral se apoyan sobre el Tirreniense II y en el interior son más potentes en las vertientes meridionales. Es aceptable su origen eólico, al menos parcial, asimilable al Ouljiense, episodio o hemicyclo continental. Como prueba de la subsidencia del llano interior, se ha aducido la desaparición del cauce de las ramblas y barrancos del glacis ilicitano.

Los encostramientos que sellan el glacis antiguo del W de l'Altet están cuarteados o atravesados por canales o cañadas a manera de paleocauces (Canal de la Morera, Canal de Ferrandis, Canyada del Comte, Canyadeta, Fondet de Sant Pere, etc.) de orientación general NW-SE, desnivelados 3 ó 4 m en relación a sus chatos interfluvios y recalcados por los cultivos arbóreos. Con ocasión de algún aguacero otoñal llegan a vehicular avenidas hacia los sinclinales costeros y abren *regalladors* o regatos que deshacen los bancales. (GOZÁLVEZ, 1977 b, p. 17.)

2. FACTORES GEOMÓRFICOS LITORALES

Descontadas, como insignificantes, las mareas, tendríamos que conocer a fondo los vientos, el oleaje y las corrientes para llegar a desentrañar la dinámica litoral. Sin embargo, los datos publicados respecto a vientos son pocos, escasamente elaborados y poco fiables, cuando no contradictorios. Sólo las investigaciones particulares en curso de E. SANJAUME nos permitirán alguna mayor precisión. El predominio del viento del sector oriental radica en las brisas estivales, que raras veces pasan la categoría de “flojos”; los días de viento “fuerte” (más de 15 m/seg = 54 Km/h) no suelen pasar de 3 ó 4 al año. El *fetch* de nuestro litoral, truncado hacia el NE por la interposición de las Baleares, alcanza su máximo precisamente hacia el E con más de 1.000 kilómetros.

Dos observatorios, el de la Ciudad Jardín de Alicante y el del aeropuerto de l'Altet (Elx), han suministrado datos aprovechables de vientos; no se descarta, además, que parte de la información de base de CLAVERO (1977) y del *Plan Indicativo del Uso del Litoral* (M. O. P., 1976) abarque datos de la Rabassa —antiguo aeropuerto de Alicante—, aunque no se mencione expresamente.

La referencia más antigua procede de GEIGER (1970, p. 37), y sólo con-

signa velocidades medias mensuales (1947-66), de lo que deduce mayores intensidades, es el semestre invernal, con claro predominio de direcciones NW y W, mientras que en el otro semestre las direcciones se concentran entre E y SE.

El *Plan Indicativo* (1976), con datos al parecer de Ciudad Jardín y de 1964-1973, no incluye tablas, sino únicamente los valores medios anuales y mensuales de octubre, enero, abril y julio en porcentajes de frecuencia y dirección. Descartando el viento de procedencia interior, que —aunque predomina en octubre, enero y abril (NW)— apenas tiene efectos geomórficos en el litoral, en octubre resalta el viento del E (22 %), así como en abril (20 %), mientras que en enero es el del S (12 %) el más efectivo para la cuestión costera. En verano, representado por los registros de julio, toman la delantera el E (31 %) y el SE. En el conjunto del año los porcentajes de la rosa de los vientos, hecha abstracción de la velocidad, arrojan: E, 19'3; SE, 15'9; S, 10'7; NE, 6'4, y SW, 4'1, es decir, 56'4 % de vientos "marinos" con un bien patente predominio del cuadrante oriental.

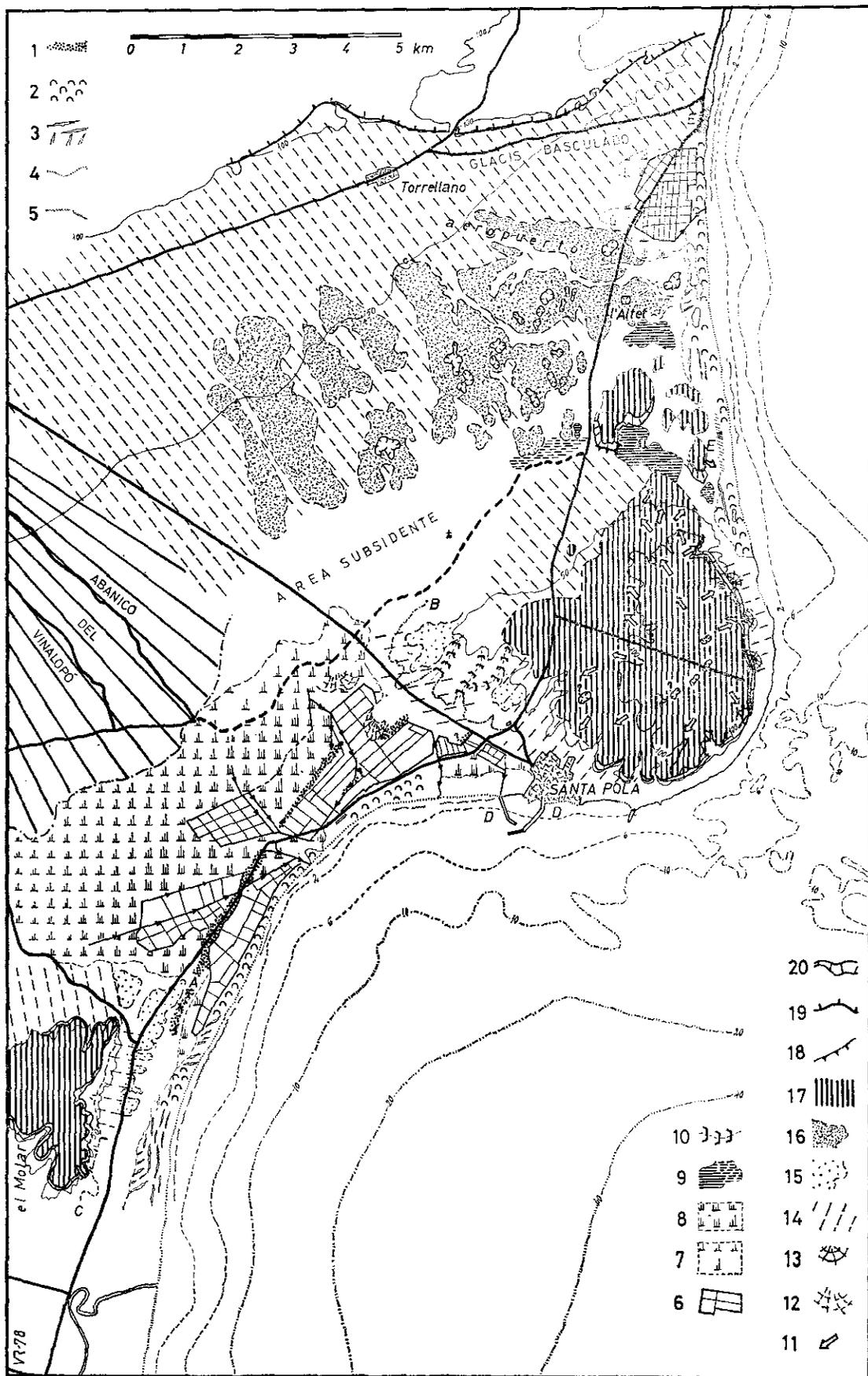
A partir de los datos anteriores, y con el método de planos de ola de IRIBARREN, se calcula en el referido *Plan* el régimen de oleaje en profundidad indefinida, cuyos resultados para los vientos más eficaces son los siguientes:

NE	19'27 %
E	16'12 %
SE	10'04 %
S	14'06 %
SW	12'31 %

En cuanto a la altura, los oleajes superiores a 4 pies sólo son importantes con vientos y *fetch* del NE y E; en el resto de las direcciones la altura es más bien modesta. Descartamos los terrales en esta consideración.

CLAVERO (1977, f. 339) habla en Alicante de un claro máximo de vientos del NW —poco trascendente para nuestros efectos— y otro secundario del E y SE, que coinciden con otras observaciones aquí consideradas. Por lo que se refiere a la velocidad, el máximo es invernal, con unos 250 Km/día, y el mínimo corresponde a fines de verano, con unos 200 Km/día, cuando se debilitan las brisas. El material de base corresponde a 1951-70 (CLAVERO, 1977, f. 337).

Fig. 1.—*Croquis de conjunto de la zona estudiada*: 1. Restingas fósiles.—2. Dunas actuales (a veces sobre núcleos fósiles).—3. Alineaciones dunares.—4. Playa arenosa.—5. Rasa submarina.—6. Salinas.—7. Aguazales marginales.—8. Marjal húmeda.—9. Endorreísmo tectónico.—10. Barrancos de fondo plano.—11. Dirección de la escorrentía (encajamiento).—12. Delta sumergido.—13. Cono de derrubios.—14. Glacis de acumulación.—15. Piedemonte erosivo-acumulativo.—16. Glacis cuaternarios antiguos deformados (costas calizas sobre limos).—17. Abombamientos anticlinales en materiales miopliocenos.—18. Escarpes de falla.—19. Escarpe de cuesta.—20. Acantilado. A. Bahía en el Tirreniense II. B. Antiguo litoral tirreniense (?). C. Escalón del glacis del Molar. D. Playa en crecimiento 1957/70. E. Caliza organógena.



Finalmente, los trabajos en curso de SANJAUME permiten la siguiente tabulación:

ALICANTE - Ciudad Jardín (1941-75)

	<i>N</i>	<i>NE</i>	<i>E</i>	<i>SE</i>	<i>S</i>	<i>SW</i>	<i>W</i>	<i>NW</i>
% frecuencia	6'3	7'7	18'2	19'0	7'8	4'7	7'5	21'5
Velocidad media (Km/h.) ...	6'9	9'2	11'6	10'1	11'4	9'1	9'4	8'6

(Sin expresar: % calmas)

El viento de mayor intensidad media que afecta la costa es el E (11'6 Km/h) y el S (11'4 Km/h). Por temporadas destaca el SE (27 % de frecuencias entre abril y septiembre) y el NW (25-30 %) en otoño e invierno.

L'ALTET (1968-75)

	<i>N</i>	<i>NE</i>	<i>E</i>	<i>SE</i>	<i>S</i>	<i>SW</i>	<i>W</i>	<i>NW</i>
% frecuencia	6'9	4'2	23'2	6'8	10'3	5'5	13'1	11'4
Velocidad media (Km/h.) ...	17'6	17'3	20'6	17'4	17'7	16'9	17'7	22'8

(Sin expresar: % calmas)

La diferencia más radical en los registros empieza por ser la mayor velocidad media en este observatorio más cercano al litoral que estudiamos. El viento de mayor intensidad media es, con mucha diferencia —excluido el NW—, el del E (20'6 Km/h), que además es absolutamente el más frecuente. Por temporadas destaca de nuevo, abrumadoramente, el E (del 20 al 40 %; otoño, 20 %; primavera, 25 %; verano, 40 %), seguido por el W en invierno (22 %).

La corriente general, además de haber sido muy poco estudiada, es probable que sea alternante por tratarse de una latitud transitoria entre las aguas septentrionales y las meridionales; no se descarta un balance favorable a la componente S, tal vez remarcado por la disposición de la desembocadura y delta sumergido del Segura, pero el trazado escalonado del litoral hurta los entrantes a cualquier influencia comprobable. Si el régimen de vientos podría sugerir una corriente general inducida hacia el sur, ciertos detalles de acumulación observados por SANJAUME en la bahía de Santa Pola exigen un régimen contrario.

Las playas meridionales de les Pesqueres y el Pinet, protegidas de la corriente general del N o NE por el Cap de Santa Pola, reciben por su orientación corrientes alternativas de rompiente, que no suelen extraer arena de ellas. Más resguardada todavía está la playa del Braç del Port. Platja Llisa, así como la del Saladar d'Aigua Amarga y dels Arenals del Sol, pueden considerarse en equilibrio dinámico, mientras que la inmediata a la población de Santa Pola es progresiva. El único regresivo —por lo avanzado— es el sector de "Santa Pola del Este".

A Platja Llisa prácticamente no llega más oleaje que el del S; en cambio,

en "Santa Pola del Este" la regresión se debe a la fuerte corriente que dobla el Cap, reforzada por el oleaje dominante del E y NE, encajado en el Freu de Tabarca; la deriva de arenas hacia el W es clara, llegando a sobrepasar incluso el dique, como confirman las playas artificiales apoyadas. En el tramo Arenals del Sol-Aigua Amarga se advierte la deriva hacia el S en el límite de nuestro estudio, en el resto más bien parecen producirse alternancias, lo mismo que ocurre en el Pinet. A toda la dinámica citada cabría superponer las migraciones de arenas hacia el interior y, más esporádicamente, de tierra a mar. (*Plan indicativo*, 1976, I-1, pp. 92 y ss.)

3. HISTORIA Y DINÁMICA COSTERA

No resulta fácil decidirse por el predominio del eustatismo o de la tectónica en el modelado del litoral que nos ocupa, pero a fin de entender la complejidad de los procesos, conviene exponer un esquema general del encuadre de los sucesivos niveles eustáticos del Mediterráneo, desde el bajo Pleistoceno hasta la actualidad.

El eustatismo y los cambios ambientales justifican diferentes depósitos y formas. Por un lado, depósitos de playa sobre rasas a diferentes alturas, que corresponden a oscilaciones generalmente transgresivas. A veces se apoyan en suelos argílicos, rojizos, resultado de pedogénesis de época regresiva (intervalo corto); también los breves episodios de *terra rossa* datan de oscilaciones regresivas menores, dentro o al final de los hem Ciclos marinos. A menudo los depósitos marinos están cementados por calcita de recristalización secundaria o aparecen encostramientos (BUTZER, 1975).

Horizontes coluviales de sedimentos mal estratificados o arcillosos descansan sobre los depósitos transgresivos o se intercalan en sus extremos; contienen moluscos terrestres (helícidos), *terra rossa* o derivados de ella y derrubios angulosos. Hay que contar también con los limos rojos de estructura loésica, que corresponden a una denudación acelerada, con arroyada en manto y aluvionamiento de valle, con vegetación probablemente semiárida. El *Löss* puede ser una modificación eólica de sedimentos finos coluviales. La pedogénesis más intensiva coincidió con oscilaciones relativamente frías dentro de época interglacial. Suelos de alteración en zona litoral y bajo la acción eólica se entremezclan con arenas dunares constituyendo limos arenosos pardos rosados, con aspecto de dunas terrosas. Estas formaciones son muy corrientes sobre las terrazas marinas del Tirreniense II final de Mallorca, e indican en este caso que su formación corresponde al Würm I (CUERDA, 1975, p. 32). Concreciones y costras pueden acompañar los horizontes coluviales referidos.

Las eolianitas, es decir dunas o mantos dunares cementados, con abundancia de conchas marinas trituradas, aparecen adosadas a los cantiles o apoyadas en playas o limos coluviales tierra adentro. Contienen moluscos terrestres y algunas conchas leves de origen marino; su grano es progresiva-

mente fino a medida que nos alejamos del litoral y a medida que avanza el hem ciclo. Limos y eolianitas alternan indicando, respectivamente, oscilaciones positivas (tiempos fríos y lluviosos) y negativas del nivel marino. La deflación fue particularmente activa en el momento que el nivel marino empieza a descender. Aunque predominen éstas, no todas las eolianitas son regresionales: no puede olvidarse que precisamente al S de la comarca estudiada tenemos amplios campos de dunas actuales, o sea "interglaciales" transgresivas.

BUTZER (1975) ha distribuido las fluctuaciones climato-eustáticas en "hem ciclos marinos" con playas transgresivas, entreplayas sobrepuestas y paleosuelos argílicos; seguidos por "hem ciclos continentales" que comprenden varias series de limos coluviales, seguida cada una por una eolianita e interrumpida o continuada por formación de pedocal. a), Cada unidad básica de limos marca la transición del final de una oscilación transgresiva a una regresión importante con desarrollo de eolianita; b), cada unidad subsiguiente de limos documenta el paso de pedogénesis a erosión acelerada (rexistasia) y depósito durante una regresión notable; c), cada bloque de eolianita supone el registro de una oscilación acusada del nivel del mar; d), cada pedocal responde a condiciones secas morfostáticas con estabilización de las dunas y denudación fluvial limitada. Una correspondencia grosera puede trazarse entre los hem ciclos marinos del Mediterráneo y los paleosuelos europeos cálidos, por un lado, y los limos y eolianitas mediterráneos, con las gravas, morrenas y löss europeos, por otro.

Los testimonios del litoral plioceno se pueden localizar en la Serra dels Colmenars, Serra Grossa (al NE de Elx) y, particularmente, en la entonces isla de la de Santa Pola. Este litoral ha sido fijado alrededor: al NW en un barranco del Km 13 de la carretera; al NE en otro igualmente encajado del ángulo; sigue el acantilado oriental mordido a +100 m a lo largo de 2'5 Km por el oleaje pliocénico. Sobre su pie se adosa una placa de calcoarenita amarillento-naranja con numerosos moldes de *Glycymeris*. En la parte W hay pocos restos y al SW aparece una facies arenosa particular (camping). En el corazón de la Serra falta lógicamente el Plioceno: las corazas descansan sobre el Mioceno terminal (MONTENAT, 1973, ff. 379 y ss.).

El interglaciar Donau-Günz (Cromer, "Bihariense") pudo albergar un hem ciclo marino (T?) algo cálido, con repercusión transgresiva que CUERDA identifica con el *Messaoudien* marroquí, y designa, con SELLI, como Emiliense, después de haber localizado sus testigos a +72 m en la costa del Migjorn de Mallorca (Pas des Verro). Por lo demás, este interglaciar tan lejano tiene sus depósitos y altitudes muy poco homologados.

JIMÉNEZ DE CISNEROS (1929) se refiere a un pretendido Calabriense —objetado por CUERDA y MONTENAT— 7 Km al S de la Serra del Colmenars, en una imprecisa cita a +30 m, con *Strombus*, que lo mismo podría suponerse hacia les Torres de Gaitan (al W de la Serra de Santa Pola) como en el cuartel de carabineros del Carabassí, o cerca del Km 14 de la N-332. Los barrancos del N de la Serra (partida del Carabassí) descubren sobre el con-

tacto mioplioceno calcoarenitas asalmonadas que pasan lateralmente a la "formación de Sucina" (MONTENAT, 1973, f. 376). Este autor las interpreta como duna o playa calabriense, sin apoyo paleontológico, y aún podría tratarse de suelos de alteración de un hem ciclo continental.

En el referido cuartel de carabineros —hoy en ruinas— GAIBAR (1969, p. 110) sitúa un Calabriense a +42 m, que estaría plegado igual que el Plioceno y, por tanto, se podría encontrar a diversos niveles, incluso sumergidos.

El Siciliense II o Milazziense pertenece ya al interglaciar Günz-Mindel. Con un clima muy parecido al actual hubiera dejado sus testimonios a +55 m. GIGOUT (1959) señaló «un glacis [tal vez rasa] siciliense» en el Molar, recogiendo posiblemente la referencia de JIMÉNEZ DE CISNEROS de una "playa levantada que bordea las alturas terciarias hasta algo más de 80 metros". (Con todo, parece ser que el Molar apenas alcanza dicha altitud.) GAIBAR lo señala a 1.000 m NNW de la Ermita del Rosari, a +81 m, con fauna banal donde abundan las *Glycymeris bimaculata* y *Glycymeris violacescens* junto a una duna consolidada, carsificada incluso. A 300 m del Hotel Arenales y 80 del litoral aparece una terraza semejante de lumaquela de *G. violacescens* a +4 m, quizá uno de los yacimientos localizados en 1925 por JIMÉNEZ. Otro yacimiento análogo de *Glycymeris* a +48 m será estudiado en el Molar. Un episodio de *terra rossa* (hem ciclo V) podría haber coincidido en tierra.

Después de la regresión antepenúltima (Mindel), con dos fases al menos, que corresponden al hem ciclo E frío (10° menos que ahora) y relativamente húmedo con depósitos de cantos gelifraccionados, eolianita rubificada y limos con caracoles «húmedos», entramos en el penúltimo interglaciar (Holstein), iniciado hace unos 400.000 años. El complejo transgresivo paleotirreniense o tirreniense I se incardina en el Pleistoceno medio y deja señales a sucesivas altitudes de +33-34, +29-30, +23-25, +16-19 y +4-5 m, con la presencia de *Patella ferruginea* en algunos yacimientos como es Bancals (Migjorn de Mallorca).

HERNÁNDEZ PACHECO (1932) señaló la existencia del "Tirreniense" por debajo del nivel marino en Santa Pola. MONTENAT insiste en las deformaciones del Paleotirreniense de parte del mar o del interior buzando hacia las depresiones postpliocenas, deformaciones que son anteriores al Tirreniense II. Por esto y lo dicho antes, el valor absoluto de la altitud de los yacimientos es nulo. Inmediatamente al S de els Arenals del Sol se hallan residuos adosados a los cerros acantilados; se trata de una calcoarenita con *Glycymeris* entre +10 y +25-30 m (MONTENAT, 1973, ff. 599 y 601) que podría ser asignada al Tirreniense I. La segunda fase del acantilado del Cap de Santa Pola, a +35-46 m, presenta un depósito con fauna banal posiblemente deformado, asignable al Paleotirreniense. DUMAS (1977) se refiere a una balma tirreniense I a +37 m en la caliza de estromatolitos de la cantera de Santa Pola; a partir de aquélla, la rasa está inclinada unos 5 ó 6°. Igualmente se le atribuyen los depósitos muy ondulados del barranco con covachas del NE. La luma-

quela de *Glycymeris* es tapizada por una brecha continental. Unos 100 m al E de la gran cantera de Santa Pola y 100 m al SE del Torrelló de l'Escaleta GAIBAR señala una rasa a +38-43 m. El flanco oriental del Molar tiene un pequeño acantilado entallado en la "formación Sucina" y la arenisca pliocena superior, a cuyo pie, y a lo largo de 2'5 Km, se extiende una formación pleistocena de calcoarenitas y lumaquelas de *Glycymeris*. Además de la coraza que corona la "formación de Sucina" —del Pleistoceno inferior—, existe la que cierra el ciclo paleotirreniense.

Durante el glaciar Riss (hemicyclo continental D), con depresión térmica de unos 6° C y relativa sequía, se deposita la «gran duna», separada en sistemas por horizontes de limos rojos y suelos de alteración. Según BUTZER (1975) se habrían dado cuatro fases divididas por otros tantos episodios cálidos, mientras en Europa se desarrollaban los principales *Löss*. (CUERDA, 1975, página 54.)

El interglaciar Riss-Würm (Eem) fue de larga duración: desde 220.000 BP hasta 75.000 BP, con lo que abarca dos hemicyclos marinos (X, Y) y uno continental (C, 180.000-130.000 BP). El Eutirreniense o Tirreniense II se descompone en cuatro transgresiones principales, siguiendo el orden cronológico: +3-4, +6-8, +14-11 y +2-1 m (CUERDA, 1975, p. 155).

El *Strombus bubonius* se encuentra casi siempre en la comarca a +2 m y a +5 m. En els Arenals del Sol estaría a 0 m o por debajo, como quiere deducir MONTENAT de fragmentos sacados por el mar. En el acantilado poligénico del Cap de Santa Pola, el tercer escalón, a +1-0 m, tiene *Strombus*, y en una posición algo más elevada (+0'5-1 m), además, *Glycymeris*, *Arca*, *Patella* y *Thais haemastoma*. El gran yacimiento recubierto por dunas würmiense y actuales, localizado por nosotros en el Carabassí, está aproximadamente a 3'5 m. Al N del cuartel de la Torre d'Enmig (100 m) GAIBAR señala a +8-6 m una terraza de *Glycymeris violacescens* y *Arca noae*, fauna cálida, pero sin *Strombus*, que vuelve a aparecer 1 Km al S a +7-5 m. Las edades obtenidas en Gif sur Yvette con $\text{Th}^{230}/^{234}$ (DUMAS, 1977) han dado 100.000 BP (± 5.000) para los *Strombus* de Salinas Catalanas.

Los niveles tirrenienses II no se encuentran nunca acorazados, todo lo más encostrados. La intensa actividad eólica al final del ciclo o hemicyclo, se traduce en dunas y limos como los "grimaldienses" de MONTENAT (Cf. *terra rossa* de BUTZER, 1975). Estos limos empalman con el glacis del pie del Cap de Santa Pola y se repiten en la salida W del pueblo, a +5 m, con lentejones de brecha. Al W de la carretera y N de la Venta del Cruce, bajo los citados limos, se encuentra una calcarenita de *Strombus*, *Glycymeris*, etc., a 0 m (camping); el mar eutirreniense llegó hasta allí por un golfo, ahora marisma. En la restinga fósil (Km 24-25) el yacimiento eutirreniense es abundantísimo y objeto de estudio detallado; sus altitudes oscilan entre +6 m y 0. En el flanco del Molar y en algunas de sus penetraciones reaparece, por no decir continúa, el yacimiento.

Entre 90.000 y 75.000 BP suele situarse el Neotirreniense o Tirreniense III,

a +0'5-3 m, transgresión entre el Würm I y Würm II; sus depósitos en nuestro dominio son menos importantes. Probablemente inmergidos en buena parte del perímetro litoral, tal vez puedan aducirse a +2 m al pie del Cap de l'Aljub, en una plataforma de material no eruptivo, amarillento de origen neógeno (GAIBAR-CUERDA, 1969, p. 119) y con más visos de probabilidad en el extremo de la restinga fósil de l'Albufera d'Elx, incluyendo la facies lagunar con *Pirenella conica* y *Melania tuberculata* del Km 23'7.

La regresión wüirmiense (B), con tres fases, que en Centroeuropa dejó los "Löss recientes", es responsable en nuestro caso de una duna semicementada bastante extendida al pie de la Serra de Santa Pola y del Molar, así como de limos y una pedogénesis semiárida con rubefacción y paleosuelos cámbicos en algún intervalo. Después del hem ciclo Z (flandriense, postromano incluso, todo dentro del Holoceno), las dunas actuales se engloban en un hem ciclo continental A.

Las implicaciones tectónicas de las dataciones por $\text{Th}^{230}/\text{U}^{234}$ llevan a DUMAS (1977, p. 361) a conclusiones contrarias a las de MONTENAT (1973). Según el primero, la costa habría experimentado con posterioridad al «Tirreniense» (Tirreniense II) una elevación de 6 a 9 m, ya que los 6 puntos de cronología entre 85 y 100.000 BP están por encima de su altitud inicial [?] de -5 o -6 m. Esta altura se refiere, de una parte, a las curvas térmicas ($\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$, foraminíferos), como indican C. LALOU y J. C. DUPLESSY (1976), y, de otra, a los trabajos de SHACKLETON y OPDYKE (1976). DUMAS vio las terrazas «tirrenienses» a 0/+3 m, siendo la más baja la de la restinga d'Aigua Amarga.

En la dinámica actual poco tiene ya que ver la variación del nivel marino, pues los movimientos tectónicos parecen haber ganado la partida. Más atención habrá que conceder al oleaje y derivas responsables, por ejemplo, de la acumulación sobre el dique y el interior del puerto de Santa Pola (1957); la primera línea de antiguas casitas de veraneo (1930 ca) queda oblicua en relación a la costa actual. Los rellenos recientes al W del pueblo se pueden achacar a deriva o corrientes longitudinales alternantes o estables.

En el paisaje interior ya se ha mencionado el gran cono aluvial del Vina-lopó, con 8 Km de radio a contar de Elx. El predominante tono grisáceo de la "fosa de Elx", con margas gris-verdosas, testimonia la extensión de la antigua laguna, cuyos resabios son las salinas y espacios periféricos aguanosos, cuyo perímetro, como ocurre siempre en zonas anfibias, es difícil de precisar.

4. MODALIDADES DEL LITORAL

El análisis de las isobatas nos permite contraponer diversos sectores del litoral. Fijando la atención en el veril -10 m, la mayor pendiente (16'7 ‰) corresponde al *shelf* de Aigua Amarga, al que sigue, dentro de su gran complicación, el del Freu de Tabarca-Cap de l'Aljub (11'1 ‰) y queda como

más tendido el de l'Albufera d'Elx y la Marina, con 5'9 ‰. Si extendemos la consideración al intervalo comprendido entre el litoral y la isobata, —20 m, cambia la posición del Freu (5 ‰), cuyos bajos fondos podrían responder a una colada volcánica sumergida o a restos desmantelados por la erosión del braquianticlinal de la Serra, cuya posible prolongación hasta la Illa Plana no se puede descartar (ROSSELLÓ, 1977). El shelf de l'Albufera d'Elx es casi igualmente tendido (6'7 ‰) y favorable para la formación de restingas, lo mismo que el del Saladar d'Aigua Amarga (<8 ‰). La diferencia antes anotada apoya una modalidad genética: el escalón puede deberse al eje de subsidencia o/y a la presencia de una restinga fósil tirreniense semisumergida. (Vide ROSSELLÓ, 1979, en prensa.)

4.1. *Costa acantilada*

En los 25 Km de litoral investigado no hay ningún acantilado vivo de importancia, fuera de los modestísimos del Cap de Santa Pola, mordidos en el andén mioceno y alternados con acumulaciones de grava y playas. Lo que sí abunda son los cantiles muertos. Dejando aparte els Colmenars, los tenemos en el frente de las colinas del cuartel de carabineros del Carabassí e inmediatas, aunque DUMAS (1969, pp. 177-178) lo justifique con una falla N-S que afectaría al Plioceno marino. También atribuye el escarpe del Cap a una falla anterior a la elaboración del acantilado hoy muerto; PIGNATELLI (1973), en cambio, dice que “no hay pruebas de que el acantilado sea debido a falla”. En el Molar pueden aducirse igualmente resabios de acantilados relictos, sobre todo a altitudes superiores a 50 m, en la cara oriental y en algunas penetraciones al estilo de calas. DUMAS (1977) sitúa el pie del acantilado muerto a +42, cerca del cementerio de la Marina, admitiendo una fracturación escalonada del Molar, en sentido N-S.

4.2. *Playa*

El sector N cuenta con las playas de els Arenals del Sol con un tendido de 5 Km y formaciones dunares actuales, subfósiles y fósiles. En la convexidad del Cap existen pequeños tramos de arenas de coloración oscura por su carga de materiales doleríticos. A partir del pueblo de Santa Pola se suceden ininterrumpidamente las playas. La coincidencia de playa con postpaís bajo (ROSSELLÓ, 1969) es patente.

4.3. *Restingas*

Los dos espacios albufereños alcanzan muy distinta categoría y no es tan clara la incardinación del Clot de Galvany en este tipo costero. El cierre del Saladar d'Aigua Amarga, posiblemente neotirreniense o flandriense, está camuflado por las dunas modernas sobrepuestas; los bancos oolíticos que afloran

inmediatamente al N tienden a consolidar la suposición. La petrografía de esta caliza oolítica estudiada por MONTENAT (1973, ff. 782-798) la emparenta con las de mares subtropicales cálidos (Cf. Bahamas, Golfo Pérsico, Mar Rojo), al estar formada por núcleos arrastrados en aguas muy carbonatadas de escasa profundidad. Unas dunas "frías" regresivas serían posteriores según DUMAS (1977). El Clot de Galvany ya habría estado cerrado por cordón y dunas en el Tirreniense (GAIBAR-CUERDA, 1969, p. 120).

L'Albufera d'Elx —que posiblemente haya desarrollado hasta cuatro— muestra ahora claramente una doble restinga, la funcional y otra interior que coincide parcialmente con la carretera N-332, que ha aprovechado para salvar el espacio pantanoso entre los Km 23 y 25 dunas y playas fósiles, cuya morfología es bien clara. La restinga tirreniense será objeto de cuidadoso análisis.

5. LAS ALBUFERAS

Las posibilidades batimétricas para el desarrollo de albuferas en este sector litoral son amplias, de acuerdo con la teoría de ZENKOVICH; los gradientes —como se ha visto— son muy inferiores a los mínimos exigidos para que funcione la mecánica de las restingas. La bahía de Santa Pola puede haber proporcionado apoyos, gracias a su movido fondo, con bajos, escollos, etcétera. Frente a Platja Llisa actualmente se observan piedras descubiertas a —2 ó —4 metros.

Poco más de 2 Km² abarcaban hace poco las salinas y marismas inmediatas del viejo Saladar d'Aigua Amarga, pero su extensión en el máximo flandriense doblaría la del 1970, hacia el W. No puede eliminarse la cooperación de la subsidencia en el mantenimiento de la laguna, cerrada por una restinga con dunas superpuestas a un cordón anterior a +1 ó 1'5 m; el relleno de la depresión es obra de los barrancos o ramblas afluentes (DUMAS, 1969, p. 173).

El área anfibia de l'Albufera d'Elx y aledaños supone ahora 27 Km², cerrados por el frente de la restinga donde están las Torres del Tamarit y del Pinet. La manga se individualiza bien a partir de la Gola, con un ancho de 200 a 300 m que deja el Braç del Pinet al S, entre la formación cenozoica y la cuaternaria, mientras la anchura del cordón va aumentando. (ROSSELLÓ, 1978, p. 33).

MONTENAT atribuye a las marismas cercanas al Segura, primero, un régimen temporal salobre (*Cerastoderma* y cerítidos) y, después, una fase transgresiva francamente marina (*Glycymeris* y pectínidos). No es descabellado pensar en idénticos términos para l'Albufera d'Elx; es más, la fauna tirreniense sugiere una fase de semialbufera. El relleno, con todo, de origen interior parece bastante precoz. Los conos de aluvión procedentes de la Serra de Santa Pola penetran en las salinas y apenas tienen solución de continuidad hasta el abanico aluvial del Vinalopó; también han contribuido al relleno "los cuerpos

lineales de gravas y arenas que arrancan de la alineación miocena" de Serra Grossa, al NE de Elx (CUENCA, 1972, p. 27). Según JESSEN (1927) la albufera estaba tan enfangada ya en época clásica, que jamás pudo servir de puerto; motivo por el cual habría que pensar en otro emplazamiento para el *Portus Ilicitanus*.

El mantenimiento del plano de agua no se debe únicamente a la penetración de la del mar (por otra parte artificializada o mediatizada por las salinas), sino que también depende de los niveles freáticos cargados artificialmente por el embalse del Fondo, como se ha comprobado perfectamente en els Bassars y Clot de Galvany, a más de 15 Km de distancia. La Gola de l'Albufera d'Elx está situada en el punto donde se unen el Braç del Port y el Braç del Pinet —los espacios entre restingas, ahora salinas—, y forma a su salida un pequeño delta.

6. DEPRESIONES CERRADAS

Neotectónica y karst son responsables de no pocas hoyas, pequeñas cuencas y balsas que confieren una nota original al paisaje, sobre todo de la parte N del sector. Los sinclinales pliocuaternarios de l'Altet y vecinos —Fondets y Bassals— no son albuferas y aparecen rellenos de fangos orgánicos, cuya fracción clástica procede de la alteración de los limos rojos arrastrados desde las laderas dels Colmenars, y que han podido acumular casi 15 m de potencia (CUENCA, 1972 p. 26). Dos kilómetros y medio al S de l'Altet la carretera sigue una cresta entre dos cuencos endorreicos del mismo estilo. Así, además del Saladar, encontramos el Fondo de la Senieta al S y SE del anticlinal de l'Altet y la depresión Senial-Clot de Galvany (GOZÁLVEZ, 1977, p. 19).

Las depresiones son ámbitos afectados por una neotectónica de plegamiento muy peculiar, que se traduce en hundimientos. El Bassaret y su prolongación E obedecen a un endorreísmo tectónico por movimientos de alcance muy limitado; el que ahora siempre tenga agua —desde los años 1940— es atribuible al embalse de Riegos de Levante en el Fondo.

Sobre las costras de los interfluvios de Vallverd, l'Altet y Torrellano, que no son más que fragmentos del glacis antiguo, se abren una veintena de dolinas. Predominan las formas redondeadas y diámetros de unos 50 m; la profundidad suele ser escasa, ya que tiene que ajustarse al espesor de las costras. (GOZÁLVEZ, 1977, pp. 17-18.)

7. LA ACTUACIÓN ANTRÓPICA

El poblamiento litoral de la comarca estuvo condicionado a la seguridad frente a los peligros piráticos y a la accesibilidad portuaria. Si se puede

hablar del manido *Portus Ilicitanus*, hay que referirlo a los modestos hallazgos cercanos al actual cementerio de Santa Pola. El llamado Port del Cap de l'Aljub estuvo en activo en el siglo XIII y siguientes, pero las razones de seguridad obligaron a una protección, o vigilancia por lo menos, desde la Torre del Cap de l'Aljub, construida en 1337. La Torre del Pinet —cuya base aún se conserva frente al cuartel de Guardia Civil— se levantó a raíz de un desembarco de Barbarroja en 1552. De análogas fechas dataría la Torre del Tamarit y el Castell de Santa Pola, base del futuro pueblo, es de 1557 (GOZÁLVEZ, 1976, pp. 11-17). El puerto moderno arranca de 1911 con un pequeño dique de unos 100 m, pero no se inicia el actual hasta 1957. Un rutinario embarcadero fue acondicionado también frente a la gran cantera del este.

Son notables las modificaciones del paisaje surgidas en torno al regadío —de origen romano por lo menos—, del cual no pueden separarse las operaciones de saneamiento en las marismas de la comarca y en las del Bajo Segura. Agua de los azarbes (es decir, procedente del drenaje) nutre, a base de sucesivas elevaciones, los canales de riego y acequias. El Fondo ha sido convertido en un depósito de regulación, no impermeabilizado desde luego (GOZÁLVEZ, 1977, p. 236), con lo que se ha artificializado el manto freático. Este hecho y el propio regadío modifican los suelos, sea por salinización, sea por su desarrollo en unas coordenadas diferentes gracias al cultivo.

Sin descartar una probable utilización irregular antigua de las lagunas inmediatas al litoral como salinas, pues en el siglo XVIII la documentación se refiere a embarques de sal, las salinas, como se conciben ahora, empezaron a fines del siglo XIX en el Braç del Port. Un muelle de carga parece que dificultaba al principio el desagüe del Vinalopó. Las salinas del Pinet o de Bonmatí datan de comienzos del siglo XX y las de Salinera Española de 1924 (GOZÁLVEZ, 1976, p. 48). Las de Aigua Amarga (Salinera Catalana) pueden darse por desaparecidas al haberse parcelado en solares edificables parte de su extensión, fenómeno idéntico al sucedido en Mazarrón (ROSSELLÓ-SANJAUME, 1975). No es esto más que un indicio de la menor rentabilidad de la explotación salinera que pone en entredicho su supervivencia. A propósito, sería deseable convertir en reserva natural el Braç del Port, una de las pocas estaciones de flamencos que restan en la costa mediterránea. El acondicionamiento industrial salinero supuso, por lo menos, considerables operaciones de nivelación, apertura de zanjas y construcción de canales, levantamiento de muretes y divisorias de evaporadores, arrasamiento de las dunas litorales, embarcaderos y medios mecánicos. Alguna de estas obras ha sido clave para localización de yacimientos pleistocenos más abajo estudiados.

La actividad edificadora ha provocado, ya desde años, la apertura de grandes canteras en el flanco SW de la Serra de Santa Pola y en diversos puntos del Molar, singularmente en su extremo meridional, para la obtención de roca caliza pliomiocena o para arenitas o arenas pleistocenas. Precisamente la indiscriminada y tal vez abusiva extracción de arena würmiense en el Ca-

rabassí descubrió uno de los ricos yacimientos eutirrenienses que hemos podido investigar.

La transformación paisajística de mayor alcance pertenece a la adecuación del espacio para el ocio. Aunque se llame "turismo" o "urbanización", tiene más de *villegiatura* o residencia secundaria. Si la primera etapa del Pinet y Santa Pola era tan modesta y poco ofensiva que apenas alteró el cuadro natural, no se puede decir lo mismo de la congestión de bloques de apartamentos de Santa Pola desde 1960, ni del arrasamiento de la misma restinga en Aigua Amarga.