

EULÀLIA SANJAUME *
JOSEP E. PARDO**

CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS DE LOS ESPACIOS COSTEROS DE TRANSICIÓN SITUADOS AL SUR DE LA DESEMBOCADURA DEL XÚQUER

RESUMEN

La interpretación de los resultados obtenidos del análisis sedimentológico de las muestras de los sondeos manuales realizados al sur de la desembocadura del río Xúquer, así como el estudio de la topografía de detalle analizada tras la elaboración de un modelo digital de elevaciones (MDE), han permitido reconocer con mayor claridad los ambientes sedimentarios de este sector. Se trata de una costa que secularmente ha sido progradante como demuestra la existencia de una doble restinga y dunas de hasta 6 m de altura. Las zonas húmedas que quedan delimitadas por estas dos restingas muestran una serie de vaguadas, algunas de las cuales canalizan las aguas de crecidas fluviales o conectan antiguas difluencias en la desembocadura del Xúquer. La acción antrópica, mediante las obras de encauzamiento del río, ha cambiado por completo la tendencia acumulativa y ha convertido este sector en un buen ejemplo de costa recesiva.

PALABRAS CLAVE: Sedimentología, modelo digital del terreno, micromorfología, dunas, restinga, albufera, acción antrópica.

ABSTRACT

SEDIMENTOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COASTAL AREAS
LOCATED SOUTH OF XÚQUER RIVER MOUTH

The sedimentological results from hand core samples south of the Xúquer River mouth, and studies of micro-topography in a digital terrain model represent the different sedimentary environments of this area. Two beach barriers probably built in historic time and up to 6 m high dunes give evidence that the coastline formerly was prograding. The two lagoons closed by these beach barriers have several deep channels that serve as outlets for flood water. Another deep channel connects the Xúquer River with l'Estany Gran, suggesting that it was one of the old Xúquer River mouths. Human action, such as the building jetties at the river mouth has changed the accumulative characteristics and transformed this littoral into an erosional condition.

KEY WORDS: Sedimentology, digital terrain model, micromorphology, dunes, beach barrier, lagoon, human action.

* Departamento de Geografía. Universidad de Valencia.

** Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Universidad Politécnica de Valencia. Fecha de recepción: abril 2004. Fecha de aceptación: mayo 2004

INTRODUCCIÓN

Al sur del Xúquer se extienden, a lo largo de unos 37 km y de manera casi ininterrumpida, las marjales de Cullera-Tavernes, Xeraco-Xeresa y Oliva-Pego. Su extensión es máxima al sur de *les motes* del Xúquer donde presentan unos 5 km de anchura, se reducen a 1-2 km en la zona de Tavernes, y se ensanchan de nuevo en la zona de Pego donde alcanzan 3,5 km. La amplitud de estas marjales se encuentra muy condicionada por la proximidad de los relieves del postpaís costero (SANJAUME, 1980). Entre Cullera y el abanico aluvial del Riu d'Alcoi se extiende una amplia restinga que presenta 19 km de longitud y cuya anchura, máxima en las inmediaciones de l'Estany Gran con 1,5 km, disminuye lenta y progresivamente hacia el sur. La marjal Cullera-Tavernes está totalmente colmatada en la actualidad, por lo que las aguas de inundación del Xúquer pueden anegarla, sobrepasar la superficie de la restinga con gran facilidad y llegar directamente al mar. A pesar de las transformaciones antrópicas experimentadas, se reconoce la existencia de dos restingas paralelas, entre las que queda un estrecha zona ligeramente deprimida (SANJAUME, 1985). Se trataría, por tanto, de una restinga progradante con un comportamiento similar al experimentado por la Albufera d'Elx (SANJAUME y PARDO, 2000).

A lo largo de este sector quedan algunas charcas residuales como l'Estany Gran de Cullera que se encuentra a 3 km de la actual desembocadura del Xúquer y por el que fluyen las aguas de la Sequiassa, y el Brosquil de Cullera, situado unos 2 km al sur de la desembocadura de l'Estany Gran, y que en la década de los 70 quedaba cerrado por un cordón de dunas. Todo este sector playero ha experimentado importantes transformaciones en las últimas décadas con construcción de espigones y obras de escollera, en los años 80, para combatir la erosión acelerada que se estaba padeciendo, después de las obras de canalización de la desembocadura del Xúquer, y con regeneraciones de playa mucho más recientes.

La marjal tiene su máxima extensión al sur de Cullera, ya que penetra prácticamente hasta Corbera, con unos 8 km de anchura, que en las inmediaciones de Favara se ha reducido a 3,5 km. Al sur de la Séquia de la Bova, construida entre 1652 y 1676, se inicia la marjal de Tavernes que con tan sólo 1,5 km es mucho más estrecha. La marjal de Cullera experimentó un intenso saneamiento a mediados del siglo XIX, mediante el concurso de pequeños propietarios, para su utilización como arrozal, sobre todo en el Brosquil (ROSSELLÓ, 1979). Sin embargo, este cultivo desapareció de la zona a finales de los 60. En la marjal de Tavernes, las obras de bonificación se iniciaron en el siglo XVII, con la construcción de la Séquia de la Bova y Séquia Nova, aunque las obras de drenaje continuaron en siglos posteriores. La sustitución de cultivos iniciada a mediados del siglo XX (SANCHIS DEUSA, 1978), ha continuado hasta la actualidad. Por otra parte, se ha producido una intensa y progresiva ocupación urbanística de la restinga, de tal modo que las edificaciones pueden seguirse casi sin interrupción desde la desembocadura del Xúquer hacia el sur.

En este artículo trataremos de dilucidar los distintos ambientes sedimentarios que conforman este tramo costero. Para ello se han realizado cuatro sondeos mediante sonda manual (Fig. 1) y se han analizado sedimentológicamente las muestras obtenidas. Asimismo, se ha confeccionado un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) que nos ha proporcionado una magnífica información sobre la microtopografía del terreno. Todo esto nos permitirá conocer con mayor precisión el alcance de los diferentes ambientes sedimentarios, la evolución del sector y la posibilidad de relacionar las charcas residuales (Estany Gran y Brosquil) con alguna difluencia de la desembocadura del Xúquer en el pasado.



Figura 1. Utilización de una sonda manual para obtener muestras de los ambientes estudiados.

SEDIMENTOLOGÍA

Para la caracterización sedimentológica de la zona se han utilizado las muestras obtenidas en cuatro puntos de la marjal al sur de la desembocadura del Xúquer, así como los resultados de las muestras superficiales del trabajo de Sanjaume (1985). El tipo de sondeo sólo permitió la obtención de muestras hasta alcanzar el nivel freático. En este punto es casi imposible profundizar más, ya que la saturación del material hace que se produzcan continuos desplomes que reducen la fiabilidad del muestreo. Sólo la realización de sondeos mecánicos, que no se han podido financiar, habría permitido alcanzar mayores profundidades y así conocer la evolución cuaternaria de este tramo costero.

Los puntos de sondeo pueden observarse en la figura 2. Además, se ofrecen las coordenadas planimétricas para su localización en el mapa. Las coordenadas son UTM, hacen referencia al huso 30 y son las siguientes:

Nombre	X	Y	Z
TORRE	738.547	4.336.619	1,2
SILENCI	739.425	4.334.188	0,8
BASSES	740.134	4.332.578	0,65
ALT	740.622	4.329.616	4,1

Las muestras obtenidas en los sondeos realizados en Alt (muestras 1 a 12), Basses (muestras 13 a 24), Silenci (muestras 25 a 33) y Torre (muestras 34 a 46), se han analizado en el Laboratorio de Sedimentología del Departamento de Geografía de la Universidad de Valencia. Los resultados se presentan en las Tablas 1 y 2. Con los datos obtenidos se han realizado histogramas de frecuencia y curvas semilogarítmicas acumuladas que han resultado de gran utilidad para la interpretación de los datos.

La playa actual no se muestreó dada la artificialización de sus materiales por las sucesivas regeneraciones de playa efectuadas. En condiciones naturales los materiales de rompientes se presentaban bimodales, lo que parece sugerir un sustrato de materiales fluviales que estaban siendo erosionados al que se superponía una ligera acumulación reciente, con sedimentos de menor calibre, transportados y depositados directamente por el oleaje. Las muestras relacionadas con temporales marinos son homométricas, aunque moderadamente clasificadas. Las otras muestras de rompientes más meridionales se diferenciaban de las anteriores porque presentaban una disminución sensible de la talla media, una buena clasificación, y unas curvas empinadas de tipo sigmoidal que revelaban que en estos casos la deposición había sido libre y por exceso de carga. Los sedimentos de la parte alta del estrán tenían mayor heterometría, histogramas bimodales, clasificación moderada, asimetrías negativas y curvas mesocúrticas (SANJAUME, 1985).

Por otra parte, la asociación mineralógica de estos materiales (dolomita-turmalina-estauroлита) presenta unas peculiaridades que permite diferenciarlos claramente de los sedimentos del Turia, en donde el predominio corresponde a los piroxenos. Al sur del Xúquer se inicia una nueva provincia mineralógica que se caracteriza por el predominio de la dolomita. La cantidad de dolomitas, que podían estar alrededor de 7 por cada 100 especies transparentes al norte de la desembocadura, aumentan a 85 al sur de la misma, y alcanzan las 345 en la Gola de l'Estany Gran. Otras características mineralógicas podrían resumirse en: pobreza en piroxenos, presencia de circón, madurez de los minerales (lo que podría sugerir que estos sedimentos ya han soportado algún otro ciclo sedimentario que ha posibilitado la eliminación de los minerales más inestables), y notable incremento de cloritas, que son minerales autógenos formados con posterioridad al depósito (SANJAUME, 1985).

Por lo que respecta a la interpretación de las muestras obtenidas de los sondeos, las conclusiones más importantes serían las siguientes:

En el sondeo Alt, los histogramas de frecuencia y los índices granulométricos nos indican que tenemos material eólico llegado desde la playa, pero que además coexiste con otra población de sedimentos mucho más finos procedentes de algún otro medio, lo que justificaría la moderada clasificación de estas muestras.

Los sedimentos del sondeo Basses son principalmente de tipo eólico en su parte inferior. Por encima, la textura de los sedimentos, con histogramas unimodales, presenta una disposición claramente marina, aunque la proporción de arcillas hace pensar que han existido aportes exteriores procedentes de la decantación de materiales finos en aguas estancadas. El color gris de los materiales confirma un ambiente reductor, durante las fases de encharcamiento. Por encima, las aguas estancadas ya tienen una cierta influencia marina probablemente por incorporación de arenas procedentes de la zona playera. A 70 cm de la superficie existe un nivel de materia orgánica en descomposición que revela el nivel superior de la charca que se adivinaba en los materiales inferiores. Por encima y hasta el techo del sondeo tenemos material de playa que llega a estos sectores en los momentos de *overwash* junto con material de tipo eólico que queda retenido por la vegetación que crece en estos ámbitos que son más húmedos que la playa estricta.

Tabla 1. Composición y granulometría.

TABLA 1 COMPOSICIÓN							TABLA 1 GRANULOMETRÍA											
Muestras	> 2 mm	< 2 mm	Limo y Arcilla		QUÍMICA		Muestras	% Granulométricos										
			Fauna	%	CaCO ₃	Mat Org.		-0.5	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	
ALT-1	0	129.23		6.07	42.5	0.27	ALT-1	0	0.1	0.24	2.21	15	44.2	18.41	12.36	0.45	0.75	
ALT-2	0	128.88		7.81	23.3	0.14	ALT-2	0.02	0.04	0.17	1.61	13.55	42.3	18.5	13.78	0.59	0.78	
ALT-3	0	129.34		7.68	40.9	0.22	ALT-3	0	0.08	0.17	1.64	12.87	42.3	19.5	13.45	0.72	0.66	
ALT-4	0	129.33		7.88	44.3	0.4	ALT-4	0.06	0.05	0.29	1.83	14.06	42.8	17.46	13.68	0.83	0.23	
ALT-5	0	129.35		7.84	44	0.05	ALT-5	0.06	0.15	0.42	2.68	17.93	40.5	16.03	10.72	0.44	0.36	
ALT-6	0	129.53		3.75	30.4	0.08	ALT-6	0.03	0.14	0.57	4.12	22.19	40.0	16.78	11.95	0.29	0.14	
ALT-7	0	129.46		3.78	32.8	0	ALT-7	0.04	0.12	0.29	2.65	17.45	38.4	20.04	16.1	0.7	0.4	
ALT-8	0.08	129.5		1.88	48.1	0.14	ALT-8	0.1	0.35	0.79	2.64	16.7	41.5	17.75	16.45	0.74	0.38	
ALT-9	0	129.66		1.86	49.03	0.27	ALT-9	0.03	0.3	0.68	1.71	17.03	53.7	14.58	9.04	0.33	0.44	
ALT-10	0	130		1.34	48.3	0.29	ALT-10	0.01	0.08	0.22	1.66	21.84	51.4	12.96	9.27	0.51	0.21	
ALT-11	0	129.89		1.33	46.4	0.05	ALT-11	0.01	0.09	0.31	1.54	19.08	51.3	14.22	11.1	0.45	0.28	
ALT-12	0	130		1.42	47.4	0.23	ALT-12	0.03	0.16	0.4	2.16	20.5	49.7	14	10.73	0.59	0.26	
BASSES-1	0.2	129.57	0.12	2.76	36.8	0.14	BASSES-1	0.1	0.26	0.66	1.64	7.95	42.1	23.21	20.73	0.07	0.17	
BASSES-2	0.01	129.26	0.21	1.05	37.7	0.23	BASSES-2	0.07	0.09	0.38	1.08	7.66	43.4	26.4	19.52	0.18	0.19	
BASSES-3	0	129.03	0.41	1.32	36.5	0.23	BASSES-3	0.01	0.08	0.3	0.79	5.33	44.2	25.35	22.24	0.08	0.31	
BASSES-4	M.O.	M.O.	M.O.	M.O.			BASSES-4	M.O.										
BASSES-5	0	125.38	2.55	5.6	32.7	1.13	BASSES-5	0.19	0.07	0.11	0.81	12.91	46.8	18.12	14.56	0.18	0.5	
BASSES-6	0	128.79	0.05	9.87	36.1	0.56	BASSES-6	0.03	0.03	0.05	0.11	3.2	31.0	23.67	29.45	0.53	1.78	
BASSES-7	0	128	0.43	32.52	46.7	0.96	BASSES-7	0.53	0.35	1.05	2	6.15	27.7	13.88	13.18	1.11	1.02	
BASSES-8	0	128.78	0.11	8.83	38.4	0.56	BASSES-8	0.04	0.1	0.42	1.8	13.07	40.2	19.04	15.38	0.16	0.59	
BASSES-9	0	129.47	0.01	4.73	34.7	0.14	BASSES-9	0.07	0.06	0.21	1.18	9.81	44.3	20.95	17.59	0.27	0.43	
BASSES-10	0	129.6	0.01	4.2	35.5	0.3	BASSES-10	0.01	0.04	0.23	1.12	10.23	46.6	21.49	15.84	0.39	0.58	
BASSES-11	0	129.46	0.18	2.22	36.3	0.2	BASSES-11	0.04	0.04	0.19	1.2	10.42	47.9	20.94	9.87	6.38	0.57	
BASSES-12	0	129.56	0.03	2.14	16.2	0.25	BASSES-12	0.01	0.03	0.16	1.36	12.23	50.3	20.59	0.67	11.32	0.52	
SILENCI-1	0.2	129.58	0.15	13.38	38.4	0.27	SILENCI-1	0.18	0.26	1.27	4.58	13.5	31.1	15.95	0.28	18.58	0.59	
SILENCI-2	0.14	129.86	0.06	11.1	44	0.33	SILENCI-2	0.03	0.05	0.12	1.03	14.21	39.0	14.35	0.17	16.56	0.99	
SILENCI-3	0	129.49	0.06	8.87	39.3	0.33	SILENCI-3	0.49	0.3	1.12	5.66	17.74	31.3	10.91	0.26	12.6	0.25	
SILENCI-4	0.3	129.33	0.32	37.25	41.5	0.58	SILENCI-4	0.59	0.32	0.5	1.91	11.94	25.8	11.12	0.43	10.86	0.14	
SILENCI-5	0	130.15		13.75	41	0.35	SILENCI-5	0.08	0.22	1.16	4.84	13.93	31.6	16.29	0.27	18.49	1.11	
SILENCI-6	0	130.01		13.09	36.4	0.2	SILENCI-6	0.01	0.02	0.12	0.85	9.7	37.4	18.95	11.42	5.22	3.21	
SILENCI-7	0	129.62		2.71	34.8	0	SILENCI-7	0	0.01	0.09	0.52	6.46	48.3	21	4.03	15.76	0.94	
SILENCI-8	0	129.49		2.28	33.9	0.02	SILENCI-8	0	0.02	0.07	0.42	5.56	43.9	25.53	3	18.16	0.65	
SILENCI-9	0	129.46		4.09	34.4	0.38	SILENCI-9	0.01	0.03	0.07	0.37	6.32	42.3	22.21	5.54	17.68	0.88	
TORRE-1	1.95	127.21	0.08	16.94	39.6	0.79	TORRE-1	0.24	0.23	0.5	1.58	8.18	32.3	17.27	0.3	20.89	1.14	
TORRE-2	1.02	127.68	0.35	16.44	40	0.71	TORRE-2	0.22	0.25	0.53	1.64	8.5	33.0	18.05	3.64	17.06	0.3	
TORRE-3	0.35	128.81	0.07	18.4	41.3	0.52	TORRE-3	0.11	0.3	0.6	1.85	8.15	29.3	17.52	4.11	18.78	0.24	
TORRE-4	0	129.88	0.11	11.08	38	0	TORRE-4	0.11	0.13	0.4	1.24	6.54	29.4	20.16	0.6	26.91	1.46	
TORRE-5	0.57	129.26	0.09	13.5	41.9	0.25	TORRE-5	0.2	0.53	1.33	4.12	9.19	25.6	12.42	2.16	17.76	2.65	
TORRE-6	0.37	129.83	0.14	15.28	42.2	0.22	TORRE-6	0.14	0.26	0.76	2.43	10.41	30.7	15.64	5.12	16.56	2.65	
TORRE-7	0.02	129.8	0.09	7.54	43.1	0.22	TORRE-7	0.06	0.11	0.52	2.63	9.48	37.2	20.43	0.37	19.91	1.32	
TORRE-8	0	130.06		5.65	40.4	0.41	TORRE-8	0.03	0.09	0.36	1.74	5.52	27.4	23.46	6.93	27.36	1.2	
TORRE-9	0	130.05		4.16	38.6	0.36	TORRE-9	0.02	0.03	0.17	0.89	4.19	31.1	23.89	6.04	28.31	0.97	
TORRE-10	0	130.03		4.2	39.7	0.47	TORRE-10	0.11	0.1	0.39	1.84	5.94	32.0	25.13	0.38	28.34	1.17	
TORRE-11	0	130.12		3.74	41.2	0.36	TORRE-11	0.03	0.08	0.28	1.5	7.36	38.8	21.77	7.74	17.76	0.63	
TORRE-12	0	130.05		4.11	39.2	0.35	TORRE-12	0.04	0.04	0.19	0.87	4.59	33.2	23.63	0.26	32.08	0.84	
TORRE-13	0	130.04		4.29	41.4	0.44	TORRE-13	0.01	0.06	0.22	1.35	8.79	40.4	22.15	0.91	21.04	0.81	
DUNA Taver.	0	130.05		2.8	39.1	0.26	DUNA Taver.	0.01	0.02	0.05	0.87	11.55	50.27	19.12	14.03	0.1	0.84	

Tabla 2. Parámetros granulométricos.

MUESTRAS:	Media (Mz)	Desv. Est.(O)	Simple (So _s)	Asimet.(Sk ₁)	Kurtosis(K _G)
ALT-1	1.872	0.505	0.874	0.014	1.140
ALT-2	1.880	0.504	0.871	0.010	1.027
ALT-3	1.942	0.507	0.848	0.003	1.052
ALT-4	1.915	0.520	0.858	0.009	1.063
ALT-5	1.820	0.523	0.864	0.003	1.102
ALT-6	1.707	0.579	0.893	0.016	0.813
ALT-7	1.909	0.562	0.896	0.003	0.952
ALT-8	1.880	0.555	0.896	0.013	0.927
ALT-9	1.783	0.473	0.844	0.009	1.378
ALT-10	1.754	0.487	0.834	0.015	1.374
ALT-11	1.810	0.489	0.834	0.008	1.308
ALT-12	1.793	0.505	0.836	0.011	1.196
BASSES-1	2.024	0.517	0.829	0.005	0.884
BASSES-2	2.026	0.476	0.763	0.008	0.876
BASSES-3	2.003	0.538	0.806	0.001	0.775
BASSES-4					
BASSES-5	1.928	0.498	0.818	0.015	0.970
BASSES-6	2.230	0.308	0.104	-0.021	0.102
BASSES-7	2.013	0.591	1.008	0.001	1.004
BASSES-8	1.899	0.507	0.856	0.005	1.061
BASSES-9	1.971	0.490	0.769	0.009	0.868
BASSES-10	1.961	0.503	0.827	0.015	0.919
BASSES-11	1.978	0.557	0.979	0.028	1.221
BASSES-12	1.878	0.551	1.062	0.041	1.386
SILENCI-1	2.090	0.852	1.272	0.017	1.178
SILENCI-2	2.127	0.748	1.099	0.054	1.103
SILENCI-3	1.762	0.727	1.285	0.012	1.269
SILENCI-4	2.038	0.796	1.204	0.027	1.268
SILENCI-5	2.093	0.847	1.262	0.021	1.132
SILENCI-6	2.053	0.626	1.052	0.028	1.095
SILENCI-7	2.147	0.661	0.982	0.059	1.083
SILENCI-8	2.218	0.670	0.973	0.049	1.094
SILENCI-9	2.295	0.661	0.944	0.002	0.938
TORRE-1	2.218	0.766	1.149	0.032	0.684
TORRE-2	2.180	0.734	1.103	0.029	1.060
TORRE-3	2.213	0.751	1.115	0.020	0.735
TORRE-4	2.309	0.742	1.062	0.016	0.619
TORRE-5	2.169	0.885	1.376	0.009	0.764
TORRE-6	2.181	0.784	1.191	0.024	0.802
TORRE-7	2.177	0.765	1.161	0.034	1.161
TORRE-8	2.333	0.728	1.098	0.004	0.686
TORRE-9	2.376	0.696	0.988	0.012	0.627
TORRE-10	2.294	0.721	1.033	0.018	0.629
TORRE-11	2.205	0.692	1.042	0.029	1.058
TORRE-12	2.339	0.713	0.988	0.021	0.591
TORRE-13	2.201	0.736	1.083	0.035	1.091
DUNA Taver.	1.942	0.483	0.801	0.020	0.974

Por lo que respecta al sondeo Silenci, todos los sedimentos indican la existencia de dos poblaciones de materiales correspondientes a los materiales playeros y a los que proceden de las crecidas fluviales. Finalmente, los sedimentos obtenidos en el sondeo Torre también demuestran que los materiales de playa se encuentran claramente mediatizados por sedimentos fluviales procedentes de los mantos de inundación en los momentos de avenida del Xúquer.

ANÁLISIS DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

El estudio geomorfológico se ha realizado mediante un doble análisis: por una parte se ha acudido a la fotointerpretación clásica del sector, utilizando distintas pasadas fotográficas y, por otra, se ha confeccionado un modelo digital de elevaciones (MDE) que ha permitido analizar con detalle la micro-morfología de la zona. El método fotointerpretativo clásico ha servido para caracterizar las principales unidades geomorfológicas, lo que ha sido muy útil para comprender la zona de manera global. Sin embargo, la extrema planitud del territorio estudiado no permitía hacer una discriminación demasiado fina de las distintas subunidades existentes y que, sin duda, aportan información muy interesante sobre la dinámica natural que ha ido modelando este espacio costero de transición. Para poder paliar esta deficiencia interpretativa se elaboró un modelo lo suficientemente detallado que permitiera analizar con precisión el micro-relieve de la zona de estudio. El resultado ha sido la generación de un modelo digital de elevaciones (MDE), de gran detalle, que ha permitido establecer no sólo los límites de los distintos subambientes que configuran el sector analizado, sino también su dinámica sedimentaria.

Metodología para la elaboración del modelo digital de elevaciones

Los modelos digitales de elevación (MDE) son modelos numéricos que representan de forma continua la realidad topográfica de un área concreta. Están definidos por una matriz –regular o irregular– de datos, en los que cada punto queda definido por su posición planimétrica (coordenadas x, y, en nuestro caso UTM) y su cota (coordenada z). Los MDE pueden generarse directamente mediante procedimientos fotogramétricos, o pueden obtenerse a partir de imágenes radar siguiendo procesos interferométricos, o bien pueden deducirse (generalizarse) a partir de datos cartográficos preexistentes (mapas topográficos). En este último caso, el MDE será tanto más preciso cuanto mayor cantidad, mejor calidad y mejor distribución tengan los datos fuente que se utilicen para generarlo. Para elaborar este MDE se han utilizado las siguientes fuentes de información:

Fuente	Escala	Datos	Formato
Mapa Deslinde Demarcación Costas	1:1.000	Puntos de cota, curvas de nivel, línea de costa	2D
Mapa CHJ	1:5.000	Puntos de cota, curvas de nivel	3D
Mapa ICV10	1:10.000	Puntos de cota, curvas de nivel, límite río, límite Estany	3D y 2D

Como puede apreciarse, la información no se hallaba ni a la misma escala ni con el mismo formato. Para la elaboración del MDE es imprescindible partir de datos con coor-

denadas tridimensionales (3D) referidas al mismo punto. Por tanto, y previo a cualquier otro trabajo, fue necesario transformar los datos de formato 2D en datos de formato 3D.

La precisión de los datos se encuentra directamente relacionada con la escala del mapa por lo que probablemente partíamos de datos de distinta calidad o precisión. Como es obvio, se priorizaron los datos procedentes de las escalas más detalladas. Del mapa del deslinde, realizado para la Demarcación de Costas se utilizaron las curvas de nivel, los puntos de cota (se han tomado 1.646 puntos de cota de este documento) y la línea de costa. Los datos del mapa de la Confederación Hidrográfica del Júcar, a diferencia de los del mapa anterior, permiten una perspectiva mucho más amplia y, aunque la densidad de información es mucho menor, han sido suficientes para detectar las principales microformas que configuran la restinga y la marjal. En este caso se empleó la curva de nivel y los puntos de cota (1.301 puntos) que ya estaban en formato 3D, aunque hubo que detectar y eliminar los puntos corruptos (puntos con datos aberrantes). Finalmente, los datos del mapa del Institut Cartogràfic Valencià (ICV10) se han utilizado en el MDE para rellenar los espacios que en el resto de los mapas presentaban vacíos o información deficitaria. Al río, al Estany Gran y al mar se les asignó cota cero.

La elaboración del MDE se ha realizado utilizando las opciones del módulo 3D Analyst del software ArcView 3.2" y se ha generado un modelo de malla triangular irregular (TIN). Este programa toma datos de todos los puntos de cota y de todos los nodos que constituyen las polilíneas que configuran cada curva de nivel y traza un triángulo entre los puntos más cercanos. El procedimiento para decidir que puntos toma el sistema en la formación del triángulo es el de la triangulación de Delaunay. Ese triángulo, que evidentemente es irregular, define un plano inclinado (ya que cada vértice contiene las tres coordenadas que se refieren a su posición y a su cota). Posteriormente, partiendo del MDE en formato TIN se puede generalizar un modelo de malla regular que, en nuestro caso, ha sido de 10 m.

Estudio del material elaborado

Con la metodología anterior se ha creado un mapa de isohipsas y un mapa de pendientes. Además se han confeccionado veinte perfiles transversales. El mapa de isohipsas (Fig. 2), con una equidistancia de medio metro, ha permitido visualizar el micro-relieve del sector. Gracias a este mapa se aprecia perfectamente hasta donde llega la influencia de las aguas de inundación del Xúquer. Este sector, que abarca toda la parte septentrional del mapa, dibuja toda una serie de hipótesis de acumulación que van penetrando en las zonas más deprimidas, señalando los límites de la máxima acumulación por decantación después de las crecidas y las zonas de erosión por canalización de esas mismas aguas. Del mismo modo, en este mapa queda perfectamente reflejado el postpaís costero que presenta, como es obvio, las máximas alturas. Además de la acera coluvial, destaca la avanzada sedimentaria del abanico aluvial del Riu de Xeraco. Por otro lado, la topografía revela la existencia de una doble restinga, aunque la más externa –donde está la playa actual– casi ha desaparecido por la acción erosiva de las olas en la parte norte. También queda de manera muy visible el cordón dunar instalado sobre la restinga interna cuya altura, aunque variable, llega a superar los 6 m en algunas zonas. Por lo que respecta a la albufera interna, llama la atención como va reduciendo su anchura paulatinamente hasta quedar muy constreñida por el cono aluvial del Riu de Xeraco. Finalmente habría que destacar que la albufera externa es mucho más pro-

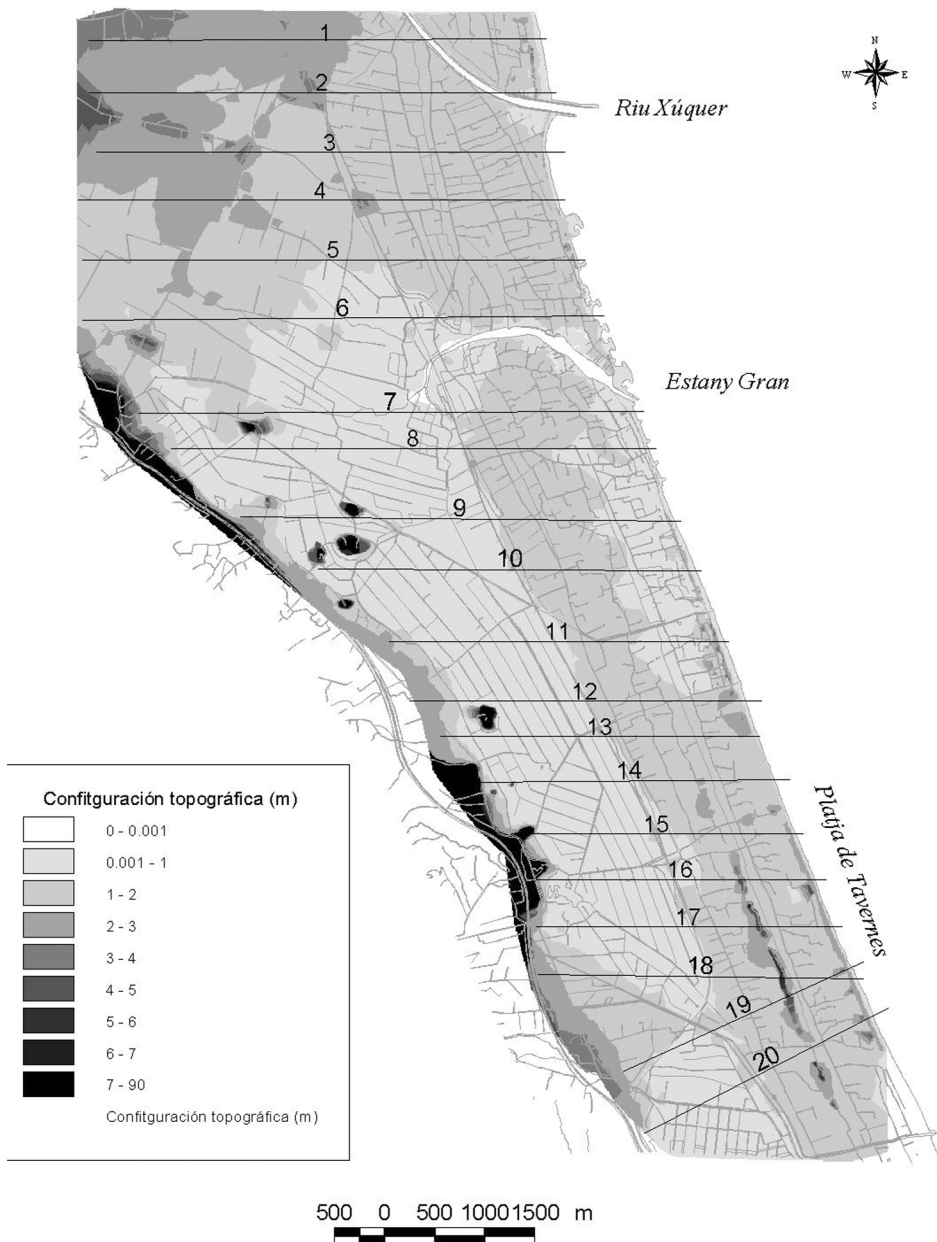


Figura 2. Modelo Digital de Elevaciones y localización de los 20 perfiles analizados.

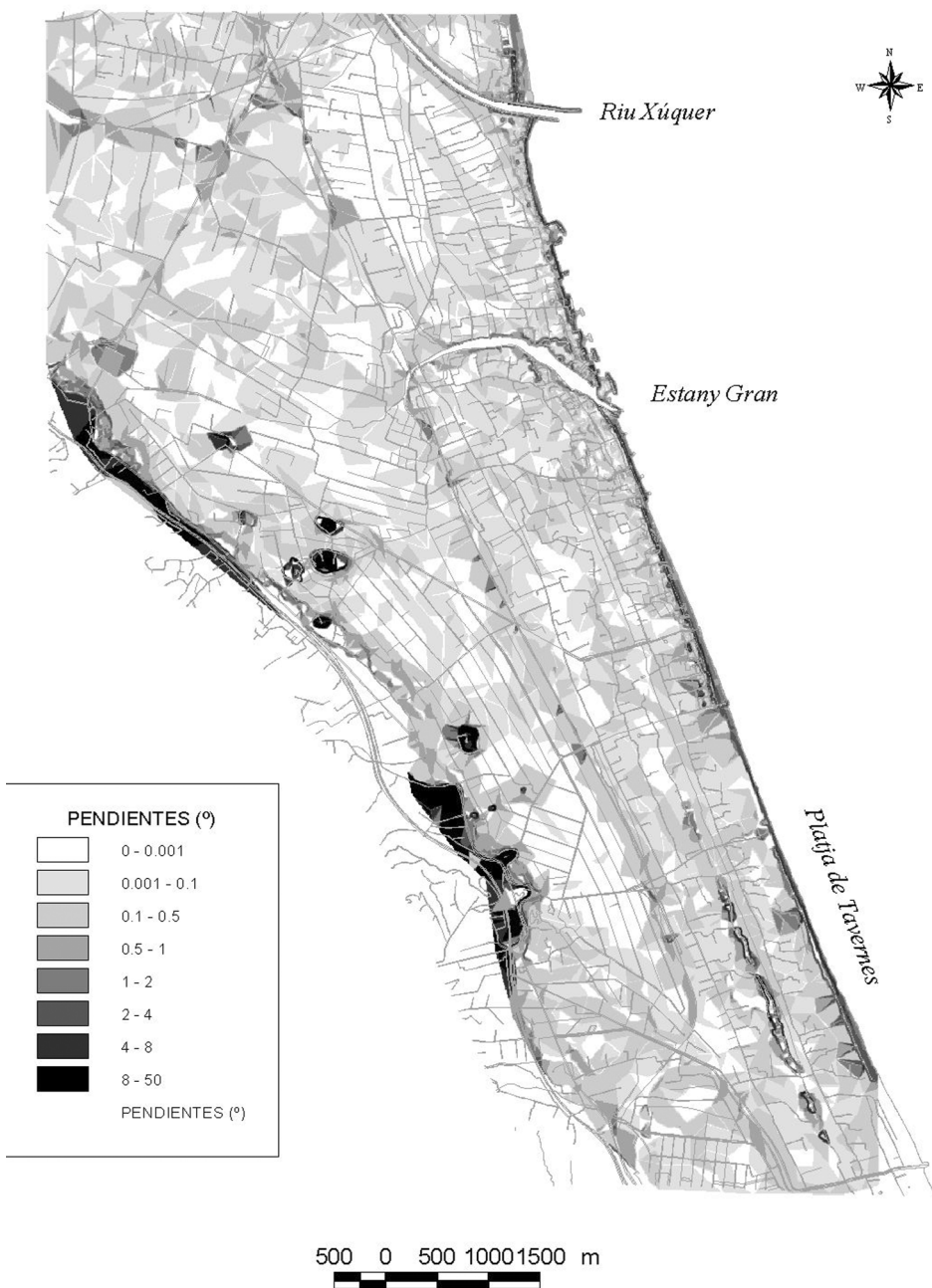


Figura 3. Mapa de pendientes.

[10]

funda en la parte inmediata a la desembocadura de l'Estany Gran y como se va haciendo más somera en el sector meridional.

El mapa de pendientes (Fig. 3), por su parte, ha resultado de gran ayuda para delimitar las distintas unidades geomorfológicas con bastante precisión (dunas, límite interior de las restingas, afloramientos rocosos, vertientes, conos aluviales, etc). Asimismo, en este mapa puede observarse la dirección de las distintas vaguadas que surcan la zona de influencia del Xúquer y la configuración de los ámbitos deprimidos albufereños, contribuyendo a la interpretación de la dinámica evolutiva de los distintos ambientes geomorfológicos

Por último, los perfiles transversales han permitido detectar las microvariaciones de los distintos subambientes (Fig. 4). Los perfiles correspondientes al dominio fluvial (del 1 al 6), entre la desembocadura del Xúquer y la de l'Estany Gran, muestran varios detalles que parece conveniente resaltar. En primer lugar, los embriones de dunas de la playa al norte de la desembocadura del Xúquer (p-1 y p-2) y el cauce del río, que sólo aparece en estos perfiles. En los perfiles siguientes (3, 4, 5, y 6) esta zona inmediata a la playa está ocupado por una vaguada de cierta importancia que parece conectar la actual desembocadura del río con el Estany Gran. En la parte media e interna de los perfiles de este tramo se observan otras vaguadas, que se van haciendo más numerosas y menos profundas a medida que progresamos hacia el sur, con la salvedad de la vaguada más occidental que se aprecia mucho más claramente en el perfil 6. Parece, en realidad, como si el flujo que circula por estas vaguadas fuera menos canalizado a medida que disminuye la pendiente.

Otro conjunto de perfiles (del 7 al 12) (Fig. 4) presentan características similares. Playa estrecha y de fuerte pendiente, sin posibilidad de acumulaciones eólicas (embriones de dunas) hasta el perfil 11 y 12 puesto que la anchura de la playa es algo superior. Inmediatamente por detrás se observa una depresión que se va ampliando y profundizando a medida que progresamos hacia el sur. A continuación aparece el cuerpo de la restinga interna en la que se observan dos microalineaciones separadas por una pequeña vaguada central a modo de depresión eólica. Una fuerte ruptura de pendiente nos sitúa en la amplia zona deprimida de la marjal interna. Esta antigua zona albufereña tiene un contorno disimétrico, ya que la zona más profunda se localiza en las proximidades de la restinga, mientras que el sector situado cerca de los relieves es más somero probablemente por haber tenido una colmatación mayor y más duradera en el tiempo. En los perfiles 7, 8, 9 y 10 se puede apreciar la existencia de una vaguada de cierta importancia en contacto con los relieves del postpaís costero, que podría tratarse de un paleocauce.

El siguiente conjunto de perfiles (del 13 al 17) corresponde al sector meridional. Las principales características de estos perfiles serían: mayor anchura de la playa actual, así como menor anchura y, sobre todo, menor profundidad de la depresión externa. En realidad parece que de una antigua albufera se haya pasado a una *mallada* similar a la central de la Albufera de Valencia, o que la colmatación de la antigua albufera externa haya sido más efectiva en este tramo. Por lo que respecta a la restinga interna, su morfología cambia por completo, ya que la zona ligeramente deprimida cede su lugar a una alineación dunar que supera los 6 m de altura en algunos puntos como, por ejemplo, en el perfil 18. La transición a la albufera interna se hace de forma mucho más gradual que en el sector anterior y sólo en los últimos perfiles (17 y 18) se hace patente la mayor profundidad de esta depresión en las inmediaciones de la restinga. Finalmente los perfiles 19 y 20, aunque se realizaron una orientación ligeramente diferente presentan unas características muy similares a los perfiles más meridionales del conjunto anterior.

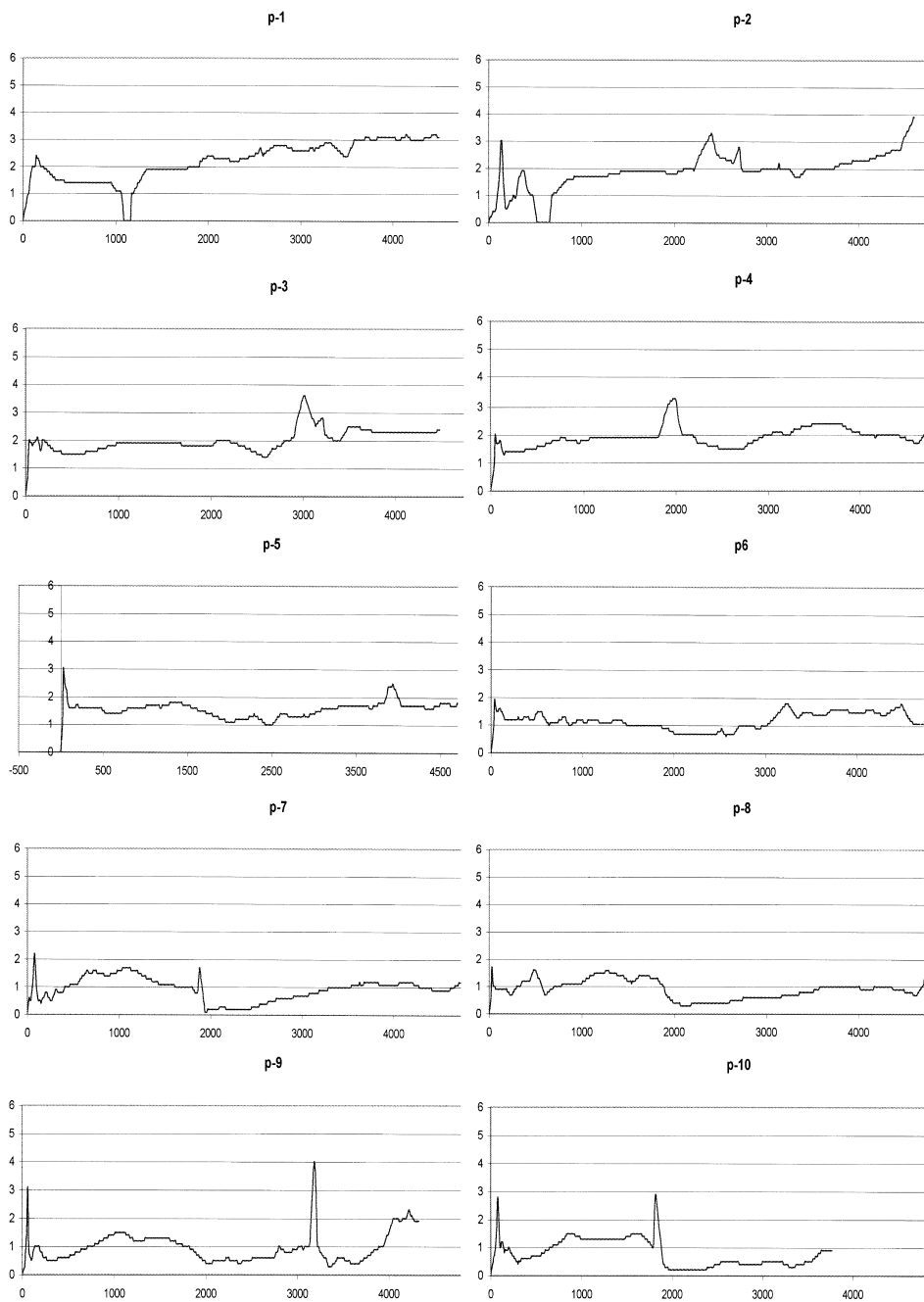
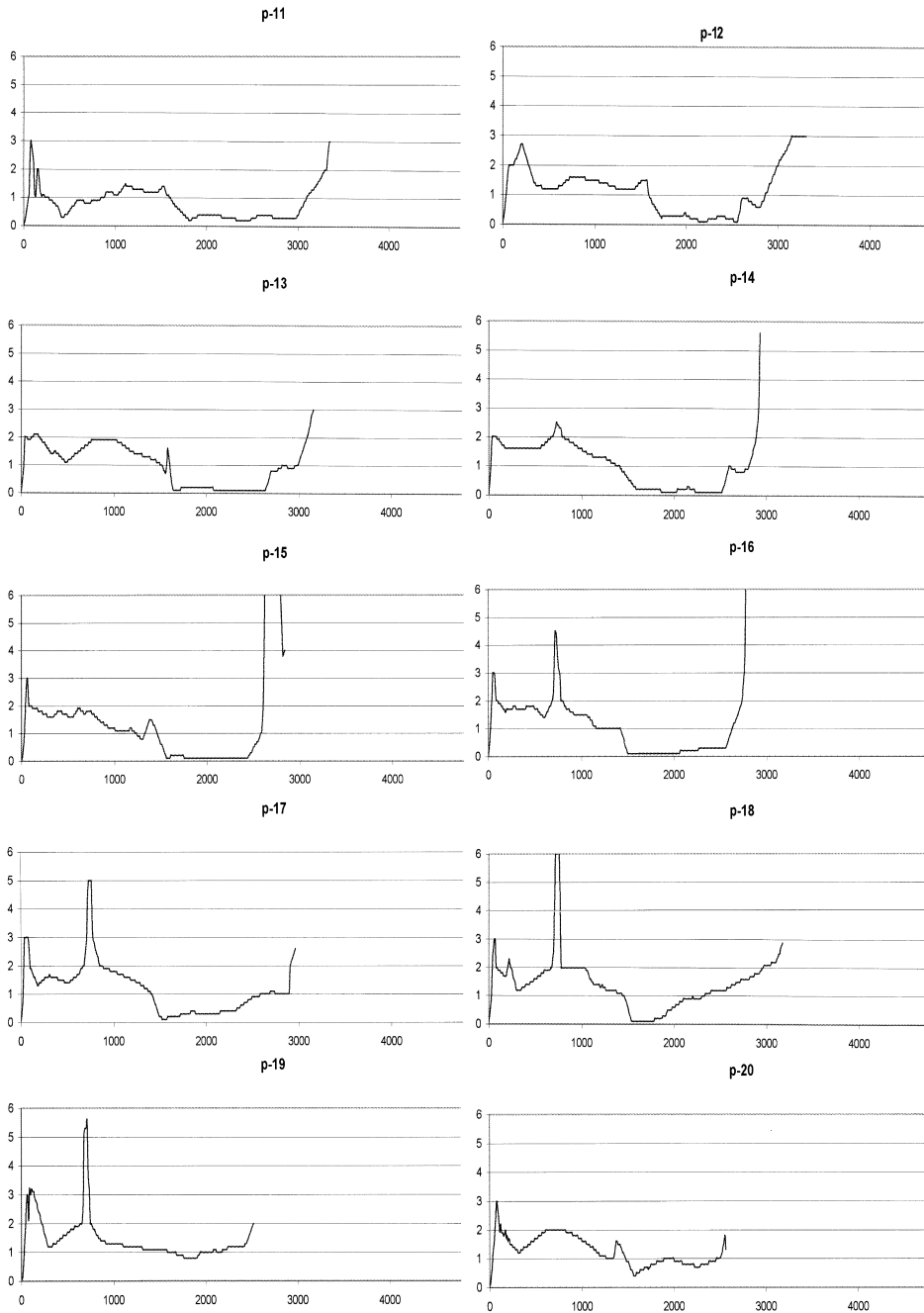


Figura 4. Perfiles transversales. Hay que señalar que los perfiles están realizados como si el espectador estuviera situado al N. Por tanto, la parte de la izquierda del perfil se corresponde con la zona

[12]



de playa (E) y la de la derecha con la zona continental (W).

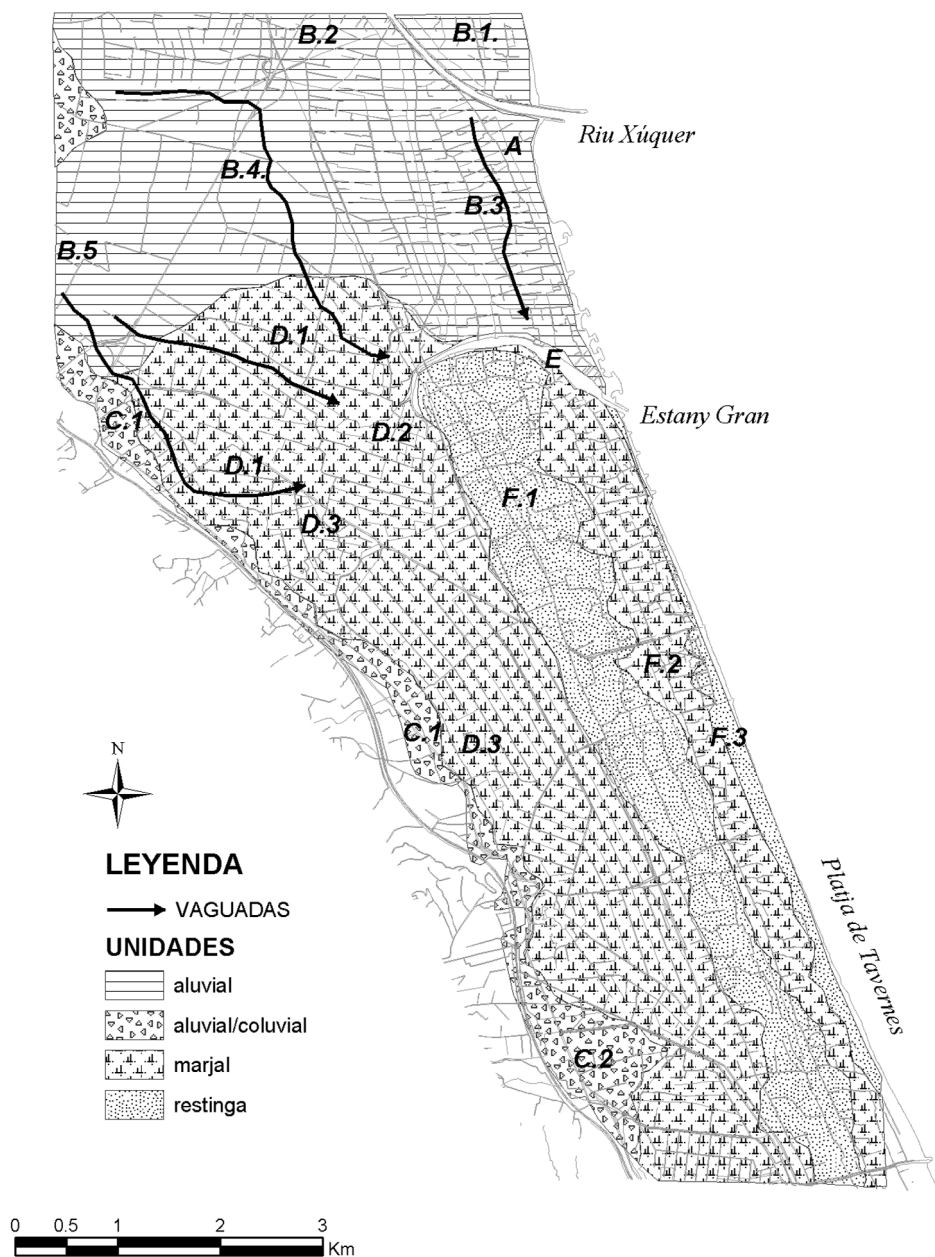


Figura 5. Mapa de las unidades geomorfológicas de la zona.

[14]

Descripción de las unidades geomorfológicas

A partir de la fotointerpretación y del análisis, tanto del modelo digital como de los perfiles transversales confeccionados, se pueden distinguir las siguientes unidades geomorfológicas (Fig. 5):

- A. Desembocadura del Riu Xúquer.
- B. Llanura aluvial.
- C. Conos y piedemontes.
- D. Albufera o marjal.
- E. Estany Gran.
- F. Restinga, con sus subunidades entre las que destacan las dunas litorales.

A. Desembocadura del Xúquer

Constituye el límite septentrional de la zona de estudio. Esta desembocadura ha experimentado modificaciones espaciales a lo largo del tiempo. Aunque hay algunas teorías sobre la posible desembocadura del Xúquer al norte de de la Serra de les Raboses de Cullera (RUIZ, 2001), seguimos pensando que el Xúquer desembocaba más al sur y que las sucesivas difluencias que ha experimentado en épocas relativamente modernas siempre han sido desde posiciones más meridionales hacia su ubicación actual, como ya señalaron Mateu *et al.* (1999). En momentos de crecida las aguas de inundación llegan sin lugar a dudas a la marjal de la Albufera de Valencia y puede que en el pasado llegaran incluso con más frecuencia. Por otra parte no puede descartarse que en algún momento del Cuaternario, cuando la restinga actual de la Albufera de Valencia aún no estaba en su situación actual, el río pudo haber desembocado al norte de lo que entonces sería la isla de Cullera. Del mismo modo pensamos que los sedimentos aportados en los momentos de crecida han contribuido a la colmatación de la marjal septentrional que actuaría como cubeta de decantación para los sedimentos transportados en suspensión, pero lo que no parece lógico es pensar en la existencia de un cauce permanente que hubiera atravesado la actual restinga de la Albufera de Valencia sin dejar huella mineralógica de su existencia. Como ya se ha comentado anteriormente, las diferencias en las asociaciones mineralógicas predominantes al norte del Cap de Cullera y al sur de la desembocadura actual del Xúquer (SANJAUME, 1985) son tan acentuadas que no dejan margen para elucubrar en ese sentido.

A nuestro entender es mucho más probable que el Xúquer haya experimentado distintas difluencias en el sector meridional. Además de algunos aspectos geomorfológicos que se comentarán posteriormente, existen documentos cartográficos que demuestran que el río desembocaba algo más al sur de su posición actual. A este respecto hay que señalar la existencia de un mapa del siglo XVIII en el que la desembocadura del río se encuentra más al sur, sin llegar a la altura de l'Estany Gran. Por otra parte, la Carta Náutica de 1877 sitúa esta desembocadura unos 200 m al sur de la actual. Hoy en día la desembocadura se encuentra canalizada. La construcción de los espigones de esta canalización es uno de los principales motivos para la erosión acelerada que han experimentado las playas situadas al sur de la misma.

B. Llanura aluvial del Xúquer

Enmarca la parte septentrional de la zona estudiada. Es una zona de transición entre espacios puramente fluviales y los medios albuferños y de restinga situados más al sur. Observando el modelo digital de elevaciones podemos diferenciar varias subunidades:

B.1. *Sector noroccidental*: es una zona de estricta sedimentación fluvial que corresponde a la llanura aluvial del río. Su principal característica es que se encuentra más elevada que el resto del tramo analizado. Presenta en detalle una serie de irregularidades muy interesantes. Esta microtopografía puede observarse en los perfiles 1, 2, 3, 4, y 5. En la subunidad que nos ocupa, la topografía nos revela una serie de pequeñas vaguadas, separadas por umbrales de muy poco resalte, que a nuestro entender deben estar relacionadas con la dirección que toman los flujos de agua en los momentos de crecida.

B.2. *Sector oriental*: se trata de una zona que llama la atención por ser completamente plana. Parece como si en este ámbito los flujos no experimentasen ningún tipo de canalización y se comportasen en su conjunto como una balsa de decantación de los sedimentos de las aguas de desbordamiento.

B.3. *Vaguada oriental*: separa la zona llana comentada anteriormente de la zona inmediata al mar, como puede comprobarse en los perfiles 3 y 4. Es probable que se trate de un paleocauce que conecte las aguas del río con la desembocadura de l'Estany Gran en momentos de avenida.

B.4. *Vaguada central*: también discurre más o menos paralela a la costa en el sector central de esta unidad. La microtopografía revela su existencia prácticamente desde el perfil 1, aunque se hace muy visible en los perfiles 3, 4, 5 y 6. Es evidente que las aguas deben canalizarse por estos ámbitos más deprimidos en los momentos de inundación, pero no pensamos que su existencia esté ligada exclusivamente a los desbordamientos, sino que puede tratarse de un paleocauce que, incluso nos atreveríamos a sugerir, conecta con el Estany Gran.

B.5. *Vaguada occidental*: en este caso se trata de una zona deprimida que se encuentra muy próxima a los relieves del postpaís costero y que debe canalizar hacia la marjal las aguas de los momentos de crecida. Esta vaguada queda bastante marcada en los perfiles 6, 7, 8 y 9.

C. Conos y piedemontes

Constituyen el límite occidental de la zona estudiada y se corresponden en términos generales con las mayores alturas observadas en todo el sector, que dan paso a los contrafuertes montañosos del postpaís costero. En este ámbito, la sedimentación se produce por gravedad y arroyada en los piedemontes, así como por arroyada y acción de pequeños barrancos en el caso de los conos.

C.1. *Piedemontes*: son las zonas que conectan la antigua albufera con los relieves montañosos. Son los sectores que presentan, como es obvio, las mayores alturas y las mayo-

res pendientes. La existencia de estos contrafuertes montañosos delimita la anchura de la antigua albufera, forzando su aspecto estrecho y alargado.

C.2. *Conos*: además de algunos pequeños poco significativos, en el sector meridional del modelo presentado, existe un cono de cierta relevancia que queda perfectamente delimitado por la microtopografía. Los aportes de este cono formado por el Riu de Xeraco, por otra parte, parecen haber dividido la antigua albufera en dos subcuencas.

D. Albufera

La antigua albufera de este sector probablemente se formó cuando una restinga arenosa separó del mar un ámbito marino que quedaba enmarcado por las avanzadas sedimentarias de las desembocaduras del Xúquer y el Riu d'Alcoi (Serpis). Debido a la proximidad de los relieves montañosos presentaría una forma estrecha y alargada, quedando someramente dividida por el cuerpo sedimentario del cono del Riu de Xeraco. Esta antigua albufera se ha visto sometida a diversos procesos de colmatación. Es probable que se trate de una de las albuferas cuya sedimentación natural haya sido más efectiva puesto que atrapa gran cantidad de los sedimentos aportados por el Xúquer en los momentos de crecida. No es extraño, por tanto, que las zonas más deprimidas, menos colmatadas sean las que se encuentran más alejadas de la influencia del río. La ubicación de esta zona deprimida queda perfectamente reflejada en los perfiles transversales del 6 al 20.

En este ámbito podríamos distinguir tres subunidades:

D.1. *Vaguadas*: se sitúan en el límite con la llanura aluvial y son continuación de las vaguadas central y occidental descritas anteriormente. En la zona de la antigua albufera entre estas dos vaguadas se instala una nueva, que no parece tener una prolongación tan marcada en la llanura de inundación, pero que en la marjal también sirve para vehicular las aguas de las crecidas. Esta subunidad presenta una altura relativamente superior a la del resto de la marjal, probablemente como consecuencia de los aportes procedentes de los desbordamientos.

D.2. *Depresión central*: constituye la zona más deprimida del tramo analizado. Se inicia en las inmediaciones de l'Estany Gran y se prolonga hacia el sur. Queda limitada por los contrafuertes montañosos y la restinga.

D.3. *Afloramientos rocosos*: son visibles en los perfiles transversales 9 y 10. Se encuentran diseminados a lo largo de la marjal en la zona más inmediata a los relieves montañosos, por lo que son formaciones estructurales relictas, que en algún momento pudieron quedar como pequeños islotes o escollos dentro de la albufera.

E. Estany Gran

En la actualidad consiste en una laguna muy estrecha y alargada que recoge las aguas de surgencias cársticas y de diversas acequias de drenaje. La laguna presenta, además, forma incurvada lo que sugiere un cierto desplazamiento hacia el sur probablemente debido a procesos de dinámica marina. Con los oleajes predominantes, la deriva litoral presenta una componente neta N-S, por lo que es muy probable que se vaya taponando la

desembocadura de la laguna con los materiales aportados con la corriente de deriva, por lo que la salida natural de las aguas, normalmente con muy poca competencia de transporte, se ve obligada a desplazarse ligeramente hacia el sur. En la actualidad esta tendencia migratoria ha quedado totalmente paralizada por las obras de canalización de la desembocadura de l'Estany Gran. Sin embargo, la fotointerpretación de las series entre 1956 y 1977 y los trabajos de campo realizados en noviembre de 1977 corroboran la existencia de una barra migrando hacia el sur, que incluso pudo ser muestreada para su caracterización sedimentológica (SANJAUME, 1985). La composición mineralógica de los sedimentos de l'Estany, que presentan una gran similitud con los del Xúquer, y su forma superficial nos llevó a la afirmación de que se trataba una antigua difluencia del Xúquer (SANJAUME, 1985). En la actualidad, su conexión con la vaguada central que nos revela el análisis microtopográfico, la forma en V del perfil transversal de esta laguna y su profundidad de -8 m (BURGUET *et al.*, 1988) casi en las inmediaciones de la playa nos reafirman en nuestra teoría de que se trata de un antigua desembocadura del Xúquer, que probablemente fue funcional en algún momento de pulsación negativa del nivel del mar, puesto que quizá en estos ámbitos existía mayor pendiente para el libre discurrir de las aguas. La existencia de afloramientos de aguas subterráneas (*ullals*) y el drenaje de la red de acequias de este tramo permiten que esta laguna haya seguido manteniendo su profundidad, sin colmatarse con el tiempo. Por otra parte, hay testimonios cartográficos que demuestran estos emplazamientos más meridionales. Por tanto, si hace unos pocos siglos el Xúquer desembocaba 200 o 300 m más al sur, podemos fácilmente imaginar que podía haberlo hecho por el actual Estany Gran en épocas anteriores. Con todo, es evidente que una mayor precisión en la historia evolutiva de este sector sólo podrá alcanzarse si se realizan sondeos mecánicos en las inmediaciones de la desembocadura de l'Estany Gran que permitan alcanzar profundidades significativas, ya que hasta ahora sólo contamos con los perfiles estudiados en el trabajo de Román (1987).

F. Restinga

Aunque a grandes rasgos parece que la restinga arranca de la desembocadura del Xúquer, en un análisis un poco más detallado se hace evidente que la restinga se inicia al sur de la desembocadura de l'Estany Gran, lo que podría utilizarse también en la argumentación anterior como otro factor que apoyaría la posición meridional del río. La formación de esta restinga, quizá por emersión de una barra submarina, determinó la existencia de la antigua albufera que hemos analizado anteriormente. En su conjunto, la restinga presenta mayor altura en su tramo meridional y se confirma la existencia de una doble restinga como ya se apuntaba en trabajos anteriores (SANJAUME, 1980, 1985). De acuerdo con la fotointerpretación y el estudio del modelo digital, dentro de la restinga pueden diferenciarse cuatro subunidades geomorfológicas: restinga interna, zona deprimida, restinga externa y dunas que se encuentran tanto en la restinga interna como en la externa.

F.1. *Restinga interna*: probablemente es la más antigua y se corresponde con el primer cierre de la zona albufereña. Su amplitud va disminuyendo hacia el sur, por lo que parece que la progradación ha sido más efectiva en las inmediaciones de la principal fuente de suministros que es el río. Esta restinga interna podría dividirse en tres tramos.



Figura 6. Acumulación eólica muy antropizada, situada en el sector meridional de la restinga interna.

- El primero abarcaría desde el Estany Gran hasta el perfil transversal 12. La principal característica de este sector es la existencia de una doble alineación dunar separada por una depresión interdunar. Esta doble alineación, de relativa poca altura, queda perfectamente visible en los perfiles 7, 8, 9 y 10. Un elemento que llama la atención en este tramo de la restinga interna es el contorno festoneado de su contacto con la depresión inmediata a la orilla. Se trata de pequeños surcos erosionados por las aguas de crecida cuando, una vez han sobrepasado la altura de la restinga, buscan su salida al mar.
- El segundo tramo es más corto, abarca desde el perfil 12 al 15. Es un sector de mayor altura media que el anterior y cuya doble alineación dunar se transforma en un único cordón localmente de mayor altura. Aunque siguen existiendo zonas más deprimidas en su vertiente oriental, en muchos tramos existe una colmatación casi total, de tal manera que el conjunto arenoso pasa prácticamente sin interrupciones hasta la playa actual.
- Finalmente, el último tramo es el más meridional. Aquí se da una única alineación dunar, que en algunos puntos alcanza los 6 m de altura (RUIZ, 2001). Esto podría suponer la existencia de una fuente de alimentación para el transporte eólico más importante (Fig. 6).

F.2. *Depresión externa*: Morfológicamente presenta todas las características de una pequeña albufera estrecha y alargada que con ciertas interrupciones se prolonga hacia el sur. Por su microtopografía también podrían diferenciarse dos tramos. El septentrional es el más deprimido. Es la zona en la que se ubica, por ejemplo, el Brosquil de Cullera. El sector meridional está casi completamente colmatado y sólo aparecen pequeñas depresiones de escasa profundidad debidas, quizá, a la acción humana.

F.3. *Restinga externa*: es mucho más estrecha que la interna y debido a la erosión costera acelerada que han experimentado los sectores septentrionales ha quedado constreñida a la playa estricta en un amplio sector (aproximadamente hasta el perfil 11). A partir de este sector central se hace más amplia, aunque sigue siendo muy estrecha. En esta restinga también ha existido una alineación dunar, que en el norte ha desaparecido bajo la erosión de las olas. Algunos de los festones que aparecen en la transición entre esta restinga y la depresión comentada anteriormente son típicos abanicos de derrame (*washover fans*), que incluso habían podido ser reconocidos en el campo antes de las actuaciones antrópicas a las que han estado sometidas estos ámbitos.

No tenemos sondeos mecánicos que puedan dar luz sobre las distintas etapas evolutivas de toda esta unidad, pero por similitud con la Devesa de la Albufera de Valencia (SANJAUME y CARMONA, 1995) pensamos que la restinga interna es más antigua, con una primera fase de formación de dunas. Después de ese máximo sedimentario, se produciría un periodo de menor aporte, en el que la costa siguió progradando, pero sin los excedentes necesarios como para seguir desarrollando acumulaciones dunares. Finalmente un nuevo máximo sedimentario, de época más reciente determinaría la formación de las dunas de la restinga externa. Buena parte de esta formación ha desaparecido bajo las aguas por acción de las olas debido a la erosión acelerada que las distintas actuaciones antrópicas han generado en este tramo costero.

De la interpretación de todas estas unidades geomorfológicas se desprende que el tramo costero situado al sur de la desembocadura del Xúquer ha experimentado una importante progradación a lo largo del Holoceno. La formación de dos restingas con sus correspondientes alineaciones dunares demuestra, además, que el suministro sedimentario que las ha alimentado ha sido durante todo ese tiempo muy importante, como demuestra la existencia de una torre vigía del siglo XVI a unos 300 m de la orilla actual. Esta tendencia secular progradante y acumulativa ha quedado truncada por la acción humana, como se ha visto con las obras de encauzamiento del Xúquer, que se realizaron entre 1947 y 1956 y sus sucesivas ampliaciones (PARDO, 1991; BROCAL *et al.*, en prensa). El sector situado al sur de la desembocadura ha mantenido una tendencia claramente erosiva a partir de 1956, que sólo ha podido ser frenada mediante continuas intervenciones humanas. Con todo, aunque se consigue paralizar el retroceso en un punto concreto, más al sur la erosión se reactiva a unos centenares de metros. La playa norte de Tavernes de la Vallidigna, que hasta finales de los años ochenta había permanecido con una dinámica estable (PARDO, 1991), presenta en la actualidad claros signos de erosión lo que ha obligado a realizar vertidos de arenas procedentes de otras playas (BROCAL *et al.*, en prensa).

DISCUSIÓN

Los sondeos realizados en las inmediaciones de la desembocadura del río demuestran un claro predominio de material fluvial y que la restinga en realidad no arranca de este punto sino que lo hace al sur de l'Estany Gran.

Hay que destacar las diferencias de profundidad de la depresión externa, con una parte septentrional relativamente menos colmatada o más excavada y un sector meridional mucho menos profundo. Ante estas diferencias caben distintas interpretaciones. La primera sería por erosión de las aguas de crecida del río y del propio Estany. Una segun-



Figura 7. Detalle del tipo de material que conforma las dunas internas, con una elevada proporción de material fino.

da podría relacionarse con acción antrópica que habría rebajado parte de la zona para la instalación de nuevos cultivos y/o captación de aguas freáticas. Finalmente, en tercer lugar podría aducirse que la sedimentación ha sido más importante en la zona meridional y, por tanto, la colmatación más efectiva.

En la actualidad las únicas alineaciones de cierta envergadura se localizan en el sector meridional, lo que confirma su buena alimentación.

Si las únicas fuentes de suministros fueran los aparatos fluviales, las dunas deberían encontrarse a lo largo de todo el sector y esto no sucede, por tanto en el sector meridional deben concurrir otras circunstancias que favorezcan el transporte y depósito de sedimentos.

Por otra parte, las acumulaciones dunares internas, que se encuentran muy antropizadas, presentan una elevada proporción de arcilla en su composición textural, siendo bastante parecidas a las *lunnettes* lagunares (Fig. 7).

Las arcillas han de tener necesariamente una procedencia continental y las arenas son playeras, por lo que existe un doble aporte de direcciones opuestas, que puede relacionarse con varias circunstancias:

Régimen de vientos con alternancias estacionales levante-poniente.

Efecto de encañonamiento de los vientos de poniente debido a la existencia de la fosa tectónica de la Valdigna en el postpaís costero que puede magnificar el transporte eólico en este sector.

La propia presencia del cono aluvial que puede ceder parte de su material fino.

CONCLUSIONES

El análisis de la microtopografía nos permite conocer la disposición de los distintos ambientes sedimentarios, pero la evolución experimentada por los mismos a lo largo del tiempo sólo puede comprenderse mediante la interpretación sedimentológica de catas y sondeos.

De este modo, podemos concluir que los materiales de los sondeos más próximos a la desembocadura del Xúquer y de l'Estany Gran (Torre y Silenci) se corresponden con materiales de *backbarrier* con claras influencias de sedimentos transportados por aguas de crecida. La presencia fluvial es más marcada en los materiales superficiales. El sondeo Basses sugiere un fondo de playa trasera sobre el que se ha formado una charca, funcional durante mucho tiempo. Esta charca ha quedado colmatada con material procedente de la playa transportado, sobre todo en las épocas más recientes, por procesos de *overwash* durante temporales de gran energía. Finalmente, el sondeo más meridional (Alt) presenta materiales eólicos mezclados con sedimentos típicamente playeros. Estas características se corresponden perfectamente con su situación más alejada tanto de la orilla del mar como de la influencia fluvial.

Respecto a los ambientes sedimentarios detectados mediante el análisis de la microtopografía, habría que resaltar los siguientes aspectos:

- Diferencias en la desembocadura del Xúquer que probablemente desembocó mucho más al sur en algún momento del Cuaternario. Parece evidente que l'Estany Gran se trata de una antigua desembocadura fluvial, como sugiere la vaguada que lo conecta con el río. Las otras vaguadas demuestran las zonas de canalización de las aguas de crecida.
- Génesis de una doble restinga a partir de la desembocadura de l'Estany Gran. La restinga más interna cerró una albufera alargada, que quedaba parcialmente dividida en dos sectores por la avanzada del cono aluvial del Riu de Xeraco.
- Entre ambas restingas queda una zona alargada y deprimida con encharcamientos debidos a la surgencia de aguas freáticas. La parte septentrional de la restinga externa habría sido en época histórica mucho más amplia que en la actualidad, pero el retroceso ha sido muy escaso o incluso nulo en la zona más meridional de esta playa.

Resulta evidente, por tanto, que la totalidad del sector estudiado ha tenido, hasta hace relativamente pocos años, una dinámica fundamentalmente acumulativa. Pero desde los años 50 del siglo XX la tendencia sedimentaria ha cambiado por completo. Ahora predominan claros procesos erosivos directamente relacionados con las actuaciones humanas llevadas a cabo en el sector. La causa principal de los desequilibrios es la canalización y construcción de diques en la desembocadura del río Xúquer. A partir de ese momento, se interrumpe el flujo sedimentario asociado a la deriva litoral, provocando una fuerte acumulación en las playas situadas al norte del río y una creciente regresión en las ubicadas al sur. Las obras posteriores, llevadas a cabo tanto por la Administración Pública como por particulares, han frenado los procesos erosivos en algunos lugares de modo puntual, pero han trasladado el problema más al sur. Esto ha provocado que las pérdidas de playa hayan sido generalizadas a lo largo de toda la zona estudiada.

Agradecimientos

Los autores quieren mostrar su gratitud a varios amigos que han colaborado desinteresadamente en el trabajo de campo o en el análisis de las muestras. Queremos agradecer a José Miguel Ruiz la posibilidad de utilizar la sonda manual y sus consejos prácticos en el campo. A Jon Tolgensbakk y Francesc Cayo su inestimable ayuda en la extracción de las muestras, así como el riguroso análisis de las muestras que este último realizó en el Laboratorio de Geomorfología del Departamento de Geografía de la Universidad de Valencia, con la amable ayuda de León Navarro.

BIBLIOGRAFÍA

- BROCAL, R., LÓPEZ-GARCÍA, M^a J. y PARDO PASCUAL, J.E. (en prensa): Análisis de la evolución de la línea de costa en el litoral valenciano mediante SIG e imágenes de satélite. El sector Cullera-Tavernes de la Valldigna (1956-1999). En SANJAUME, E. y MATEU, J.F. (eds.): *Geomorfología Litoral i Quaternari. Homenatge a V.M. Rosselló i Verger*, València, Servei de Publicacions de la Universitat de València.
- BURGUET, I.; CAMARASA, A.; NAVARRO, L.; PARDO, J.; VIÑALS, M.J. (1988): L'Estany Gran de Cullera: evolución geomorfológica. *Cuadernos de Geografía*, 44, 163-176
- MATEU, J.F.; SANCHIS, C.; FERRI, M. (1999): El golf de València durant els segles XVI i XVII. Canvis ambientals. En *Geoarqueologia i Quaternari litoral. Memorial M.P. Fumana*, València, Universitat de València, 456 p. Cf. pp: 367-374
- PARDO PASCUAL, J. E. (1991): *La erosión antrópica en el litoral valenciano*, Conselleria d'Obres Públiques i Urbanisme, 240 pp.
- ROMÁN, F. (1987): *Distribución y propiedades geotécnicas de los suelos cuaternarios de las zonas mariscales existentes en el litoral levantino, entre Sollana y Gandía*. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, Tesis doctoral inédita.
- ROSSELLÓ, V.M. (1979): Els espais albuferencs del País Valencià. *Acta Geològica Hispànica*, Homenatge a Lluís Solé Sabarís, 14, 487-493
- RUIZ PÉREZ, J.M. (2001): *Hidrogeomorfología del llano de inundación del Júcar*. Valencia. Tesis Doctoral, 200 ff.
- SANCHIS DEUSA, M.C. (1978): Dos mutaciones paisajísticas ligadas al arrozal de la antigua gobernación de San Felipe. *Cuadernos de Geografía*, 22, 59-72
- SANJAUME, E. (1980): Morfología litoral del sector meridional del Golfo de Valencia. *I Curso de Geomorfología Litoral Aplicada*, Valencia, E.T.S. Ingenieros Caminos, Canales y Puertos, 75-86
- SANJAUME, E. (1985): *Las costas valencianas. Sedimentología y morfología*. Valencia, Universidad de Valencia, 505 pp.
- SANJAUME, E.; CARMONA, P. (1995): L'Albufera de Valencia: rasgos geomorfológicos y evolución cuaternaria. En *El Cuaternario del País Valencià*, València, Universitat de València, 262 pp. Cf. pp: 155-161
- SANJAUME, E., PARDO, J.E. (2000): Albuferas litorales: estado de la cuestión. En ANDRÉS, J.R.; GRACIA, F.J. (eds.): *Geomorfología Litoral. Procesos Activos*, Madrid, Instituto Tecnológico y Minero de España, 255 pp. Cf. pp: 115-139