

CAMBIOS MEDIOAMBIENTALES EN LA RIA DE BILBAO DURANTE EL HOLOCENO

Alejandro Cearreta

Bilboko itsasadarreko itsas sistemaren morfologia eta hedadura etengabe aldatuz joan dira higadura eta sedimentuen jalkipena direla medio, itsas malaren gorabeheren ondorioz erabat aldatu direlarik. Azken glaziazioaren ondoren Holozenoari dagokion itsasoaren aitzinatzeak kantauriaribarrak urez estali eta sedimentu-materialen bolumen handiaren jalkipena ekarri zuen, oso onda gorde izan dena eta hori aztertzeak beraren bilakaera naturalaren interpretazioa bideratzen digu. Nerbioiaren behe ibar honek aldaketa antropiko gaitza jasan du azkeneko 700 urteetan, egungo hiri-espazioa bilakatu arte, zeina natur ingurune hori erabiliz gertatu baita hain zuzen ere. Estuari-ingurune honen gainean obratu diren prozesu naturalak eta aldaketa artifizialak (urbanoak, industrialak eta kaiari dagozkionak) ezagutzea funtsezkoa da ekosistema horien gestio razionalagoa burutzearren. Lan honek Bilboko Metroarako zundaketarako disziplinanitzeko azterketaren aurreko informazio geomorfologikoa-enaurrezpena suposatzen du.

La morfología y extensión del sistema marino de la Ria de Bilbao han sido constantemente alteradas por la erosión y la deposición de sedimentos, siendo éstas drásticamente afectadas como resultado de cambios en el nivel del mar. Tras el último episodio glacial, la consiguiente transgresión marina que caracteriza el Holoceno inundó los antiguos valles fluviales cantábricos y provocó la deposición de un gran volumen de material sedimentario que se encuentra muy bien preservado y cuyo estudio nos permite interpretar su evolución natural. La enorme transformación antrópica que ha sufrido este bajo valle del Nervión durante los últimos 700 años hasta convertirlo en el espacio metropolitano que es hoy ha sido llevado a cabo precisamente utilizando este marco natural. El conocimiento tanto de los procesos naturales como de los cambios de origen artificial (urbanos, industriales y portuarios) que han operado sobre este medio estuarino es fundamental de cara a desarrollar una gestión más racional de estos ecosistemas. Este trabajo supone la presentación de la información geomorfológica previa al estudio multidisciplinar de los sondeos del Metro de Bilbao.

La morphologie et l'extension du système marin de la Ria de Bilbao ont été constamment modifiées par l'érosion et le dépôt de sédiments qui, à leur tour sont modifiés par les changements dans le niveau de la mer. Après la dernière période glaciaire, la transgression marine résultante qui est la caractéristique de l'Holocène, inonda les vallées fluviales cantabriques et provoque le dépôt d'un grand volume de matériel sédimentaire quise trouve en bon état et dont l'étude nous permet d'interpréter l'évolution naturelle. L'énorme transformation anthropique qui a eu lieu dans cette vallée basse de la Nervion au cours des 700 dernières années et qui a donné comme résultat la zone métropolitaine qu'elle est de nos jours, s'est produite précisément en utilisant ce cadre naturel. Il est essentiel de connaître les processus naturels et également les changements produits de façon artificielle (urbains, industriels et du port) qui ont agi sur cette zone d'estuaire, pour pouvoir agir plus rationnellement sur ces écosystèmes. Dans le présent article nous exposons les renseignements géomorphologiques qui ont précédé l'étude pluridisciplinaire des sondages du Métro de Bilbao.

INTRODUCCION

Un estuario puede ser definido como una masa de agua litoral semiconfinada que presenta una conexión directa con el mar abierto y en cuyo interior el agua marina es diluida con agua dulce proveniente del drenaje continental (PRITCHARD, 1967). La costa N 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. Las rías se forman en la estrecha zona de transición entre el dominio marino y el dominio continental y su vida es generalmente corta. Su morfología y extensión están siendo constantemente alteradas por la erosión y la 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.

La Ría de Bilbao se localiza en el borde S del Golfo de Bizkaia (Cornisa Cantábrica) entre las coordenadas latitud 43°23'N-43°14'N y longitud 3°07'W-2°55'W. Geológicamente se sitúa en la Cuenca Vasco-Cantábrica, formando parte del flanco S del Sinclinatorio de Bizkaia orientado NW-SE. La ría se originó posiblemente como consecuencia de la denominada Falla de Otxandiano que provocó una neta diferencia entre los materiales más jóvenes de la margen derecha, representados por Cretácico superior y Paleógeno, y los más antiguos de la margen izquierda, de edad Cretácico inferior.

El sistema de la Ría de Bilbao está formado por el curso bajo del río Nervión, sometido a la influencia de las mareas, junto con la zona del Abra, extendiéndose durante 23 Kms desde la antigua isla de San Cristóbal en La Peña hasta Punta Lucero en Zierbena (Figura 1). A lo largo del estuario vierten otros ríos como el Kadagua, Asua, Galindo y Gobelas. El valle que rodea a la ría está constituido por una serie de cumbres que presentan una altura media de 180 m en la margen derecha y de 320 m en la margen izquierda. El tramo de la ría situado entre la antigua isla de San Cristóbal y el Puente Colgante es un canal, en parte navegable, de anchura variable que oscila entre los 50 m en la zona de La Peña y Casco Viejo, 60 m en el Puente de Deusto, 90 m en Zorroza, 95 m en Rontegi, 145 m en Axpe y 125 m en Portugalete, siendo modelado físicamente por los continuos dragados y diversas obras de canalización antrópicas. A partir de aquí se extiende la zona de El Abra cuya anchura alcanza valores de 1.800 m en el Abra interior, 2.500 m entre Algorta y Santurce y 3.800 m en el Abra exterior. En cuanto a su profundidad actual, la columna de agua varía desde 2 m en la zona del Puente del Arenal, 5 m en el Puente de Deusto, 8 m en Erandio, 9 m en el Puente Colgante, 14 m en el Abra interior y 30 m en Punta Lucero (CONSORCIO DE AGUAS, 1989; ITSEMAP S.A., 1990).

En esta zona geográfica las mareas son semidiurnas, con amplitudes que varían aproximadamente cada 14 días desde 4.60 m en mareas vivas hasta 1.20 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 m³ mientras que durante una marea viva entran aproximadamente 7-7.5 millones de m³, es decir, 3 veces más. Es interesante comparar estos datos con la cifra de 1 millón de m³ que, en condiciones de estiaje, aportan diariamente los principales tributarios del estuario. La calidad química de este 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 (GREENPEACE, 1991). La transformación del bajo valle del Nervión en el espacio metropolitano que es hoy se ha llevado a cabo utilizando este marco natural. Los asentamientos residenciales, industriales y portuarios se han organizado sobre unas condiciones geomorfológicas que han determinado decisivamente la propia funcionalidad de todo este área. Consecuentemente, la Ría de Bilbao se encuentra muy degradada antrópicamente mostrando una presencia dominante del paisaje urbano e industrial sobre la línea de costa con una integración en el entorno paisajístico prácticamente nula.

PROCESOS NATURALES

El bajo valle del Nervión sometido actualmente a la influencia marina, comienza en La Peña donde el río da lugar a un meandro fuertemente encajado en calizas urgonianas. Aguas abajo la corriente fluvial forma desde Atxuri una cubeta casi circular de unos 2 Kms de diámetro hasta Olabeaga, donde se ha construido la actual ciudad de Bilbao. Este segundo meandro presenta un recorrido del río más amplio, como consecuencia de la naturaleza margaosa del sustrato. Los procesos geológicos que permitieron la apertura de esta cubeta durante el Pleistoceno tuvieron lugar en unas condiciones de clima semiárido periglacial cuyo testigo serían los restos de glaciares laterales que bordean la cubeta: Begoña, Deusto, Basurto y Olabeaga.

El trazado rectilíneo actual de la ría desde San Inazio hasta Erandio se debe a un acortamiento reciente de su curso. Antes de pasar a Lutxana el Nervión había modelado alrededor de Barakaldo un gran meandro, hoy abandonado. Sus formas características, que no han sido cubiertas por los sedimentos holocenos, se han conservado muy bien. El antiguo lóbulo recortado conserva al pie de Rontegi claras señales erosivas de escarpado de orilla cóncava en prolongación exacta del que existe también en la base del monte Cabras en Elorrieta. Sin embargo, en la zona de Retuerto no se ha conservado tan bien este escarpado de orilla cóncava. De nuevo en la zona de Sestao, tanto en la desembocadura del río Galindo (Simondrogas), como al otro lado de la ría actual, en Desierto-Erandio, se vuelven a observar estos rasgos erosivos perfectamente. Este seccionamiento del meandro en la zona de Lutxana no se cree consecuencia del encuentro de 2 zonas cóncavas debido a la migración lateral del meandro (proceso de estrangulamiento) sino que parece derivado, por un lado, de la acción erosiva desde Erandio de la desembocadura del río Asua (que con seguridad ha sido un río mucho más caudaloso de lo que es actualmente, como lo atestiguan la amplitud de sus depósitos holocenos) y por otro lado, de la actividad del río Kadagua que vierte sus aportes también en ese punto, pero desde Barakaldo. La escasa potencia del relleno holoceno en la zona entre Retuerto y Ugarte (10 m), comparado con la que existe río arriba, sugiere una escasa excavación de este cauce por parte del río pleistoceno, lo que parece indicar que la apertura del paso en Lutxana y el abandono consiguiente del meandro tuvieron lugar antes del Holoceno (HAZERA, 1968).

Desde el meandro abandonado de Barakaldo hasta la desembocadura de la ría en El Abra el trazado se hace casi rectilíneo con una anchura inicial de aproximadamente 1 Km. Observando el codo que describía el Nervión en Erandio-Desierto se puede pensar que la corriente era empujada hacia Sestao (zona de La Benedicta), marcando allí un nuevo talud de orilla cóncava, para adentrarse posteriormente en El Abra en línea recta, en concordancia con la dirección de aumento de profundidad de la bahía (HAZERA, 1977).

En nuestra costa es un hecho característico que las desembocaduras de los estuarios tiendan a arrojarse hacia el lado occidental y, por consiguiente, que los depósitos de arena que constituyen las playas contiguas estén principalmente al E de la desembocadura, como consecuencia natural de la alineación general E-W que presenta la costa y de la dirección NW dominante de los vientos y mareas que tienden a acumular hacia el SE los depósitos sedimentarios litorales.

La inundación de las zonas bajas de los valles fluviales por un ascenso en el nivel del mar supone una colmatación de éstas, hasta el nivel de las aguas, con material sedimentario de origen diverso, tanto de procedencia marina (aportado por las corrientes mareales) como depositado por el río que ha excavado el valle. Este depósito transgresivo va a cubrir el lecho así como las formaciones sedimentarias originadas por el río durante la regresión anterior. Finalmente se obtiene una topografía plana en esta zona marina marginal constituyéndose llanuras de fango (mudflats), llanuras de arena (sandflats) y marismas vegetadas (marsh). La extensión y características originales de estos materiales holocenos en la Ría de Bilbao han quedado muy modificadas por el desarrollo de la zona industrial y portuaria, particularmente en los últimos 200 años.

Gracias al estudio de numerosos sondeos con recuperación de testigo continuo extraídos a lo largo de este estuario, 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 25 m detectados en la zona de la desembocadura (Figura 2). El análisis de todos ellos permite establecer 5 columnas estratigráficas de síntesis para las distintas zonas de la ría. En El Arenal, zona superior del estuario, aparecen 10 m de sedimento representados por 8.5 m de gravas y bolos con matriz areno-arcillosa en la base y 1.5 m de arena fina limosa por encima. Le siguen 3 m de relleno antrópico. Corriente abajo, en la zona de San Inazio existen 16 m de materiales holocenos que comienzan con 1.5 m de gravas y bolos con matriz areno-arcillosa, seguidos de 14.5 m de fango limo-arcilloso con restos de materia orgánica vegetal y conchas marinas, más arenosos en la base y con un mayor contenido en materia orgánica vegetal hacia el techo. Por encima aparecen 4 m de relleno antrópico.

El sondeo EL1 está constituido por 24 m de testigo continuo y ha sido perforado en la curva de Elorrieta. La cota de la boca se encuentra a +3.9 m por encima del nivel intermareal medio actual, mientras que el sustrato margoso ha sido localizado 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 (Figura 3).

En función de criterios micropaleontológicos (análisis de foraminíferos bentónicos) y sedimentológicos ha sido posible realizar una interpretación paleoambiental de los distintos niveles encontrados en esta secuencia sedimentaria (Figura 3). Así, ésta comienza a unos -20 m de profundidad, con 0.75 m de arcillas arenosas con algunas gravas depositadas en un medio de llanura intermareal alta (Asociación 5), seguidos por otros 2 m de arcillas arenosas que representan un medio de marisma baja (Asociación 4), denotando así 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 y que suponen un regreso a condiciones algo más profundas (Asociación 3). 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 de este modo una segunda secuencia de somerización (CEARRETA, 1992b).

Por comparación con los datos obtenidos en el estuario del Bidasoa y en el depósito holoceno de Zarautz, esta secuencia sedimentaria puede ser interpretada como consecuencia de 2 episodios transgresivos de ascenso en el nivel del mar, pudiendo situar el primero de ellos cronológicamente alrededor de los 8000 años BP (estadio Atlántico), teniendo lugar la segunda pulsación transgresiva sobre los 2500 años BP (estadio Subatlántico) (CEARRETA, 1992c).

En Desierto-Erandio el espesor del relleno es de 23.5 m constituidos por 6 m de gravas con matriz areno-arcillosa, seguidas por 8.5 m de fango limo-arcilloso con materia orgánica vegetal y conchas marinas. Hacia el techo aparecen 7.5 m de arena fina con conchas marinas y materia orgánica vegetal cubiertos por 1.5 m de fango limo-arcilloso con abundante materia orgánica vegetal. Completan la columna en esta zona 2.5 m de relleno antrópico. En Lamiako se localizan 23 m de materiales no consolidados que contienen 1.5 m de gravas con matriz areno-arcillosa en el muro, seguidos por 10 m de fango limo-arcilloso con arena y conchas marinas. A continuación aparecen de nuevo 1.5 m de gravas con matriz areno-arcillosa que presentan por encima 10 m de arena fina de color gris con algo de finos y conchas marinas pasando a arena de color marrón hacia el techo. Estos sedimentos están cubiertos por 3 m de relleno antrópico. En la zona de la desembocadura de la ría en El Abra interior, Las Arenas, aparecen 23 m de material sedimentario holoceno con 1.5 m de gravas con matriz areno-arcillosa en la base seguidos por 10 m de arena limosa con conchas marinas, que culminan con 11.5 m de arena fina con conchas marinas que cambia de color desde gris hasta marrón en el techo. Finalmente 2 m de relleno antrópico completan los sondeos.

En cuanto a la zona del Abra de la ría, un estudio geofísico llevado a cabo en 1989 por el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (en ITSEMAP S.A., 1990) concluye que morfológicamente este área presenta una región central cubierta por materiales no consolidados que pasan hacia los márgenes a zonas con presencia de afloramientos rocosos. Estos sedimentos están compuestos por arenas finas y medias en la margen de Getxo y arenas finas y fangos en la margen de Santurtzi, que constituyen la denominada "Unidad superior" que no excede los 8 m de potencia en la margen izquierda. Por debajo aparece la "Unidad inferior" que se caracteriza por presentar importantes cambios laterales de facies y que alcanza en la margen izquierda unos 19 m de espesor.

Por otro lado, en la zona entre Deusto y Elorrieta se ha detectado además la existencia de una terraza fluvial pre-holocena que se sitúa a 12 m en Deusto y a 8-9 m de altura en Iba-rrekolanda en relación con la marisma holocena. Sobre esta terraza se apoya el puente de Deusto que comunica ésta con la zona del Ensanche bilbaino donde también ha sido identificada. Sin embargo, aquí la cuestión es más compleja debido a la presencia de llanuras aluviales, glaciares, diversos torrentes hoy desaparecidos, además de una cubeta fluvial pre-holocena en el Parque. Teniendo en cuenta la pendiente de 2.5% de esta terraza en Deusto, la misma presuntamente desaparece bajo los materiales holocenos marinos a 2 Kms río abajo de Elorrieta (HAZERA, 1968). Asimismo, en la parte inferior de la ría (barrio de Astrabudua) ha aparecido recientemente gracias a unas obras de ampliación de la carretera Bilbao-Las Arenas una terraza fluvial a unos 20 m sobre el nivel marino actual.

MODIFICACIONES ANTROPICAS

La Ría, tal y como la conocemos actualmente, es una creación artificial que se parece muy poco al antiguo estuario del río Nervión. Hoy se encuentra prisionera entre diques que la encauzan en todo su recorrido, sus fondos son continuamente excavados por las dragas, ha cedido la mayor parte de sus dominios a la industria, y ni siquiera sigue su trazado inicial que en todas partes ha sido retocado, rectificado o desviado para adaptarlo a las exigencias de la navegación. No es frecuente encontrar una explotación tan intensa de un recurso natural, que originalmente no presentaba unas condiciones adecuadas para su utilización pero sobre el que se ha llevado a cabo una enorme labor de transformación antrópica.

1. Actividad portuaria

La historia del desarrollo del Puerto de Bilbao ha supuesto un progresivo desplazamiento de éste desde la ciudad inicial (Casco Viejo) hasta El Abra exterior. Al mismo tiempo, este hecho ha implicado un creciente impacto en el medio conforme las estructuras creadas eran cada vez más grandes, adaptándose a los mayores calados de los barcos y a las inagotables demandas industriales y comerciales.

Cuando se funda la Villa de Bilbao en el año 1300, la Ría lejos de estar encauzada como ahora, se extendía durante las pleamares por las vegas que se asentaban a ambos lados de la misma desde El Arenal hasta las marismas de Getxo. Consecuentemente, su régimen era más variable que en la actualidad: las grandes avenidas alteraban el curso del canal y acumulaban en ella bancos de grava y arena, de modo que los buques que entraban por ella, después de salvar el obstáculo principal de "La Barra" exterior próxima a Portugalete, se encontraban con otra acumulación de arena, menos peligrosa, desde donde se bifurcaba el canal de la ría, marchando uno de los brazos por las antiguas playas y marismas de Lamiako y el otro por la playa de Sestao. Tampoco faltaban otros bancos en los ensanches correspondientes a las vegas de Erandio, Barakaldo, Deusto, Olabeaga y Abando, que contribuían a que sólo fuera posible la navegación dentro de la ría durante las pleamares y únicamente en mareas vivas para los mayores buques.

En 1502 se propone la desviación del río Gobelas que serpenteaba por las dunas arenosas móviles de la desembocadura, alterando su curso con frecuencia y arrastrando hacia la ría gran cantidad de arenas que se creían eran el origen de La Barra de Portugalete y de los bancos de arena de la parte baja de la ría. Se pretendió alterar su curso haciendo que desembocara directamente en el mar al final de la antigua playa de Las Arenas. Esta desembocadura artificial se cerró definitivamente en 1772 debido a la arena aportada por el mar, volviendo el Gobelas a desembocar otra vez en la ría. Desde entonces la fijación de las dunas por la vegetación y las construcciones efectuadas han hecho que su cauce sea estable y que el sedimento que arrastra actualmente dentro de la ría sea mínimo.

Consulado de Bilbao

A finales del siglo XV y comienzos del XVI, antes de que se construyera muelle alguno en Portugalete, la tendencia natural de la ría era desembocar arrimada a la costa rocosa entre Portugalete y Santurtzi siguiendo un canal denominado "La Traviesa" en dirección al antiguo puerto de Santurtzi. Esta corriente, los cambios en la dirección del viento en esta zona y las rocas del litoral hicieron pensar como primera necesidad la construcción del muelle de Portugalete, en el segundo tercio del siglo XVI, que formara la margen izquierda del canal y que provocara una mayor estabilidad y profundidad en la corriente que se abría a través de la barra arenosa allí formada. Sin embargo, la baja calidad del material

utilizado obligaba a constantes reparaciones de este muelle y a una consecuente reducción de su efecto.

En la margen derecha, los arenales de Getxo estaban en continuo movimiento por la acción de los vientos que internaban arenas hasta las colinas de Ondiz y hacia la desembocadura de la ría. Con el fin de detener este movimiento arenoso, el Consulado de Bilbao, nacido en 1511, construyó el muelle de la margen derecha, que fijaba la arena en la parte protegida del muelle generando un aumento de la playa conforme iban creciendo y alargándose los muelles. Por esta razón, y por no haber prolongado suficientemente el muelle de la izquierda, los resultados obtenidos fueron poco eficaces, ya que donde acababan los muelles la corriente se arrimaba nuevamente hacia la costa rocosa entre Portugalete y Santurtzi formando un canal sinuoso y de peligrosa navegación. Los muelles construidos sólo servían para ayudar a las corrientes vaciantes de la ría a abrir un cauce más rectilíneo en dichos muelles, que aunque a veces formaba un canal en El Abra interior en dirección N, éste se cerraba rápidamente debido a las marejadas que volvían a arrimar el canal de la desembocadura hacia las rocas de la costa izquierda.

En 1654, con el objetivo de librar a la villa de los desastres producidos por las periódicas inundaciones fluviales, se abrió un nuevo cauce en la ría frente al paseo del Campo de Volantín, quedando entre éste y el cauce antiguo una isleta, llamada Uribitarte, que subsistió hasta 1870 en que se cerró y cubrió el cauce antiguo. En esa zona además se localizaba un extenso banco de grava llamado "El Churro del Campo de Volantín" que era consecuencia de la actividad fluvial que aquí se desarrollaba y que obligó además a construir una defensa para los sedimentos que constituían la isleta ya que las avenidas fluviales los estaban erosionando.

En 1753 se decide encauzar la ría desde Portugalete hasta Desierto donde el estuario ocupaba una vasta superficie desde las colinas de Ondiz y Leioa hasta las de Sestao, quedando en bajamar dos canales tortuosos y de poca profundidad. Este encauzamiento supuso la construcción de los muelles de La Benedicta y el correspondiente a la margen derecha en Lamiako. Todos estos trabajos fueron acompañados de dragados con el fin de aumentar los efectos del encauzamiento. Esta obra produjo la apertura de un solo cauce rectilíneo de mayor profundidad que hizo desaparecer la barra interior y los dos brazos de la ría. Sin embargo, la construcción de estos muelles provocó la acumulación de sedimentos tanto en Lamiako como en el brazo que se extendía por Sestao, colmatándose este tramo hasta cerca de Portugalete. Para evitar este hecho, en 1783 se profundizó artificialmente esta zona con el objetivo de que entraran las corrientes mareles hasta Sestao y así limpiar el fondeadero de Portugalete, mientras que la vega de Lamiako se colmató completamente.

El Consulado de Bilbao fue disuelto en 1844 dejando canalizada la mayor parte de la ría con una extensión de 21 kms de muelles que habían sido construidos durante los 3 siglos anteriores. Estas obras mejoraron bastante las condiciones del cauce de la ría tanto para la navegación como para la evacuación de las grandes avenidas fluviales. Sin embargo, los éxitos del Consulado en la desembocadura de la ría en El Abra no fueron duraderos, ya que a finales del siglo XIX aún existía el banco arenoso de La Barra de Portugalete.

Desde 1875 hasta 1877 se concedió a una serie de empresas privadas el encauzamiento de la margen izquierda de la ría entre los ríos Kadagua y Galindo, con el fin de realizar las terminales de ferrocarril e instalar cargaderos para el mineral que estaba siendo explotado tierra adentro por estas mismas empresas. Además, ahí se asentaron 3 grandes establecimientos industriales de fabricación de hierro y acero.

Junta de Obras del Puerto de Bilbao

En 1877 se constituye la Junta de Obras del Puerto de Bilbao a la cabeza de la cual fue nombrado Evaristo de Churruca. En esa época los principales inconvenientes que presentaba la ría eran los siguientes: 1) la movilidad y escasa profundidad de la barra, que no superaba 1 m en bajamar; 2) la violenta curva de Elorrieta situada en la parte media de la ría y por donde sólo podían pasar buques pequeños; 3) la vuelta de Axpe donde se encontraba el peligroso bajo de roca llamado "El Fraile"; 4) los altos fondos, llamados "churros" que ocupaban una extensión de 1 km entre Olabeaga y Bilbao, formados por una masa de cantos rodados que se elevaban por encima del agua más de 1 m en bajamar y 5) la falta de profundidad en casi toda la ría y las extensas playas de sus márgenes que se descubrían en bajamar y donde varaban muchas embarcaciones.

La solución a los problemas de la mitad inferior de la ría se consideró más urgente ya que los 5 ferrocarriles mineros de la época (Orconera, Luchana Mining, Franco-Belga, Triano y Galdames) llegaban a esa zona a descargar mineral teniendo ahí lugar el principal tráfico del puerto. El estado de la barra y de la ría en general creaban consecuentemente grandes inconvenientes al comercio. El posterior aumento de los recursos económicos de la Junta posibilitó asimismo la mejora de las condiciones en la mitad superior de la ría.

El análisis químico y el examen microscópico de las arenas que se depositaban en la desembocadura de la ría demostraron que éstas estaban compuestas fundamentalmente por fragmentos carbonatados biogénicos de origen marino local. Estas arenas que se acumulaban inicialmente en la gran playa de Las Arenas debido a la acción del oleaje, eran posteriormente arrastradas por las corrientes mareales hacia la entrada de la ría formando así los bancos de arena que constituían La Barra. Gran parte de esta arena se depositaba en la zona interior del muelle de Las Arenas formando un banco arenoso, y el resto entraba en el interior de la ría depositándose en la ensenada de Sestao y en el cauce del estuario sin llegar a remontar más de 3 kms aguas arriba. La corriente mareal vaciante volvía a arrastrar parte de estas arenas de nuevo hacia la desembocadura donde eran otra vez atrapadas por el oleaje y transportadas hasta la playa (JUNTA DE OBRAS DEL PUERTO, 1910). Por tanto, se trataba de un banco arenoso formado como consecuencia de las corrientes marinas que describían en El Abra interior un círculo cerrado. Los vientos dominantes del NW orientaban las corrientes de marea empujando los sedimentos arenosos marinos hacia el SE generando la playa de Las Arenas, antiguamente mucho más extensa. De ahí la corriente se desviaba hacia el SW prolongando el cordón litoral de arena a través de la desembocadura de la ría tendiendo a cerrarla. Las corrientes mareales de flujo y reflujo de la ría mantenían su bocana abierta, empujando la arena hacia el interior del Abra y extendiendo consiguientemente los bancos de arena mar adentro. Ahí las corrientes del NW volvían a capturar este sedimento comenzando de nuevo el ciclo (HAZERA, 1977). Como resultado de este proceso la barra exhibía grandes fluctuaciones en longitud, anchura y altura.

A partir de los estudios del material sedimentario, de los sondeos efectuados en La Barra para examinar su profundidad, y de los regímenes de vientos y corrientes, concluyó Churruca que para abrir un paso permanente y seguro a través de La Barra, era preciso favorecer esa tendencia natural de la corriente estuarina, prolongando a tal objeto el muelle de la margen izquierda hacia el exterior hasta pasar los bancos arenosos con una ligera curvatura que volviera su concavidad hacia el cauce con el fin de dirigir la corriente en dirección N y evitar así las marejadas del NW y la prolongación de los bancos de arena de la margen derecha. Dedujo además Churruca que la prolongación del muelle de la margen derecha en el mismo sentido sería perjudicial, porque a su abrigo y a favor de la corriente transversal de

marea, avanzaría allí la playa a expensas de los sedimentos de la antigua playa de Las Arenas, como ya había sucedido cuando se construyeron en los siglos pasados los muelles y la escollera que sigue a continuación (La Mojjonera). De este modo, además, se impediría la reflexión del oleaje entre ambos muelles prolongados, rompiendo directamente en la playa de Las Arenas las olas que rebasaran el nuevo muelle de Portugalete sin perjudicar al canal de entrada a la ría.

Los resultados obtenidos tras la finalización de la obra fueron muy satisfactorios ya que se pasó de 1 m de profundidad cuando comenzaron las obras en 1881, a 4.6 m de profundidad mínima tras su finalización en 1887. Este muelle prolongado favoreció asimismo la acumulación de arena en la parte superior de la antigua playa de Portugalete pero profundizando su parte interna que pasó de 2 a 4 m de columna de agua.

Con el objetivo de continuar la canalización de la ría comenzada años atrás con la construcción de los muelles de La Benedicta y de Lamiako, se hizo necesario construir un nuevo muelle en Axpe, ya que ahí la ría adquiría una gran anchura llegándose a formar una gran playa en la margen izquierda que quedaba descubierta en bajamar. El cauce original formaba una gran curva al pie del monte Axpe y presentaba en su mitad inferior un bajo de piedra conocido con el nombre de "El Fraile" donde los barcos varaban con frecuencia. Así, se adoptó para el nuevo cauce la anchura de 150 m, suficiente para la navegación, y se utilizó este bajo rocoso para cimentar el muelle transversal de una dársena de 14 ha de superficie que se construyó entre el nuevo muelle que encauzara la margen derecha de la ría y el pie del monte Axpe, con el fin de que sirviera de fondeadero a los buques que estuvieran esperando turno para cargar en las terminales de los ferrocarriles mineros. En la margen izquierda el encauzamiento lo habían ya realizado las compañías mineras, y únicamente se construyó junto a la desembocadura del Galindo una dársena de 4 ha que también sirviera de fondeadero, dejando así el cauce de la ría más despejado. Consecuentemente, en esta zona de la margen izquierda de la ría, donde antes se extendía una playa fangosa se instaló alrededor de 1880 uno de los principales centros de actividad industrial de la ría.

En la margen izquierda del fondeadero de Portugalete se habilitó una zona inundable por las mareas (dársena de La Benedicta) no sólo para posibilitar la entrada a los cargaderos del ferrocarril de Galdames, sino principalmente como desahogo para la marea entrante que enfla perfectamente por este espacio desde la embocadura de la ría.

En el invierno de 1877 a 1878 se emprendieron las obras de reforma de la curva de Eloorrieta, situada al pie del monte Cabras y por donde debían de pasar los buques que subían a los muelles de Olabeaga y Bilbao. Esta curva presentaba originalmente un radio de 180 m varando ahí frecuentemente los barcos contra las peñas que salían al pie del monte. La solución adoptada fue la apertura de un nuevo cauce, con una curva de 510 m de radio y que presentara además una anchura media de 100 m y una profundidad de 4.5 m en bajamar. Para ello se abrió con la draga un nuevo canal que cortara en 2 partes al antiguo curso de la ría cerrándose el cauce original con material rocoso arrancado del monte Cabras y con el material procedente de esta excavación.

La posibilidad de acceso hasta la Villa para los barcos estaba limitada exclusivamente a las pleamares como consecuencia de la poca profundidad que existía entre Eloorrieta y Bilbao, por lo que alrededor de 1885 se llevaron a cabo una serie de obras de mejora en la mitad superior de la ría que beneficiarán al tráfico comercial de Bilbao: 1) entre Eloorrieta y Olabeaga, donde la ría estaba ya encauzada con bastante regularidad, sólo se necesitaba un dragado general para ahondar el cauce hasta profundidades entre 3.5-4 m con respecto a bajamar; 2) entre Olabeaga y La Salve el cauce estaba obstruido por una gran masa de gra-

va y cantos, conocidos como "churros", que en algunos sitios se elevaban 1 m por encima del agua en bajamar, adoptándose la solución de rectificar el antiguo encauzamiento de la margen derecha y construir el que faltaba en la margen izquierda, dragándose además todo el canal hasta profundidades comprendidas entre 3-3.5 m por debajo de la bajamar; y 3) desde La Salve hasta el Casco Viejo, además del dragado general del cauce hasta profundidades entre 2.5-3 m, se reformó y ensanchó la violenta y estrecha curva de La Salve, construyendo muelles en ambas márgenes con una anchura suficiente (95 m) para que los grandes vapores que llegaban hasta Bilbao pudieran dar la vuelta en esa zona.

A continuación surgió la necesidad de construir en El Abra un antepuerto que además de servir para abrigo de la embocadura de la ría donde se dejaban sentir los fuertes temporales, constituyera un puerto mercantil y de refugio donde pudieran fondear los mayores buques comerciales y militares, y proporcionara además nuevos mercados a la industria y minería locales. El Abra de Bilbao por su extensa superficie, gran profundidad y ausencia de bajos rocosos, se prestaba bien a la creación de un puerto exterior. Esta colosal obra consistió en un rompeolas principal de 1450 m de longitud directamente expuesto a las mareas dominantes y que arrancaba de la costa occidental del Abra a 1600 m del extremo del extendido muelle de Portugalete, y de un contramuelle de 1072 m de longitud, que partiendo de la punta de La Begoña en la costa oriental del Abra, y en dirección W, formaba con el extremo de aquél la embocadura del puerto. Este queda casi perpendicular a las corrientes dominantes y protegido de su acción directa, generando una superficie total de puerto protegido de 300 ha de superficie. El Rompeolas comenzó a construirse en 1891 pero los grandes temporales que golpearon las obras en noviembre 1893 y diciembre 1894, fueron destrozando parte de lo construido. El Contramuelle se finalizó en 1903 y en 1905 se acabaron las obras en el Rompeolas. La construcción de este Contramuelle de Algorta supuso la paralización definitiva de la corriente del NW y la retención de su flujo de arena, que actualmente ya no tiene acceso a la boca de la ría y que se acumula nutriendo exclusivamente la playa de Ereaga. En consecuencia, esta obra produjo la desaparición de la gran playa de Las Arenas cuyo último reducto se encuentra adosado al muelle de Las Arenas (Muelle de Churruca). Durante este tiempo se construyeron también las obras de defensa de la playa de Las Arenas (Paseo del Muelle de Las Arenas) y las de defensa de la costa de Algorta.

Posteriormente para construir el muelle de atraque al abrigo del Rompeolas se levantaron en 1907 una serie de muros que recorrían paralelamente la costa rocosa entre Portugalete y Santurtzi, y cuyo espacio intermedio fue rellenado de material y terraplenado con el fin de construir los accesos necesarios para el puerto exterior. De este modo desaparecieron la antigua playa de Portugalete y el puerto pesquero de Santurtzi situado en el espacio que hoy ocupa el Parque de esta localidad.

Otro gran proyecto ideado en los años 30 fue la desviación de la ría por la vega de Deusto, que pretendía corregir el cauce fluvial permitiendo así que los grandes buques de la época atracaran en los muelles urbanos (Uribitarte, Abando, etc). Este proyecto denominado "Canal de Deusto" contemplaba inicialmente el cierre del cauce original de la ría formándose una dársena en Olabeaga y abriendo otro curso de agua en San Inazio que uniría las zonas inferior y superior de la ría. Problemas económicos iniciales y la Guerra Civil y sus consecuencias posteriores impidieron que el proyecto se llevara a cabo antes de los años 60, entrando finalmente en servicio en 1968 pero únicamente como dársena abierta aguas abajo en San Inazio. Sin embargo, la idea no parece haber sido abandonada completamente y así, el nuevo Plan General de Ordenación Urbana de Bilbao (presentado en 1992) contempla la prolongación aguas arriba del Canal de Deusto hasta convertir Zorrozaurre en una isla artificial.

Por último, la instalación en San Julián de Muzkiz de la Refinería de Petróleo determinó para su funcionamiento la construcción del Espigón de Punta Lucero dedicado al atraque de grandes petroleros. Esta obra finalizó en 1977, pero su enorme desembolso económico obligó a posponer la construcción completa del también inicialmente previsto Contradique de Punta Galea, que se encuentra sumergido en el margen derecho del Abra exterior.

Puerto Autónomo de Bilbao

Actualmente existe un Proyecto de Ampliación del Puerto en El Abra exterior que pretende, en su primera fase, la creación de una nueva zona portuaria en el margen izquierda de El Abra entre Zierbena y el actual dique-rompeolas de Santurtzi, ganando terrenos al mar para la ubicación de nuevos muelles y superficies portuarias. Este proyecto incluye la construcción de un dique en escollera de unos 3500 m de longitud, quebrado en 3 alineaciones, que arrancaría en las proximidades de Zierbena y un contradique recto de 1400 m de longitud que partiría del actual Dique de Santurtzi, creando una boca de acceso a esta nueva zona de aguas abrigadas de 700 m de anchura. Se prevé también la ocupación, con una anchura media de 65 m, de la franja costera entre el dique de Zierbena y el arranque del actual rompeolas de Santurtzi, con el fin de unir las dos partes de las obras y crear una dársena en su interior de 4.2 millones de m² de superficie.

Desde un punto de vista geológico, el impacto más notable que producirían estas obras sobre el medio terrestre vendría representado, en primer lugar, por la enorme explotación de la cantera de Punta Lucero con el fin de obtener 16 millones de m³ de roca caliza para rellenos y fabricación de hormigón, y en segundo lugar, por la destrucción de los acantilados entre Zierbena y Santurtzi, que quedarían aislados del mar.

Sin embargo, es el dominio marino el que sufriría la agresión más importante, a pesar de que el Proyecto se ubique en una zona ya ambientalmente degradada. La construcción de esta infraestructura, que se pretende sea la de mayor envergadura dentro del sistema portuario del Estado, supondría, junto con la estructura portuaria ya existente en Santurtzi, la ocupación física de aproximadamente la mitad de la superficie del Abra, y la reducción de su anchura efectiva a casi un tercio de sus dimensiones originales.

Según el estudio geofísico llevado a cabo en El Abra por el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona (en ITSEMAP S.A., 1990) la sedimentación reciente en esta zona está fuertemente condicionada por el impacto que supuso la construcción del dique de Punta Lucero y del espigón sumergido de Punta Galea. Consecuentemente, se puede suponer que la realización de este proyecto, cuya 2ª fase no ha sido presentada aún públicamente aunque se estima no finalizará antes de la segunda década del próximo siglo, y cuyas dimensiones son enormemente más grandes que las obras anteriormente citadas, tendrá unas repercusiones importantes sobre los procesos sedimentarios en el sistema de El Abra. El cambio en la intensidad y modelo de las corrientes marinas en el área, así como la refracción del oleaje producida por la nueva estructura proyectada permitiría esperar cambios morfológicos y granulométricos, por ejemplo, en las vecinas playas de Arrigunaga y Ereaga.

Desde el inicio del siglo XX, sobre las márgenes de la Ría del Nervión y los diversos ríos menores que vierten a ella se ha ido asentando una gran urbe metropolitana con una actividad industrial muy diversificada, por lo que sus aguas reciben efluentes domésticos e industriales muy variados, que en su mayoría son aún arrojados por la tubería directamente a este medio. Como consecuencia, las aguas de la ría se caracterizan por presentar unas bajísimas concentraciones de oxígeno disuelto, altos contenidos en nutrientes y materia orgánica, unas

condiciones de extrema acidez, y además unas elevadas concentraciones en metales pesados que tienden a depositarse en los sedimentos del fondo.

Según un estudio realizado en 1988 por el Consorcio de Aguas del Gran Bilbao, los sedimentos marinos en la zona de El Abra presentan un pH ácido, son de carácter anaeróbico y muestran altas concentraciones en metales pesados, concluyendo que todo el Abra está afectada por la contaminación proveniente de la Ría. En la Tabla 1 se muestran los valores del contenido en metales pesados de los sedimentos de El Abra de Bilbao (Puerto de Santurtzi y Punta Lucero), obtenidos por distintos organismos públicos locales y Greenpeace, y se comparan con el Fondo Geoquímica Regional para la cuenca del Nervión-Ibaizabal establecido por Seebold y colaboradores en 1982. Este Fondo Geoquímica Regional corresponde al contenido en estos metales pesados que se encuentra encerrado en las rocas de la cuenca drenada por el río Nervión y sus tributarios, y puede ser asimilado a un nivel de contaminación cero. El análisis de todos estos datos permite concluir que los sedimentos marinos de El Abra se encuentran enormemente contaminados por metales pesados. Las mayores concentraciones se registran en El Abra interior, donde se detecta un giro en sentido horario de la corriente vaciante como consecuencia del efecto producido por el Contradique de Algorta, y posteriormente en la orilla izquierda de El Abra exterior por el efecto de abrigo que ejerce el Dique de Punta Lucero a esta misma corriente vaciante que sale por la orilla derecha pero que parcialmente realiza un giro antihorario encauzada por el Dique sumergido de Punta Galea. La influencia de los metales pesados presentes en este medio se hace sentir incluso a 200 m de profundidad en la plataforma marina interna frente a la salida de la Ría (GUERRERO et al., 1988), como consecuencia además de los continuos vertidos de material dragado en el sistema que, sin ningún tipo de tratamiento previo, lleva a cabo el Puerto Autónomo de Bilbao a unas 3 millas fuera de El Abra exterior.

Las características geológicas de los fondos donde se proyecta construir la Ampliación del Puerto de Bilbao exigirían la realización de un dragado previo a su construcción de hasta 5 m de profundidad, tanto de cara a la cimentación de sus estructuras como para obtener el calado mínimo deseado de -21 m en toda la zona. El volumen total de dragado previsto es de 3 millones de m³ de fangos y limos, que como hemos visto anteriormente están peligrosamente contaminados en metales pesados. Esta actividad provocaría un incremento notable en la turbidez del agua, liberando además al medio numerosos compuestos tóxicos que se encuentran actualmente estabilizados en el fondo. La realización de diques, muelles y rellenos generaría también efectos similares, provocando la resuspensión de sedimentos marinos.

El Estudio de Impacto Ambiental de este proyecto, llevado a cabo por la empresa ITSEMAP S.A. (1990), reconoce que se requeriría un periodo de tiempo dilatado para recuperar de nuevo el equilibrio (sin precisar cuánto) y cataloga este impacto como el más severo de toda la obra. Admite a continuación que no se dispone de un estudio específico sobre transporte y dispersión de contaminantes en el área. Asimismo contempla la posibilidad de transmisión a lo largo de la cadena trófica de sustancias tóxicas, cuyo impacto se considera severo debido a las características de los materiales a dragar y al hecho de que pudieran transmitirse al pescado que se captura de forma artesanal en la zona litoral dentro del área de influencia de la Ría.

Por último, durante la fase de explotación de las instalaciones proyectadas sería necesaria una intensificación de los dragados de mantenimiento que ya se realizan habitualmente en el área portuaria de Santurtzi. La dársena que se generaría según el proyecto de ampliación sería una zona muy protegida, en régimen de semiconfinamiento. En ésta entrarían materiales transportados fundamentalmente por la corriente vaciante de la Ría, hacia la que se

abre su bocana, produciéndose una alta tasa de sedimentación de material fino altamente contaminado que requeriría continuas labores de dragado, teniendo en cuenta la profundidad actual de la zona (media de 22 m) y el calado de los barcos que se pretende accedan a la dársena (20 m).

2. Actividad industrial

A pesar de los problemas técnicos que presenta la construcción sobre un sedimento insuficientemente consolidado, la industria ha colonizado las grandes superficies llanas y pantanosas de las marismas holocenas en la Ría de Bilbao al encontrarlas más fáciles de ocupar que las fuertes pendientes del valle no afectadas por la influencia marina. Como hemos visto anteriormente, en el mismo Bilbao la zona portuaria situada en ambas orillas de la ría se ha instalado sobre una marisma, del mismo modo que lo han hecho las fábricas desde Deusto hasta Elorrieta (zona del Canal de Deusto). Tras el estrechamiento de la ría en Rontegi, todas las instalaciones de Altos Hornos de Vizcaya y los diferentes astilleros ubicados en la zona han aprovechado la gran marisma de la margen izquierda, mientras que en la orilla opuesta, la marisma de Lamiako ha conservado mejor su carácter original.

A modo de herencia moderna de las antiguas ferrerías, se instala en 1848 la "Fábrica de Fundiciones Santa Ana" de Bolueta, el primer alto horno sobre el río Nervión, cerca de La Peña. Posteriormente, en 1859, se emplaza en Barakaldo la "Fábrica de Nuestra Señora del Carmen". En 1882 se constituye como sociedad anónima la empresa "Altos Hornos y Fábrica de Hierro y Acero de Bilbao" propietaria de la fundición de Barakaldo, de varias minas en Retuerto y de terrenos ganados a la ría en Sestao y Barakaldo. Antes de que finalizara el siglo pasado se habían instalado otras fábricas relacionadas con la industria siderometalúrgica como "La Iberia" en Sestao, "La Vizcaya" y "Santa Agueda" en Barakaldo, propiedades de la "Sociedad de Metalurgia y Construcciones La Vizcaya". Tras un período de trabajo en competencia estas empresas se unen en 1902 para constituir la actual "Altos Hornos de Vizcaya S.A.". A partir de este momento comienza en la cuenca del Nervión la era de las grandes fábricas siderúrgicas integradas que se localizaban en las proximidades de los yacimientos de mineral de hierro (ALMUNIA, 1975). Hoy en día alrededor del estuario y sus tributarios se asientan innumerables empresas pertenecientes a todas las ramas de la industria (químicas, papeleras,...).

Actualmente la concentración en metales pesados en el agua de la ría supera ampliamente los valores recomendados por la E.P.A. (Environmental Protection Agency, U.S.A.) para zonas estuarinas. La mayoría de estos metales pesados precipitan y se depositan en el sedimento del fondo. Según el estudio de impacto ambiental elaborado por ITSEMAP S.A. (1990) el tramo de la ría más contaminado (alto contenido en metales pesados, valores mínimos de oxígeno disuelto, valores máximos de amoníaco, fenoles y cianuros) se sitúa entre la desembocadura del río Asua (Lutxana-Erandio) y el Puente de Portugalete, provocando la ausencia total de vida animal y la inhibición de las bacterias nitrificantes en el sedimento.

A lo largo de la ría, desde el Casco Viejo hasta el Puente de Portugalete, el sedimento del fondo presenta un marcado carácter anóxico, exhibe valores del pH ácidos particularmente bajos río arriba y su contenido en finos (<100mm) aumenta paulatinamente conforme descendemos hacia la desembocadura. Las concentraciones de metales pesados en los sedimentos son muy superiores a aquéllas detectadas en la columna de agua, apareciendo contenidos muy altos en Pb, Cd, Zn, Cu, As y Hg con una distribución espacial compleja (Tabla 1).

| Estaciones | Cd | Pb | Cu | Zn | Cr | Ni |
|------------------|-----|------|------|------|-----|----|
| El Arenal | 6 | 267 | 342 | 2180 | 924 | 60 |
| La Salve | 10 | 298 | 372 | 2430 | 782 | 58 |
| Deusto | 10 | 275 | 244 | 1600 | 157 | 34 |
| Olabeaga | 0.2 | 62 | 85 | 424 | 23 | 20 |
| Canal de Deusto | 54 | 876 | 562 | 5260 | 340 | 62 |
| Elorrieta | 8 | 184 | 171 | 978 | 166 | 29 |
| Zorroza | 4 | 143 | 117 | 678 | 14 | 28 |
| Desemboc Asua | 142 | 1600 | 1070 | 2380 | 100 | 33 |
| Desemboc Kadagua | 29 | 683 | 450 | 1850 | 128 | 41 |
| Erandio | 13 | 371 | 300 | 1480 | 179 | 31 |
| Simondrogas | 10 | 211 | 328 | 1330 | 145 | 35 |
| Axpe | 114 | 1800 | 1990 | 5160 | 315 | 52 |
| Lamiako | 73 | 1060 | 916 | 3140 | 194 | 29 |
| La Benedicta | 64 | 885 | 667 | 3370 | 211 | 29 |
| Portugalete | 19 | 1390 | 501 | 1850 | 166 | 20 |
| Puerto Santurtzi | 40 | 538 | 467 | 2660 | 152 | 25 |
| Punta Lucero | 78 | 1808 | 614 | 2293 | 198 | — |
| FGR | 2 | 42 | 38 | 60 | 75 | 60 |

Tabla 1. Metales pesados (en ppm) contenidos en los sedimentos de la Ría de Bilbao (tomado de GOBIERNO VASCO et al., 1985; CONSORCIO DE AGUAS, 1989 y GREENPEACE, 1991) y comparados con el Fondo Geoquímica Regional de SEEBOLD et al. (1982).

Por otra parte, en la zona de El Abra, concretamente en la Playa de Arrigunaga (además de en Tunelboka y Azkorri, inmediatamente fuera del sistema estuarino) aparecen sedimentos de tipo beach-rock (playa cementada). Estos materiales arenosos sub-actuales se encuentran ligeramente cementados por aragonito como consecuencia de un proceso diagenético característico de ambientes marinos someros y de áreas vadoso-marinas (García-Garmilla, 1990). La presencia en estas rocas semiconsolidadas de fragmentos de vidrio y ladrillos de construcción sugiere una edad de formación muy reciente. El origen de este proceso parece encontrarse en los vertidos de escorias de fundición altamente enriquecidas en carbonato procedentes de la industria local del hierro y que se han venido efectuando a la salida de El Abra desde comienzos de siglo. La distribución de estos vertidos industriales por las corrientes marinas ha provocado la aparición de este fenómeno observable exclusivamente en este área litoral (Diputación Foral de Bizkaia, 1990).

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 Don V. Sancho (LABEIN), que ha posibilitado el acceso al material estudiado en el sondeo ELI, y a Don J.R. Marinabeitia (IMEBISA), que amablemente ha prestado todo tipo de facilidades para la obtención de información y material de los sondeos del Metro de Bilbao.

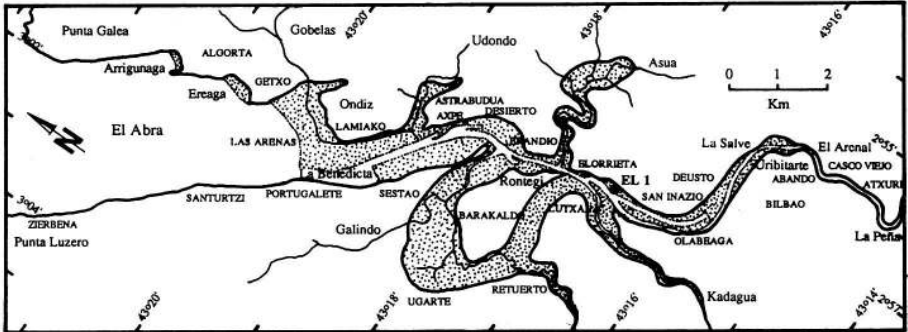


Figura 1. Localización geográfica y morfología de la Ría de Bilbao.

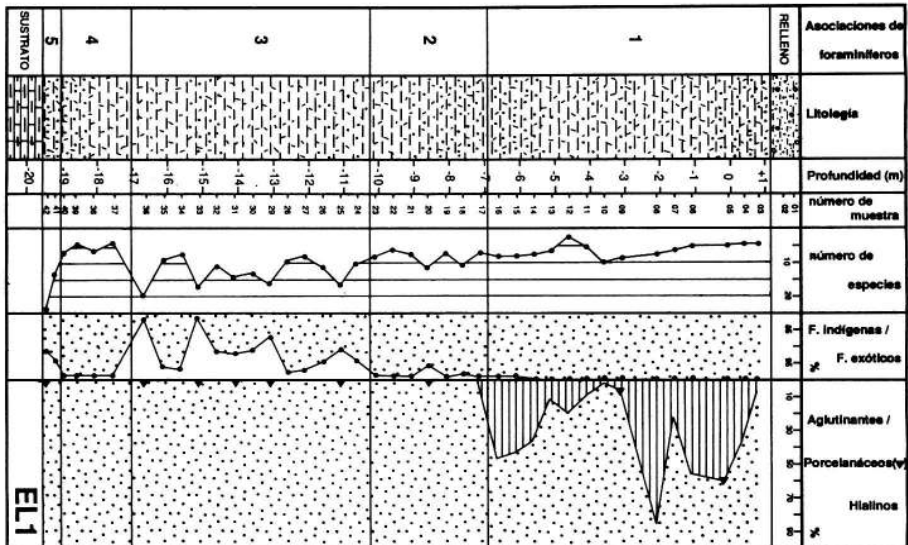


Figura 2. Relleno sedimentario holoceno a lo largo de la Ría de Bilbao.

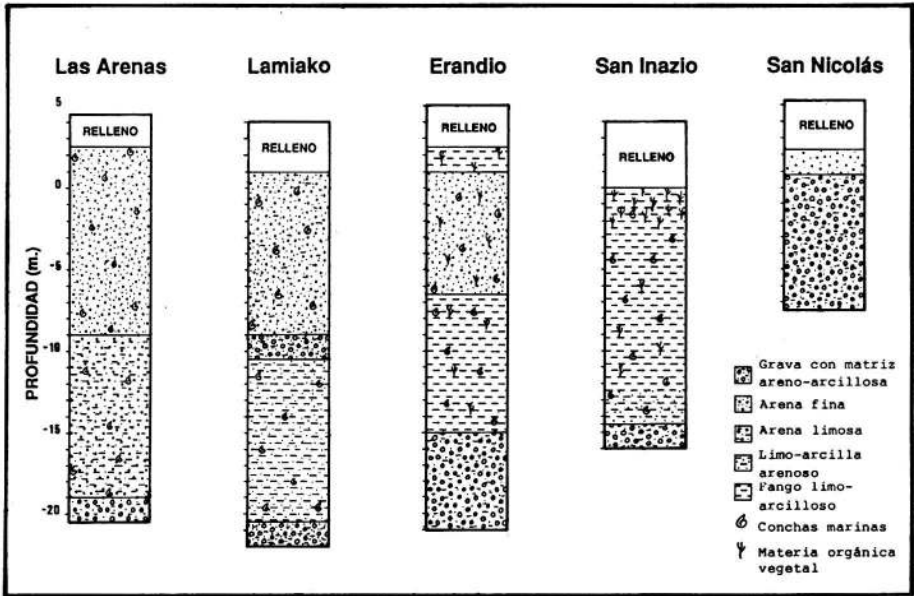


Figura 3. Análisis micropaleontológico de la secuencia sedimentaria correspondiente al sondeo EL 1 (Elorrieta, Ría de Bilbao) (Tomada de CEARRETA, 1992c).

BIBLIOGRAFIA

- ACEDO, J.A. (1975).- *La construcción naval*. Caja de Ahorros Vizcaína, Colección Temas Vizcaínos, 4, 1-54. Bilbao.
- ALMUNIA, J. (1975).- *Antigua industria del Hierro*. Caja de Ahorros Vizcaína, Colección Temas Vizcaínos, 12, 1-52. Bilbao.
- CALLE, E. (1977).- *Churruca y el Abra*. Caja de Ahorros Vizcaína, Colección Temas Vizcaínos, 26, 1-54. Bilbao.
- CEARRETA, A. (1992a).- El Puerto de Bilbao y el medio natural en El Abra del Nervión, *Bizia*, 10, 20-25. Bilbao.
- CEARRETA, A. (1992b).- Palaeoenvironmental interpretation of Holocene coastal sequences in the southern Bay of Biscay. *Geologische Rundschau*, (en prensa). Marburg.
- CEARRETA, A. (1992c).- Ecostratigrafía (foraminíferos bentónicos) del relleno estuario holoceno en el litoral vasco (Golfo de Bizkaia). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* (en prensa). Milano.
- CEARRETA, A; EDESOS, J.M. y UGARTE, F.M. (1991).- *Cambios en el nivel del mar durante el Cuaternario reciente en el Golfo de Bizkaia*. In: Cearreta, A. y Ugarte, F.M. (Editores), *Late Quaternary in the Western Pyrenean Region*. Servicio de Publicaciones UPV/EHU, 57-94. Bilbao.
- CONSORCIO DE AGUAS (1989).- *Chequeo y afino del modelo matemático del estuario del Nervión y para el seguimiento del estudio oceanográfico del Abra y su entorno (7988)*. 2 volúmenes y 4 anexos. Bilbao (inédito).
- DIPUTACION FORAL DE BIZKAIA (1990).- *Puntos de interés geológico de Bizkaia*. Gráficas Rontegi, 1-270. Bilbao.
- DORAO, J. (1977).- *El futuro Puerto de Bilbao*. Caja de Ahorros Vizcaína, Colección Temas Vizcaínos, 28, 1-54. Bilbao.
- ECHEVARRIA, J.D. y ZUBIMENDI, D. (1975).- *El Abra, ayer*. Diputación Foral del Señorío de Vizcaya, 1-308. Bilbao.

- GARCIA-GARMILLA, F. (1990).- Diagénesis de las arenitas: ejemplos del Cretácico, Terciario y Cuaternario de la zona de Bilbao. *Kobie*, 19, 8.5103. Bilbao.
- GARCIA-MERINO, L.V. (1981).- Ria, Puerto exterior, Superpuerto. Tres etapas en la proyección de Bilbao hacia el mar. *Lurralde*, 4, 129-165. Donostia.
- GOBIERNO VASCO, DIPUTACION FORAL DE VIZCAYA y CONSORCIO DE AGUAS DEL GRAN BILBAO, (1985).- *Estudio oceanográfico del Abra de Bilbao y su entorno*. Bilbao (inédito).
- GREENPEACE (1991).- *Verter con otro nombre*. Grafisch Centrum, 1-68. Amsterdam.
- GUERRERO, J.; RODRIGUEZ, C. y JORNET, A. (1988).- Estudio de metales pesados en aguas y sedimentos superficiales en las costas cantábrica y gallega. *Informes Técnicos de/ Instituto Español de Oceanografía*, 64, 1-16. Madrid.
- GUZMAN, D. (1979).- *El Consulado de Bilbao*. Caja de Ahorros Vizcaína, Colección Temas Vizcaínos, 53, 1-54. Bilbao.
- HAZERA, J. (1968).- La región de Bilbao et son arrière-pays: Etude géomorphologique. *Munibe*, XX, i-358. Donostia.
- HAZERA, J. (1977).- *Historia de la Ria de Bilbao en la Era Cuaternaria*. Caja de Ahorros Vizcaína, Colección Temas Vizcaínos, 25, 1-54. Bilbao.
- 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 volúmenes. Bilbao.
- JUNTA DE OBRAS DEL PUERTO DE BILBAO (1910).- *Churruca y el Puerto de Bilbao (Apuntes biográficos, Antecedentes históricos y Resumen descriptivo de las obras de mejora de la Ria y Puerto de Bilbao)*. Imprenta Emeterio Verdes, 1-165. Bilbao.
- OSSA, R. (1986).- *Sir Ramón de la Sota y el Puerto de Bilbao*. Caja de Ahorros Vizcaína, Colección Temas Vizcaínos, 143, 1-62. Bilbao.
- PRITCHARD, D.W. (1967).- What is an estuary: physical viewpoint. In: Lauff, G.E. (Ed.), *Estuaries*, American Association for the Advancement of Science, Publication 83,3d, Washington D.C.
- SEEBOLD, I.; LABARTA, C. y AMIGO, J.M. (1982).- Heavy metals in the sediments of the Bilbao estuary. In: Albaiges, J. (Editor), *Analytical techniques in Environmental Chemistry*, Pergamon Press, 459-463. Oxford.