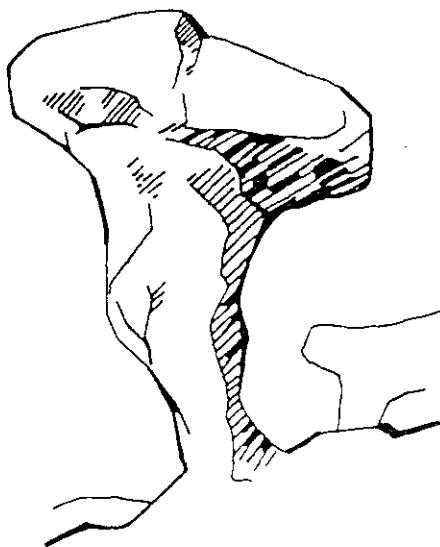


M. GUTIÉRREZ y J. L. PEÑA (Editores)

PERSPECTIVAS EN GEOMORFOLOGIA

Zaragoza, 19-20 septiembre 1988



MONOGRAFIA N.º 2

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE GEOMORFOLOGIA

La Sociedad Española de Geomorfología agradece la colaboración prestada por la Diputación General de Aragón, la Universidad de Zaragoza y la Caja de Ahorros de Zaragoza, Aragón y Rioja para la realización de esta Reunión

Dep. Legal Z-1774-88

INDICE

	<u>Página</u>
INTRODUCCION . M. Gutiérrez y J.L. Peña	1
CRITERIOS GEOMORFOLOGICOS APLICADOS A LA NEOTECTONICA. J.L. Goy, J.L. Simón y C.Zazo	4
GEOMORFOLOGIA VOLCANICA. E. Martínez de Pisón y F. Quirantes	28
GEOMORFOLOGIA EN GRANITOS. J.Centeno, J. de Pedraza, E. Molina, C. Sanz y J.R. Vidal Romani	37
ENFOQUE ACTUAL DE LAS INVESTIGACIONES GEOMORFOLOGICAS SOBRE EL KARST. J.López Martínez y J.J. Durán	47
GEOMORFOLOGIA GLACIAR. E. Martínez de Pisón	62
METODOLOGIAS DE ESTUDIO EN LA GEOMORFOLOGIA GLACIAL MODERNA. D. Serrat y J.M. Vilaplana	68
GEOMORFOLOGIA PERIGLACIAR: DESDE UNA VISION HISTORICA HACIA NUEVAS PERSPECTIVAS.A. Gómez Ortiz y J.A. González Martín.....	79
GEOMORFOLOGIA DE REGIONES ARIDAS. G.Benito, M.Gutiérrez y C. Sancho.	95
RIOS Y PROCESOS FLUVIALES. SITUACION ACTUAL. A. Pérez González.	109
PROCESOS GEOMORFOLOGICOS LIGADOS A LAS AGUAS EN MOVIMIENTO. F. Gallart y M. Sala.	125
GEOMORFOLOGIA DE LADERAS. A. Calvo Cases.	135
AVANCES RECIENTES EN EL RECONOCIMIENTO, ANALISIS Y CONTROL DE LADERAS INESTABLES.J. Corominas.	144
DESERTIFICACION : MAGNITUD DEL PROBLEMA Y ESTADO ACTUAL DE LAS INVESTIGACIONES. F. López Bermúdez.	155
GEOMORFOLOGIA LITORAL Y SIGNIFICADO DE LAS VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR. C. Zazo, C. Dabrio y J.L. Goy.	171
GEOMORFOLOGIA Y SUELOS. J. Gallardo, J.L. Goy, A. Pérez González, E. Molina y F. Díaz del Olmo.	189
LA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA. J. de Pedraza, J.L. Peña y B. Tello	207

GEOMORFOLOGIA LITORAL Y SIGNIFICACION DE LAS VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR

Zazo C.*, Dabrio C.J.** , Goy J.L.***

*- Museo Nal. de Ciencias Naturales (C.S.I.C.), Jose Gutierrez Abascal 2, 28006 Madrid.

** - Dpto. Estratigrafía, Facultad de Geología, UCM, 28040 Madrid.

*** - Dpto. de Geodinámica, Facultad de Geología, UCM, 28040 Madrid.

INTRODUCCION

El litoral es una zona de amplitud variable situada en el límite entre el dominio marino y la tierra firme; por consiguiente es un área rica en ambientes y formas cuyo estudio requiere el apoyo de técnicas específicas dentro de disciplinas muy variadas. Por consiguiente las investigaciones sobre geomorfología litoral deben entrar dentro de un marco mucho más amplio y no constituir una cosa aislada, ya que ella de por sí ofrece numerosas aplicaciones dentro de la evolución costera.

El hombre con su actividad ha introducido un fuerte riesgo en el presente siglo en esta zona inestable, que puede verse fuertemente amenazada si el "efecto invernadero" que hoy en día se observa continua aumentando. Una posible subida del nivel del mar en los próximos 100 años, predicha por numerosos investigadores, tendría consecuencias catastróficas, es por ello que hoy en día los estudios sobre geomorfología litoral deben orientarse en el sentido de ser utilizados como una técnica para contribuir al conocimiento de la evolución del litoral en el pasado sirviendo esto como llave para predicciones en un próximo futuro.

CAMBIOS RELATIVOS DEL NIVEL DEL MAR

Aunque el nivel del mar parezca estable (dejando aparte el oleaje y las mareas) experimenta de hecho desplazamientos horizontales y verticales debidos a diversas causas que actúan en escalas de tiempo y de magnitud diferentes. Estas causas son una función combinada de los cambios que se producen en el mar (Tecto-eustasia, Eustasia glacial, Eustasia geoidal, Cambios de la dinámica de la superficie del mar), y de los cambios en la Tierra (Tectónica, Isostasia, Deformaciones del geoide, Compactación); a lo que tenemos que añadir la diferente velocidad de respuesta de los dos conjuntos.

En la Tabla 1 se expone un cuadro sinóptico de las variables fundamentales que intervienen en los cambios del nivel relativo del mar.

EUSTASIA (CAMBIOS DEL NIVEL DEL MAR) NO SON GLOBALES, NI COETANEOS; NI DEL MISMO SENTIDO	CAMBIOS HORIZONTALES Y VERTICALES DEL GEOIDE	VOLUMEN DE LA CUENCA OCEANICA	TECTONO-EUSTASIA	CAMBIOS DEL VOLUMEN DE LA TIERRA	
				TECTONICOS	OROGENIA
					DESARROLLO DE CRESTAS MEDIO OCEANICAS
					TECTONICA DE PLACAS
					SUBSIDENCIA DEL FONDO MARINO
					OTROS MOVIMIENTOS DE LA TIERRA
		RELLENO SEDIMENTARIO			
		ISOSTASIA	ISOSTASIA GLOBAL		
			HIDRO-ISOSTASIA		
			AJUSTES POR CARGAS INERNAS		
VOLUMEN DEL AGUA DEL OCEANO	EUSTASIA GLACIAL	EUSTASIA GLACIAL			
		AGUA EN SEDIMENTOS, LAGOS Y NUBES, EVAPORACION, AGUA JUVENIL			
		"OLAS" GRAVITACIONALES			
		"BASCULAMIENTO" DE LA TIERRA			
DISTRIBUCION DEL NIVEL DE LA MASA DE AGUA DEL OCEANO	EUSTASIA GEOIDAL	"GRADO" DE ROTACION DE LA TIERRA			
		DEFORMACION DEL RELIEVE DEL GEOIDE			
		METEOROLOGICOS			
CAMBIOS DINAMICOS	CAMBIOS DINAMICOS DEL NIVEL DEL MAR	HIDROLOGICOS			
		OCEANOGRAFICOS			

Tabla 1- Variables que intervienen en las variaciones del nivel del mar (Según Morner, 1987).

Significativo del mismo es la evolución que ha sufrido el concepto teórico de Eustasia : que hoy en día se considera como simplemente "cambios del nivel del mar". Por consiguiente no globales, no coetáneos, ni del mismo sentido.

Relación entre Amplitud y Velocidades de las variables eustáticas (Figura 1)

A corto plazo, para variaciones del nivel del mar, interesa fundamentalmente: la Eustasia glacial, que puede originar cambios en el nivel del mar con velocidades de 10 mm/año.

La Eustasia geoidal, las deformaciones del geoide pueden llevarse a cabo con velocidades muy rápidas del orden de 10-30 mm/año.

La Dinámica de la superficie del mar, que depende de los factores (presión atmosférica, Evaporación, Temperatura, Salinidad, Escorrentía oostera, etc.) y de cuya variación depende que en mayor o menor grado la superficie dinámica del mar se desvie del "mar geodésico", puede llegar a alcanzar dicho proceso velocidades del orden de 100 mm/año.

A largo plazo, para variaciones del nivel del mar, interesan fundamentalmente; la Tectono-eustasia y algunos tipos de Eustasia geoidal.

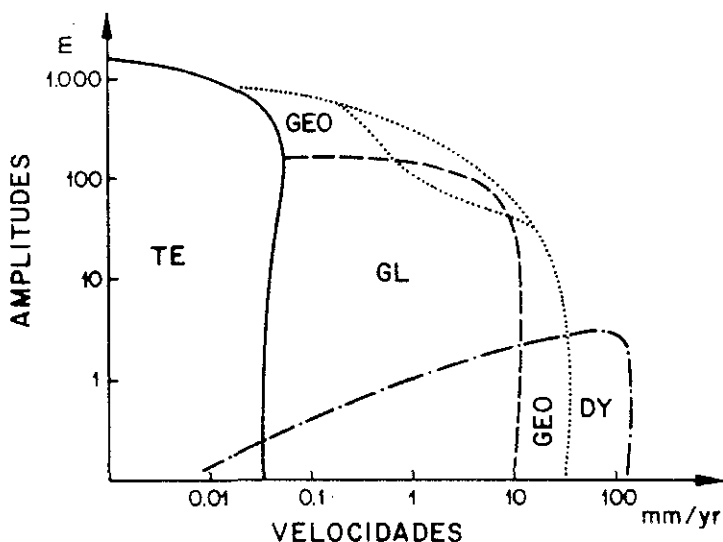


Figura 1 - Relación entre Amplitud y Velocidades de las variables eustáticas. TE- Tectono-eustasia; GL- Glacio-eustasia; GEO- Eustasia geoidal; DY- Cambios Dinámicos. (Según Morner, 1987- Modificado).

LA PROBLEMATICA ACTUAL EN TORNO A UNA POSIBLE SUBIDA DEL NIVEL
DEL MAR EN UN FUTURO PROXIMO

A corto plazo, la variación del nivel del mar a escala mundial, depende del equilibrio hidrogeológico, y éste es enormemente sensible a los cambios climáticos.

Resulta evidente hoy en día, que las actividades humanas están afectando a nuestro clima no solo a nivel regional sino también a nivel mundial, debido fundamentalmente a un aumento en la concentración de CO_2 , NO_2 , CH_4 , O_3 y los cloro-fluoro-carbonos (CFC_s). De todos los impactos potenciales es la subida global del nivel del mar lo que aparece como una de las causas más dramáticas, ya que al menos 1/3 de la humanidad está viviendo en las zonas bajas costeras.

Se ha estimado que el aumento esperado de unos $1,5^\circ\text{C}$. a $4,5^\circ\text{C}$. daría origen a una subida del nivel del mar del orden de 0,20-1,40 m. en los próximos 100 años. Los factores que mayormente contribuyen a este hecho son: Expansión térmica de las aguas oceánicas, retroceso de los glaciares de montaña y fusión de pequeños casquetes de hielo.

Los mareógrafos situados en las costas europeas han detectado que en los últimos 100 años la subida del nivel ha sido del orden de 10 - 15 cm., por consiguiente muchísimo más rápido que desde la época romana a la actualidad que ha sido del orden de 5 cm/100 años.

Aunque numerosos autores consideran que la elevación actual del nivel del mar es una consecuencia directa del ligero calentamiento del clima del globo, la relación causa/efecto no está aún bien demostrada como queda patente en los dos gráficos que se observan en la Figura 2

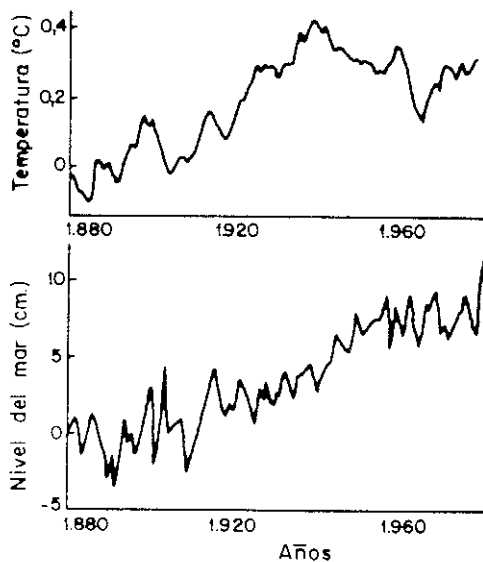


Figura 2. Curva de variación de las temperaturas medias del Globo desde hace un siglo (A); Curva de las fluctuaciones del nivel medio del mar para un mismo periodo. (En. Paskoff, 1987).

INTERES MUNDIAL EN CUANTO AL ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR

El interés en cuanto al conocimiento de las causas que provocan las variaciones del nivel del mar es desde hace tiempo un importante tema de trabajo en los estudios del Cuaternario, prueba de ello es la existencia desde hace mucho tiempo de una Comisión de líneas de costa dentro del INQUA (International Union for Quaternary Research).

No obstante en la actualidad la investigación se concentra en torno al conocimiento del problema en un pasado próximo y en las predicciones de un futuro inmediato. Numerosos proyectos entre los que caben destacar los que se inscriben en el marco del IGCP (International geological correlation Programme) que depende de la UNESCO y del IUGS; han tenido como objetivo fundamental estos estudios, como ejemplo citaremos el Proyecto n°200 "Late Quaternary sea level changes; measurement, correlation and future applications" (1983-1987); que contó con participación española. En el intervinieron especialistas en muy diversas temáticas (oceanografía, climatología, tectónica, geomorfología, arqueología, etc.). Los principales resultados obtenidos podemos sintetizarlos en cuatro puntos: a) Confirmación, mediante datos de campo y modelos, de la variedad espacial del nivel del mar.

b) Excelentes progresos en los métodos de datación (Electron Spin resonance, Termoluminiscence, Amino-acid racemisation, etc.) cuando se aplican a depósitos anteriores al último interglacial.

c) Un preliminar conocimiento a corto y a largo plazo de las velocidades de los movimientos relativos verticales del nivel del mar para algunas áreas. d) Mapas paleogeográficos sobre las terrazas marinas cuaternarias, en áreas tanto emergidas como en la plataforma.

A partir de este año comienza un nuevo proyecto "Quaternary Coastal evolution: case studies, models and regional patterns" (P.274 IGCP) cuya duración está prevista para cinco años y que también contará con participación española.

Ya más concretamente en lo referente a predicciones sobre cambios climáticos en un futuro próximo; se han celebrado numerosas Conferencias Internacionales y Talleres de trabajo, dentro de los cuales, como una línea de trabajo prioritaria, se plantea el problema de un ascenso próximo del nivel del mar. a) Conferencia Internacional sobre el papel que juega el CO_2 y otros gases de efecto invernadero en la variación climática e impactos asociados, Austria 1985 (UNEP- United Nations Environmental Programme, ICSU- International Council of Scientific Unions, WMO- World Meteorological Organization). b) Conferencia Internacional sobre los efectos en la salud y el medio ambiente por los cambios en el Ozono estratosférico y el clima global, Crystal City (USA), 1986 (EPA- U.S. Environmental Protection Agency, UNEP). c) Tall. de trabajo sobre los impactos de una elevación del nivel del mar en la sociedad, Holanda, 1986 (Deft Hydraulics Lab.). d) Taller de trabajo sobre "Cambios interrelacionados bioclimáticos y de ordenación del litoral", Holanda, 1987 (Gobierno de Holanda). En este caso se contó con la participación española (Escuela Nacional de Salud y Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid) dentro de la Sección "El impacto de una elevación futura del nivel del mar en las tierras bajas costeras Europeas" aportando datos sobre la evolución geomorfológica de los litorales del Delta del Ebro, y costa Huelva-Cádiz en los últimos años.

Por otra parte, dentro de la UNEP existe un Plan de acción para el Mediterráneo (Co-ordinating Unit for the Mediterranean Action Plan); en el que como "casos de estudio" están previstos la cartografía de las áreas de marisma y dunas por su importancia ecológica

ca, sin contar con los estudios, ya comenzados, de la evolución reciente de los deltas : Po, Ebro, Nile, Rhone, Medjerda.

TENDENCIAS ACTUALES EN LOS TRABAJOS DE GEOMORFOLOGIA LITORAL - VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR

Hoy en día los trabajos de geomorfología litoral van muy ligados al estudio de las variaciones del nivel del mar; y dado la problemática actual existente en torno a una posible subida del nivel del mar en el próximo siglo, la mayor parte de las investigaciones, organismos y proyectos van encauzados a, de una forma completamente interdisciplinaria, realizar modelos costeros con vistas a previsiones cuantificables.

Para ello se asiste del Servicio permanente del nivel medio del mar (Permanent service for mean sea level) que es el que recoge y analiza mensual y anualmente datos del nivel medio del mar mediante una red global de medidas.

Las redes de mareógrafos instaladas ya en muchas costas del mundo son fundamentales para contabilizar los cambios del nivel del mar.

Por otra parte, la Física oceanográfica, la Astronomía y la Geodesia son disciplinas básicas en este tipo de estudios. Se consideran muy interesantes todas las investigaciones de la plataforma (Sedimentología, Geomorfología, Arqueología, Biología marina, etc) en relación con la localización y cartografía de placeres, y reconstrucción de paleoambientes).

A continuación pasaremos a exponer un poco más ampliamente aquellas técnicas o disciplinas que de alguna forma están más ligadas con las investigaciones geomorfológicas que se realizan en nuestro país.

Curvas de variaciones del nivel relativo del mar

Este tipo de curvas, conocidas también como curvas eustáticas, fué aplicado de forma exhaustiva no solo para extensas áreas sino a nivel global, hoy en día se tiende a construir curvas teóricas locales en sectores donde el factor tectónico es conocido y donde los datos morfo-estratigráficos de campo están muy controlados con el fin de que las edades obtenidas por medidas isotópicas (Th/U, C₁₄) no fuerze los resultados reales.

Utilización de medidas isotópicas y otras técnicas específicas para el cálculo de edades de las unidades geomorfológicas litorales

El conocimiento de la edad de las unidades morfológicas litorales permite calibrar de forma precisa la evolución de la franja costera en los últimos años e incluso poder realizar algunas predicciones para el futuro.

Las medidas isotópicas más utilizadas son el Th/U, aplicado a los depósitos marinos de edad no superior a los 250 ka y a los espeleotemas de las cavidades carsticas litorales, y el C¹⁴ que en general se aplica tanto a depósitos marinos como continentales de edad no superior a los 20 ka.

Los métodos tales como Racemización de los ácidos aminos, utilizados para datar depósitos marinos, y la Resonancia del Electr0-Spin (ESR) aplicada tanto a materiales marinos como continentales, dan buenos resultados cuando se aplican a depósitos anteriores al último Interglacial.

Los trabajos de cartografía geomorfológica en áreas litorales han tenido siempre dos vertientes, por un lado aquellos que han destacado las formas, sin tener en cuenta secuencias de procesos, y, por otro, los que destacan no solo la forma y su génesis sino que además las incluyen en un contexto geodinámico general, haciendo hincapié en establecer secuencias temporales de las unidades geomorfológicas cartografiadas.

Recientemente la INQUA Mediterranean and Black sea-shorelines Subc ha construido una leyenda generalizada (BONADONNA et. al. 1987) para mapas de línea de costa cuaternarias, tanto emergidas como sumergidas; varios ejemplos cartográficos han sido ya publicados (España, Italia, Egipto, Tunez).

Los elementos cartografiados tienen en cuenta no solo los depósitos marinos sino los continentales relacionados con aquellos. Numerosos detalles morfológicos, tectónicos, faunísticos, de medidas isotópicas, etc., se incluyen tanto en tierra firme como en áreas de la plataforma.

Sumamente interesantes resultan los mapas fisiográficos del litoral que se construyen a varias escalas generalmente altas), en ellos están incluidos de manera muy específica las unidades morfológicas tanto deposicionales como erosivas, y contienen gran información no solo de tierra sino también de la plataforma. Dicha car-

tografía interesa fundamentalmente para trabajo de ordenac. del litoral ya que incluyen obras humanas, áreas de acreción y de erosión costera, y gran información sobre la dinámica litoral (dirección de vientos, oleaje, deriva litoral, etc.).

Los estudios geomorfológicos en áreas litorales aplicados a mapas morfotectónicos, basados en una cartografía de detalle de las secuencias de las unidades geomorfológicas marinas y continentales señalando el dispositivo geométrico (superposición, encajamiento, solape) y distribución espacial (ausencia o presencia de secuencias trazado de los contornos de los mismos) da gran información para deducir no solo las tendencias tectónicas del área, sino que, ayudados por las medidas isotópicas (Th/U, C¹⁴), y ESR llevadas a cabo sobre las terrazas marinas, dan idea sobre las tasas de elevación y/o hundimiento.

Las tendencias tectónicas de un área determinada pueden ser deducidas de los mapas de isobasas o isolineas de los episodios de altas paradas del nivel del mar. Cada episodio se corresponde con un nivel cero original de una edad conocida, todas las alteraciones de esta superficie inicial significarán tendencias tectónicas positivas o negativas en sentido amplio.

En los procesos actuales es de fundamental importancia los mapas de Riesgos en áreas litorales, en dichos mapas se indica un factor de riesgo en relación con la posible subida del nivel del mar en un futuro próximo, expresado como moderado, alto, y de riesgo extremo.

Esta cartografía final es el resultado de la información obtenida de cinco mapas base: Geomorfología costera; Modelos de circulación (corrientes principales superficiales y corrientes subterráneas); Datos de oleaje; porcentaje de sedimentación costera; y mapas de erosión histórica y progradación de la línea de costa. Los estudios sedimentológicos en los depósitos costeros pueden suministrar datos cuantitativos muy aproximados de las variaciones relativas del nivel del mar y un mejor conocimiento de la paleogeografía de las áreas costeras, incluso en el caso de disponer solo de afloramientos mediocres.

Una vez que se estudian las facies sedimentarias, teniendo especial cuidado en reconocer el significado preciso, el espesor, y profundidad a que se depositó cada una de ellas, se definen las secuencias verticales. Hecho esto se podrá identificar y situar

sucesión la posición de la línea de costa o de cualquier otro rasgo topográfico característico que permita establecer cotas definidas. Si en una columna se encuentra un rasgo indicativo de una profundidad o de una cota concretas (por ejemplo el nivel medio del mar para un intervalo determinado) que se repite varias veces, separadas por materiales que presumiblemente se depositaron a mayor o menor profundidad, parece evidente que deberan haberse producido cambios relativos del nivel del mar. Si además conseguimos averiguar las cotas a las que se formaron éstos últimos tendremos una idea directa bastante precisa de la magnitud del cambio (figura 3)

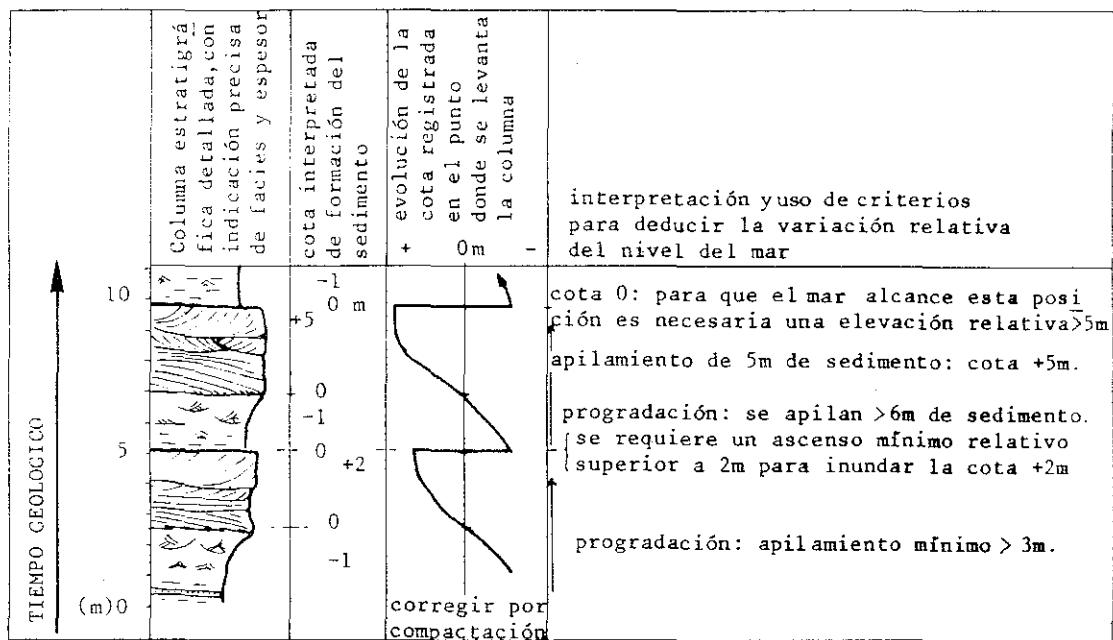


Figura 3 - Evolución vertical de las cotas deducidas en una sucesión, e implicaciones sedimentarias para la reconstrucción de los cambios del nivel del mar.

Los datos más fiables de paleocotas los suministra la zona de transición del offshore al shoreface (-10 a -15 m. en cotas con oleaje importante y hasta -1 a -2 m. en cotas protegidas), el punto de inflexión del escalón de la parte baja del foreshore con el shoreface (plunge step), al final de las láminas inclinadas hacia el mar en ángulo variable según el tamaño de grano y la forma en que se

disipa la energía del oleaje (GUZA e INMAN, 1975; SHORT, 1979, 1984; SHORT y WRIGHT, 1983; SONU, 1973; WRIGHT et al., 1979) que marca el nivel del mar en un momento dado, parece ser que este es el indicador más fiable de la cota cero de referencia en las costas micromareales y de la parte baja de la zona de bajamar en las meso y macromareales.

La berma es utilizada generalmente en los mapas topográficos como indicador del límite marino-continental (cotas entre +1 y +5 m.) creciendo a grosso modo con el tamaño de grano.

Para poder utilizar estas medidas directas como valores absolutos debe corregirse el efecto de compactación postsedimentaria y tener en cuenta los efectos de los movimientos de origen tectónico.

Con especial interés se investigan en la actualidad las tierras bajas costeras (JELGERSMA et al., 1987), por constituir éstas, al menos en Europa, una gran área de asentamiento de la actividad humana, en muchos casos en equilibrio crítico con el actual nivel del mar, y que, durante muchos años ha vivido bajo el slogan de "dragar, drenar, y ganar terreno al mar". De esta forma las marismas han sido drenadas para uso de la agricultura, industria, y edificación de grandes ciudades, lo que ha provocado problemas de subsidencia debido a la compactación de sedimentos no consolidados. Así mismo el dragado en los estuarios y deltas en interés del desarrollo de los puertos ha causado la intrusión de agua salada; el bombeo exhaustivo de las islas barreras y dunas con vistas a obtener agua potable está afectando considerablemente la interfase agua salada/agua dulce.

Por último, en los lugares donde la costa se está erosionando se construyen diques y muros de contención con el fin de disminuir el arrastre de arena, método éste discutible ya que como reacción, a estos trabajos artificiales, la erosión del resto de la costa desprotegida aumenta en muchos casos.

Los estudios de geomorfología litoral son sumamente interesantes en estas áreas en donde existe tal diversidad de medios, pero ellos deben ir siempre acompañados de estudios sedimentológicos en el sentido del conocimiento de facies y de la dinámica litoral, con el fin de detectar áreas con procesos de acreción y/o erosión

ESPAÑA: Estado actual de las investigaciones en torno a la temática geomorfológica litoral-variaciones del nivel del mar.

Los trabajos que se han realizado en nuestro país han seguido en lo posible las líneas de investigación internacional, fundamentalmente en los últimos años. Teniendo en cuenta nuestra infraestructura el acceso a algunas técnicas que se utilizan en este tipo de trabajos solo ha sido posible gracias a la colaboración con Universidades y Laboratorios extranjeros dentro de un marco de Proyectos de cooperación científica.

Una síntesis del estado de conocimiento en España con relación a las variaciones del nivel del mar ha sido recopilado en una serie de tablas (ZAZO et al., 1987 a.) en las que se recoge toda la información que hasta ese momento existía sobre el tema.

Es indudable que los trabajos de geomorfología litoral han estado muy ligados con los problemas del Cuaternario, y dado que tan solo se contaba con algunos trabajos puramente descriptivos, ha sido necesario una gran labor en lo referente al estudio de los problemas litorales durante el Pleistoceno, ya que las secuencias costeras aflorantes en nuestras costas son excelentes, para posteriormente avanzar en los problemas más cercanos a nuestros días (Holoceno). Es ahora quizás el momento de que sin abandonar los estudios referentes al pasado, hagamos un mayor esfuerzo por conocer la evolución costera actual, tema que como hemos visto anteriormente interesa de manera especial a nivel mundial.

A continuación nos referiremos a algunos de los avances que con relación al tema geomorfología litoral - variaciones del nivel del mar se han realizado en España.

Confección de curvas de variaciones del nivel del mar

Ha sido éste uno de los últimos resultados que se han obtenido, al haber podido tener acceso a realizar medidas isotópicas no de una forma aislada, sino mediante trabajos de colaboración permanente, es decir muestreo conjunto de los especialistas que trabajan en campo y de los que realizan las medidas en los laboratorios. Hoy en día contamos con una curva teórica de variación del nivel del mar durante los últimos 200 ka para los litorales de Almería, Murcia, y Alicante (SOMOZA et al., 1987) en la que se han tenido en cuenta no solo las componentes cíclicas, deducidas de las edades obtenidas mediante medidas de Th/U y C^{14} teniendo en cuenta

desviaciones positivas y negativas, sino las no cíclicas, en particular el coeficiente tectónico (Figura 4)

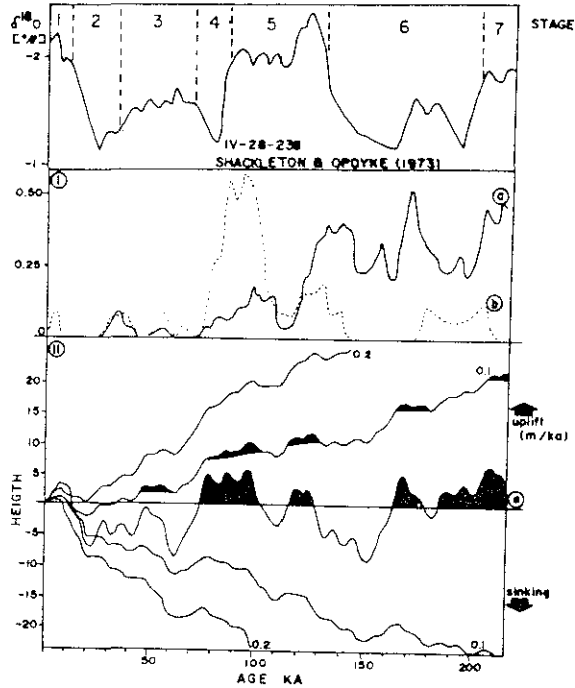


Figura 4- Relación entre las curvas de probab. altos niveles de mar (I_a - región de Almería, I_b - región de Murcia-Alicante) y la curva teórica de las variaciones del nivel del mar (II_a). La curva relativa del nivel del mar obtenida aplicando un coeficiente tectónico de 0,1 m/Ka, está utilizada para el litoral de Almería. (Según Somoza et al. 1987), y su comparación con la curva de variaciones isotópicas en sondeos oceánicos.

En el litoral de Mallorca también han sido construidas curvas de variaciones relativas del nivel del mar para los últimos 300 Ka (Medida en series del Uranio) aplicados a terrazas marinas emergidas (BUTZER, 1975); y para los últimos 600 Ka (POMAR et al. 1987) aplicadas a los espeleotemas epifreáticos de las cuevas litorales de Mallorca (Utilización de medidas en la serie del Uranio y ESR). En ningún caso se ha tenido en cuenta el componente tectónico.

Medidas isotópicas y otras técnicas de cálculo de edades de las unidades geomorfológicas litorales

En la actualidad contamos con numerosas medidas de datación de las unidades marinas y de transición en la costa española, en particular en el litoral mediterráneo. Los métodos más utilizados han sido Th/U, C¹⁴, ESR y Racemización de ácidos aminos. En general todos ellos han sido aplicados a depósitos del Cuaternario Superior.

Faltan, no obstante, dataciones en las áreas con fuerte subsidencia; medidas isotópicas en los sondeos de las marismas y lagoons darían una magnífica información sobre tasas de sedimentación y de movimientos.

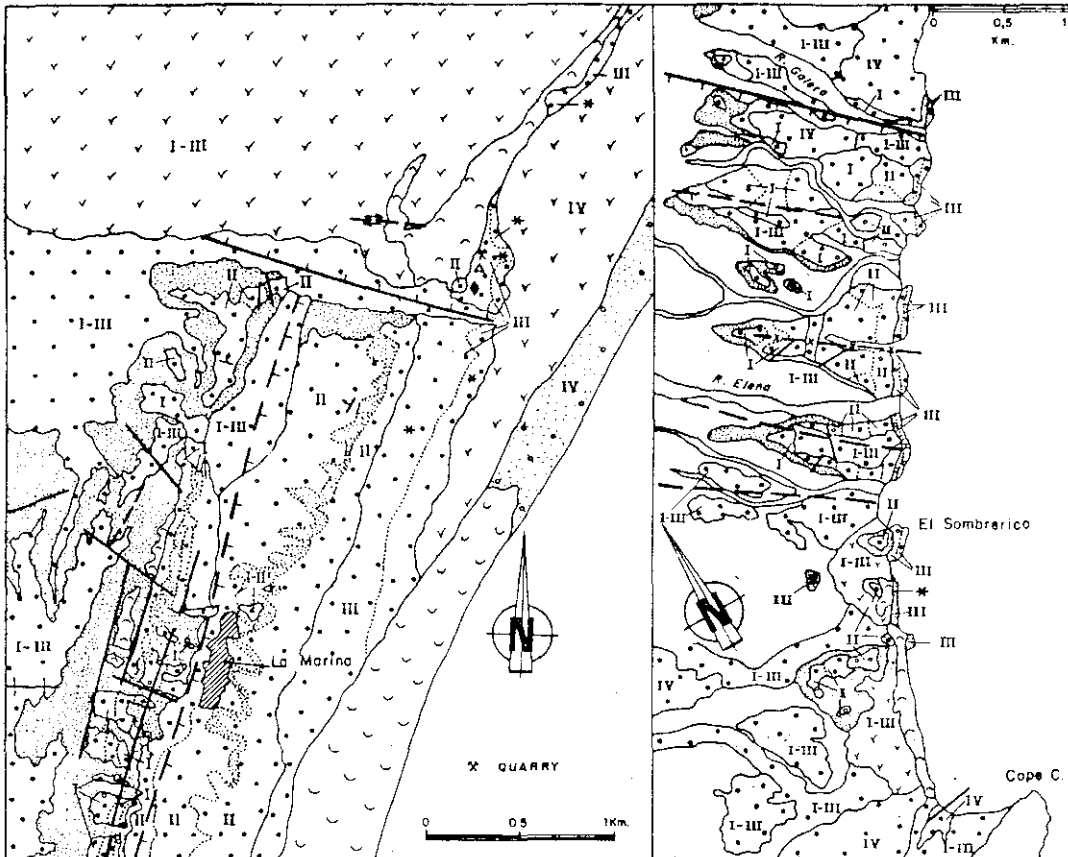
En estado muy avanzado está la cartografía geomorfológica. Se han hecho mapas de líneas de costa según el modelo Internacional del INQUA en algunos sectores del litoral de Almería, Murcia y Alicante, Figura 5 (Goy et al., 1987 a), Mapas fisiográficos en el litoral de Huelva (MENANTEAU et al., 1985), Cadiz y Almería, estos últimos en fase de preparación. En todos ellos se incluyen datos arqueológicos, de dinámica litoral, etc, con señalización de algunos rasgos geomorfológicos en la plataforma.

Un modelo de mapa morfotectónico ha sido realizado para el litoral de Valencia con el fin de representar las tendencias tectónicas del área, basándose en la disposición geométrica y espacial de las unidades geomorfológicas litorales. Esta mapa expresa por otra parte la relación entre las unidades emergidas y las de la plataforma; de ello se deducen cambios muy recientes en la evolución costera (GOY et al. 1987 b).

Mapas de isobasas o isolinneas se han realizado para los litorales de Almería, Murcia y Alicante (SOMOZA et al., 1987) utilizando las medidas isotópicas de Th/U llevadas a cabo sobre las unidades morfoestratigráficas Tirrenienses (180 Ka, 128 Ka, 95 Ka), con el fin de observar las tendencias tectónicas de éste área para cada una de las edades anteriormente citadas.

Algunos mapas de riesgos de inundación han sido elaborados en los litorales de Valencia y Castellón (ELIZAGA Y LENDINEZ, 1986).

La utilización de datos históricos y protohistóricos junto con los geomorfológicos y sedimentológicos han dado gran información en cuanto al conocimiento de los cambios en la dinámica costera de Cataluña, Cadiz, Huelva, Malaga y Murcia. (MARQUES y JULIA, 1983; DABRIÓ y ZAZO, 1987; HOFFMANN y SCHULTZ, 1987).



LA MARINA (ALICANTE)

COPE BASIN (MURCIA)

LEGEND

MARINE CYCLES

- IV QUATERNARY CYCLE (FROM 0.02 MA)
- III QUATERNARY CYCLE (0.02-0.25 MA)
- II QUATERNARY CYCLE (0.25-0.7 MA)
- I QUATERNARY CYCLE (0.7-2.5 MA)
- PLIOCENE (WITH LITOLOGY)
- OSCILLATION IN THE SAME CYCLE
- CONTACT BETWEEN MARINE CYCLES

MARINE SEDIMENTS

- CONGLOMERATES
- SAND

BIOLOGICAL DATA

* Warm fauna with *S. subonius*

ISOTOPIC RESULTS

- ◆ Th/h
- △ Amino Acid

CONTINENTAL DEPOSITS

- RELATED TO IV MARINE CYCLE
 - RELATED TO I-III MARINE CYCLE
 - RECENT DUNE
 - FOSSIL DUNE
 - LAGOON
- } FLUVIAL

TECTONIC

- NORMAL FAULT/INFERRED
- STRIKE SLIP FAULT INFERRED
- ANTICLINE
- SINCLINE
- SLIP DEEP
- UNKNOWN TYPE FAULT/INFERRED

Figura 5: Cartografía de las líneas de costa cuaternarias, según el modelo de la INQUA Mediterranean and Black sea Shorelines Subc. (Según GOY et al. 1987a).

En cuanto a los estudios sedimentológicos aplicados a cambios del nivel del mar con resultados cuantificables caben destacar los realizados en el litoral de Cadiz (DABRIO et al., 1987) para los depósitos pleistocenos, y los realizados en el litoral de Alicante, en este caso mediante el análisis de secuencias de los escalones del foreshore (plunge steps). (SOMOZA et al., en prensa)

BIBLIOGRAFIA

- BONADONNA F.P., GOY J.L., ULZEGA A., ZAZO C. (1987): Mediterranean-Black sea Quaternary shorelines map. legend. Scale 1/200000 y 1/500.000. Newsletter INQUA Mediterranean and Black sea Shorelines Subcom. ,9
- BUTZER K.W. (1975): Pleistocene littoral-sedimentary Cycles of the Mediterranean basin: A mallorquin View. In BUTZER K.W. and GLYNN L. (ed.) The Australopitecinos, Aldine, Chicago/Mouton, The Hague.
- DABRIO C.J., ZAZO C., GOY J.L. (1987): Pleistocene sea-level in the Bay of Cadiz S.W. Spain. In ZAZO C. (Ed.) Late Quaternary sea-level changes in Spain. Trabajo sobre Neogeno-Cuaternario n°10, 265-281.
- DABRIO C.J., ZAZO C. (1987): Riesgos geológicos en zonas litorales. In Riesgos geológicos. Serie Geología Ambiental IGME, 227-250.
- ELIZAGA E., LENDINEZ A. (1986): Dinámica fluvial de la Plana de Levante (Provincia de Castellón y Valencia). Geología y prevención de inundaciones. IGME, 193-244.
- GOY J.L., SOMOZA L., BARDAJI T., ZAZO C. (1987a.): Shoreline mapping models in areas with different morphosedimentary behaviour. (Almería-Murcia-Alicante, Spain). In ZAZO C.(Ed.) Late Quaternary sea-level changes in Spain. Trabajo sobre Neógeno-Cuaternario, 10, 35-77.
- GOY J.L., REY J., DIAZ DEL RIO V., ZAZO C. (1987b.): Relación entre las unidades geomorfológicas cuaternarias del litoral y de la plataforma interna-media de Valencia (España). Implicaciones paleogeográficas, Actas, III Reun. Nac. Geol. Amb. O. del Territor., Valencia, II, 1369-1381.

- GUZA R.T., INMAN D.L. (1975): Edge waves and beach cusps. J. Geophys Res. 80, 2997-3012.
- HOFFMANN G., SCHULTZ H.D. (1987): Holocene stratigraphy and changing coastlines at the Mediterranean coast of Andalucía (SE - Spain). In ZAZO C. (Ed.) Late Quaternary sea-level changes in Spain. Trabajo sobre Neógeno-Cuaternario 10, 153-158.
- JELGERSMA S., TOOLEY M., SHENNAN I. (1987): The impact of future sea-level on the European coastal lowlands. European workshop on interrelated Bioclimatic and land Use changes vol. H, 28 pp. The Netherlands.
- MARQUES M.A., JULIA R. (1983): Características geomorfológicas y evolución del medio litoral de la zona de Empuries (Girona). Actas VI Reunión del G.E.T.C. Santiago-Vigo. 155-165.
- MENANTEAU L., VANNEY J.R., ZAZO C., GOY J.L. (1985): Carte Physiographique du littoral atlantique de l'Andalousie E:1/50.000. MF. 02 Punta Umbría-Matalascañas, MF. 03 Matalascañas-Chipiona. Junta de Andalucía. Consej. Política Territorial.
- MORNER N.A. (1987): Eustasy, Geoid, changes and Dynamic sea surface due to the interchange of Momentum. Proc. Int. Symp. on sea-level changes. China Ocean Press, Qingdao (R.P. China).
- PASKOFF R. (1987): Les variations du niveau de la mer. La Recherche, 191, 18, 1010-1019.
- POMAR L., RODRIGUEZ PEREA A., FORNOS J.J., GINES A., FONT A., MORA A. (1987): Phreatic speleothems in coastal caves: A new method to determine sea level fluctuations. In ZAZO C. (Ed.) Late Quaternary sea-level changes in Spain, Trabajo sobre Neógeno-Cuaternario, 10, 197-224.
- SHORT A.D. (1979): Wave power and beach-stages: a global model. Proc. 16th Int. Conf. Coastal Eng. Hambourg. 1145-1162.
- SHORT A.D. (1984): Temporal change in beach type resulting from a change in grain size. Search. 15, 228-230.
- SHORT A.D., WRIGHT L.D. (1983): Physical variability of sandy beaches. In Sandy beaches as ecosystems. Dr W. Junk Publishers, The Hague, 133-144.
- SHACKLETON N.J., OPDYKE N.D. (1973): Oxigen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific cores V28-238: Oxigen isotope temperatures and ice volumes on a 10^5 year and 10^6 year scale. Quaternary Research 3, 39-55.

- SOMOZA L., ZAZO C., BARDAJI T., GOY J.L., DABRIO C.J. (1987):
Recent Quaternary sea-level changes and tectonic movements in SE Spanish coast. In ZAZO C. (Ed.) Late Quaternary sea-level changes in Spain. Trabajo sobre Neógeno-Cuaternario n°10, 49-47.
- SOMOZA L., BARDAJI T., DABRIO C.J., GOY J.L., ZAZO C. : Análisis de Secuencias de islas barrera Pleistocenas en relación con variaciones del nivel del mar, laguna de la Mata (Alicante). Acta Geol. Hispánica, en prensa.
- SONU C.J. (1973): Three dimensional beach changes. Jour. Geol. 81, 42-64.
- WRIGHT L.D., CHAPPELL J., THOM B.C., BRADSHAW M.P., COWELL P. (1979): Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. Marine Geology, 32 105-140.
- ZAZO C., GOY J.L., SOMOZA L., BARDAJI T., DABRIO C.J. (1987a.): Recent Quaternary marine levels in Peninsular Spain, State of Knowledge and discussion. In ZAZO C. (Ed.) Late Quaternary sea-level changes in Spain, Trabajo sobre Neógeno-Cuaternario, 10 7-31
- ZAZO C., DABRIO C.J., GOY J.L. (1987b.): Evolution of the lowlands littorals of Huelva and Cadiz (Spain) from the Holocene until now. European workshop on interrelated Bioclimatic and land use changes, The Netherlands.