

Riv. It. Paleont. Strat.	v. 98	n. 2	pp. 243-266	Settembre 1992
--------------------------	-------	------	-------------	----------------

## ECOESTRATIGRAFIA (FORAMINIFEROS BENTONICOS) DEL RELLENO ESTUARINO HOLOCENO EN EL LITORAL VASCO (GOLFO DE BIZKAIA)

ALEJANDRO CEARRETA

*Key-words:* Benthic foraminifera, Palaeoecology, Estuarine depositional environments, Marine transgressions, Holocene, Bay of Biscay.

*Riassunto.* Il riempimento sedimentario olocenico negli estuari della Costa Cantabrica nordiberica (Golfo di Biscaglia) è stato studiato per mezzo dei sondaggi EL1, Ria di Bilbao, e IS2, Ria di Bidasoa. L'analisi micropaleontologica di entrambi i depositi litorali ha reso possibile il riconoscimento di 5 e 7 associazioni di foraminiferi bentonici rispettivamente. Queste associazioni microfaunistiche sono state usate per interpretare i corrispondenti ambienti deposizionali di estuario (da subtidale a sopratidale). Sono state identificate due fasi successive di riempimento sedimentario originate come conseguenza dell'innalzamento del livello marino. Queste successioni sedimentarie sono ritenute il risultato di due fasi marine trasgressive in quest'area: la prima intorno agli 8000 anni B.P. (stadio Atlantico) e la seconda verso i 2500 anni B.P. (stadio Subatlantico).

*Abstract.* The Holocene sedimentary filling in the estuaries of the Cantabrian Coast has been studied by the boreholes EL1, Ria of Bilbao, and IS2, Ria of Bidasoa. The micropalaeontological analysis of both litoral sequences has allowed to recognize 5 and 7 different benthic foraminifera assemblages respectively. These have been used to determine the correspondant estuarine depositional subenvironments (from subtidal to middle/upper marsh). Two recurrent phases of sediment build up as sea level rose were distinguished. They were interpreted as the consequence of two different marine advances on this region: a first one dated around 8000 years B.P. (Atlantic stage) and a second one identified around 2500 years B.P. (Subatlantic stage).

*Resumen.* El relleno sedimentario holoceno en los estuarios de la Cornisa Cantábrica ha sido estudiado mediante los sondeos EL1, Ría de Bilbao, e IS2, Ría del Bidasoa. El análisis micropaleontológico de ambas secuencias litorales ha permitido establecer 5 y 7 asociaciones de foraminíferos bentónicos respectivamente que han sido identificadas con diferentes submedios deposicionales estuarinos (desde submareal hasta marisma vegetada media/alta). Se observan 2 fases recurrentes de relleno sedimentario conforme se va produciendo el ascenso del nivel marino que han sido interpretadas como consecuencia de sendas pulsaciones transgresivas en esta región: una primera cronológicamente alrededor de los 8.000 años B.P. (estadio Atlántico) y una segunda sobre los 2.500 años B.P. (estadio Subatlántico).

### Introducción.

La costa norte de la Península Ibérica se caracteriza por presentar un típico litoral con rías, donde se encuentran numerosos estuarios separados del mar abierto por barras arenosas o depósitos de playa. La zona más oriental de esta Cornisa Cantábrica está constituida fundamentalmente por materiales mesozoicos, mayoritariamente de naturaleza calcárea, que se disponen en grandes estructuras paralelas al mar (Hoyos, 1989). Este litoral está formado por grandes acantilados con playas escasas y rías estrechas y alargadas. La naturaleza acantilada de esta costa es consecuencia de su evolución como margen continental activo durante el proceso de formación del Golfo de Bizkaia (Boillot et al., 1979).

Las rías se constituyen en la estrecha zona de transición entre el dominio marino y el dominio continental. Su morfología y extensión están siendo constantemente alteradas por la erosión y deposición de sedimentos, y se ven drásticamente afectadas como resultado de pequeños ascensos y descensos en el nivel del mar. Actualmente, tras los episodios glaciares pleistocenos que profundizaron los valles fluviales y la posterior transgresión holocena que los inundó, las rías están bien desarrolladas y son abundantes, aunque en términos geológicos esta situación es transitoria. Este proceso ha provocado la deposición de grandes volúmenes de sedimento bien preservado conteniendo niveles marinos, salobres y de agua dulce dispuestos en secuencias complejas. Consecuentemente, los medios estuarinos reúnen las condiciones más favorables para la determinación de los cambios relativos en el nivel del mar durante el Holoceno (Tooley, 1978; Lowe & Walker, 1984).

El estudio de las evidencias paleontológicas asociadas a los sedimentos resulta el método más eficaz para interpretar las condiciones ambientales de los medios antiguos. En particular, el análisis de las asociaciones de foraminíferos es de gran utilidad, no sólo como consecuencia de su sensibilidad a los cambios de temperatura (indicadores climáticos) sino debido a su hábitat exclusivamente marino (salobre, marino normal e hipersalino) pudiendo así aportar una valiosa evidencia sobre la posición del nivel del mar en un momento determinado. Esta, a su vez, puede ser un indicio sobre la edad del depósito en cuestión. Así, los foraminíferos representan herramientas fundamentales en análisis paleoambientales, en reconstrucciones paleoclimáticas y en interpretaciones estratigráficas del Cuaternario. Las asociaciones de foraminíferos presentes en los sedimentos de la mayor parte de los medios litorales y de plataforma están dominadas por formas bentónicas, en contraste con los sedimentos de mar profundo donde los foraminíferos planctónicos son particularmente abundantes.

En este trabajo las microfaunas de foraminíferos bentónicos han sido utilizadas con el fin de interpretar el medioambiente deposicional de los sedimentos (paleoecología), construir la historia de la acumulación sedimentaria en estos medios marino-marginales (estratigrafía), y aumentar el conocimiento sobre los cambios en el nivel del mar durante el Holoceno. Este estudio representa parte de un proyecto multidisciplinar (sedimentología, micropaleontología, palinología, mineralogía de arcillas y datación radiométrica C14) que sobre los depósitos marinos cuaternarios del borde sur del Gol-

fo de Bizkaia se está llevando a cabo entre la Universidad del País Vasco/EHU, la Université de Laval (Quebec, Canadá) y la Sociedad de Ciencias Aranzadi.

#### Material estudiado.

La Ría de Bilbao (Bizkaia) está formada por el curso bajo del río Nervión sometido a la influencia de las mareas, orientada NW-SE, durante 23 kms desde la Isla de San Cristobal en la Peña hasta Punta Lucero en Abanto y Zierbana. Las mareas son semidiurnas, con amplitudes que varían aproximadamente cada 14 días desde 4.6 m en mareas vivas hasta 1.2 m durante las mareas muertas (estuario mesomareal). En una marea muerta el volumen de agua marina que penetra en el interior de la ría es del orden de 2-2.5 millones de m<sup>3</sup> mientras que durante una marea viva entran aproximadamente 7-7.5 millones de m<sup>3</sup>, es decir, 3 veces más (ITSEMAP S.A., 1990). Es interesante comparar estos datos con la cifra de 1.5 millones de m<sup>3</sup> que como caudal medio aportan diariamente los principales tributarios del estuario, de cara a valorar el posible transporte de partículas sedimentarias desde la plataforma interna hacia el interior del estuario.

Así, alrededor del año 1880, D. Evaristo de Churruca, presidente de la Junta de Obras del Puerto de Bilbao, con el objetivo de eliminar la formación de bancos de arena que tendían a cerrar la desembocadura de la ría, y con una gran percepción, estudió al microscopio este sedimento observando que contenía abundantes restos de conchas y concluyendo que estas arenas tenían una génesis marina en contraposición con la idea generalizada en aquella época sobre el supuesto origen fluvial de las mismas.

Actualmente, la calidad química del agua está condicionada por la gran cantidad de efluentes domésticos, mixtos e industriales que son vertidos tanto directamente en la ría como en sus distintos tributarios. Así, la Ría de Bilbao representa el punto de la Cornisa Cantábrica donde la contaminación antrópica alcanza sus niveles más altos, particularmente en metales pesados (Greenpeace, 1991).

Gracias al estudio de numerosos sondeos con recuperación de testigo continuo extraídos a lo largo de este estuario durante la construcción del ferrocarril metropolitano de Bilbao, se conoce el espesor del relleno sedimentario holoceno, que oscila entre los aproximadamente 10 m observados en la zona de cabecera de la ría hasta los 30 m detectados en la zona de la desembocadura. La inundación de la parte baja del valle fluvial por el ascenso en el nivel del mar durante el Holoceno ha supuesto la colmatación de ésta hasta el nivel actual de las aguas con material sedimentario de origen diverso. Este depósito transgresivo constituido por arenas, limos y arcillas en diferente proporción según las distintas zonas del estuario, cubre tanto el lecho original como las formaciones sedimentarias de gravas y arenas originadas por el río durante la regresión anterior (Cearreta, 1991).

En la zona media de la ría se ha detectado la existencia de una terraza fluvial pre-holocena que se sitúa entre +12 MA + 8-9 m de altura en relación con la marisma

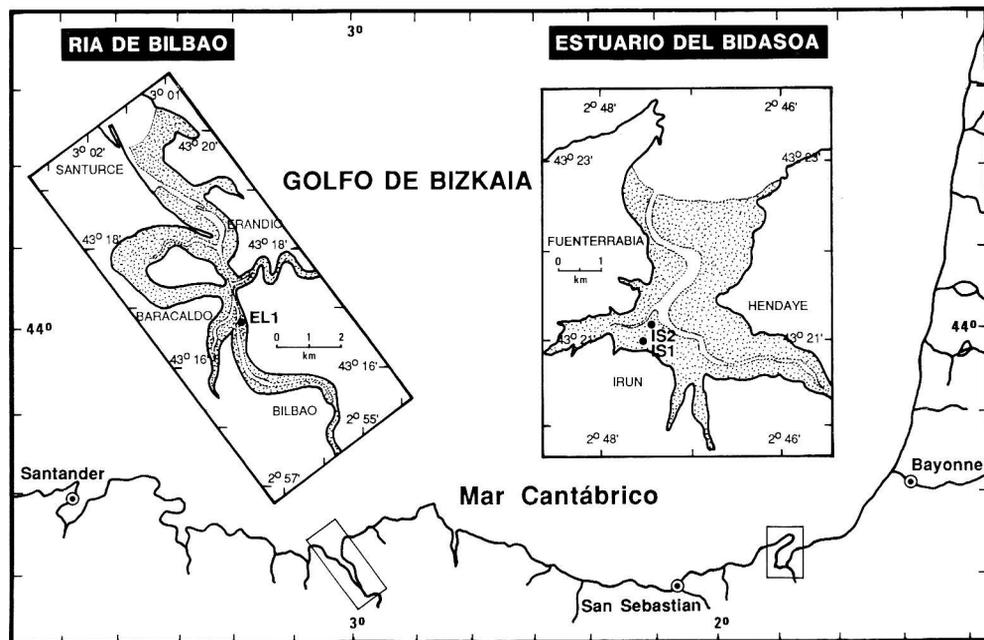


Fig. 1 - Localización geográfica de los sondeos estudiados en la rías de Bilbao y del Bidasoa (Golfo de Bizkaia).

holocena. En la parte inferior de la ría es difícil establecer la relación entre esta terraza fluvial y el holoceno marino ya que aquí no han sido encontrados restos fluviales. Teniendo en cuenta la pendiente de 2.5% de esta terraza, la misma desaparece bajo los materiales holocenos marinos en Erandio (Hazera, 1968).

Finalmente, se obtiene una topografía plana en este medio marino marginal caracterizada por llanuras de fango (mudflats), llanuras de arena (sandflats) y marismas vegetadas (marshes). La extensión y características originales de estos materiales cuaternarios en la Ría de Bilbao han quedado muy modificados como consecuencia del desarrollo de la zona industrial y portuaria, particularmente en los últimos 200 años.

El sondeo EL1 está constituido por 24 m de testigo continuo y se localiza en la parte media-alta del estuario, en la zona de confluencia de la ría con el río Kadagua, zona denominada Elorrieta, coordenadas geográficas 43°17'02"N y 2°58'10"W (Fig. 1). La cota de boca se sitúa a + 3.9 m por encima del nivel intermareal medio actual, mientras que el sustrato margoso se encuentra a - 19.4 m de profundidad. El material extraído es fundamentalmente fino, limo y arcilla, con pocos intervalos conteniendo algo de arena y cantos, y en general con abundantes fragmentos de bivalvos (*Scrobicularia plana*) y materia orgánica vegetal. En este sondeo han sido tomadas 42 muestras, aproximadamente a intervalos de 0.5 m, para su estudio micropaleontológico (Fig. 2).

El estuario del río Bidasoa (Gipuzkoa), presenta una longitud de 7.5 kms y una anchura máxima de 950 m. Está rodeado de una serie de colinas de escasa altura y se

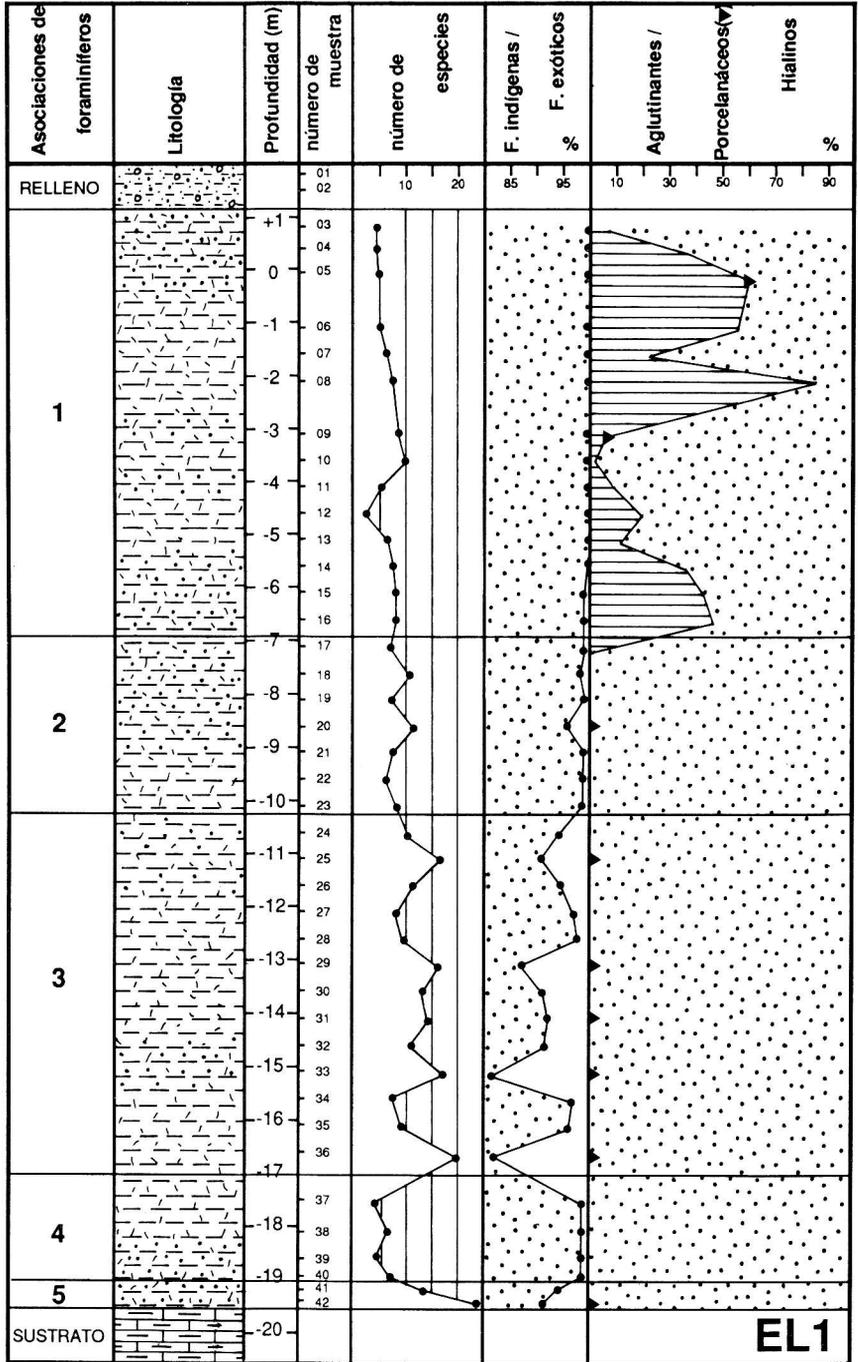


Fig. 2 - Análisis micropaleontológico de la secuencia sedimentaria correspondiente al sondeo EL1 (Ría de Bilbao).

localiza entre los municipios de Irun, Hendaye y Fuenterrabía. El estudio de diversos sondeos eléctricos y mecánicos efectuados durante la construcción de la autopista Bilbao-Behobia y del estudio hidrogeológico de la zona, sugiere una potencia del relleno sedimentario cuaternario de unos 10-12 m en la parte alta de la ría, constituido por gravas y cantos de probable origen fluvial, que hacia la desembocadura pasan lateralmente a arenas y arenas arcillosas. En el núcleo urbano de Irun se han observado potencias de hasta 16 m de arcillas y limos con abundante materia orgánica. Finalmente, en la zona central del estuario (bahía de Txingudi) se han detectado espesores de hasta 26 m con gravas en la base, seguidas por gran cantidad de arenas que hacia arriba se iban haciendo más arcillosas. Hoy en día la acumulación arenosa en la boca del estuario es tan importante que se deben llevar a cabo continuos dragados para impedir su cierre, problema que ya se observa en la cartografía de la zona correspondiente a los siglos XVI y XVII (Edeso, 1990).

En este estuario mesomareal del Bidasoa se realizaron 2 sondeos (IS1 e IS2) con recuperación de 15 y 31 m de testigo continuo respectivamente. En el presente trabajo se estudia el sondeo IS2 (el más profundo), localizado en la parte baja del estuario en la zona conocida como Playaundi, coordenadas geográficas 43°21'15"N y 2°47'30"W (Fig. 1). La cota de boca se sitúa a + 3.3 m por encima del nivel intermareal medio actual, mientras que el sustrato marginalizado se encuentra a - 25.5 m de profundidad. El material extraído está compuesto fundamentalmente por arenas y arenas arcillosas alternantes, en algunos casos con un elevado contenido biogénico y en otros con bastante materia orgánica vegetal. En este sondeo han sido tomadas 68 muestras, aproximadamente a intervalos de 0.25 m, para su estudio micropaleontológico (Fig. 3).

#### **Metodología utilizada.**

En el laboratorio, todas las muestras analizadas en este estudio fueron secadas en una estufa a unos 12°C, y posteriormente pesadas (obteniendo aproximadamente unos 300 gr de sedimento seco) y tamizadas con una apertura de malla de 63  $\mu$ m. El levigado así obtenido, una vez seco y pesado de nuevo (con el fin de conocer el contenido en arena y finos de cada muestra) fué sometido a la técnica de flotación con tricloroetileno con el objetivo de separar la microfauna de las partículas de sedimento. En general, 300 individuos, o en su defecto el contenido total de foraminíferos, fueron extraídos, identificados y contados en cada muestra.

El estudio de la palaeoecología de los foraminíferos bentónicos está basado fundamentalmente en los datos que sobre la distribución y condiciones ecológicas de las especies actuales han sido obtenidos durante los últimos 40 años, teniendo en cuenta que la mayor parte de las especies actuales aparecen ya en el Mioceno y asumiendo que sus características medioambientales no han variado con el tiempo (Douglas, 1979). Esta información hace posible el establecimiento de modelos empíricos que permitan la reconstrucción de la historia deposicional de los medios marinos fósiles. Con el objetivo de poder realizar una comparación entre las faunas obtenidas en los sondeos

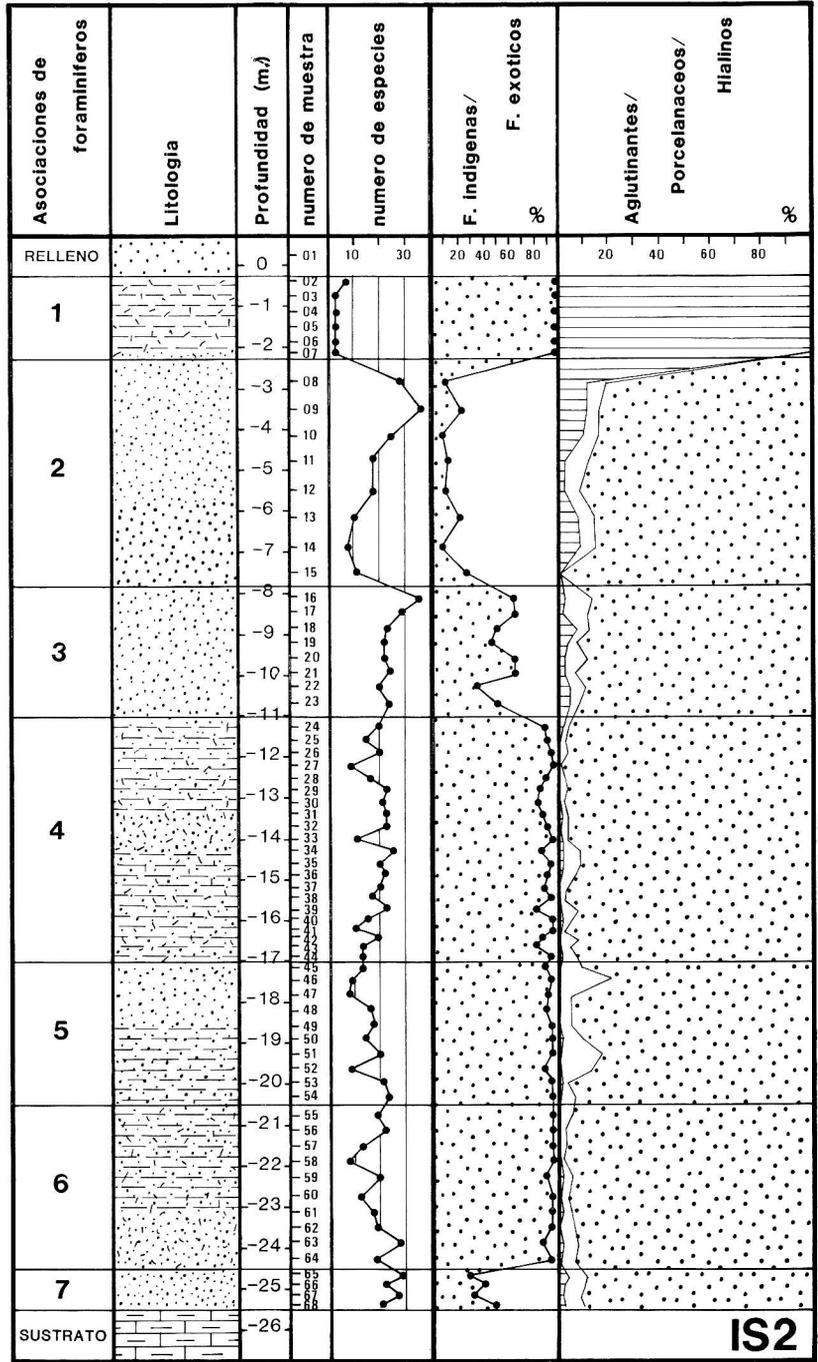


Fig. 3 - Análisis micropaleontológico de la secuencia sedimentaria correspondiente al sondeo IS2 (Ría del Bidasoa).

analizados y las asociaciones de foraminíferos que caracterizan los medios estuarinos actuales del Golfo de Bizkaia, han sido recogidas además 7 muestras de sedimento actual en el estuario del Bidasoa. Estas fueron preservadas en alcohol y teñidas con Rosa de Bengala siguiendo el método propuesto por Walton (1952) para poder diferenciar entre asociaciones actuales vivas y muertas. Posteriormente las muestras fueron tamizadas y tratadas según la metodología descrita anteriormente. Asimismo se comparan los datos que sobre la microfauna actual de foraminíferos en los estuarios de la Cornisa Cantábrica han sido obtenidos por Cearreta (1986) y Pascual (1990).

En el medio estuarino actual las asociaciones de foraminíferos están constituídas fundamentalmente por un componente indígena o autóctono, formado por especies que habitan y se reproducen dentro del estuario, y por un componente exótico o alóctono transportado dentro del estuario desde la plataforma interna. Así, el grado de influencia que las aguas con salinidad normal provenientes del mar abierto ejercen sobre el medio estuarino, vendrá indicado tanto por el número de especies estenohalinas de plataforma como por el número de individuos de estas especies que aparezcan en las muestras tomadas en el estuario. Por el contrario, el grado de stress salino generado como consecuencia de la mezcla de aguas dulce y salada dentro del estuario vendrá marcado por una reducción en la diversidad específica (con un gran descenso en el número de especies estenohalinas) y por un incremento en el número de individuos de las especies de foraminíferos eurihalinos típicas de estuario (Murray & Hawkins, 1976; Culver & Banner, 1978). Consecuentemente, en función de la presencia y abundancia de estas dos categorías de especies bentónicas es posible distinguir diversos subambientes dentro del estuario, así como identificar posibles ascensos en el nivel del mar.

Scott y Medioli (1986) propusieron un método micropaleontológico para determinar la posición del nivel del mar en medios marinos marginales mediante foraminíferos bentónicos, basado en la influencia que generan las variaciones temporales de salinidad, temperatura y altura con respecto al nivel intermareal medio sobre la composición específica de las asociaciones. Así, en las zonas de marisma vegetada (marshes) que se extienden desde el nivel más alto de pleamar viva hasta el nivel intermareal medio, aparecen diferentes asociaciones de foraminíferos aglutinantes que presentan una gran sensibilidad a los cambios en altura sobre el nivel intermareal. De este modo permiten identificar en los depósitos sedimentarios antiguos posiciones del nivel marino gracias a su contenido fósil con una precisión de  $\pm 10$  cm. Sin embargo, en los depósitos litorales del Golfo de Bizkaia no han sido encontrados niveles de marisma intercalados, excepto en la parte más alta de los sondeos, por lo que el contenido en formas exóticas de las asociaciones (que responde a cambios en la salinidad del medio y por tanto a cambios en la profundidad en un sentido relativo, es decir, sin una gran precisión) parece ser el método más adecuado en este área.

En total más de 36.500 individuos fueron estudiados con una lupa binocular estereoscópica de luz reflejada a partir de las muestras recogidas en estos dos sondeos. Para cada una de éstas, los datos obtenidos han sido analizados y comparados usando

diferentes índices y parámetros: abundancia relativa de cada especie, ratio entre formas indígenas y exóticas, diversidad específica (índice  $\alpha$ ) y naturaleza química del caparazón (aglutinante, porcelanáceo o hialino).

El índice  $\alpha$  de diversidad específica fue definido por Fisher, Corbett y Williams (1943) y describe la relación entre el número de especies y el número de individuos contenidos en una asociación faunística. Presenta la ventaja de permitir la comparación directa de diferentes muestras que no contengan el mismo número de individuos. Actualmente este valor  $\alpha$  puede determinarse directamente para asociaciones de foraminíferos bentónicos mediante una gráfica elaborada por Murray (1973).

### Descripción micropaleontológica.

Un total de 99 especies diferentes de foraminíferos bentónicos han sido encontradas en las secuencias holocenas de los sondeos de las rías de Bilbao y del Bidasoa (Tabla 1). En función de su contenido microfaunístico estas secuencias han sido divididas en diversas Asociaciones. Para ello, han sido establecidos 2 criterios de clasificación: el primero de ellos, de tipo cuantitativo, según el cual se consideran especies dominantes aquéllas que presentan una abundancia mayor del 5% (8 formas diferentes), especies secundarias aquéllas que aparecen con un porcentaje que oscila entre 1-5% (12 formas diferentes), y por último otras especies, aquéllas que están representadas en cantidades menores del 1% dentro de cada asociación. Finalmente, un segundo criterio, de tipo cualitativo, según el cual, y en base a los datos obtenidos a partir del estudio de las asociaciones estuarinas actuales de la Cornisa Cantábrica, se diferencia entre especies indígenas o autóctonas, es decir, aquéllas que habitan y se reproducen dentro de los medios estuarinos (16 formas diferentes) y especies exóticas o alóctonas, las cuales han sido transportadas por las corrientes mareales dentro de la cuenca estuarina desde la plataforma interna (83 formas diferentes).

Las Figuras 2 y 4 muestran la distribución vertical y la abundancia de las especies más significativas, así como otras características micropaleontológicas a lo largo del sondeo EL1, que han permitido diferenciar 5 niveles distintos en esta secuencia. En la base aparecen 0.75 m de arcillas arenosas, con algunas pequeñas gravas y con materia orgánica vegetal, caracterizadas por una asociación de foraminíferos bentónicos constituida fundamentalmente por *Elphidium oceanense*, *Haynesina germanica* y *Ammonia beccarii* como especies dominantes, y por *Brizalina* cf. *B. britannica* como especie secundaria. Este nivel presenta un elevado número de individuos y de especies ( $\alpha=4$ ), así como 6% de caparazones exóticos. Todo esto nos sugiere un medio de llanura fangosa, de carácter abierto y de salinidad baja (5-25 ‰) (Asociación 5). Por encima aparecen 2 m de arcillas arenosas con algo de materia orgánica vegetal. Esta Asociación 4 exhibe un número de individuos moderado, una diversidad específica muy baja ( $\alpha=1$ ) y 0.6% de individuos exóticos. Las especies dominantes son *Elphidium oceanense*, *Ammonia beccarii* y *Haynesina germanica*, con *Elphidium williamsoni* como especie secundaria, sugiriendo un medio intermareal de llanura fangosa, de salinidad baja pero de carácter restringido.

ESPECIES INDIGENAS  
 (AUTOCTONAS)

*Miliammina fusca*  
*Trochammina inflata*  
*Arenoparrella mexicana*  
*Jadammina macrescens*  
*Cornuspira involvens*  
*Quinqueloculina bicornis*  
*Quinqueloculina oblonga*  
*Quinqueloculina seminulum*  
*Fissurina lucida*  
*Bolivina pseuduplicata*  
*Brizalina* cf. *B. britannica*  
*Ammonia beccarii*  
*Elphidium margaritaceum*  
*Elphidium oceanense*  
*Elphidium williamsoni*  
*Haymesina germanica*

 ESPECIES EXOTICAS  
 (ALLOCTONAS)

*Trochammina intermedia*  
*Trochammina ochracea*  
*Trochammina pacifica*  
*Textularia articulata*  
*Textularia earlandi*  
*Textularia sagittula*  
*Textularia truncata*  
*Textularia* sp.  
*Spirorutilis wrighti*  
*Gaudryina rudis*  
*Spiroloculina excavata*  
*Spiroloculina rotunda*  
*Adelosina cliarensis*  
*Quinqueloculina dimidiata*  
*Quinqueloculina laevigata*  
*Quinqueloculina lata*  
*Quinqueloculina pulchella*  
*Quinqueloculina quadrata*  
*Quinqueloculina reticulata*  
*Quinqueloculina striata*  
*Quinqueloculina undulata*  
*Quinqueloculina* sp.  
*Triloculina bermudezi*  
*Triloculina oblonga*  
*Massilina secans*  
*Pateoris hauerinoides*  
*Miliolinella subrotunda*  
*Spirillina vivipara*  
*Patellina corrugata*  
*Lenticulina inortata*  
*Lenticulina peregrina*  
*Amphicoryna scalaris*  
*Astacolus crepidulus*  
*Lagena clavata*  
*Lagena laevis*  
*Lagena perlucida*  
*Lagena semistriata*  
*Globulina gibba*  
*Globulina* sp.  
*Oolina melo*  
*Oolina squamosa*  
*Fissurina marginata*

*Fissurina orbignyana*  
*Fissurina* sp.  
*Polymorphina* sp.  
*Laringosygma lactea*  
*Lamarckina halitotidea*  
*Brizalina difformis*  
*Brizalina variabilis*  
*Brizalina* sp.  
*Bulimina acanthia*  
*Bulimina elongata*  
*Bulimina gibba*  
*Bulimina marginata*  
*Buliminella elegantissima*  
*Trifarina angulosa*  
*Fursenkoina fusiformis*  
*Cassidulina carinata*  
*Cassidulina obtusa*  
*Islandiella* sp.  
*Gavelinopsis praegeri*  
*Cancris auricula*  
*Rosalina anomala*  
*Rosalina irregularis*  
*Epistominella vitrea*  
*Glabrattella willetti*  
*Cibicides lobatulus*  
*Cibicides refulgens*  
*Planorbulina mediterraneensis*  
*Acerculina inhaerens*  
*Acerculina* sp.  
*Asterigerinata mamilla*  
*Asterigerinata* sp.  
*Florilus pauperatus*  
*Svratkina* sp.  
*Elphidium crispum*  
*Elphidium earlandi*  
*Elphidium excavatum*  
*Elphidium gertbi*  
*Haymesina depressula*  
*Nonion boueanum*  
*Nonionella turgida*  
*Melonis pompilioides*

Tab. 1 - Especies de foraminíferos bentónicos encontradas en los sondeos de las rías de Bilbao y del Bidasoa.

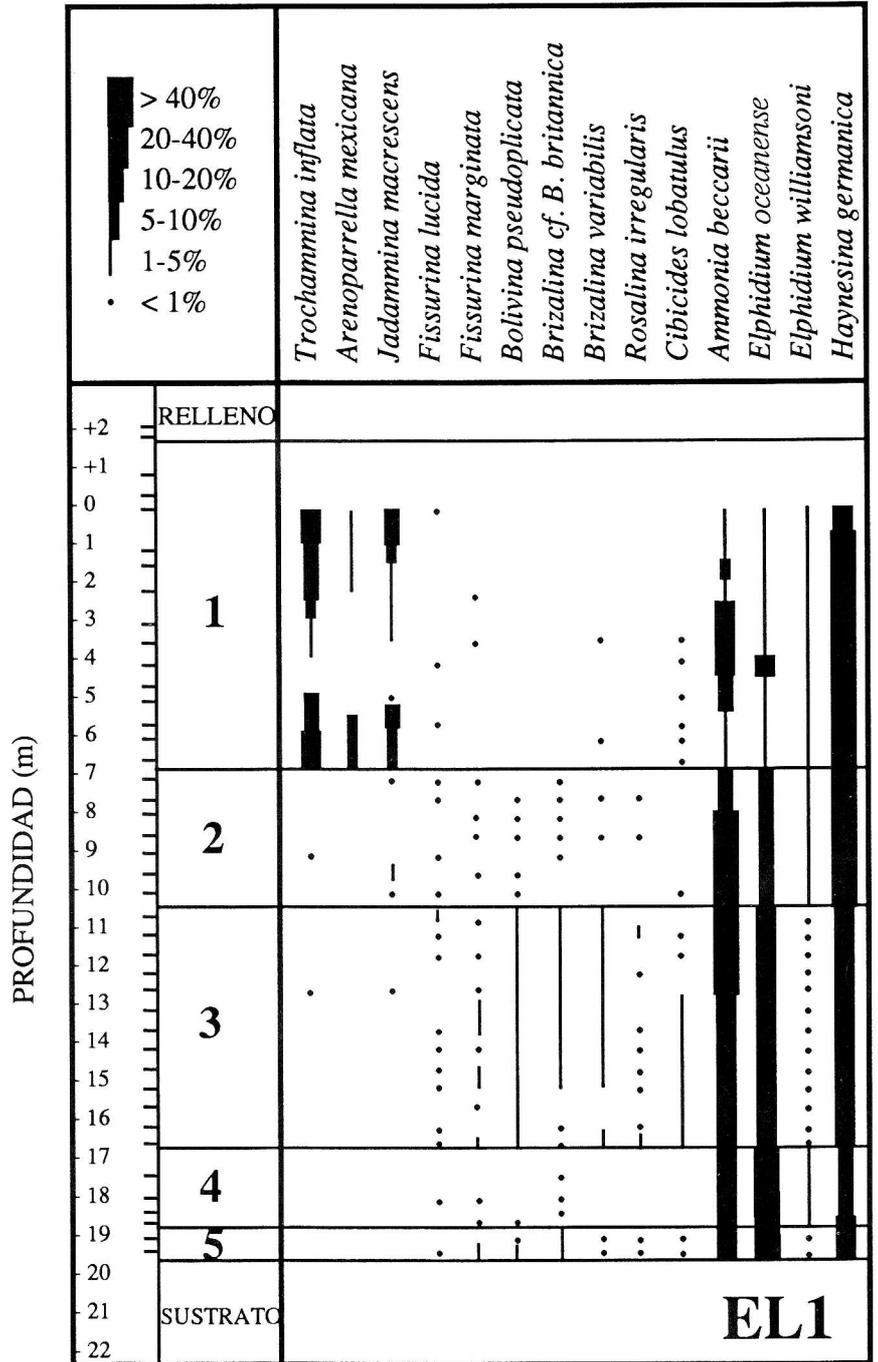


Fig. 4 - Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo EL1 (Ría de Bilbao).

A continuación encontramos 6.5 m de arcillas con algo de arena y pequeñas gravas, y bastante materia orgánica vegetal. Este nivel viene definido por una Asociación 3, compuesta mayoritariamente por *Ammonia beccarii*, *Elphidium oceanense* y *Haynesina germanica*, y de un modo secundario por *Bolivina pseudoplicata*, *Brizalina* cf. *B. britannica*, *Brizalina variabilis* y *Cibicides lobatulus*. Además contiene un elevado número de individuos y moderado de especies ( $\alpha=3$ ) y 7.5% de formas exóticas. Esta asociación indica un regreso a condiciones intermareales de llanura fangosa de carácter abierto y salinidad baja. El nivel suprayacente está constituido por 3.5 m de arcilla con algo de materia orgánica vegetal y contiene una asociación de foraminíferos bentónicos (Asociación 2) dominada por *Haynesina germanica*, *Ammonia beccarii* y *Elphidium oceanense* con abundante *Elphidium williamsoni*. Está caracterizada por un número de individuos elevado, una diversidad específica muy baja ( $\alpha=1.5$ ) y 1.1% de elementos exóticos. Este nivel se interpreta como un medio intermareal fangoso de carácter restringido y salobre (15-30 ‰). El nivel más superior (Asociación 1) está formado por 7.5 m de arcillas con abundantes restos vegetales, que presentan un número de individuos moderado y irregular, una diversidad específica muy baja ( $\alpha=1$ ) y 0.4% de caparazones exóticos. La asociación microfaunística está formada por *Haynesina germanica*, *Ammonia beccarii*, *Trochammina inflata* y *Jadammina macrescens* como especies dominantes, y por *Elphidium oceanense*, *Elphidium williamsoni* y *Arenoparrella mexicana* como especies secundarias. Consecuentemente, se interpreta como un medio inter-supramareal, muy restringido, de marisma vegetada. Por encima aparecen 3 m de relleno antrópico.

Los análisis sedimentológico y micropaleontológico llevados a cabo en el sondeo IS2 han permitido distinguir 7 niveles diversos dentro de esta secuencia (Fig. 3 y 5). En la base del sondeo se encuentra 1 m de arenas que contienen una asociación de foraminíferos dominada por las especies *Cibicides lobatulus*, *Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica* y *Rosalina irregularis*. Las formas *Rosalina anomala*, *Quinqueloculina seminulum*, *Textularia truncata*, *Triloculina bermudezi* y *Massilina secans* son las especies secundarias de este nivel, que se caracteriza además por presentar un elevado número de individuos y de especies ( $\alpha=6$ ), y 65% de elementos exóticos. Todo esto sugiere un medio intermareal arenoso, de salinidad normal (30-40 ‰) y con una clara influencia del mar abierto (Asociación 7). Por encima aparecen 4 m de arenas que se van haciendo más arcillosas hacia el techo. Este nivel presenta una asociación micropaleontológica compuesta por un número de individuos y una diversidad específica moderadas ( $\alpha=3.5$ ) y 7% de caparazones exóticos. Esta Asociación 6 está dominada por las especies *Ammonia beccarii* y *Haynesina germanica*, con menores cantidades de *Brizalina* cf. *B. britannica*, *Elphidium williamsoni*, *Quinqueloculina seminulum*, *Elphidium oceanense* y *Haynesina depressula*. Se trataría de un medio intermareal arenoso, restringido, de baja salinidad y con vegetación. A continuación, aparecen 3.5 m de arenas y arcillas (Asociación 5) con una fauna de foraminíferos bentónicos representada mayoritariamente por *Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica* y *Quinqueloculina seminulum*, con *Elphidium crispum*, *Haynesina depressula*, *Elphidium williamsoni* y *Brizalina* cf. *B. britannica* como especies secundarias. Esta asociación contiene un número moderado de

individuos, una diversidad específica baja ( $\alpha=3$ ) y 8% de formas exóticas. Este nivel se interpreta como un medio intermareal de finos y arena, restringido y salobre.

Hacia arriba en el sondeo nos encontramos con 6 m de arenas y arcillas con restos vegetales, definidos por una Asociación 4 caracterizada por *Ammonia beccarii* y *Haynesina germanica* como especies dominantes, acompañadas por *Haynesina depressula*, *Brizalina* cf. *B. britannica*, *Quinqueloculina seminulum*, *Brizalina variabilis*, *Elphidium williamsoni* y *Elphidium oceanense*. Contiene un número moderado de individuos y de

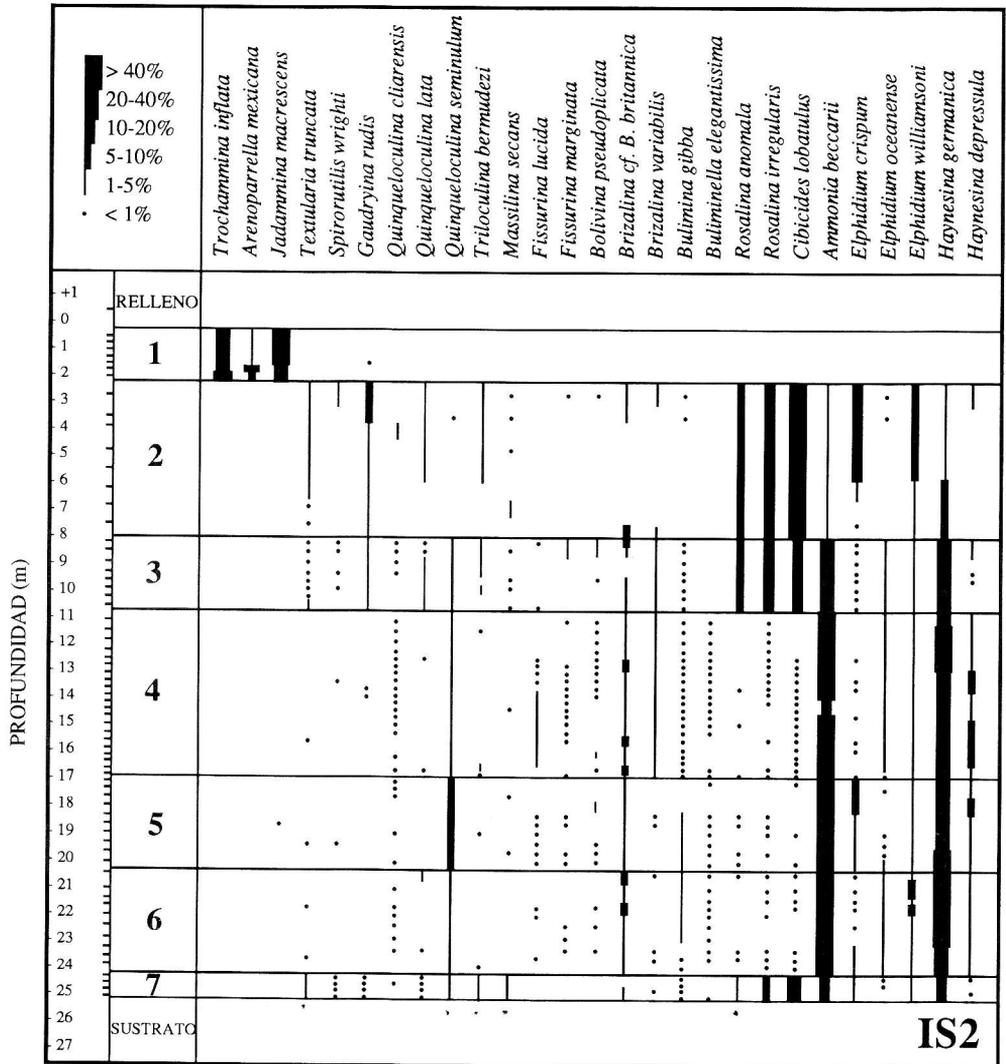


Fig. 5 - Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo IS2 (Ría del Bidasoa).

especies ( $\alpha=4$ ) y 12% de elementos exóticos. Todo ésto sugiere un medio intermareal de finos y arena, restringido, vegetado y de salinidad baja. La Asociación 3 suprayacente está constituida por 3.2 m de arenas y una microfauna dominada por *Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica*, *Rosalina irregularis*, *Cibicides lobatulus* y *Rosalina anomala*. *Gaudryina rudis*, *Quinqueloculina seminulum*, *Brizalina variabilis*, *Elphidium williamsoni* y *Elphidium oceanense* representan las especies secundarias de esta asociación. Se caracteriza además por un elevado número de individuos, presenta una diversidad específica alta ( $\alpha=6$ ) y contiene 46% de caparzones exóticos. Así, representa un medio intermareal arenoso, con una salinidad moderada (25-35 ‰) pero con una clara influencia del mar abierto. Por encima aparecen 5.5 m de arenas, que son gruesas en los 2 m basales de esta Asociación 2, y que contienen más abundantemente las especies *Cibicides lobatulus*, *Rosalina irregularis* y *Rosalina anomala*, con *Haynesina germanica*, *Elphidium williamsoni*, *Elphidium crispum*, *Gaudryina rudis* y *Ammonia beccarii* como especies secundarias. El número de individuos en esta asociación es elevado, la diversidad específica es muy alta ( $\alpha=7$ ) y presenta 85% de formas exóticas. Se interpreta como un medio submareal arenoso con salinidad marino normal y elevada influencia del mar abierto. El nivel más superior (Asociación 1) está constituido por 2.1 m de arcillas con abundantes restos vegetales, que presentan un número de individuos moderado, una diversidad específica muy baja ( $\alpha < 1$ ) y 0% de elementos exóticos. Esta asociación está constituida casi exclusivamente por las especies aglutinantes *Jadammina macrescens*, *Trochammina inflata* y *Arenoparrella mexicana*. Todos estos elementos indican un medio inter-supramareal, muy restringido, de marisma vegetada. Por encima aparecen 3.5 m de relleno arenoso antrópico.

### Interpretación paleoambiental.

Todas las especies de foraminíferos bentónicos que han sido encontradas en los sondeos de los estuarios cantábricos forman aún parte de las asociaciones litorales actuales del Golfo de Bizkaia, por lo que es posible establecer conclusiones de aplicación paleoambiental a partir del estudio de la microfauna actual.

Distintos trabajos sobre la micropaleontología reciente de los estuarios cantábricos (Cearreta, 1986 ; Pascual, 1990) y muestras superficiales recogidas en el estuario del Bidasoa, han mostrado que estos medios se caracterizan por presentar asociaciones vivas de foraminíferos bentónicos con una baja diversidad específica. Las especies más comunes que constituyen esta microfauna de medios salobres son *Jadammina macrescens*, *Trochammina inflata* y *Arenoparrella mexicana* en las zonas de marisma vegetada inter y supramareal; *Ammonia beccarii*, *Haynesina germanica*, *Miliammina fusca*, *Quinqueloculina seminulum*, *Elphidium williamsoni* y *Elphidium oceanense* son formas típicas de zonas de llanura intermareal de fango y arena; mientras que estas mismas especies junto con *Fissurina lucida*, *Bolivina pseudoplicata* y *Brizalina* cf. *B. britannica* son características de zonas más profundas inter-submareales. Por su parte, las asociaciones de caparzones vacíos contienen un mayor número de especies, en general debido al trans-

porte dentro del sistema estuarino de especies marinas desde la plataforma interna. Consecuentemente, estas asociaciones litorales están constituidas principalmente por formas indígenas, que viven y se reproducen dentro del estuario y que, por tanto, van a presentar una gran variedad de tamaños desde individuos juveniles a adultos, así como por formas exóticas, que nunca van a ser encontradas vivas, y cuyas características varían en función del sedimento. Así, en sedimentos arcillosos, aparece una gran variedad de especies de pequeño tamaño, con caparazón fino, en perfecto estado de conservación y que han sido transportadas por las corrientes mareales en suspensión dentro de la columna de agua, como por ejemplo *Fissurina marginata*, *Brizalina variabilis*, *Bulimina gibba*, *Rosalina irregularis* y *Haynesina depressula*. Por su parte, en sedimentos arenosos, aparecen en general caparazones grandes y gruesos, a veces mal conservados y que han sido transportados como carga de lecho por la corriente mareal, como *Cibicides lobatulus*, *Rosalina anomala*, *Elphidium crispum*, *Quinqueloculina lata*, *Massilina secans* y *Gaudryina rudis*.

En función de la presencia diagnóstica de las especies indígenas eurihalinas mencionadas anteriormente, así como de su contenido en elementos exóticos, Murray y Hawkins (1976) reconocieron 5 subambientes dentro del medio estuarino: marisma media/alta caracterizada por su contenido casi exclusivo en especies indígenas de caparazón aglutinante; marisma baja, con una asociación básicamente de formas indígenas tanto hialinas como aglutinantes y con una escasa presencia de especies exóticas; llanura intermareal alta, dominada por especies indígenas de caparazón hialino y con un porcentaje de hasta 30% de elementos transportados; llanura intermareal baja, con una asociación indígena similar a la anterior pero con una mayor proporción de formas exóticas (30-70%); y finalmente, la zona submareal, donde se encuentran pocos individuos indígenas hialinos y porcelanáceos, y más de 70% de especies transportadas.

La diversidad específica de una asociación de foraminíferos bentónicos (índice  $\alpha$ ) es un parámetro que permite asimismo distinguir diversos medios dentro de la zona litoral. Según Murray (1973) las asociaciones estuarinas exhiben una diversidad baja de aproximadamente  $\alpha < 5$ , mientras que las asociaciones de mar abierto caracterizadas por un elevado número de especies muestran un índice  $\alpha > 5$ . Consecuentemente, un índice  $\alpha$  elevado puede ser considerado como un valor indicativo de mezcla de faunas indígenas y exóticas.

Como consecuencia de las condiciones de bajo pH que son comunes en la mayor parte de las marismas vegetadas, las especies características de estos medios marginales presentan caparazones aglutinantes, lo que les permite no sufrir disolución en estos sedimentos de carácter ácido. Estas especies además se presentan formando asociaciones que muestran una estrecha correspondencia con gradientes en altura (y por tanto en salinidad y temperatura) a partir del nivel intermareal medio (Scott & Medioli, 1986). Así, es posible distinguir entre marisma baja, donde aparece una mezcla de caparazones hialinos y aglutinantes, marisma media, dominada fundamentalmente por las especies aglutinantes *Trochammina inflata* y *Arenoparrella mexicana*, y, por último, marisma alta con una asociación compuesta mayoritariamente por *Jadammina macre-*



real alta (Asociación 5) seguidos por otros 2 m de arcillas arenosas que representan un medio de marisma baja (Asociación 4), denotando así claramente una primera secuencia de somerización en esta zona del estuario. A continuación, y a partir de -17 m se encuentran 6.5 m de arcillas con algo de arena y pequeñas gravas que representan de nuevo una llanura intermareal alta (Asociación 3) y suponen un regreso a condiciones algo más profundas. Por encima aparecen 3.5 m de arcillas depositadas en un medio de marisma baja (Asociación 2) que son seguidos por 7.5 m de arcillas con abundantes restos vegetales, constituyendo un medio de marisma media (Asociación 1) y culminando así esta segunda secuencia de somerización.

Por otra parte, el sondeo IS2, Estuario del Bidasoa, presenta en su base, a -25.5 m de profundidad, 1 m de arenas depositadas en un medio de llanura intermareal baja (Asociación 7), que dan paso a 13.5 m de arenas y arcillas, en algunos tramos con materia orgánica vegetal, que representan una llanura intermareal alta (Asociación 6, Asociación 5 y Asociación 4), sugiriendo una disminución en la profundidad del medio como consecuencia del continuo relleno sedimentario de la cuenca estuarina. Desde los -11 m la secuencia se compone de 3 m de arenas interpretadas como un medio de llanura intermareal baja (Asociación 3) que indican un proceso de profundización en la zona que culmina con el establecimiento de condiciones submareales representadas por 5.5 m de arenas (Asociación 2). A partir de una clara discontinuidad erosiva, a -2.5 m de profundidad, aparecen 2 m de arcillas con gran cantidad de materia orgánica vegetal formada en un medio de marisma media/alta (Asociación 1). Ambos sondeos han sido perforados en zonas estuarinas reclamadas antrópicamente a partir de marismas, por lo que ambas secuencias sedimentarias presentan en su parte más alta un medio de marisma vegetada seguido de relleno artificial.

### Discusión.

Las costas con rías han sido parcialmente formadas durante los períodos de nivel del mar bajo como consecuencia de la erosión que fué socavando los valles fluviales y que, posteriormente, fueron inundados durante los períodos con nivel del mar alto, constituyendo así distintos estuarios. Durante la última glaciación, según diferentes autores (Delibrias & Guillier, 1971; Pujos, 1976), el nivel del mar se situaba aproximadamente entre -100 y -130 m por debajo del nivel actual. A partir de 18.000-15.000 años B.P. el nivel marino comienza a ascender como resultado de la fusión de los glaciares formados durante el período frío anterior, al principio muy rápidamente, y después más lentamente hasta alcanzar su nivel actual. Como resultado de este ascenso, la profundización de los valles fue seguida por un proceso de relleno sedimentario que aún hoy continúa y que está controlado en esta región exclusivamente por los cambios eustáticos en el nivel del mar. Se debe señalar que el área del Golfo de Bizkaia se considera tectónicamente estable, al menos durante el Holoceno, según los trabajos de Boillot et al. (1979) y Mary (1983). Este proceso de relleno estuarino comenzó en las rías cantábricas alrededor de 8.000 años B.P. (Cearreta et al., 1991).

Así, el espesor del relleno holoceno detectado en la Ría de Pasajes (Gipuzkoa) oscila entre 13 y 24 m, y está constituido por 3-4 m de gravas, cantos y arenas grises en la base, seguidos por unos 20 m de arenas y arcillas con gran cantidad de restos biogénicos y, en algunos casos, con abundante materia orgánica vegetal (Santana, 1966). En la Ría de Gernika (Bizkaia) los materiales detríticos presentan una potencia entre 8 y 70 m. Según Hernández-Pacheco y Asensio-Amor (1966) se han observado 23 m de gravas y arenas gruesas en la base sobre un sustrato de calizas arrecifales urgonianas, seguidos por 11 m de arenas con abundantes fragmentos bioclásticos marinos. Por encima aparecieron 6 m de arcillas arenosas bioclásticas, y en la parte superior del sondeo, distinguieron 30 m de arcillas fluídas plásticas de color gris oscuro. En las rías cántabro-asturianas de Tina Mayor y Tina Menor se han calculado potencias de hasta 45 m (Mary, 1983).

En el otro lado del Golfo de Bizkaia, el relleno transgresivo del estuario de La Gironde (Bordeaux, Médoc), está representado por un nivel de gravas y cantos, rico en arenas bioclásticas de origen marino, de unos 10 m de potencia. Estos materiales caracterizan un momento de fuerte penetración oceánica que ha sido datado alrededor de los 6.000 años B.P. y que supuso la inundación de zonas que actualmente están fuera de los márgenes del estuario. Por debajo, aparecen 3 m de arcillas de marisma con fragmentos vegetales en las zonas laterales del estuario, superpuestas a un máximo de 20 m de gravas y cantos con arena en el techo, de origen fluvial y que descansan sobre el sustrato a unos 30 m por debajo del nivel intermareal actual. Por encima del nivel arenoso transgresivo se localizan arenas y arcillas que colmatan las zonas superiores y marginales del estuario (Allen et al., 1970).

El análisis del contenido micropaleontológico de los sondeos EL1 e IS2 en las rías de Bilbao y Bidasoa respectivamente, revela la sucesión de distintos submedios estuarinos, que denotan cambios en las condiciones de profundidad y salinidad conforme iba teniendo lugar el relleno sedimentario de ambas cuencas marinas marginales (Fig. 6). Así, en ambos registros se observa la presencia de 2 asociaciones microfauísticas que representan momentos de mayor influencia marino-normal con respecto al resto de las asociaciones identificadas. Una de éstas es la asociación basal presente en ambos sondeos que se identifica con la primera incursión marina dentro de los antiguos ríos cantábricos, Asociación 5 de Bilbao y Asociación 7 del Bidasoa. Por analogía con las dataciones radiométricas efectuadas en la base del sondeo IS1 (localizado a 500 m del sondeo IS2) (Fig. 1) esta primera asociación estuarina tendría una edad de más de 7.810 años B.P. A continuación tiene lugar una sedimentación cada vez más somera conforme se va produciendo la deposición de sedimento en la cuenca y el nivel marino permanece estable, condiciones éstas que aún se mantienen hacia el 6.590 B.P. Sin embargo, antes del 2740 B.P. (por comparación con el sondeo IS1) tiene lugar una nueva penetración oceánica que instaura condiciones más profundas y salinas en el medio, Asociación 3 de Bilbao y Asociación 2 del Bidasoa. Estas, al igual que en la sucesión estuarina anterior, son seguidas por una nueva secuencia de somerización, hasta alcanzar en este caso el nivel mareal actual con un medio de marisma vegetada.

La diferencia que existe entre los diversos submedios estuarinos representados a lo largo de ambos sondeos responde a la diferente localización de ambas secuencias en sus respectivos estuarios. Así, el sondeo EL1 se sitúa en la zona media-alta de la Ría de Bilbao y, por tanto, reflejará de un modo menos acusado la intrusión oceánica. Sin embargo, el sondeo IS2 ha sido perforado en la zona baja del Estuario del Bidasoa y, en consecuencia, su mayor proximidad a la desembocadura le confiere una mayor sensibilidad con respecto al avance marino.

El estudio multidisciplinar del depósito litoral de Herriko-Barra (Zarautz, Gipuzkoa), llevado a cabo por Altuna et al. (1990), ha permitido observar también aquí dos episodios transgresivos. Una primera fase, anterior a los 5.800 años B.P., representada por un medio de playa arenosa (nivel A) que se sitúa entre -5 y -1 m de profundidad bajo el nivel intermareal actual. Posteriormente, y tras una fase regresiva con acumulación de material fluvial y dunar, se detecta una nueva fase transgresiva, cronológicamente posterior a los 4.900 años B.P., y cuyo resultado es la formación de un nuevo depósito de playa (nivel E), de 1 m de potencia, identificado aproximadamente a +3 m de altura.

Asimismo, en la zona de Oyambre (Cantabria) han sido identificados 2 niveles de cantos marinos a +1 m por encima de la playa actual, recubiertos por sendos niveles de turba. El análisis palinológico y la datación C14 de estos niveles vegetales llevado a cabo por Mary (1991) atestigua la existencia de un nivel del mar un poco más alto que el nivel actual en un momento anterior a 5.880 años B.P. Este nivel del mar, atribuido al máximo flandriense en la región, se identifica con facilidad por la presencia en muchos estuarios cantábricos de una terraza situada a +1/+2 m de altura sobre el nivel marino actual (Moñino, 1986; Rivas & Cendrero, 1987). Una segunda oscilación positiva, más pequeña, denominada "de Xivares", fué datada por Mary (1983) en Asturias, alrededor de los 2.150 años B.P.

Cearreta et al. (1991) concluyen que los datos sobre variaciones en el nivel del mar obtenidos en la zona oriental de la Cornisa Cantábrica concuerdan con los trabajos de la escuela de Fairbridge (en el sentido de Kidson, 1982), según la cual el ascenso postglacial del nivel marino sería más de tipo episódico que continuo. Sin embargo, hasta ahora no existía un mecanismo capaz de explicar los rápidos ascensos marinos sugeridos por algunas curvas del nivel relativo del mar para el Holoceno. Recientemente, Anderson y Thomas (1991) han sugerido un modelo según el cual un ascenso continuo en el nivel marino como consecuencia de la destrucción por causas climáticas del manto de hielo terrestre, produce un deterioro espasmódico de la capa de hielo marino, generando a su vez ascensos eustáticos rápidos (100 a 1.000 años) y pequeños (menos de 10 m). Según este mecanismo las masas de hielo marino sobre plataforma continental (Antártida Oeste) muestran una mayor sensibilidad a los cambios en el nivel del mar que a los cambios climáticos.

De acuerdo con todos estos datos, se han identificado 2 fases transgresivas durante el Holoceno en los estuarios vascos. La primera de estas pulsaciones positivas vendría representada por la Asociación basal 7 de Bidasoa y la Asociación basal 5 de

Bilbao, que podrían situarse cronológicamente alrededor de los 7.000 años B.P. (estadio Atlántico). El segundo de estos episodios transgresivos tendría lugar sobre los 2.500 años B.P. (estadio Subatlántico) y se correspondería con la Asociación 2 de Bidasoa y la Asociación 3 de Bilbao.

En la Fig. 7 se muestra la posición de estas 2 pulsaciones transgresivas cantábricas en relación a distintas curvas del nivel relativo del mar sugeridas por varios autores para la región del Golfo de Bizkaia. Delibrias y Guillier (1971) establecieron una curva del nivel marino para la costa de Bretaña basada en 4 criterios distintos: la posición y edad de las marismas marinas, la presencia a lo largo de la costa de monumentos megalíticos actualmente bajo el mar, la existencia de bosques sumergidos datados radiométricamente y finalmente el estudio de depósitos de turba continental. Los resultados obtenidos apuntan a que el nivel marino se encontraba a una altura de aproximadamente +1.5 m alrededor de los 2.000 años B.P. Ters (1973), por su parte, presenta una curva de ascenso episódico del nivel marino, donde se distinguen siete períodos de nivel del mar relativamente alto, pero siempre por debajo del cero actual. Por último Pujos (1976), a partir del estudio de las asociaciones de foraminíferos bentónicos contenidas en diferentes sondeos recogidos en la plataforma continental al W del estuario de

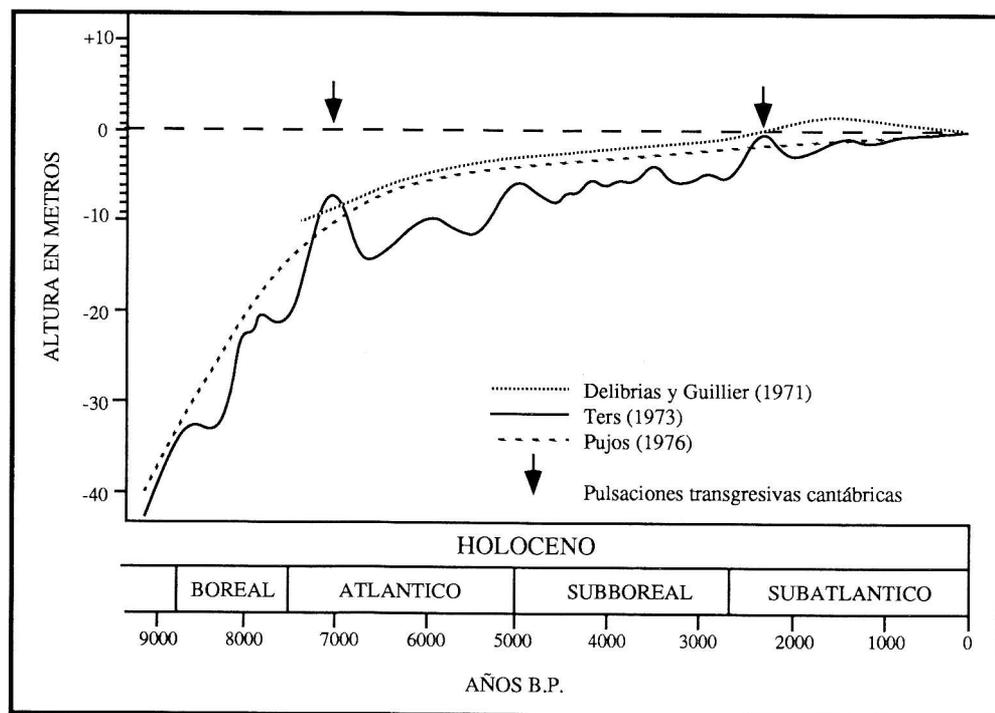


Fig. 7 - Situación de las pulsaciones transgresivas cantábricas dentro de las diferentes curvas del nivel relativo del mar en el Golfo de Bizkaia para los últimos 8.000 años propuestas por diversos autores.

La Gironde, y en función de los datos obtenidos por Vigneaux (1973) y Pinot (1974), presenta una curva de ascenso continuo del nivel del mar donde éste asciende muy rápidamente durante el estadio Boreal localizándose a unos -8/-10 m durante el estadio Atlántico. Conforme nos acercamos hacia la actualidad, el avance marino pierde intensidad localizándose a unos -2 m hacia los 2.000 años B.P.

#### Agradecimientos.

Este trabajo representa una contribución al IGCP Project No. 274 "Quaternary coastal evolution: case studies, models and regional patterns". El autor quiere expresar su reconocimiento a D. Victoriano Sancho, que ha posibilitado el acceso al material estudiado en el sondeo EL1; al Dr. Pedro Gil por su gran ayuda en la realización de las figuras; al Dr. Guillermo Mateu (Palma de Mallorca) y Dr. Juan Usera (Valencia) por su revisión crítica del manuscrito; y finalmente, a Begofñ Bernedo que amablemente ha mecanografiado el original.

#### REFERENCIAS

- Allen G.P., Castaing P., Feral A., Klingebiel A., & Vigneaux M. (1970) - Contribution à l'étude des faciès de comblement et interprétation paléogéographique de l'évolution des milieux sédimentaires récents et actuels de l'estuaire de la Gironde. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, v. 8, pp. 99-154, Bordeaux.
- Altuna J., Cearreta A., Edeso J.M., Elorza M., Isturiz M.J., Mariezkurrena K., Mujika J.A. & Ugarte F.M. (1990) - El yacimiento de Herriko-Barra (Zarautz, País Vasco) y su relación con las transgresiones marinas holocenas. *Cuaternario y Geomorfología*, v. 4 (en prensa), Zaragoza.
- Anderson J.B. & Thomas M.A. (1991) - Marine ice-sheet decoupling as a mechanism for rapid, episodic sea-level change: the record of such events and their influence on sedimentation. *Sediment. Geol.*, v. 70, pp. 87-104, Amsterdam.
- Boillot G., Dupeuble P.A. & Malod J. (1979) - Subduction and tectonics on the continental margin off Northern Spain. *Mar. Geol.*, v. 32, pp. 53-70, Amsterdam.
- Cearreta, A. (1986) - Distribution and Ecology of Benthic Foraminifera in the Rias of Santoña and San Vicente de la Barquera (Spain). PhD. Thesis Univ. Exeter (inédita), pp. 1-307, Exeter.
- Cearreta A. (1991) - Geomorfología de la Ría de Bilbao. In Cearreta A., Pascual A. & Villate F. (Eds.) - La Ría de Bilbao: geomorfología, oceanografía y contaminación. Maitrise d'Océanographie, Université de Bordeaux I-Univ. País Vasco/E.H.U. (inédito), pp. 1-10, Bilbao.
- Cearreta A., Edeso J.M. & Ugarte F.M. (1991) - Cambios en el nivel del mar durante el Cuaternario reciente en el Golfo de Bizkaia. In Cearreta A. & Ugarte F.M. (Eds.) - Late Quaternary in the Western Pyrenean Region. *Serv. Publicaciones UPV/EHU* (en prensa), Bilbao.
- Culver S.J. & Banner F.T. (1978) - Foraminiferal assemblages as Flandrian palaeoenvironmental indicators. *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, v. 24, pp. 53-72, Amsterdam.
- Delibrias G. & Guillier M.T. (1971) - The Sea-level on the Atlantic Coast and the Channel for the last 10.000 years by the <sup>14</sup>C method. *Quaternaria*, v. 14, pp. 131-135, Roma.

- Douglas R.G. (1979) - Benthic Foraminiferal Ecology and Paleoecology: A review of concepts and methods. In *Foraminiferal Ecology and Paleoecology. Soc. Econ. Paleont. Miner. Short Course*, v. 6, pp. 21-53, Houston.
- Edeso J.M. (1990) - Geomorfología fluvial y litoral del extremo oriental de Guipúzcoa (País Vasco). *Tesis Doctoral Univ. Zaragoza* (inédita), 4 v., pp. 1-666, Zaragoza.
- Fisher R.A., Corbett A.S. & Williams C.B. (1943) - The relationship between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journ. Anim. Ecol.*, v. 12, pp. 42-58, Oxford.
- Greenpeace (1991) - Verter con otro nombre. V. of 68 pp., Amsterdam.
- Hazera J. (1968) - La région de Bilbao et son arrière-pays: étude géomorphologique. *Munibe*, v. 20, pp. 1-358, San Sebastián.
- Hernández-Pacheco F. & Asensio-Amor I. (1966) - Estudio fisiográfico-sedimentológico de la ría de Guernica" *Bol. Inst. Esp. Oceanografía*, v. 25, pp. 1-29, Madrid.
- Hoyos M. (1989) - La Cornisa Cantábrica. *Mem. Mapa Cuaternario España (ITGE)*. E. 1:1.000.000, pp. 105-118, Madrid.
- ITSEMAP Ambiental S.A. (1990) - Estudio de impacto ambiental de la ampliación del Puerto de Bilbao en el Abra exterior. Puerto Autónomo de Bilbao, 5 v., Bilbao.
- Kidson C. (1982) - Sea level changes in the Holocene. *Quatern. Sc. Rev.*, v. 1, pp. 121-151, Oxford.
- Lowe J.J. & Walker M.J.C. (1984) - Reconstructing Quaternary Environments. Longman, pp. 1-389, Harow.
- Mary G. (1983) - Evolución del margen costero de la Cordillera Cantábrica en Asturias desde el Mioceno. *Trab. Geol.*, v. 13, pp. 3-35, Oviedo.
- Mary G. (1991) - La evolución del litoral cantábrico durante el Holoceno. In Cearreta A. & Ugarte F.M. (Eds.) - Late Quaternary in the Western Pyrenean Region. *Serv. Publicaciones UVP/EHU* (en prensa), Bilbao.
- Moñino M. (1986) - Establecimiento y cartografía de los niveles de rasa litoral existentes en Cantabria. *Tesis de Licenciatura Univ. Cantabria* (inédita), pp. 1-176, Santander.
- Murray J.W. (1973) - Distribution and Ecology of living benthic Foraminiferids. Heineman Educational Books, pp. 1-274, London.
- Murray J.W. & Hawkins A.B. (1976) - Sediment transport in the Severn Estuary during the past 8.000-9.000 years. *Journ. Geol. Soc. London*, v. 132, pp. 385-398, London.
- Pascual A. (1990) - Utilización de los foraminíferos bentónicos y ostrácodos para un mejor conocimiento del medio ambiente en los estuarios vizcaínos: aplicación a las rías de Guernica y de Bilbao. *Tesis Doctoral Univ. País Vasco/EHU* (inédita), pp. 1-345, Bilbao.
- Pinot J.P. (1974) - Le précontinent breton entre Penmarc'h, Belle île et l'escarpement continental. Laumion Impram Editions, pp. 1-256, Brest.
- Pujos M. (1976) - Ecologie du Foraminifères benthiques et des thécamoebiens de la Gironde et du plateau continental Sud-Gascogne. Application à la connaissance du Quaternaire terminal de la région ouest-Gironde. *Mém. Inst. Géol. Bassin Aquitaine*, v. 8, pp. 1-438, Bordeaux.
- Rivas V. & Cendrero A. (1987) - Acreción litoral durante el Holoceno en las rías de Cantabria. *Actas VII Reun. Cuaternario AEQUA*, pp. 241-245, Santander.
- Santana R. (1966) - Géomorphologie des bassins de la Bidasoa et de l'Urumea. *Thèse Univ. Bordeaux*, pp. 1-162, Bordeaux.
- Scott D.B. & Medioli F.S. (1986) - Foraminifera as sea-level indicators. In Van de Plassche O. (Ed.) - Sea-level research: A manual for the collection and evaluation of Data. *Geobooks*, pp. 435-457, Norwich.

- Ters M. (1973) - Les variations du niveau marin depuis 10.000 ans, le long du littoral atlantique français. In *Le Quaternaire: Géodynamique, Stratigraphie et Environnement. 9ème Congrès Inter. INQUA*, pp. 114-135, Christchurch.
- Tooley M.J. (1978) - Sea-level changes in North-West England during the Flandrian Stage. Oxford University Press, pp. 1-232, Oxford.
- Vigneaux M. (1973) - Interprétation comparée de données climatiques, stratigraphiques et paléogéographiques: applications au Quaternaire récent du plateau continental au SW de Rochebonne (Golfe de Gascogne). *Colloq. Intern. C.N.R.S.*, v. 219, pp. 85-92, Paris.
- Walton W.R. (1952) - Techniques for recognition of living Foraminifera. *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, v. 3, pp. 56-60, Washington.