

FICHA DESCRIPTIVA DE LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO "GEOSITE"		Código Geosite: CB007		
		Código LIG: CV015		
Denominación del lugar	Estuario y litoral de Urdaibai.			
Contexto en el que se enmarca (2)	2. Costas de la Península Ibérica.			
Unidad geológica (2)	7. Depósitos y formas de modelado costeros y litorales.			
Dominio geológico (2)	11. Cordillera y Cuenca Vasco-Cantábricas.			
Interés principal	Geomorfológico			
Localización	Comunidad Autónoma: País Vasco			
	Provincia(s): Bizkaia			
	Municipio(s): Mundaka, Ibarangelua, Gaategiz-Arteaga, Kortezubi, Murueta, Forua, Gernika-Lumo			
	Paraje(s): Costa de Bizkaia entre Matxitxako y Ogoño			
	Hojas 1:50.000: 38-62 (Bermeo-Gernika)			
	<b>Coordenadas (3)</b>			
	UTM ETRS89	X: 525.939,77	Y: 4.802.686,94	Huso: 30
	En caso de que sea aconsejable mantener la <b>confidencialidad</b> del lugar, ocultando sus coordenadas, indíquese con una equis (x)			<input type="checkbox"/>
	Cota mínima: 0 m	Cota máxima: 5 m	Superficie (ha): 1231,02	
	Exposición (4): Acantilados y línea de costa	Tipo de lugar (5): estuario		
Cronoestratigrafía	del rasgo: Cuaternario			
	del encajante: Cretácico			
Descripción del interés principal	<p><b>Introducción.</b></p> <p>El geosite "Estuario y litoral de Urdaibai" se ubica en la costa vizcaína y fue declarado Reserva de la Biosfera en 1984, RAMSAR site en 1992, LIC y ZEPA en 2004 y ZEC en 2013, localizado entre los municipios de Bermeo y Elantxobe y próximo a la villa de Gernika, con una longitud total del estuario de 12 km (Geozona GZ Urdaibai definida en el proyecto Geoturismo Sostenible de la CAPV-2011, Figura 1). Comprende tres unidades fundamentales, el litoral acantilado (de naturaleza erosiva), playas arenosas y de cantos encajados como las de Laga, Harribolak, Ondartzape o Aritxatxu y el estuario del río Oka (de naturaleza sedimentaria), y cuenta con un conjunto de elementos litorales relevantes de edad pleistocena, holocena y antropocena que permiten caracterizar una parte sustancial de los procesos cuaternarios típicos de una costa inundada acantilada sujeta a la acción de las mareas y el oleaje. Algunos de estos elementos característicos han sido catalogados individualmente dentro del Inventario de Lugares de Interés Geológico (LIGs) de la Comunidad Autónoma del País Vasco (2013).</p> <p>La plataforma más interna cercana al litoral está cubierta por un cinturón de rocas, extensión de los materiales existentes en los acantilados. La continuidad de este sustrato es interrumpida por la presencia de bocanas fluvio-estuarinas como la del estuario del Oka (Rey y Mendialdea, 1989). Hacia el mar la plataforma está cubierta por sedimentos arenosos (Rey y Sanz, 1982). Los estudios geofísicos realizados en la plataforma adyacente a la costa vasca indican que sobre ella existen valles fluviales sumergidos rellenos de sedimentos cuaternarios (Iberinsa, 1992 y 1994). La costa vasca presenta áreas montañosas adyacentes al litoral, estuarios y pequeñas playas encajadas rodeadas de acantilados relativamente altos (entre 20 y 200 m) que constituyen más del 70 % de la costa. Su longitud total es de unos 150 km, de los cuales 21 Km están asociados a playas arenosas encajadas (<i>pocket beaches</i>) como las señaladas de Laga, etc (Figura 2). La mayoría de las mismas están ligadas a los cuerpos arenosos adyacentes a la plataforma que son modelados por la acción del oleaje (Pascual et al, 2004). Los acantilados son erosionados constantemente por el oleaje y este proceso da lugar a la aparición de plataformas de abrasión a lo largo de la costa. La disposición de</p>			

la estratificación de los materiales controla la morfología costera: cuando es perpendicular a la línea de costa se facilita la formación de bahías, mientras que cuando es paralela la costa adquiere una forma rectilínea con una plataforma de abrasión bien desarrollada (Portero et al, 1991). Otra característica de esta costa es la presencia de pequeños (<1 km de ancho) valles colgados que desembocan a unos 10-30 m por encima del nivel marino actual dando lugar a cascadas sobre los acantilados. Otros valles son de mayores dimensiones (2-3 Km) y están bloqueados por playas de cantos (Portero et al, 1991). Las variaciones del nivel del mar acaecidas a lo largo del Cuaternario han sido las responsables de las diversas morfologías costeras. Los valles fluviales fueron inundados por el mar y convertidos en rías que presentan una circulación estuarina tras el último cambio climático (hace 11.500 años) y que, consecuentemente, están siendo rellenados con sedimentos de origen marino, estuarino y continental. Asimismo, es posible observar una serie de estructuras relictas como plataformas de abrasión elevadas (rasas) que son indicadoras de reestructuraciones tecto-eustáticas ocurridas a lo largo del Cenozoico (Pascual et al, 2004).

### **Generalidades sobre el estuario del Oka y su litoral.**

La cuenca del Oka que vierte al estuario del mismo nombre constituye una de las siete cuencas hidrográficas principales de Bizkaia y se puede dividir en varias subcuencas: la correspondiente al río Oka, la del río Golako, la del río Mape, la de Muxika (Ugarte), la de Oma y la de Kanpantxu (Berrekondo). Otros cauces desembocan directamente en el Mar Cantábrico y, aunque son independientes, se encuentran dentro del área delimitada como Reserva de la Biosfera de Urdaibai (219,16 Km<sup>2</sup>). Son los arroyos Artigas (17,76 Km<sup>2</sup>), Laga (7,16 Km<sup>2</sup>) y otros más pequeños (11,03 Km<sup>2</sup>) (Eraso et al, 2001). El río Oka es el eje principal del área de estudio, nace a 450 m de altitud y recoge las aguas de numerosos tributarios. Al igual que la mayoría de los cauces de esta cuenca, el río Oka se caracteriza en su tramo inicial por fuertes pendientes y una intensa acción erosiva. Aguas abajo, en su curso medio, sus pendientes son moderadas, la competencia del flujo es menor y desarrolla llanuras de inundación que actualmente están más o menos urbanizadas. El río Golako nace en el monte Oiz a 500 m de cota, discurre en la dirección sur-norte y tras 14 km vierte sus aguas al estuario. Discurre muy encajado en su cabecera y forma un amplio valle a partir de Elexalde (Arratzu). En términos de caudal se estima que presenta un caudal medio 20% menor que el del río Oka (Iñaki Arrate, comunicación personal). El río Mape nace en el monte Sollube, a unos 600 m de altitud, y está situado al oeste del geosite. Discurre perpendicular al estuario y presenta un importante encajamiento hasta llegar a su desembocadura en el barrio de San Kristobal (Busturia). Las cuencas de Muxika (Ugarte), que discurre en la dirección oeste-este, y la de Kanpantxu (Berrekondo), de dirección sur-norte, se ubican en la parte sur de la cuenca y son tributarias del río Oka. La de Oma, en cambio, vierte en el margen este del estuario junto al límite de la canalización artificial del Oka y parte de su recorrido lo realiza de manera subterránea desde el sumidero de Bolunzulo hasta la surgencia de Olalde. Desde el año 1998, existe una estación de aforo en Muxika situada a cota 20 m, que controla una cuenca de drenaje de 31,56 Km<sup>2</sup>. En la misma se han registrado valores de caudales medios para el río Oka de 0,644 m<sup>3</sup>/s, con mínimos de 0,050 m<sup>3</sup>/s (9/IX/2006) y máximos de 20,891 m<sup>3</sup>/s (26/VIII/2002) para el período comprendido entre los años hidrológicos 1998-99/2013-14. La respuesta de la escorrentía a la precipitación en todas estas subcuencas es muy rápida, lo cual indica que los cauces fluviales regulan muy poco el volumen de agua aportado a la cuenca. Los registros de la estación de aforos de Muxika señalan que desde el momento en que la precipitación tiene lugar, en menos de 3 horas e incluso antes y dependiendo del estado de saturación de los suelos, se produce un aumento de caudal en los cauces fluviales que paulatinamente va decreciendo en función de la cantidad de lluvia aportada. Este proceso da lugar a que, cuando la precipitación es intensa, los cauces fluviales ocupen sus llanuras de inundación parcialmente urbanizadas y se produzcan “desastres naturales”, como ocurrió en el año 1983 o, más recientemente y en menor medida, en el año 2002. Así, bajo estas circunstancias, llegan al estuario volúmenes importantes de agua dulce, que pueden producir una leve estratificación, y de sólidos en suspensión que en parte

son exportados fuera del estuario. En ausencia de datos de caudal para las demás subcuencas, es posible realizar una extrapolación basada en el área de drenaje de la cuenca monitorizada en relación con la superficie total de la cuenca del Oka. De esta manera, es posible afirmar, que el caudal medio superficial aportado por la cuenca es de unos 3,74 m<sup>3</sup>/s, extremadamente inferior al prisma mareal medio que corresponde a 6 x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Por su orientación y posición, la costa vasca está expuesta a fuertes oleajes del cuarto cuadrante como consecuencia de la formación y evolución de las bajas presiones noratlánticas. Este oleaje (mar de fondo del noroeste) es el más común en el área de estudio y persiste en situaciones de calma local e incluso con vientos fuertes y relativamente continuos de direcciones netamente diferentes. Durante la época estival predomina en la costa cantábrica el régimen de brisas y la circulación de vientos del noreste. Ocasionalmente, puede formarse oleaje del noreste que en el caso de la costa vasca, por encontrarse en la parte más oriental del Cantábrico, es de escasa relevancia ya que el *fetch* asociado (distancia que recorre el oleaje desde su lugar de procedencia hasta llegar a la costa) es muy reducido. El régimen de oleaje para la costa vasca a profundidades indefinidas presenta en las direcciones de procedencia cercanas al noroeste (entre oeste-noroeste y norte-noroeste) oleajes que se encuentran agrupados en dos tipos principales: oleaje tipo "swell" (mar de fondo) con periodos altos, y oleaje tipo "sea" (o mar de viento) con periodos bajos. En el resto de las direcciones el único oleaje existente es el tipo "sea": El verano (junio-agosto): época en la que predominan los periodos bajos, con un máximo de ocurrencia en torno a los 9 s, y los periodos superiores a 10 s no llegan al 25%. Además, las alturas de ola son pequeñas, no superándose los 2 m de altura más de un 10% del tiempo. El invierno (diciembre-febrero): época en la que predominan los periodos altos con un máximo de ocurrencia en torno a los 13 s, y los periodos inferiores a 10 s no llegan al 20%. Las alturas de ola son importantes superándose los 2 m más del 50% del tiempo. Las otras dos estaciones (primavera y otoño) presentan valores intermedios a las anteriormente descritas debido tanto a que en ellas existen meses que tienen un clima más parecido a la estación diferenciada más cercana, como a que son épocas de transición en las que se combinan periodos de calma con tormentas típicas de invierno.

Respecto a la marea, la costa vasca se define como meso-macromareal (Davis, 1964) y su onda mareal es de carácter semidiurno (12 h 24 min). La onda mareal se introduce desde el oeste incrementando su altura hacia el este. Posteriormente, progresa hacia el norte a lo largo de la costa oeste francesa (Instituto Hidrográfico de la Marina, 1992). El rango mareal medio en mareas muertas se encuentra alrededor de 1,5 m. En mareas vivas, en cambio, es de 4 m (Iribar e Ibáñez, 1979). El rango anual máximo, sin embargo, sobrepasa los 4,5 m durante las mareas vivas equinocciales de marzo y septiembre (Instituto Hidrográfico de la Marina, 1992). En el estuario del Oka, debido a la morfología del lecho estuarino, el ciclo mareal es asimétrico siendo la fase de flujo menor que la fase de reflujos, especialmente durante las mareas vivas (Ruiz et al, 1994). Este proceso da lugar a que se produzcan corrientes más intensas durante la llenante y una mayor duración de la bajamar.

#### **Relación histórica entre el estuario y el ser humano que afectan a la dinámica sedimentaria.**

Los primeros datos contrastados de la interacción del ser humano con el litoral se sitúan en la Prehistoria. La recolección de moluscos marinos comienza en épocas muy tempranas, tanto con una finalidad estética como por razones alimenticias. En los niveles del Dryas antiguo de Antoliñako Koba (Urdaibai, 18.800-17.500 años BP), y más concretamente durante el mínimo climático del 18.000 años BP, se desarrollan nuevas estrategias de subsistencia como complemento a la caza de ungulados, entre ellas la explotación de moluscos marinos y la pesca de salmónidos (Aguirre et al, 2000). En los niveles paleolíticos de la cueva de Santimamiñe (Urdaibai) aparecen algunas muestras (16.300-11.500 años BP) de *Littorina obtusata* perforadas y utilizadas como colgante o elemento ornamental (Barandiarán, 1962; comunicación oral de Juan Carlos López Quintana relativa a

las campañas de excavación de la cueva de Santimamiñe 2004-2006). La presencia de *Littorina obtusata* en estos yacimientos prehistóricos se debe a su uso como elemento ornamental (Imaz, 1990). Posteriormente, las estrategias de subsistencia epipaleolíticas se basaron en la explotación de toda la gama de recursos que ofrece un territorio y los grupos humanos se definen como cazadores y recolectores intensivos de amplio espectro. En este contexto es cuando realmente se confirma en el estuario del Oka la explotación sistemática e intensiva de los recursos malacológicos, advirtiéndose que el principal ecosistema recolectado es el estuarino. En el tramo meso-superior de la estratigrafía de Santimamiñe se desarrolla un conchero o depósito donde predominan las conchas sobre el resto de los componentes sedimentarios. En la campaña original de excavación del año 1921, se llevó a cabo un estudio malacológico, cualitativo y cuantitativo, sobre una muestra aleatoria de 11.579 moluscos (Aranzadi et al, 1931). Las especies dominantes fueron las ostras (*Ostrea*), las chirlas (*Tapes*), la almeja de perro (*Scrobicularia*) y los mejillones (*Mytilus*). A partir del Epipaleolítico se da también una progresiva sustitución de los recursos malacológicos utilizados con fines decorativos: aparecen especies de estuario como *Nassa reticulata*, *Cardium edule*, *Haliotis tuberculata*, *Triton nodifer*, *Pecten jacobus* y *Astrarium rugosum* entre otros (Imaz, 1990). En el Neolítico antiguo perdura el sistema de recolección intensiva de amplio espectro. La parte superior del conchero de Santimamiñe, con cerámica, sería referible a esta época y revela una continuidad en la explotación intensiva de los recursos malacológicos estuarinos. A partir del Neolítico avanzado y hasta la Edad del Bronce, con el progresivo afianzamiento de la economía de producción (agricultura y ganadería), continuará la recolección de moluscos (principalmente estuarinos) aunque de una forma menos intensificada que durante el Epipaleolítico y Neolítico antiguo. Así se percibe en los depósitos arqueológicos de Kobaderra y Atxondo localizados en Urdaibai (González Urquijo et al, 1999; López Quintana, 2001).

Durante la época romana se han identificado asentamientos de época alto imperial ubicados en los márgenes del estuario, lo que parece sugerir una elección de los mismos ligada al desarrollo de un tráfico de cabotaje (Martínez y Unzueta, 1995). Los primeros indicios de asentamientos romanos se encontraron en Forua en 1983. A lo largo de las siguientes décadas se han ido identificando numerosas evidencias en la zona ligadas a un asentamiento romano de carácter residencial datado entre los siglos I y V. Se han descubierto varios hornos con restos de material de hierro que indican que este asentamiento fue impulsado con el objetivo de realizar la explotación de los recursos minerales del área (Martínez y Unzueta, 1989). Paralelamente, en 1986 fue descubierto en Portuondo (Sukarrieta) un yacimiento romano fundado a finales del siglo I, donde se identificaron fragmentos cerámicos correspondientes a terra sigillata, cerámica común romana y trozos de construcción procedentes de un estrato semiderruido. En las labores de prospección se encontró un gran muro enterrado en la arena de una anchura aproximada de 2 m. Su situación, así como las características constructivas sugieren la identificación de este muro con el espigón de un puerto (Martínez y Unzueta, 1995).

Desde esta época y durante la baja Edad Media (siglos V-XIII) no existe apenas información acerca de las actividades humanas en relación con el estuario. Es posible que, debido a la proliferación de las invasiones bárbaras ocurridas en toda Europa, se produjera un éxodo de la población desde las zonas rurales hacia las ciudades de manera que se abandonaran los cultivos. Sin embargo, es también probable que se siguiera utilizando el estuario como vía marítima. Así, durante el período comprendido entre los siglos XII-XIV se fundaron varias villas protegidas por recintos amurallados que acogían a la población. Es el caso de la villa de Gernika-Lumo situada en la cabecera del estuario del Oka que desde su fundación en 1366 se ha ido ampliando mediante la ocupación de las zonas de marisma que la circundaban. A partir del siglo XVI y hasta el XIX, al amparo de nuevos conocimientos tecnológicos, en ambas márgenes del estuario del Oka se comenzaron a construir molinos que utilizaban el flujo y reflujo de las mareas para su funcionamiento. Pese a que existe constancia de que hubo numerosos molinos de este tipo, actualmente sólo se tiene información acerca de la ubicación de los

siguientes: Ozollo-erota o Koba-erota, Arraburu-erota y Errotazar (en Gautegiz-Arteaga), Errotatxu (en Kortezubi), Mallukitza y Mare-Errota (en Busturia) (Basoinsa, 1995).

En el siglo XVI, y hasta el momento de su privatización, las marismas eran terrenos comunales y tenían una función de servicio a la comunidad. En consecuencia, estaban sometidas a aprovechamientos por parte de los vecinos de los municipios ribereños. Si bien se desconoce la época en que se comienzan a ocupar, la utilización constatada de estas zonas durante los siglos XVIII y XIX responde al tipo de agricultura que se practicaba entonces en Bizkaia intercalando usos ganaderos y agrícolas. Así, se utilizaban los juncos para la fabricación de abono, junto con los materiales aportados por la marea, y se usaban las marismas como zona de pasto o como superficie de cultivo para trigo, maíz o nabo (Gogeaskoetxea y Juaristi, 1997). El cierre de los juncales a la influencia mareal se había practicado desde el siglo XVII en Hondarribia (Gipuzkoa) y a comienzos del siglo XVIII en Zumaia (Gipuzkoa). A pesar de este movimiento inicial roturador que afecta ya a los juncales, la desecación acelerada de éstos se practica a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX, obedeciendo esta desecación a la necesidad de tierras para el cultivo como consecuencia del crecimiento de la población. Tras la privatización de las marismas a principios del siglo XIX realizada con el objetivo de cubrir las deudas ocasionadas por la ocupación francesa y para obtener rendimientos de esos terrenos, algunos vecinos deciden cerrar las marismas al influjo mareal mediante convenios donde se comprometen a mantener en pie el muro de tierra (muna). Así, Gautegiz-Arteaga enajena sus marismas en 1810 y las privatiza en 1836. En Forua salen a subasta en 1842, en Murueta se privatizan en 1841, y en Busturia y Kortezubi se sacan a la venta en 1840 (Gogeaskoetxea y Juaristi, 1997). A mediados del siglo XX, las zonas de marisma rellenadas anteriormente se abandonaron debido a un nuevo éxodo hacia la ciudad propiciado por la revolución industrial y el desarrollo de una importante actividad alrededor del cercano estuario del Nerbioi-Ibaizabal. De esta manera, las munas que aislaban los cultivos del influjo mareal se van rompiendo debido a la acción conjunta de las mareas y el oleaje, y a lo largo del siglo XX las áreas invadidas poco a poco se van convirtiendo de nuevo en marismas. En los años 1980, con anterioridad a la aprobación de la Ley de Costas (1988) que promueve el deslinde del área de Dominio Público Marítimo Terrestre (DPMT), se producen dos actuaciones de relleno en zonas del estuario. La primera en 1984 con el fin de recuperar las actividades agrarias en Anbeko (Gautegiz-Arteaga) donde se reconstruyeron las antiguas munas que aislaban la zona, y la segunda en 1987 con el objetivo de hacer valer los supuestos derechos de propiedad de algunos vecinos en el denominado "triángulo de Murueta". Ahí, la muna se había roto durante las inundaciones de 1983 y la marea estaba regenerando la zona. Sin autorización alguna se introdujo maquinaria pesada en el estuario y se rehizo la muna.

En 1867 se concedió a un vecino de Baltezerrota (Gautegiz-Arteaga) permiso para establecer en el canal del molino una ostrera de la que no existen vestigios actualmente. Por otro lado, en el molino de Mallukitza (Murueta) existió una ostrera que desapareció en 1854 al comenzar a moler en él las tierras de caolín para la fábrica de cerámicas de Busturia. A mediados del siglo XIX, también se produce el aislamiento parcial de una zona en Kanala (Sukarrieta), cerca del astillero Learreta con el objetivo de criar ostras. Hasta principios del siglo XX esta ostrera tuvo una actividad importante (Aldai y Ormaetxea, 1998). Posteriormente, cerca de donde se ubica actualmente la empresa Astilleros de Murueta S.A. se construyó un nuevo criadero de una especie de ostra procedente de Portugal cuya actividad no duró demasiado tiempo. Esta especie se hibridó con la ostra autóctona y el producto perdió su calidad gastronómica. Todos estos factores determinaron su abandono (Basoinsa, 1995; Aldai y Ormaetxea, 1998). Con el objetivo de explotar industrialmente las arcillas caoliníticas utilizadas en la fabricación de elementos cerámicos para la edificación (ladrillos, tejas y tubos) se instaló en el año 1894 sobre la superficie marismeña del estuario medio la industria tejera "La Estrella" (posteriormente denominada "Aurrera" y "Cerámicas de Murueta" hasta el cese de su actividad en 1931). En torno al punto de

extracción de arcillas se erigieron las construcciones requeridas para su transformación como hornos, almacenes, molinos, así como un sistema de transporte basado en un apeadero de ferrocarril de vía estrecha y un embarcadero. Esta actividad tuvo una gran influencia local de tal manera que se llegaron a alimentar los hornos con carbón mineral asturiano y leonés que era transportado en gabarras desde Portuondo (Mundaka) sustituyendo al inicial carbón vegetal de producción local. Igualmente permitió el desembarco de explosivos utilizados localmente para actividades mineras y diversas obras. Esta instalación llevó aparejada la electrificación de la zona y facilitó que la línea eléctrica cruzase el estuario hasta Gautegiz-Arteaga. Aún hoy quedan restos de las estructuras de apoyo en ambas orillas.

La navegación por el estuario ha sido uno de los pretextos más repetidos a lo largo de la historia para justificar una intervención a escala del conjunto estuarino. La ría fue navegable en el pasado hasta el municipio de Gernika-Lumo, al menos para embarcaciones de pequeño calado. Ya en 1366 la carta fundacional de Gernika denomina a la villa "puerto". Asimismo existieron aduanas en Ajangiz y Gautegiz-Arteaga. Tradicionalmente, se ha utilizado el curso estuarino para el transporte de mercancías a pequeña escala, en particular gabarras areneras (la arena del estuario se utilizaba para mejorar las tierras de cultivo o para la construcción, y existen datos sobre la existencia de cargaderos de arena en Sukarrieta y Busturia), el transporte de piedra caliza (existían caleros en los márgenes del estuario, por ejemplo el de Arketa en Ibarangelua) u otros productos como el mineral de hierro, carbón o el mismo traslado de ganado a los juncales (Gogeaskoetxea y Juaristi, 1997). También han existido actividades portuarias en la entrada del estuario. Por ejemplo, el puerto de Mundaka (existente en la actualidad) cuya localidad ya es citada en el año 1051 en la donación del Señorío de Bizkaia al monasterio de San Millán de la Cogolla, o el puerto de Portuondo (en época romana). La primera referencia al proyecto de canalización del estuario superior se remonta al año 1494. El proyecto es defendido a lo largo del siglo XIX, sin embargo sucesivos eventos bélicos (guerras carlistas) impidieron su realización. En 1884 se constituye una "Junta Especial que tenía por objeto la pronta terminación de las obras de canalización de la ría de Mundaka bajo la denominación de Junta de Obras del Puerto y Ría de Mundaka" (Etxaniz, 1998). En 1897 se obtienen finalmente los fondos para llevar a cabo la canalización y tras varias décadas se da por terminada la obra en 1923. El canal nunca se inauguró y las obras nunca llegaron a culminarse. Posteriormente, en los años 1927, 1931, 1935 y 1936 se hicieron nuevos esfuerzos para la culminación de las obras pero no llegaron a buen fin. Más tarde, en diversos proyectos datados en 1947, 1957 y 1968, la Diputación Provincial de Vizcaya contempló la finalización de las obras de canalización pero tampoco se llevaron a cabo (Etxaniz, 1998).

A lo largo de la historia se han realizado pequeñas extracciones de arena en la zona del estuario inferior con el objetivo de proporcionar sedimento para la construcción o para realizar enmiendas de terrenos agrícolas. A principios del siglo XX se extraía arena por medios manuales a orillas del canal principal que discurría al noreste de la isla de Sandindere y principalmente de la playa de Laida. Posteriormente, este sedimento se cargaba en gabarras que navegando a lo largo del estuario era conducido a Gernika-Lumo. A continuación, se trasvasaba la arena a vagones de ferrocarril y desde allí se repartía por Bizkaia (Goiri y Diez-Heppe, 2000). Entre 1920 y 1930, comenzó la extracción de arena en una zona situada entre el canal de Arketa y la finca de Urrutia (al sur de Txatxarramendi en Sukarrieta) mediante carros de bueyes cargados de manera manual (Goiri y Diez-Heppe, 2000). Hacia los años 1950, al norte de la isla de Sandindere se colocaron sobre la arena unos railes por los que circulaban unas plataformas cuadradas de madera con ruedas, que llevaban cuatro contenedores de hierro llenos de arena y se cargaban por medios manuales. Inicialmente, estas vagonetas eran empujadas por operarios y más tarde se utilizaron mulos para este trabajo. La arena era depositada en una tolva (cargadero-secadero) ubicada cerca de la isla de Txatxarramendi. Posteriormente se cargaba en vagones de ferrocarril y en camiones para su distribución (Goiri y Diez-Heppe, 2000). A comienzos de los

años 1970, la extracción se mecanizó y se comenzó a sacar arena por medio de una tubería aspirante que arrastraba el sedimento con ayuda del agua. La boca extractora se colocaba en la parte noreste de la finca de Urrutia, quedando en marea baja unos pozos de agua de unos 20 m de diámetro y 4-5 m de profundidad. De esta manera se podía extraer arena sin depender de las mareas (Goiri y Díez-Heppe, 2000).

Las operaciones de extracción de arena del estuario inferior a gran escala y mediante maquinaria pesada comenzaron en 1970, cuando la empresa Astilleros de Murueta S.A. recibió en mayo desde la Dirección General de Puertos y Señales Marítimas la autorización para dragar por primera vez el estuario del Oka con el objetivo de que "...el astillero pudiera ser utilizado para la construcción y botadura de embarcaciones con tonelaje superior al máximo de los actuales fondos que la ría les permiten, indicando que las obras de dragado no sólo no perjudican sino que contribuirán a los fines que se persiguen en los estudios realizados para el aprovechamiento de la ría de Guernica".... (Archivo Demarcación de Costas del País Vasco). Así, el proyecto consistió en "el dragado de 268.800 m<sup>3</sup> en una canal de 2.800 m de longitud y 40 m de ancho con calado de 2 m en BMVE a ejecutar en un plazo de 3 años" (Archivo Demarcación de Costas del País Vasco). "...Sometido el proyecto a la preceptiva información pública se presentó en el Ayuntamiento de Busturia un escrito de la Excelentísima Diputación de Vizcaya indicando que el canal afecta en su último tramo a la zona portuaria, por lo que el proyecto definitivo de dragado deberá realizarse teniendo en cuenta las previsiones del Plan Especial de Aprovechamiento de la Ría de Mundaca, contestando el peticionario que procederá a centrar el eje principal del canal a dragar coincidiendo con la vía de agua y dársena..." (Archivo Demarcación de Costas del País Vasco). Este dragado se realizó entre 1973 y 1978. Según comenta Ortiz de Eribe (1998) "parece ser que el proyecto fue objeto de diversas prórrogas dados los limitados medios técnicos existentes en aquella época y la acumulación de fango y arena en zonas previamente dragadas que exigía volver a repararlas, algo similar a lo que había ocurrido en el proyecto de canalización de la ría de Gernika 1903-1923". Tras las inundaciones de agosto de 1983, en el año 1984 se realizó un nuevo dragado de 125.000 m<sup>3</sup> promovido, en este caso, por el Ministerio de Obras Públicas. Se dragaron cuatro zonas entre el astillero y San Antonio con una longitud total de 1.912 m: frente al astillero, en el canal a continuación de la desembocadura del río Mape, frente a Kanala y frente a San Antonio (Ortiz de Eribe, 1998). A partir de estos dragados iniciales, se han ido sucediendo paulatinamente otros con una periodicidad aproximada de unos 5 años. Las arenas dragadas se han ido vertiendo en diversas zonas del estuario: frente a San Kristobal, frente a Axpe, en la playa de San Antonio, en Kanalape, frente a la isla de Sandindere y, por último, en la playa de Laida (Tabla 2.7). Actualmente, estos rellenos se presentan como grandes superficies arenosas de carácter supramareal. Por otro lado, antes de 1994, en el puerto de Mundaka se realizó un gran dragado para aumentar el calado. En el año 2000 se hizo un nuevo dragado de unos 10.000 m<sup>3</sup> de arena que fueron enviados al vertedero de Matxitxako (comunicación personal Carlos Alzaga, Jefe del Servicio Territorial de Puertos de Bizkaia). En 2004 y 2005 se realizaron pequeños dragados de mantenimiento en la zona más próxima a la bocana y la zona norte del interior del puerto (1.000 m<sup>3</sup> y 900 m<sup>3</sup> respectivamente). Actualmente existen acopios de estos materiales en Muxika, junto al río Oka, en Murueta y en el alto de Autzagane (Zornotza-Etxano). En 2006 se proyectó extraer 1.500 m<sup>3</sup> de arena para su vertido parcial en la playa de Laidatxu (Mundaka) y en la playa de Toña (Sukarrieta). Sin embargo, finalmente el dragado previsto no se pudo realizar. La Dirección de Puertos del Gobierno Vasco lo llevó a cabo en el año 2007 y las arenas fueron transportadas mediante embarcación y vertidas en la zona noroeste de la playa de Laida con el objetivo de que el sistema estuarino no perdiera este sedimento.

Así es posible observar que la desecación de marismas ha restringido la superficie estuarina original en un 58%, mientras que los vertidos de dragado o la construcción del ferrocarril han afectado alrededor de un 5%. Otras actividades han mostrado porcentajes menores respecto al área ocupada. Centrándonos en el estuario inferior, los vertidos de dragado representan una actividad antrópica

importante que ha restringido la superficie estuarina intermareal original en un 9,28%. Asimismo, las desecaciones de marismas en este ámbito computan un 28,10% si bien desde su abandono en los años 1950 se ha recuperado de manera natural un 17,50% del área total del estuario inferior. Secundariamente, otras intervenciones como concesiones del dominio público, el aislamiento de zonas por el ferrocarril y el relleno de la marisma de Arketa, en conjunto, computan una superficie equivalente al 3,32% del estuario inferior. Rivas (1991) realizó un estudio similar en varias zonas litorales del Cantábrico oriental incluyendo el estuario del Oka. Esta autora considera que "durante el máximo flandriense el estuario poseía unas dimensiones muy superiores a las actuales, unos 12.775,500 m<sup>2</sup> llegando las aguas de inundación marina hasta Gernika" en base a hipótesis geomorfológicas. Los cálculos realizados por esta autora sobre la ocupación histórica de los dominios estuarinos como consecuencia de las actividades antrópicas sugieren alrededor del 65% de la superficie estuarina original. Otro dato interesante mostrado por esta autora es que alrededor del 80% de la superficie de marisma rellenada es recuperable procediendo simplemente a la apertura de los diques (munas) que las aislan del cauce principal. De hecho, en los últimos años se ha recuperado ya de modo natural el 24% de esta superficie ocupada.

#### **Evolución holocena del estuario y el litoral.**

En este estuario ha sido posible establecer la evolución del relleno sedimentario holoceno del estuario inferior del Oka (Cearreta y Monge-Ganuzas, 2013) que comenzó hace más de 8.500 años cal BP cuando el nivel del mar se encontraba 42,8 m por debajo de su nivel actual en la vertical de la playa de Laida. Entonces se estaba desarrollando un valle fluvial que posteriormente fue inundado por el ascenso del nivel marino, generó un estuario y dio lugar a una secuencia transgresiva que se instaló sobre los depósitos fluviales previos. Esta secuencia transgresiva caracterizada por una sucesión de ambientes de carácter progresivamente más marino hacia techo (llanura intermareal fangosa-canal mareal restringido-canal mareal conectado con el mar abierto) llegó a alcanzar la cota -3,7 m en la zona central del estuario inferior y se desarrolló, al menos, hasta hace 3.000 años. Posteriormente, debido a una ralentización del ascenso marino y a un posible aumento de los aportes fluviales, asumiendo que los procesos isostáticos y neotectónicos no fueran especialmente significativos, se desarrolló un cortejo sedimentario de nivel del mar alto que permitió el desarrollo de ambientes de marisma en los márgenes del estuario inferior y, asimismo, en el estuario superior a partir de los 4.580-4.410 años cal BP mientras el nivel del mar se encontraba todavía en ascenso. El modelo corrobora las conclusiones enunciadas previamente para el relleno holoceno del estuario superior del Oka (Solar, 2007) y, asimismo, los resultados obtenidos en otros estuarios próximos (Gironde, Bidasoa, Nerbioi-Ibaizabal y Santoña, entre otros). Igualmente, se ha aportado información paleoambiental que permite contextualizar el medio natural estuarino en Urdaibai sobre el cual el ser humano ha ido desarrollando sus actividades desde hace 10.000 años cal BP hasta la actualidad. Se ha observado que sondeos realizados en zonas restringidas presentan un registro más homogéneo y constante en el tiempo que los realizados en el centro del estuario o en su parte más externa. Estos últimos, sin embargo, proporcionan datos de interés en relación con los materiales provenientes del mar abierto e informan acerca de la capacidad de retrabajamiento de los materiales tanto por las corrientes mareales como por el oleaje.

#### **Evolución reciente (1950-actualidad).**

De los datos aportados por Monge-Ganuzas et al (2008), se observa que la extensión y morfología de la zona supramareal de la desembocadura (playa de Laida), en ausencia de vegetación, ha sido variable. Durante el período 1957-1995 la morfología y extensión de esta zona ha estado condicionada por el trasvase energético entre el sedimento disponible para ser transportado y los agentes tractivos naturales incidentes: el oleaje y la onda de marea, principalmente, y la acción eólica secundariamente. Así, se ha observado que la formación y desarrollo de esta zona supramareal es debida a la progradación en el sentido



NE-SW de barras de swash que paulatinamente se van amalgamando en el margen oeste. Por lo tanto, en atención a su morfología y carácter progradante, así como a su génesis relacionada principalmente con la rotura del oleaje, esta zona supramareal puede ser considerada como una flecha litoral. En épocas de oleaje intenso, los márgenes norte y oeste de esta flecha litoral son erosionados siendo transportado el sedimento a través de la bocana hacia el interior del estuario. Este proceso da lugar a que la parte más distal (al oeste) de esta acumulación, en ocasiones, se presente como una lengua arenosa situada al este de la bocana que progresa generalmente en el sentido sur-suroeste. Condicionado por este proceso de transporte sedimentario, el meandro del canal de refluo que se sitúa al sur de esta zona arenosa supramareal se ve obligado a acomodarse a la morfología existente, de manera que a lo largo del periodo de estudio ha presentado una curvatura variable dependiendo de que la parte distal de la flecha se situará más o menos al sur y/o presentara una morfología más o menos elongada. En ocasiones puntuales, cuando la descarga fluvial es importante o en épocas de mareas vivas equinocciales (marzo y septiembre), se produce la erosión del margen sur de la playa de Laida y se erosiona la parte más distal de la flecha, siendo depositado este sedimento en el lecho del canal y más hacia el oeste de la zona erosionada. De esta manera, el trazado del canal de refluo discurre más rectilíneo en la dirección este-oeste. Los vertidos realizados sobre la playa de Laida durante el periodo 1995-2003 han incrementado la cantidad de sedimento disponible para ser transportado, de manera que inmediatamente tras cada vertido se ha ampliado temporalmente la superficie supramareal. Sin embargo, este sedimento ha sido posteriormente retrabajado por el oleaje e introducido de nuevo en el estuario mediante los procesos anteriormente mencionados. Desde el año 2001, a partir del inicio de las acciones de regeneración vegetal en la playa de Laida, se ha logrado una mayor estabilidad en la zona supramareal y se ha conseguido mantener mayor cantidad de sedimento dentro del ámbito supramareal. Consecuentemente, la variabilidad morfológica de la playa ha sido menor.

En ausencia de operaciones de dragado/vertido, durante el periodo 1957-1973, el estuario presentaba una distribución diferenciada de los canales de flujo y refluo. Los canales de flujo eran más profundos en su inicio y progresivamente se iban somerizando siguiendo la dirección de la corriente llenante. Los canales de refluo, en cambio, representan la extensión hacia el mar del cauce fluvial. Estos dos tipos de canales tienden a ser evasivos aunque su interdigitación es común. Durante este periodo de tiempo y a lo largo del estuario inferior, desde la bocana hasta la zona donde se ubica el astillero de Murueta, se han observado cuatro células constituidas por pares de canales de flujo/refluo situadas frente a Sukarrieta-Arketa, Sandindere-Kanala, Axpe-Kanala y San Kristobal-Kanala. Estos canales presentaban poca variabilidad natural respecto a su ubicación y extensión espacial. En dos zonas del estuario inferior no se ha observado esta distribución de canales de flujo y refluo: en el canal que discurre pegado al margen oeste y que bordea la isla de Txatxarramendi y en el canal que discurre desde el astillero de Murueta hasta el meandro de Kanala. En el primer caso, esta no-diferenciación se atribuye a la falta de espacio físico, ya que la zona está confinada al oeste por los márgenes rocosos antropizados (muros de contención de la zona de Urrutia en Sukarrieta y Parque de la Marisma) y al este por el margen de la isla. En el segundo caso, en cambio, parece que la naturaleza limo-arcillosa más cohesiva del sedimento ha condicionado la no-diferenciación de canales de flujo y refluo. Las operaciones de dragado realizadas durante los años sucesivos (1973/74-78/1984/1987/1992/1995-96/1998-99/2003) alteraron esta distribución natural de canales de flujo y refluo y modificaron la dinámica sedimentaria del estuario inferior del Oka. Los trazados de los dragados efectuados fueron tramos rectilíneos y dieron lugar al abandono de los meandros de los canales de refluo en Busturia, Kanala y Arketa. En las zonas donde se invadieron las áreas de influencia de los canales de flujo (canal central del delta de flujo frente a la bocana, canal frente a Sandindere, canal frente a las marismas de Axpe) los canales dragados se colmataron rápidamente de sedimento y provocaron la necesidad de ser continuamente dragados con una periodicidad temporal de aproximadamente 5 años. Tomando como base tanto las actividades de dragado

realizadas en otros estuarios y los consecuentes procesos de pérdida de capacidad descritos por distintos autores como la respuesta del sistema estuarino ante el dragado realizado en el año 2003, se puede afirmar que el estuario inferior del Oka no se encuentra actualmente en equilibrio y que presenta una tendencia a perder paulatinamente su capacidad. Las operaciones de dragado/vertido han acelerado esta pérdida de capacidad del estuario desequilibrando aún más sus condiciones sedimentarias.

#### **Dinámica sedimentaria actual en el estuario del Oka.**

A partir de los datos aportados por Monge-Ganuzas et al (2012, 2014) y Al-Ragum et al (2014), se observa que el equilibrio sedimentario del estuario se encuentra condicionado por un continuo movimiento de arena entre sus diferentes elementos constitutivos. El carácter variable de los diferentes parámetros que controlan este modelo de funcionamiento da lugar a una gran variabilidad morfodinámica en el estuario haciendo que aunque, en general, éste presente siempre los mismos elementos constitutivos, en detalle, sea muy variable a diferentes escalas temporales desde diaria a estacional, anual o plurianual, siempre dentro de un equilibrio dinámico y en ausencia de intervenciones antrópicas. La zona de la desembocadura está dominada principalmente por el oleaje que presenta una variación estacional de su altura significativa y periodo (verano: Mayo-Agosto/invierno: Septiembre-Abril) y, secundariamente, por la oscilación de la onda de marea (mesomareal: 2-4 m) que varía a lo largo del año presentando sus valores máximos en Marzo y Septiembre. Durante las condiciones estivales, en la zona intermareal norte frente a la playa de Laida se produce la formación y el paulatino desplazamiento hacia el suroeste de varias (normalmente dos, a veces, incluso tres) barras arenosas formadas por procesos de swash y surf generados por la rotura de un oleaje (tipo sea) con periodos cortos (6-8 s) y alturas moderadas (0,5-1,5 m) que transporta el sedimento desde la zona noreste de la bahía hacia la playa de Laida y la bocana del estuario. De este modo, se crea un perfil de playa típico de la estación estival caracterizado por crestas y surcos (*ridge and runnell*) en la zona intermareal y un escalón en el límite entre las zonas inter y supramareal de la playa. Durante las condiciones invernales, con la llegada de oleaje de gran intensidad (tipo swell) con periodos largos (12-16 s) y altura considerable (1,5-4 m), la zona frontal del delta de reflujos y el límite sub-intermareal son erosionados, y el sedimento ahí erosionado es transportado hacia el este y depositado en la bahía exterior. Las barras formadas en la zona intermareal de la playa de Laida durante el verano son sustituidas por fondos planos y el sedimento es transportado hacia la bocana donde una parte se introduce dentro del estuario y el resto es transportado por la acción de las corrientes mareales, de nuevo, hacia el delta de reflujos. Además, se hacen más pronunciadas las pendientes entre las zonas sub-intermareal e inter-supramareal (berma) de la playa dando lugar a rupturas de pendiente típicas del perfil de invierno. De esta manera, se puede concluir que en la zona exterior del estuario existe un movimiento de sedimento en el sentido de las agujas del reloj a lo largo del año. El volumen de sedimento movilizado va a depender de las características concretas que el oleaje presente durante ese año determinado. Así, el proceso general muestra un transporte de sedimento desde el noreste hacia el suroeste recorriendo el margen rocoso este y el frente de la playa de Laida hacia la bocana. Desde ahí, parte del sedimento se introduce en el estuario alimentando el delta de flujo y otra parte se transporta hacia el norte alimentando el delta de reflujos (barra de Mundaka). Este proceso es operativo a lo largo de todo el año aunque semestralmente varía la intensidad de los agentes predominantes (el oleaje y la oscilación de la marea) y, consecuentemente, la respuesta del sedimento a éstos en términos de erosión, transporte y sedimentación. Esta dinámica provoca una acumulación de sedimento de carácter supramareal en la parte este de la bahía (la playa de Laida) cuyo límite es paralelo a la línea marcada por las crestas de los trenes de oleaje. La playa va a modificar su morfología dependiendo, de nuevo, de la intensidad del oleaje incidente a lo largo del año presentando cambios en su perfil longitudinal desde un perfil abrupto (verano) hasta un perfil con una progresiva ruptura de pendiente (invierno).

Esta zona supramareal presentaba al menos hasta los años 1950s un ambiente

dunar más o menos desarrollado que desapareció durante las siguientes décadas. El proyecto de regeneración dunar en la playa de Laida comenzó en 1999. Respecto a la dinámica eólica incidente en la playa de Laida, la interpretación de los datos meteorológicos ha permitido caracterizar en detalle el patrón de vientos imperante, desde la escala diaria (brisas terrales y marinas) hasta la anual (zonación semestral en la dirección e intensidad del viento). La acumulación arenosa en el área de regeneración se ha producido de forma continuada a lo largo del periodo de estudio, especialmente durante la estación invernal Octubre-Marzo (semestre 1) debido a la actividad de los vientos dominantes de dirección norte y sur de velocidad superior a 4,00 m/s. El desarrollo morfológico de las dunas litorales de la playa de Laida durante todo el periodo de estudio ha experimentado dos etapas principales: una primera anualidad con crecimiento fuertemente agradacional (vertical) y posteriormente un crecimiento fundamentalmente progradacional (horizontal) durante los años siguientes. La actuación regenerativa propició la instauración de un sistema dunar en la playa de Laida que a lo largo del periodo de estudio y para toda el área supramareal se ha cuantificado en 44.000 m<sup>3</sup> de arena en una superficie de 82.000 m<sup>2</sup>. La altura media que el sistema dunar ha alcanzado durante el período regenerativo ha sido de 1,50 m con máximos de 2,50 m. Las acumulaciones de arena han sido generadas por las actuaciones restauradoras y la acción eólica. Alrededor de la actuación regenerativa se ha detectado una erosión intensa en las zonas sur y oeste-noroeste y una acumulación sedimentaria en la zona intermareal norte. Se puede afirmar que esta erosión es la confirmación de que el sistema de desembocadura ha tendido a aproximarse a una situación de equilibrio dinámico natural retirando el material excedente que se depositó artificialmente durante el vertido de 2003. Asimismo, fueron decisivos en esta reducción de área supramareal los intensos temporales acaecidos durante los años 2005, 2006 y 2008.

El complejo de la desembocadura (bocana, playa de Laida y deltas de flujo y reflujos) durante el período de estudio ha estado muy influenciado por el último vertido de 243.000 m<sup>3</sup> de arena en el sur de la playa de Laida procedente de las operaciones de dragado realizadas en el año 2003. Tras el vertido, el volumen de sedimento erosionado en el margen sur de Laida aumentó sustancialmente alcanzando durante el segundo semestre de 2003 un valor de 11.000 m<sup>3</sup>/mes. Este rápido incremento en la tasa de erosión introdujo en el sistema una enorme cantidad de arena que en parte atravesó la bocana y se depositó frente a Laidatxu taponando el canal de desagüe de la ría y alterando su disposición habitual. Otra parte fue transportada y sedimentada en el delta de flujo, frente a la isla de Txatxarramendi. A partir de entonces, la tasa de erosión descendió y regresó a valores muy próximos a los detectados antes del vertido artificial de arena. El nuevo canal de desembocadura generado a partir del tapón arenoso desapareció entre los meses de Julio y Agosto 2005 gracias al desplazamiento de las barras arenosas descrito anteriormente y al transporte inducido por la vaciante de la marea. Estos procesos fortalecieron el desarrollo del delta de reflujos (barra de Mundaka) y desplazaron el canal de desembocadura hacia su posición habitual en el margen rocoso oeste. El delta de reflujos, durante los meses estivales de estudio mostró una evolución morfológica a partir de una situación en la que se encontraba retrasado con respecto a su posición habitual y con una línea batimétrica 0 (línea de rotura del oleaje) fragmentada. Con el paso del tiempo esta disposición morfológica se fue modificando hasta alcanzar en el mes de Agosto una configuración similar a la habitual que fue mejorando en Septiembre con la profundización del canal de desembocadura y una importante acumulación de arena hacia el noroeste en la posición habitual de la barra. A partir de la época estival, la orientación del margen este de la barra mostró un basculamiento disponiéndose más alineado en la dirección norte-sur y, por lo tanto, más oblicuo a la dirección de propagación del oleaje. El sedimento que estuvo alimentando la zona proximal de la barra dio lugar a una disminución en la sección del canal de desembocadura, aumentando así la velocidad de desagüe de la corriente vaciante. En consecuencia, se produjo una ligera migración lateral del canal y una paulatina profundización entre las zonas distal y proximal de la barra desde Octubre 2005 hasta el mes de Marzo 2006. A partir de Abril aumentó la sección

del canal de desembocadura desplazándose hacia el oeste y colmatándose la depresión anteriormente creada. En el delta de flujo, la acumulación de parte del material erosionado en la zona sur de Laida y del material procedente de la erosión producida por el oleaje se produjo en sus lóbulos laterales y frontal. Este acúmulo sedimentario dio lugar a que el canal de reflujo adyacente tuviera que desplazarse hacia el este y norte, favoreciendo así el incremento de la erosión en el margen sur de la playa de Laida. Asimismo, parte del material fue introducido hacia zonas más internas del estuario por medio de los canales de flujo. De hecho, a lo largo de la zona interior del estuario se suceden células formadas por canales de flujo y de reflujo. Los canales de flujo se sitúan alrededor de la batimétrica -1 m mientras que los canales de reflujo se encuentran sobre la batimétrica 0 m. Esta diferenciación de los canales y su distribución en células responde a la asimetría de marea que se produce debido a la variable morfología del fondo, de los márgenes del estuario y de la distribución de la velocidad de la corriente y de la lámina de agua a lo largo del ciclo mareal. La zona más energética de todo el estuario inferior es la bocana donde se suceden a lo largo de cada ciclo mareal las mayores corrientes bimodales (flujo/reflujo) que rondan velocidades de 1,00 m/s. A medida que se adentra la onda mareal en el estuario su competencia disminuye, principalmente debido a la disipación de su energía en los márgenes y el lecho del estuario. Así, a la altura de Kanala se registraron velocidades mucho menores, cercanas a 0,25 m/s. En la parte exterior del estuario la zona más energética se sitúa al este, junto al acantilado rocoso, debido a la acción del oleaje que transporta el sedimento mediante procesos de surf y swash.

Por otro lado, se ha podido constatar que las operaciones de dragado provocan una importante alteración en la dinámica sedimentaria actual del estuario inferior del Oka. Se han realizado vertidos de arenas de dragado en zonas con granulometría diferente de manera que se han alterado las características sedimentarias originales de esas zonas. Asimismo, ciertos vertidos (como el último realizado en Laida) han servido de fuente indeseada de sedimento para los procesos estuarinos de transporte y sedimentación, de manera que se ha alterado la distribución y morfología de las zonas de depósito. Además, los dragados han dado lugar a la creación de canales desubicados de su localización natural y que presentan un calado más profundo que su calado de equilibrio natural, de manera que rápidamente han sido rellenados con sedimento y han migrado para buscar situaciones morfológicas y espaciales más cercanas al equilibrio natural. En resumen, la propia dinámica estuarina presenta un balance sedimentario que incluye el paulatino relleno del estuario interior con sedimentos marinos procedentes de la plataforma adyacente. En la zona exterior del estuario es el oleaje el que introduce el sedimento a través de la bocana, principalmente en invierno, y posteriormente son las corrientes de marea durante la llenante las que introducen poco a poco el sedimento hacia las zonas estuarinas internas. Además, las operaciones de dragado realizadas han acelerado este progresivo proceso de colmatación debido a que la respuesta del sistema estuarino al buscar un nuevo equilibrio provoca la introducción de una cantidad mayor de sedimento que la existente con anterioridad a la realización de los dragados.

#### **El nivel del mar antropoceno y la regeneración de marismas.**

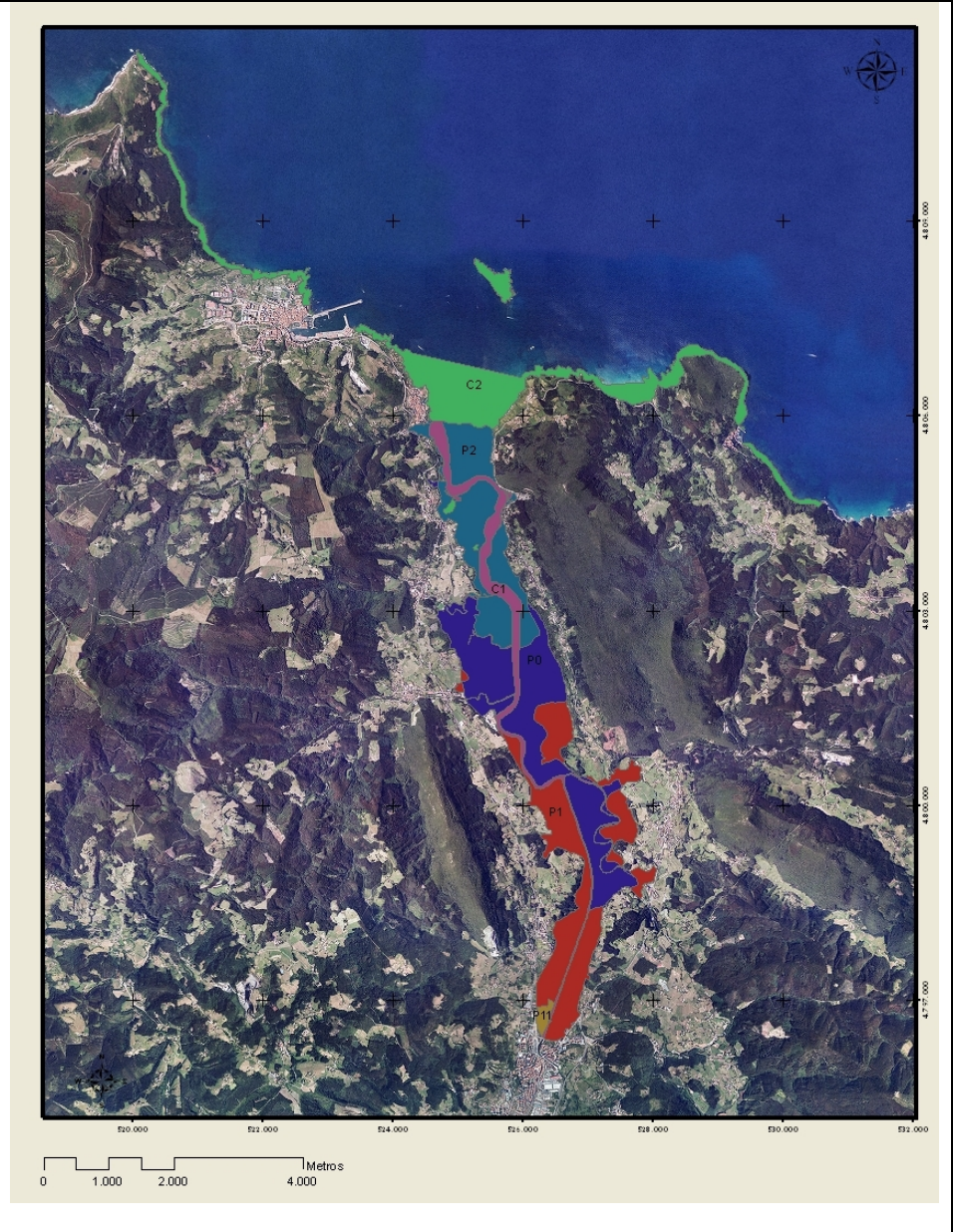
El estudio del ascenso marino a nivel local es de gran interés para determinar el ascenso global del nivel marino en curso, y puede además contribuir a la gestión de las áreas costeras más afectadas. Chust et al. (2009) midieron un ascenso relativo del nivel marino de  $2,08 \pm 0,33$  mm/año para el periodo 1943-2004 a partir de datos instrumentales del mareógrafo de Santander. Sin embargo, la escasa distribución espacial y temporal de los mareógrafos dificulta el estudio de los cambios en el nivel marino. En la década de 1990 se iniciaron las primeras reconstrucciones del nivel marino a partir de funciones de transferencia que relacionan estadísticamente los foraminíferos actuales de las marismas y su elevación respecto al nivel medio mareal (Gehrels, 2000). Con el fin de conocer las variaciones del nivel marino relativo en la costa vasca, se ha desarrollado una función de transferencia a partir de muestras superficiales recogidas en diversas

	<p>marismas del estuario del Oka y se ha aplicado en la reconstrucción de distintos sondeos cortos perforados en las marismas de Axpe Norte y Murueta. Mediante diferentes herramientas estadísticas, se ha cuantificado la relación actual existente entre los datos micropaleontológicos (asociaciones de foraminíferos) y la elevación topográfica. La aplicación de este modelo a los sondeos proporciona la elevación original a la que las muestras fueron depositadas lo que, junto a la cronología derivada del <math>^{210}\text{Pb}</math> y <math>^{137}\text{Cs}</math>, ha permitido reconstruir la curva de variación del nivel marino para el periodo 1860-2010. Esta curva muestra un patrón similar al registro instrumental del mareógrafo de Brest y proporciona un ascenso marino aproximado para el siglo XX de 2,0 mm/año (García-Artola et al, 2014).</p> <p>Por otro lado, se han analizado distintos sondeos cortos recogidos en marismas recientemente regeneradas que habían sido previamente ocupadas con fines agrícolas (Busturia, Isla y Arteaga). A modo de ejemplo, en el sondeo corto de la marisma de Isla, se han identificado tres intervalos de profundidad (DI) en función de su contenido en foraminíferos e isótopos de vida corta (Cearreta et al, 2013): un intervalo basal que representa el depósito introducido durante el periodo de ocupación agrícola, un nivel intermedio depositado durante el proceso de regeneración a partir del suelo agrícola anterior, y un intervalo superior que corresponde al ambiente actual de marisma regenerada.</p> <p>Según los isótopos de vida corta y las fotografías históricas de la zona, el suelo agrícola representado por el intervalo basal es anterior a los años 1950s. Por otro lado, se observa un máximo en la abundancia de <math>^{137}\text{Cs}</math> a 8 cm de profundidad en el intervalo superior, que representa el pico característico correspondiente al año 1963. Así, se ha calculado una tasa de sedimentación muy rápida durante el proceso de regeneración ambiental (18 mm/año), casi diez veces superior a la observada durante el desarrollo posterior de la marisma ya regenerada. Estas elevadas tasas de sedimentación durante la regeneración ambiental de marismas previamente reclamadas se han observado asimismo en otros estuarios de la costa cantábrica (Cearreta et al, 2013).</p> <p>El estudio de las marismas naturales y regeneradas aporta información clave sobre las tendencias pasadas, presentes y futuras de la evolución costera, particularmente bajo el escenario climático actual de calentamiento global y ascenso acelerado del nivel marino. El rápido proceso de regeneración ambiental (menos de 10 años) observado en marismas previamente reclamadas del estuario del Oka es de gran interés a la hora de establecer posibles medidas de adaptación frente al ascenso marino en curso, que ha sido cuantificado en 2,0 mm/año durante el siglo XX en esta zona litoral. A partir de la combinación de las tasas de ascenso marino calculadas mediante la función de transferencia y las velocidades de regeneración ambiental en marismas previamente ocupadas, es posible realizar predicciones sobre la futura evolución costera de esta zona litoral de cara a su adecuada gestión ambiental (García-Artola et al., 2011, 2014).</p>
<p><b>Justificación (evaluación y comparación)</b></p>	<p>El estuario y el litoral de Urdaibai representa una de las zonas costeras mejor conservadas de todo el litoral cantábrico que concentra una gran densidad de lugares de interés geológico cuaternarios (litorales, estuarinos, fluviales y kársticos) e incluso otros que abarcan un lapso temporal de 250 millones de años (Mendia et al, 2010). Algunos de estos LIGs están relacionados con procesos geológicos pre-cuaternarios vinculados a la apertura del Golfo de Vizcaya desde hace 85 millones de años (pliegues, fallas, flysch negro, pillow-lavas, límites cronoestratigráficos, etc) todos ellos formando los materiales rocosos que constituyen los acantilados de este frente litoral. Durante el Cuaternario esta zona costera experimentó la fase final del levantamiento tectónico alpino y paralelamente ha sido modelada por las continuas variaciones del nivel marino que dieron lugar a una serie de elementos geomorfológicos, tanto de carácter erosivo (acantilados, bahía, paleorrassa, islote rocoso, rasas mareales,) además de otros elementos de carácter sedimentario (estuario, marismas, dunas</p>

	móviles,etc...), y que en conjunto constituyen un paisaje costero de gran diversidad geológica y belleza natural. Todo ello (además de sus valores faunísticos, florísticos y culturales) ha motivado su declaración como Reserva de la Biosfera, sitio RAMSAR, ZEPA y ZEC.	
<b>Parámetros justificativos de la elección del lugar</b> (marque con una cruz los que haya considerado)	Representatividad	X
	Carácter de localidad tipo o de referencia	X
	Grado de conocimiento del lugar	X
	Estado de conservación	X
	Condiciones de observación	X
	Rareza	X
	Diversidad geológica	X
	Espectacularidad o belleza	X
	Contenido divulgativo / uso divulgativo	X
	Contenido didáctico / uso didáctico	X
	Posibilidad de realizar actividades recreativas o de ocio	X
	Asociación con otros elementos naturales o culturales	X
<b>Descripción del itinerario de acceso</b>	Su acceso puede realizarse desde numerosos lugares pero especialmente desde los municipios de Gernika-Lumo, Forua, Kortezubi, Gautegiz-Arteaga, Ibarangelua, Busturia y Murueta. Las pistas y caminos que salen de las principales carreteras que comunican estos municipios ofrecen numerosos lugares en altitud desde las que se divisan excelentes panorámicas.	
<b>Otros geosites relacionados</b>	No directamente	
<b>Interés secundario</b>	Sedimentológico. Estratigráfico.	
<b>Descripción del interés secundario</b>		
<b>Interés no geológico del lugar</b>	Paisajístico, turístico, faunístico, botánico y cultural	
<b>Nombre del proponente</b>	Manu Monge Ganuzas	
<b>Institución (si procede)</b>	Gobierno Vasco /Eusko Jauriaritza	
<b>Correo electrónico de contacto</b>	manu-monge@ej-gv.es	



**Esquema de situación con propuesta de delimitación**  
(insertar o adjunte en fichero aparte fragmento de mapa u ortofoto SIGPAC)



(\*) Los datos aportados serán tratados como propuestas que podrán ser modificados en fases posteriores del inventario.  
(\*\*) Ver lista de contextos al final de este documento. (\*\*\*) Del centro geométrico del lugar de interés geológico.



## FICHA DE PROPUESTA DE LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO (II)

Fotografía(s)  
del lugar  
(pueden  
adjuntarse en  
ficheros  
aparte)



Foto 1. Estuario inferior del Oka.



Foto 2. Estuario superior del Oka.





Foto 3. Detalle de las marismas del estuario superior y el astillero de Murueta.



Foto 4. Detalle del complejo de desembocadura del estuario inferior.





Foto 5. Detalle de los canales mareales en el estuario superior.



Foto 6. Playa encajada de Laga y cabo de Ogoño al fondo.





Foto 7. Cabo de Matxitako y playa de cantos de Harribolak.



Foto 8. Isla de Iزارo y estuario al fondo.

## FICHA DE PROPUESTA DE LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO (IV)

### Referencias bibliográficas

- Aguirre, M., López-Quintana, J.C. y Sáenz de Buruaga, A. (2000): Medio ambiente, industrias y poblamiento prehistórico en Urdaibai (Gernika, Bizkaia) del Würm reciente al Holoceno medio. *Illunzar*, 4: 13-38.
- Alonso, G. and Monge-Ganuzas, M. 2012. Primeros pasos en la puesta en valor de la Geodiversidad y el Patrimonio Geológico de la Comunidad Autónoma del País Vasco. *Tierra y Tecnología*, 41, 39-47.
- Al-Ragum, A., Monge-Ganuzas, M., Amos, C.L., Cearreta, A., Townend, I., Manca, e. 2014. An evaluation of the Rouse theory for sand transport in the Oka estuary, Spain. *Continental Shelf Research*, 78, 39–50
- Arana, G. and Monge-Ganuzas, M. 2013. The Geodiversity strategy for the autonomous community of the Basque Country. In: J. Vegas, A. Salazar, E. Díaz-Martínez y C. Marchán (eds.) *Patrimonio geológico un recurso para el desarrollo. Cuadernos del museo Geominero*, 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. 297-304.
- Aranzadi, T., Barandiarán, J.M. y Eguren, E. (1931): Exploraciones de la caverna de Santimamiñe (Basondo, Cortézubi). 2ª Memoria – Los niveles con cerámica y el conchero. Reeditado en Barandiarán, J.M. (1976): *Obras Completas*. Tomo IX. Editorial La Gran Enciclopedia Vasca, 91-243. Bilbao.
- Arribas, J.L. (2006): *El Magdaleniense Superior Final: espacio y tiempo en el territorio vasco*. Munibe, 57 (Homenaje a Jesús Altuna, Tomo II): 239-247.
- Barandiarán, J.M. (1962): Exploraciones de la caverna de Santimamiñe (Basondo, Cortézubi). 5ª Memoria. Campaña de 1961. Reeditado en Barandiarán, J.M. (1976): *Obras Completas*. Tomo IX. Editorial La Gran Enciclopedia Vasca, 369-403. Bilbao.
- Basoinsa (1995): *Plan de Acción Territorial del Área de Especial Protección de la Ría*, 900 p. Inédito.
- Boilot, G., Montadert, L., Lemoine M. y Biju-Duval, B. (1984): *Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France*. Ed. Masson, Paris, 342 p.
- Campos, J. (1979): *Estudio geológico del País Vasco al Oeste del río Bidasoa*. Munibe, 1-2: 3-139.
- Cearreta, A. y Pascual, A. (1990): Estudio micropaleontológico de los depósitos cuaternarios litorales situados entre Laredo e Ibarrangelua (Cantabria y Vizcaya). En: ITGME (ed.) *El Cuaternario de España y Portugal*, 1: 307-323.
- Cearreta, A.; García-Artola, A.; Leorri, E.; Irabien M.J. y Masque, P. (2013). Recent environmental evolution of regenerated salt marshes in the southern Bay of Biscay: Anthropogenic evidences in their sedimentary record. *Journal of Marine Systems*, 109-110: S203-S212.
- Cearreta, A., Iriarte, E. and Monge-Ganuzas, M., 2002. Seguimiento y evaluación sedimentológica del Proyecto de Regeneración Dunar en Laida (Reserva de la Biosfera de Urdaibai). Primer informe anual: Octubre 2001-Septiembre 2002. 34 p. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco.
- Cearreta, A., Iriarte, E. and Monge-Ganuzas, M., 2003. Seguimiento y evaluación sedimentológica del Proyecto de Regeneración Dunar en Laida (Reserva de la Biosfera de Urdaibai). Segundo informe anual: Octubre 2002-Septiembre 2003. 34 p. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco.
- Cearreta, A., Iriarte, E. and Monge-Ganuzas, M. 2004. Seguimiento y evaluación sedimentológica del Proyecto de Regeneración Dunar en Laida (Reserva de la Biosfera de Urdaibai). Informe final: Octubre 2001-Diciembre 2004. 42 pp. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco.
- Cearreta, A., Monge-Ganuzas, M., Irabien M.J. e Iriarte, E. (2005): Herramientas geológicas para la interpretación medioambiental del yacimiento romano en Forua (Reserva de la Biosfera de Urdaibai). Informe técnico para el Departamento de Cultura

de la Diputación Foral de Bizkaia. 31 p. Inédito.

Cearreta, A., Monge-Ganuzas, M., Iriarte, E., Uriarte, A. and Liria, P. 2005. Seguimiento morfodinámico de la desembocadura del estuario del Oka (Reserva de la Biosfera de Urdaibai). Mayo-Septiembre 2005. 96 p. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco.

Cearreta, A. Monge-Ganuzas, M. e Iriarte, E. (2006): Análisis micropaleontológico (foraminíferos) y evolución ambiental holocena del estuario superior del Oka (área de Portuzarra, Gernika-Lumo). *Illunzar*, 6: 57-68.

Cearreta, A., Monge-Ganuzas, M. and Iriarte, E., 2006. Seguimiento morfodinámico de la desembocadura del estuario del Oka (Reserva de la Biosfera de Urdaibai). Mayo 2005-Abril 2006. 131 p. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco.

Cearreta, A., Monge-Ganuzas, M. and Iriarte, E. 2007. Proyecto de regeneración dunar en Laida (Reserva de la Biosfera de Urdaibai): seguimiento y evaluación geológica. *Forum de Sostenibilidad*, 1, 83-93.

Cearreta, A., Monge-Ganuzas, M. and Iriarte, E., 2007. Análisis micropaleontológico (foraminíferos) y evolución ambiental holocena en el estuario superior del Oka (área de Portuzarra, Gernika-Lumo). *Illunzar*, 6, 57-68.

Cearreta, A., Irabien, M.J. y Pascual, A. (2004): Human activities along the Basque coast during the last two centuries: geological perspective of recent anthropogenic impact on the coast and its environmental consequences. En: A. Borja y M. Collins (eds.) *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Elsevier Oceanography Series, 70, 53-73.

Cearreta, A., Iriarte, E. y Monge-Ganuzas, M. (2004): Seguimiento y evaluación sedimentológica del proyecto de regeneración dunar en Laida (Reserva de la Biosfera de Urdaibai). Informe final (Octubre 2001-Diciembre 2004), 42 p. Inédito.

Chust, G.; Borja, A.; Liria, P.; Galparsoro, I.; Marcos, M.; Caballero, A. y Castro, R. (2009): Human impacts overwhelm the effects of sea-level rise on Basque coastal habitats (N Spain) between 1954 and 2004. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 84: 453-462.

Cruz-Sanjulián, J.J., García-Mondejar, J. y Pujalte, V. (1984): Las playas de los estuarios de Vizcaya: su dinámica y alteraciones antropogénicas. *Thalassas*, 2: 35-42

Diez, J.J. (1999a): Infilling processes, nature of Littoral barriers and stability of inlets in Spanish natural harbours. En: N.C. Kraus y W.C. Mcdougall (eds), *Coastal Sediments '99*, ASCE Reston VA. USA 2: 1537-1551.

Diez, J.J. (1999b): Morphodynamics of Spanish Cantabrian Rías. *Journal of Coastal Research*, 15: 1072-1082.

Diez, J.J. (2000): Morphodynamics of rias with spit barriers. *Proceedings of the 8th International IAEG Congress*. Balkema, Rotterdam, 4693-4700.

Eraso, A., Arrate, I. y Ruiz, F. (2001): Mapa hidrológico de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Escala 1:150.000. Ente Vasco de la Energía (EVE), 71 p.

Etxaniz, J.A. (1998): El canal de la ría de Gernika-Mundaka. Planes, proyectos y otras realidades. *Aldaba*, 91: 37-50.

Evans, G. y Prego, R. (2003): Rías, estuaries and incised valleys: is a ría an estuary? *Marine Geology*, 196: 171-175.

EVE (1996): Mapa hidrogeológico del País Vasco. Escala 1:100.000. 377 p.

Franco, J. (1994): Variabilidad espacio-temporal de la biomasa y producción del fitoplancton en el estuario de Urdaibai. Memoria de Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco/EHU. 201 p. Inédita.

García-Artola, A.; Cearreta, A. y Leorri, E. (2011): Cambios en el nivel marino y transformación ambiental del estuario de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (País Vasco, España) durante el Holoceno y Antropoceno. *Boletín de la Real Sociedad*



Española de Historia Natural, Sección Geología, 105: 45-51.

García-Artola, A.; Cearreta, A. & Leorri, E. (2014): Relative sea-level changes in the Basque coast (northern Spain, Bay of Biscay) during the Holocene and Anthropocene: the Urdaibai estuary case- Quaternary International <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.06.040>

Gesplan (1997): Sistema de cartografía ambiental de la Comunidad Autónoma del País Vasco. CD-Rom. TECNA.

Gehrels, W.R. (2000): Using foraminiferal transfer functions to produce high-resolution sea-level records from salt-marsh deposits, Maine, USA. *The Holocene*, 10: 367-376.

Gobierno Vasco (1986): Estudio oceanográfico de la ría de Mundaka. Colección Itxaso, 3. Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco. 205 p.

Gogeaskoetxea, A. y Juaristi, J. (1997): Aprovechamientos históricos y privatización de las marismas de Urdaibai. *Lurralde*, 20: 169-189.

Goiri, P. y Diez-Heppe, L.F. (2000): Ría de Urdaibai. Reserva de la Biosfera. Informe y situación. Asociación de embarcaciones de recreo de Portuondo. 20 p. Inédito.

Gómez-Pina, G., Muñoz-Pérez, J.J., Ramírez, J.L. y Ley, C. (2002): Sand dune management problems and techniques, Spain. *Journal of Coastal Research*, 36: 325-332.

González, A. M., Medina, R., Gonzalez-Ondina, J., Osorio, A., Méndez, F.J. y García, E. (2007): An integrated coastal modeling system for analyzing beach processes and beach restoration projects, *SMC. Computers & Geosciences*, 33: 916-931.

González-Urquijo, J.E., Ibáñez-Estévez, J.J. y Zapata, L. (1999): El V milenio cal BC en el País Vasco atlántico: la introducción de la agricultura y la ganadería. II Congreso del Neolítico a la Península Ibérica. *Saguntum*, extra nº 2: 559-564.

González, M., Uriarte, A., Fontán, A. Mader, J. y Gysels, P. (2004): *Marine Dynamics*. En: A. Borja y M. Collins (eds.), *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Elsevier Oceanography Series, 70, 133-154.

Hazera, J. (1968): La région de Bilbao et son arrière pays. Étude géomorphologique. *Munibe*, 1-4: 1-358 p.

Hernández Pacheco, F. y Asensio Amor, I. (1966): Estudio fisiográfico y sedimentológico de la Ría de Mundaca-Guernica. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 125: 30 p.

HIDMA (1995): Modelización hidrodinámica, transporte y dispersión de contaminantes en la Ría de Gernika-Mundaka. Informe técnico inédito. 145 p.

Ibáñez, M. (1979): Hydrological studies and surface currents in the coastal area of the Bay of Biscay. *Lurralde*, 2: 37-75.

Iberinsa (1992, 1994): Estudio geofísico marino de la costa de Vizcaya. Servicio de Proyectos y Obras. Dirección General de Costas. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid. Informe técnico. Inédito.

Irabien, M.J. (1993): Mineralogía y geoquímica de los sedimentos actuales de los ríos Nervión-Ibaizabal, Oka, Butrón y Nive. Índices de Gestión Ambiental. Memoria de Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco/EHU, 320 p.

Imaz, M. (1990): Estratigrafía de los moluscos marinos en los yacimientos prehistóricos vascos. *Munibe*, 42: 269-275.

Imaz, M. (1994): Los moluscos marinos de Laminak II. *Kobie*, 21: 221-224.

Instituto Hidrográfico de la Marina (1992): Anuario de mareas. Servicio de Publicaciones de la Armada. Talleres del Instituto Hidrográfico de la Marina, Cádiz, España.

Iriarte, E., Monge-Ganuzas, M. and Cearreta, A. 2004. Fases de Crecimiento y estructura interna de una duna costera en regeneración (Reserva de la Biosfera de

Urdaibai, País Vasco). *Geogaceta*, 36, 139-142.

Iribar, X. e Ibáñez, M. (1979): Subdivisión de la zona intermareal de San Sebastián en función de los datos obtenidos con mareógrafo. *Acta 1º Simposio Ibérico de Estudio del Bentos Marino, San Sebastián*, 2: 521-524.

Lazure, M.P. (1997): La circulation des eaux dans le Golfe de Gascogne. 10èmes rencontres interregionales de l'AGLIA. Saint Jean de Luz, 83-88.

Liria P., Uriarte A., Monge-Ganuzas M., Cearreta A., Garel E. and Collins M.B., 2006. Morphodynamical monitoring of the Oka Estuary inlet (Basque Country). In: Álvarez I., de Castro M., Gómez-Gesteira M., Lorenzo M.N. & Prego R. (eds.), *Oceanography of the Bay of Biscay*, 212-217. Aica Ediciones, Proceedings of the X International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay. Vigo (Spain), 19-21 April.

Llopis-Lladó (1957): Le Quaternaire de la région cantabrique. Livret-guide de l'excursion nº 2 du Congrès Internationale de l'INQUA á Madrid, 43-51.

López-Horge, M. y Vivanco, J. (1989a): El ferrocarril de Amorebieta a Bermeo (1). *Revista Carril*, 27: 35-42.

López-Horge, M. y Vivanco, J. (1989b): El ferrocarril de Amorebieta a Bermeo (2). *Revista Carril*, 28: 47-54.

López-Horge, M. y Vivanco, J. (1990): El ferrocarril de Amorebieta a Bermeo (3). *Revista Carril*, 30: 49-58.

López Quintana, J.C. (2000): El yacimiento prehistórico de la cueva de Kobeaga II (Ispaster, Bizkaia): cazadores-recolectores en el País Vasco atlántico durante el VIII y VII milenio B.P. *Illunzar*, 4: 83-162.

López Quintana, J.C. (2001): La cueva de Atxondo (Kortezubi). *Arkeoikuska* 00: 311-313.

Martínez, A. y Unzueta, M. (1989): Forua: un asentamiento romano altoimperial en la franja cantábrica del País Vasco. En: *El solar Vascón en la antigüedad. Cuestiones de lengua, arqueología, epigrafía e historia. VII Cursos de verano de la Universidad del País Vasco/EHU*, 37-46.

Martínez, A. y Unzueta, M. (1995): El asentamiento romano de la ensenada de Portuondo (Pedernales-Mundaka, Bizkaia). *Kobie (serie Paleoantropología)*, 22: 107-136.

Medina, R. y Méndez, F.J. (2006): Inundación costera originada por la dinámica marina. *Ingeniería y Territorio*, 74: 68-75.

Mendia, M., Monge-Ganuzas, M., Diaz, G., González, J. and Albizu, X. 2011. Guía de Lugares de Interés Geológico de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Vitoria-Gasteiz. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 333 p

Mendia, M. and Monge-Ganuzas, M., 2011. Geodiversity strategy for the Urdaibai Biosphere Reserve. In: E. Fernández-Martínez & R. Castaño (eds.), *Avances y Retos en la conservación del patrimonio geológico en España*, 196-200. Proceedings of IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España), León (Spain), 14-18 June.

Mendia, M. and Monge-Ganuzas M., 2012. Un paso más en la estrategia de Geodiversidad de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai: la divulgación. *Geo-Temas*, 13, 398.

Monge-Ganuzas, M., Iriarte, E. and Cearreta, A., 2003. Regeneración dunar en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Bizkaia, País Vasco). *Geogaceta*, 34, 119-122.

Monge-Ganuzas, M., Iriarte, E., Cearreta, A. y Arana, X. (2004a): Sustainable Management in the Urdaibai Reserve of the Biosphere (Southern Bay of Biscay): Coastal Dune Regeneration. En: *Delivering Sustainable coast: Connecting Science and Policy. Littoral 2004, Aberdeen. Proceedings Volume 2: 725-726.*

Monge-Ganuzas, M., Cearreta, A. e Iriarte, E. (2008): Consequences of estuarine sand dredging and dumping on the Urdaibai Reserve of the Biosphere (Bay of Biscay): the

case of the "Mundaka left wave". *Journal of Iberian Geology* 34: 215-234.

Monge-Ganuzas, M., Iriarte, E. y Cearreta, A. (2004b): Evolución morfológica de un campo dunar costero en regeneración: playa de Laida (Reserva de la Biosfera de Urdaibai, País Vasco). *Geo-Temas*, 6: 251-254.

Monge-Ganuzas, M., 2005. Suntsitutako ekosistema natural bat berreskuratzeko ahalegina. Laidako dunak birsortzeko proiektua. *Bizkaia maitea*, uda, 12-13.

Monge-Ganuzas, M., Cearreta, A. and Iriarte, E., 2005. Coastal Dune Regeneration in the Urdaibai Reserve of the Biosphere (Southern Bay of Biscay). In: F.A. Comín (ed.) *Proceedings of The World Conference on Ecological Restoration*, 224. Zaragoza (Spain), 12-18 September.

Monge-Ganuzas, M., Iriarte, E. y Cearreta, A. (2006): Análisis sedimentario y evolución holocena del estuario superior del Oka en el área de Portuzarra (Gernika-Lumo, Bizkaia). *Illunzar*, 6: 39-55.

Monge-Ganuzas M., Iriarte, E., and Cearreta, A., 2007. Análisis sedimentario y evolución holocena del estuario superior del Oka en el área de Portuzarra (Gernika-Lumo, Bizkaia). *Illunzar*, 6, 39-56.

Monge-Ganuzas, M., Cearreta, A. and Iriarte, E., 2008. Consequences of estuarine sand dredging and dumping on the Urdaibai Reserve of the Biosphere (Bay of Biscay): the case of the "Mundaka left wave". *Journal of Iberian Geology*, 34, 215-234.

Monge-Ganuzas, M., 2010. La puesta en valor y la conservación del patrimonio geológico: el karst. In: Gobierno Vasco (ed.), *Catálogo de cuevas y simas de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai*, 21-31. Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco.

Monge-Ganuzas, M., Cearreta, A., Evans, G., Leorri, E.; Irabien M.J., García-Artola, A. and Iriarte, E., 2011. Dinámica sedimentaria actual en el estuario del Oka. In: Onaindia, M; Ibabe, A. & Unzueta, J. (eds.), *Guía científica de Urdaibai*, 407-427, Cátedra UNESCO sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental de la UPV/EHU.

Monge-Ganuzas, M., Cearreta, A. and Evans, G., 2012. Morphodynamic consequences of dredging/dumping activities along the lower Oka estuary (Urdaibai Biosphere Reserve, southeastern Bay of Biscay, Spain). *Ocean and Coastal Management*, 77, 40-49

Monge-Ganuzas, M., Cearreta, A. and Evans, G., 2014. Sand-spit accumulations at the mouths of the eastern Cantabrian estuaries: the example of the Oka estuary (Urdaibai Biosphere Reserve). *Quaternary International* (in press).

Monge-Ganuzas, M. and Martínez-Jaraíz, C. 2013. Geological heritage in the World network of Biosphere Reserves. In: J. Vegas, A. Salazar, E. Díaz-Martínez y C. Marchán (eds.) *Patrimonio geológico un recurso para el desarrollo. Cuadernos del museo Geominero*, 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. 313-321.

Monge-Ganuzas, M. and Mendia, M., 2011. Geodiversity strategy in the Basque Country. In: E. Fernández-Martínez & R. Castaño (eds.), *Avances y Retos en la conservación del patrimonio geológico en España*, 196-200. *Proceedings of IX Reunión Nacional de la comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España)*, León (Spain), 14-18 June.

Olaizola, J. (2005): *El ferrocarril de Amorebieta a Bermeo*. Euskotren, Azpeitia, 294 p.

Orive, E., Santiago, J. y Villate, F. (1984): Variabilidad de algunos parámetros físicos y biológicos en la ría de Mundaka. *Cuadernos da Área de Ciencias Mariñas, Seminario de Estudios Galegos*, 1: 129-138.

Ortiz de Eribe, J.A. (1998): *Plan de mantenimiento de calados en la ría de Mundaka*. Astilleros de Murueta. 24 p. Inédito.

Pascual, A. (1981): *Los foraminíferos actuales del litoral vizcaíno*. Memoria de Tesis de licenciatura. Universidad del País Vasco/EHU, 101 p. Inédita.

Pascual, A. (1984): *Los foraminíferos actuales del litoral vizcaíno*. *Kobie*, 14: 341-350.



- 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 Bilbao. Memoria de Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco/EHU, 354 p. Inédita.
- Pascual, A. (1992): Utilización de los foraminíferos bentónicos para un mejor conocimiento del medio ambiente en los estuarios vizcaínos (Guernica y Bilbao). *Revista Española de Micropaleontología*, 24 33-57.
- Pascual, A., Cearreta, A., Rodríguez-Lázaro, J. y Uriarte, A. (2004): Geology and Paleooceanography. En: A. Borja y M. Collins (eds.) *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Elsevier Oceanography Series, 70: 53-73.
- Pascual, A. y Rodríguez-Lázaro, J. (1996): Micropaleontología en materiales holocenos de la ría de Gernika (Golfo de Bizkaia). *Geogaceta*, 20: 209-212.
- Pascual, A., Cearreta, A., Rodríguez-Lázaro, J. y Uriarte, A. (2004): Geology and paleoceanography. En: A. Borja y M.B. Collins (eds), *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Elsevier Oceanography Series, 70: 53-70.
- Pascual, A. y Rodríguez-Lázaro, J. (2006): Marsh development and sea level changes in the Gernika estuary (southern Bay of Biscay): foraminifers as tidal indicators. *Scientia Marina*, 70S1: 101-117.
- Pascual, A., Rodríguez-Lázaro, J., Weber, O. y Jouanneau, J.M. (2001): Cambios paleogeográficos durante el Holoceno en las marismas de Forua, Reserva de la Biosfera de Urdaibai. *Geogaceta*, 30:191-194.
- Pascual, A., Rodríguez-Lázaro, J., Weber, O. y Jouanneau, J.M. (2002): Late-Holocene pollution in the Gernika estuary (southern Bay of Biscay) evidenced by the study of Foraminifera and Ostracoda. *Hydrobiologia*, 475/476: 477-491.
- Pascual, A., Weber, O., Caballero, F., Rodríguez-Lázaro, J. y Jouanneau, J.-M. (1999): Análisis integral (micropaleontología y sedimentología) de un sondeo supramareal holoceno en la ría de Guernica (Golfo de Vizcaya). *Geogaceta*, 26:75-78.
- Pascual, A., Weber, O., Rodríguez-Lázaro, J. y Jouanneau, J.M. (2000a): evolución sedimentaria del polder de Anbeke (Reserva de Urdaibai, Golfo de Vizcaya) durante el Holoceno. *Geogaceta*, 28: 113-116.
- Pascual, A., Weber, O., Rodríguez-Lázaro, J., Jouanneau, J.-M., Caballero, F., Elorza, J., y Pujos, M. (2000b): Reconstrucción paleogeográfica de la ría de Gernika durante el Holoceno: evidencias geológicas. En Gobierno Vasco y UNESCO (eds.), *Investigación aplicada a la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, Vitoria-Gasteiz*, 209-214.
- Pascual, A., Weber, O., Rodríguez-Lázaro, J., Jouanneau, J.-M. y Pujos, M. (1998): Le comblement de la ria de Gernika (Golfe de Gascogne) a l'Holocène Terminal. *Oceanologica Acta*, 21: 263-269.
- Portero, G., Salazar, A., Pascual, M.H., Ortega, I. y Olive, A. (1991): Puntos de interés geológico de Gipuzkoa. Diputación Foral de Gipuzkoa, Departamento de Urbanismo, Arquitectura y Medio Ambiente. Donostia. 167 p.
- Prego, R., Boi, P. y Cobelo-García, A. (2008): The contribution of total suspended solids to the Bay of Biscay by Cantabrian Rivers (northern coast of the Iberian Peninsula). *Journal of Marine Systems*, 72: 342-349.
- Rey, J. J. y Mendiáldea, T. (1989): Los sedimentos cuaternarios superficiales del margen continental español. Ministerio de Agricultura y Pesca y Alimentación, Instituto Español de Oceanografía, Madrid, 29 p.
- Rey, J. J. y Sanz, J. L. (1982): Estudio geológico submarino del litoral cantábrico con sonar de barrido lateral (desde San Vicente de la Barquera a Punta San Emeterio). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 7: 88-96.
- Rivas, V. (1991): Evolución reciente y estado actual del litoral cantábrico oriental. Memoria de Tesis doctoral. Universidad de Murcia. 537 p. Inédita.
- Ruiz, A., Franco, J. y Orive, E. (1994): Suspended particulate matter dynamics in the shallow mesotidal Urdaibai estuary (Bay of Biscay, Spain). *Netherlands Journal of*

Aquatic Ecology, 28: 309-316.

Ruiz, A. (1995): Aproximación al estudio de las interacciones tróficas en el plancton del estuario de Urdaibai. Caracterización del alimento y herbivorismo del zooplancton. Memoria de Tesis doctoral. Universidad del País Vasco/EHU, 239 p. Inédita.

Ruiz de Velasco, J. (ed.) (1991): Ruta histórico gráfica de Sukarrieta-Pedernales (1900-1990). Bilbao, 186 p.

Ruiz de Velasco, J. (ed.) (2000): Ruta histórico gráfica de Sukarrieta-Pedernales (1900-2000). Bilbao, 191 p.

Solar, G. (2007): Evolución ambiental del estuario superior del Oka (Reserva de la Biosfera de Urdaibai) durante el Holoceno como consecuencia del ascenso en el nivel marino. Memoria de Tesis de Licenciatura, Universidad del País Vasco/EHU 62 p. Inédita.

Uriarte, A. (1998): Sediment Dynamics on the Inner Continental Shelf of the Basque Country (N. Spain). Memoria de Tesis Doctoral. University of Southampton, 302 p. Inédita.

Uriarte, A., Collins, M.B., Cearreta, A., Bald, J. y Evans, G. (2004): Sediment supply, transport and deposition: contemporary and Late Quaternary evolution. En: Borja A. y Collins, M.B. (eds), Oceanography and Marine Environment of the Basque Country. Elsevier Oceanography Series, 70: 97-132.

Valencia, V., Franco, J., Borja, A. y Fontán, A. (2004): Hydrography of the south eastern Bay of Biscay. En: A. Borja y M. Collins (eds.) Oceanography and Marine Environment of the Basque Country. Elsevier Oceanography Series, 70, 166-167.

Villate, F., Franco, J., Ruiz, A. y Orive, E. (1989): Caracterización geomorfológica e hidrológica de cinco sistemas estuáricos del País Vasco. Kobie, 18: 157-170.

Villate, F., Valencia, V. y Urrutia, J. (1990): Estudio hidrográfico, sedimentológico y de metales pesados en las rías del Bidasoa y Plencia. Informes técnicos. Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 32: 1-100.

sa