

I

MORFODINAMICA DE LAS ISLAS OCEANICAS DESDE UNA PERSPECTIVA DE LA
ORDENACION, PLANIFICACION Y GESTION DEL TERRITORIO.

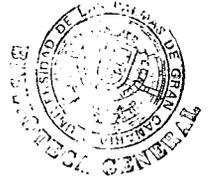
II

GEOLOGIA REGIONAL Y AMBIENTAL.

JESUS MARTINEZ MARTINEZ

1996

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. EDIFICIO DE CIENCIAS
BASICAS. BIBLIOTECA



**MORFODINAMICA DE LAS ISLAS OCEANICAS, DESDE UNA PERSPECTIVA DE LA
ORDENACION, PLANIFICACION Y GESTION DEL TERRITORIO.**

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
LAS PALMAS DE G. CANARIA
Nº Documento.....272055.....
Nº Copia.....3A9454.....

INDICE

Oceanología física y cartografía morfodinámica para la planificación y gestión del litoral emergido más externo, por Jesús Martínez y José Miguel Pacheco Castelao. En : JORNADAS EN CIENCIAS Y TECNOLOGIAS MARINAS (1ª. 1992. Instituto Español de Oceanografía, Alicante), : area 3 : oceanografía, [11]p.

Los procesos morfodinámicos, la importancia de los mismos en la planificación y gestión del litoral y cómo se contemplan en la Ley de Costas. En : Martínez, J., editor, SEMINARIO SOBRE LA LEY DE COSTAS (1990. Las Palmas) : ponencias, p. 53-66.

La cartografía morfodinámica en la planificación y gestión del litoral canario. En : INGENIERIA civil, 73, p. 91-94.

Aplicación y utilidad de la cartografía morfodinámica en el soporte de las Islas Canarias : estudio de un caso particular (Isla de Fuerteventura), por Jesús Martínez, Diego Casas, Francisco Botella. En : ESTUDIOS de Geomorfología en España, 1992, p. 685-692.

OCEANOLOGIA FISICA Y CARTOGRAFIA MORFODINAMICA PARA LA PLANIFICACION Y GESTION DEL LITORAL EMERGIDO MAS EXTERNO

Jesús Martínez y José Miguel Pacheco

Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Universitario de Tafira. 35017 Las Palmas.

RESUMEN

En la presente comunicación, se analiza una parte del problema de la gestión integrada del litoral, en particular, los aspectos relativos a las características físicas del territorio emergido más externo.

Se consideran las influencias de tipo físico y morfodinámico en la generación del aspecto aparente del litoral. Se señala qué estudios son los más importantes y necesarios para lograr una descripción adecuada, que servirá de base para cualquier otra investigación, ya sea científica, urbanística o de desarrollo. Se presta atención a la modelización, tanto matemática como informática, de los datos recogidos, para auxiliar en la toma de decisiones.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos físicos, que ocurren en la franja más externa del litoral emergido (playas y dunas litorales), están sometidos a la influencia de fenómenos, cuyo estudio se reparte entre :

- la Oceanografía Física, y
- la Morfodinámica.

El concepto generalizado de ecosistema permite tratar, de forma unificada, la evolución de estos territorios, bajo dichos influjos. Por lo tanto, para planificar y gestionar la referida franja del litoral, se precisa conocer y comprender los procesos donde interaccionan ambos componentes.

Procedentes de la Oceanología Física, intervienen :

- La hidrodinámica marina, en el entorno más próximo a la orilla, y el marco energético que determina (Martínez, 1991).
- El sistema circulatorio en playas y los diagramas de transportes inherentes (Martínez, 1986).
- Los procesos de acreción - erosión de áridos en depósitos de playas y sus índices y parámetros :
 - índice de variabilidad sedimentaria,
 - índice de capacidad de sustentación sedimentaria,
 - parámetro de acreción, y
 - parámetro de erosión,de acuerdo con Martínez (1988 y 1990a).
- Y las clasificaciones de las playas, según un esquema general de las costas, que comprendan los procesos de erosión, transporte y depósito.

Las clasificaciones de las playas se pueden agrupar en tres modalidades :

- Morfológicas, como la de Suárez Bores (1980).
- Morfodinámicas, de acuerdo con los esquemas de Wright y Short (1979 , 1983 y 1985).
- Y las climáticas, como propone Martínez (1988 - 1990b).

En cuanto a la Morfodinámica, dos aspectos son los decisivos :

- las caracterizaciones litológicas y geométricas del relieve, y
- la delimitación de provincias litorales.

Los relieves dependen de :

- las fuentes de aportes de áridos,
- y de los procesos hidrodinámicos - eólicos de transporte y depósito de los sedimentos.

En esta dependencia, se observa el papel interactivo con la Oceanografía Física y con la Meteorología. Téngase en cuenta, de paso, que las bases conceptuales de estas dos ciencias son idénticas, por lo que aquí se las consideran en pié de igualdad.

En principio, los áridos proceden de ambientes tanto sumergidos como emergidos. En el primer caso, puede tener mucha importancia la aportación organógena. En las islas oceánicas, ésta depende, entre otras variables, de las características geométricas de las plataformas insulares, condicionantes de la eclosión biológica.

Los aportes de áridos, desde tierra adentro, se deben :

- A la susceptibilidad intrínseca de las rocas, para erosionarse, en un escenario climático dado.
- Y a los agentes externos responsables de los procesos de erosión y transporte, en ambientes emergidos.

Por otra parte, de la Morfodinámica , y más concretamente :

- de la Geomorfología



- y de la presión humana, reflejada en las obras marítimas del litoral,

depende que el transporte longitudinal próximo a la orilla, dentro del ambiente sumergido, sea :

- libre, o
- impedido.

Además, la pendiente topográfica, de la fachada costera más interna, puede condicionar la energía de transporte hacia la orilla (energía del oleaje). Así, se pueden dar ambientes :

- disipativos,
- reflectivos, o
- de situaciones intermedias.

En base a estos comportamientos hidrodinámicos, los aportes sedimentarios se acumularán, selectivamente, en los distintos sub-ambientes, que constituyen una playa.

Los trasvases eólicos significativos, debidos, sobre todo, al régimen dominante de los vientos, desde playas de barlovento a otras de sotavento, relativamente cercanas, son permitidos, o no, y condicionados por los relieves emergidos que se interponen. La permisibilidad y el condicionamiento tienen una estrecha vinculación con la clasificación de los relieves, según sus pendientes, como se recoge en cartografías morfodinámicas (Martínez, 1990c).

En este grupo de consideraciones, conviene resaltar el concepto de provincia morfodinámica : Conjunto de playas dependientes unidireccionalmente, tal que si se interviene en una de ellas,

habrá repercusiones en las restantes, situadas aguas abajo. respecto al oleaje dominante. Una provincia morfodinámica unitaria sería aquella en donde no se establecen playas dependientes.

De acuerdo con Komar (1988), las delimitaciones de las provincias morfodinámicas se establecen a partir de :

- Las caracterizaciones de las arenas : mineralógica, petrológica, morfoscópica y otras.
- Los diagramas de transporte, que hacen dependientes a un conjunto de playas y que explican las caracterizaciones de sus arenas, incluidas las tendencias de las distribuciones mineralógicas.
- Y de la descripción del marco litológico del litoral, como fuente de aportes sedimentarios.

Y por último, se debe indicar que sobre la cartografía morfodinámica descansa un primer criterio para la delimitación de unidades ambientales, y para la planificación y gestión de las mismas :

- en cualquier tipo de territorio, en general,
- y en el litoral, en particular.

Y esto, de por sí, es ya muy importante.

2. METODOLOGIAS Y TECNICAS ACTUALIZADAS

Los estudios de la franja litoral se apoyan en una metodología multidisciplinar, que considera :

1. La cartografía morfodinámica (Martínez, 1990).
2. El clima marítimo.

3. El cálculo de cubicajes de arena (Martínez, 1987).
4. La sedimentología costera.
5. Y la modelización matemática (Pacheco, 1990).

La cartografía morfodinámica de Martínez (1990c), concebida para el litoral de las islas oceánicas en general, y, en particular para Las Canarias, se basa en categorías jerarquizadas e interdependientes, aplicadas a cada dominio climático, según criterios :

- geológicos,
- morfoгенéticos, incluidos los procesos de erosión y sedimentación, y
- evolutivos,

El cálculo de cubicajes se obtiene mediante el seguimiento del movimiento de la superficie topográfica (nivelación topográfica). De esta manera, se cuantifican los procesos de acreción y de erosión de una playa.

Se precisa, por otra parte, de una sedimentología costera, que abarque :

- La observación, análisis e interpretación de formas menores, respecto a la clasificación de las playas.
- La observación, análisis e interpretación de los parámetros texturales de los áridos.
- Y la observación, análisis, interpretación e incidencia de las características mineralógicas de los áridos.

Los parámetros granulométricos permiten, entre otras cosas :

- diseñar diagramas de transporte, en playas, y

- hacer estimaciones energéticas dentro del estrán.

En relación con la energía cinética media, del oleaje incidente significativo, se estiman concretamente, y en términos relativos :

- la intensidad, en un periodo dado de tiempo ,
- la duración, y
- la evolución en el tiempo.

Los parámetros morfológicos incluyen un análisis de las características fractales de las partículas. Tal análisis puede explicar, en parte, la dinámica del transporte de áridos, tanto en el medio acuoso como por la acción del viento: Ello tiene mucho interés en las transiciones entre fluidos no newtonianos y newtonianos, así como en la consolidación de estructuras sedimentarias (Allen, 1984).

Para los procesos físicos en el litoral, se opta por la modelización piramidal (Fernández, 1989), que desarrolla diversas etapas conceptuales. Estas se ordenan, jerárquicamente, según su mayor nivel de abstracción y generalidad, de la siguiente manera :

- En una primera fase, las campañas de campo llevan a la identificación de un modelo físico, en el que predomina la selección de características básicas cualitativas.
- La traducción de datos cualitativos a cuantitativos constituye un proceso complejo, que pasa por etapas intermedias de modelización parcial. La representación de los parámetros descriptivos seleccionados, en las escalas adecuadas, culmina con el establecimiento de una fase cuantitativa.

- En la fase cuantitativa, se aplica, esencialmente, el aparato matemático. Se establece un problema abstracto, que sirve, con preferencia, para el análisis de cuestiones generales (Padilla, 1991 y Fernández, 1989).

En lo referente a las ganancias y pérdidas de áridos, en franjas intermareales de playas arenosas, el proceso global se describe e interpreta satisfactoriamente, entre otras alternativas, mediante un modelo no lineal, desarrollado a partir de una ecuación diferencial de tipo logístico, más un término representativo de efectos de saturación (Martínez et al., 1991). El modelo permite determinar los volúmenes intermareales de equilibrio de una playa, y las pautas de evolución de estos, como respuestas a nuevas situaciones oceanológicas. La anterior evolución dibuja una "onda de arena", observada empíricamente en las series temporales de los balances sedimentarios. Sin embargo, la predicción puede mejorarse si se usa también la logística, complementada con impulsos aleatorios, regidos por distribuciones, en frecuencia e intensidad, que se determinan experimentalmente.

Para la predicción de pérdidas de arena, ante temporales concretos, (Martínez, 1990b), se ha llegado a estimaciones aceptables, en cuanto al orden de magnitud de los resultados, mediante un modelo determinista, basado en una yuxtaposición de episodios lineales, que configuran una tendencia global exponencial.

Los sistemas expertos son otra herramienta para obtener decisiones, referentes, entre otras muchas más cosas, a :

- diagramas de transportes en playas, respecto a oleajes determinados, y

- cuantificación de esos transportes.

La base de datos para un sistema experto en gestión del litoral consistirá en :

- La fisiografía y localización geográfica de la playa,
- La caracterización oceanológica del oleaje en cuestión (dirección de aproximación, alturas y periodos),
- Evolución del gradiente de sobreelevación del agua del mar sobre el estrán,
- propiedades físicas del sedimento,
- densidad del agua, y
- geometría del estrán.

El conjunto de reglas de inferencia, para gestionar la base de datos, deberá ser seleccionada cuidadosamente: Es necesario implementar las experiencias realizadas, y sus valoraciones en función de diferentes tipos de parámetros físicos, geológicos, sociales, económicos y culturales. Esto pone, una vez más, de relieve la complejidad del problema de la gestión del litoral.

Asimismo, los intervalos de confianza de las decisiones, propuestas por el sistema experto, han de definirse con la flexibilidad necesaria (traducción de las situaciones sociales, políticas, económicas), para proceder a su ejecución práctica.

Un estudio más avanzado, que aún no se ha implantado en el análisis de problemas de este tipo, consiste en el diseño de redes neurales. Sin embargo, la complejidad de estos asuntos necesita un mayor desarrollo.

3. CONCLUSIONES

Conforme con :

- el esquema de investigación que se reseña en esta comunicación, y
- la metodología esbozada,

se establecen las condiciones para :

- Diseñar obras marítimas en relación con la optimización de playas deterioradas, la construcción de playas artificiales, la mejora uso-fructuaria de la fachada marítimo - terrestre (paseos marítimos, etc.), y otras intervenciones.
- Autorizar concesiones administrativas de explotaciones de áridos sumergidos.
- Ubicar adecuadamente instalaciones deportivas, desde la orilla, (puertos deportivos y otras), que impliquen barreras físicas al transporte longitudinal de áridos.
- Y evaluar impactos físicos de proyectos, o de actuaciones existentes.

4. BIBLIOGRAFIA

Allen, J. 1984. Sedimentary Structures. Elsevier. Amsterdam.

Fernandez, I. y Pacheco, J. 1989. Modelo en la gestión ambiental. III Congreso Latino Americano de Ciencias del Mar. (P. 57). Cumaná. Venezuela.

Pacheco, J. , Fernández, I. y Villagarcía, M. 1990. On some open

problems in the mathematical modelling of coastal systems. En Quélennec, R. (ed.). 167 - 171. Luminy, Marseille.

Padilla, I. , Fernández, I. , Pacheco, J. y Montenegro, R. 1991. Estimation of exit time for particles released in Ocean Surface. En Arcilla, A. (ed.). Computer Modelling in Ocean Engineering 91. 111 - 115. A.A. Balkema. Rotterdam.

Jesús Martínez (Editor)

**SEMINARIO SOBRE LA LEY DE COSTAS
(LAS PALMAS, 16 - 25 DE ENERO DE 1990):
PONENCIAS.**

**AULA DE PRACTICA JURIDICA DEL
ILTRMO. COLEGIO DE ABOGADOS DE LAS PALMAS.**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR.
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE G.C.**



SEMINARIO SOBRE LA LEY DE COSTAS

ORGANIZACION:

Aula de Práctica Jurídica del Iltmo. Colegio de Abogados de Las Palmas.

Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas.

DIRECCION - SECRETARIA TECNICA:

José M.^º Palomino

COORDINACION:

Nieves Henríquez

EDITOR:

Jesús Martínez

PUBLICACION:

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

*Depósito Legal G. C. 1213 - 1991
GRAFICAS MARCELO, S. L. - Porojo. 41
Las Palmas de Gran Canaria
Islas Canarias - España*

**LOS PROCESOS MORFODINAMICOS,
LA IMPORTANCIA DE LOS MISMOS EN LA
PLANIFICACION Y GESTION DEL LITORAL
Y COMO SE CONTEMPLAN EN
LA LEY DE COSTAS.**

POR

D. JESUS MARTINEZ MARTINEZ

Se pretende revisar los factores de la dinámica litoral, y las morfologías de playa que determinan, dentro de una triple perspectiva:

- Factores de tierra adentro, que se dejan sentir en el transporte y en las deposiciones sedimentarias del litoral.
- Dualidad dinámica longitudinal - morfologías de las playas.
- Evolución de los perfiles de playa, por el transporte transversal.

Todos estos aspectos se verán:

- Como inciden en la planificación y gestión del litoral.
- y como están considerados en la vigente Ley de Costas.

A.- Las actuaciones y procesos físicos, tierra adentro, que repercuten en la morfología de las playas del litoral.

Se pueden producir desequilibrios, en los balances sedimentarios de las playas, a consecuencia de la disminución de los aportes de sólidos continentales. La caída de los aportes tendría las siguientes causas:

- Repoblación forestal, que conlleva una reducción en los procesos erosivos de las aguas de escorrentía.
- Retención de sedimentos fluviales en los embalses y por la regulación de cauces en general.
- Extracciones de áridos en barrancos y ríos.

La ubicación de embalses y las repoblaciones forestales deberían llevar estudios de impactos, en relación con los procesos sedimentarios, en el litoral potencialmente afectado.

Dentro del entorno grancanario, sólo en los barrancos con cuencas que superen los 25 km² se producen avenidas significativas, para el transporte de sólidos. Sirvan de ejemplos los barrancos situados en la vertiente meridional, tales como:

- Barranco de Tirajana. Su cuenca tiene, en proyección horizontal,

una longitud de 23.50 kms. y una amplitud máxima de 8 kms.

- Barranco de Fataga, o de Maspalomas. La cuenca tiene una longitud de 20.65 kms. y una amplitud máxima de 4.90 kms.
- Barranco de Arguineguín. Las dimensiones de la cuenca son: 27.8 kms. de longitud y 6.8 kms. de amplitud máxima.
- Barranco de Mogán. La cuenca tiene una amplitud de 16.35 kms y una amplitud máxima de 3.30 kms.
- Barranco de Veneguera. Su cuenca alcanza una longitud de 13.90 kms. y una amplitud máxima de 4.00 kms.

En los anteriores barrancos, las avenidas de relativa importancia se corresponden con los temporales del SW. Se presentan con una probabilidad de una cada 5 ó 6 años. Las fuertes avenidas están, estadísticamente, más distanciadas, una cada 15 años. Con otras situaciones meteorológicas no suelen tener lugar las avenidas.

Sin embargo, cuando estos barrancos corren, el caudal de agua que llega al mar es despreciable, debido a que sus cauces están muy intervenidos:

a) Hay numerosos tomaderos, hasta casi las desembocaduras.

b) Y se encuentran intersectados por grandes embalses:

- Presa de Tirajana, con 3.1 Hm³, en la cuenca del Barranco de Tirajana.
- Presa de Fataga, con 0.4 Hm³, en la cuenca del Barranco de Fataga.
- Presas de Chira (0.2 Hm³), Cuevas Las Niñas (0.5 Hm³) y Soria (32.8 Hm³) en la cuenca del Barranco de Arguineguín.
- Presa de El Mulato, con 0.5 Hm³, en la cuenca del Barranco de Mogán.

Las circunstancias descritas, además de las obras de encauzamientos, como ocurre en el Barranco de Maspalomas, hacen que los aportes sólidos a las playas, localizadas en sus desembocaduras, carezcan de interés.

Un ejemplo de la importante capacidad de retención de sedimentos por las presas, en áreas de gran acarreo, está en el Barranco Vega de Rio Palmas (Barranco de Betancuria), junto a La Peñita, en Fuerteventura. La presa, en la actualidad, se encuentra prácticamente colmatada por

sólidos.

* - * - * - *

La correspondencia entre:

- actuaciones y procesos físicos tierra adentro,
- y sus efectos en las playas del litoral,

dentro de la Ley de Costas, se contempla en la exposición de motivos, en su primera parte, en donde se enumeran los objetivos. Aquí, incluso se evalúa la regresión promediada de la línea de costa (en un 17%) en el territorio nacional, por la disminución de aportes de sólidos continentales. También en esta exposición de motivos, pero ahora en su segunda parte, respecto al análisis de legislaciones precedentes y pautas de la nueva, se consideran los áridos de los tramos finales de los cauces como reservas a explotar para alimentar a las playas que se degraden.

Sin embargo, en el desarrollo del texto legal, no hay ninguna otra alusión a estos tipos de intervenciones internas, a excepción de las condiciones de explotación de áridos en los tramos finales de cauce (Artículo 29, apartado 1). Obviamente, si se encuentra recogida la regulación de las explotaciones, en sus distintos aspectos.

B.- Los cambios en los factores fisiográficos del entorno, que condicionan la morfología de las playas, en una provincia morfodinámica.

Sánchez Arcilla (1984) propone una clasificación genética de las costas muy simple, que resulta bastante operativa en la planificación y gestión del territorio.

Para este autor, el litoral se subdivide en:

- costas de acantilados,
- y costas sedimentarias (playas).

Las costas acantiladas evolucionan, por lo general, muy lentamente. Su erosión depende de la litología y estructuras, así como de las solicitudes ambientales (terrestres y marinas), que sobre ellas actúan: lluvia, viento, oleaje, etc.

Las costas sedimentarias evolucionan con escalas de tiempos menores que las anteriores.

Las morfologías de las playas dependen, en primera instancia, de

las disponibilidades de material sedimentario y de las características de este. Pero también juega un papel importante la meteorología y el clima marítimo existente, en cuanto que controlan el transporte de sólidos.

Las playas, a su vez, se clasifican en dos grupos:

- de transporte libre y
- de transporte impedido.

Las playas libres son aquellas en las que el transporte longitudinal tiene lugar sin interrupción durante muchos kilómetros. El sedimento se mueve libremente, agua abajo, a lo largo del litoral, dentro del dominio de playa.

En el otro grupo de playas, el transporte longitudinal está limitado a recorridos cortos. El sedimento atrapado sólo permite oscilaciones de la línea de costa.

En un litoral de transporte libre, se puede modificar la dinámica litoral, en muchos casos, con obras de defensa de costas. Estas, estructuralmente y de acuerdo con Enríquez y Berenguer (1986), se clasifican en:

- defensas longitudinales,
- espigones u obras transversales en general,
- diques exentos,
- alimentación o manipulación artificial de arenas,
- y otras obras.

Pero además intervienen decisivamente los diques y muelles portuarios.

De forma muy simplificada, los efectos de estos factores fisiográficos, sobre la morfología de las playas, se esquematizan como sigue:

1.- Defensas longitudinales.

Si las obras están situadas en una zona sumergida, o en una zona emergida, pero donde le llega, en ocasiones, el oleaje, se producen dos efectos:

a) Transversalmente. La energía del oleaje no disipada crea una onda reflejada, que pone en movimiento, y traslada mar adentro, a los sedimentos del pie de la obra. Esto implica la degradación y pérdida de la playa, que hubiera delante de la defensa.

b) Longitudinalmente, por la incidencia de un oleaje oblicuo. Los vectores resultantes de la propagación del oleaje incidente y de la onda reflejada explican:

- una acumulación de sedimentos a barlomar de la defensa,
- y una erosión, seguida de un ligero avance de la línea de costa, a sotamar.

Con todo, debe destacarse que las obras longitudinales, ligadas a la orilla, interfieren sólo de forma leve en la dinámica longitudinal de los sedimentos. Este hecho hace que, en las zonas donde los movimientos sedimentarios longitudinales tengan gran relevancia, este tipo de obras sea uno de los que producen menor impacto en la estabilidad de las playas arenosas de una misma unidad morfodinámica.

2.- Obras marítimas transversales, incluidas las portuarias.

Quedan suavizados los efectos morfológicos de estas obras sobre las playas arenosas cuando, en un litoral, no hay un flujo sedimentario significativo, o sus componentes direccionales están equilibradas. Lo anterior será válido por lo menos:

- a corto plazo,
- en ausencia de fuertes temporales,
- y si no se encuentran aislados ciertos tramos de playa de sus fuentes de aportes.

En cambio, si hay un transporte litoral significativo:

a) Ante una obra, con una penetración hasta la zona de rompientes, se intercepta parcial, o casi totalmente, la corriente de deriva. Esto, al cabo de un cierto tiempo, determina:

- La formación de un acúmulo de arena, a barlomar.
- Y la ausencia de aportes de arena, a sotamar. Como se producen pérdidas por los temporales, se establecen balances sedimentarios negativos, que implicarán destrucción, o degradación, de las playas a sotamar.

Esta dualidad dinámica - morfología se mantiene hasta que las arenas puedan rebasar la obra. A partir de ese momento:

- la playa de barlomar se estabiliza,

- las playas de sotamar comienzan a recibir aportación,
- y hay un transporte hacia mar adentro, por el efecto deflector de la obra. Por ello, se mantiene una situación sedimentaria deficitaria en las playas de agua abajo.

b) Ante un campo de espigones, que penetren también hasta la zona de rompientes, al objeto de estabilizar o regenerar un tramo extenso de playa:

- Se modifica la dinámica - morfología del litoral, de forma semejante al caso anterior. La erosión a sotamar comenzará a partir del último espigón construido, aguas abajo.
- Y, si el diseño es incorrecto, sobre todo a causa de exiguos espaciamientos, que determinan importantes corrientes de retorno, se puede provocar la separación del flujo sedimentario de la costa, y su posible derivación hacia profundidades poco activas.

3.- Diques exentos.

En general, estas obras representan obstáculos para el paso de una parte, o de la totalidad, de la energía del oleaje. De esta energía depende la erosión, transporte y depósito de los áridos de una playa.

Si un dique emerge y está a una distancia adecuada de la orilla, se favorece la formación de un tómbolo. Depósitos de este tipo actúan a modo de barreras, que interceptan al transporte de deriva. Este, en las mejores de las circunstancias, se reduce al que pasa por el lado exterior de las estructuras.

Los efectos de los tómbolos, sobre las morfologías de las playas aguas abajo, son similares a los de los espigones.

4.- Alimentación o manipulación artificial de las arenas.

Interesa considerar dos apartados:

- La alimentación artificial de playas.
- Y la explotación de áridos de depósitos submarinos.

En cuanto al primer caso, físicamente se consigue una protección efectiva de los terrenos costeros, situados directamente detrás, al incrementarse la superficie que disipa la energía del oleaje. No se modifica, de forma decisiva, ningún factor que pueda determinar daño, o alterar la estabilidad de las playas adyacentes. Quizás se introduzca una realimen-

tación secundaria en estas playas y una suavización de la plataforma costera.

Los efectos de las explotaciones de áridos submarinos serán tratados más adelante.

5.- Otras intervenciones.

Aquí se puede incluir la presión urbanística, directa o indirectamente, sobre los campos de dunas litorales, en los que se producirían procesos de degradación. Como las dunas litorales son las despensas de las playas, en definitiva se alterarían negativamente estos últimos depósitos.

* _ * _ * _ *

Sea el ejemplo del Maresme barcelonés, en un litoral de transporte libre de sólidos hacia el Sur (aguas abajo, en relación con la oblicuidad del oleaje dominante). Los aportes proceden, en su mayor parte, del Río Tordera.

La construcción del Puerto de Arenys de Mar, entre 1924-34 y 1947-56, supuso un impedimento al transporte libre, a lo largo del conjunto de playas del Maresme, independientemente de que la oblicuidad del oleaje sea, o no, óptima a ese transporte. De esta manera, se pierde el equilibrio en la morfología de las playas de la provincia morfodinámica. Hay una progresiva erosión, que se agrava, por el efecto reflexión, ante obras longitudinales de defensa.

En este contexto, otras posteriores intervenciones, que obstaculizan al transporte remanente de deriva, como el Puerto de Premiá de Mar, determinan:

- locales hiper-estabilidades, aguas arriba respecto a esta segunda generación de actuaciones.
- y acentuación de la inestabilidad aguas abajo.

El balance sedimentario se hace más deficitario, en el conjunto de la morfología playera de la provincia morfodinámica en cuestión.

Dentro de este desequilibrio, para optimizar playas degradadas, se requieren alimentaciones artificiales, con intervenciones blandas y/o duras. Tales intervenciones son muy costosas. Por otro lado, existe el riesgo que se pierda la morfología obtenida:

- A corto plazo, por temporales inusitados.

- Y a largo plazo, por no existir un equilibrio entre pérdidas y ganancias. Predominan las primeras, en dependencia con los condicionantes de la dinámica litoral, controlada, básicamente, por un clima marítimo "habitual".

La regeneración de un tramo de playas del Maresme, correspondiente a los municipios de Mongat, El Masnou y Premiá de Mar, y en menor cuantía al de Badalona (unos 7 kms. aproximadamente), costó 509.8 millones de pesetas, dentro de las actuaciones del MOPU, en el quinquenio 1983 - 87.

*** . * . * . ***

La provincia morfodinámica de Morro Besudo - Faro de Maspalomas, en gran Canaria, puede servir de ejemplo, en nuestro entorno próximo, de las consecuencias de modificar la dinámica litoral.

En esta provincia:

1.- Mediante un transporte de deriva, aguas abajo respecto al oleaje del alisio, llegan aportes de arena a la Playa de El Inglés.

2.- Desde la Playa de El Inglés, el viento del NE transporta arena al Campo de Dunas de Maspalomas.

3.- Este campo de dunas alimenta a la Playa de Maspalomas, cuando se erosiona su franja intermareal.

4.- La arena de la erosión de la Playa de Maspalomas es transportada, por corrientes de deriva, hacia la Punta de La Bajeta.

5.- Gran parte de los aportes, que llegan a la Punta de La Bajeta, se pierden por un sumidero (especie de cañón submarino), que se localiza en las proximidades.

En este marco, las actuaciones, que interfieran a los transportes descritos, provocarán degradaciones morfológicas en las playas y campo de dunas, o acentuarán estas, si ya se dan (sea el caso de la Playa de Maspalomas). Estas interferencias se podrían localizar:

- tanto en el ámbito de costa, por obras marítimas,**
- como en la periferia interna del campo de dunas (sobre el borde de la terraza aluvial), si se construyen "pantalla arquitectónicas" que amortigüen, sectorialmente, la velocidad del viento y, con ello, la capacidad de transporte.**

Actualmente, los aportes sedimentarios que llegan a la Playa de El Inglés se encuentran algo debilitados, aunque no significativamente, por la construcción de un espigón, en 1966, en el margen meridional de la Playa de Las Burras. Esta última playa ha evolucionado de gravas y cantos a exclusivamente arenosa, en situación de hiper-estabilidad, como lo verifica el desarrollo de un pequeño campo de dunas.

A partir de lo reseñado, se deduce que hay que tener una enorme precaución en la redacción y ejecución de proyectos de obras marítimas, entre las playas de Las Burras y de El Inglés, para la optimización de este tramo litoral, respecto a su explotación turística.

* . * . * . *

Las obras de defensa, en la Ley de Costas, y de acuerdo con los procesos morfodinámicos:

1.- Se contemplan como necesarias, en determinados supuestos:

- en el apartado 1 del Artículo 6.
- y en la letra a) del apartado 1 del Artículo 111.

2.- Y requieren la obligatoriedad de evaluar sus impactos, como se recogen en los siguientes puntos:

- párrafos de la primera parte de la exposición de motivos,
- apartado 1 del Artículo 6,
- apartado 2 del Artículo 42, y
- apartado 2, 3 y 4 del Artículo 44.

Lo relacionado con las condiciones de autorizaciones y concesiones, directrices de actuación, casos de desmantelamientos, así como las infracciones, pero todo esto también desde una perspectiva morfodinámica, se especifican en los siguientes puntos:

- letra a) del apartado 1 del Artículo 34,
- letra g) del Artículo 76,
- letra d) del apartado 1 del Artículo 78,
- letra e) del apartado 1 del Artículo 79, y
- letra a) del Artículo 90.

En el texto legal, las referencias en relación con la conservación y

protección de las dunas litoral se encuentran, explícitamente, sólo en dos párrafos de la exposición de motivos (una en cada una de sus dos partes). De forma implícita, la dinámica y morfología de los depósitos eólicos de arenas se consideran en muchos puntos, cuando se tratan aspectos urbanísticos del litoral.

* - * - * - *

Quizás este sea el momento más oportuno, o más bien anecdótico, de recordar el Decálogo de P. Bruun, que formula:

1. Amarás tus costas y tus playas.
2. Las protegerás contra los demonios de la erosión.
3. Las protegerás sabiamente, en verdad trabajando con la naturaleza.
4. No permitirás que las fuerzas de la naturaleza se vuelvan contra ellas.
5. Proyectarás cuidadosamente en tu propio interés y en el interés de tu prójimo.
6. Amarás la playa de tu prójimo como la tuya misma.
7. No robarás la propiedad de tu prójimo ni le causarás daño para tu propia protección.
8. Planificarás en cooperación con tu prójimo, y él hará lo mismo con el suyo y así sucesivamente. Que así sea.
9. Deberás cuidar lo que hayas construido.
10. Deberás ser misericordioso con los pecados del pasado y los cubrirás con arena.

C.- Procesos sedimentarios por transporte transversal.

En los ambientes sedimentarios de playas se identifican transportes hacia mar adentro y viceversa, aparte de los de deriva.

El transporte transversal tiene una estrecha dependencia con los estados morfodinámicos de Wright y Short (1983). Estos autores describen dos estados extremos:

- playa disipativa, y
- playa reflectiva,

y cuatro estados intermedios.

Con el estado disipativo, el transporte transversal se desarrolla significativamente, mientras que con el reflectivo, este transporte carece de importancia.

En ciclos sedimentarios cortos, de aproximadamente un año, las playas pueden evolucionar de disipativas a reflectivas, a través de todas sus situaciones intermedias. Pero también las hay de comportamiento morfodinámico prácticamente constante.

Sean los siguientes ejemplos en la Isla de Gran Canaria, y dentro de una misma provincia morfodinámica, la de Morro Besudo - Faro de Maspalomas:

a) La Playa de El Inglés se comporta permanentemente como disipativa. Su pendiente intermareal oscila entre 4.0 y 0.2%.

b) La Punta de Maspalomas es predominantemente disipativa, aunque se alcanzan estados reflectivos. Las pendientes intermareales toman valores entre 0.10 y 9.20%.

c) Y en la Playa de Maspalomas predominan las situaciones intermareales, pero se alcanzan los estados disipativos y reflectivos. Las pendientes intermareales extremas dan valores de 0.60 y 11.00%.

Las extracciones de áridos, en un banco arenoso sumergido, no repercutiría en el estrán, de una playa conexas, si se cumplen las dos siguientes condiciones:

1.- Esa playa se clasifica como reflectiva, a lo largo de todo su ciclo sedimentario corto.

2.- Y la explotación se hace a una distancia prudencial de la orilla. La playa sumergida activa, en equilibrio con el estrán, es muy reducida.

En cambio, ante playas intermedias y, sobre todo disipativas, se tiene que tomar muchas precauciones en el establecimiento del límite más interno del área de explotación, para no provocar degradaciones en el estrán.

* . * . * . *

La Ley de Costas menciona, de forma explícita, las extracciones de áridos submarinos. Al respecto, se consideran los siguientes aspectos:

- la dinámica - morfología de las playas,

- la necesidad de evaluación de impactos,
- y el destino de los materiales explotados,
en cuatro puntos:

- apartado 3 del Artículo 44, y
- apartado 1, 2 y 4 del Artículo 63.

BIBLIOGRAFIA

Enriquez F.; Berenguer, J. M^a. 1986. Evaluación metodológica del impacto ambiental de las obras de defensa de costas. Monografía M10. MOPU-CEDEX. Madrid. 40 pp.

Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. BOE n.º 131, del 29/7/1988. Páginas 23386 - 23401.

Sánchez Arcilla, A. 1984. Configuración de la línea de costa, 309-350, In: Sánchez Arcilla, A. (Director). Curso Intensivo de Ingeniería de Costas. Universidad Politécnica de Cataluña - MOPU (Secretaría General Técnica, Servicio de Publicaciones. Madrid). 570 pp.

Wright, L; Short, A. 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia, pp. 35 - 64, in: Komar, P.D. (Ed.) C.R.C. Handbook of Coastal Processes and Erosion. C.R.C. Press, Boca Raton, Fla. 305 pp.

LA CARTOGRAFIA MORFODINAMICA EN LA PLANIFICACION Y GESTION DEL LITORAL CANARIO

JESUS MARTINEZ (*)

RESUMEN. Dentro de una perspectiva de planificación y gestión del litoral, se desarrolla una metodología de cartografía morfodinámica, válida para las islas oceánicas, con climas mesotérmicos subhúmedos.

Se admiten cuatro categorías jerarquizadas, que se describen para el entorno canario.

Se proponen criterios, siglas y simbologías a utilizar en esta cartografía.

ABSTRACT. *Within a planning and management perspective for the coastline, a morphodynamic cartography methodology is developed which is applicable to oceanic islands with mesothermic subhumid climates.*

Four hierarchically arranged categories are included, and these described for the environment in the Canary Islands.

Proposals are made for the use of criteria, initials and symbols in this cartography.

INTRODUCCION Y OBJETIVOS

El conocimiento, comprensión y seguimiento de los procesos físicos del litoral quedan recogidos, en gran medida, en los mapas morfodinámicos de estos entornos.

Por otra parte, estos mapas se precisan en la planificación y gestión de un medio natural, de acuerdo con numerosos autores: FERGUSON (1974), BROWN et al. (1976), SPANGLE (1976), ROBINSON y SPIEKER (1978), CRAIG y CRAFT (1982), DIAZ DE TERAN (1983 y 85), TRILLA (1985), CENDRERO et al. (1986) y CENDRERO (1987), entre otros.

Una cartografía morfodinámica puede dar lugar a diferentes tipos de mapas. CENDRERO (1987) recoge 5 tipos, en los que la abstracción aumenta progresivamente:

- Mapas de carácter descriptivo. Se representan simplemente las observaciones.
- Mapas de cualificación, en los que se relacionan distintos aspectos observables.
- Mapas de evaluación, con respecto a la idoneidad del territorio, para la implantación de determinados usos.
- Mapas en los que se representan los conflictos entre posibles usos propuestos.
- Y mapas de carácter prescriptivo, que establecen lo que se debe hacer (recomendaciones y usos).

Obviamente, la mejor cartografía morfodinámica descriptiva, e incluso de cualificación, es la que propor-

ciona un mapa geológico sobre otro topográfico. Sin embargo, aquí se propone una cartografía de interpretación sencilla y rápida, que permita una previa estimación de conjunto, a una escala inapropiada para observaciones topográficas significativas (escala de 1:50.000, por ejemplo).

Esta propuesta de cartografía:

A. Tiene:

- Una fuerte componente de aproximación analítica, ya que trata de un tema en concreto.
- Otra componente de integración, en cuanto que la morfodinámica abarca una serie de categorías cartografiables.

B. Se ha concebido en función del litoral de las islas oceánicas, y en particular para Canarias.

C. Considera, prioritariamente, las zonas emergidas. No obstante, también se representan las características más generales de las sumergidas.

D. Y, además, pretende tener una aplicación en la planificación del territorio, en dependencia con los diferentes criterios de optimización del mismo.

MATERIALES

Para la elaboración de los mapas morfodinámicos, se necesita el siguiente material, o al menos parte de él:

- Fotografías aéreas.
- Equipo para la observación estereoscópica.
- Mapas topográficos.
- Mapas geológicos.
- Mapas batimétricos.
- Datos geofísicos de los fondos litorales.
- Notas de las observaciones de campo.

(*) Dr. en Ciencias Geológicas y Profesor Titular de Gestión del Litoral. Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Politécnica de Canarias.

METODO

A. CATEGORIAS MORFODINAMICAS DEL LITORAL

A partir del modelo operativo descrito por CENTENO et al. (1983) y CHRISTIAN (1964), la cartografía morfodinámica se basa en cuatro categorías jerarquizadas e interdependientes, según criterios:

- Geológicos.
- Morfogenéticos, incluidos los procesos de erosión y sedimentación.
- Evolutivos.

Y en relación con los diferentes dominios climáticos.

Estas categorías, de menor a mayor rango, forman la siguiente secuencia:

1. Elementos de erosión (land elements). Representan rasgos de detalle. Pueden:

- Determinar una categoría superior.
- Corresponder a elementos sobreimpuestos (generados independientemente de la unidad en la que se encuentran).

2. Unidades morfodinámicas (land units). Se tratan de unidades básicas, definidas, por CENTENO et al. (1983), como «porciones de terrenos configurados por unos elementos morfológicos propios, que son el reflejo de una génesis condicionada por factores y procesos comunes...». Dado el carácter genético de las unidades, las morfologías convergentes, desde procesos distintos, no pertenecen a la misma unidad.

3. Sistemas morfodinámicos (land systems). Forman conjuntos, a escala regional, de unidades morfodinámicas, que comparten algunos condicionantes o características significativas.

4. Conjuntos geológicos. Se basan en las características geológicas comunes, que sustentan a sistemas morfodinámicos. Estas categorías geológicas matizan a toda la cartografía morfodinámica.

En las islas oceánicas, con climas mesotérmicos subhúmedos (con unos parámetros climáticos próximos a los de Canarias):

1. Las unidades morfodinámicas se identifican con las grandes formas erosivas (MARTINEZ, 1985):

- Acantilados.
- Caletas (bahías), normalmente asociadas a desembocaduras de barrancos.
- Amplias rasas emergidas.

A veces conviene considerar también estos otros ambientes:

- Las grandes playas arenosas.
- Los depósitos eólicos de arenas.
- Las formaciones sedimentarias «deltaicas».
- Los glaciares litorales.
- Las laderas intermedias.

Los «glaciares litorales» se definen como llanuras extensas, de pendientes suaves hacia el mar, formadas por:

- La erosión.
- Las deposiciones locales de sedimentos aluviales.
- Y/o las coladas de rocas volcánicas.

No se descartan que los glaciares litorales sean rasas, total o parcialmente.

Se entienden por laderas intermedias las vertientes emergidas, que buzan hacia el mar, con pendientes entre las de los glaciares litorales y las de los acantilados bien caracterizados. Pueden tener grandes problemas de inestabilidad (deslizamientos).

Estas laderas, según los criterios de DIAZ DE TERAN (1983) y CENDRERO (1987), se clasifican en:

- Lomas: pendientes entre 5 y 25 %.
- Colinas: pendientes entre 25 y 50 %.
- Laderas abruptas: pendientes entre 50 y 100 %.

2. Los sistemas morfodinámicos se identifican con los tipos de litorales, de acuerdo con una clasificación morfológica, que considere las características de la zona sumergida más interna (más próxima a tierra).

Para las islas oceánicas, a partir de una modificación de la clasificación de OTTMANN (1965), se puede admitir tres tipos de litorales:

- Costas bajas: presencia de plataformas insulares.
- Costas abruptas: ausencia de plataformas insulares.
- Costas intermedias: cuando hay plataformas insulares, con pendientes relativamente acusadas.

3. Los conjuntos geológicos los establecen la naturaleza petrológica de los relieves emergidos, afectados por la geodinámica externa marina.

En las Islas Canarias, interviene la siguiente columna litológica:

- Aluviales.
- Basaltos recientes.
- Formaciones polimícticas de nube ardiente.
- Fonolitas.
- Traquitas-sienitas.
- Basaltos antiguos.
- Complejo basal.

Los mapas así diseñados, se superponen a otros mapas temáticos, en trabajos interdisciplinarios, para la planificación del territorio.

B. CRITERIOS, SIGLAS Y SIMBOLOGIAS

EN LA CARTOGRAFIA MORFODINAMICA PARA EL ENTORNO CANARIO

La cartografía de las categorías morfodinámicas, en el entorno canario, puede hacerse conforme a los siguientes criterios, siglas y simbologías:

1. Elementos de erosión

- Alveolos marinos: al.
- Arcos: a.
- Bancos esculpidos: b.
- Bloques de erosión: be.
- Charcones: ch.
- Cornisas: cn.

- Covachas: co.
- Cresterías: cr.
- Cuchillos marinos: cu.
- Farallones (fariones): f.
- Grutas: g.
- Hervideros (bufaderos): h.
- Monolitos isleos marinos: m.
- Oquedades superficiales centimétricas: o.
- Paredones isleos: pi.
- Pasillos de erosión: pe.
- Plataforma de abrasión: pa.
- Socavones: s.
- Taffonis marinos: t.

Las siglas se colocan junto al límite externo del mapa.

2. Unidades morfodinámicas

Rasas. Rayado paralelo o la línea de costa generalizada, dentro del mapa. Se indican las altitudes alcanzadas en el borde interno.

Caletas (o conjuntos de subcaletas). Pequeñas semicircunferencias, abiertas hacia el mar, sobre flechas delimitantes de doble sentido, en el límite externo del mapa.

Acantilados. Rayado perpendicular a la línea de costa generalizada, dentro del mapa. Se indican las cotas de coronación en su borde interno.

Este rayado puede englobar las siguientes siglas:

- H: cuando la potencia del acantilado rebasa la altura crítica límite teórica, para un «nivel estable del mar» (169 m).
- I: indica inestabilidad litológica-estructural.
- P: hace referencia a paleo-acantilados.

Laderas intermedias. Rayado discontinuo, perpendicular a la línea de costa generalizada, dentro del mapa.

El rayado engloba las siglas L_1 , L_2 o L_3 , según se trate de lomas, colinas o laderas abruptas, respectivamente.

Grandes playas arenosas. Punteado dentro del mapa.

Depósitos eólicos de arenas. Pequeñas cruces dentro del mapa.

Formaciones sedimentarias «deltaicas». Símbolos de cantos irregulares, en el interior del mapa.

Glacis litorales. Rayado discontinuo, paralelo a la orilla generalizada, dentro del mapa.

La coincidencia de varias unidades se cartografía con la superposición de sus símbolos.

3. Sistemas morfodinámicos (en función de los tipos de litoral)

- Costas abruptas: A.
- Costas bajas: B.
- Costas intermedias: CI.

Sería aconsejable que estas siglas lleven además, como subíndices, las propuestas en la clasificación de OTTMANN (1965).

Las siglas se colocan frente a la orilla, en el exterior del mapa, y sobre una flecha de doble sentido, que delimita el dominio del sistema.

En la identificación de las plataformas insulares, se consideran las pendientes medias entre la orilla y la cota batimétrica de los 100 m. Pueden ocurrir tres situaciones:

- Que las pendientes sean iguales o menores a $1/46$ (1.24°). Se admite una plataforma insular (costa baja).
- Que las pendientes sean iguales o mayores a $1/3$ (18.43°). No se admite una plataforma insular (costa abrupta).
- O que se den los casos intermedios (pendientes entre $1/46$ y $1/3$).

Referencia: La pendiente media de las plataformas continentales es de $1/1.000$.

4. Conjuntos geológicos

Para las Islas Canarias, se utilizan los siguientes colores en la cartografía de estas categorías:

- Aluviales: rosado.
- Basaltos recientes: verde.
- Formaciones polimícticas de nubes ardientes: amarillo.
- Traquitas-sienitas: marrón.
- Fonolitas: naranja.
- Basaltos antiguos: azul.
- Complejo basal: rojo.

Las coloraciones caben sustituirlas por flechas de doble sentido, las más externas, que:

- Soporten la denominación geológica, sin siglas.
- Abarquen al conjunto en cuestión.

Se pueden dar conjuntos mixtos.

5. Litorales primarios

Se simbolizan con un trazado discontinuo, paralelo y próximo a la línea de costa generalizada, en el interior del mapa.

Este litoral será objeto de otros símbolos y siglas, en relación con las formas y estructuras identificables, aunque fuera de un esquema estrictamente morfodinámico.

6. Ejemplo de aplicación

La isla de Hierro (fig. 1), dentro del archipiélago canario, resulta ilustrativa, por sus dimensiones y contenidos, para ejemplarizar una cartografía morfodinámica, referida básicamente al litoral.

CONCLUSIONES

1. Se desarrolla una metodología para la obtención de mapas morfodinámicos descriptivos y de cualificación, de interpretación sencilla y rápida.
2. Estas cartografías tienen interés en reconocimientos previos del litoral, en relación con su planificación y gestión.

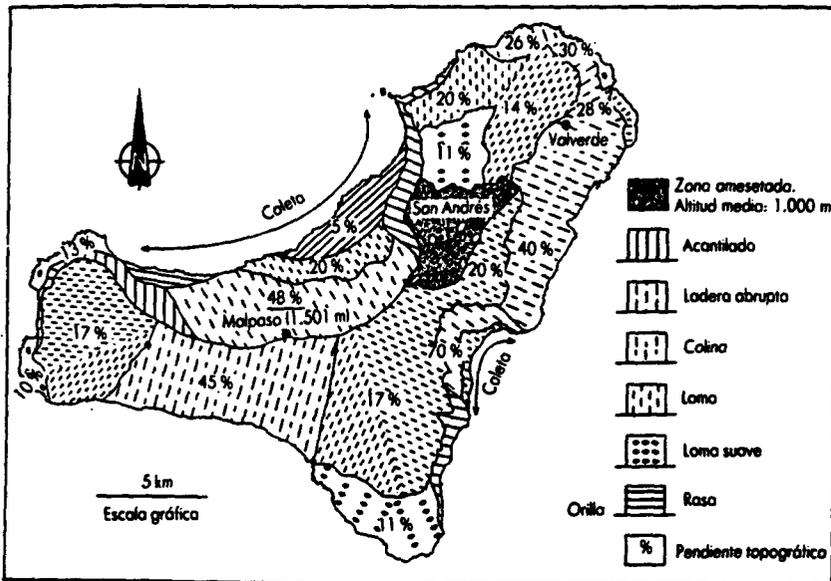


FIGURA 1. Isla de Hierro (Canarias). Primera aproximación de cartografía de unidades morfo-dinámicas, en un sistema de costas abruptas, enmarcadas en un conjunto geológico de basaltos.

3. Se parten de categorías jerarquizadas. De mayor a menor rango forman la siguiente serie:

- A. Elementos de erosión. Definen la erosión del relieve en detalle.
- B. Unidades morfo-dinámicas. Comprenden, dentro del litoral emergido:
 - Las grandes formas erosivas.
 - Los depósitos sedimentarios significativos.
- C. Sistemas morfo-dinámicos. Están en dependencia con la morfología del litoral sumergido.
- D. Y conjuntos geológicos. Se establecen de acuerdo con la cartografía litoral.

4. La metodología se adapta:

- A las islas oceánicas mesotérmicas-subhúmedas en general.
- Al entorno canario en particular.

BIBLIOGRAFIA

BROWN, L.; BREWTON, J.; MCGOWEN, J.; EVANS, T.; FISHER, W., y GROAT, C. (1976). Environmental Geologic Atlas of the Texas coastal zone-Corpus Christi Area. Bureau of Economic Geology. The University of Texas at Austin. 123 pp y 9 mapas.

CENDRERO, A.; NIETO, M.; ROBLES, F., y SANCHEZ, J. (directores) (1986). Mapa Geocientífico de la provincia de Valencia. Diputació Provincial de València. Universitat de València. Universidad de Cantabria.

CENDRERO, A. (1987). Cartografía integrada de zonas litorales emergidas y sumergidas para la planificación. Seminario Internacional sobre zonas litorales. Consejo de Europa. Bilbao, 8-17 de octubre. Documento de 50 pp.

CENTENO, J. D.; DE PEDRAZA, J., y ORTEGA, L. I. (1983). Estudio geomorfológico, clasificación de relieve de la Sierra de Guadarrama y nuevas aportaciones sobre su morfología gla-

ciar. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.) 81 (2-4), 153-171.

CHRISTIAN, C. S., y STEWARD, G. A. (1964). Methodology of integrated surveys. Aerial Surveys and Integrated Studies. Proc. Troulouse, Unesco, Paris. 233-280.

CRAIG, R., y CRAFT, J. (ed.) (1982). Applied Geomorphology, 253 pp. George Allen and Unwin. London.

DIAZ DE TERAN, J. (1983). Una metodología para el análisis del físico del territorio y para la definición de aptitudes de uso en la zona costera oriental de Cantabria. 2.ª Reunión Nacional del Grupo Español de Geología Ambiental y de Ordenación del Territorio. Lérida. 1.64-1.81.

DIAZ DE TERAN, J. R. (1985). Estudio geológico-ambiental de la franja costera Unquera-Castro Urdiales (Cantabria) y establecimiento de bases para su ordenación territorial. Tesis de Doctorado (inédita). Universidad de Oviedo.

FERGUSON, H. (1974). Geologic Mapping for Environmental Purposes. The Geological Society of America. Engineering Geology Division. Boulder, Colorado.

INMAN, D., y BRISH, B. (1973). The coastal Challenge. Science, 181, 20-32.

MARTINEZ, J. (1985). Geomorfología: Un modelo para el entorno canario. 177 pp. Tipografía-Impronta El Pino. Las Palmas.

OTTMANN, F. (1965). Introduction a la Geologie marine et litorale. Masson et Cie. Paris.

ROBINSON, G., y SPIEKER, A. (ed.) (1978). «Nature to be... commanded». Earth-Science maps applied to land and water management. Geological Survey Professional Paper 950. United States Government Printing Office. Washington.

SPANGLE, W. (1976). Earth-Science information in land-use planning. Guidelines for Earth Scientists and Planners. Geological Survey. Circular 721. U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research. Arlington.

TRILLA, J. (director) (1985). El medi físic terrestre del litoral de Catalunya. Department de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. Barcelona.

APLICACION Y UTILIDAD DE LA CARTOGRAFIA MORFODINAMICA, EN EL SOPORTE DE LAS ISLAS CANARIAS: ESTUDIO DE UN CASO PARTICULAR (ISLA DE FUERTEVENTURA)

Jesús MARTINEZ *
Diego CASAS *
Francisco BOTELLA *

RESUMEN: Se parte de la cartografía morfodinámica propuesta por Martínez (1990), en donde se formulan descripciones en base a parámetros morfométricos, se identifican las variables condicionantes y desencadenantes de los procesos dinámicos, y se pretenden cuantificar y predecir tales procesos.

En este trabajo, la cartografía morfodinámica, desde la perspectiva de la planificación y gestión, se desarrolla para una de las Islas Canarias: Fuerteventura. Las evoluciones morfológicas se contemplan dentro de un vulcanismo oceánico, en un escenario climático mesotérmico árido.

Palabras clave: cartografía morfodinámica, Fuerteventura.

ABSTRACT: In spite of the morphodynamic cartography proposed by Martínez (1990), where descriptions are formulated in base to morphometric parameters and, conditional and situational variables that originate dynamic processes are identified, and where these processes are quantified and preassessed.

In this work, the morphodynamic cartography, from the perspective of planning and management, one discovers on one of the Canary Islands: Fuerteventura. The morphological development are contemplated within the oceanic volcano, in a mesothermic, dry, climactic scene.

Key words: morphodynamic cartography, Fuerteventura.

* Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Universitario de Tarifa. 35017. Las Palmas.

ESCENARIO GEOGRAFICO

La Isla de Fuerteventura se localiza en el límite oriental del Archipiélago Canario. Se encuentra muy próxima al continente africano: sólo hay una separación de 100 kilómetros entre la Punta de la Entallada y la Sequía del Hamra (Aaiún). No obstante, hay una profundidad media de 1500 metros entre ambas. Lo que implica que no se levanta sobre la plataforma continental africana.

Fuerteventura alcanza una extensión de 1725 kilómetros cuadrados, dentro de una planta alargada de NE a SO. Mide hasta una longitud de 100 kilómetros. La amplitud máxima, en torno a los 30 kilómetros, se encuentra en la dirección NO a SE.

METODOLOGIA

Dentro de una perspectiva de planificación y gestión del territorio, en las islas oceánicas con climas mesotérmicos subhúmedo-áridos, se sigue la metodología de cartografía morfodinámica propuesta por MARTINEZ (1990), a partir de los criterios morfogenéticos y evolutivos, recogidos por CENTENO et al (1983).

En las descripciones de las unidades morfodinámicas se tienen presentes las variables condicionantes y desencadenantes de los procesos dinámicos y los parámetros morfométricos de laderas tales como reseñan IRIGARAY y CHACON (1991).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En una isla oceánica, la morfodinámica abarca tanto el interior de la planta insular como la orilla contorneante de la misma. Es este primer trabajo, se opta por considerar solamente los procesos morfodinámicos más significativos del interior de la planta.

En la parte emergida, y desde una perspectiva morfodinámica, se distinguen las siguientes unidades:

- Relieves en lomas, colinas y laderas abruptas, que pueden encerrar cuchillos y morros.
- Valles centrales.
- Valles transversales.
- Glacis litorales.

Si se contrastan las cartografías geológica y morfodinámica, se infiere que el modelado en lomas, colinas y laderas abruptas afecta, básicamente, a las rocas más antiguas de la columna litológica de la Isla (Complejo Basal y Basaltos Antiguos).

En el Complejo Basal, las lomas, que encierran manchas de colinas, y excepcionalmente de laderas abruptas, están muy redondeadas, alcanzan poca altura (están rebajadas), no presentan una orientación definida, y soportan una red de drenaje superficial dendrítica muy evolucionada (jerarquizada). Aunque normalmente el drenaje

superficial está poco encajado, los barrancos, en sus tramos terminales tienen sus cauces encajados, por un descenso del nivel de base, durante el Cuaternario. Todo esto a consecuencia de una erosión muy prolongada en materiales resistentes.

La geomorfología de los Basaltos Antiguos se desarrolló, principalmente, durante el largo período de inactividad volcánica que separa los ciclos eruptivos I y II, desde el Mioceno Medio a comienzos del Plioceno.

Durante este largo período de tiempo ocurren dos hechos:

1. Por una parte, se forman los cuchillos (cresterías-divisorias de aguas) que, por disecciones transversales, pueden evolucionar a morros (Picos aislados).
2. Se labran los valles centrales y transversales, que dan peculiaridad a las características geomorfológicas de Fuerteventura.

A medida que se asciende sobre un cuchillo, se suele pasar de lomas a colinas y/o laderas abruptas. Estos últimos relieves son afloramientos de los Basaltos Antiguos, mientras que los más suaves (lomas) pueden corresponder a recubrimientos de rocas del segundo ciclo, o a piedemontes.

Los cuchillos se distribuyen, profusa y transversalmente, a lo largo del litoral oriental, desde La Olivia hasta la península de Jandía, inclusive. En este último sector, predominan las formas labradas en laderas abruptas.

Estos cuchillos delimitan amplios valles transversales, normalmente de dirección E-O. Muchos de ellos con perfiles en U.

El perfil en U se debe a deposiciones de laderas, en general, relacionadas con conos de deyección, y con la ausencia de una escorrentía suficiente para evacuarlas. De esta manera quedan solapados los típicos valles en V.

Algunos valles transversales están conectados a los centrales que siguen, a grandes rasgos, la dirección N-S, sobre todo en el sector centro-oriental de la Isla.

La localización de los valles transversales se puede explicar mediante dos hipótesis, entre otras:

- a) Por una basculación generalizada de la Isla, ocasionada por un levantamiento diferencial del litoral occidental. Esto se verifica por el afloramiento emergido del Complejo Basal.
- b) Que los valles se abran camino hacia el mar, a través de terrenos menos resistentes a la erosión. Potencialmente, las rocas plutónicas del Complejo Basal presentan una mayor resistencia a la erosión que el resto de los materiales del entorno.

Lo más plausible es que intervengan, de forma simultánea, las dos hipótesis formuladas.

Los valles centrales se cartografían entre las cabeceras de los anteriores cuchillos y el límite oriental de los relieves en loma del Complejo Basal. En la figura 1, estas unidades morfodinámicas no quedan indicadas explícitamente. Se engloba entre los glaciares litorales, en base a sus pendientes, entre 0 y 5%, y cercanías a la orilla del mar.

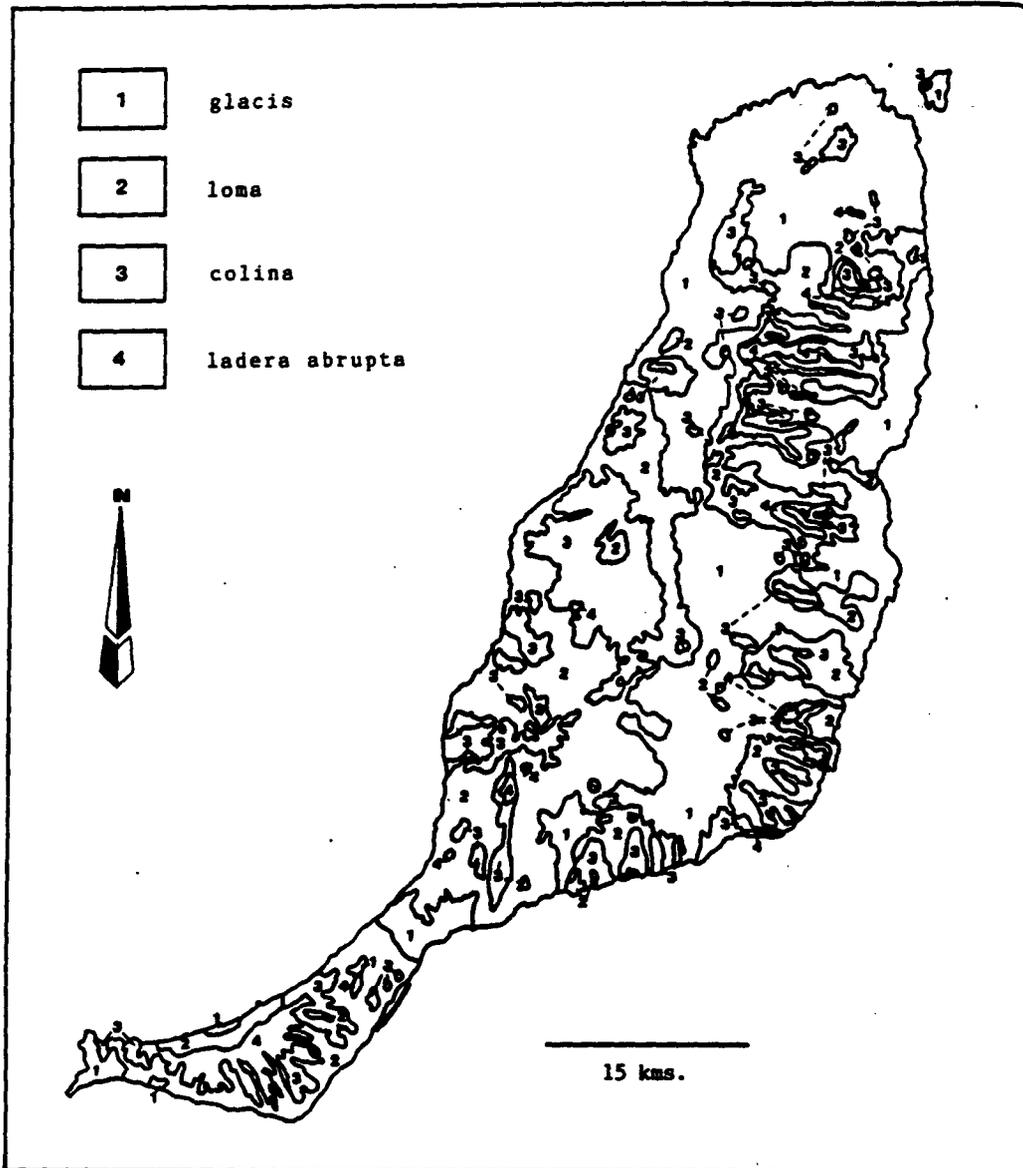


Figura 1. Esquema de cartografía morfodinámica de Fuerteventura.

Los principales valles centrales, de Sur a Norte, son los de Antigua, de Casillas del Angel y de Tindaya. Están comunicados, entre sí, a través de estrechos pasillos, que podrían representar las divisorias de agua entre los mismos.

Dado que la cabecera de muchos valles transversales orientales están cortadas por los valles centrales, se podría suponer que los últimos son más modernos que los primeros. Sin embargo, el mismo resultado topográfico se consigue en el supuesto

contrario. Es decir, que los valles transversales sean posteriores a los centrales y que, por cambios en el nivel de base, retrocedan las cabeceras de aquéllos hasta que se interconecten ambos tipos de valles (no hay que descartar procesos de captura). Ésto ocurre cuando la cabecera del valle transversal intersecta, a cota más baja, al valle central.

Una explicación morfotectónica de los valles centrales y formaciones marginales, sobre todo válida para el ejemplo de Antigua, sería la siguiente:

- Se labran los valles en Basaltos Antiguos.
- Posteriormente se colmatan con Basaltos de segundo ciclo y/o Basaltos Recientes, procedentes de los volcanes en escudo. Esto también ocurre con los valles transversales.
- Y en estas últimas lavas se desarrollan caliches y arcillas rojas, por procesos de alteración.

Para algunos autores, el límite Oeste de los valles centrales se corresponde con fracturas. Se trataría de fallas normales, que buzanan hacia el mar, en los dos márgenes longitudinales del afloramiento del Complejo Basal (BRAVO, 1964).

Además, en la vertiente NE de la Isla, a lo largo de unos 30 kilómetros (hasta Pozo Negro) y entre los frentes externos de los cuchillos y la orilla del mar, se extiende un glacis litoral, a cotas bajas.

Tras las dunas de Corralejo, se prolonga esta morfología de pendientes muy suaves por la cornisa Norte, en los basaltos de Bayuyo, hasta enlazar con la rasa levantada de Tostón-El Cotillo.

Otro sector de glacis litoral se localiza al Sur de la Isla, en Jandía (Istmo de La Pared), que interviene de forma muy activa en una morfodinámica peculiar.

Para identificarla, analizarla e interpretarla se precisa estudiar los distintos ambientes sedimentarios, que se relacionan entre sí, según el esquema de MARTINEZ y CASAS (1992), donde se describen las playas arenosas de barlovento y de la provincia morfodinámica de Costa Calma- Morro Jable (playas de sotavento).

En este marco, el proceso más relevante quizás sea el transporte eólico de la arena (desde las playas de barlovento a las de sotavento) a través del Istmo de La Pared.

Por otra parte, las campañas de campo, y la interpretación de fotografías aéreas, precisan que el transvase de arena transcurre sobre un amplio "corredor de transporte", en el sector Norte del Istmo de Jandía, que admite explicaciones morfodinámicas.

Este corredor abarca, de NE a SO:

- Una superficie topográfica de pendientes muy suaves. Se miden, de forma generalizada, inclinaciones entre 0 y 5%. Morfodinámicamente, corresponde a un glacis litoral. Se sitúa al SO de una cartografía de lomas, que engloban colinas.
- Y una sucesión de lomas rebajadas, alineadas de NO a SE, hasta donde estos relieves alcanzan, en sus vertientes laterales septentrionales, pendientes relativamente fuertes (en torno a un 45%), aún dentro de una unidad morfodinámica de

lomas, sobre todo si se consideran los techos, en las direcciones de las divisorias de agua. Las pendientes fuertes actúan a modo de barreras físicas, respecto al transporte eólico generalizado de las arenas.

Se describen dos modalidades de transvases: uno difuso, y otro potenciado. El difuso se identifica en la totalidad del corredor delimitado, en sus dos sectores. Esto lo verifica la presencia de un casi constante manto eólico de arenas, aunque la potencia es, a veces, despreciable.

El transporte potenciado se localiza en unos "pasillos", determinados dentro del propio corredor. Estos pasillos coinciden:

- Con las "cañadas": especie de valles transversales del Istmo, labrados en barrancos.
- Y con una depresión interna.

De NE a SO, se suceden tres pasillos: Cañada del Río, Cañada de la Barca, y Cañada del Pecenescal, que se continúa por el Barranco de Tras del Lomo, ya en la vertiente occidental del Istmo.

La depresión longitudinal interna recorre unos 1.400 metros, y desemboca en la Cañada del Pecenescal, a la altura de la carretera. Este pasillo recolecta y canaliza parte de los transportes difusos.

A lo largo de los pasillos transversales, el transporte eólico forma, inicialmente, extensos mantos de arenas, y desde estos, lenguas propagantes, hasta las playas de sotavento.

En el caso concreto de la Cañada del Pecenescal- Barranco de Tras del Lomo, se observan, de NO a SE:

- Una alimentación rápida de arenas, desde la playa sumergida al manto eólico.
- Un importante manto eólico de arenas, hasta la degollada que divide la depresión transversal en su vertiente occidental y oriental. Se presentan dunas menores, muchas de ellas fijadas por la vegetación.
- Un rebose del manto eólico, hacia la vertiente oriental, sobre la referida degollada.
- Lenguas propagantes de arena.
- Tramos bastante prolongados del cauce del Barranco, tipo rambla, recubiertos completamente de arenas.
- Y, junto a la carretera, sobre todo aguas arriba, destaca una gran variedad de proto-formas menores, en un abundante depósito de arenas.

En general, la presencia de campos eólicos, en el Istmo de La Pared, traduce la existencia de vientos dominantes, de velocidades relativamente fuertes.

Allí donde se encuentran los depósitos abundantes de arenas (en las cañadas):

- Presumiblemente, la velocidad del viento se incrementa de forma positiva, para poder transportar grandes volúmenes de áridos. La deposición se efectuaría en los periodos de caídas energéticas de viento.
- Y/o concurren unos condicionantes topográficos, más apropiados para la circulación y depósito de las arenas.

Una cartografía eólica detallada resulta imprescindible, para determinar el grado de participación de las posibles variables de esta dinámica de los jables.

En la orilla SE, se desarrollan algunas dunas mayores, tipo transversal. Las dos más importantes miden 270 y 360 metros de longitud. Las alturas se estiman alrededor de los 20 metros.

Estas dos dunas se disponen a modo de divisorias, entre desembocaduras de barrancos y cañadas.

En principio, las anteriores dunas se deben:

1. A un viento encañonado, que transporta a abundantes arenas, a través de la cañada.
2. Y a una difracción, hacia el Sur, junto a la orilla del mar, que es la que determina, en sentido estricto, la formación de las dunas.

Se verifica, fácilmente, la alimentación de las playas de sotavento, por los trasvases descritos. Las dunas indicadas son los elementos puntuales de alimentación.

Obviamente, toda instalación de obstáculos, en el corredor emergido de transporte de arenas, y de acuerdo con lo formulado, determinaría impactos físicos importantes:

- Tanto directos, en la zona de intervención.
- Como indirectos, a lo largo de la playa de sotavento (zona de influencia).

Esto ocurre, por ejemplo, con la ocupación urbanística del litoral, entre Costa Calma y el Barranco de Salmo. Se crearía una barrera arquitectónica que provocaría la inestabilidad global de las playas de sotavento. Estas representan la materia prima de una fuerte industria turística, decisiva en la economía insular.

Una actuación, o gestión, evidentemente equivocada sería la explotación irracional del suelo, para fines turísticos, si se destruye la materia prima que sustenta la industria turística. A no ser que no importe el porvenir de un territorio, a medio o largo plazo.

CONCLUSIONES

Se llega a mapas de relieves tales como diseñan GUTIERREZ y PEÑA (1990). En ellos, además, se identifican las variables propias de un dominio climático específico, que permiten explicar dependencias geológicas, morfogenéticas y evolutivas. Así, se

obtienen mapas descriptivos, cualitativos y/o de evaluación, según la clasificación de CENDREDO (1987 y 1992). Estos son de interpretación sencilla y rápida, y de interés en el manejo del territorio.

Por una parte, la cartografía morfodinámica de Fuerteventura (Botella, 1992) da una buena visión de conjunto de la fisiografía insular. Por otra, permite explicar procesos de arenas voladoras, implicadas fuertemente en el comportamiento sedimentario de una provincia morfodinámica de playas.

En general, se pueden obtener correlaciones entre las unidades morfodinámicas cartografiadas y los mapas de usos. Por ejemplo, los valles centrales, que coinciden, a grandes rasgos, con unidades diferenciadas de vegetación y de suelos, entre otros, reproducidos por Martínez de Pisón (1980).

REFERENCIAS

- BRAVO, T. (1964): Geografía General de las Islas Canarias. Tomo II. Ed. Goya. Santa Cruz de Tenerife.
- CENDREDO, A. (1987): Cartografía integrada de zonas litorales emergidas y sumergidas para su planificación. Seminario Internacional sobre litorales. Consejo de Europa. Bilbao. 8-17 de Octubre. Documento de 50 pp.
- CENDREDO, A. (1992): Geología y ordenación del territorio: ejemplos significativos. I Seminario sobre el territorio litoral y su ordenación. 11-14 de Noviembre/1991. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. En prensa.
- CENTENO, J.D. ; de PEDRAZA, J. y ORTEGA, L.I. (1983): Estudio geomorfológico, clasificación del relieve de la Sierra de Guadarrama y nuevas aportaciones sobre su morfología glaciar. Bol. R. Soc. Española His. Nat. (Geol.) 81 (2-9). 153-171.
- GUTIERREZ, M. y PEÑA, J.L. (1990): Las formas del relieve de la provincia de Teruel. Cartillas turolenses. 7. Inst. de Estd. Turolenses. Excma. Diputación Provincial de Teruel. 66 pp.
- IRIGARAY, C. y CHACON, J. (1991): Los movimientos de ladera en el sector de Colmenar (Málaga). Rev. de la Soc. Geol. de España. Vol. 4. pp 203-214.
- MARTINEZ, J. (1990): La cartografía morfodinámica en la planificación y gestión del litoral canario. Ing. Civil. N-73. pp 91-94. C. E. D. E. X. (MOPU)
- MARTINEZ, J. y CASAS, D. (1992): Itinerarios geológicos: Fuerteventura. I.C.E. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 135pp.
- MARTINEZ DE PISON, E. (1980): Atlas básico de Canarias. Ed. Interinsular Canaria S.A. Santa Cruz de Tenerife.

GEOLOGIA REGIONAL Y AMBIENTAL.

INDICE

Geología de las Islas canarias bajo soporte de nuevas tecnologías, por Jesús Martínez ... [et al.]. En : Fidalgo Blanco, A. y Utrilla Recuero, E., SEMANA SOBRE INFORMATICA APLICADA EN LA INGENIERIA Y LA ENSEÑANZA (4ª. 1991. Madrid), p. 301-309.

Contribución al conocimiento de la terraza de Las Palmas (Islas Canarias), por J. Martínez ... [et al.]. En : ANUARIO de Estudios Atlánticos, Patronato de la Casa de Colón, Madrid ; Las Palmas, 33(1987), p. 707-725.

Discusión de casos particulares de impactos físicos en playas arenosas por intervenciones del hombre en el litoral, por Jesús Martínez y Diego Casas. En : Martínez, J. y Casas, D., editores, SEMINARIO SOBRE TERRITORIO LITORAL Y SU ORDENACION, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 1994, p. 145-160.

Indicadores de sustentabilidad en ecosistemas = Ecosystems sustainability indicators. En : Balensiefer, M., Araujo, A, J., Rosot, N., SIMPÓSIO SUL-AMERICANO E II SIMPÓSIO NACIONAL : recuperação de áreas degradadas (1994. Paraná, Brasil) : anais, FUPEF, Curitiba, 1994, p. 535-542.

Los entornos geológicos como soporte de paisajes antropofizados : el delta del ebro (Tarragona, España). Aplicación didáctica a la enseñanza secundaria, por Jesús Martínez ... [et al.]. En : ENSEÑANZA de las ciencias de la tierra, extra (1994), p.101-105.

GEOLOGIA DE LAS ISLAS CANARIAS BAJO SOPORTE DE NUEVAS TECNOLOGIAS

**JESUS MARTINEZ MARTINEZ, OLGA SOCORRO TRUJILLO
ENRIQUE RUBIO ROYO, DIEGO CASAS RIPOLL**
Coordinación de Geología de COU y Departamento de Informática y Sistemas
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

RESUMEN

Se pretende obtener un soporte de refuerzo didáctico en la enseñanza de la Geología, para el Curso de Orientación Universitaria, mediante la utilización de un sistema autor multimedia (TENCORE) y dentro del ámbito de la Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO).

Este soporte, convenientemente revisado, se podrá adaptar a otros niveles; tanto en el nuevo Bachillerato Superior, como en currícula del Primer Ciclo de Enseñanza Universitaria.

El soporte de campo diseñado, itinerarios, ha sido experimentado a dos niveles:

- con alumnos del COU de Geología, y**
- con profesores de Ciencias Naturales de Enseñanzas Medias.**

En una primera etapa, se confeccionan nueve unidades didácticas, a las que se incorporan itinerarios representativos, digitalizados, así como el soporte gráfico correspondiente adecuado.

**ACTAS DE LA IV SEMANA SOBRE INFORMATICA
APLICADA EN LA INGENIERIA Y LA ENSEÑANZA**

NUEVAS TECNOLOGIAS APLICADAS A LA FORMACION

Entidades organizadoras:



DEPARTAMENTO DE MATEMATICA APLICADA Y
METODOS INFORMATICOS DE LA E.T.S. DE INGENIEROS
DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID



INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA EDUCACION DE LA
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID



VICERRECTORADO DE EXTENSION UNIVERSITARIA Y
ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID



CONSEJERIA DE EDUCACION DE LA COMUNIDAD
AUTONOMA DE MADRID



AYUNTAMIENTO DE MADRID



FUNDACION GOMEZ-PARDO



CENTRO REGIONAL PARA LA ENSEÑANZA
DE LA INFORMATICA

Madrid, septiembre 1991

Publicación y Realización:
Angel Fidalgo Blanco y
Elena Utrilla Recuero
I.S.B.N.: 84-604-1549-X
Depósito legal: M. 2725-1992

Imprime: Artes Gráficas COFAS, S. A.
Poi. Ind. Callforsa, nave 8 - FUENLABRADA

En una etapa posterior se tratará de almacenar, bajo soporte de disco óptico, el banco de diapositivas de recursos de campo, del que ya se dispone, con sus referencias geográficas de localización.

ESTRUCTURA DEL CURSO

Tal como se ha indicado, se desarrollará un «courseware» formado por una serie de unidades didácticas que, además de ajustarse a unos objetivos operativos determinados, proporcionen la base temática necesaria para complementar y facilitar la interpretación y discusión de los diferentes itinerarios representativos que, a escala regional, se han diseñado.

En efecto, mediante una selección jerarquizada de menús, se posibilitará:

- el acceso directo a los itinerarios representativos de las islas, o
- la entrada a la estructura temática base, desarrollada alrededor de las unidades didácticas mencionadas.

Al mismo tiempo, se permitirá la interacción bidireccional entre los tópicos conceptuales y el conjunto global de itinerarios disponibles.

El conjunto de itinerarios y la descomposición temática se describen de la siguiente manera:

I. Catálogo de itinerarios diseñados

A. Isla de Gran Canaria

1. Ruta del volcanismo más reciente y de los grandes plateaux. Código: GC1.
2. Ruta de la remodelación del relieve litoral por el mar. Código: GC2.
3. Ruta de las playas significativas y del entorno geológico. Código: GC3.

4. Ruta de la reconstrucción de la columna litológica insular, de las grandes formas erosivas por las causas superficiales y de la deposición de coladas piroclásticas. Código: GC4.

B. Isla de El Hierro

1. Ruta de las grandes caletas. Código: EH1.
2. Ruta de las formas y estructuras en basaltos recientes. Código: EH2.
3. Ruta de los procesos volcánicos y morfodinámicos en el litoral. Código: EH3.

C. Isla de Fuerteventura

1. Ruta del Complejo Basal. Reconocimiento a visu de rocas ígneas. Código: FU1.
2. Ruta de los procesos sedimentarios y volcánicos recientes. Código: FU2.
3. Ruta de los hornitos y su escenario geológico. Código: FU3.
4. Ruta de los procesos morfodinámicos del litoral oriental-meridional, y geología de su entorno. Código: FU4.

D. Isla de La Gomera

1. Ruta de las grandes discordancias y del Complejo Basal. Código: LG1.
2. Ruta de los domos. Código: LG2.

E. Isla de Lanzarote

1. ruta de las playas levantadas y del volcanismo histórico. Código: LA1.
2. Ruta del muestrario cuasi completo de estructuras y formas en coladas lávicas. Código: LA2.
3. Ruta de los procesos morfodinámicos del litoral y de los grandes campos lávicos, con sus tubos volcánicos asociados. Código: LA3.

F. Isla de La Palma

1. Ruta para el estudio morfodinámico del litoral, en basaltos de la Serie Antigua. Código: LP1.
2. Ruta de los volcanes (Cumbre Vieja). Código: LP2.
3. Ruta del volcanismo del Teneguía, de su entorno geológico próximo y de los campos de coladas lávicas históricas. Código: LP3.
4. Rutas de la caldera de erosión de Taburiente. Código: LP4.

G. Isla de Tenerife

1. Ruta del estratovolcán de El Teide. Código: TE1.
2. Ruta de la pared de Las Cañadas de El Teide, y de sus formaciones sedimentarias endorreicas. Código: TE2.
3. Ruta de los domos más significativos de Las Cañadas de El Teide (Roques de García) y de las coladas basálticas de Pico Viejo-Pico de El Teide. Código: TE3.

II. Descomposición temática

El marco temático configura *nueve unidades didácticas*:

- A. Las rocas plutónicas del Complejo Basal.
- B. Las rocas hipoabisales.
- C. Las coladas lávicas de una serie basáltica alcalina.
- D. Las coladas piroclásticas del volcanismo basáltico alcalino.
- E. Las coladas piroclásticas de una serie basáltica alcalina.
- F. Formas por la actividad eruptiva.
- G. El metamorfismo en el entorno canario.
- H. Discontinuidades en relieves volcánicos.
- I. Procesos morfodinámicos en las islas mesotérmicas, de áridas a húmedas.

Dentro de cada unidad didáctica, en las que se recogen los itinerarios representativos asociados, los contenidos se desglosan de la siguiente manera:

A. Las rocas del Complejo Basal

1. Conceptos previos.
2. Identificación, clasificación, nomenclatura y descripción a visu, de rocas plutónicas del Complejo Basal. Itinerarios: FU1, LG1.
3. Formas de las rocas del Complejo Basal. Itinerario: FU1.
4. Estructuras de las rocas del Complejo Basal. Itinerarios: FU1, LG1, LP4.

B. Las rocas hipoabisales

1. Conceptos previos.
2. Diques, mallas filonianas, en general, y complejos circulares, con sus formas y estructuras. Itinerarios: CG1, FU1, LG1, LP4.
3. Domos constructivos, también con sus formas y estructuras.

Estos últimos contenidos conviene distribuirlos en tres epígrafes:

- 3.1. Domos intrusivos. Itinerarios: GC2, GC4, FU2, LP3, TE2, TE3.
- 3.2. Domos extrusivos, tanto exógenos como endógenos. Itinerario: LG2.
- 3.3. Domos de efusión sin raíces.

C. Las coladas lávicas de una serie alcalina

1. Las rocas de una evolución basáltica alcalina, como las que caracterizan al entorno canario.

Aquí se deben incluir dos epígrafes:

- 1.1. Conceptos previos.
 - 1.2. Identificación, clasificación, nomenclatura y descripción, a visu, de rocas. Itinerario: GC4.
2. Estructuras volcánicas. Como en el caso anterior, se consideran varios epígrafes:

- 2.1. Conceptos previos.
- 2.2. Estructuras en rocas submarinas. Itinerarios: GC2, LP4.
- 2.3 Estructuras en rocas subaéreas en un triple aspecto: estructura de techo-muro, estructuras en los frentes de coladas e intraestructuras. Itinerarios: EH2, EH3, FU2, FU3, FU4, LA1, LA2, LA3, LP2, LP3, TE1, TE2, TE3.

D. Las rocas piroclásticas del volcanismo basáltico alcalino

- 1. Concepto previos.
- 2. Disposición espacial de los depósitos piroclásticos.
- 3. Litología en que se encuentran significativamente, las rocas piroclásticas.
- 4. Estructuras en rocas piroclásticas. Se incluyen la clasificación y nomenclatura de acuerdo con valores granulométricos y geométricos de estos materiales.

Los itinerarios representativos de los recursos de campo, válidos para los contenidos de los epígrafes de este apartado, son los que se enumeran a continuación: GC1, EH3, FU2, LA2, LA3.

E. Coladas piroclásticas de una serie alcalina

- 1. Conceptos previos.
- 2. Naturaleza petrológica de los materiales que forman coladas piroclásticas en el entorno canario.
- 3. Estructura de las coladas piroclásticas. Se consideran desde las ignimbritas-ash flow, hasta las manifestaciones de nubes ardientes.

Para todos los epígrafes de este apartado sólo les corresponden, significativamente, el itinerario GC4.

F. Formas por la actividad eruptiva

- 1. Conceptos previos.
- 2. Calderas de hundimiento y explosión. Itinerarios: GC1, TE1 y TE3.
- 3. Conos volcánicos. Cadenas y grupos volcánicos. Itinerarios: EH2, EH3, FU2, FU4, LA1, LA2, LA3, LP2, LP3, TE1, TE2.

4. Lagos solidificados de lava. Itinerarios: LA2, LP2.
5. Derrames y cascadas lávicas solidificadas. Itinerarios: GC1, EH1, EH3, LA2, LP3, TE3.
6. Tubos volcánicos con sus elementos estructurales. Itinerarios: EH2, EH3, LA1, LA2, LA3, LP3, TE3.
7. Hornitos. Itinerarios: EH3, FU3, LA1, LA2.
8. Abombamientos. Itinerarios: EH2, LA2, TE3.
9. Plateaux. Itinerarios: GC1, EH1, FU4, LG1, LG2, LA3, LP1, LP4.

G. El metamorfismo en el entorno canario

1. Conceptos previos.
2. Procesos metamórficos en rocas plutónicas del Complejo Basal. Itinerarios: FU1, LG1, LP4.
3. Procesos metamórficos producidos por las erupciones volcánicas. Itinerarios: GC1, GC4, EH1, FU4.

H. Discontinuidades en relieves volcánicos

1. Conceptos previos.
2. Discordancias en las islas volcánicas:
 - 2.1. Discordancias erosivas de meteorización y/o denudación. Itinerario: GC2.
 - 2.2. Discordancias angulares. Itinerarios: EH3, LG1.
 - 2.3. Discordancias mecánicas. Itinerario: GC2.
 - 2.4. Discordancias pirometamórficas. Itinerario: LA3.
 - 2.5. Discordancias litológicas. Itinerario: GC2.
 - 2.6. Discordancias intraformacionales. Itinerario: LG1.
 - 2.7. Discordancias interformacionales. Itinerario: GC2.
 - 2.8. Discordancias locales. Itinerario: GC2.
 - 2.9. Discordancias regionales. Itinerario: LG1.
3. Tectónica de fractura: fracturas de asentamiento en edificios volcánicos, fallas, diaclasado, etc. Itinerarios: GC2, EH2, LP3.

I. Procesos morfodinámicos en las islas oceánicas mesotérmicas, de áridas a húmedas

1. Acción de las aguas superficiales.

- 1.1. Conceptos previos.
- 1.2. Clasificación, nomenclatura y descripción de las formas erosivas. Itinerario: GC4.
- 1.3. Clasificación de los barrancos. Itinerarios: GC2, GC4, LG1, LG2, LP1, LP4.
- 1.4. Las calderas de erosión. Itinerario: GC4.
- 1.5. Los depósitos sedimentarios y sus rocas. Itinerarios: GC4, EH3, LP4, TE2, TE3.
2. Acción geológica del viento:
 - 2.1. Conceptos previos.
 - 2.2. Clasificación, nomenclatura y descripción de las formas eólicas de erosión. Itinerarios: GC3, TE2, TE3.
 - 2.3. Los campos de dunas litorales, su dinámica e interdependencias con otros ámbitos sedimentarios. Itinerarios: GC3, FU1, FU4, LA3.
3. Acción geológica del mar:
 - 3.1. Conceptos previos.
 - 3.2. Clasificación, nomenclatura y descripción de las formas erosivas. Itinerarios: GC2, EH1, EH3, FU4, LA1, LA3, LP1, LP3.
 - 3.3. Las Playas, sus materiales y los procesos sedimentarios que tienen lugar. Itinerarios: GC3, FU2, FU4, LA1, LA3, LP1, LP3.
4. Fenocomponentes físicos del paisaje. Incluye los conceptos previos. Itinerarios: EH3, LP1.

REQUISITOS HARDWARE/SOFTWARE

Hasta hace muy poco tiempo existía la idea generalizada de que era muy difícil aplicar los ordenadores en el contexto educativo. De hecho, se apreciaba una carencia de programas educativos de auténtico interés. En la actualidad, y debido entre otras razones al desarrollo comercial tanto del hardware como el software, la EAO contempla la presencia de entornos informáticos amigables que la incorpora como instrumento de trabajo personal integral para el alumno y como asistencia tutorizada en los aspectos de diagnosis, ayuda al aprendizaje y evaluación con realimentación.

En efecto, el uso de los llamados sistemas autor multimedia en la generación de «coursware» educacional de calidad se considera que va a ser decisivo en un futuro muy próximo.

Los sistemas multimedia emplean el ordenador para integrar y controlar diversos medios electrónicos: lectores de videodisco, pantallas de ordenador, discos CD-ROM y sintetizadores de audio y vídeo. En nuestro caso, en una primera etapa, no hacemos uso de dichas potencialidades. En su lugar, utilizamos un Sistema Autor Multimedia (TENCORE) para desarrollar, mediante el módulo «Generador de lecciones», una serie de unidades didácticas (9) que sirven como medio de formación para el alumno en un entorno interactivo, que controla de manera automática (módulo «Gestor Automático de Formación») en desarrollo del aprendizaje. En su segunda etapa, trataremos de incorporar la potencialidad del sistema, en cuanto a presentaciones multimedia se refiere.

Para el desarrollo del proyecto EAO previamente descrito, se contempla la siguiente configuración:

a) Recursos hardware:

- Procesador INTEL 80386/33 MHz, 4 MB de memoria interna, 50 MB en disco, en monitor color VGA, y ratón.
- Scanner formato A4 con 300 ppp.
- Impresora láser, formato A4, resolución 300 ppp.

b) Recursos software:

- S.O. MS-DOS.
- Sistema Autor Multimedia «TENCORE».

CONCLUSION

Como consecuencia de esta incipiente cooperación multidisciplinar, se cree que se pueden sentar las bases para el desarrollo de una línea de investigación en el área de Enseñanza Asistida por Ordenador, mediante el uso de las Nuevas Tecnologías de la Información, y en particular, de Sistemas Autor Multimedia.

J. MARTÍNEZ
J. M. PÉREZ
J. M. HERNÁNDEZ
J. LÓPEZ
M. ROLDÁN

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO
DE LA TERRAZA DE LAS PALMAS
(ISLAS CANARIAS)**

**PATRONATO DE LA «CASA DE COLÓN»
ANUARIO DE ESTUDIOS ATLANTICOS
MADRID - LAS PALMAS**

AÑO 1987

NÚM. 33

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO
DE LA TERRAZA DE LAS PALMAS
(ISLAS CANARIAS)**

Parte 1

POR

**J. MARTINEZ, J. M. PÉREZ, J. M. HERNÁNDEZ,
J. LÓPEZ y M. ROLDÁN**

PALABRAS CLAVES

Columna estratigráfica, nivel guía, correlaciones estratigráficas, movimientos eustáticos y epirogénicos, rip currents, fósiles de facies, circalitoral, biocenosis.

KEY WORDS

Stratigraphic column, index bed, stratigraphic correlations, eustacy, epirogeny, rip currents, facies fossils, circalittoral, biocoenosis.

RESUMEN

En el contexto de la formación sedimentaria denominada «terrazza de Las Palmas», se ha estudiado un nivel fosilífero marino en el corte Chopín. Los fósiles de facies encontrados nos permiten formular especulaciones paleoecológicas sobre un tramo marino, que sirve de guía en muchas ocasiones para las

correlaciones estratigráficas de la formación sedimentaria en cuestión. Pensamos que tal nivel guía se formó en condiciones medioambientales que recuerdan a un piso circalitoral actual.

ABSTRACT

Within the sedimentary formation the so-called «terrazza de Las Palmas», the marine fossiliferous bed have been studied in Chopín sedimentary column. The facies fossils found permit the formulation of a paleoecological hypothesis about the marine bed. This bed, serve to make stratigraphical correlations. In our opinion, this bed answer to a present circalitoral zone.

ANTECEDENTES

Los trabajos paleontológicos realizados hasta el momento, sobre la terraza de Las Palmas, se han caracterizado por insistir sobre el contenido fosilífero de los tramos marinos con fines de datación: Lyell (1864), Fritsch (1867), Calderón (1875), Rothpletz & Simonelli (1898), Martell (1952) y Anguita & Ramírez del Pozo (1974).

Consideramos de interés dar a este material valioso otro enfoque, el correspondiente a las identificaciones de las condiciones ambientales contemporáneas de uno de sus más importantes depósitos marinos.

INTRODUCCIÓN

La terraza de Las Palmas está formada por una extensa y potente columna de tramos continentales y marinos, desarrollados respectivamente en etapas de regresiones y transgresiones marinas, con intercalaciones volcánicas (fonolíticas y basálticas). La edad de la formación es Pliocénica. Geográficamente está situada en el N.E. de la isla.

Los tramos sedimentarios continentales se agrupan en dos grandes unidades: Piedemonte Inferior (PMI) y Piedemonte Superior (PMS), separados por un tramo marino, que en la mayoría de los casos tiene carácter de nivel guía en las correlaciones estratigráficas. Este tramo, en el corte de Chopín, se ha denominado «Nivel Marino I». Otros niveles marinos suelen estar intercalados en las unidades continentales (en el caso del corte de Chopín, en el PMS).

La litofacies del Nivel Marino I, cuando tiene carácter de nivel guía, se presenta como un tramo de cantos y bloques de naturaleza fonolítica, redondeados y con una coloración ocre anaranjada externa, por procesos de oxidación. Entre los mismos pueden haber deposiciones de pequeñas cantidades de arenitas, e incluso de detritos más finos. Los fósiles aparecen en el nivel cuando los detritos están cementados por carbonatos.

DESCRIPCIÓN DEL CORTE CHOPÍN

El corte se localiza en los desmontes existentes en la calle Chopín, entre los barrios de Altavista y Ciudad Jardín (Las Palmas).

De muro a techo (Martínez, 1984) consta de:

A) Un piedemonte inferior caracterizado por bloques y cantos fonolíticos en una matriz detrítica fina. La potencia, en el afloramiento, llega a los 20 metros.

B) Un nivel marino fosilífero, aquí con carácter de nivel guía, situado a una cota de 60 metros. La potencia oscila entre 1 y 1,6 metros.

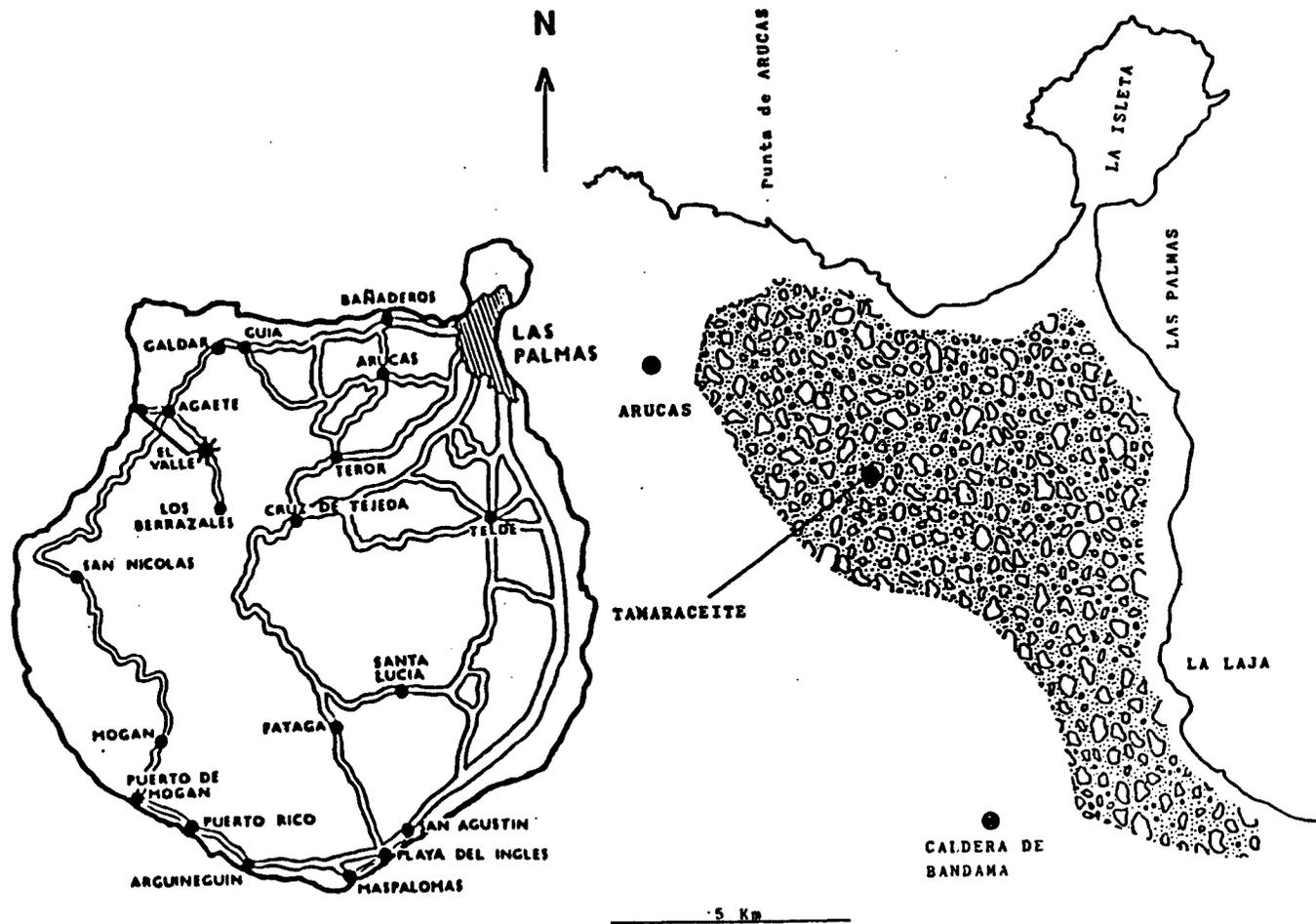
C) Un tramo de arenitas litorales, de granulometría gruesa con una potencia alrededor de los 3 metros.

D) Un piedemonte superior con abundantes cantos de naturaleza basáltica, aunque también están presentes algunos fonolíticos. En los primeros se observan fenocristales de olivino, sobre todo su pseudomorfosis. La potencia estimable es de unos 30 metros.

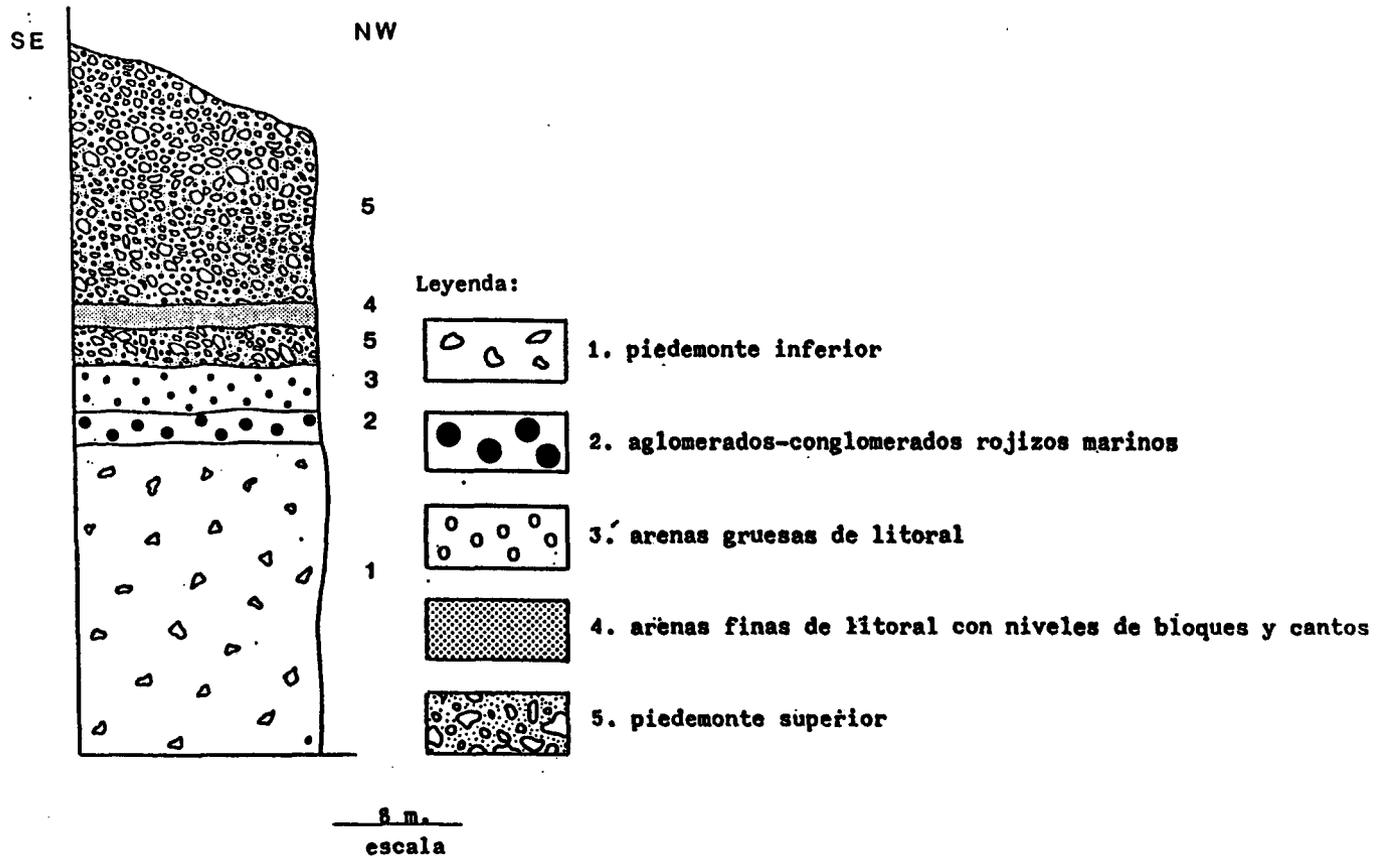
4 J. MARTÍNEZ, J. M. PÉREZ, J. M. HERNÁNDEZ, J. LÓPEZ Y M. ROLDÁN

Esta unidad superior, continental, queda interrumpida por tramos de arenitas finas, litorales, con potencias de hasta 1,5 metros. Los carbonatos representan un 10 por 100, y la curva granulométrica acumulativa semilogarítmica corrobora su carácter marino. La estratificación cruzada está muy patentizada.

Los tramos de arenitas finas engloban niveles, de hasta 25 cm., de cantos y bloques muy redondeados.



Esquema cartográfico de la Terraza de Las Palmas.



Columna estratigráfica de la calle Chopin.

CUADRO 1

RELACION DE ESPECIES ENCONTRADAS EN EL NIVEL GUIA
DEL CORTE DE CHOPIN

GZ	Especie	Piso	Fondo	Bloc.
M	Mesalia sp	I, C	1, 3	
M	Columbella rustica *	S, M, I	3, 4	
M	Conus cf. pulcher Ligh.	I	1, 2	Cy
M	Bulla striata Brug.	M, I, C	1, 2	
M	Cylichna sp	M, I, C	1, 2	
M	Arca cf. noae L.	M, I	3, 4	Cy, Ap
M	Scapharcopsis talismani	C		
M	Glycymeris cf. stellata	I, C	1, 2	
M	Pecten jacobaeus L.	I, C	1, 2, 3	DC
M	Chlamys opercularis L.	I, C	1, 2, 3	DC
M	Mantellum inflatum Che.	I, C	1, 2, 3	Cy
M	Thyasira flexuosa Mtg.	I, C	1, 2	
M	Ctena decussata OG Cos.	M, I	1, 2	Cy
M	Lucinidae			
M	Psammophila magna da C.	M, I	1, 2	SGCF
	Psammophila magna da C.	M, I	1, 2	SVMC
M	Arcopagia cf. crassa Pn.	I, C	1, 2, 3	SGCF
M	Arcopagia cf. crassa Pn.	I, C	1, 2, 3	C
M	Aloidis sp	I, C		

* *Columbella rustica striata Duc.*

CUADRO 2
RELACION DE ESPECIES ENCONTRADAS EN EL NIVEL GUÍA
DEL CORTE DE CHOPÍN

<i>GZ</i>	<i>Especie</i>	<i>Piso</i>	<i>Fondo</i>	<i>Blot.</i>
Ec	<i>Eucidaris sp</i>	M, I, C	3,4	SGCF
Ec	<i>Ophiotrix sp</i>	M, I, C	3,4	
Po	<i>Ditrupa arietina</i>	I, C	1,3	SGCF
Po	<i>Protula cf. intestinalis</i>	I, C	3,4	
Br	<i>Adeonella polistomella</i>	C	3	
Br	<i>Celleporina lucida</i>	C	3	
Br	<i>Porella tubulata</i>	C	3	
Br	<i>Onychocella angulosa</i>	C	3	
Ba	<i>Terebratula sp</i>	C		
Al	<i>Lithotamnion sp</i>	C	3	
Pe	<i>Sparus pagrus (diente)</i>			



CUADRO 3
DISTRIBUCION *IN SITU* DEL MATERIAL, DE TECHO A MURO

<i>D</i>	<i>GZ</i>	<i>Especie</i>
0	Eq	Eucidaris
0	M	Pitar cfr tumens
0	M	Ctena decussata
0	Pe	Sparus pagrus
0.10	M	Conus sp
0.10	M	Vermetidae
0.10	M	Vermetidae
0.10	Po	Protula
0.20	M	Glycymeris cfr stellata
0.20	M	Lucinidae
0.20	Po	Protula cfr intestinalis
0.30	M	Lopha
0.30	Pe	Sparus pagrus (bocinegro) dientes
0.40	Eq	Eucidaris sp
0.40	Po	Protula
0.40	M	Scapharcopsis cfr talismani
0.40	M	Psammophila magna
0.70	Eq	Eucidaris sp
1.40	Eq	Eucidaris sp
1.50	Eq	púa de erizo irregular
1.50	Eq	púa secundaria eucidaris sp
1.50	For	foraminíferos varios
	For	Textularia
1.60	Bri	Myrionozoon (?)
1.60	Eq	Eucidaris sp
1.60	Po	Ditrupe sp
2.25	Eq	Eucidaris sp
2.40	Bra	Gryphus
2.40	Po	Protula cfr intestinalis

SIGLAS EMPLEADAS EN ESTOS CUADROS

- GZ:** Grupo zoológico.
D: Distancia desde el techo del afloramiento en metros.
Bioc: biocenosis (según Peres y Picard, 1964).
- M:** Moluscos.
Ec: Equinodermos.
Br: Briozoos.
Ba: Braquiópodos.
Al: Algas.
Fo: Foraminíferos.
Pe: Peces.
- 1:** Fondo arenoso.
2: Fondo fangoso.
3: Fondo tipo 'callao'.
4: Fondo rocoso.
- S:** Supralitoral.
M: Mesolitoral.
I: Infralitoral.
C: Circalitoral.
B: Batial.
- DC:** biocenosis de detritos costeros.
Cy: biocenosis de praderas de *Cymodocea*.
AP: biocenosis de las algas fotófilas.
SGCF: biocenosis de arenas gruesas y cascajos finos bajo influencia de corriente.
- SVMC:** biocenosis de sedimentos fangosos en aguas tranquilas.
C: biocenosis del coralígeno.

Como se ve en el cuadro 3, el afloramiento se caracteriza por una distribución homogénea del contenido biológico dentro de una heterogeneidad.

En el techo no aparecen ni una estratificación sedimentológica ni una biológica que traduzcan el proceso de emersión del afloramiento hasta una determinada cota, en la que empieza a desarrollarse el tramo de arenitas.

DISCUSIONES

Uno

Observaciones de campo y medidas de altitudes en diferentes puntos de la terraza de Las Palmas, en donde aflora el nivel guía, permiten formular que éste define un depósito planar, con ligeras ondulaciones locales, buzando hacia el N.E. Las cotas obtenidas oscilan desde unos 60 metros en la periferia a unos 90-100 metros hacia el N.W. (hacia el interior de la isla).

Dos

Disponemos de una serie de argumentos, que a pesar de ser significativos de por sí, no nos darían por separado una hipótesis plenamente aceptable, pero que al converger el conjunto de los mismos hacia la formulación de un mismo modelo, éste ya sí tendría una certeza satisfactoria.

Estos argumentos parciales serían:

A) La presencia de erizos de la familia *Cidaridae*, típicos habitualmente de un piso circalitoral.

B) La presencia de *Aeonella polistomella*, *Celleporina lucida*, *Porella tubulata* y *Onycocella angulosa*, típicos habitualmente del piso circalitoral.

C) La presencia de braquiópodos de un tamaño grande (de 12 a 40 mm.), lo que nos hablaría en favor del piso circalitoral de acuerdo con los trabajos de Jorgensen (1966) y Logan (1979).

D) La presencia de *Protula* y *Ditrupea*, ambas con distribución habitual en el piso circalitoral.

E) La presencia de un gasterópodo, probablemente *Clelandella*, típica del piso circalitoral.

F) La abundancia de dientes de bocinegro, típica de los pisos infralitoral y circalitoral.

G) La ausencia de erizos como *Arbacia* o *Paracentrotus*.

H) La ausencia de moluscos pertenecientes a la familia *Patellacea*, o de *Thais*, o de *Gibbulidae*.

Todos estos argumentos en conjunto nos definen claramente una comunidad típica de fondos detríticos (tablero). Estas comunidades se encuentran habitualmente en el piso circalitoral, pero pueden aparecer en localizaciones puntuales dentro del piso infralitoral.

Criterios geológicos, tales como la posición espacial de la columna estratigráfica y la evolución de los sedimentos en ella, hacen descartar en primer lugar la presencia de cuevas en el lugar estudiado, que serían una de las situaciones que permitirían la existencia de comunidades circalitorales relictas.

Por otra parte, se podría pensar que el estrato fosilífero presentara ondulaciones, lo que unido a un fuerte buzamiento, crearían zonas puntuales de iluminación escasa. De haberse dado estas circunstancias, y teniendo presente el ligero buzamiento actual del nivel guía, desde el Plioceno la isla tendría que haber sufrido un fuerte basculamiento, que levantara el N.E. y hundiera el S.W., pero la cartografía geológica y la geomorfología de las líneas de costa (afloramiento de rocas más antiguas en el S.W., en donde se localizan acantilados de hasta 1.000 metros de altitud), de definir fuertes basculamientos, serían en sentido contrario al descrito.

Ligeros basculamientos, en el sentido supuesto podrían haber existido, pero no hubieran sido de la magnitud suficiente como para borrar un primitivo perfil de acantilado, con entrantes que permitiesen biotopos poco iluminados, con lo cual queda eliminado otro conjunto de posibilidades que permitiesen el desarrollo de comunidades relicticas circalitorales.

Tres

Suponiendo que las aguas jóvenes del Plioceno, procedentes del vulcanismo, y en un corto período de tiempo (once millones de años) fueran suficientes de por sí para justificar transgresiones que explicaran el desarrollo de un piso circalitoral, ten-

dríamos que invocar otros movimientos verticales para explicar la posterior regresión que hiciera emerger el anterior piso.

En efecto, el proceso de incorporación de aguas jóvenes al ciclo hidrológico es irreversible, aunque el ciclo en sí pueda sufrir alteraciones, como las que implican el bloqueo de agua en estado sólido durante períodos glaciares.

Aunque no se puede negar la existencia de períodos glaciares-interglaciares durante el Plioceno, hasta el momento no hay evidencias de que éstos tengan entidad suficiente como para justificar las importantes transgresiones y regresiones de la terraza de Las Palmas. En función de la litofacies de esta formación sedimentaria, Zeuner (1958) sugiere una climatología muy similar a la actual para los PMI y PMS, pero el nivel estudiado podría corresponder a una crisis climática (distintas condiciones a las actuales). Como los piedemontes se corresponderían a períodos interglaciares, luego la crisis climática se correspondería con una glaciación, pero la glaciación traería consigo una regresión y, sin embargo, el nivel marino traduce una transgresión. Por todo ello, no tiene sentido hablar de crisis climáticas en el Terciario Superior a nivel regional.

Descartada la cuantía de estos movimientos eustáticos, motivados por la crisis climáticas, el recurso más sencillo y válido para explicar los movimientos verticales, está en admitir el juego epirogénico relacionado con importantes cargas, dependientes de períodos prolongados e intensos de actividad volcánica entre períodos, asimismo prolongados, de intenso barrido erosivo. La gran actividad volcánica, contemporánea con la formación de la terraza de Las Palmas, corresponde a las formaciones Pre-Roque Nublo y Roque Nublo, de la columna volcánica de Gran Canaria.

Cuatro

En la resultante actual de los movimientos verticales, que condicionan las cotas actuales de los distintos tramos de la terraza, repercutieron los movimientos eustáticos debidos a los períodos glaciares-interglaciares del Cuaternario. Esta resultan-

te tiene una envergadura en relación con el nivel guía de 170 ± 20 metros (130 metros correspondientes a la cota actual del último nivel marino, menos 60 metros de la cota que corresponde hoy día al nivel guía, más 100 ± 20 metros de profundidad que alcanzó ese nivel guía dan como resultante 170 ± 20 metros).

Cinco

Se podría pensar, a la vista de la fauna existente, en un piso circalitoral. Esto estaría refrendado por la presencia de los briozoos: *Adeonella polistomella*, *Celleoprina lucida*, *Porella tubulata* y *Onychozella angulosa*, que si bien se pueden encontrar en algunas ocasiones en piso infralitoral, su hábitat «normal» sería entre 80 y 120 metros (comunicación verbal del doctor Aristegui). A esta idea además contribuiría la presencia de *Ditrupa arietina*, huésped habitual de los fondos de *Dendrophila* actuales.

Dado que tratamos de un período geológico como el Plioceno, en el cual no hay constancia de crisis climáticas significativas, carece de sentido pensar en comunidades relictas, o que ocupen hábitats puntuales, de refugio temporal.

Las especies infralitorales encontradas serían el resultado de arrastres desde zonas infralitorales próximas.

Dentro de la fauna que hemos encontrado hay que hacer las siguientes consideraciones:

A) Ausencia de moluscos típicamente infralitorales (*Patella*).

B) Ausencia de erizos típicamente infralitorales (*Arbacia*, *Paracentrotus*, etc.).

Estas especies de los apartados A y B estaban ya presentes en el Terciario Superior.

En cuanto a las abundancias, las especies más frecuentes son los briozoos citados y las púas de *Cidaridae*.

Seis

Se ha llevado a cabo una metodología de toma de muestras de muro a techo. El contenido faunístico en los diferentes niveles es similar.

La ausencia de un cambio progresivo, de muro a techo, en los fósiles de facies, que traduzca el inicio de la regresión marina, para culminar en un ambiente sedimentario continental, se debería:

- 1) A la ausencia de aportes sedimentarios.
- 2) A una erosión que anule la deposición.

La ausencia de aportes sedimentarios no impediría el desarrollo de una fauna infralitoral cuando el piso circalitoral alcanzara la altura adecuada, lo que implicaría una concentración de fósiles de facies infralitorales en el techo del tramo, cosa que no demuestra el muestreo.

La erosión que determinaría una acumulación efectiva nula, ante un proceso de aportes sedimentarios, correspondería:

- a) Al oleaje.
- b) A corrientes.

Entre las corrientes cabría citar:

- a) Inshore currents.
- b) Offshore currents.
- c) Rip currents.
- d) Otras tipo corrientes de Canarias.

En profundidad, el movimiento circular de una ola decrece rápidamente, llegando a ser despreciable a una profundidad igual a la mitad de la longitud de onda de la misma. Como las longitudes de la ola normales, exceptuando las de mar de fondo, tienen longitudes por debajo de los 60 metros, un piso circalitoral no será afectado generalmente por procesos condicionados por el oleaje.

Como las corrientes tipo «inshore» y «offshore currents» se localizarían respectivamente en las rompientes y en franjas infralitorales muy someras, éstas quedarían descartadas para afectar erosivamente a un piso circalitoral, antes de alcanzar esas profundidades.

Las corrientes tipo «rip currents», al ir cargadas de sedimentos, adquieren la suficiente densidad como para ocupar localizaciones profundas, mar adentro, y podrían afectar a pisos circalitorales. Con este proceso erosivo se explicaría, en el caso que nos ocupa, la escasa fauna infralitoral, retenida probablemente e noquedades del piso circalitoral, tipo «callao».

Las corrientes tipo «corrientes de Canarias» tendrían que tener, para evitar la deposición de arenitas por transporte, velocidades superiores a los 0,5 cm/seg. El transporte de detritos de 2 mm. de diámetro requiere velocidades superiores a los 10 cm/seg. Los cantos de 10 cm. de diámetro (y en el nivel guía abundan los detritos con diámetros aún mayores), para ser transportados, ya requieren velocidades de 200 cm/seg. Actualmente, la velocidad de la «corriente de Canarias» oscila entre un mínimo de 1 a 5 cm/seg. en períodos estivales, hasta los 50-75 cm/seg. en períodos invernales (Bacallado, 1984). En consecuencia, una corriente de este tipo permitiría el depósito de sedimentos de diámetros variables, especialmente arenitas, durante los períodos de mínimos energéticos, y un «barrido» de estas deposiciones en períodos de máximos energéticos. Resultado de ello sería la escasa representación de restos infralitorales, retención que sería favorecida por el bloqueo al transporte entre bloques y cantos.

Siete

En base a las especulaciones del apartado anterior opinamos que la ausencia de unos fósiles de facies estratificados, y que traduzcan de muro a techo el proceso de emersión, quedaría explicado admitiendo los siguientes supuestos, para la zona estudiada:

a) El nivel guía corresponde a un «callao» infralitoral-intermareal. La morfología de los detritos sería esencialmente una consecuencia de las rotaciones por el oleaje.

b) El «callao», durante la transgresión, evolucionó a un piso circalitoral.

c) El nivel guía estaría afectado por un «rip currents» y/o una corriente tipo Canarias, durante el intervalo de tiempo en el que tenía características de piso circalitoral, y hasta que alcanzó una determinada altura por regresión.

d) Las corrientes tipo «rip currents» y/o tipo Canarias tendrían la velocidad suficiente como para impedir la deposición de arenitas-fangos, pero le faltarían energía como para limpiar de fauna el piso, por lo menos totalmente.

e) En etapas de pausas en el «rip currents», y/o caídas de energía en la corriente tipo Canarias, aparecería una sedimentación arenosa-fangosa entre los cantos y bloques. Sedimentológicamente, el piso evoluciona a «tablao».

f) Dado el incremento negativo de energías desde la línea de costa hacia mar adentro, nos permite formular que las corrientes, desde su inicio hasta la zona de muestreo, tendría primero la velocidad suficiente como para arrastrar la fauna infralitoral, la que iría depositando en proporción a su tamaño.

g) Este afloramiento de «callao» correspondería a dos ambientes:

- Uno autóctono de carácter circalitoral, y
- Otro alóctono, proveniente de comunidades infralitorales, por efecto de las corrientes de lavado, durante el proceso de formación del depósito.

CONCLUSIONES

1) La transgresión del nivel guía llega a definir un piso de circalitoral (profundidad, 80-120 metros).

2) El piso circalitoral del nivel guía no corresponde a depresiones locales del fondo dentro del contexto de la terraza de Las Palmas, sino a un piso planar ligeramente buzante hacia el N.E. Actualmente se localiza a unos 60 metros sobre el nivel del mar, en el afloramiento estudiado.

3) Por argumentos geológicos, quedan descartadas localizaciones relicticas de biocenosis del piso circalitoral, dentro de la zona infralitoral.

4) En las transgresiones y regresiones, durante la formación de la terraza, actuaron como condicionantes los movimientos epirogénicos y movimientos eustáticos, estos últimos controlados preferentemente por aportaciones de aguas jóvenes (del vulcanismo pliocénico).

5) La resultante de los movimientos verticales, pliocénicos y cuaternarios, tienen una envergadura, en relación con el nivel guía, de 170 ± 20 metros.

6) En nuestra opinión, el tramo marino que separa el PMI del PMS, y en la zona de muestreo, presenta características que lo hacen compatible con un piso circalitoral, aunque hay contenidos biológicos correspondientes a procesos y/o transportes desde zonas infralitorales próximas.

7) La acción de corrientes tipo «rip currents» y/o «corrientes tipo de Canarias» explicarían, en la zona de muestreo, la ausencia de estratificación faunística, que tradujera el proceso de emersión dentro de un rango de profundidades.

BIBLIOGRAFÍA

ANGUITA & RAMÍREZ DEL POZO, 1974: «La datación micropaleontológica de la terraza de Las Palmas (Gran Canaria)», *Estudios Geol.*, XXX, 185-188.

ARÍSTEGUI RUIZ, J., 1983: *Estudio faunístico y ecológico de los Briozoos quilstomados del circalitoral de Tenerife*, La Laguna, Secretariado de Publicaciones, Universidad.

BACALLADO, J. J. (director), 1984: *Fauna marina y terrestre del Archipiélago Canario*, Las Palmas, Ed. Edirca.

BUCQUOY, DAUTZENBERG, 1882: *Les mollusques marins du Roussillon*, Paris.

CALDERÓN, S., 1875: «Reseña de las rocas de la isla volcánica de Gran Canaria», *An. Soc. Esp. Hria. Nat.*, vol. 4, pp. 375-407.

FRITSCH, K., 1867: «Reiselbilder von der Kanarische Inseln», *Pet. Geogr. Mitt. Erg.*, Bd. 5/22, 1-44.

JORGENSEN, C. B., 1966: *Biology of suspension feed Oxford*, London, Pergamon Press, XV, 257 pp., 50 figs.

- LOGAN, A., 1979: «The recent braquípoda of the Mediterranean Sea», *Bull. Inst. Ocean. Monaco*, vol. 72, núm. 1434.
- LYELL, Ch., 1864: *Éléments de Géologie*, 7.ª ed., vol. 2, Gernier-Frères, París, 604 pp.
- MARTELL, M., 1952: «Contribución al estudio geológico y paleontológico de Gran Canaria», *Estudios Geol.*, 8, 109-1035.
- MARTÍNEZ, J., 1984: *Recursos de campo para la didáctica de la geología*, Las Palmas, ICE, Universidad Politécnica de Las Palmas.
- MOORE, R. (director), 1956 a 1978: *Treatise on Invertebrate paleontology* (24 vols.), Kansas Press.
- NORDSIECK, F., 1969: *Die Europäischen Meeresmusche In (Bivalvia)*, Stuttgart, Ed. Gustav Fischer Verlag.
- NORDSIECK, G., 1972: *Die europäischen meeresmücheken*, Stuttgart, Ed. Gustav Fischer Verlag.
- NORDSIECK, H., 1982: *Die europäischen meeres-gehäusechencken*, Stuttgart, Ed. Gustav Fischer Verlag.
- NORDSIECK y TALAVERA, G., 1979: *Moluscos marinos de Canarias y Madera*, Santa Cruz de Tenerife, Aula de Cultura.
- PERES, J. M., y PICARD, J., 1964: «Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée», *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, Marseille, 31 (47), 1-137.
- ROTHPLETZ & SIMONELLI, 1898: «Formaciones de origen marino en la Gran Canaria», *Bol. Com. Mapa geol. Esp.*, 23-3, 1-83.
- TORTONESSE, E., 1965: *Fauna d'Italia, Echinodermata*, Bologna, Ed. Calderini.
- ZARIQUIEY ÁLVAREZ, 1968: «Crustáceos decápodos ibéricos», *Investigación Pesquera*, vol. 32.
- ZEUNER, F. E., 1958: «Líneas costeras del Pleistoceno en las islas Canarias», *ANUARIO DE ESTUDIOS ATLÁNTICOS*, núm. 4, pp. 9-16.

Jesús Martínez Martínez
y Diego Casas Ripoll (editores)

**SEMINARIO SOBRE TERRITORIO LITORAL
Y SU ORDENACIÓN**

Disño de la colección: Emilio M. Ayuso
© ULPGC. Servicio de Publicaciones, 1994. Las Palmas G.C.
Depósito Legal: G.C. 71-1994
ISBN 84 - 88412 - 83 - 5
Printed in Spain.
Realización: Filmarte. Las Palmas de G.C.



Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
SERVICIO DE PUBLICACIONES

***DISCUSIÓN DE CASOS PARTICULARES
DE IMPACTOS FÍSICOS EN PLAYAS
ARENOSAS, POR INTERVENCIONES
DEL HOMBRE EN EL LITORAL***

por
Jesús Martínez Martínez y Diego Casas Ripoll

INTRODUCCIÓN

Para no caer en los errores cometidos en el pasado, en relación con las actuaciones del hombre, cuando se interfieren los procesos físicos en ambientes sedimentarios de playas arenosas, se discuten tres casos didácticos (*Figura 1*), dentro del Estado español, de las repercusiones que ha tenido una, a veces, inadecuada planificación y manejo del litoral.

Téngase en cuenta que las correcciones posteriores:

1. Podrían no tener sentido. Ésto ocurre cuando han sido alterados procesos irreversibles.
2. Sólo tendrían una validez limitada en el tiempo, si quedan secuelas permanentes no deseadas en los procesos físicos. En estos casos, habrían actuaciones secundarias periódicas de restauración, a plazo indefinido.
3. Aunque no se descartan resultados muy positivos.
4. Y suelen suponer costes económicos muy elevados.

Playa de San Juan y Muchavista (Alicante)

A unos 7 kilómetros, hacia el Noreste, de la ciudad de Alicante, se encuentra la Playa de San Juan-Muchavista, dentro de los términos municipales de Campello y de Alicante (*Figura 2*). Ésta tiene una longitud considerable: unos 6.5 kilómetros, y una amplitud entre 82 y 95 metros.

Inicialmente, el depósito sedimentario playero, de arenas rubias, se podía clasificar entre estable e hiper-estable, en coherencia con el desarrollo de un campo de dunas móviles. Sin embargo, en los últimos años, se desencadenó, en este ambiente, un proceso de inestabilidad. Se daban balances sedimentarios netos negativos. Se llegó a una situación límite de degradación: la Playa había prácticamente desaparecido en amplios sectores, con las repercusiones que ésto suponía en la industria turística.

Lo anterior llevó a la redacción de un proyecto de regeneración. La ejecución del mismo tuvo lugar durante 1991. Las obras consistieron:

- En la construcción de un pequeño apoyo lateral, en el extremo más meridional, en las proximidades del Cabo Huertas.
- En una alimentación artificial de arenas, con el fin de recubrir el área erosionada y recuperar la calidad de antaño de la Playa. Los áridos empleados tenían una coloración relativamente grisácea y procedían del depósito marino sumergido de Montaña Helada, situado casi a la altura de la ciudad turística de Benidorm. El nuevo color de los áridos, ya de por sí, ha supuesto un cierto impacto psicológico a los lugareños. Se utilizó, aproximadamente, unos dos millones de metros cúbicos de arena.
- Y en una mejora de la infraestructura (recondicionamiento del paseo marítimo existente, instalación de duchas, etc.).

El coste inicial de la optimización fue de 1.638.079.337 pesetas.

En la actualidad (7 de junio de 1992), la playa presentaba una buena salud sedimentaria. No obstante, se identificaban huellas de pérdidas de arenas, en la franja intermareal más externa, a causa de un temporal, que tuvo lugar en torno a marzo - abril de 1992. Algunos observadores estimaron que estas pérdidas rondaron el 15%, aunque se esperaba un 25%, para que se llegase a un equilibrio entre:

- pendiente topográfica intermareal usual - ocasional,
- valores granulométricos de los áridos, y
- energía del oleaje del temporal.

En teoría, la nueva orilla se debió haber diseñado con una basculación de unos pocos grados, unos cinco, en el sentido anti-horario, para que el transporte neto calculado fuese nulo. Ésto implicaría un nuevo factor de estabilidad en la Playa.

Un transporte neto nulo podría conllevar transportes brutos compensados, por los cambios esporádicos en la dirección de aproximación del oleaje.

La degradación del ambiente sedimentario, que indujo a la optimización, se explica como sigue:

DISCUSIÓN DE CASOS PARTICULARES DE IMPACTOS FÍSICOS...

1. Las arenas llegaban a la Playa, durante los períodos de acreción. Gran parte de los aportes procedían del Río Seco, situado en las proximidades, aguas arriba, respecto al oleaje dominante.
2. La Playa alimentaba, a su vez, a un campo de dunas.
3. Desde éste, y mediante un transporte eólico, había un retorno significativo de arenas al Río Seco.
4. Las arenas, que retornaban al cauce fluvial, se sometían, de nuevo, al ciclo sedimentario, hasta ahora descrito.
5. La ocupación urbanística de las dunas, con la consecuente creación de una pantalla arquitectónica, en la fachada costera, provocó la ruptura del anterior ciclo de flujo. Además, esta ocupación antrópica, junto con la carretera trazada entre las dunas y la Playa, privó a esta última de su despensa sedimentaria.
6. Esta ruptura del trasvase y el bloqueo de la despensa fueron, en realidad, las causas decisivas que motivaron la degradación de la Playa (impacto físico negativo). Asimismo, pudo haber participado la disminución de aportes sedimentarios, por las intervenciones antrópicas en el Río Seco. Sea el ejemplo de la construcción de presas (auténticas trampas, o atrapaderos, de sedimentos).

El Maresme (Cataluña)

El Maresme se localiza entre:

- el Delta del Río Tordera, en las proximidades de Blanes, al Norte,
- y el promontorio de Mongat, al Sur,

a lo largo de unos 60 kilómetros (*Figuras 3*). Entre el límite meridional y la Ciudad de Barcelona se encuentra la Bahía de Badalona, que ya no forma parte del Maresme, en sentido estricto.

Todo el Maresme define a una provincia morfodinámica. El transporte longitudinal significativo de áridos, próximo a la orilla, tiene un sentido de NE a SW. La carga sedimentaria procede de los aportes en el Río Tordera. Se estima

que estos aportes están entre los 200.000 y 48.000 metros cúbicos anuales (comunicación personal. Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona, 16-10-1992).

En esta provincia morfodinámica, los accidentes naturales más notables son:

- Los deltas de las rieras (ramblas).
- Los salientes rocosos de Mongat, en el límite Sur, y los de Sant Pol - Calella, que rompen la continuidad potencial de las playas arenosas, a lo largo de unos tres kilómetros, a unos 10 km. de la desembocadura del Río Tordera.
- El cañón submarino, a la altura del Río Tordera, que controla, o controlaba, el crecimiento externo de su delta.
- Y las barras.

Se describen dos tipos de barras (*Figura 4*):

- Las barras relicticas (Díaz et al. 1988), a 100 m. y entre 80 y 30 metros de profundidad.
- Y las barras vivas, a menos de 30 metros de profundidad, que se aproximan mucho a la orilla.

Éstas últimas se localizan en los extremos del Maresme. La septentrional tiene una cierta componente de flecha, en dependencia con:

- los aportes del Río Tordera,
- y la singularidad geométrica negativa “difusa”, de la planta del litoral, junto a la desembocadura de este Río, aguas abajo.

El conjunto de barras actúa a modo de sustentaciones, que tienden a estabilizar el perfil de la playa sumergida.

Por otra parte, los promontorios competentes de Sant Pol - Calella han estado sometidos a un proceso de rectificación del litoral. Por ello, actualmente no imposibilitan el transporte longitudinal, que tiene lugar a través de su plataforma

ma de abrasión, y, asimismo, estabilizan pequeñas playas en bolsillo.

En cambio, la rectificación del litoral, en los salientes de los deltas, es un proceso que se da en la actualidad, a una velocidad relativamente grande, ya que se trata de formaciones litológicas poco competentes. El retroceso de la orilla, en estos sectores, quizás estén acelerados:

- por una posible elevación del nivel del mar,
- y por las intervenciones antrópicas locales.

Como ejemplo de intervención antrópica en la evolución de los deltas, está el muro meridional de canalización del Río Tordera, junto a su desembocadura, en el ámbito de la playa seca, que separa el cauce de un camping. Según Serra (1992), esta obra, durante las riadas:

- Impide que los aportes sedimentarios se encaucen, en gran medida, a lo largo del litoral, hacia el SW.
- Y favorece, por el contrario, un transporte hacia mar adentro, a través de corrientes que podrían hacer recordar a rip currents. La presencia del cañón submarino, frente a la desembocadura del Río, determina que los aportes sedimentarios de las riadas no puedan retornar hacia la orilla.

Por todo ésto, la orilla de la parte meridional del Delta del Río Tordera se encontraría sometido a una cierta erosión antrópica.

El retroceso de la orilla en los frentes emergidos de los deltas se evidencia en Santa Susana. La ocupación urbanística del sector, con una perspectiva de industria turística, no ha tenido presente estas circunstancias, con los riesgos consecuentes.

Hasta 1924, el litoral emergido más externo del Maresme estaba formado por una continua playa arenosa. Desde esta fecha, se construyeron varios puer-tos, entre ellos, el de Arenys de Mar (entre 1924 - 34 y 1947 - 56), que es el más septentrional, a unos 22 kilómetros de la desembocadura del Río Tordera.

De esta manera:

- Se interrumpe el transporte de deriva, con los aportes sedimentarios del

Río Tordera, desde el Puerto de Arenys de Mar. No obstante, hay aportes y transportes sedimentarios, "de menor rango", desde las desembocaduras de las rieras, localizadas al Sur de Arenys. Sus riadas, muy localmente, tienden a dar una relativa estabilidad a los depósitos sedimentarios, en sectores concretos de la orilla. Éste es el caso de la Playa de Vilasar, donde la cierta estabilidad sedimentaria depende de los aportes de la Riera de Argenton.

- Las playas arenosas, al Norte del Puerto de Arenys de Mar, conservan amplitudes importantes, en torno a los 100 metros.
- Y se impide, en general, y significativamente, en un sector importante de este litoral, desde el Puerto de Arenys, hacia el Sur, la sedimentación natural de la arena, en las proximidades de la orilla.

En consecuencia, muchas playas de esta provincia morfodinámica entran en inestabilidad. La erosión progresa de forma tal, que pone en peligro la infraestructura viaria del territorio. Urgía, por lo tanto, tomar soluciones correctoras.

Lo primero que se hizo fue puntuales defensas longitudinales, de fuerte pendiente externa. Pero a estas obras marítimas llegaban el oleaje de los temporales. La reflexión de la energía de las olas acentuó la inestabilidad de las playas arenosas: se potenciaba un transporte transversal de áridos, hacia mar adentro. Estos mecanismos físicos participaron, o participan, en la formación de barras sumergidas locales.

A medida que desaparecía el colchón de disipación energética más interno, la propia obra de defensa se destruía. Luego, había que tomar otras soluciones.

No se descartó la construcción de otros tipos de obras marítimas, como los espigones, sobre todo al Sur de Arenys. Al respecto, la optimización del litoral fue dudosa.

Optar por la alimentación de los perfiles transversales, en base a la Regla de Bruun (Chalier y De Meyer, 1987, y Bruun, 1987), aquí no tiene sentido. La actuación estaría avocada al fracaso, ya que se encuentra roto el equilibrio entre:

- los aportes de cabecera, desde el Río Tordera,

DISCUSIÓN DE CASOS PARTICULARES DE IMPACTOS FÍSICOS..

- el transporte longitudinal,
- el depósito costero, y
- las pérdidas sedimentarias,

por las obras marítimas, dentro de la provincia morfodinámica.

Dentro del quinquenio 1983-1987, el MOPU regenera dos tramos del Maresme, los correspondientes a:

- Premiá de Mar, Masnou y Mongat, y
- Malgrat, junto al Río Tordera,

de siete y tres kilómetros, respectiva y aproximadamente. El coste global ascendió a unos 839.6 millones de pesetas.

Las obras consistieron:

- Respecto al primer tramo, en la construcción de un espigón, para evitar el aterramiento del Puerto de Premiá de Mar, y en la aportación de 2.045.000 metros cúbicos de arena.
- Y en cuanto al segundo tramo, en el desmantelamiento parcial del espigón, que obstaculizaba los aportes del Río Tordera a la Playa, y en una alimentación artificial de 1.073.000 metros cúbicos de arena, procedente del fondo marino.

De acuerdo con las actuaciones en este segundo tramo, se prevé, en principio, que, "restaurada" las condiciones naturales del litoral de Malgrat, se restablecerán los aportes sedimentarios a su Playa, desde su fuente principal (el Río Tordera), y, través de ésta, al resto del Maresme. Sin embargo, aún queda el muro meridional de canalización del Río, aunque dentro de la playa habitualmente seca, con las consecuencias ya descritas en la dinámica sedimentaria. Por otra parte, se conservan y/o amplían los puertos construidos a lo largo del litoral, que representan importantes obstáculos al transporte de deriva. De aquí, que no se sea demasiado optimista.

Como otra alternativa de restauración de este litoral, y a modo de estudio

piloto (Grancini, 1984), se alimentó artificialmente una playa, diseñada en bolsillo y sustentada. Lo novedoso de la regeneración radicaba en las características de la sustentación (*Figura 5*). Ésta consistió en una especie de dique exento, apoyado en sus dos extremos, formado por apilamientos de "sacos" semipermeables, llenos de arena o sauló. Con la estructura, se retiene, en gran medida, la alimentación de áridos y se transmite o disipa la energía de las olas. Así, se evita la reflexión del oleaje, que erosionaría a la playa externa y, a la larga, a la totalidad del ambiente sedimentario.

En resumen: El litoral del Maresme actualmente se encuentra subdividido en dos sectores:

- Uno septentrional, aguas arriba respecto al Puerto de Arenys de Mar, con efectos antrópicos relativamente poco importantes.
- Y otro meridional, aguas abajo en relación con el referido Puerto, muy degradado por las intervenciones antrópicas.

Playa de Estepona (Málaga)

La Playa de Estepona se encuentra en la provincia de Málaga, a unos 50 kilómetros de la capital, hacia el W (*Figura 6*). Inicialmente, la planta era casi rectilínea, con una longitud en torno a los dos kilómetros. La amplitud se aproximaba a los cien metros. Las arenas, de diámetros gruesos, presentaban una coloración grisácea.

Esta Playa sirve de ejemplo para ilustrar las actuaciones duras y blandas en un litoral. Por otra parte, y de acuerdo con Fernández (1988), aquí se muestra la evolución de la ingeniería costera española. Un resumen de las consecutivas soluciones sería:

1. En una primera fase, en los años 60, en el límite interno de la Playa, se construye un muro de defensa y, desde y sobre él, un paseo marítimo, de unos 90 m anchura. No se tuvo en cuenta las características de los temporales inusitados en el diseño de la obra. Cuando éstos aparecían, sus olas llegaban al paredón del paseo. En esas circunstancias, se reflejaba la energía del oleaje, lo que determinaba una erosión considerable en el ambiente más interno, con una consecuente inestabilidad sedimentaria. El avance de la erosión hacía que se resintiese, en algunos sectores, la obra del paredón. En el proyecto y realización del paseo marítimo, se

patentizaba unos errores de estimación y/o desconocimiento de la dinámica sedimentaria en las playas arenosas.

2. Para paliar la modificación negativa, en los procesos sedimentarios, por la construcción del paseo, en 1973, se construyeron una serie de espigones, perpendiculares a la orilla, en la mitad oriental de la Playa (*Figura 6*). Éstos no dieron los resultados apetecidos, respecto a la estabilidad sedimentaria del depósito. No se tuvo presente la relación correcta entre espaciado y penetración de los espigones. Estaban demasiado apretados. Pero sí añadían unos elementos de dudosa estética en el medio ambiente.
3. Ya dentro de una perspectiva de actuaciones blandas, en el quinquenio 1983-1987 (MOPU, 1988), con un coste de 249.9 millones de pesetas:
 - Se destruyen cuatro espigones. Sólo se conserva el más occidental, a modo de apoyo. Éste:
 - Se rebaja, para que quede prácticamente sumergido.
 - Y se prolonga hasta una profundidad de -5 m.
 - Se construye un dique exento, de 180 metros de longitud, paralelo a la orilla, para que se desarrolle un tómbolo (*Figura 6*).
 - Se realimenta la Playa con 196.000 metros cúbicos de arena, para su recrecimiento. Se consigue que la zona de uso alcance amplitudes de unos 70 m.
 - Y se concluyen los dos tramos de paseo que faltaban.

Desde entonces, la Playa está en seguimiento, para analizar su comportamiento dinámico, en el depósito sedimentario.

BIBLIOGRAFIA

BRUUN, P. 1987. Ingeniería costera y utilización del litoral. Seminario Internacional sobre Problemas de Uso del Territorio, Planificación y Manejo de Zonas Litorales. Consejo de Europa. Bilbao, octubre. Documento de 28 páginas.

CHALIER, H. y DE MEYER, P. 1987. Renovación de playas en el litoral de Bélgica. Seminario Internacional sobre Problemas de Uso del Territorio, Planificación y Manejo de Zonas Litorales. Consejo de Europa. Bilbao, octubre. Documento de 19 páginas.

DÍAZ, I. y MALDONADO, A. 1990. Transgressive Sand Bodies on the Maresme Continental Shelf, Western Mediterranean Sea. *Marine Geology*, 91 (1990), 53 -72.

FERNÁNDEZ, J.M. 1988. Comentario durante la Excursión a Estepona. 21 Conferencia Internacional de Ingeniería de Costas. Torremolinos (Málaga), 20 - 25 de junio.

GRANCINI, G. 1984. Sistemi di controllo delle condizioni meteo - marine antistanti la costa : Reti e misure programmate. *Idroser - Mare e Costa*. Bologna. Documento de 34 páginas.

PEÑA, J. C. y MUÑOZ, A. 1992. Proyecto de regeneración de las Playas de San Juan y Muchavista. I. Jornadas Españolas de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Santander, 7 y 8 de mayo. Libro de Resúmenes. Página 4.

M.O.P.U. 1988. Actuaciones en la Costa. Secretaría General Técnica -Centro de Publicaciones del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid. 143 pp.

SERRA, J., CALAFAT, A. y CANALS, M. 1989. Dinámica sedimentaria de una costa subalimentada. Repuesta a la regeneración artificial. XII Congreso Español de Sedimentología. Bilbao. 239 - 249.

SERRA, J. (Estratigrafía de la Universidad de Barcelona). 1992. Comunicación personal.

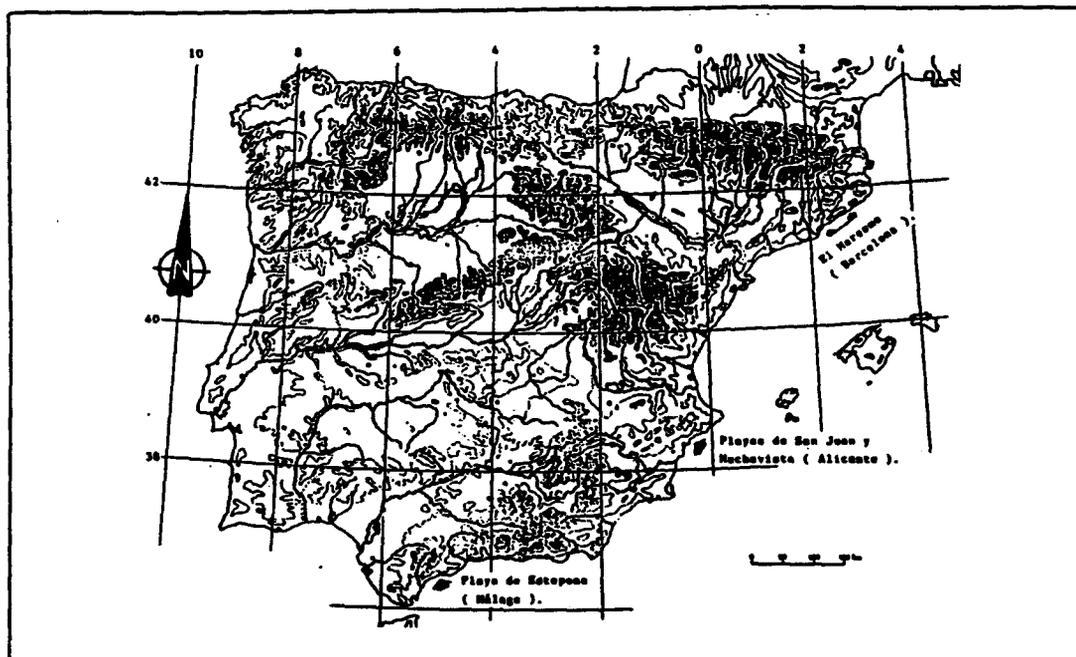


Figura 1. Localización geográfica de las playas del Maresme (Barcelona), de San Juan y Muchavista (Alicante) y de Estepona (Málaga).

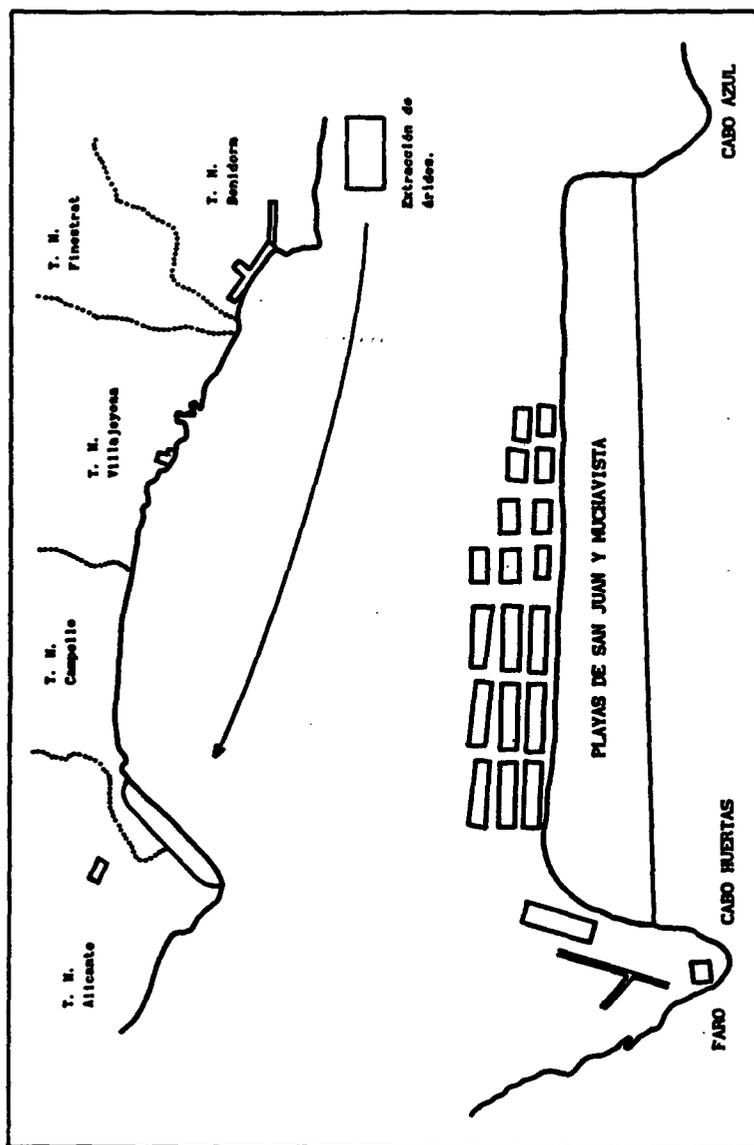


Figura 2. Localización geográfica y planta de las Playas de San Juan y Muchavista.

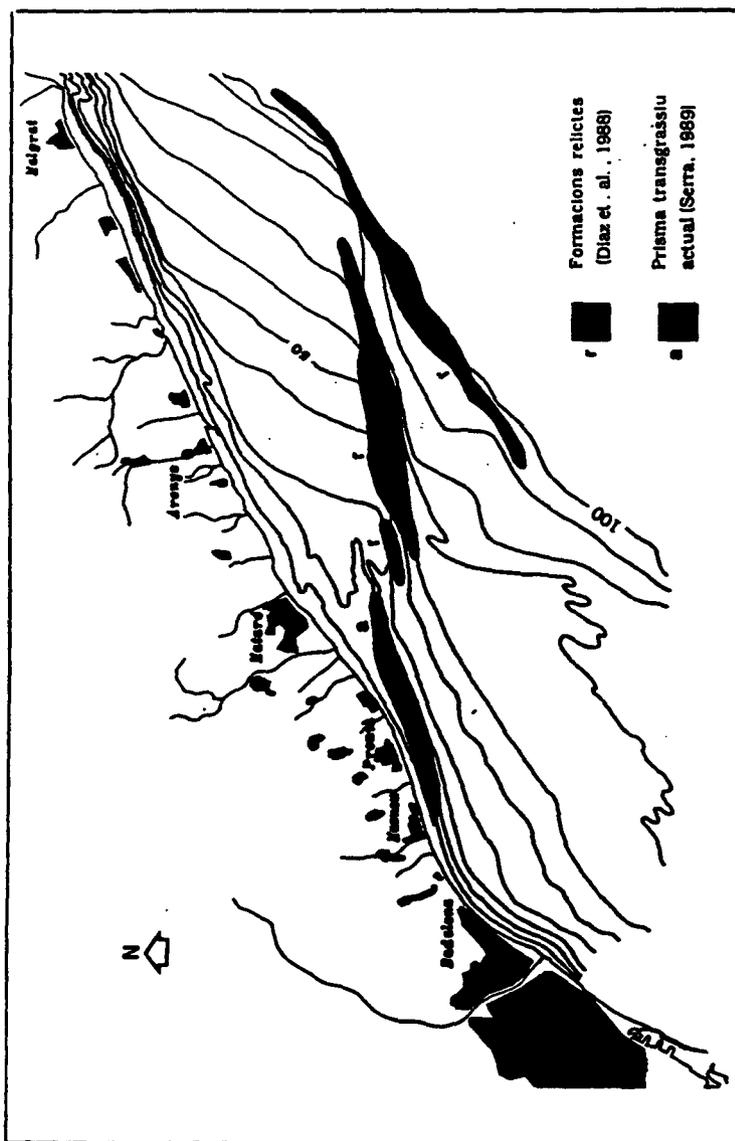


Figura 4. Mapa de situación de las barras del Maresme (Barcelona), por cortesía del Dr. Jordi Serra (Facultad de Geológicas, de la Universidad de Barcelona).

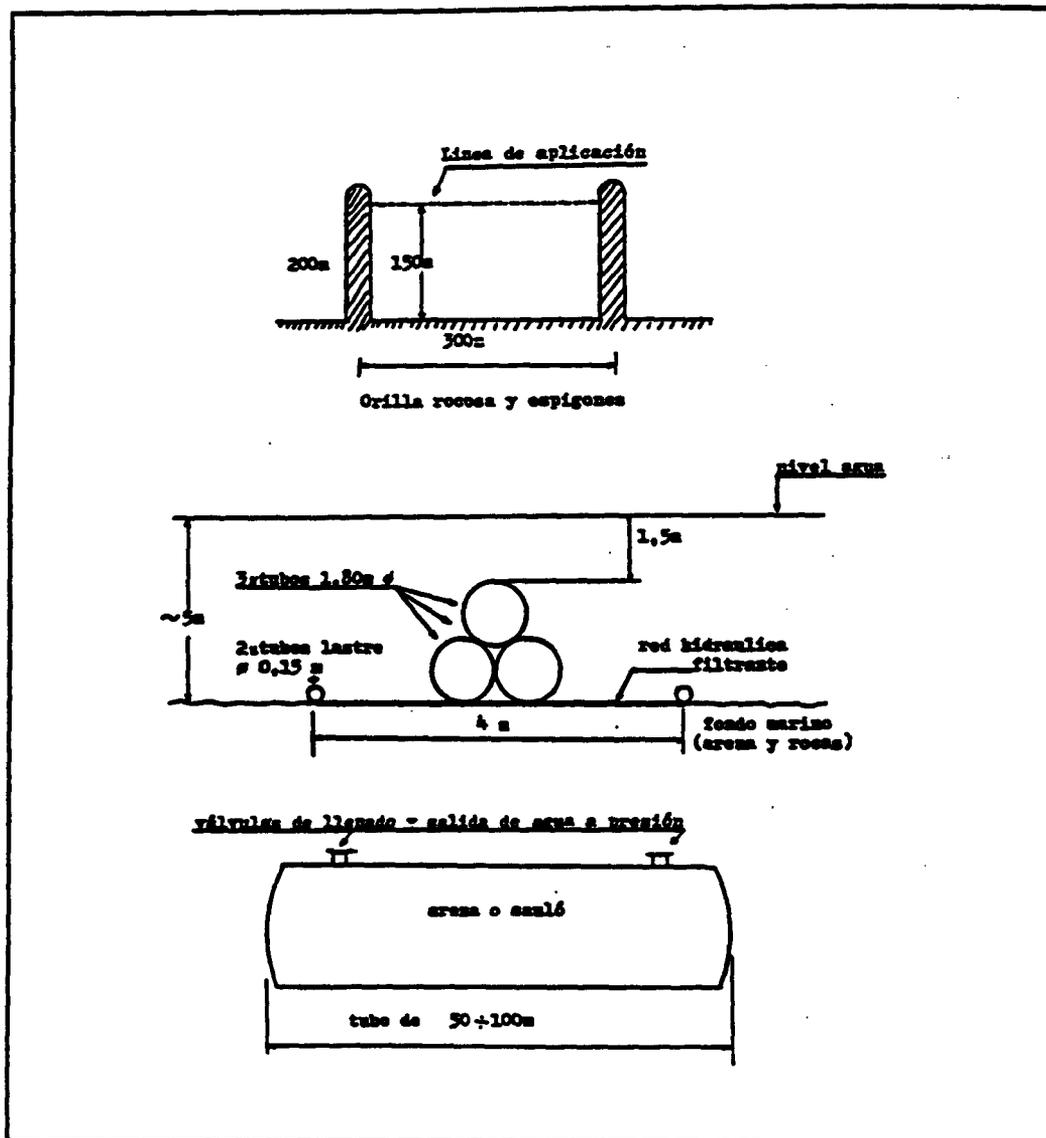


Figura 5. Sustentación mediante apilamiento anclado de sacos semipermeables. Aplicación piloto en El Maresme (Barcelona).

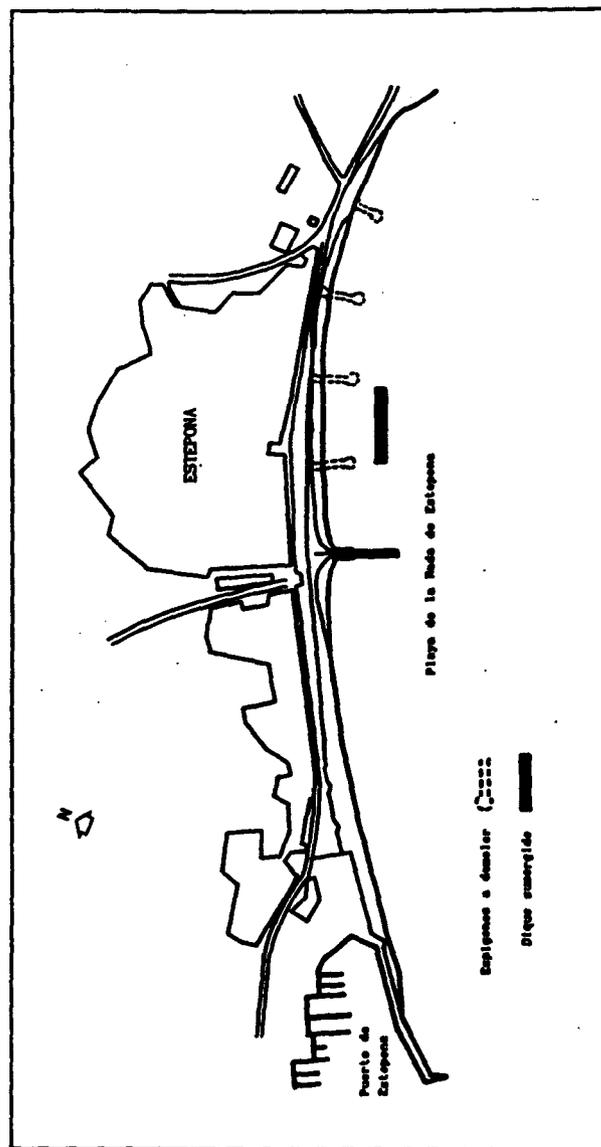


Figura 6. Planta de las obras marítimas, que se sucedieron en el tiempo, en la optimización de la Playa de Estepona (Málaga). A partir del M.O.P.U. (1988).

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

I SIMPÓSIO SUL-AMERICANO E II SIMPÓSIO NACIONAL

ANAIS

FOZ DO IGUAÇU - PARANÁ - BRASIL

06 A 10 DE NOVEMBRO DE 1994

Editado por

Maurício Balensiefer

Antonio J. de Araujo

Nelson C. Rosot

FUPEF - FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ

CURITIBA

1994

PROMOÇÃO

- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA E MANEJO
- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ
SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO URBANO DO PARANÁ
- PETROBRÁS-SIX - SUPERINTENDÊNCIA DA INDUSTRIALIZAÇÃO DO XISTO

APOIO

- CNPq - CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
- GTZ/PIAB
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
- EMBRAPA/CNPFLORÉSTAS
- INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES
- ITAIPU BINACIONAL
- FUNDAÇÃO O Boticário PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA
- FUNDAÇÃO PARA A CONSERVAÇÃO E A PRODUÇÃO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLORESTAL
- INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ
- COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL
- FUNPAR - FUNDAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ PARA A CIÊNCIA E TECNOLOGIA
- BBTUR - VIAGENS E TURISMO

FICHA CATALOGRÁFICA

S612 **Simpósio Sul-Americano,1.,e Simpósio Nacional,2. Foz do Iguaçu ,
1994. I Simpósio Sul-Americano e II Simpósio Nacional
recuperação de áreas degradadas. Anais, editado por Mauricio
Balensiefer, Antonio J. Araujo e Nelson Carlos Rosot. Curitiba :
FUPEF, 1994.
679 p.**

**1. Proteção ambiental - recuperação - congressos. I. Balensiefer,
Mauricio. II. Araujo, Antonio J. III. Rosot, Nelson C.**

REPEDISCA 2201 CDU 632.125

IMPRESSO NO BRASIL
TIRAGEM: 1.500 EXEMPLARES

INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN ECOSISTEMAS

ECOSYSTEMS SUSTAINABILITY INDICATORS

Jesús Martínez Martínez

Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Universitario de Tafira. Código Postal 35017. Las Palmas de Gran Canaria. España.

RESUMEN

Se consideran, como indicadores de la sustentabilidad de un ecosistema, ante proyectos de desarrollo, el índice de uso, las caídas de calidades (naturales y paisajísticas, entre otras) y los impactos ambientales, además de un índice de síntesis.

Como indicador de base, se encuentra el índice de uso, que comprende parámetros de permisibilidad y de idoneidad. Este índice tiene en cuenta las acciones del proyecto y los factores y procesos del ecosistema. La metodología es válida para las áreas forestales.

ABSTRACT

The indicators of the sustainability of an ecosystem can be the index of use, the lowering of qualities (natural and those of landscape, among others) and the environmental impacts, as well as index of synthesis. As a starting indicator we find the index of use, which includes parameters of permissibility and of suitability, which take into account the actions of the project of development and the factors and processes of the ecosystem, which would include forest areas.

INTRODUCCION: CONCEPTOS GENERALES

En la actualidad, es muy común el empleo del término “sustentabilidad”. Sin embargo, y aunque el concepto quede muy bien delimitado, en la mayoría de los casos sólo se desarrollan exposiciones muy retóricas, casi inútiles en su aplicabilidad. Aquí, se pretende llegar a unos indicadores de sustentabilidad, en relación con determinados proyectos. De esta forma, se podría evitar la degradación de ecosistemas y los costes que supondrían posteriores recuperaciones.

Se admite como “sustentabilidad” la obtención del mayor “capital” de un recurso por el hombre, siempre que el ecosistema, donde tiene lugar la intervención, no quede hipotecado para las generaciones futuras. Esto supone la preservación de

la potencialidad, tanto de la biodiversidad como de la calidad del "continente" geológico.

En el cálculo de la sustentabilidad de todo proyecto de desarrollo, en cualquier tipo de ecosistema, ha de considerarse los siguientes apartados:

1. Compatibilidad, a priori, de la intervención con la ordenación y planificación del territorio a manejar. Se han de tener presente las limitaciones que imponen la declaración de espacios geográficos protegidos (parques nacionales, reservas naturales, monumentos naturales, etc.);

2. Identificación, descripción y discusión de las variables y parámetros que condicionan, en gran medida, las calidades y los procesos físicos y biológicos de los entornos geográficos a intervenir;

3. Estimación del índice de uso del proyecto, que tenga en cuenta los parámetros de permisibilidad y de idoneidad;

4. Estimaciones y/o evaluaciones de:

- caídas de calidades (naturales, paisajísticas, para el hombre, etc.),
- cálculo de índices de uso, que consideren parámetros de permisibilidad y de idoneidad,

- impactos que conllevarían la ejecución del proyecto en cuestión,

5. Puesta a punto, in situ, de un seguimiento de las estimaciones de las caídas de calidades y de evaluaciones de impactos, durante y después de la realización del proyecto. Así, se obtendría una información de retro-alimentación, para introducir modificaciones en el manejo del territorio.

Se acepta, de una forma provisional, la sustentabilidad ambiental de un proyecto cuando:

- no hayan parámetros excluyentes, entre los de permisibilidad, en el índice de uso;
- las caídas de calidades y las medidas de los impactos no rebasen determinados valores umbrales, discutidos en términos relativos;
- y los factores y procesos significativos del ecosistema soporten, como máximo, degradaciones compatibles, de acuerdo con los criterios de Estruch (1992), por las distintas acciones de un proyecto. Una degradación compatible sería aquella que se recupera en poco tiempo, si cesan las causas de la alteración.

Luego, los valores numéricos de estos tres aspectos serían indicadores de la sustentabilidad de un proyecto.

Como todo proyecto de desarrollo, por norma general, hace:

- que disminuya la calidad natural,
- y que aparezcan impactos negativos en un entorno geográfico, un indicador

de síntesis comparativo de la sustentabilidad en un ecosistema será inversamente proporcional a la calidad natural del mismo y directamente proporcional a los impactos que se produzcan. Esto se expresa mediante la fórmula:

$$I_s = \frac{I_o}{C_N} 10^n$$

donde:

- I_s = indicador de síntesis de la sustentabilidad.
 I_o = índice de impacto global (Martínez, 1993), de un proyecto, partir de una matriz causa-efecto.
 C_N = calidad natural, previa a un proyecto.
 n = número de dígitos, menos uno, de la medida entera, de la calidad natural.

Pero tendría que concurrir que están ausentes los parámetros excluyentes, y el índice de uso.

De la anterior formulación, un proyecto que implique impactos positivos, en un ecosistema de baja calidad natural, dará un indicador positivo de sustentabilidad probablemente con un valor numérico bastante elevado. Por lo contrario, sustentabilidad caería fuertemente, frente a importantes impactos negativos, en un medio de alta calidad natural.

La sustentabilidad paisajística de un proyecto sería un caso particular de sustentabilidad ambiental, y requeriría:

1. un índice de uso respecto a la calidad natural, en el que no existan parámetros excluyentes, entre los permisibles.
2. y que no se alcancen los impactos severos, respecto:
 - a la calidad natural, y
 - a la calidad paisajística (Martínez, 1994a y 1994b).

Para Estruch (1992), los impactos severos traducen que los factores y procesos alterados vuelven a sus condiciones iniciales muy difícilmente. Se requiere, a menudo, la adopción y puesta en práctica de medidas correctoras, o de restauración.

El indicador de síntesis de la sustentabilidad paisajística, de un proyecto ahora se expresaría como:

$$I_{sp} = \frac{I_{sp}}{C_p} 10^n$$

donde:

- I_{sp} = indicador de síntesis de la sustentabilidad paisajística;
 I_{up} = índice de impacto global (Martínez, 1994a), de un proyecto, conforme a una matriz causa-efecto;
 C_p = calidad paisajística;
 n = número de dígitos, menos uno, de la medida entera, de la calidad paisajística;

El grado de sustentabilidad de un proyecto sería mayor a medida que el indicador de síntesis tenga, relativamente:

- menor valor negativo, o
- mayor valor positivo.

EL INDICE DE USO COMO INDICADOR DE BASE DE LA SUSTENTABILIDAD DE UN ECOSISTEMA

Concepto de índice de uso

El "Índice de uso" es un valor numérico, que traduce:

- el grado de aceptabilidad de un proyecto, o de un uso determinado del territorio;
- o la alternativa óptima, si la hubiera, en relación con las calidades de una unidad territorial, o ambiental.

El índice representa a la cara inversa de otro, que mediera el impacto global.

Parámetros de permisibilidad y de idoneidad

El índice de uso se estima mediante unos parámetros significativos, que se clasifican de la siguiente manera:

- de permisibilidad, y
- de idoneidad.

Estos serán específicos para cada proyecto, o uso del territorio, y de acuerdo con las características de la unidad territorial.

Un parámetro de permisibilidad traduce si un proyecto es:

- inadmisibles, o
- admisibles.

Por ello se sub-clasifican en parámetros:

- excluyentes, y
- no excluyentes.

En cambio, los parámetros de idoneidad son comensurables (se pueden comparar y sumar), y se refieren a la “bondad” del proyecto. Uno o varios de estos, con valores cero, no implican la inaceptabilidad del uso que se propone, o que tiene lugar. Pero si repercutirá en la caída de su valor de idoneidad, que se deberá tener en cuenta, en la toma de decisiones, o en las recomendaciones.

El conjunto de parámetros de idoneidad medirán la aceptabilidad u optimidad del proyecto, en el supuesto de que sea admisible.

Cálculo del índice de uso.

La fórmula de cálculo del índice de uso, se ajustará a las anteriores hipótesis de partida. Esto se consigue, entre otras alternativas, si se aplica una expresión, en donde:

1. Los parámetros de permisibilidad se encuentren como “multiplicadores” de toda la expresión matemática, y tomen los valores de:

- uno, cuando el proyecto es admisible, y
- cero, si el proyecto es inadmisibile.

De esta manera, un solo parámetro excluyente (con valor cero), determina un índice de uso nulo (rechazo total o inviabilidad del proyecto).

2. Los parámetros de idoneidad aparecen como sumandos. Los valores de estos estarán dentro de una escala arbitraria, por ejemplo, entre 0 y 10.

3. Como todos los parámetros no tienen la misma importancia, estos estarán afectados por coeficientes (tantos por uno). Así, en el caso hipotético de una calificación máxima, en todos los parámetros, no se rebasa la escala establecida.

Según las premisas anteriores, la expresión matemática se configura como sigue:

$$I = \left[\sum_{i=1}^n C_i N_i \right] \prod_{j=1}^m M_j$$

donde:

- I = índice de uso,
- C = coeficientes de los parámetros de idoneidad, en tantos por uno, de acuerdo con la importancia de los mismos,
- N = valores de los parámetros de idoneidad, en una escala de 0 a 10,
- n = número máximo de parámetros de idoneidad,
- M = parámetros de permisibilidad, con valores de 0 ó 1,
- m = número máximo de parámetros de permisibilidad.

Un I con valor cero indica inadmisibilidad.

EJEMPLOS DE APLICACION DEL INDICE DE USO

En el manejo de lagunas costeras, o ambientes próximos (saladares, por ejemplo), el índice de uso de determinados proyectos se estimará, en principio, con una serie específica y peculiar de factores, o parámetros, exógenos antropogenéticos (extraños e introducidos por el hombre), frecuentemente inherentes a la ejecución de las intervenciones. Estos parámetros medirán, entre otras cosas, la sostenibilidad de los recursos biológicos y geológicos significativos del ecosistema. Un listado provisional, al efecto, sería:

1. Factores o parámetros de la idoneidad del proyecto:
 - a). Justificación socio-económica de la intervención, o como repercutiría esta en la protección - conservación del medio ambiente. Coeficiente de importancia: 0.25;
 - b). Grado de impacto paisajístico: Como se visualiza la intervención, y/o vertidos ocasionados por el uso del territorio. Coeficiente de importancia: 0.10;
 - c). Efectos sobre la biocenosis que producen el levantamiento, o la eliminación, de tendidos de cables sub-aéreos, y otras estructuras, en el borde o a través de la laguna. Se considera, básicamente, la mortandad, por choques, en una avifauna a proteger. Coeficiente de importancia: 0.35;
 - d). Removilizaciones muy localizadas y transitorias de los sedimentos, en el fondo de la laguna. La turbidez no debe producir efectos significativos en la biocenosis. Coeficiente de importancia: 0.20;
 - e). Actuaciones en el entorno próximo (en la vegetación de borde), que conlleven una caída en la aportación de materia orgánica a los mares vecinos, desde la laguna. La productividad y riqueza de los ecosistemas marinos dependen, en parte, de estas aportaciones. Coeficiente de importancia: 0.05;
 - f). Características de la infra-estructura subsidiaria necesaria para el proyecto, previas y a realizar en el territorio circundante. Coeficiente de importancia: 0.05;
2. Factores que determinan la permisibilidad, o no, del proyecto:
 - a). Conformidad del proyecto con los usos y explotaciones regulados por la legislación, referente a la conservación de espacios naturales bajo protección.
 - b). Todas aquellas perturbaciones, que repercutan:
 - en las áreas de refugio (dormitorio) y reproducción animal,
 - y en las áreas de hibernada, para aves migratorias, del ecosistema lagunar.
 - c). Destrucción, y ocultación de singularidades geológicas, de interés por su rareza científica y/o por representar recursos didácticos muy interesan-

tes, ausentes en entornos de carácter regional.

d). Cambios físico-químicos (temperatura, contenido en oxígeno disuelto, salinidad, pH, etc.), que rebasen, por separado, o en conjunción, el umbral crítico de tolerancia, a partir del cual hay letalidad, en mayor o menor grado, en la biocenosis lagunar. Se tiene presente si se atenta:

- a la singularidad biológica,
- y a la supervivencia de unas posibles especies raras, o en peligro de extinción, del ecosistema.

De este factor general, se deriva una serie de factores particulares, que se recogen en los apartados que se enuncian a continuación.

e). Recepción de aguas residuales, tanto industriales como urbanas, en lagunas con restingas arenosas. Los cambios físico-químicos, ligados:

- a la contaminación física, química y orgánica,
- a la turbidez que se origina,
- y a la obstrucción de la porosidad, en el depósito arenoso, por los fangos de las aguas residuales, pueden:
 - Crear condiciones desfavorables para los organismos filtradores. Las partículas tapan los sistemas de alimentación y filtración de los mismos;
 - Llegar al límite de la letalidad de muchas especies de la biocenosis lagunar, por las nuevas condiciones físico-químicas introducidas;
 - Desarrollar condiciones poco propicias para el establecimiento de comunidades maduras.
 - E impedir la renovación del agua, por una circulación lateral-vertical, por lo que perdura las condiciones adquiridas de letalidad.

f). Construcción de obras que alteren los aportes de agua a la laguna. Por ejemplo, abertura de una bocana. Con ello, cambiarían las características ambientales, que condicionan a la biocenosis.

g). Removilizaciones significativas de los sedimentos, por actuaciones mecánicas en el fondo. La turbidez puede producir efectos sensibles en determinadas especies de la biocenosis. De esta manera, se alteraría la cadena trófica del ecosistema.

h). Actuaciones en áreas próximas, o dentro del ambiente, que impliquen modificaciones en los aportes sedimentarios hacia la laguna y en la deposición de los áridos en ella. Por tales motivos, se alteraría la batimetría lagunar que, a su vez, provoca cambios en los factores físico-químicos del medio acuático, que regula la vida en el ecosistema.

i). Creación de barreras físicas internas, que perturben el diagrama de transporte de sedimentos en el ámbito lagunar. Este trae consigo cambios batimétricos, con sus efectos en la biocenosis.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones, referentes a los indicadores de la sustentabilidad en ecosistemas, se resumen de la siguiente manera:

1. Los indicadores se establecen de acuerdo con estimaciones de una serie de medidas: del índice de uso, de las caídas de calidades y de impactos ambientales.
2. El indicador base, o de partida, es el índice de uso, que contempla parámetros de permisibilidad y de idoneidad. Un proyecto de desarrollo sería sustentable si están ausentes los parámetros excluyentes, entre los de permisibilidad.
3. La metodología del cálculo del índice de uso se verifica en un escenario geográfico costero. Por otra parte, resulta fácilmente extrapolable a las diferentes modalidades de ecosistemas.
4. Se puede llegar a un indicador de síntesis, si se relacionan, simultáneamente:
 - la calidad previa de la unidad ambiental, respecto a un proyecto de desarrollo,
 - y los impactos ambientales que determinan ese proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- Estruch, X. 1992. Las evaluaciones de impacto ambiental en los estudios de paisaje. In: De Bolós, M. (dirección). 1992. *Manual de Ciencia del Paisaje*. Masson. París. 273 pp.
- Martínez, J. 1993. Estimación de calidades y evaluación de impactos en ecosistemas litorales. Curso de Post-grado y para profesionales. Cumaná, 6 - 30 de Julio. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente (Venezuela).
- Martínez, J. 1994a. *El paisaje litoral y rural, desde la perspectiva de la ordenación, planificación y manejo de un territorio. Los impactos paisajísticos*. Curso de Post-grato y para profesionales. Cumaná, 6 - 30 de Julio. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente (Venezuela).
- Martínez, J. 1994b. *El paisaje litoral y rural*. Universidad de Oriente. Venezuela. Manual em prensa.



COEDITORES de éste número:

ICE Universidad de Córdoba.
Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.

Equipo "Terra" de Investigación e Innovación Didáctica en Ciencias de la Tierra, constituido por:

Rafael M^a Álvarez Suárez. IB. Averroes, Córdoba.
Pedro Berjillos Ruiz. IB. Séneca e ICE Universidad de Córdoba.

Enrique J. García de la Torre. IB. Parque de Fidiána, Córdoba.

Emilio Pedrinaci Rodríguez. IB. Gines, Gines (Sevilla) e Instituto Andaluz de Evaluación Didáctica y formación del Profesorado.

Leandro Sequeiros. ICE Universidad de Córdoba.

CONSEJO ASESOR de la revista:

Francisco Anguita Virella. Dpto. de Petrología y Geoquímica. Universidad Complutense.

Pedro Cañal de León. Dpto. de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla.

Maurício Compiani. Instituto de Geociencias. Universidade Estadual de Campinas (SP), Brasil.

Agustín Cosello. Aula de la Naturaleza "El Picocho", Alcalá de los Gazules, Cádiz.

Luis del Carmen Martín. Dpto. de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Barcelona.

María Pilar Jiménez Aleixandre. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Santiago.

Chris King. Altrinum Grammar School for Boys. Cheshire, Gran Bretaña.

Hector Luis Lacreu. Escuela de Geología y Minería. Universidad Nacional de San Luis, Argentina.

Alexandre Machado Leite. Dpto. de Minas. Universidad de Oporto.

Gian Maria Pedemonte. Cattedra de Didattica delle Scienze della Terra. Universidad de Génova, Italia.

Martín Rangel. Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Luis Rebollo Ferreiro. Dpto. de Geología. Universidad de Alcalá de Henares.

Judith Riestra. Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias. Caracas, Venezuela.

Leandro Sequeiros San Román. Instituto de Ciencias de la Educación (ICE). Universidad de Córdoba.

Juan Antonio Vera Torres. Dpto. de Estratigrafía y Paleontología. Universidad de Granada.

CO-EDITAN:

Servicio de Publicaciones. Universidad de Córdoba.
ICE. Universidad de Córdoba. Apartado 5003. Córdoba.

Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT). Dpto. de Petrología y Geoquímica. Universidad Complutense, 28040 Madrid.

Depósito Legal: M-27329-1992
Imprime: COPYRAPID, S.C.A.
C/ Vázquez Arca, 2. CORDOBA.
Periodicidad: 3 números anuales.
I.S.S.N.: 1132-9157



AEPECT colabora en la
protección del Medio Ambiente

EDITORIAL

Este VOLUMEN EXTRA de la Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra contiene la comunicaciones y posters presentados en el VIII Simposio sobre Enseñanza de la Geología celebrado en Córdoba entre los días 12 y 17 de Septiembre de 1994. Las publicaciones del Simposio se complementan con la edición de las Conferencias y Talleres, contenidos en el número 2 (2-3) de nuestra Revista.

La organización del Simposio ha estado a cargo del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Córdoba siendo el Director del ICE, Dr. Joaquín Mellado Rodríguez el Presidente del Simposio y la AEPECT la entidad convocante.

No es una tarea sencilla la organización de un Simposio como éste pero el entusiasmo ha suplido con creces la falta de experiencia. Los días 12, 13, 14 y 15 de Septiembre se dedicaron a Conferencias, Comunicaciones y Talleres y los días 16 y 17 correspondieron a actividades didácticas en el campo.

El VIII Simposio sobre Enseñanza de la Geología ha pretendido facilitar el intercambio de experiencias, opiniones y conocimientos que contribuyan a la mejora profesional del profesorado interesado en la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra en sus distintos niveles educativos. La metodología se apoyó en la reflexión personal, la innovación pedagógica y la investigación didáctica.

El VIII Simposio sobre Enseñanza de la Geología pretendió potenciar tres aspectos:

1. El debate entre los participantes en Talleres y Grupos de Trabajo.
2. La discusión de métodos de aprendizaje de la Geología en el campo a partir de actividades concretas en el Simposio.
3. La presentación de nuevas propuestas didácticas a través de Conferencias invitadas, Comunicaciones libres y Posters.

Los Simposios sobre Enseñanza de la Geología se iniciaron en 1980 en Madrid. Con carácter bianual se han celebrado en Gijón, Barcelona, Vitoria, Alcalá de Henares, Tenerife y Santiago de Compostela. El volumen de producción y reflexión, las propuestas de innovación y de investigación se contienen en los volúmenes de Actas ya publicados.

La publicación de la revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra permite ahora poder editar, como número extraordinario, las Actas del mismo. ■



LOS ENTORNOS GEOLOGICOS COMO SOPORTE DE PAISAJES ANTROPO- FIZADOS: EL DELTA DEL EBRO (TARRAGONA, ESPAÑA). APLICACIÓN DIDACTICA A LA ENSEÑANZA SECUNDARIA

Jesús Martínez Martínez. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Diego Casas Ripoll. I.B. "Cairasco de Figueroa". Las Palmas de Gran Canaria
Enrique R. Antón Grau. Universidad "Rovira i Virgili". Tarragona
Agustín Salvat Altés. Universidad "Rovira i Virgili". Tarragona

RESUMEN

Se describe el área geográfica y geológica del Delta del Ebro exacta y concienzudamente. Se ha puesto el énfasis en las formaciones sedimentarias y algunos aspectos de la acción humana en la desembocadura del Ebro.

Se proponen, como ejemplo, algunas actividades para el alumnado de enseñanza secundaria para trabajar con un enfoque integrador las diferentes áreas del curriculum (geología, biología, química, ciencias sociales, lengua, ...).

ABSTRACT

The geographical and geological area of the Delta of the Ebro is described conscientious and accurately. Emphasis has been put on the sedimentary formation and some man-made aspects of the Delta landscape.

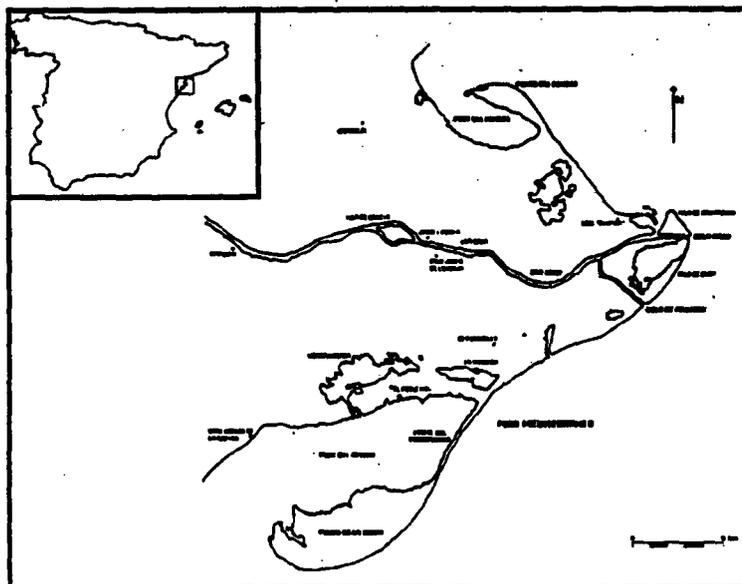
Several activities for high school students are proposed, as an example, to work in an integrated approach, the different areas of the curriculum (geology, biology, chemistry, social science, language,....).

ESCENARIO GEOGRAFICO Y GEOLÓGICO.

El delta del Ebro se localiza en la provincia de Tarragona. A nivel de orilla, se encuentra entre los núcleos urbanos de l'Ampolla y Sant Carles de la Rápita. (fig. 1).

De acuerdo con Serra y Riera (1939), el delta tiene una extensión de 2.172 km². De éstos, 320 constituyen la parte emergida (15 % del total).

El Delta emergido tiene un límite interno que coincide, a grandes rasgos, con el trazado



de la carretera nacional N-340. Este límite tiene una dirección NE-SW, a lo largo de unos 26 km. La amplitud máxima, ortogonal a este límite, es de unos 24 km. La altitud máxima alcanza 3 m. sobre el nivel del mar. La pendiente media oscila alrededor del 1/10.000. Este delta emergido se encuentra subdividido en dos sectores por el cauce del río Ebro: el lateral sur, con el 64% de la superficie, y el lateral norte, con el restante 36 %.

Toda esta superficie emergida se distribuye de la siguiente manera (IRIDA, 1973):

Area cultivada	23.560 Ha
Area no cultivada del cuerpo central	1.486 Ha
Estanques	2.336 Ha
Playas	329 Ha
Islas	491 Ha
Flecha lateral sur (punta de la Banya)	2.477 Ha
Flecha lateral norte (punta del Fangar)	401 Ha

La columna litológica del delta del Ebro se podría resumir como sigue, de muro a techo:

1. Sustrato, paquete de conglomerados de origen fluvial.
2. Formación basal, de naturaleza lutítica.
3. Formación intermedia, compuesta por arcillas y limos (lutitas).
4. Formación terminal, constituida por gravas, arenas y lodos orgánicos, de ambiente fluvial, palustre y marino.

Hacia tierra, la formación sedimentaria en estudio continúa con una terraza cuaternaria de unos 3 a 5 m de altura.

El inicio del delta se debe localizar en la glaciación Würm, hace unos 18.000 años, cuando el nivel del mar estaba unos 100 m por debajo del actual. Este descenso eustático provocó una erosión del lecho del río Ebro, para crear un nuevo perfil de equilibrio, por erosión remontante.

Conforme los hielos retroceden, el río rellena su lecho con gravas. Después de 12.000 años, el nivel del mar se estabilizó unos 10 m. por debajo del nivel actual, para continuar una transgresión a razón de menos de 1 m. cada milenio. Mientras tanto, en la cuenca sedimentaria, existen unos suelos muy fértiles con mucha vegetación y bosques, que mantienen los sedimentos estabilizados. Parece que la zona debía estar ocupada por una bahía.

Con la ocupación humana y la agricultura, aumentan los riesgos de incendios forestales. Si a esto se le une el consumo elevado de madera,

para las necesidades humanas, la consecuencia inmediata es una regresión de los bosques limítrofes y una desestabilización del suelo, con una mayor producción sedimentaria. Este aumento de carga del río, no apoyado por una energía potencial suficiente, debido al gradual aumento del nivel del mar, trajo como resultado una menor capacidad de transporte, lo que dió lugar a unas deposiciones sedimentarias, redistribuidas por la corriente de deriva. Todo esto originó una llanura deltaica, en dependencia con una dinámica mixta: fluvial y marina.

Actualmente, según Serra y Riera (1993), el balance sedimentario, en la desembocadura del río, es altamente negativo. Se evalúa un déficit de 250.000 m³/año, como resultado de una acumulación del orden de 150.000 m³/año y una pérdida de unos 400.000 m³/año. Este balance negativo puede tener su causa, entre otras, en la construcción de embalses. Después el delta ha sufrido una inversión de resultados: se ha pasado de un avance a un retroceso.

TÓPICOS CONCEPTUALES Y DE INVESTIGACIÓN

1. Se establecen diferencias conceptuales significativas entre los ambientes de estuarios y de deltas, a pesar de estar ambos relacionados con las desembocaduras de ríos caudalosos con un gran aporte de sedimentos al litoral.

Las diferencias entre ambos ambientes se establecen de la siguiente manera:

Mientras que en los estuarios hay una evacuación de los materiales aguas adentro, en los deltas tienen lugar potentes depósitos sedimentarios, donde los finos (limos y arcillas), suponen acúmulos muy importantes. Esta dualidad está en dependencia con los rangos de mareas y la agitación de las aguas: Los estuarios se relacionan con amplias oscilaciones del nivel del mar y/o aguas agitadas, mientras que el desarrollo de los deltas requieren pequeñas oscilaciones del agua del mar y/o aguas tranquilas. En el Mediterráneo español el rango de mareas oscila en torno a los 18 cm. En planta, las formaciones sedimentarias de los deltas suelen desarrollar morfologías triangulares, que recuerdan la cuarta letra del alfabeto griego (delta, de ahí su nombre), surcadas por numerosas bifurcaciones del cauce principal, cuya desembocadura secundaria desarrolla flechas que se clavan, más o menos, en el mar o en un lago.

Los deltas proporcionan los paisajes, no sólo más jóvenes, sino también más móviles y cambiantes, con la única excepción de los paisajes construidos por la actividad volcánica.



La extraordinaria juventud geológica de todos los deltas ya los convierte en algo muy atractivo, desde un punto de vista natural. En ningún otro escenario geográfico puede apreciarse mejor aquello de que "los paisajes también viven", y, en consecuencia, evolucionan como todo individuo viviente. Por ejemplo: el delta del Ebro, en la vertiente mediterránea de la península Ibérica, apenas era patente hace unos cuantos siglos. Lo que hoy sobresale y emerge hacia el exterior de la paleo-orilla del mar, se debe a los aportes sedimentarios que el Ebro y sus afluentes han arrancado en toda su cuenca hidrológica.

Con la construcción generalizada de embalses, se amenaza la estabilidad dinámica de los deltas. De esta manera, se modifican tales escenarios paisajísticos, no por evolución natural, sino por efectos antropológicos. Se estaría ante unos impactos físicos, ciertamente negativos. Se puede llegar a catástrofes ambientales como la provocada en el delta del Nilo (Egipto), después de la represa de Asuán. En el caso del delta del Ebro se han identificado retrocesos de la orilla de hasta 3 km en algunos puntos, en un intervalo de pocos años.

2. Se explica el depósito de la fracción arcilla de los finos mediante procesos de tipo físico-químicos. En esta precipitación juegan un papel primordial los procesos de floculación. Antes de la precipitación, las arcillas, con cargas eléctricas residuales negativas, se presentan en suspensión coloidal. El catión Na^+ (contenido en el agua de mar) neutraliza esta carga residual cuando entran en contacto el agua dulce (río) con la salada (mar), favoreciendo la floculación y laprecipitación (Anguita y Moreno, 1980).

3. La discusión de la tipología edificatoria del delta del Ebro se hace de acuerdo con una encuesta informativa a los ancianos del lugar y con una recopilación de información a partir de la consulta bibliográfica.

4. La diferentes edificaciones que se identifican en el delta del Ebro pueden clasificarse en:

- 4.1. Primera generación: a) viviendas, tipo masía, de los labriegos, ubicadas hacia el continente (hacia Tortosa); b) viviendas tipo barraca, y c) edificaciones de almacenamiento de aperos, cosechas y de refugio.
- 4.2. La segunda generación está formada por construcciones de barro y paja, con una pequeña huerta. Pertenecían a los jornaleros asentados.
- 4.3. Tercera generación: a) modalidades prismáticas, con terrado ("terrat"), y

b) modalidades de doble agua, de una sola agua o compuestas (dos aguas a distintos niveles), de planta rectangular.

Muchas de las pendientes de los tejados se relacionan con la captura de aguas pluviales que alimentan a aljibes. La mayoría de casas se encuentran encaladas en blanco. Las restantes, presentan el color propio de los materiales de construcción, que pueden ser adobes, piedras, ladrillos y bloques de cemento.

Las casitas, de planta rectangular, de unos 20 m², por término medio, presentan un porche, y tienen, junto a ellas, una higuera o algún árbol que proporcione sombra. Suelen tener adosada una era, que se usa para el secado y trillado del arroz.

5. En relación con las distintas modalidades de edificaciones inventariadas, y otras potenciales, se indican cuáles serían las situaciones de: diacronismo, sincronismo y anacronismo, así como sus implicaciones en la morfología de su entorno morfográfico.

Se entiende por diacronismo la evolución en el tiempo, de unos determinados signos, en este caso arquitectónicos, que permiten deducir y contar la historia socioeconómica de los pueblos.

Si las variaciones evolutivas, de los signos que se consideran, perduran suficientemente en el tiempo, se establecen relaciones de solapamiento entre ellas. Se define, entonces, un paisaje sincrónico.

En el caso del delta del Ebro, el diacronismo se corresponde con la evolución de las edificaciones, desde el tipo barraca, de caña, revestida o no, a las de mampostería. Ciertamente, debería haber una secuencia, en el tiempo, respecto a las dos modalidades básicas de edificaciones de mampostería: las prismáticas con "terrado" (azotea), y las de tejado de doble agua, simple o compuesta, lo que traduciría otro estado diacrónico.

También, debería haber una secuencia temporal respecto a las dos modalidades básicas de edificaciones de mampostería: las prismáticas con "terrado" (azotea) y las de doble agua (simples o compuestas), lo que traduciría otro estadio diacrónico. En realidad, se trata de edificaciones muy recientes, que coexisten en un mismo espacio geográfico. Luego, sirven también para ejemplarizar un paisaje sincrónico, de acuerdo con este componente de paisaje cultural.

Con la excepción de escenarios muy loca-



les, no se da un sincronismo entre las primitivas barracas de caña y las edificaciones de mampostería. La explicación es simple. Las primeras son muy perecederas y no perduran lo suficiente, en el tiempo, como para coexistir con otras más recientes, de materiales de mejor calidad y más resistentes.

Los elementos anacrónicos, en un contexto edificatorio, dentro del delta agrícola estarían constituidos, en principio, por: masías, cualquier edificación del tipo chalet y, máxime, la presencia de edificios de varias plantas.

6. Se establecen relaciones entre disponibilidades de materiales para la construcción de distintas modalidades de edificación.

Los ladrillos empleados proceden de la zona de Amposta y/o Tortosa, fuera de la llanura deltaica, pero dentro del Bajo Valle del Ebro, ya que las arcillas, por su alto contenido en sales (el ambiente deltaico es salobre) y materia orgánica no son adecuadas para la fabricación de materiales de construcción (ladrillos).

7. Se describe la evolución cíclica del paisaje antropofizado del delta, a escala anual y muy relacionado con el cultivo del arroz, en cinco estadios: a) invernal, de diciembre a marzo; b) primaveral, de abril a mayo; c) estival, junio-julio; d) otoñal-precoz, de septiembre a mediados de octubre, y e) meso-otoñal, a finales de octubre.

Esta evolución está basada en la sustitución por campos de cultivos, del bosque que ocuparía buena parte del delta. Esta agricultura se centra en el arroz y en la propia de las huertas.

8. El cultivo del arroz tiene cierta compatibilidad con la presencia de suelos ligeramente salinos, como ocurre en el delta, debido a la existencia de capas subterráneas de sales.

En este entorno, el cultivo del arroz empezó a experimentarse en 1607, pero no se implantó hasta mediados del s. XIX, en pequeños sectores que aprovechaban las inundaciones invernales espontáneas. Ésto provocó un aumento en la insalubridad propia de la zona, con el consecuente aumento de las epidemias, por lo que el cultivo del arroz se prohibió oficialmente hasta 1860. No obstante, en muchos lugares se hacía caso omiso de tal prohibición, ya que se ignoraba.

Actualmente se cultivan 13.500 Ha de arroz, con una producción de 90.000 t. El resto del área agrícola supone unas 8.500 Ha. Debe recordarse que la totalidad del delta emergido suma 32.059 Ha.

El arroz necesita, durante el período de crecimiento, 2 litros de agua por segundo y por hectárea. Ello motivó la creación de una densa red de construcciones hidráulicas: sistema de riego y de desagüe. El sistema de riego está constituido por canales, que toman el agua del río Ebro. Existen dos canales: el de la izquierda (zona oriental) y el de la derecha (zona septentrional). De éstos, salen los canales secundarios. De los secundarios derivan las acequias, de las que parten, finalmente, los canalillos. El sistema de desagüe sigue el proceso inverso. A consecuencia del escaso desnivel que presenta, el sistema de drenaje pierde, paulatinamente, efectividad y cuando se llega al vertido al mar el desagüe se inutiliza si la marea está alta. Para solventar el problema, en las "colas" de los desagües principales se han construido estaciones de bombeo, que funcionan mediante tornillos de Arquímedes (10 m³/s), y que aseguran el desagüe bajo cualquier circunstancia.

Con el revestimiento de hormigón de los canales principales de riego, que anteriormente eran de tierra, se evita buena parte de las pérdidas de agua por filtración. Este caudal recuperado, que se cifra en 2,5 m³/s, se somete a procesos físico-químicos de potabilización para abastecer de agua potable a toda la zona costera de la provincia de Tarragona.

3. ASPECTOS DIDACTICOS

A continuación se ofrece un listado —ni exhaustivo ni detallado— de las actividades que se podrían realizar con alumnos de enseñanza secundaria para aprovechar, didácticamente, la zona deltaica.

1. Delimitar, ubicar y describir, geográficamente y geológicamente el delta del Ebro, en mapas topográficos y geológicos.

2. Estudiar histórico-geológicamente la evolución del delta del Ebro a través de los tiempos.

3. Analizar los factores dinámicos medio-ambientales influyentes en la génesis deltaica.

4. Analizar el papel del agua del Ebro en la resolución del problema de abastecimiento a otras zonas con acuíferos salinizados o insuficientes, como la zona tarraconense: repercusión en la dinámica deltaica.

5. Practicar (en el laboratorio) la técnica de la potabilización de agua del río Ebro, poniendo especial atención al proceso de floculación con sales de Al³⁺.

6. Analizar —experimentalmente— el con-



tenido en sales solubles en el agua del río y de los arrozales.

7. Investigar las artes de pesca usadas en el río y en los pequeños estanques ("basses" y "ullals") que se encuentran en la zona deltaica próxima al río.

8. Medir la turbidez del agua del río mediante el disco de Secchi.

9. Observar, al microscopio, el plancton del agua del río.

10. Estudiar las causas y efectos de las variaciones anuales del caudal del río Ebro.

11. Valorar la navegación turística por el delta: impacto erosivo en los márgenes fluviales.

12. Cartografiar, en cartas topográficas, las distintas modalidades de edificaciones.

13. Obtener un banco de información sobre las modalidades edificatorias, a partir de encuestas y consultas bibliográficas.

14. Relacionar la disponibilidad de materiales con la construcción de distintas modalidades edificatorias.

15. Experimentar, con adobes y ladrillos, las distintas técnicas de construcción.

16. Establecer una posible secuencia en el tiempo de las modalidades edificatorias.

17. Discutir etnográficamente las distintas modalidades edificatorias.

18. Estudiar la posible viabilidad de proyectos urbanísticos y colonizadores, en contraposición con la conservación ambiental biogeológica.

19. Analizar las morfologías del entorno físico, que determinan las edificaciones en el delta.

20. Medir la velocidad del viento en la zona del delta mediante la escala Beaufort y una veleta.

21. Analizar la granulometría y litología de los materiales de playas.

22. Hacer un seguimiento y evaluación del paisaje, en un ciclo anual de intervención antrópica, de acuerdo con el cultivo del arroz.

23. Investigar los arrozales como biocenosis significativa del delta intervenido.

24. Estudiar las comunidades vegetales derivadas de zonas húmedas-salobres.

25. Estudiar las comunidades animales estables y migratorias, condicionadas por el substrato deltaico y su antropización.

26. El sub-dialecto "tortosí" y sus características comunes con el catalán nord-occidental -"lleidatà" -, el valenciano y el mallorquín, a la luz del poblamiento del Delta.

BIBLIOGRAFÍA

Anguita, F. y Moreno, F. (1980). *Geología. Procesos externos*. Editorial Edelvives. 254 Pág. Zaragoza. también: (1993). *Procesos Externos y Geología Ambiental*. Editorial Rueda, Madrid.

Balada, R. (1985) *Guta del Delta de l'Ebre*. Editorial Ketres. 94 Pág. Barcelona

I.G.M.E. *Mapa Geológico de España*. E. 1/50.000 Hojas 547-522-523. Madrid.

IRIDA. (1973) *Plan General de Reforma y Desarrollo Agrario del Delta del Ebro*.

Maldonado, A. y otros (1977) Els sistemes naturals del Delta de l'Ebre. *Inst. Cat. d'Història Natural. Institut d'Estudis Catalans*. 325 Pág. Barcelona

Riba, O. y otros (1979) *Geografía física dels Països Catalans*. Editorial Ketres. Barcelona.

Salvat, A. y Medir, M. (1990). Aspectos didácticos sobre la visita a una planta potabilizadora de agua. *Actas de los XI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. E. U. Formación del Profesorado de EGB. Burgos.

Serra, J. y Riera, G. (1993). La desembocadura del río Ebro: variabilidad y cambios recientes. *Geogaceta*, nº 14; pp 27-28.

VVAA (1983) Dossier de Material didàctic de Geografia de Catalunya. Reciclatge de Català. ICE Universidad de Barcelona.

VVAA (1988) *Geografía Comarcal de Catalunya*, Tomo 13: El Baix Ebre i el Montsià. Fund. Enciclopèdia Catalana. Barcelona

VVAA (1990) *Quaderns de treball*: Badia. Bassa. Riu. Camp d'Aprenentatge Delta de l'Ebre. Edita: Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya. ■

