

CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA, CARTOGRAFIA AUTOMATICA Y SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA. (Hoja MTN N° 747 Sueca)

P. CARMONA & J.M. RUIZ

Departamento de Geografía. Universitat de València. Apdo. 22060. 46080 Valencia

Resumen. Este trabajo presenta la cartografía geomorfológica de un sector de la llanura litoral mediterránea, la hoja de Sueca (MTN n° 747) escala 1:50.000; se describe el método de trabajo seguido en su realización, la organización de la leyenda y la interpretación geomorfológica a modo de memoria. Se comentan los resultados alcanzados en el proceso de Cartografía Automática utilizando el programa Microstation (versión 5) y se valoran las posibilidades de la introducción de los datos geomorfológicos en un Sistema de Información Geográfica.

Palabras clave: cartografía geomorfológica, cartografía automática y Sistemas de Información Geográfica.

Abstract. This paper presents the geomorphological mapping of a section of the mediterranean coastal alluvial plain, the topographic Sueca map, N° 747 scale 1:50.000. Includes a method, legend organization, geomorphological interpretation description, and experience of automatic cartography whit software Microstation (v. 5.0) discussion. Finally we discourse upon the geomorphological data introduction on a Geographical Information Systems.

Key words: Geomorphological mapping, computer Cartography and Geographical Information Systems.

1. Introducción

Presentamos un avance acerca del procedimiento seguido y los resultados obtenidos en la elaboración de cartografía temática geomorfológica del mapa topográfico nacional escala 1:50.000. Dicha cartografía se ha realizado con la financiación de varios proyectos (1), aunque el organismo impulsor ha sido el IVEI (Institució Valenciana d'Estudis i Investigació, Instituto de Geografía). Se llevan realizadas varias hojas (Llíria, n° 695; Cheste, n° 721; Llombai, n° 746; Alzira, n° 770; Sueca, n° 747; Requena, n° 720 y Valencia, n° 722 (en curso de elaboración). Sobre la información geomorfológica contenida en dichas cartografías se han efectuado diversas publicaciones (March, 1992; Carmona 1995 a y b; Ruiz y Carmona 1996). En el presente trabajo se aportan datos sobre los resultados obtenidos en la elaboración de la hoja de Sueca (n° 747) (fig. 1); se describe el método seguido en su realización, similar al del resto de las hojas. Se presentan también los resultados alcanzados en el proceso de Cartografía Automática utilizando el

programa Microstation y se valoran las posibilidades de la introducción de los datos de índole geomorfológica en un Sistema de Información Geográfica (temática abordada específicamente en otro trabajo por Ruiz, 1996).

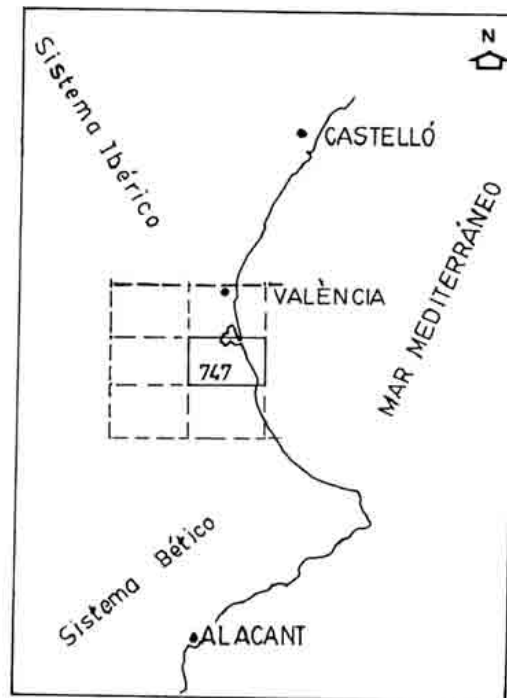


Fig 1. Mapa de situación
(Study area)

2. Cartografía geomorfológica de la hoja de Sueca (MTN nº 747).

2.1. El mapa geomorfológico

El objetivo de un mapa geomorfológico es el de proporcionar una imagen precisa y sistemática de las formas y procesos de la superficie terrestre. Un mapa geomorfológico contiene información científica por sí misma pero reflejada en un mapa, medio de gran valor y utilidad en la expresión de las características del medio natural.

En la realización de la cartografía geomorfológica de la hoja de Sueca se siguió el siguiente método:

En primer lugar se efectuó una interpretación preliminar de las formas y los procesos en fotogramas aéreos a diferentes escalas: 1:33.000 (vuelo de 1957); 1:18.000 (Iryda); 1:25.000 y 1:10.000 (vuelos efectuados tras la inundación de la Ribera del Júcar en 1982). Cada una de estas series se utiliza con fines diferentes; las escalas menos detalladas se emplean para interpretar grandes rasgos de conjunto; las más detalladas y recientes se utilizaron especialmente para procesos actuales tales como identificación de espacios inundables, subdeltas de derrame, vaguadas, etc. de la llanura aluvial del Júcar.

Con posterioridad se realiza trabajo de campo; el objetivo es hacer observaciones, comprobar texturas, color, encostramiento de material, ambientes sedimentarios e interpretar cortes y estratigrafía para asignar una edad relativa a las diferentes formaciones identificadas en superficie. Los datos recogidos sirven para completar la fotointerpretación.

Dada la escasa entidad del relieve de abanicos, cuencas de inundación, vaguadas de desagüe, diques y



Fig. 2. Mapa geomorfológico de la hoja de Sueca MTN n.º 747 escala 1:50.000. (Geomorphological Sueca map. Topographical Map n.º 747 scale 1:50.000).

MORFOESTRUCTURA	MORFOCRONOLOGIA	SEDIMENTOS
 Falla	 Cuaternario indiferenciado	 Cantos grava y arena
 Estratos subverticales	 Pleistoceno inferior	 Arena
 Cuesta	 Pleistoceno medio	 Limo
 Fisura volcánica	 Pleistoceno superior	 Arcilla
 Estratos horizontales	 Holoceno	 Costras
 Buzamiento		
FORMAS FLUVIALES	FORMAS LITORALES	FORMAS LADERAS
 Terraza	 Playa de arena	 Arroyadas
 Palcocauce	 Gola	 Afloramientos roca
 Abanico aluvial	 Laguna litoral	 Piedemontes
 Barras, <i>braided</i>	 Restinga	 Cresta
 Cauce meandrizante	 Depresión interdunar	 Escarpe
 Cauce plano encajado	 Cordón dunar	 Cerro, pico
 Red de drenaje	 Flechas litorales	 Superficie aplanada
 Vaguada con flujos de inundación	 Depresión. Laguna	 Cantil
 Brechas, derrames	 Marjal. Ciénaga	
 Dispersión flujo	 Matas en laguna	
 Vaguadas con flujos		MORFOLITOLOGIA
 Diques	FORMAS CARSTICAS	 Calizas
 Cuenca de inundación	 Depresión cárstica	 Caliza-marga
 Final de cauce		 Yesos
 Resaltes topográficos		 Arcillas

Fig. 3. Leyenda mapa geomorfológico
(Legend of geomorphological map)

depresiones de la llanura, la extensión areal y trazado de estas formaciones se realiza con el apoyo de levantamientos fotogramétricos con equidistancia de curvas de nivel de 1 y de 5 metros, planos de la Confederación Hidrográfica del Júcar (escala 1:2.000 y 1:5000) y Consellería de Medio Ambiente (escala 1:10.000), respectivamente.

Con todos estos datos se completa la cartografía de las formas y procesos. La información se traslada al mapa topográfico 1:25.000 para su posterior reducción al 1:50.000. Los datos geológicos (historia

geológica, litología, estratigrafía y tectónica del Secundario y Terciario) son interpretados del mapa 1:50.000.

La información geomorfológica se agrupa en los bloques que refleja la leyenda: morfoestructura, formas fluviales, formas de laderas, formas litorales, formas cársticas, morfocronología, morfología y sedimentos. (Dada la imposibilidad de reproducir el color en esta publicación se presenta una versión en blanco y negro) (fig. 2 y 3).

La información geomorfológica reflejada en la cartografía se acompaña de una memoria explicativa. En dicha memoria se recoge, discute y reinterpreta la información científica publicada y disponible. Por otro lado, se realiza el estudio geomorfológico pormenorizado de la hoja estructurado en tres partes: morfoestructura, morfogénesis y cronología. Dicha información se acompaña de cortes estratigráficos y mapas temáticos a menor y mayor escala explicativos de ciertas peculiaridades.

2.2. El estudio geomorfológico

El área de trabajo se ubica, desde una perspectiva estructural, en el ámbito del Sistema Ibérico (extremo suroriental), en el sector meridional de la cuenca terciaria valenciana (fig.1). El periodo compresivo de la cadena ibérica oriental comienza a principios del Terciario, conforma estructuras de plegamiento con directriz principal NW-SE y finaliza en el Mioceno inferior-medio; posteriormente se entra en una gran etapa distensiva, durante la cual se produce el hundimiento escalonado de la cuenca, con directrices NW-SE y NE-SW hacia el litoral de Valencia. Durante el Mioceno inferior tiene lugar una transgresión marina procedente del geosinclinal bético; los afloramientos terciarios evidencian dicha transgresión marina durante el Tortonense y una posterior continentalización relacionada con el plegamiento de las Béticas hacia finales del Terciario. Esta continentalización queda reflejada en el registro sedimentario con la aparición de múltiples albuferas finiterciarias en el centro de la depresión. Durante el Cuaternario se produce una importante sedimentación fluvial en el litoral, que origina el modelado de la mayor parte de la superficie de la hoja (Brinkmann, 1931; Simón, 1984; Pérez Cueva, 1988; Carmona, 1990).

Hemos agrupado la información en tres aspectos: estructural-litológico, genético y cronológico.

Desde el punto de vista litológico y estructural el sector de estudio presenta tres unidades: los relieves calcáreos mesozoicos, los afloramientos miocenos y la llanura costera aluvial cuaternaria.

Los relieves calcáreos mesozoicos se disponen espacialmente adoptando una directriz ibérica, aparecen en los sectores noroccidental y suroriental de la hoja y están fuertemente fallados y basculados. Se trata de la montaña del Oro en Cullera, pequeño afloramiento monoclinial calcáreo, de 233 m.s.n.m. y de las estribaciones de la Serra del Besorí (estribación del anticlinorio de Llobai) de similar altura, con estratos calcáreos fuertemente basculados en algunos puntos y en otros prácticamente horizontales. Ambas formaciones están ampliamente carstificadas y presentan laderas suaves con una red de drenaje fuertemente incidida y abarrancada, en el contacto con la llanura aluvial litoral, están rodeados por una orla de piedemontes de época cuaternaria; el material es arcilloso de tono rojizo (terra rossa), con nódulos de carbonato, costras y sedimentos detríticos producto de la fragmentación de la roca caliza.

Los afloramientos miocenos son calcáreos y margocalizos en su mayor parte; no obstante, en la base, la red de drenaje pone al descubierto areniscas con ostreoides. Estos materiales están muy carstificados, en conjunto forman un relieve alomado (en torno a 200 m.s.n.m), de laderas suaves y cumbres aplanadas en algunos sectores. La red de drenaje se encaja fuertemente en las calizas y construye vaguadas de fondo plano en los materiales impermeables margosos (sector de Torre Espioca). Aparecen en el sector NW de la hoja.

La llanura aluvial costera cuaternaria ocupa la práctica totalidad del sector de estudio. Su disposición es triangular, está remarcada en el sector continental por el eje distensivo NE-SW, origen del aluvionamiento de la llanura litoral valenciana y manifiesto en la importante ruptura de pendiente. Está modelada por los aportes de cantos, grava, arena, limos y arcillas de los ríos Magro, Júcar y otros menores como los barrancos del Tramusser, del Senyor, de l'Aigua, de la Cassella, rambla Berenguera etc.. En el litoral, la sedimentación arcillosa del perímetro de la Albufera y sus marjales contacta con los sedimentos arenosos costeros. El conjunto es una amplia llanura de origen fluvial modelada por abanicos aluviales que bordean el perímetro cenagoso de la Albufera. Una restinga con doble cordón dunar y la playa de arena diseñan la línea de costa de orientación NW-SE.

Desde el punto de vista de la morfogénesis se distinguen tres ambientes principales: las laderas, el fluvial y el litoral.

8 Carmona & Ruiz

Como se ha comentado anteriormente, las laderas de materiales calcáreos son de suave pendiente, con procesos de arroyada y con mediana cubierta de suelo. Pese al abarrancamiento, el escaso relieve no propicia la aparición de crestas pronunciadas, las cimas y puntos culminantes están bastante aplanados; los estratos en disposición tabular presentan un relieve alomado de bordes desgastados. Las series monoclinales del sector NW de la hoja y las del SE (montaña del Oro de Cullera) modelan suaves cuestas; la última en su flanco vertiente al Mediterráneo modela un pequeño promontorio acantilado.

El modelado fluvial está prácticamente representado por abanicos aluviales, en su mayoría de tipo fluvial; de norte a sur encontramos el del Tramusser, el de la rambla Berenguera, el de Alginet y más al sur el del río Magro; todos ellos alinean sus ápices en el eje de flexura litoral. Se distinguen varias series de conos, el más antiguo es el del barranc del Tramusser que parece corresponder al tránsito plio-pleistoceno. La serie mejor estudiada es la del Magro (Ruiz, 1995) que presenta tres cuerpos deposicionales de diferente pendiente, orientación y material sedimentario; a estos conos se ajusta la morfología (braided y meandrizante) y los procesos de su canal afluente al Júcar por la margen izquierda. La escasa entidad de los abanicos de los pequeños barrancos septentrionales no ha favorecido el desarrollo de amplios edificios sedimentarios.

El Júcar es el río más importante de la hoja. Se trata de un río meandrizante de agua perenne que ha construido un amplio llano con frecuentes procesos de inundación; Martínez Ferreros (1992) constata la sucesión de grupos de meandros diferenciados, relacionados con la geometría del llano y confluencias de tributarios; el canal está flanqueado por diques sobreelevados y cuencas laterales como la del río Verd en el extremo suroccidental de la hoja (Mateu, 1980, 1983 a y b; La Roca y Carmona, 1983; Carmona y Segura, 1989). Tal y como se señala en la memoria del mapa geológico 1:50.000, debió desembocar en la Albufera; ésto explicaría los datos de los sondeos entre Albalat y Sollana y las series de abanicos pleistocenos que aparecen en la plataforma continental frente a la laguna señalando una migración hacia el sur, hacia la actual desembocadura (Goy, et al. 1987). El estudio detallado de las cotas del terreno (mapas topográficos con curvas de nivel equidistantes un metro) señalan una importante vaguada desde Algemesí hacia la Albufera (Ruiz, 1995), por la que circulan flujos desbordados de todos los canales anteriormente comentados (Carmona, 1995 a) e incluso por las crecidas del Júcar, según se desprende de la interpretación de las fotografías aéreas escala 1:10.000 realizadas escasos días después de la gran inundación de 1982.

Los procesos actuales predominantes son los desbordamientos de Júcar y Magro, así como de los pequeños conos que bordean el sector occidental de la hoja. Excepto en el caso del Júcar se trata de cauces con pequeñas pero fulminantes descargas que ocasionan graves problemas en las carreteras y núcleos urbanos del sector. El Júcar, que desagüa caudales mucho mayores, ha construido un llano de inundación con diques, subdeltas de derrame y amplias cuencas a ambos lados del canal: la del Riu Verd y la vaguada de Algemesí Sollana. El llano de inundación del Júcar aparece estrangulado en el sector de la confluencia del Magro por una importante acumulación sedimentaria de época histórica (Mateu, 1980; 1983 a y 1992; La Roca, Carmona, 1983; Ruiz, 1995); el río Magro, de mayor entidad que el resto de barrancos, tiene frecuentes procesos de desbordamiento, a través de vaguadas y paleocauces de trazado radial; la pendiente y morfología de los abanicos, el canal y sus procesos parecen estar ajustados a un peculiar modelo funcional (Ruiz, 1995).

El sector meridional de la Albufera de Valencia aparece al norte de la hoja. Esta laguna costera está cerrada en su sector continental por diversos afloramientos miocenos, aportes de conos y depósitos de arroyada, hacia el sur está rodeada de ciénagas. Una restinga con dos alineaciones de cordones dunares la aíslan del mar Mediterráneo.

La restinga de la Albufera, de génesis compleja como lo demuestran diversos estudios (Rosselló, 1969, 1972 y 1982; Sanjaume, 1985), se ha formado con los aportes del río Turia y presenta tres golas actualmente regularizadas mediante compuertas, de las cuales la más reciente parece ser la meridional. Sobre dicha restinga se han acumulado dos series de cordones dunares, posiblemente históricos, alimentados con los aportes detríticos de las fuertes inundaciones del Turia; el espacio interdunar podría haberse conformado por un parón sedimentario del mismo río en época visigoda (Sanjaume y Carmona, 1995).

Desde el punto de vista de la morfo-cronología el primer dato a apuntar es que exceptuando dos pequeños sectores del NW y SE de la hoja, la práctica totalidad de los materiales y las formas que aparecen en el ámbito de estudio son de una llanura litoral de época cuaternaria, pleistocena y holocena; los fenómenos distensivos y la neotectónica explican la subsidencia generalizada del conjunto de la llanura; la

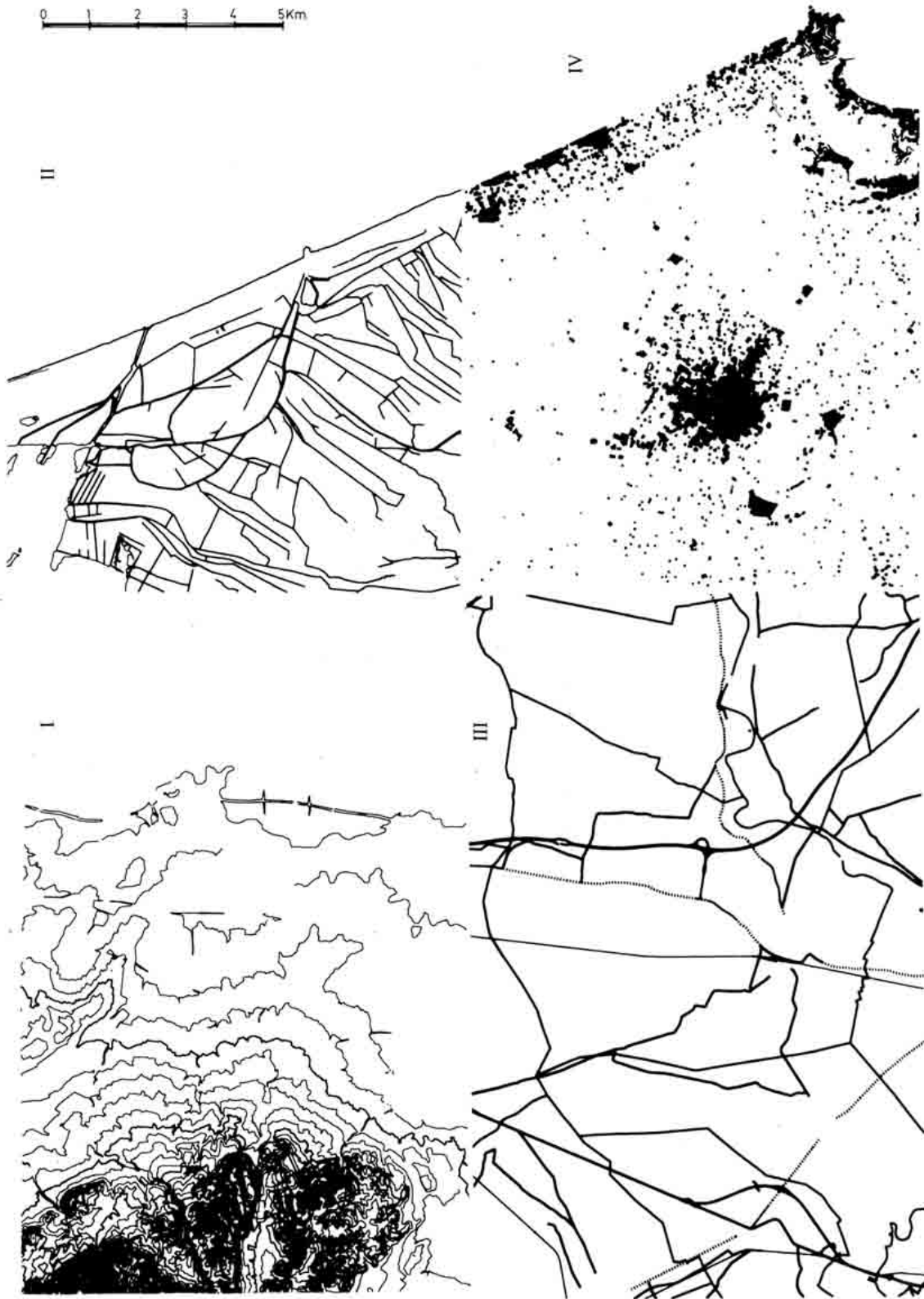


Fig. 4. Mapas topográficos 1:25.000 digitalizados (Consellería de Medio Ambiente). N.º 747-I: capa de curvas de nivel; N.º 747-II: capa de acequias; N.º 747-III: términos municipales y vías de comunicación; N.º 747-IV: edificaciones, poblaciones. (*Digitalized Topographical Maps scale 1:25.000 (Consellería de Medio Ambiente)*). N.º 747-I: contour lines level; N.º 747-II: irrigation channels levels; N.º 747-III: township and roads levels; N.º 747-IV: buildings and towns levels.

evolución cuaternaria continental y las oscilaciones marinas explican la seriación cronológica, la disposición y pendiente de los diferentes niveles. Los niveles morfogenéticos continentales están bien representados en los abanicos aluviales, con un nivel muy antiguo (finiterciario-Pleistoceno inferior) adosado a los relieves del NW; un nivel generalizado con suelos rojos, nódulos de carbonato y conglomerado del Pleistoceno medio, bien representado en el gran abanico de la margen izquierda del Magro; un nivel de Pleistoceno superior de mayor pendiente y relacionado con un nivel del mar más bajo que el actual, con escasa representación superficial y quizás relacionado con el paleovalle del Júcar anteriormente aludido; finalmente aparecen unos niveles holocenos (holoceno antiguo e histórico) bien representados en el abanico del Magro y en la llanura de inundación del Júcar, relacionados el primero con el ascenso del nivel marino flandriense y, por lo tanto, con un cambio en el nivel de base importante y el segundo con el aluvionamiento producido por los frecuentes desbordamientos fluviales de época histórica (Mateu, 1980; Butzer, Miralles y Mateu, 1983; Carmona, 1995 b; Ruiz, 1995). La superficie al norte de Sueca parece corresponder a una antigua llanura fluvial poligénica de época cuaternaria en donde se han sucedido diferentes ambientes (datos de sondeo), tales como ciénagas y llanura de inundación, relacionables con los cambios del nivel del mar pleistoceno y holoceno.

Las ciénagas, albufera, restinga y conjunto dunar litorales son también de época holocena; de acuerdo con los datos que ahora se conocen, Rosselló (1995) sugiere la presencia en el sector de un golfo marino durante el Pleistoceno; situando en el 5.000 B.P. la formación de la "penúltima" restinga, un poco por delante de la línea de costa actual, la Albufera sería entonces más estrecha y alargada que la presente. Es posible que las amplias flechas que se han cartografiado al sur de El Palmar, en el interior de la marjal aporten nuevos datos sobre la disposición y génesis de antiguas líneas de costa. Por otro lado, los hallazgos de la plataforma indican la existencia de un sistema de restingas funcionales en retroceso a lo largo de la transgresión flandriense (Rey et al., 1982; Maldonado et al., 1983). La duna fósil del Perellonet (Rosselló, 1979) y los datos de sondeos (Sanjaume et al., 1992) parecen indicar un basamento antiguo para el cierre actual.

3. Cartografía automática

Gracias a la aparición y desarrollo de nuevas tecnologías informáticas de hardware y software, la cartografía asistida por ordenador ha avanzado de forma espectacular en los últimos años, tanto en lo que respecta a las técnicas en el proceso de elaboración como en el de reproducción de mapas; el protagonismo se ha centrado en los programas de diseño y producción cartográfica asistidos por ordenador (CAD-CAM).

En la informatización del mapa de Sueca hemos utilizado el programa de diseño gráfico Microstation (v.5.0). Dicho programa utiliza un sistema vectorial y aporta gran potencial en la organización y estructuración de cantidad de datos espaciales, mediante el uso de lo que se denominan niveles y ficheros de referencia. El término nivel se puede asimilar al de capa de información; por ejemplo, en un mapa topográfico podríamos utilizar diferentes niveles para cartografiar la topografía, la red de drenaje, la red de comunicaciones, etc. (fig. 4). La información está contenida en ficheros de diseño; en ellos se puede disgregar la información en 63 niveles diferentes que son identificados por números, aunque también se les puede asignar un nombre y una descripción. Podemos agrupar los niveles en conjuntos o grupos jerárquicos o temáticos a los que se puede dar atributos gráficos como color, grosor o estilo; por ejemplo se podría asignar a todos los niveles relacionados con la temática fluvial el color azul, o bien líneas de diferente grosor a los niveles de curvas de nivel estructuradas en grupos jerárquicos, mayor grosor a curvas directoras, fino en el resto y a trazos en las auxiliares.

En el proceso de confección del mapa es conveniente planificar la estructuración de los niveles; la forma más sencilla consiste en definir primero los grupos, después los posibles subgrupos y, finalmente, la distribución de los niveles.

La información gráfica del mapa que estamos confeccionando se almacena en un fichero de diseño. Para ayudarnos en la elaboración del mapa definitivo podemos necesitar información adicional, tal como la topografía, carreteras y núcleos urbanos. La edición de las hojas 1:25.000 en ficheros DGN, utilizando software Microstation, por la Consellería de Medio Ambiente nos permitió contar con una referencia cartográfica del MTN en soporte digital (fig. 4). Este fichero (y otros que se pudieran utilizar) es lo que se denomina fichero de referencia; se vincula o asocia a nuestros datos y nos permite realizar ajustes de la información sobre una base cartográfica precisa. Teniendo en cuenta que se pueden gestionar hasta un total de 256 ficheros de referencia simultáneamente para un solo diseño, el número de niveles y sus

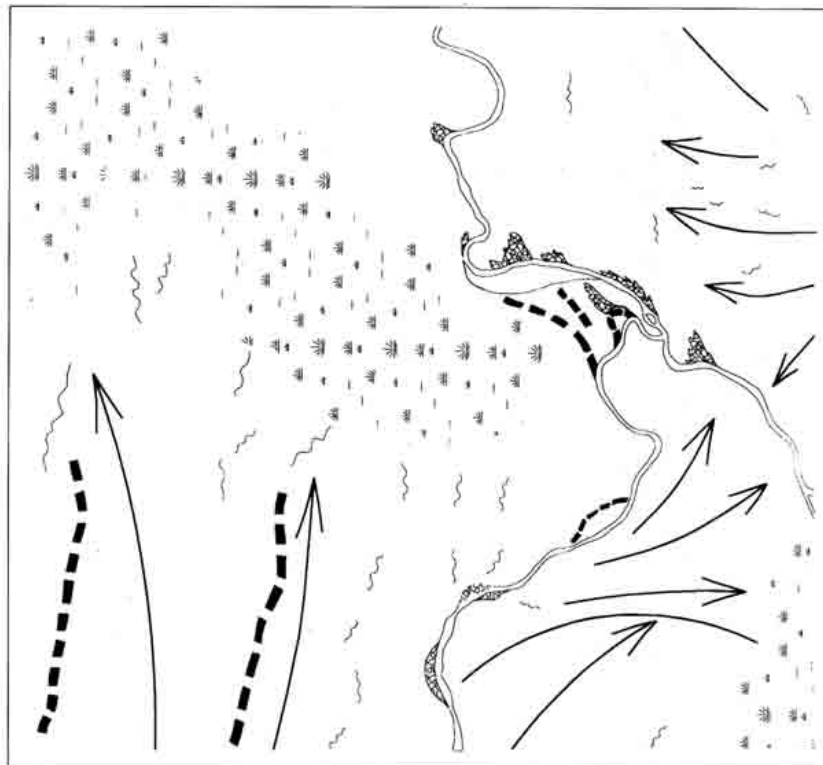


Fig. 5. Cartografía automática de un sector del mapa geomorfológico. Nivel de símbolos morfogénesis fluvial (9). (Ver leyenda en figura 2). (Software Microstation versión 5.0). *Computer cartography of a section of the geomorphological map. Morphogenetic fluvial symbols (9) level.* (See legend in illustration 2). (Software Microstation v. 5.0).

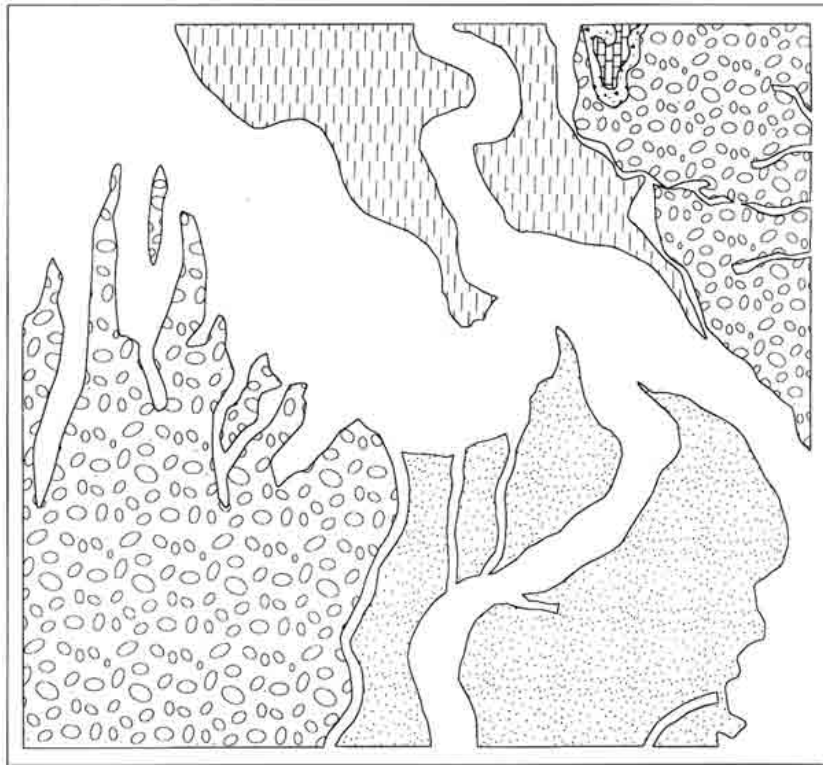


Fig. 6. Cartografía automática de un sector del mapa geomorfológico. Nivel de morfocronología (10). Trama de cantos: Pleistoceno medio. Trama de puntos: Holoceno. Trama de rayado discontinuo: Cuaternario indiferenciado. (Resto ver leyenda figura 2). (Software Microstation versión 5.0). *Computer cartography of a section of the geomorphological map. Morphochronology level (10). Pebble shaded: middle Pleistocene. Dotted shaded: Holocene. Lined shaded: Quaternary.* (Software Microstation v. 5.0).

correspondientes simbologías controlables en una sesión asciende a un total de 16.128 (Pazos y Quintana, 1994). Si estuvieran disponibles en formato digital mapas temáticos tales como geológicos, de vegetación, etc., podríamos utilizarlos como referencia e incluso incorporar parte de su información a nuestro mapa.

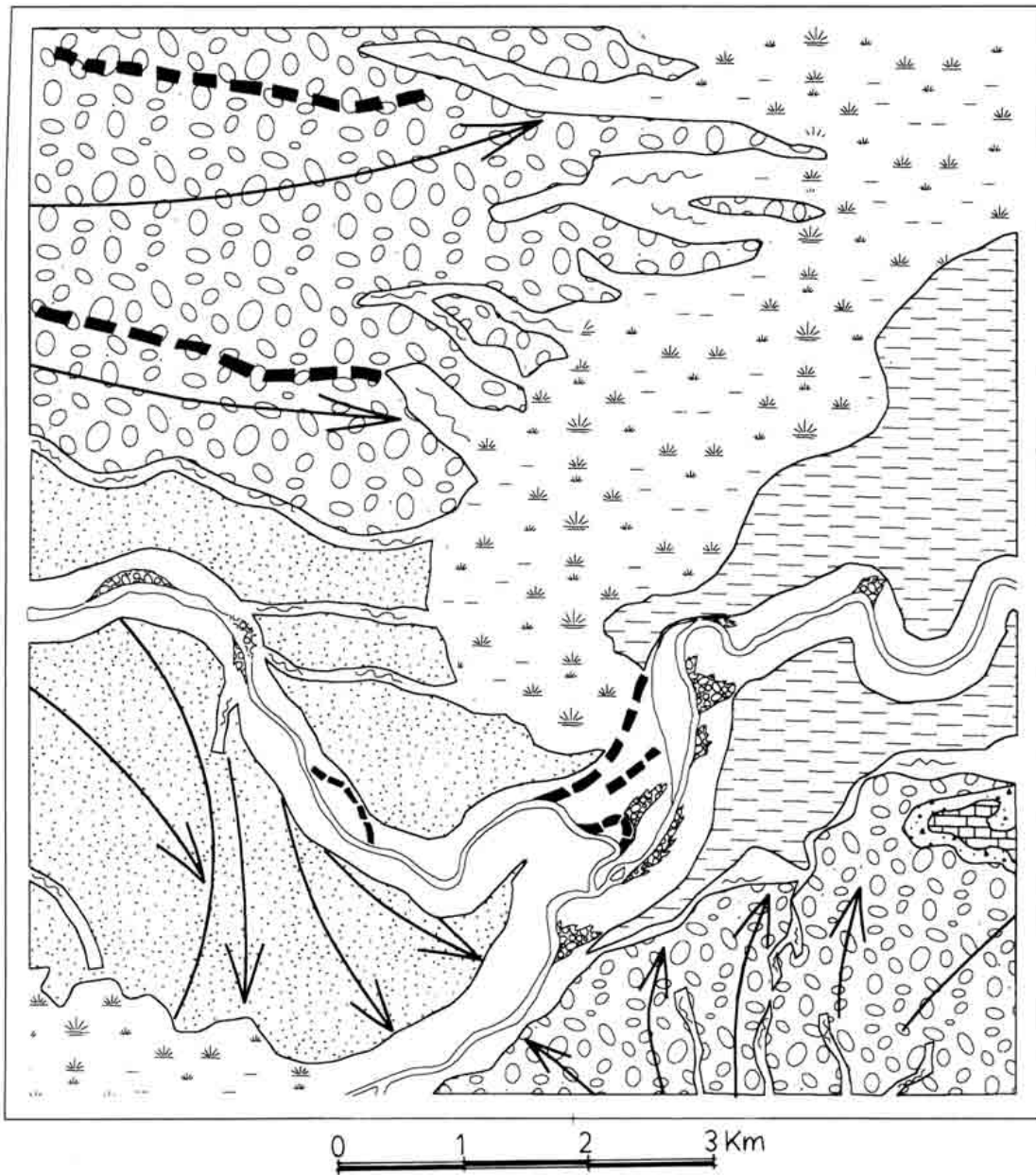


Fig. 7. Cartografía automática de un sector del mapa geomorfológico. Superposición de niveles 9 y 10 (Software Microstation versión 5.0). *Computer cartography of a section of the geomorphological map. Nine and ten levels superposition (Software Microstation v. 5.0)*

El programa Microstation ofrece, por otro lado, una importante ventaja en el diseño gráfico de mapas como es la de trabajar con ficheros comprimibles. Al realizar este proceso borramos toda la información que no es útil y manejamos ficheros más "livianos"; esto constituye una gran ventaja cuando utilizamos referencias con gran cantidad de información.

La disgregación de la información en diferentes niveles, ficheros de diseño y de referencia, es un proceso fundamental en las operaciones de la cartografía automática; la posterior edición del mapa se realizará mediante pruebas selectivas de niveles para efectuar operaciones de superposición y mezclas con vistas a la edición final o mapa definitivo. El proceso permite valorar multitud de posibilidades de color, símbolos, tramas, grosor de líneas y selección o rango de los distintos niveles superpuestos.

En la confección del mapa geomorfológico de Sueca hemos introducido la información geomorfológica asignando la jerarquía de grupo a cada uno de los grandes apartados de información expresados en la leyenda: morfoestructura, litología, textura de sedimentos, morfocronología, morfogénesis fluvial, de vertientes, litoral y cárstica; a cada uno de estos grupos se han asignado uno, dos o tres niveles en función de que su información fuera representada gráficamente con un símbolo lineal (un nivel), o estuviera contenida en polígonos, en cuyo caso se ha disgregado en dos niveles (polígonos con símbolo lineal y/o color) o tres (polígonos con símbolo lineal, color y/o trama).

Se procedió digitalizando (tableta Summagrid IV) en el mapa geomorfológico 1:25.000 la información de cada uno de los niveles comentados anteriormente; en el ejemplo de la figura 6 puede verse un sector del mapa con datos parciales de niveles de cronología y morfogénesis fluvial (nivel 10); en este caso se han utilizado tramas para la cronología.

A la información de estos niveles se superponen nuevas capas con simbología de formas y procesos fluviales (nivel 9 fig.5) de manera que se va completando paulatinamente la información geomorfológica. Una vez finalizado el proceso (incluyendo grosores diferentes de línea y color, imposibles de reproducir en esta publicación), se añade información de niveles escogidos de los ficheros de referencia del MTN escala 1:25.000. El resultado puede verse en diferentes fases en las figuras 7, 8, 9 y 10. El mapa de la figura 7 se consigue con la superposición automática de los dos niveles geomorfológicos (símbolos morfogenéticos y morfocronología); en las figuras 8 y 9 se representan datos del fichero de referencias (MTN 1:25.000): vías de comunicación (fig. 8) y núcleos de población (fig. 9). La figura 10 representan el resultado final de superposición de toda la información en blanco y negro.

Queda evidente que la informatización del proceso aporta múltiples posibilidades en la edición del mapa geomorfológico; no obstante hay que comentar algunas ventajas en el proceso de georreferenciación de los datos. En primer lugar, conviene señalar que el programa permite la digitalización directa de la información en la fotografía aérea; la corrección de la escala es automática utilizando el fichero de referencia del MTN y teniendo la precaución de utilizar como "tics" puntos identificables en ambos documentos; con ello se gana gran precisión al señalar bordes o límites que trazados manualmente pueden estar mal situados.

Por otro lado, la superposición automática de diferentes niveles permite precisar la ubicación, trazado y límites de vaguadas, paleocanales, diques, depresiones etc. Un ejemplo de la utilidad del proceso se ve en la figura 11, en la que se observa la superposición de varios niveles de información de ficheros de referencia: curvas de nivel (trazo fino), con equidistancia un metro, cotas y acequias (trazo grueso); con estos datos queda bien definida la unidad geomorfológica de la depresión del Saladar, apenas identificada en la fotografía aérea.

4. Geomorfología y Sistemas de Información Geográfica

A la información cartográfica en formato digital se le puede añadir información alfanumérica referida al espacio y dar atributos a los elementos gráficos; toda la información así almacenada se puede gestionar como un único bloque en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

En la actualidad, la cartografía asistida por ordenador es el tema de mayor importancia en las conferencias y en los planes de desarrollo de todos los centros de investigación y producción de cartografía. No obstante, lo más revolucionario ha sido la información en sí misma; hoy en día hay importantes perspectivas en su adquisición, organización, procesado y divulgación. La introducción de los datos en ciertos programas informáticos, permite considerar la producción cartográfica como una serie de productos con grandes posibilidades de actualización, continuidad y conexiones entre sí. Los sistemas de información que se relacionan con datos ambientales y espaciales se llaman Sistemas de Información Geográfica; la



Fig. 8. Fichero de referencia. Mapa topográfico digitalizado. Nivel de líneas de comunicación y curvas de nivel. (Software Microstation versión 5.0). *Reference index. Digitalized Topographic Map. Contour lines and roads levels.* (Software Microstation v. 5.0).

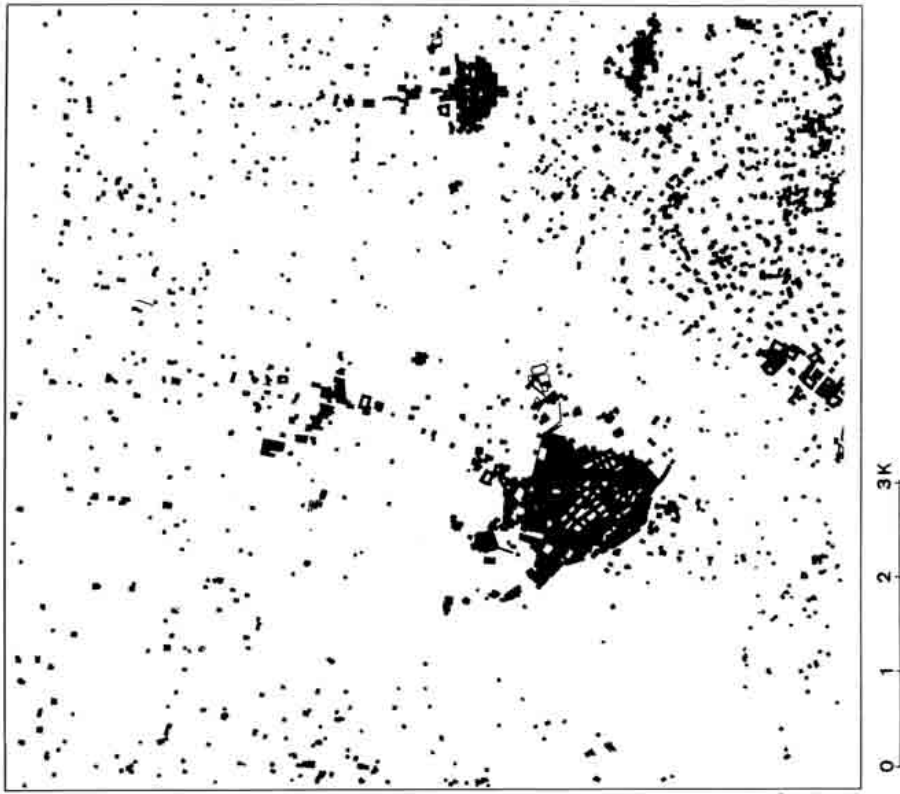


Fig. 9. Fichero de referencia. Mapa topográfico digitalizado. Nivel de edificaciones y núcleos de población. (Software Microstation versión. 5.0). *Reference index. Digitalized Topographic Map. Buildings and towns levels.* (Software Microstation v. 5.0).

cartografía ha encontrado aquí un espacio de trabajo importante; los componentes de estos sistemas pueden resumirse en: la información (obtención, organización y archivo), procesado de la información o funciones de análisis y finalmente, presentación de los resultados (tablas, cuadros, mapas temáticos) (Stefanovic, 1987; Schokker, 1989).

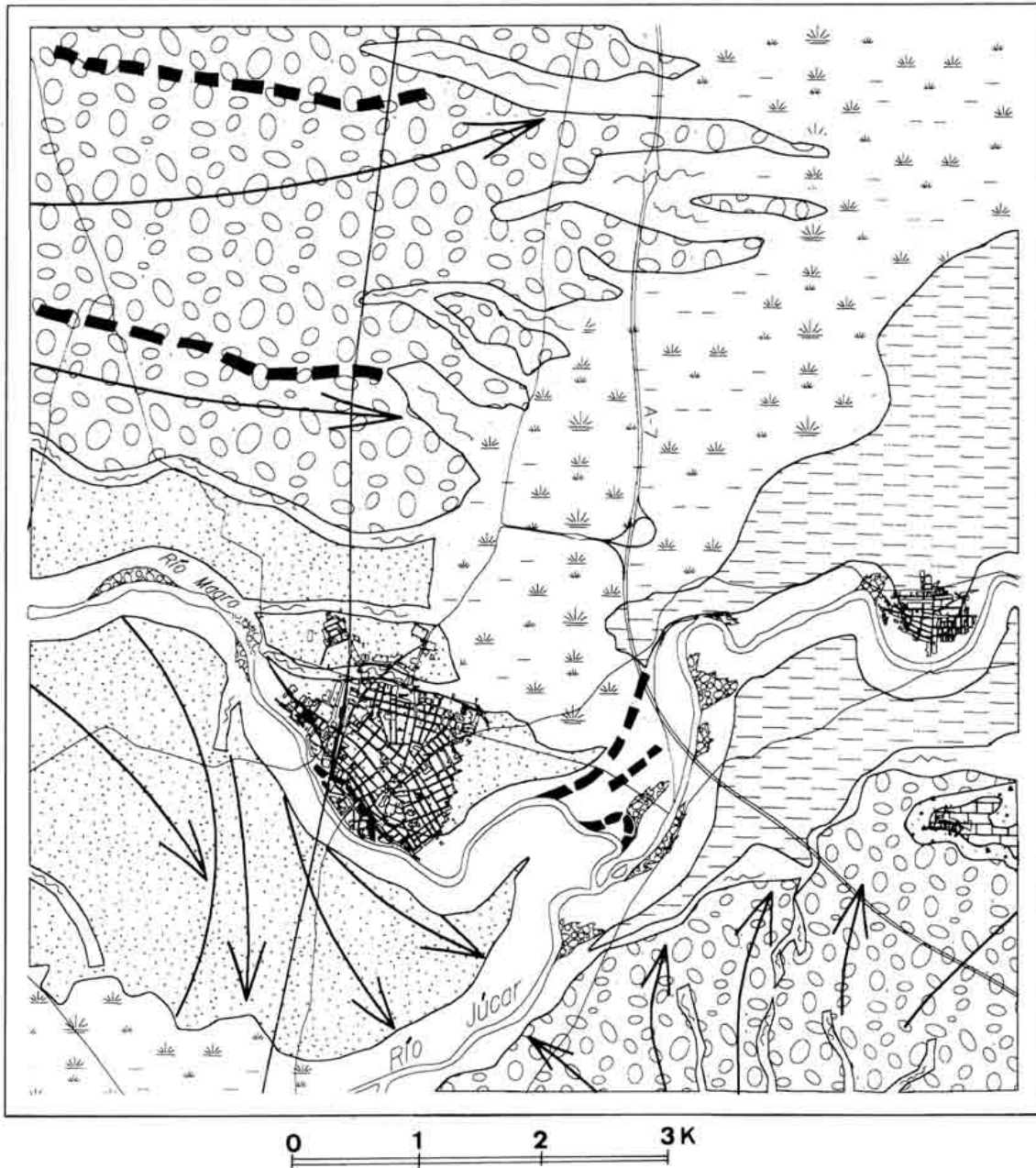


Fig. 10. Superposición de niveles 9 y 10 del mapa geomorfológico y niveles de vías de comunicación y poblaciones del MTN digitalizado. (Software Microstation versión 5.0). *Nine and ten geomorphological levels, and roads, buildings and towns superposition. (Software Microstation v. 5.0)*

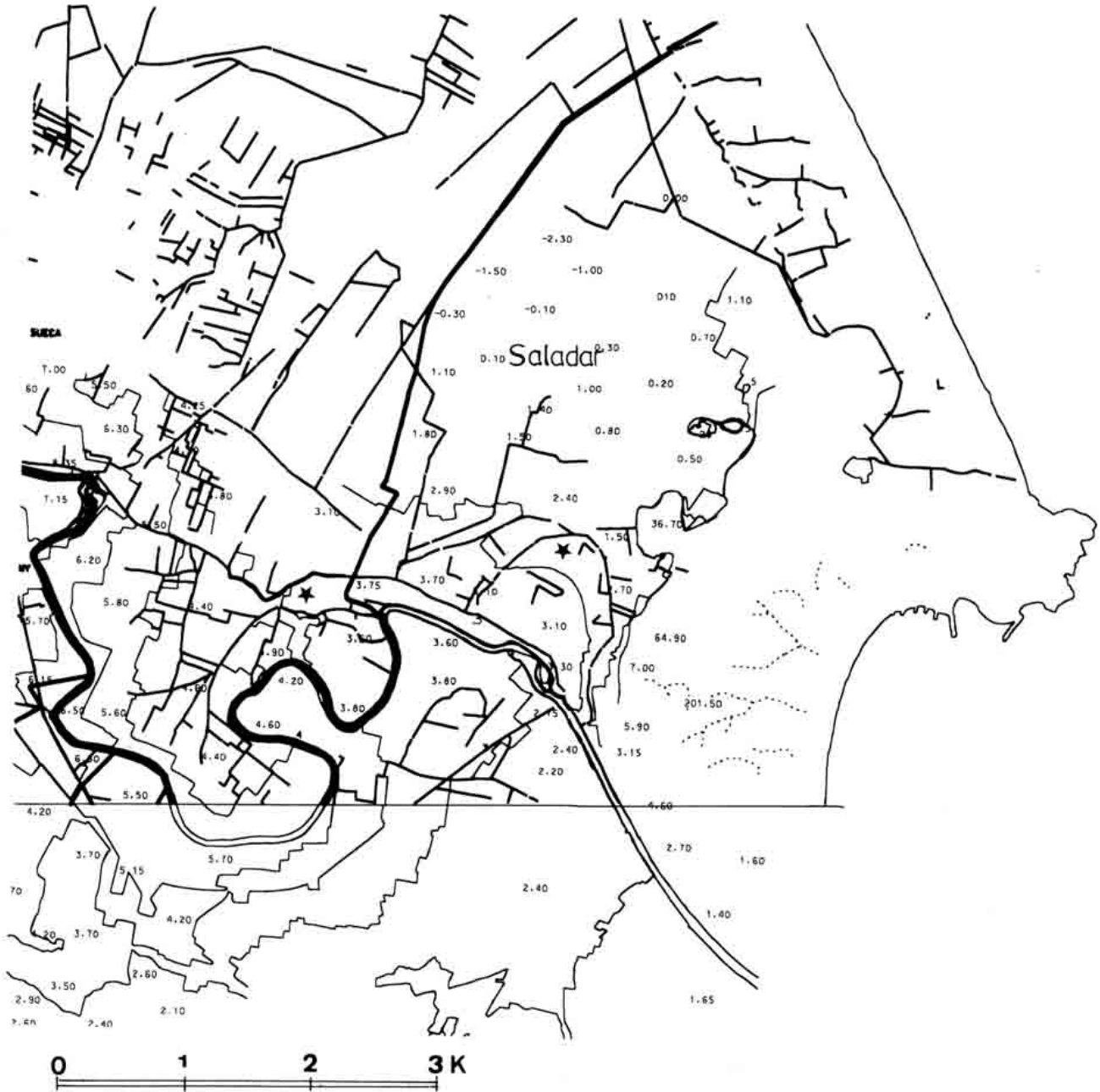


Fig. 11. Superposición de curvas de nivel equidistancia un metro, cotas y acequias. Los asteriscos señalan dos meandros del río Júcar. (Contour lines, irrigation channels and heights levels superposition. Asterisks indicates two meanders of river Xúquer)

Las funciones de análisis espacial son específicas de y diferencian a los programas informáticos de SIG (vectorial) de los programas de diseño asistido por ordenador (CAD). En un SIG la información está organizada en una base de datos donde podemos asignar atributos o valores cuantitativos y/o cualitativos a las áreas de polígonos, elementos lineales y puntuales de las diferentes capas de información.

Quizá las funciones de análisis más importantes sean las de superposición, distintas a la simple sobrevisualización de dos o más niveles en un CAD ya comentadas en el apartado anterior. Mediante el proceso de superposición en un SIG podemos crear elementos espaciales nuevos a partir del solapamiento, unión o intersección de atributos de diferentes capas temáticas. Estas funciones son posibles por una propiedad de los SIG vectoriales llamada topología; con ella quedan establecidas toda una serie de relaciones espaciales entre los elementos de un mismo nivel.

Las formas de la superficie terrestre constituyen el soporte físico sobre el que actúan los procesos naturales y antrópicos; muchos ámbitos de la investigación de las ciencias de la tierra se apoyan en criterios geomorfológicos para definir unidades espaciales. Los procesos dinámicos y las propiedades de estas unidades explican muchas veces los riesgos, las características hidrológicas, edáficas, cubierta vegetal, usos del suelo etc. Las relaciones entre las variables del medio físico que expresan las formas de la superficie terrestre alcanzan cotas de complejidad muy elevadas; para recojer el máximo posible de dicha diversidad y reflejarla gráficamente es necesario disponer de un medio adecuado, un instrumento eficaz puede ser un Sistema de Información Geográfica.

Los análisis que se pueden realizar con esta información en una base de datos dentro de un programa informático de SIG pueden aportar valiosa ayuda en el conocimiento de fenómenos de índole ambiental. Las posibilidades que se presentan desde esta perspectiva son amplísimas y no es fácil establecer las bases generales de las diferentes aplicaciones; se pueden citar trabajos teóricos como el de Meijerink (1988) en el que se dan pautas para clasificar "atributos" de formas y procesos de laderas, valles, red de drenaje etc... con el objeto de organizar la información geomorfológica en una base de datos; se pueden citar también aplicaciones concretas de diseño de un SIG en estudios de suelos que definen las unidades espaciales con criterios geomorfológicos (Zink, Valenzuela y Soil, 1990); otras aplicaciones se refieren a la realización de modelos de erosión por acaravamiento, utilizando una base de datos geomorfológica, litológica y de usos del suelo (Bocco, Palacio y Valenzuela, 1990); también encontramos aplicaciones en la realización de modelos de procesos de deslizamiento (Claure, et al., 1994) con la introducción de atributos geomorfológicos (entre otros) en la base de datos.

No hay que olvidar aquéllas que pueden tener una vertiente en la ordenación territorial; un mapa geomorfológico tiene un doble valor, por un lado científico y por otro práctico; todos los sectores de la economía están en mayor o menor grado relacionados con el ambiente geográfico. Un detallado mapa geomorfológico proporciona un exacto y mensurable panorama del relieve y cumple los requerimientos de apoyo a una economía con tendencia hacia una mejor utilización de las geoformas. La configuración de la superficie de la tierra y sus procesos son de gran interés en la agricultura, asentamientos, comunicaciones, ingeniería hidrológica, turismo,... pues informa de procesos eólicos, hidrológicos entre otros, útiles en operaciones de control de inundaciones, riesgos de deslizamiento, erosión etc. (Klimaszewski, 1982). Entre las aplicaciones más llamativas están todas las referidas a los riesgos (Carrara, Cardinali, Guzzetti, 1992; Ruiz, 1995) otros serían los que tienen como objetivo la utilización racional de recursos o bien la planificación mediante técnicas de SIG (Bishr y Radwan, 1995).

En la hoja de Sueca se ha realizado una aplicación en donde se ha organizado una base de datos con atributos geomorfológicos (procesos) de uno de los abanicos del sector (el del río Magro), junto con información territorial diversa: usos del suelo antiguos y actuales, viales, etc... El método seguido en la elaboración y los resultados son objeto de estudio en otro trabajo (Ruiz, 1996).

- (1) DGICYT PB: 89-0524: Pleistoceno superior y Holoceno en el área valenciana.
DGICYT AMB 95-0817: Caracterización hidrogeomorfológica de ríos valencianos

Referencias bibliográficas

- Bishr, Y.A. & Radwan, M.** (1995): Preliminary design of a decision support system for watershed management. *ITC Journal* 1995-1, 23-28.
- Bocco, G., Palacio, J. & Valenzuela, C.R.** (1990): Gully erosion modelling using GIS. *ITC Journal*. 1990-3, 253-261.
- Brinkmann, R.** (1931): Betikum und Celtiberikum in Südostpanien. Traducción al castellano en 1948 por J. Gómez de Llarena. Las cadenas béticas y celtibéricas del Sureste de España. En *Publicaciones extranjeras de Geología de España*, 4, 305-314.

- Butzer, K., Miralles, I. & Mateu, J.F.** (1983): Las crecidas medievales del río Júcar según el registro geo-arqueológico de Alzira. *Cuadernos de Geografía*, 32-33, 311-332. Valencia.
- Carmona, P. & Segura, F.** (1989): La inundación de la Ribera del Xúquer en Noviembre de 1987. *Cuadernos de Geografía*, 46,97-106. Valencia.
- Carmona, P.** (1990): *La formació de la plana al·luvial de la València. Geomorfologia, hidrologia i geoarqueologia de l'espai litoral del Túria*. València, Ed. Institució Valenciana d'Estudis i Investigació. València.
- Carmona, P. & Martínez Gallego, J.** (1992): *Cartografía geomorfológica. Hoja de Lliria* 1:50.000. Institució Valenciana d'Estudis i Investigació. València (inédita).
- Carmona, P.** (1993): *Cartografía geomorfológica. Hoja de Cheste* 1:50.000. Institució Valenciana d'Estudis i Investigació. València (inédita).
- Carmona, P.** (1995a): Análisis geomorfológico de abanicos aluviales y procesos de desbordamiento en el litoral de Valencia. *Cuadernos de Geografía*, 57,17-34. Valencia.
- Carmona, P.** (1995b): Niveles morfogenéticos cuaternarios en los sistemas fluviales de la depresión valenciana. *El Cuaternario del País Valenciano*, 97-104. AEQUA, Departament de Geografia, Universitat de València. Valencia 1995.
- Carmona, P. & Ruiz, J.M.** (1995): *Cartografía Geomorfológica. Hoja de Sueca* 1:50.000 Institució Valenciana d'Estudis i Investigació. València (inédita).
- Carmona, P. & Ruiz, J.M.** (1996): *Cartografía Geomorfológica. Hoja de Requena* 1:50.000 Institució Valenciana d'Estudis i Investigació. València (inédita).
- Carrara, A., Cardinali, M. & Guzzetti, F.** (1992): Uncertainty in assessing landslide hazard and risk. *ITC Journal* 1992-2, 172-183.
- Claure, B., Maldonado, J., Vargas, O. & Valenzuela, C.R.** (1994): A conceptual approach to evaluating watershed hazards: the Tunari watershed, Cochabamba, Bolivia. *ITC Journal* 1994-3, 283-291.
- Goy, J.L., Rey, J., Díaz del Río, V. & Zazo, C.** (1987): Relación entre las unidades geomorfológicas cuaternarias del litoral y de la plataforma interna-media de Valencia (España): implicaciones paleogeográficas. *Geología ambiental y ordenación del territorio. Comunicaciones*, 1987, Vol II,1369-1381.
- Klimaszewski, M.** (1982): Detailed geomorphological maps. *ITC Journal* 265-271.
- La Roca, N. & Carmona, P.** (1983): Fotointerpretación de la Ribera del Xúquer después de la inundación de Octubre de 1982. *Cuadernos de Geografía*, 32-33,121-134. Valencia.
- Maldonado, A., Swift, D.J.P., Young, R.A., Han Nittrouer, C.A., De Mastyer, D.J., Rey, J., Palomo, C., Acosta, J., Ballester, A.J. & Castellví, J.** (1983): Sedimentation on the Valencia Continental Shelf: preliminary results. *Continental Shelf Research*, 2-2, 195-211.
- Mapa Geológico de Sueca.** 1:50.000. IGME Servicio de Publicaciones Ministerio de Industria y Energía 1980 Madrid.
- March, I.** (1992): Abanicos aluviales y procesos de erosión en la fosa de Casinos-Lliria. *Cuadernos de Geografía*, 52,157-181. Valencia.
- Martínez Ferreros, Y.** (1992): La meandrización en el llano de inundación del Xúquer. *Cuadernos de Geografía*, 51,23-41. Valencia.
- Martínez Gallego, J.** (1986): *Geomorfología de los depósitos cuaternarios de la zona NNE de la provincia de Valencia*. Tesis doctoral. Universidad Complutense, Madrid (inédito).
- Martínez Gallego, J.** (1992): *Cartografía geomorfológica. Hoja de Llombai* 1:50.000. Institució Valencian d'Estudis i Investigació. València (inédita).
- Martínez Gallego, J.** (1993): *Cartografía geomorfológica. Hoja de Alzira* 1:50.000. Institució Valencian d'Estudis i Investigació. València (inédita).
- Mateu, J.F.** (1980): El llano de inundación del Xúquer (País Valenciano). Geometría y repercusiones morfológicas y paisajísticas. *Cuadernos de Geografía*, 27,121-142.
- Mateu, J.F.** (1983a): Aluvionamiento medieval y moderno del llano de inundación del Júcar. *Cuadernos de Geografía*, 32-33,291-310. Valencia.
- Mateu, J.F.** (1983b): La inundación de la Ribera del Xúquer (20-21 de octubre de 1982), *Estudios Geográficos*, 170-171,287-321.

- Mateu, J.F.** (1992): Cambios seculares de la agradación aluvial de la meandrización en la Ribera alta del Xúquer. *Saitabi*, XLII,183-205. Valencia.
- Meijerink, A.M.J.** (1988): Data acquisition and data capture through terrain mapping units. *ITC Journal* 1988-1, 23-44.
- Pazos, J.A & Quintana, L.** (1994): *Introducción al diseño asistido por computador con MicroStation*. Mc.Graw-Hill Madrid. 1994. 374 pp.
- Peña, J.L.** (1995): Sistemas de cartografía Geomorfológica. En: *Cartografía Geomorfológica Básica y Aplicada*, dirección: Peña Monné, J.L.; X Curso de Geografía Física. Universidad de verano de Teruel Julio 1995.
- Pérez Cueva, A.** (1988): *Geomorfología del sector Ibérico valenciano entre los ríos Mijares y Turia*. Universidad de Valencia, 217 pp.
- Rey, J., Acosta, J. Díaz, V., Herranz, P., San Gil, C., Sanz, J.L. & Young, R.** (1982): Resultados preliminares de la campaña de Geología Marina GATIÑO-81, realizada en la plataforma continental de las provincias de Valencia, Alicante y Murcia. *Informe Tec. Instituto Español de Oceanografía*, I.T.G. Cf. pp:82-83.
- Roselló, V.M.** (1969): *El litoral valencià*. València, L'Estel, 2 vol.
- Roselló, V.M.** (1972): Los ríos Júcar y Turia en el génesis de la Albufera de Valencia. *Cuadernos de Geografía*, 11,7-25. Valencia.
- Roselló, V.M.** (1976): Evolution récente de l'Albufera de Valencia et ses environs. *Méditerranée*, 4,19-30.
- Roselló, V.M.** (1979): Una duna fósil pleistocena en la restinga de la Albufera de Valencia. *Cuadernos de Geografía*, 25,11-126. Valencia.
- Roselló, V.M.** (1982): Albuferas mediterráneas. *Grupo Español de Trabajo del Cuaternario*. V Reunión, Sevilla. Universidad de Sevilla, 98 pp, CF.pp. 43-78.
- Roselló, V.M.** (1995): *L'Albufera de València*. Barcelona, publicaciones de la Abadía de Montserrat. 190 pp.
- Ruiz, J.M.** (1995): *Aplicación de un S.I.G. al estudio hidrogeomorfológico del abanico aluvial del río Magro*. Tesina de Licenciatura. Departament de Geografia. Universitat de València. 166 pp. (inédita).
- Ruiz, J.M. & Carmona, P.** (1996): Aspectos geomorfológicos de la depresión terciaria valenciana en torno a Llíria (Camp de Túria). *I Jornades de Geografia del Camp de Túria* 1996, 73-78. València.
- Sanjaume, E.** (1985): *Las costas valencianas. Sedimentología y morfología litoral*. València. Universitat de València. 505 pp.
- Sanjaume, E., Segura, F., López García, M.J. & Pardo, J.** (1992): Tasas de sedimentación en l'Albufera de Valencia. *Cuadernos de Geografía*, 51,63-81. Valencia.
- Sanjaume, E. & Carmona, P.** (1995): L'Albufera de Valencia: rasgos geomorfológicos y evolución cuaternaria. En: *El Cuaternario del País Valenciano*, 155-160. AEQUA, Departament de Geografia, Universitat de València. Valencia.
- Simón, J.L.** (1984): *Compresión y distensión alpinas en la Cadena ibérica oriental*. Teruel, Instituto de Estudios Turolenses, CSIC, 269 pp.
- Schokker, P.W.** (1989): Desktop publishing in a GIS environment. *ITC Journal*, 1989,3/4,221-224.
- Stefanovic, P.** (1987): The many facets of cartography. *ITC Journal*, 1987,93-97.
- Zink, J.A., Valenzuela, C.R. & Soil, C.R.** (1990): Soil Geographic database: structure and application examples. *ITC Journal*, 1990-3, 270-294.