

ASPECTOS DE CLIMA MARITIMO Y MORFODINAMICA EN EL PUERTO EXTERIOR DE BILBAO. (SHOREFACE MORPHODYNAMICS IN THE ABRA BAY OF BILBAO. BASQUE COUNTRY)

Joseba I. Lugaesaresti Bilbao (*)

RESUMEN

La observación y cartografiado de los agentes responsables de la dinámica marítima constituyen un fenómeno reciente en los estudios de geomorfología litoral. En el siguiente artículo, expresamos de manera resumida un análisis morfodinámico en la Bahía del Abra (Puerto Exterior de Bilbao). El estudio se fundamenta en el principio del actualismo, o lo que es lo mismo, un seguimiento de la morfodinámica reciente. De esta manera, se efectúa un levantamiento geomorfológico de detalle, basándonos en toda la documentación morfométrica, sedimentológica e hidrodinámica que hemos dispuesto.

Palabras clave: litoral, línea de costa, dinámica, agentes, procesos, formas.

ABSTRACT

On shoreface geomorphology studies, the observation and mapping of the agents involved in shoreface dynamics, is a new phenomena. In this paper we explain synthetically form the Abra Bay (Port of Bilbao) morphodynamics. The work is focused on the study of present day processes and the resultant morphodynamic configuration. It is so possible to make a detailed geomorphologic survey collecting all data from shore hydrodynamics, sedimentology and morphometric features.

Key words: shoreface, shoreline, dynamics, agents, processes, forms.

LABURPENA

Itsas geomorfologiaren arloan, itsas dinamikaren aztertzea eta kartografia horaingo egunetako gauza berriak dira. Aurreko lanean Abra Itsas - Adarreko (Bilboko Portu Berria) morfodinamika ikerketa batetan sartu gara. Lana hau gaurko kriteriorekin azaltzen da, baina horrek ez du ebakitzen beste bideak. Hobeto esanez, gaurko protzesuak ikertzen dira eta zehaztasun handiko mapa geomorfologiko bat egiteko. Horretarako dokumentazio morfometrikoa, hidrodinamikoa eta sedimentologikoa bateratuko dugu.

Hitz narbamenak: Itsas-aldea, Itsas-ondoa, dinamika, agenteak, protzesuak, morfologiak.

(*) Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio.
Facultad de Filosofía y Letras. (UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA)
Pza de San Francisco S/N. 50009. ZARAGOZA- SPAIN.

INTRODUCCION

Los estudios de hidrodinámica marítima parecen haber estado siempre relacionados con el desarrollo de grandes obras portuarias. En el contexto de la ampliación portuaria en el Abra de Bilbao, surgen diversos estudios de clima marítimo. Son los organismos públicos del Estado como el CEEPYC, quienes realizan prospecciones, recogidas de datos y elaboran diferentes modelos matemáticos en sucesivas campañas. Toda esta documentación es recogida, contrastada y procesada para apoyar un levantamiento geomorfológico de detalle.

La creencia de que son las olas los únicos agentes responsables del modelado de la costa, ha sido discutida por Bowen & Huntley (1984). Sin embargo hay que analizar aspectos como son los tipos de olas, punto de generación, alzados y responsabilidad en los balances sedimentarios que se dan en el conjunto del litoral (*shoreface*). Las definiciones de Niedoroda et al. (1984) identifican al litoral como aquel sector donde se desencadenan los agentes responsables de la hidrodinámica litoral. Las olas son un reflejo de las condiciones energéticas actuales. Se trata de una energía que se transforma en corriente de resaca tras romper contra los arrecifes, y entonces se establecen una serie de flujos y modalidades de transporte sedimentario. Este tipo de corrientes no son las únicas que se dan en el seno de la bahía, ya que también tienen un importante papel las corrientes de marea. De todas maneras, la combinación de agentes dinámicos caracteriza a los procesos y las formas que se dan en el litoral.

2.- FUENTES Y METODOS

Decíamos con anterioridad que los registros oceanográficos proceden de los bancos de datos del CEEPYC - CEDEX, pero también hemos de añadir observaciones locales de oleajes realizadas por Lugaresaresti, (1992c) basándose en las campañas de 1987, 1988 y 1991. Las series del CEEPYC cubren velocidades para corrientes marinas, agitación en la bahía, dirección de flujos, etc. Los estudios de clima marítimo tropiezan con una cuestión importante: de dónde proceden los datos y qué tratamiento han recibido. En cuanto a los registros de oleajes, disponemos del *Wave hindcast. Port of Bilbao*, del Danish Hydraulic Institute (1986). Se trata de un estudio de clima marítimo, proponiendo un análisis estadístico para oleajes en el Puerto Exterior de Bilbao. Sin embargo,

al igual que en todos los trabajos de hidrodinámica que utilizan modelos matemáticos y que proyectan resultados en el tiempo, tienen menor confianza cuando nos alejemos del presente. En este caso, se suele complementar con modelos que establecen fundamentos para señalar oleajes extremos (Ver Martín Soldevilla & Martínez Aranzábal, 1990). Los *hindcast* se fundamentan en registros instrumentales locales, además de estudiar los tipos de tiempo que provocan temporales. Se realiza una selección y se trabaja con modelos matemáticos. Se requieren series instrumentales de 20 años, para que el *hindcast* sea representativo. El *hindcast* parte de datos solamente instrumentales y tiene un carácter predictivo. (Ver tabla 1).

Por el contrario, si deseamos un conocimiento global de clima marítimo en el Estado Español, disponemos de otros documentos más asequibles, como son las ROM del MOPT, Recomendaciones para Obras Marítimas (Anexos de clima marítimo), y de los *derroteros* del Instituto Hidrográfico de la Marina Española. (Derrotero I.H.M., 1990). Combinan informaciones visuales e instrumentales. Estas publicaciones no recogen una metodología para el registro de información oceanográfica. Sobre todo existen dificultades en las consideraciones para el oleaje. En el Estado español, los bancos de datos del Centro de Estudios, Experimentación de Puertos y Costas (CEEPYC), toman información visual del National Data Center de Asheville y los datos procedentes de registros propios del REMRO, por medio de boyas medidoras de oleaje.

Un análisis de las características morfodinámicas del litoral, puede llevarse a término utilizando dos criterios: uno basado en el actualismo, que observa los procesos geomorfológicos recientes. El siguiente toma una escala geológica próxima para realizar un seguimiento de los procesos y las formas. Se toman los últimos momentos del Pleistoceno como referencia cronológica. A modo de referencia, conviene consultar los trabajos de Hazera (1968); Edeso (1990); Cearreta et al. (1990), y otros, en los que puede encontrarse abundante información sobre reconstrucción de paleoambientes litorales y cartografía geomorfológica.

La ejecución de las distintas cartografías ha precisado la consulta de fotografía aérea vertical en blanco y negro. Se manejaron los vuelos Norteamericano 1/30.000 aprox.. (1956); CETFA (1982) y CETFA (1983). Los dos últimos realizados para la Diputación Foral de Bizkaia. Las bases hidrográficas se tomaron del Plano Batimétrico del Abra escala 1/10.000. (ITSEMAP AMBIENTAL & Puerto

ALTURA MAXIMA DEL OLAJE ESPERABLE PARA EL PUERTO EXTERIOR DE BILBAO						
T (Años)	50	100	200	300	400	500
H (m)	9,5	10,0	10,5	10,8	10,9	11,9

Tabla 1. Altura media para los oleajes en el Puerto de Bilbao. Wave mean avertages. Fuente: Wave Hindcast. Port of Bilbao. Resultados Finales. (D.H.I. 1986).

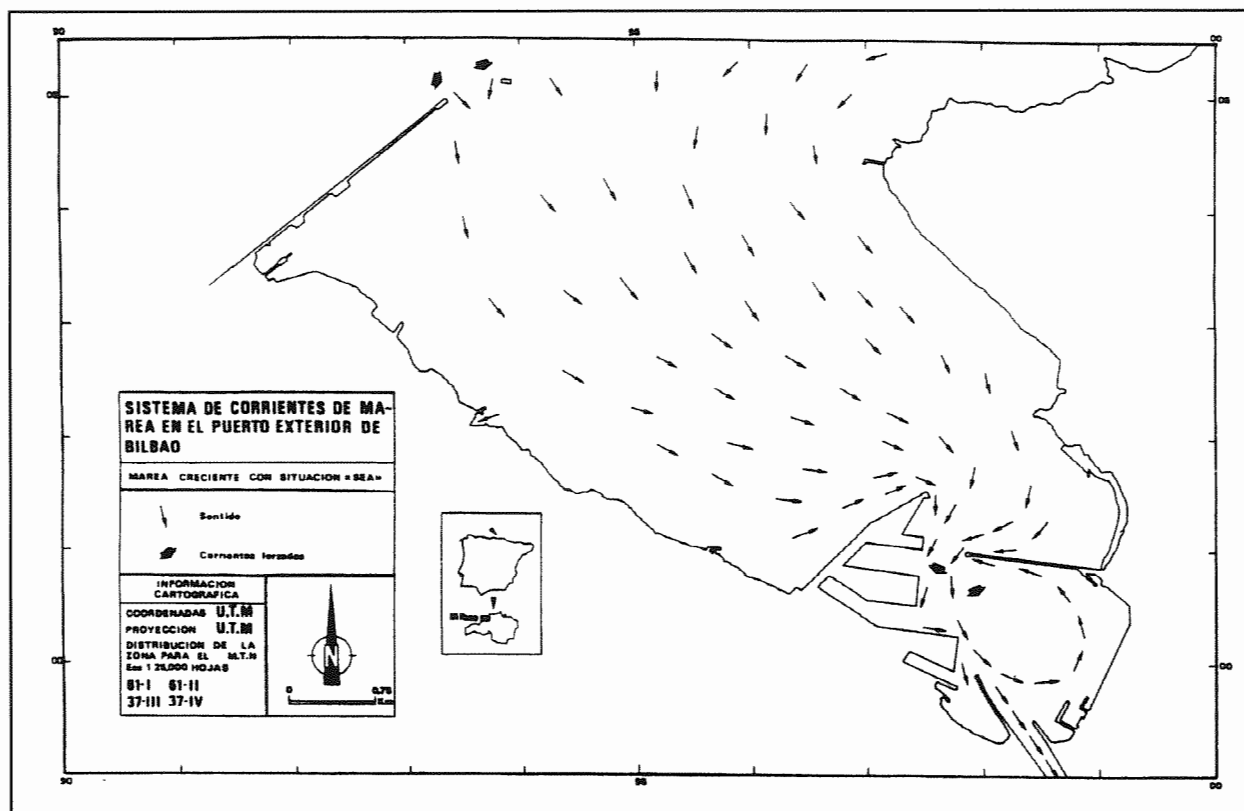


Fig. 1 Corrientes de marea en le Abra de Bilbao. Marea en flujo

Autónomo de Bilbao, 1990). Esta cartografía tiene algunas distorsiones, las cuales fueron restituidas utilizando la Carta Marina del 3641 del I.H.M., y los planos de la Diputación. El material cartográfico es utilizado como base corregida para trazar el mapa geomorfológico de la costa emergida y plataforma sub-litoral del Abra de Bilbao (Ver fig.1). La representación de los fondos y depósitos submarinos se verificó interpretando las isobatas. Sin embargo, también se llevaron a cabo prospecciones utilizando equipos de resonancia manual y electrónica. Esta campaña fue efectuada en 1988 y 1987, y dentro del mismo período se anotaron registros referentes a oleajes y vientos.

Los mapas de corrientes reflejan la dirección del flujo estuarino en superficie y profundidad. Las direcciones de flujo fueron comprobadas manejando los pares fotográficos. Después se efectuaron varias salidas al mar para comprobar los sentidos y giros motivados por las obras portuarias. (Ver fig. 2).

3.- RESULTADOS: AGENTES, PROCESOS Y GEOMORFOLOGIA EN EL ABRA DE BILBAO

Nuestro trabajo recalca la importancia que tienen los agentes responsables de la dinámica litoral para una interpretación

de los procesos en el litoral. Por ello, implicamos al conjunto de agentes en los balances sedimentarios que se dan en el conjunto del *shoreface*.

3.1.- AGENTES: OLAS, MAREAS Y CORRIENTES

3.1.1.- Oleajes : Sea y Swell

Todo movimiento ondulatorio tiene un punto de generación, una amplitud de onda (alzado), una longitud (equidistancia entre crestas) y una frecuencia o período. Este principio, aplicado a las olas, nos permite distinguir dos tipos: uno de mar de fondo o *Swell*; y otro *Sea* o marejada de viento. Atendiendo a las tres características físicas enunciadas, los oleajes *Swell* proceden de mar abierto, y a veces recorren grandes distancias desde el punto de generación. Siempre están relacionadas con los fuertes temporales que se dan en el Atlántico Norte, y cuando arriban el Golfo de Bizkaia presentan una longitud de onda larga, y una amplitud que supera 3m. durante el invierno. Podríamos asegurar que se trata de un oleaje alóctono que es desviado en su trayectoria por la rotación terrestre (efecto de Coriolis). Estas ondas, cuando abandonan las áreas de temporal, no precisan de los vientos para su propagación, porque disponen de energía suficiente

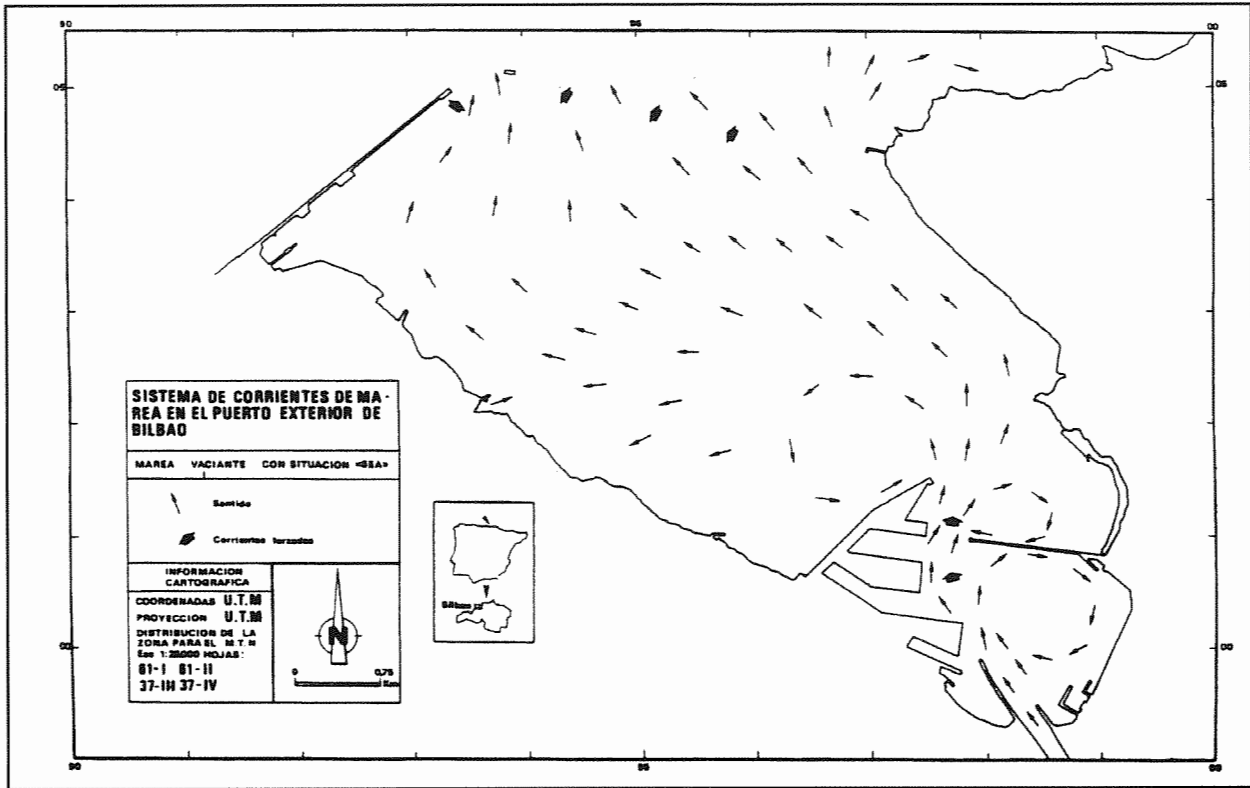


Fig. 2 Corrientes de marea en la Bahía del Abra. (Puerto Exterior de Bilbao).

para arribar a la línea de costa. En alta mar, al atravesar sectores de calma, el oleaje Swell recibe el nombre de *mar tendida* o *mar de fondo larga*. En su avance hacia la costa del Mar Cantábrico, padece demora con vientos del S y SSW (*onshore winds*); y recalca con toda su intensidad cuando tiene una componente marítima WNW, NW y NNW (*offshore winds*). La arribada del *Swell* implica una frecuencia, formando trenes de abordaje que presentan alzados medios de 4m en situaciones de temporal. Observaciones visuales en el Abra señalan períodos de 5 olas, cada uno seguido de una breve calma, hasta la llegada de un nuevo tren. Este tipo de olas se dan durante todo el año, con un máximo de actividad que coincide con el invierno (Ver tabla 2).

Con carácter general, las olas *Sea* tienen un punto de generación local. No forman trenes definidos, ni tampoco presentan una longitud de onda larga, y el alzado depende de la velocidad local del viento. La superficie marina presenta un aspecto anárquico, a modo de “borreguillos”. Su violencia depende de la componente de abordaje y la intensidad del viento, especialmente si proceden del tercer cuadrante con rachas de fuerza 7 (Beaufort). Nuestras anotaciones *Sea* se fundamentan a partir de una intensidad 2 (Beaufort) para cualquier componente, y con *Swell* debilitado o excepcionalmente ausente.

El oleaje resultante de una región es el producto de *Sea* por *Swell*. Los períodos de calma no se tienen en cuenta, pues en

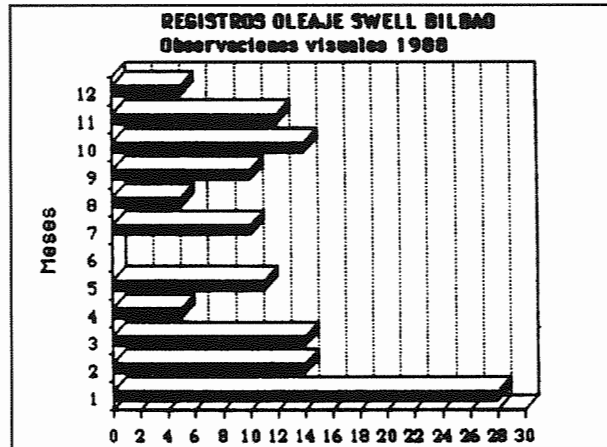


Tabla 2: Observaciones Swell en la Bahía del Abra Fuente: Lugaresaresti 1988

el Mar Cantábrico y Golfo de Bizkaia siempre existe un oleaje residual *Swell*, aún con vientos en calma absoluta. Las calmas absolutas se dan únicamente en verano y corresponden a buenas situaciones meteorológicas en mar abierto. (Ver figura 4).

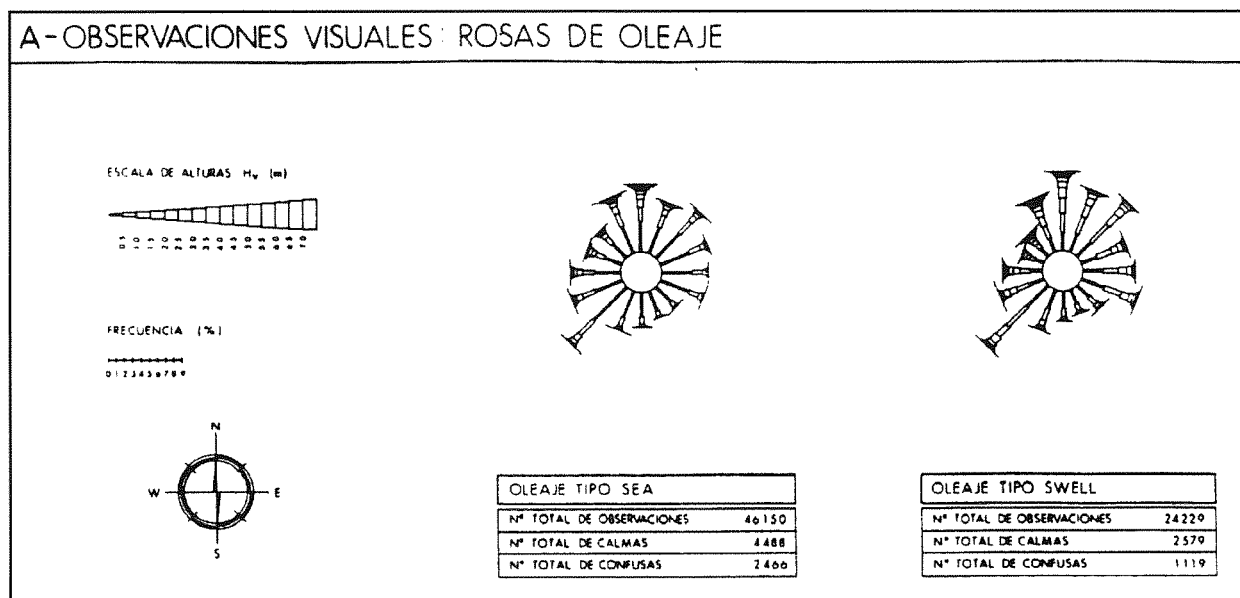


Fig. 3 Rosas de oleaje en el Puerto de Bilbao.

Fuente: ROM 0.3 - 91. Oleaje. Anejo I. Clima Marítimo en el Litoral Español. MOPT. (1992).

3.1.2.- Mareas.

El máximo nivel alcanzado por una marea en la costa Cantábrica es de 4,64 m (m. equinocciales). El ciclo diario de una marea es de 6h y 20 m; y el mensual, coincide con el mes lunar: es un ciclo de 28 días con dos máximos y dos mínimos. (Ver tabla 3).

3.1.3.- Sistemas de corrientes.

En la zona de estudio no hemos encontrado sistemas generales de corrientes marinas. Estas circulan a varias millas mar adentro con respecto a los diques exteriores. Solamente hemos de detallar la existencia de corrientes de marea (*tidal currents*). Las velocidades, según los registros del CEEPYC e Iberdrola (1979), excepcionalmente superan 1 nudo de velocidad. Las corrientes de marea son desviadas por la forma de la línea de costa, las obras portuarias y la rotación terrestre. Hemos constatado giros horarios (marea en reflujos), y antihorarios (marea en flujos). También influye la rugosidad del fondo, acoplándose a las características rocosas en las inmediaciones de Pta Galea y Zierbena. En ambos casos se produce un incremento superficial de la velocidad, conociéndose como *jet*. (Ver fig. 2).

Otro tipo de corrientes son las causadas por las rompientes, cuyos flujos se incorporan al de marea, pudiendo incrementar notablemente el grado de agitación de las aguas en superficie. Son especialmente violentas en el dique sumergido de Pta Galea, debido a las descargas causadas por el Swell, y la captura por el sistema global de las *rip currents*. Este fenómeno puede traducirse en superficie (reflexión/difracción) y en profundidad (resonancia). El efecto de resonancia puede darse en

zonas abrigadas del puerto como consecuencia de la dispersión energética del movimiento ondulatorio *Swell*, cuando las olas abordan la costa. Una parte de la energía es dispersada en superficie tras chocar contra las defensas, rompiendo en la costa. Sin embargo, la otra parte avanza por el fondo, friccionando las rocas y el sector submarino de las obras. En el seno de la bahía se producen constantes rebotes, y el efecto de estos ecos puede manifestarse en superficie a modo de afloramiento puntual muy violento. Las ondas de resonancia reciben el nombre de *edge waves*. Estos eventos han llegado a romper las amarras de buques atracados en los espigones del muelle de Santurtzi. Gonzalez Madrigal et al. (1988), realizan en el CEEPYC una cartografía de isolíneas de agitación basándose en la ampliación portuaria en el Abra Exterior.

3. 2.- SINTESIS DE LOS PROCESOS GEOMORFOLOGICOS

3.2.1.- Deslizamientos.

Los deslizamientos son un proceso común en los acantilados donde son constatables gran número de inestabilidades. No obstante, la acción de los oleajes causa excavaciones basales, evacuando los materiales arrastrados por los flujos y desprendimientos. Estos movimientos tienen una constatación histórica para el acantilado de Algorta, según lo reflejan algunas actas de plenos municipales de Getxo en 1895. Inicialmente, estos deslizamientos estaban provocados por rupturas poco profundas del complejo *flysch* aflorante en dicho acantilado. Las olas llegaban hasta el pie de los farallones. Aquellos que han sido urbanizados, disponen de defensas artificiales, pero la inestabilidad aún perdura porque las

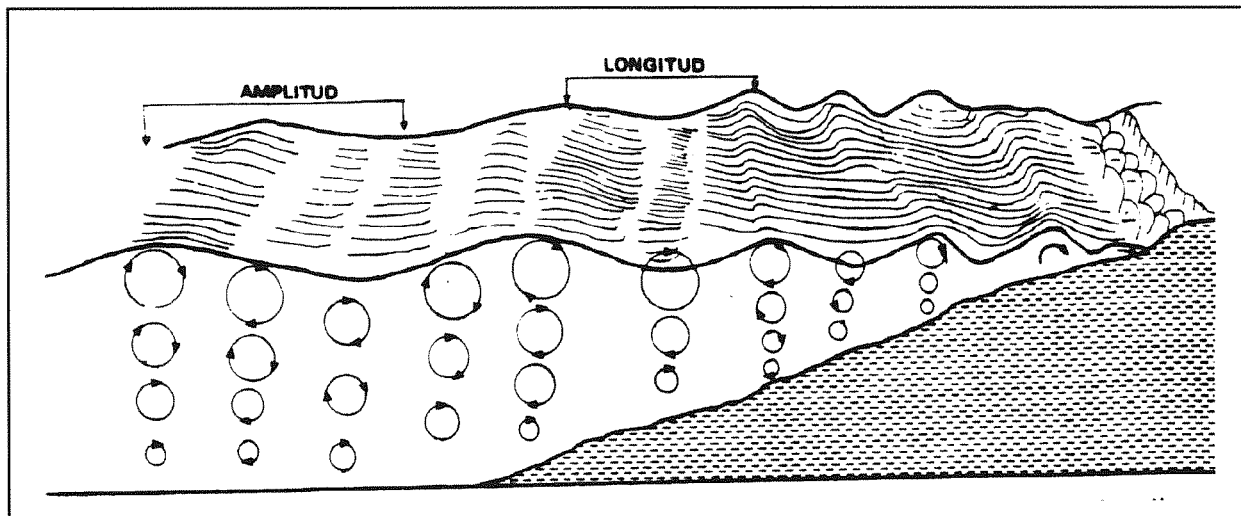


Fig. 4 Perfil típico de un oleaje Swell arribando a la costa.

deformaciones sub-superficiales, rupturas, flujos de barro, reptaciones, etc, se dan en el acantilado al margen de la participación de los agentes marinos. La acción humana ha evitado las excavaciones marinas; pero las inestabilidades continúan debido a las fugas del alcantarillado, y una mala recogida y drenaje de aguas pluviales.

3.2.2.- *Procesos en las acumulaciones de playa.*

Las arenas de playa tienen texturas gruesas, y los análisis sedimentológicos, arrojan una fuerte presencia de escorias siderúrgicas. Los procesos de cementación se han dado en la plataforma intermareal o de *foreshore*. Las escorias son un aglomerado de ladrillos refractarios, restos de minerales y fundentes. Los residuos procedían de las acerías de A.H.V y

eran vertidos por barcos gánguiles dentro del Abra. Todas estas materias incandescentes y pastosas fueron fraguando lentamente, adheriéndose cantos y gravas. Este episodio requirió de la presencia de aportes de una fuerte oxigenación procedente de las rompientes. También se han producido cementaciones por contacto en el borde de playa más próximo (*berma*) a la plataforma intermareal.

3.2.3.- *Procesos de abrasión y cavitación*

Una de las cuestiones pocas veces abordadas es ver qué sucede con el transporte de sedimentos y su relación con los fenómenos erosivos. La abrasión cuenta con la complicidad bolos, cantos y gravas. Estos pueden ser trasladados como carga de tracción con sentido paralelo a la base de los acanti-

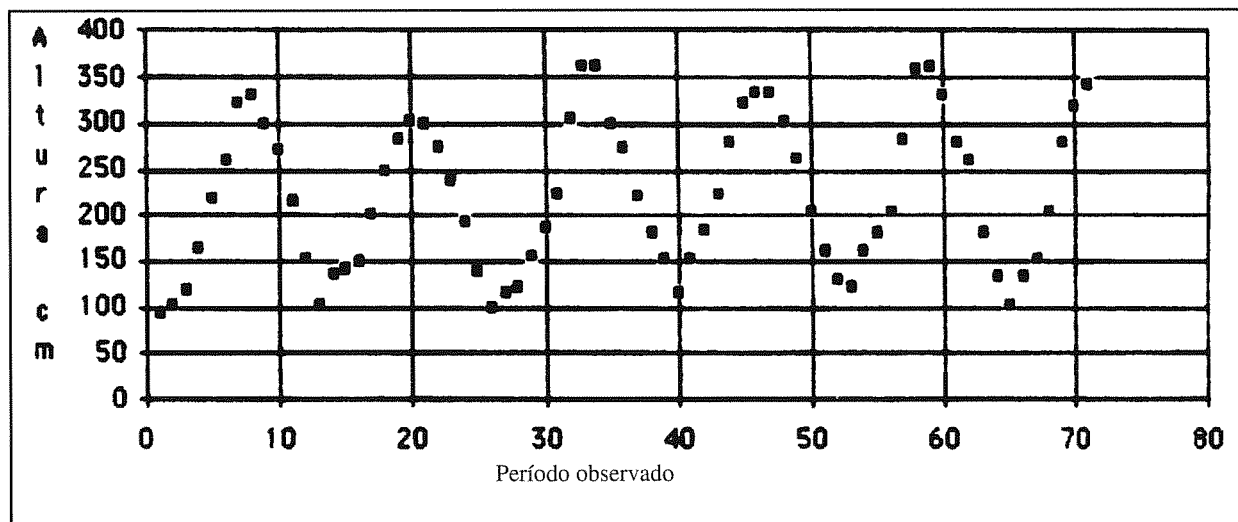


Tabla 3: Oscilación mensual de una marea.

CARACTERIZACION FISIOGRAFICA DEL LITORAL			
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	AGENTES	PROCESOS	FORMAS
RASAS Y ACANTILADO RELICTO	LLUVIA VIENTO HUMANOS	INCISIONES LINEALES FLUJOS DE BARRO DESPRENDIMIENTOS DESLIZAMIENTOS CORROSION	SURCOS LOBULOS SOLIFLUXION ABOMBAMIENTOS CONOS DE DERRUBIOS ALVEOLOS
BACKSHORE	LLUVIA VIENTOS OLAS CORRIENTES	TRANSPORTE EOLICO DEPOSICION ARENAS INCISIONES LINEALES FLUJOS DESLIZAMIENTOS DESPRENDIMIENTOS CEMENTACIONES	PLAYA DUNAS CARCAYAS LOBULOS SOLIFLUXION CONOS DE DERRUBIOS PLAYA CEMENTADA LASTRAS
FORESHORE	OLAS CORRIENTES	TRANSPORTE ABRASION CEMENTACIONES	BEACH CUSPS PLATAFORMAS MARMITAS ARRECIFES ZINGIRA LASTRAS
PLATAFORMA SUBMAREAL	CORRIENTES HUMANOS	TRANSPORTE HUMANOS	BARRAS DEP. DE LODOS CANAL NAVEGACION ARRECIFES ZINGIRA
COSTA ARTIFICIAL	VIENTOS OLAS LLUVIA CORRIENTES HUMANOS	ABRASION CORROSION CAVITACION HUMANOS DIVERSOS	MUELLES ESCOLLERAS RELLENOS

Tabla 5. Resumen de las características morfodinámicas en la Bahía del Abra.

lados, agrediendo al pie del mismo y provocando desprendimientos en el escarpe. Los derrubios no son alejados del acantilado pues necesitan de unas condiciones energéticas especiales que solamente pueden ser suministradas durante los temporales. De este modo, se da un fenómeno de *feedback* o autoalimentación, pues los materiales derrumbados se incorporan a la base a modo de cantos y el proceso es continuo. Lo más destacable, es el retroceso del acantilado, tal y como puede apreciarse en algunos sectores de Pta Galea. Además, dado el peso de estos materiales groseros, su movimiento es muy limitado. Los fragmentos en disolución, a veces, son trasladados a gran distancia fuera de la bahía.

El fenómeno de *cavitación*, tal y como lo entiende Panizza (1988), es el efecto mecánico provocado por el choque de una ola contra una superficie vertical. Entonces hablamos en términos de presión por unidad de superficie y el fenómeno en

sí es ubicuo, produciendo desperfectos en las escolleras y muelles de abrigo. Han sido notorias las constantes reparaciones en el Dique de Pta Luzero, y las demoliciones en el muelle de Pta Galea.

3.2.4.- Otros procesos: corrosión y colmatación.

Los procesos de corrosión son muy comunes en las zonas costeras, pues se encuentran propiciados por la acción conjunta del viento y del agua del mar. Durante los temporales, son arrastradas en suspensión diminutas gotas de agua, arena y otras partículas, chocando contra los acantilados, edificios, obras y equipamiento portuario. Recibe el nombre de corrosión marina o *spray*.

La colmatación del fondo portuario está propiciada por las corrientes de marea y la disposición de sedimentos finos. Los

muelles, malecones y el canal de navegación son los puntos habituales de acumulación.

3.3.- SINTESIS DE LAS FORMAS

Las formas del litoral responden a una lógica, que puede reflejarse de la siguiente manera: agentes marinos actúan sobre procesos litorales; y procesos de abrasión, dan como resultado plataformas. De esta manera el litoral, con las actuales condiciones morfodinámicas se divide en unidades fisiográficas con distinta actividad morfodinámica donde se conjugan los agentes y procesos para dar formas. (Ver tabla 5).

4.- CONCLUSIONES

Los levantamientos geomorfológicos de detalle en áreas litorales, generalmente no recogen aspectos de hidrodinámica, ni de depósitos submarinos. Nuestro trabajo ha pretendido

concretar ambos aspectos, pues el conjunto litoral no se compone de unidades morfodinámicas aisladas entre sí, sino que al contrario, los fenómenos que se dan en la línea de costa repercuten sobre la dinámica de estuario/bahía. Muchos de los episodios erosivo/acumulativos están inducidos o potenciados por el ser humano. Por ejemplo hablamos de cementaciones artificiales, oleajes y corrientes forzadas etc. De este modo, la documentación geomorfológica puede resultar útil como material de consulta ambiental, o bien como material descriptivo previo a otro estudio más especializado.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos al Puerto Autónomo de Bilbao y a la Dirección de Puertos del Gobierno Vasco, y en particular a Natxo López de Aguilera, las facilidades dadas para la consulta de documentación oceanográfica. Los resultados aquí expuestos, forman parte de un proyecto de investigación becado por el Gobierno Vasco dentro del Programa **BE**.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AIZPIRI, F.: (1984). *Peritaje acerca del estado de las playas de la Margen Derecha* (Informe). Diputación Foral de Bizkaia. Departamento de Urbanismo. Bilbao.
- BOWEN, A. J. & HUNTLEY, D. A.: (1984). *Waves, long waves and nearshore morphology. Hydrodynamics and sedimentation in wave - dominated coastal environments*. 1 - 13. Elsevier S. Publishers. Amsterdam.
- CEARRETA, A; EDESO, J. M. y UGARTE, F. M.: (1990). *Cambios del nivel del mar durante el Cuaternario reciente en el Golfo de Bizkaia. International Conference about the environment and Human Society in the Western Pyrenees and the Basque Mountains during the Upper Pleistocene and The Holocene*. 25 - 45. E.H.U & Araba Foru Aldundiaren Ingurugiro Zuzendaritza. Gasteiz.
- CAPUTO, C; La MONICA, G. B. et al.: (1986). *Physiographic Characteristics and Dinamics of the shore of Roma (Italy). International Geomorphology*. 1185 - 1197. Part. I. Gardiner Editor. John Wiley & Sons. London.
- DANISH HYDRAULIC INSTITUTE.: (1986). *Wave hind-cast Study. Port of Bilbao. Spain Proyecto de ampliación del puerto en el Abra Exterior*. Anejos a la memoria. Anejo número 1. - Clima Marítimo -. Vol. 2º. D.H.I. Puerto autónomo de Bilbao. Bilbao.
- DAVIES, R. A.: (1985). *Coastal sedimentary environments*. Springer Verlag Edit. New York.
- EDESO, J. M.: (1990). *Geomorfología fluvial y litoral del extremo oriental de Guipúzcoa. (País Vasco)*. - Tésis Doctoral -. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Zaragoza.
- EVRAUD et SINELLE .: (1980). *Stabilité des Falaises du Pays de Caux*. Departament de la Seine - Maritime. Prefecture du Rouen. Ministère de l' Environnement. Le Neully - Paris.
- FLOR, G.: (1983). *Las rasas asturianas: ensayos de correlación y emplazamiento. Trabajos de geología*. 65 - 85. Universidad de Oviedo.
- FROIDEFOND, J. M; NAUDIN, J. J. et al. (1981). *Les mesures de pentes sur cartes bathymetriques. Demarche critique et utilisation des résultats*. 415 - 423. Institut de Geologie Bassin d'Aquitaine. Université de Bordeaux.
- GONZALEZ MADRIGAL, B. et al. (1986). *Estudio y ensayos para la planificación del Puerto de Bilbao. Ensayos de agitación. Fase 2*. CEDEX - MOPT. Madrid
- GRASSA, J. M et al. (1988). *Estudio de la Bahía de Hondarribia. Informe parcial II (Evolución de la playa)*. CEDEX - CEEPYC. Madrid.
- HAZERA, J.: (1968). *La region de Bilbao et son arrière - pays: Etude geomorphologique*. Edit Munibe. Donostia - San Sebastian.
- INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFIA .: (1979). *Resumen del estudio de ecología marina y oceanografía física de la región de la Cala de Basorda* . Iberdrola. Bilbao.
- ITSEMAP AMBIENTAL S.A.: (1990). *Estudio de Hidrodinámica en el Abra de Bilbao y calidad de las aguas. Estudio de Impacto Ambiental en la ampliación del Puerto de Bilbao en el Puerto Exterior*. 143 - 223. Vols. I al V. Puerto Autónomo de Bilbao & ITSEMAP. Madrid.
- LECHUGA, A et al.: (1985). *Estudios y ensayos en modelo reducido sobre el puerto de Ondárroa (Vizcaya)*. Vol. IV. *Estudio previo sobre la influencia de la ampliación del puerto en la playa de Arrigorri*. CEDEX - MOPT. Madrid.
- LECHUGA, A.: (1986). *Formas rítmicas en playas: su relación con la evolución costera*. CEDEX - MOPT. Madrid.
- LOSADA, M. A.; MEDINA, R.; & DESIRE, J. M.: (1989). *Beach planning and Management Problems along the Cantabrian Coast. Ocean & Shoreline Management*. 545 - 549. Elsevier. Amsterdam.
- LUGARESARETI, J. I. (1992c):. *Estudio piloto de los Riesgos Naturales en el Puerto Exterior de Bilbao. Riesgos Naturales e Impactos Ambientales en la Cuenca de los ríos Gobela Udondo y sector litoral. Bizkaia (País Vasco)*. - Tesis de Licenciatura -. Hojas 3.1; 3.2; 3.3; 3.4. Escala 1/10.000. Volúmen de Anexos (Anexo II). Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Zaragoza.
- LUGARESARETI, J. I. (1993a):. *Riesgos naturales en el Litoral Occidental de Bizkaia. Sustrai Aldizkaria*. Núm 29. Trimestre 3. Gobierno Vasco y Diputaciones Forales. Vitoria - Gasteiz. (En prensa).
- MARTIN SOLDEVILLA, M. J.: (1989). *Estudio de clima y acciones sobre el Dique de Ciérvana, Puerto de Bilbao. Proyecto de ampliación del Puerto en el Abra Exterior*. Centro de Estudios de Puertos y Costas CEEPYC - CEDEX. Anejos 1 y 2. Madrid.
- MARTIN SOLDEVILLA, M. J. y MARTINEZ ARANZABAL, J.: (1990). *Análisis medio y extremal del oleaje*. CEDEX-MOPT. Madrid.
- MOÑINO, M.; DIAZ de TERAN, J. R & CENDRERO, A.: (1988). *Pleistocene Sea Level Change in Cantabrian Coast, Spain. Geomorphology and Environment*. 351 - 364. The Allahabad Geographical Society. Allahabad USA.
- NIEDORODA, A. W.; SWIFT, D.J. P. et al.: (1984). *Shoreface morphodynamics on wave dominated coasts. Hydrodynamics and sedimentation in wave - dominated coastal environments*. 332 - 357. Elsevier. Amsterdam.

- PANIZZA, M.: (1988). *Geomorfologia Applicata. Metodi di Applicazione alla Pianificazione Territoriale e alla Valutazione d ' Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica (NIS). Roma.
- SANTAS, C.: (1984). *Estudio Oceanográfico. Informe General. Proyecto de ampliación del Puerto en el Abra de Bilbao*. Anejos a la memoria. Anejo núm. 1 - Clima marítimo -. CEDEX - MOPT. Madrid.
- SANTAS, C.: (1989). *Estudio de la Bahía de Hondarribia. Informe Final (Incidencia de la prolongación del dique norte)*. CEDEX - CEEPYC. Madrid.
- SERVICIO DE PUBLICACIONES DE LA ARMADA ESPAÑOLA (Sección Náutica).: (1989). *Derrotero de la Costa Norte de España desde el río Bidasoa hasta la Estaca de Bares*. Instituto Hidrográfico de la Marina. Cádiz.