



# Evolución ambiental del estuario de Avilés (1833-2006)

J. LÓPEZ PELÁEZ<sup>1</sup> Y G. FLOR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Seminario de Ciencias Naturales. Colegio San Fernando. Avda. San Agustín s/n, 33400 Avilés (jlopezpelaez@hotmail.com)

<sup>2</sup> Departamento de Geología. c/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo (gflor@geol.uniovi.es)

**Resumen:** La evolución histórica del estuario de Avilés puede resumirse en tres etapas principales: inicial con funcionamiento natural (hasta 1833), intermedia (1833-1950) y actual (hasta 2006). Se han elaborado mapas cartográficos detallados, inicialmente a escala 1/5.000, incluyendo las zonaciones geomorfológicas estuarinas y sus unidades morfosedimentarias y dinámicas, de las cuales, la barrera confinante contiene tres campos dunares extensos y las llanura fangosas y marismas ocuparon las mayores extensiones. La evolución medioambiental se ha caracterizado por: 1) incremento progresivo e irregular del grado de antropización hasta completar una superficie alterada de 12,52 km<sup>2</sup> (88,20%); 2) las superficies ocupadas, muchas de carácter irreversible, tuvieron usos industrial, urbano, portuario, etc; 3) se han producido acumulaciones antrópicas; y 4) las unidades naturales, con bajo grado de antropización o regeneradas ascienden a 1,68 km<sup>2</sup> (11,80%). La alteración más intensiva se produjo en la etapa intermedia (1833-1950), antropizándose 7,98 km<sup>2</sup> (56,20%), mientras que los cambios posteriores hasta la actualidad disminuyeron hasta 4,54 km<sup>2</sup> (31,97%).

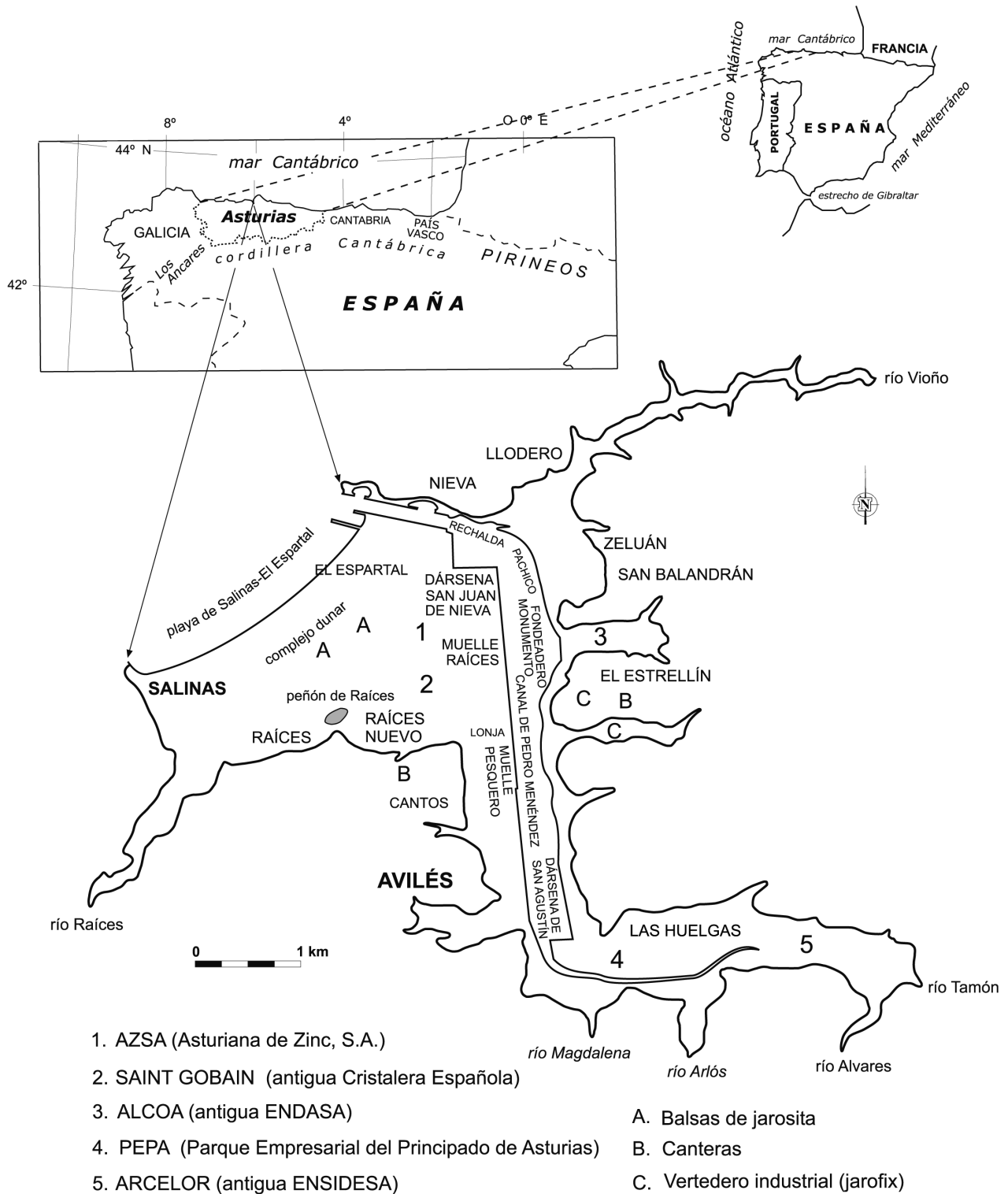
**Palabras clave:** Estuario, geomorfología, unidades morfosedimentarias, antropización.

**Abstract:** The historical evolution of the Avilés estuary may be seen in three main stages: an initial phase of natural development until 1833, an intermediate phase from 1833 to 1950, and a modern phase from 1950 to the present. Shaped as it has been by local environmental changes and marked by an intense industrial occupation of both city and port. Detailed cartographic maps, former to 1/5,000 scale, have been elaborated including geomorphological zones and their dynamic and morphosedimentary units, each one of them have been quantified, allowing to establishing the guidelines of alterations: 1) progressive and irregular increasing rate of anthropization until to reach a degraded surface of 12,52 km<sup>2</sup> (88,20%); 2) most natural areas were irreversible transformed as industrial, urban, port, etc, ones; 3) some anthropic accumulations has been produced; and 4) natural units with low rate anthropization or regenerated were 1,68 km<sup>2</sup> (11,80%). The most intensive alteration produced in the intermediate phase, about 7,98 km<sup>2</sup> (56,20%), whereas later changes to the present decreased to 4,54 km<sup>2</sup> (31,97%).

**Key words:** Estuary, geomorphology, morphosedimentary units, anthropization.

El estuario de Avilés está situado en la zona centro-occidental de Asturias (5° 55' O - 43° 34' N), adoptando en planta una forma de Z asimétrica (Fig. 1), dentro del cual destaca su extenso complejo de desembocadura, cuya barrera arenosa está culminada por un

sistema de tres campos dunares adosados en la horizontal, que han progradado sucesivamente en tres etapas principales, y la playa activa (Flor, 1994). Se trata de un estuario de valle fluvial inundado dominado por rangos mesomareales y de periodo semidiurno.



**Figura 1.** Situación del estuario de Avilés y localidades más importantes citadas en el texto, así como de las empresas instaladas y obras civiles reseñables.

Este estuario, a diferencia de la mayoría, no se drena con un río colector principal, sino con una serie de ríos costeros situados en la margen izquierda, cuya geometría de avenamiento en planta adquiere una forma de peine. Las longitudes de los ejes fluviales nunca sobrepasan los 15 km y las cuencas hidrográficas, de escasa superficie, suponen un total de 184 km<sup>2</sup>, por lo que la aportación de agua dulce es baja, estimándose en 249,3 hm<sup>3</sup>/año para el caudal fluvial ( $Q_F$ ), frente a un caudal mareal medio ( $Q_M$ ) calculado de 3.423,5 hm<sup>3</sup>/año; por tanto, la relación  $Q_F/Q_M$  adquiere un valor de 0,07 (López Peláez, 1996), lo que indicaría que, desde el punto de vista de las mezclas de agua, se trata de un estuario de mezcla total o verticalmente homogéneo, según el criterio de Simmons (1955). Estas condiciones se mantienen en cualquiera de las posibilidades extremas (mareas vivas y muertas y caudales de avenida y estiaje).

La excavación del vaso estuarino responde a un doble control: litológico y tectónico, además del propiamente fluvial. La mayor parte del sustrato rocoso del estuario está constituido, principalmente, por limolitas permotriásicas y los márgenes por los limos del “tramo de transición” (Suárez Vega, 1974) al Jurásico, las series calcáreo-dolomíticas de la Formación Gijón del Jurásico Inferior (Valenzuela Fernández, 1988), los conglomerados cuarcíticos del Jurásico Medio, así como diferentes series paleozoicas en la margen oriental de la desembocadura. Durante la orogénesis Alpina se produjo la fragmentación en bloques con manifestación de elevaciones y depresiones (sistema horst y fosas), configurándose la fosa de Avilés (Llopis Lladó, 1968). Sobre este entorno, se encajaron el estuario y la red fluvial de ámbito costero, de acuerdo con los procesos de excavación diferencial, procediéndose posteriormente al relleno sedimentario del estuario hasta la transgresión flandriense, máximo a partir del cual, la configuración definitiva del mismo se llevó a cabo por un descenso intermitente del nivel del mar (Flor, 1995); en el complejo de desembocadura, se produjo la migración y progradación del sistema de confinamiento (playa-dunas), en tres etapas durante las que se formaron los tres campos dunares correspondientes.

El aporte sedimentario arenoso, que constituye el relleno del estuario, así como el de la extensa barrera confinante, ha derivado de las extrusiones de la gran cuenca hidrográfica del Nalón-Narcea, de modo que el flujo sedimentario transportó según una componente principal hacia el E, constituyéndose este estua-

rio de Avilés en un neto sumidero sedimentario, a diferencia del propio estuario del Nalón.

Siguiendo la línea de investigación en curso sobre estuarios cantábricos consistente en la reconstrucción histórica de alguno de los más antropizados, como los del Nalón, Navia, Villaviciosa y Ribadesella (Cabrera Ceñal y Flor, 1993; López Peláez y Flor, 2006; Flor y Flor Blanco, 2008), se persigue establecer las pautas evolutivas desde su estado más natural y los sucesivos hitos más representativos que han marcado las alteraciones hasta el presente. Estos estudios históricos están teniendo una acogida muy buena entre los gestores de las diferentes administraciones públicas ya que constituyen documentos básicos para su utilización ante algunas actuaciones en puertos y áreas de influencia en ambientes estuarinos.

En un trabajo anterior (López Peláez, 1996), se estableció buena parte de la evolución histórica estuarina, plasmada en mapas a escala 1/10.000 que se actualiza en este trabajo con un mayor detalle. En este caso, se trata de reconstruir las condiciones naturales del estuario, mediante la cartografía a escala inicial 1/5.000 de las zonas geomorfológicas longitudinales características (complejo de desembocadura, bahía arenosa, llanuras fangosas y canal superior), definidas en otros estuarios cantábricos (Flor, 1997) y dentro de éstas, las unidades morfosedimentarias y dinámicas correspondientes. Posteriormente, se establece la evolución ambiental histórica en las dos etapas representativas, incluyendo las transformaciones antrópicas, a través de los registros de fotografías aéreas verticales para visión estereoscópica de la serie histórica desde 1956-57 del vuelo norteamericano a escala aproximada 1/33.000 hasta las últimas ortofotos del Principado de Asturias de 2006. De forma complementaria, para intervalos temporales definidos, se individualizan los tipos de actuación antrópica sobre cada unidad y se cuantifican las superficies de cada zona según los usos principales, mediante la aplicación del programa AUTOCAD2004 con georreferenciación sobre las fotografías aéreas digitalizadas.

### **Etapas inicial (hasta 1833): funcionamiento natural**

Se han consultado diferentes planos elaborados desde el siglo XVIII al XIX con el objeto de poder reconstruir, lo más fielmente posible, las distribuciones de las unidades morfosedimentarias y dinámicas representativas del estuario antes de su transformación antrópica. La experiencia adquirida después de 30 años analizando pormenorizadamente los estuarios cantábricos ha servido para elegir, entre los numerosos planos

disponibles, algunos reproducidos por Alvargonzález Rodríguez y Roza Candás (2000) y López Fernández *et al.* (2007), una vez filtrados los contenidos convenientemente; el firmado por D. Pedro Pérez de la Sala de 1858 es, sin duda, el más detallado y adecuado para elaborar un primer estadio de partida del estuario en estado natural (Fig. 2). Este ingeniero levantó un plano para el *Proyecto de Mejora de la Ría* consistente en el encauzamiento por medio de dos malecones (Ruiz Seisdedos y Navarro Bidegain, 2002).

En cuanto a la formación de este estuario, se deduce de los antecedentes que tuvo lugar a partir del relleno sedimentario a lo largo de la transgresión finipliocena-holocena, cuyo momento crucial se determina en el flandriense, momento de máxima extensión del estuario, aguas arriba y sobre ambos márgenes, y con la barrera confinante (sistema de playa), situada en los acantilados de Raíces-Salinas. La evolución natural posterior estuvo marcada por una retirada del nivel del mar que, en una primera fase, generaría una barrera progradante y el campo dunar interno en que tuvo lugar la consiguiente estabilización (prolongada) para permitir la recepción de sedimentos eólicos.

Posteriormente, tendría lugar un nuevo descenso del nivel del mar y el correspondiente estacionamiento hasta configurarse el campo dunar intermedio. En esta fase pudo derivar el cauce del río Raíces hasta situarse entre ambos campos y desembocar en la margen izquierda del estuario de Avilés (Llopis Lladó, 1968).

Con posterioridad se registró una pulsación positiva (Flandriense tardío, 2.000-2.500 años B.P.) y seguidamente un nuevo descenso del nivel del mar con un estacionamiento relativamente corto, como lo demuestran las menores dimensiones (respecto al resto de campos dunares) de los cordones dunares correspondientes al campo dunar externo (Flor, 1995). El sistema de la playa y las dunas traseras en este campo mostraba un cierto equilibrio dinámico y sedimentario hasta la década de los setenta del siglo pasado.

Desde hace aproximadamente 20 años, se detecta un proceso de recesión de la playa y frente dunar externo cuyo perfil es marcadamente erosivo, aspectos paliados parcialmente con una regeneración llevada a cabo en el arenal de la playa en el año 2005. Este comportamiento del sistema, además de las posibles causas naturales, está íntimamente relacionado, fundamentalmente, con los intensivos dragados realizados en la barra de desembocadura, paso y canal principal.

En su dinámica natural, el estuario de Avilés mostraría longitudinalmente las cuatro zonas geomorfológicas características, dentro de las cuales se diferencian las principales unidades morfosedimentarias y dinámicas (Fig. 2), desde la bocana a la cola estuarina, que se describen a continuación.

#### *Complejo de desembocadura*

Está ampliamente representado en este estuario, destacando la extensión de su barrera arenosa confinante (sistema de playa-dunas), representada por tres campos dunares que dibujan recintos rectangulares, paralelos al nivel del agua, cada uno de ellos correspondientes a las fases de progradación desde la transgresión flandriense, de modo que el más interno es el más antiguo.

*Playa expuesta* (1): se trata de una playa disipativa con desarrollo de sistemas de barra/surco en la terraza de bajamar, orientada NE-SO. Los tamaños medios de arena varían entre finos y medios, estos últimos dominantes en el extremo oriental, pero alternándose a lo largo de la playa; en el extremo occidental, que está protegido de los oleajes reinantes del NO, las arenas son finas (Álvarez Areces y Flor, 2008).

*Dunas costeras* (2): representadas mayoritariamente por cordones dunares con crestas y surcos asociados que se disponen paralelamente respecto de la playa y con relieves menos acusados hacia el borde occidental, coincidiendo con la zona de sombra de la playa. Se distribuyen en tres campos dunares a lo largo de la posplaya: i) Campo dunar externo (a), constituido por un grupo de cordones dunares que en el área centro-occidental tienen magnitudes menores, tanto en altura como en anchura. Hacia el centro y E, están mejor definidos y se formaron en mayor número. La transición de la playa a la franja externa activa dunar estaba constituida por un plano de escasa pendiente, permitiendo las transferencias arenosas por el viento desde la playa seca con la aparición de frentes erosivos localizados en temporales. ii) Campo dunar intermedio (b), que es el de mayor extensión y el que contenía los volúmenes arenosos eólicos de más envergadura, con el desarrollo de algunos cordones dunares que alcanzaron cotas altimétricas de más de 20 m en el centro y borde oriental. También, las dimensiones de las dunas mostraban un relieve decreciente hacia el borde occidental, consecuencia del efecto de sombra por el promontorio de La Peñona. iii) Campo dunar interno (c), constituido por dunas de relieve escaso, preferentemente en el área occidental, pero desde el peñón de Raíces a la margen occidental del estuario

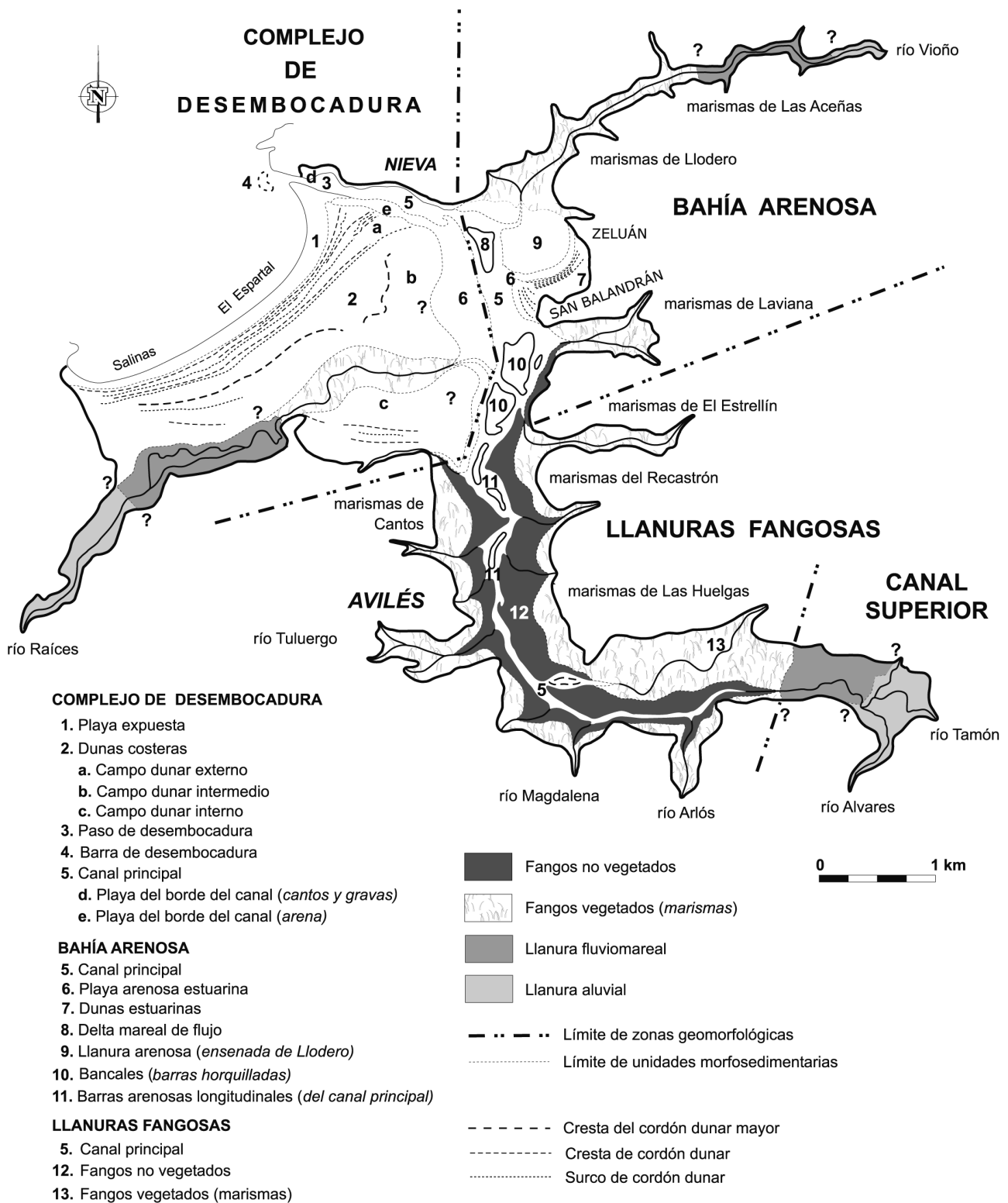


Figura 2: Zonación geomorfológica y unidades morfosedimentarias y dinámicas más importantes del estuario de Avilés en su funcionamiento natural (*etapa inicial*) hasta 1833, deducido de datos del siglo XVIII y primeros de siglo XIX, así como del plano de Pérez de la Sala (1858).

de Avilés, se identifican las mayores construcciones dunares donde se formaron al menos dos cordones dunares principales.

*Paso ("inlet") de desembocadura (3)*: corresponde a la parte externa del canal principal confinado, en posición distal, a lo largo de unos 150 m en que su orientación sería NO-SE; se continuaba mar afuera por una *barra de desembocadura sumergida (4)*, apoyada, por tanto, en el extremo oriental de la playa submareal.

*Canal principal (5)*: constituye la continuación hacia el interior del paso de desembocadura, con la misma alineación apuntada NO-SE, y se resolvía en un canal de mayor anchura a lo largo de 1 km, en cuyas márgenes se desarrollaban playas estuarinas: i) playas de cantos y gravas (d), situadas exclusivamente en su margen derecha, por cuanto los materiales derivaban de los depósitos de ladera de las márgenes rocosas paleozoicas, formando pequeñas ensenadas; playas de arenas (e), ligadas al canal en su margen izquierda en transición a los campos dunares.

#### *Bahía arenosa*

Predominantemente arenosa, con transiciones a facies fangosas hacia la margen suroriental, donde los arroyos costeros tributarios permitieron la formación de llanuras fangosas y marismas (marismas de Laviana y de El Estrellín). En la margen derecha septentrional, se continuaba por la amplia ensenada de Llodero donde se identifican unidades muy variadas, mientras que en la izquierda desembocaba el río Raíces con sus marismas y sometido a la acción mareal, aguas arriba (Fig. 2).

*Canal principal (5)*: presentaba un trazado ligeramente arqueado con la convexidad hacia el E siguiendo una dirección N-S.

*Playas arenosas estuarinas (6)*: una primera playa estaba ligada a la margen izquierda del canal en transición a los campos dunares intermedio e interno, solamente interrumpida por la desembocadura del río Raíces en el extremo meridional. Otra se situaba sobre la margen derecha, ligada a la ensenada de Llodero, en lo que constituía una barrera de un estuario lateral con una longitud algo superior a los 500 m, cuya planta se arqueaba como una playa expuesta, dibujando una concavidad ligera hacia el NO. Al S, en esa misma margen, se extendería otra playa estuarina (San Balandrán), perteneciente a la barrera mencionada, con una longitud de unos 400 m.

*Dunas estuarinas (7)*: estaban representadas solamente en la margen derecha con el campo dunar asociado a la playa de Zeluán-San Balandrán. Están constituidas, al menos, por dos sistemas de cordones dunares con sus crestas y surcos, mejor desarrollados en el borde occidental del complejo, adoptando relieves contrastados; hacia el borde oriental, tienen un relieve mucho menor. Junto con la playa estuarina, serían el vestigio de un sistema de playa-dunas del confinamiento de un estuario satélite (del río Vioño) activo y relativamente independiente del de Avilés, incorporado a él durante el proceso progradante hasta tiempos históricos.

*Delta mareal de flujo (8)*: desarrollado en la parte externa del canal principal en total continuidad con el mismo, adquiriendo una geometría alargada en la dirección del canal.

*Llanuras arenosas (9)*: en transición lateral a fangos (vegetados o no), que constituían las marismas de Llodero y Las Aceñas por el N.

*Bancales arenosos (10)*: representados por barras arenosas ligadas al canal principal, aguas arriba del delta de flujo, alguna de las cuales probablemente serían del tipo de barras horquilladas ("spillover lobes").

#### *Llanuras fangosas*

Se trataba de la unidad más ampliamente representada, afectada por mareas y descargas fluviales. Su constitución era predominantemente fangosa, vegetados en mayor proporción (marismas de Cantos y Avilés en el margen izquierdo y del Recastrón y de las Huelgas en el derecho).

*Canal principal (5)*: en el segmento más septentrional, presentaba un trazado ligeramente arqueado con la convexidad hacia el E siguiendo una dirección N-S, el cual atravesaba el conjunto fangoso en posición centro occidental; desarrollaría barras arenosas longitudinales (11). Aguas arriba, la traza se arqueaba en un segmento amplio y convexo hacia el O y tendente a ubicarse en la margen izquierda hasta tomar una dirección E-O en su tramo interno.

*Llanuras fangosas no vegetadas (12)*, mejor desarrolladas en los dos tercios septentrionales, disminuyendo paulatinamente hacia la cola estuarina.

*Llanuras fangosas vegetadas o marismas (13)*: orlaban la franja interna de ambos márgenes, las desembocaduras de los ríos afluentes (marismas de Cantos, Tuluergo, Magdalena y Arlós), así como las más

extensas de Las Huelgas, situadas en la mitad septentrional interna. Lo mismo que las llanuras no vegetadas, probablemente estarían drenadas por numerosos canales mareales.

#### *Canal superior*

Constituido fundamentalmente por el canal principal, en cuya porción más interna confluían dos ríos costeros, el Alvares y el Tamón, lo que induce a pensar no

existía un colector principal. Desarrollaban algunos meandros arenoso-fangosos, atravesando una llanura fluvio-mareal escasamente desarrollada que enlazaba progresivamente con las llanuras aluviales.

La superficie del estuario en esta fase de colmatación y con funcionamiento natural se ha estimado que ascendía a 14,2 km<sup>2</sup>, correspondiente a: i) complejo de desembocadura: 6,87 km<sup>2</sup> (48,38%), de los cuales el 45,98% correspondería al Sistema de playa-dunas

**Tabla I.** Actuaciones más destacadas en el estuario de Avilés (etapa intermedia) desde 1833 a 1950.

Año	Tipo de actuación	Afectación antrópica	
		Zona geomorfológica	Litología
		Unidad morfosedimentaria	
1.833 a 1.854	Inactivación dunar (forestación) Trazado de ferrocarril Construcción de embarcadero Construcción de una carretera	<i>Complejo de desembocadura:</i> Campo dunar externo Campo dunar intermedio Canal principal Playa estuarina del canal occidental	Arenas
1.835 a 1.870	Deseccación de marismas: Marismas de Avilés (urbano) Marismas de las Huelgas	<i>Llanuras fangosas:</i> Canal principal Fangos no vegetados Marismas <i>Canal superior</i>	Fangos  Arenas
1.860 a 1.900	Encauzamiento de la ría de Avilés Dragado y construcción de la dársena de San Juan de Nieva Relleno de marismas: Marismas de Cantos Marismas de Sabugo (Avilés – N)	<i>Complejo de desembocadura</i> <i>Bahía arenosa</i> <i>Llanuras fangosas</i> (afectación del margen izquierdo)	Arenas  Fangos
1.908	Dragado de dársena de San Juan de Nieva y canal principal	<i>Complejo de desembocadura</i> <i>Bahía Arenosa</i> <i>Llanuras fangosas</i> (totalidad del canal principal)	Arenas  Fangos
1.910	Construcción del malecón en las marismas de Llodero	<i>Bahía arenosa:</i> Llanuras arenosas Llanura de fangos Fangos no vegetados	Arenas  Fangos
1.918	Instalación de la fábrica de ácidos de San Juan de Nieva	<i>Complejo de desembocadura:</i> Campo dunar externo	Arenas
1.935	Ampliación y dragado del canal (al N del dique de la dársena de San Juan de Nieva-curva la Rechalda) Construcción del muelle de Raíces (canalización del tramo inferior del río Raíces)	<i>Complejo de desembocadura:</i> Canal principal Playa estuarina del borde del Canal occidental <i>Bahía arenosa:</i> Canal principal Campo dunar intermedio	Arenas
1.946	Instalación de ENDASA.	<i>Complejo de desembocadura:</i> Campo dunar intermedio	Arenas
1.948	Cristalería Española (inicio de la construcción)	<i>Complejo de desembocadura:</i> Campo dunar interno	Arenas





### Etapa intermedia (1833-1950)

Las primeras actuaciones de cierta relevancia sobre el estuario tuvieron lugar desde la Edad Media, como figura en documentos históricos, correspondientes a los años 1.488, 1.577 y 1.704, actuaciones limitadas a reparaciones para el uso de fondeaderos y limpiezas de cauce con el objeto de mejorar la navegabilidad.

El punto de partida de las mayores modificaciones se debe fijar en 1833, año en que se otorgó una concesión minera en Castrillón a la Real Compañía Asturiana de Minas, comenzando la explotación de carbón en la mina submarina de Arnao. Esta compañía reorientó su actividad, entre 1850 y 1854, hacia la metalurgia del zinc. Se acometieron entonces sobre el estuario una serie de actuaciones con afectación antrópica del complejo de desembocadura (canal de desembocadura, playa arenosa ligada al canal, campo dunar externo y campo dunar intermedio) y en las

marismas internas. Éstas consistieron en la construcción de un embarcadero en la playa arenosa del borde del canal; el trazado de un ferrocarril ocupando el surco intercordón más externo del sistema de confinamiento (sistema playa-dunas) con el objeto de unir la factoría con el citado embarcadero; la construcción de una carretera aprovechando el surco entre los campos dunares externo e intermedio; la implantación de un pinar en los campos dunares externo e intermedio (dunas culminantes del complejo de desembocadura); el dragado de la barra y el paso de desembocadura y el canal principal, mientras que en la llanura de fangos se construyó el muelle local de Avilés y se reclamaron la mayor parte de las llanuras fangosas; y la ampliación del asentamiento urbano de Salinas en el borde occidental de los campos dunares externo e intermedio (Fig. 2 y Tabla I). Durante esta etapa, es especialmente relevante el hecho de que se consigue la configuración morfológica casi definitiva del estuario, propia del estado actual, determinado por dos actuacio-



**Figura 4.** Fotografía aérea vertical del año 1941 (U.S. Air Force) sobre la que se aprecian cambios sustanciales, principalmente en la mayor parte del margen occidental.

**Tabla II.** Cálculos estimados de las superficies antropizadas según los usos de cada una de las zonas geomorfológicas y del total del estuario durante la etapa intermedia.

<i>Zonas geomorfológicas</i>	Superficie antropizada según uso (km <sup>2</sup> )			Total	
	Urbano	Industrial Portuario	Agrícola	(km <sup>2</sup> )	(%)
<i>Complejo de desembocadura</i>	0,97	1,67	-	2,64	38,43
<i>Bahía arenosa</i>	0,07	0,50	-	0,57	32,02
<i>Llanura de fangos-Canal superior</i>	1,03	1,58	2,16	4,77	85,95
Estuario	2,07	3,75	2,16	7,98	56,20

nes relevantes: 1) Desecación de las marismas, un proceso iniciado en 1.835 con la construcción de malecones en la margen derecha de la cola estuarina (de Las Huelgas), y de la izquierda por ocupación urbana y portuaria de las marismas de Avilés. 2) Canalización del estuario de Avilés, siguiendo el proyecto de D. Pedro Pérez de la Sala, en el que se incluye el plano de 1858, desarrollada en cuatro fases a lo largo del periodo 1.860-1.900 (Alvargonzález y Roza Candás, 2000).

Posteriores actuaciones, como las ocupaciones para los diversos usos (Tabla I) y las ampliaciones y continuos dragados sobre el canal (destacan los de 1908 y 1935), supusieron cambios sustanciales de las unidades morfosedimentarias de cada una de las zonas geomorfológicas al final de esta etapa intermedia (Figs. 3 y 4), durante la cual la antropización había afectado a una superficie estimada de 7,98 km<sup>2</sup>, el 56,2% del estuario, con una incidencia desigual en cada una de las zonas geomorfológicas (Tabla II).

En relación con las zonas geomorfológicas y sus correspondientes unidades y subunidades morfosedimentarias originales, las actuaciones se concretaron en los lugares que se describen a continuación (Fig. 3).

#### *Complejo de desembocadura*

La superficie antropizada fue de 2,64 km<sup>2</sup>, el 38,43 % del total de la zona (1,67 km<sup>2</sup> para usos industriales y portuarios y 0,97 km<sup>2</sup> para usos urbanos), de los que 2,38 km<sup>2</sup> corresponderían al sistema de confinamiento (playa-dunas eólicas) y 0,26 km<sup>2</sup> al resto del complejo de desembocadura (paso y barra de desembocadura, canal principal y playas de cantos y gravas y arenas ligadas a su margen derecha).

*Playa expuesta* (1): las actuaciones sobre la unidad perteneciente a la barrera confinante se pueden considerar de escasa relevancia, limitada a la construcción del dique de la margen izquierda del canal principal y paso de desembocadura, con una menor incidencia sobre la dinámica general de la playa.

*Dunas costeras* (2): la implantación de pinar sobre los campos dunares eólicos y las ocupaciones posteriores, que afectaron a los campos dunares externo (a), intermedio (b) e interno (c), para usos industriales, portuarios en el borde oriental y para usos urbanos en los bordes occidental y meridional, determinaron, además de la pérdida de parte de los cordones, la inactivación de la dinámica sedimentaria eólica.

*Paso de desembocadura* (3): fue afectado básicamente por los dragados, que a su vez, determinaron la desaparición de la barra de desembocadura.

*Canal principal* (4): se construyeron los diques para la canalización y para la dársena de San Juan de Nieva, que ocasionaron la desaparición de la playa estuarina ligada al canal principal en su margen izquierda, así como el relleno parcial y aislamiento al S de la mencionada dársena. También supuso la modificación geométrica de las playas de cantos y gravas y arenas (d) en su margen derecha. Los dragados modificaron la geometría del canal y probablemente su hidrodinámica.

#### *Bahía arenosa*

Las actuaciones sobre esta zona geomorfológica afectaron a 0,57 km<sup>2</sup>, el 32,02% del total de la zona (0,5 km<sup>2</sup> para usos portuarios y 0,07 km<sup>2</sup> para usos urbanos). El *canal principal* (4) quedó sustancialmente modificado en su trazado por la canalización,

ahora rectilíneo, y perdió sedimento debido a los dragados, que propiciaron la desaparición de las formas sedimentarias positivas de gran envergadura, como el delta mareal de flujo y la mayor parte de los bancales arenosos. De las *playas arenosas estuarinas*

(5) desapareció la ligada al margen izquierdo del canal por la construcción del muelle de Raíces, permaneciendo activas las del margen derecho (Zeluán y San Balandrán). Los cordones de las *dunas estuarinas* (6) de Zeluán fueron objeto de una ocupación

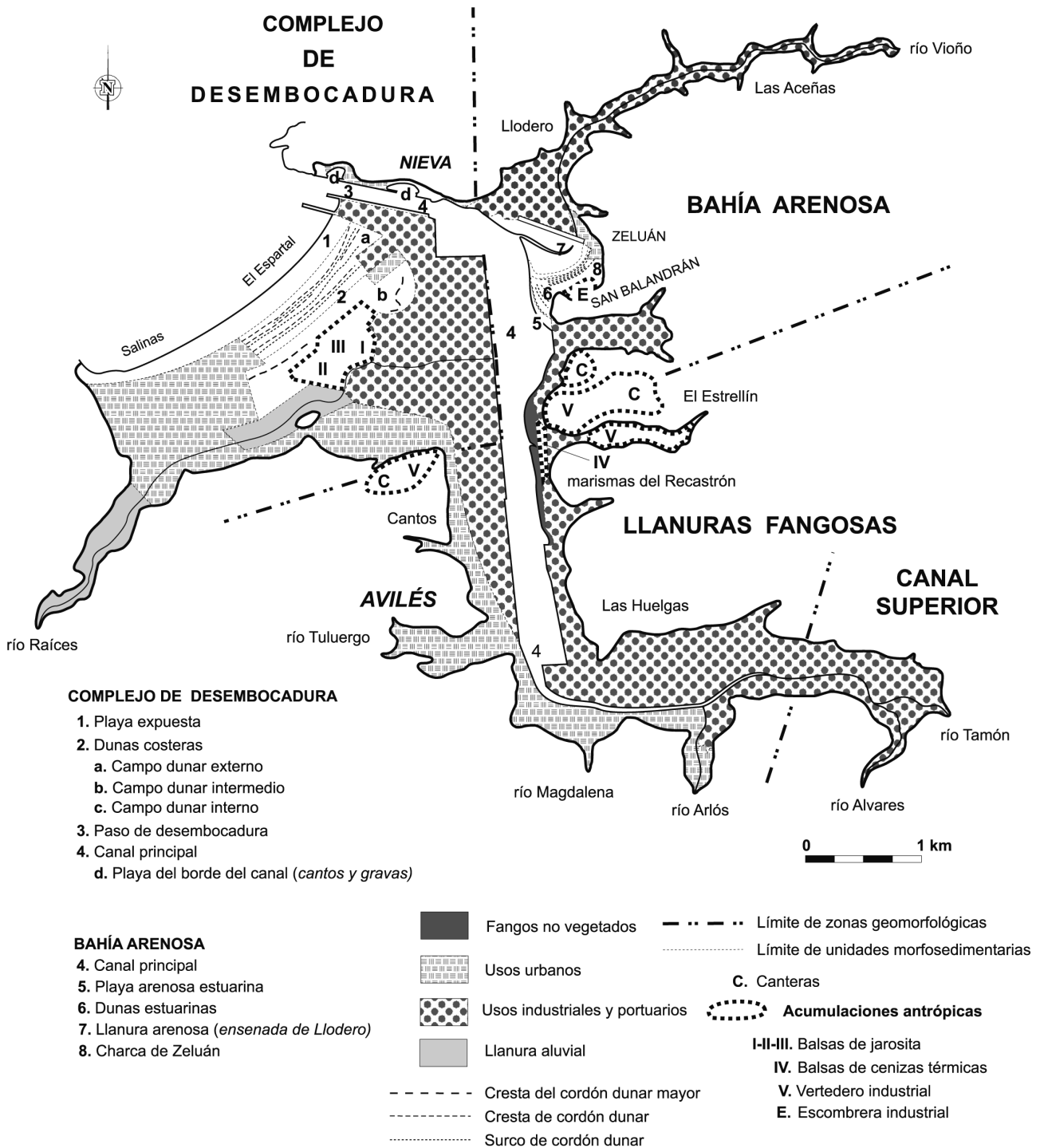
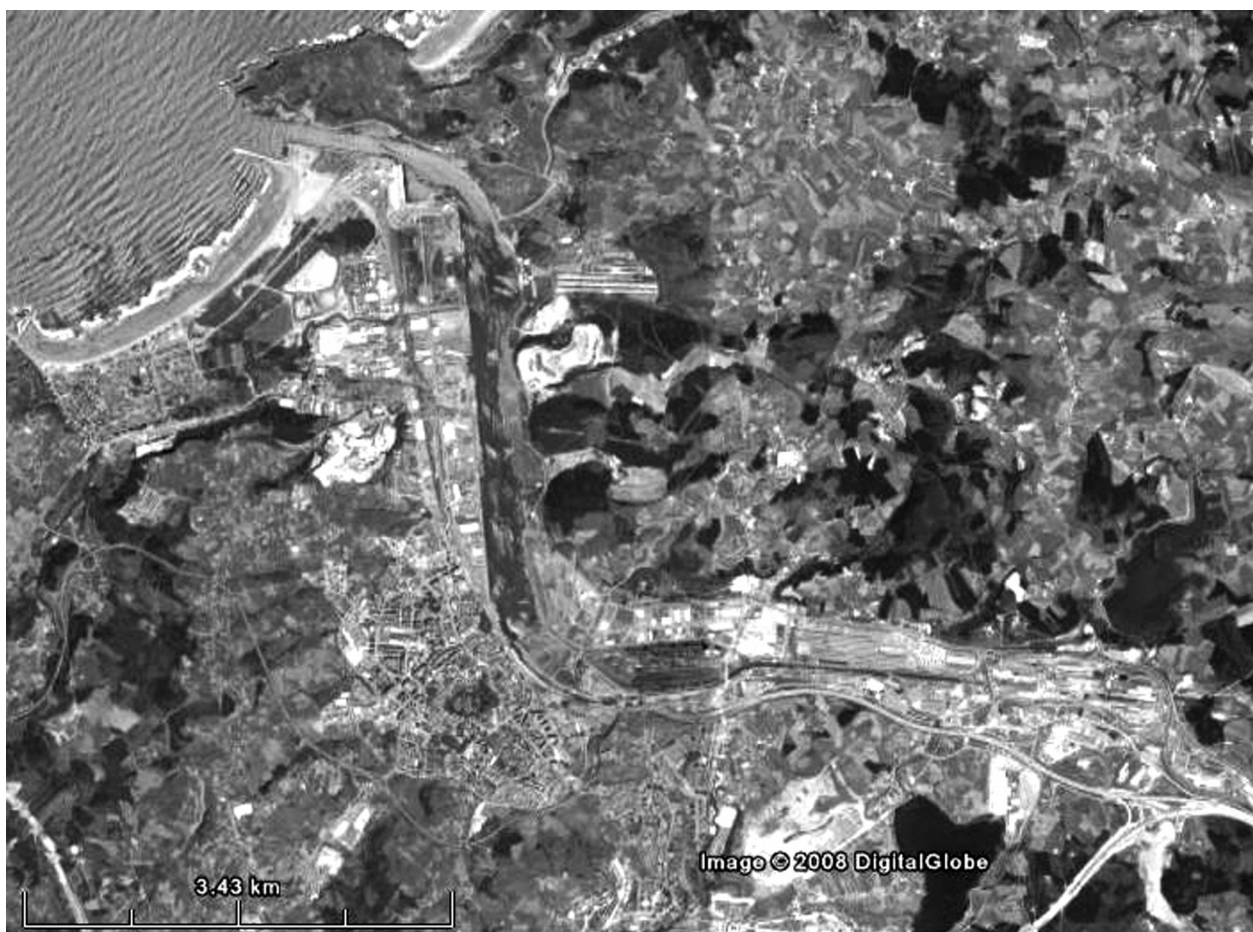


Figura 5: Zonación geomorfológica y unidades morfosedimentarias y dinámicas más importantes del estuario de Avilés en 2006, cuyas modificaciones antrópicas se ha sucedido más o menos ininterrumpidamente desde 1950.



**Figura 6.** Ortofotografía del año 2008 (Google Earth, 2008) en la que se visualiza la profunda antropización del estuario hasta el presente.

reducida por uso urbano en el borde oriental, mientras que en las de San Balandrán se implantaron eucaliptos. Las *llanuras arenosas* (7) estaban bastante bien conservadas, salvo sobre las que se construyó el malecón en el borde N, limitando la actividad de las marismas laterales (Llodero y las Aceñas). La canalización del río Vioño en su tramo inferior inactivó una pequeña porción de las marismas de Llodero. De los *bancales arenosos* (8) solamente permaneció una de las barras horquilladas originarias, habiéndose dragado las restantes.

#### *Llanuras fangosas-Canal superior*

Las actuaciones antrópicas sobre estas zonas ocuparon extensiones de 4,77 km<sup>2</sup>, el 85,95% del total de ambas zonas geomorfológicas (1,03 km<sup>2</sup> para uso urbano, 1,58 km<sup>2</sup> para uso industrial y portuario y 2,16 km<sup>2</sup> para uso agrícola). Permanecen como unidades originarias parte de las marismas del Recastrón, con presencia de fangos no vegetados en transición lateral a fangos vegetados.

#### **Etapa actual (desde 1950 al presente)**

Esta etapa corresponde a la fase de máxima antropización (Figs. 5 y 6) y abarca desde 1950 hasta el año 2006, pero ya se prevén en el futuro inmediato algunas alteraciones nuevas de cierta magnitud, así como cambios de usos. Esta etapa ha estado marcada por la expansión industrial y urbana, reflejada en el estuario con nuevas ocupaciones, cambios de uso en algunas zonas ya ocupadas, así como ampliación y dragados intensivos y continuados del canal (Tabla III). Las actuaciones afectaron a una superficie estimada de 12,52 km<sup>2</sup> (acumulada), lo que supone el 88,20% del estuario, con desigual incidencia en cada una de las zonas geomorfológicas (Tabla IV).

En relación con las zonas geomorfológicas y sus correspondientes unidades y morfosedimentarias y dinámicas originales, las actuaciones se concretaron en:

#### *Complejo de desembocadura*

La superficie acumulada de antropización estimada es de 5,61 km<sup>2</sup>, el 88,53% del total de la zona (3,86 km<sup>2</sup>

Tabla III. Actuaciones antrópicas más destacadas en el estuario de Avilés desde 1950 (etapa actual).

Año	Tipo de actuación	Afectación antrópica	
		Zona geomorfológica Unidad morfosedimentaria	Litología
1.951	Dragados: Canal principal Marismas del Recastrón Relleno de marismas reclamadas: Marismas de Las Huelgas	<i>Bahía arenosa</i> <i>Llanuras fangosas</i> <i>Canal superior</i>	Gravas Fangos Arenas
1.953 a 1.956	Construcción de ENSIDESA (actual Arcelor) Construcción dársena San Agustín Dragados: Canal de Pedro Menéndez	<i>Llanuras fangosas</i> <i>Canal superior</i>	Fangos
1.958	Construcción de AZSA Balsa de residuos (I-II)	<i>Complejo de desembocadura:</i> Campo dunar externo Campo dunar intermedio	Arenas
1.959	Desecación (relleno) de marismas: Marismas de El Estrellín Construcción de ENDASA (actual Alcoa) Dragados: Fondeadero del Monumento	<i>Bahía arenosa</i> <i>Llanuras fangosas:</i> Fangos no vegetados Marismas	Arenas Fangos
1.960	Desecación (relleno) de marismas: Marismas de Llodero Marismas de las Aceñas	<i>Llanuras fangosas:</i> Fangos no vegetados Marismas	Fangos
1.970 a 1.976	Ampliación del canal de entrada (construcción del dique) Dragados	<i>Complejo de desembocadura:</i> Campo dunar externo Campo dunar intermedio Paso Canal principal <i>Bahía arenosa:</i> Canal principal Llanuras arenosas Playa estuarina	Gravas Arenas Fangos
1.980	Construcción del muelle pesquero y lonja y posterior ampliación (Avilés)	<i>Bahía arenosa</i> <i>Llanuras fangosas</i>	Arenas Fangos
1.994	Ampliación del muelle de Raíces	<i>Bahía arenosa</i>	Arenas Fangos
1.995	Construcción de balsa de residuos (III). AZSA	<i>Complejo de desembocadura:</i> Campo dunar intermedio	Arenas
1.998 a 2.006	Dragados: Área de Pachico-Rechalda Ampliación dársena S. Juan de Nieva Remodelación del dique de acceso al canal de entrada	<i>Complejo de desembocadura:</i> Canal principal Paso de desembocadura Playas de cantos y gravas <i>Bahía arenosa:</i> Canal principal Llanuras arenosas Playa estuarina	Gravas Arenas Fangos
2.003 a 2.006	Restauración: Campo dunar de San Juan de Nieva Regeneración: Playa de Salinas-El Espartal Retirada de fangos (industriales): Cola estuarina Canalización (escollera): Cola estuarina	<i>Complejo de desembocadura</i> Campo dunar externo Playa expuesta <i>Llanuras fangosas:</i> Canal principal	Arenas

para usos industriales y portuarios y 1,75 km<sup>2</sup> para usos urbanos), de los que 4,40 km<sup>2</sup> corresponderían al sistema de playa-dunas eólicas y 1,21 km<sup>2</sup> al resto del complejo de desembocadura (paso, canal principal y playas de cantos y arenas ligadas a su margen derecho).

*Paso de desembocadura* (3): ensanchamiento y profundización por dragados hasta la cota de -12 m.

*Canal principal* (4): prolongación del ensanchamiento y dragados sobre esta unidad y retirada de las escolleras antiguas de su margen derecha.

*Playa expuesta* (1): reducción de unos 515 m de longitud de la playa en su borde oriental (El Espartal), que se rellenó avanzando el perfil apoyado sobre un dique y acompañado de la ampliación del paso de desembocadura.

*Dunas costeras* (2): el relleno a partir del dique también ocupó el borde oriental del campo dunar externo (a), mientras que la construcción de AZSA y el asentamiento de sus balsas de residuos (jarosita) se ubicaron en la mitad oriental del campo dunar intermedio (b); por su parte, la expansión urbana y el polígono industrial de Salinas afectó a los campos dunares externo, intermedio (a y b) e interno (c) en su borde occidental y la expansión urbana de Raíces Nuevo solamente en el oriental.

#### *Bahía arenosa*

La superficie acumulada de antropización es de 1,42 km<sup>2</sup>, es decir, el 79,77% del total de la zona (1,36 km<sup>2</sup> para usos industriales y portuarios y 0,36 km<sup>2</sup> para usos urbanos). Las actuaciones más relevantes fueron:

*Canal principal* (4): dragados para su ampliación con la consiguiente pérdida de sedimento que propició, a su

vez, la reducción de otras unidades, así como la desaparición de las formas sedimentarias positivas todavía residuales hasta este momento.

*Playa arenosa estuarina* (5): se redujo la parte occidental de San Balandrán como consecuencia de los dragados mencionados sobre el canal principal.

*Dunas estuarinas* (6): parte del borde meridional, siguiendo una franja estrecha de los campos dunares de Zeluán, se ocuparon por construcciones urbanas. Asimismo, se vertieron residuos de la construcción de la fábrica vecina de ALCOA, desplazándose la denominada “charca de Zeluán” unas decenas de metros hacia el E.

*Llanuras arenosas* (7): se redujeron en su borde occidental como consecuencia de los dragados intensos y continuados, realizados para las sucesivas ampliaciones del canal principal (curvas de Rechalda y Pachico).

#### *Llanuras fangosas-Canal superior*

La superficie acumulada de antropización estimada es de 5,49 km<sup>2</sup>, el 98,92% del total de la zona (3,53 km<sup>2</sup> para usos industriales y portuarios y 1,96 km<sup>2</sup> para usos urbanos). Las actuaciones más relevantes acometidas fueron: i) Ampliación del canal principal (actual canal de Pedro Menéndez) mediante dragado, que determinó la desaparición de una parte de las marismas de Recastrón, siendo desecadas el resto. ii) Construcción de la dársena de San Agustín, eliminando parte de las antiguas marismas desecadas en la etapa anterior. Iii ) Cambio de uso, de agrícola a industrial, de las antiguas marismas de las Huelgas.

En el margen oriental de la zona permanece una unidad residual, los fangos no vegetados de las antiguas marismas de Recastrón, parte de los cuales corresponden a los aportes de finos procedentes del lavado

<i>Zonas geomorfológicas</i>	Superficie antropizada (acumulada) según uso (km <sup>2</sup> )		Total	
	Urbano	Industrial Portuario	(km <sup>2</sup> )	(%)
<i>Complejo de desembocadura</i>	1,75	3,86	5,61	88,53
<i>Bahía arenosa</i>	0,06	1,36	1,42	79,77
<i>Llanuras fangosas-Canal superior</i>	1,96	3,53	5,49	98,92

ESTUARIO	3,77	8,75	12,52	88,20
----------	------	------	-------	-------

**Tabla IV.** Estimación de superficies antropizadas (acumuladas), según usos de cada una de las zonas geomorfológicas y del total del estuario (etapa actual).

<i>Zonas geomorfológicas</i>	Etapa inicial		Etapa intermedia		Etapa actual	
	Superficies acumuladas (km <sup>2</sup> )					
	A	NA	A	NA	A	NA
<i>Complejo de desembocadura</i>	--	6,87	2,64	4,23	5,61	1,26
<i>Bahía arenosa</i>	--	1,78	0,57	1,21	1,42	0,36
<i>Llanura fangosa-Canal superior</i>	--	5,55	4,77	0,78	5,49	0,06

ESTUARIO (km <sup>2</sup> )	--	14,2	7,98	6,22	12,52	1,68
(%)	--	100,0	56,20	43,80	88,20	11,80

de áridos de las canteras de El Estrellín. Sobre ambas márgenes de la parte interna del canal principal se acumulaban fangos de origen industrial.

El periodo durante el cual se produjo la mayor ocupación estuarina coincidió con la etapa intermedia (1833-1950), estimándose una superficie antropizada de 7,98 km<sup>2</sup>, el 56,20% del total de la superficie estuarina. El ritmo de ocupación en la etapa desde 1950 hasta la actualidad disminuyó hasta el punto de que la superficie antropizada fue de 4,54 km<sup>2</sup>, el 31,97% del total, lo que supone una superficie acumulada de 12,52 km<sup>2</sup>, el 88,20% del total del estuario (Tabla V).

Las ocupaciones para usos industriales y portuarios marcaron la tendencia del tipo de antropización, con una superficie estimada de 3,75 km<sup>2</sup>, el 26,41% del total del estuario en la etapa intermedia para ampliarse hasta 8,75 km<sup>2</sup>, el 61,62% del total en la actual (Tabla VI), permitiendo asignar al estuario de Avilés el carácter de "industrializado".

Como consecuencia de las actividades industriales se propició la implantación de acumulaciones de carácter antrópico, como balsas de residuos y decantación, acumulaciones de fangos industriales, vertederos de residuos industriales y canteras, asociadas a las distintas zonas geomorfológicas. Distribuidas por las diferentes zonas, se puede detallar las siguientes de mayor entidad:

*Complejo de desembocadura:* en el campo dunar intermedio del complejo de desembocadura, se ubicaron balsas de decantación de jarosita, actualmente colmatadas.

*Bahía arenosa:* en el margen suroriental, donde se explotan las canteras de El Estrellín, parte de los residuos finos de lavado forman llanuras limoso-arenosas de tonos beige.

*Llanuras fangosas:* en el margen nororiental, se ubicaron tres balsas de decantación de cenizas térmicas en constante renovación, en trance de desaparición para la construcción de los muelles nuevos para la Autoridad Portuaria.

En la cola del estuario y ligados a su canal principal se acumulan fangos industriales de la siderúrgica (antigua ENSIDESA y actual ARCELOR).

En la actualidad, la superficie no antropizada o con bajo grado de alteración se estima en 1,68 km<sup>2</sup>, lo que supone el 11,80% del total de la superficie estuarina original (Tabla V), con desigual representación en las distintas zonas geomorfológicas (Tabla VII), de cuyo estado y actuaciones para su recuperación o restauración en su caso, cabe destacar:

*Complejo de desembocadura.* La playa del sistema confinante está en claro proceso de retroceso

**Tabla V.** Estimación de superficies (acumuladas) antropizadas (A) y no antropizadas (NA) de cada una de las zonas geomorfológicas y del total del estuario en las distintas etapas evolutivas.

Usos de la ocupación	Etapa intermedia		Etapa actual	
	Superficies antropizadas acumuladas			
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Urbanos	2,07	14,58	3,77	26,55
Agrícolas	2,16	15,21	---	---
Industriales y portuarios	3,75	26,41	8,75	61,62

**Tabla VI.** Estimación de superficies antropizadas (acumuladas) según los distintos usos durante las etapas intermedia y actual.

<i>Zonas geomorfológicas</i>	<i>Superficies</i>		<i>Unidades morfosedimentarias</i>	<i>Superficies km<sup>2</sup></i>
	<i>km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>		
<i>Complejo de desembocadura</i>	1,26	11,47	Sistema confinante: playa-dunas	1,21
			Playas estuarinas de gravas y arenas	0,05
<i>Bahía arenosa</i>	0,36	20,23	Sistema de playa-dunas estuarinas	0,14
			Llanuras arenosas	0,20
			Fangos no vegetados	0,02
<i>Llanuras fangosas-Canal superior</i>	0,06	1,08	Fangos no vegetados	0,06

**Tabla VII.** Superficies no antropizadas del total de las zonas geomorfológicas expresadas en km<sup>2</sup> y % y en las unidades morfosedimentarias y dinámicas (en km<sup>2</sup>) más importantes en la actualidad (hasta 2006).

como lo demuestran los taludes con fuerte pendiente (verticalizados) del cordón dunar externo, consecuencia de los continuos e intensos dragados realizados en el estuario y su basculamiento afuera del sistema; además, la franja intermareal de la playa en su costado occidental está aflorando el sustrato rocoso, lo que evidencia una pérdida de sedimentos desde el O al E. Para paliar esta problemática, la Demarcación de Costas en Asturias promovió una regeneración parcial de la playa en 2005 con arenas procedentes de la plataforma continental interna enfrente del cabo Vidio. En este proyecto se incluyó el desmantelamiento parcial del dique que limitaba el paso de desembocadura y una buena parte del relleno sobre la playa inter y supramareal. En lo que se refiere a los campos dunares eólicos, el externo, ha sido objeto de una actuación a partir de 2004 para su recuperación: rellenos de espacios excavados, desmantelamiento de aparcamiento y casetas de servicios de playa y recreación de nuevas dunas, acompañado de la construcción de pasarelas peatonales de madera y miradores.

*Bahía arenosa.* Se recuperó parcialmente el sistema de playa-dunas estuarinas del entorno Zeluán-San Balandrán en el intervalo 2000-2002.

*Llanura fangosas.* Se construyó una escollera sobre el canal principal con anterioridad a la extracción de fangos contaminados sobre cuyos márgenes se construyeron sendas peatonales

## Conclusiones

Se han reconstruido las cartografías geomorfológicas del estado natural del estuario de Avilés, hasta 1833, así como las correspondientes a dos hitos históricos, los de 1950 (etapa intermedia) y 2006 (etapa actual), que reflejan fielmente las alteraciones del estuario asturiano más intensamente degradado.

El estuario original de Avilés contenía una de las barreras confinantes más amplias de la costa cantábrica, en la que estaban representados tres campos dunares generados por progradación. Asimismo, las llanuras fangosas y marismas constituyeron las unidades morfosedimentarias y dinámicas de mayor extensión en el estuario.

En la evolución medioambiental del estuario de Avilés en los dos últimos siglos, los aspectos más destacables se pueden concretar en: 1) Incremento progresivo e irregular del grado de antropización hasta completar una superficie alterada de 12,52 km<sup>2</sup> (88,20%) del total del estuario; 2) Las superficies ocupadas, muchas de carácter irreversible, se han dedicado a varios usos: industrial, urbano, portuario, etc, incluso se han cambiado a otros diferentes; 3) Se han producido acumulaciones de carácter antrópico; y 4) Las unidades naturales, con bajo grado de antropización o regeneradas ascienden a 1,68 km<sup>2</sup> (11,80%) solamente se conservan en el área central del campo dunares externo de Salinas-El Espartal, así como la ensenada de Llodero (llanuras arenas y conjunto de playa-dunas estuarinas).

La alteración estuarina más intensiva tuvo lugar durante la etapa intermedia (1833-1950), en que se antropizaron 7,98 km<sup>2</sup> (56,20% del total de la superficie estuarina). La tasa de alteración posterior hasta la actualidad fue disminuyendo con cifras de 4,54 km<sup>2</sup> (31,97% del total).

Además de las alteraciones tan intensas realizadas sobre este estuario se prevén actuaciones futuras a corto y medio plazo, con un incremento de los dragados a batimetrías superiores a las máximas actuales, que alcanzan los 12 m en la bocana, y la construcción de muelles en la margen oriental interna hasta las instalaciones de la fábrica de ALCOA.



## Bibliografía

- ALVARGONZÁLEZ RODRÍGUEZ, R.M. Y ROZA CANDÁS, M. (2000). *La Desección de las Marismas en la Ría de Avilés en los Siglos XIX y XX*. Fundación Alvargonzález. Gijón. 107 p.
- ÁLVAREZ ARECES, E. Y FLOR, G. (2008). Caracterización sedimentológica del campo dunar de Salinas-El Espartal (Asturias). *Actas X Reunión Nacional de Geomorfología*. J. Benavente y F.J. Gracia, Eds. *Trabajos de Geomorfología en España, 2006-2008*, 279-282. Universidad de Cádiz.
- CABRERA CEÑAL, R. Y FLOR, G. (1993). Evolución reciente del estuario del Nalón (Asturias). *Cuaternario y Geomorfología*, 7, 23-34.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. Y QUIRÓS LINARES, F. (2001). *Atlas Aéreo de Asturias*. Editorial Prensa Asturiana, S.A. La Nueva España. Oviedo. 829 p.
- FLOR, G. (1994). *Informe geológico ambiental del: "Estudio de información sobre las características y evolución de playa y dunas con destino al plan especial de protección paisajística de la playa del Espartal"*. Informe interno: Plan Especial del Espartal. Avance del Planeamiento (dirigido por D. Ramón Fernández-Rañada).
- FLOR, G. (1995). Evolución post-flandriense e histórica en el complejo estuarino de Avilés (Asturias). *Resumen de Comunicaciones. Reunión Monográfica sobre el Cambio de la Costa: los Sistemas de Rías*, 15-18. Universidad de Vigo.
- FLOR, G. (1997). *Estuarios Asturianos*. En: G. Pendón, ed. *Geología costera. Algunos aspectos metodológicos y ejemplos locales*, 115-119. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.
- FLOR, G. Y FLOR BLANCO, G. (2008). *Estudio de ELA para el proyecto de mejora del estuario de Villaviciosa*. Servicio de Puertos del Principado de Asturias (informe interno). 346 p.
- LLOPIS LLADÓ, N. (1968). *Estudio Geológico de los Alrededores de Avilés*. Mapa Geológico de Asturias (hoja nº 5). Instituto de Estudios Asturianos (IDEA). 68 p.
- LÓPEZ FERNÁNDEZ, A., DE LEÓN SUÁREZ, B. Y RAMOS LÓPEZ, J.E. (2007). *Las Perlas Naturales de la Ría de Avilés*. Autoridad Portuaria de Avilés. 188 p.
- LÓPEZ PELÁEZ, J. (1996). *Estudio Medioambiental del Sistema Estuarino de Avilés*. Trabajo de Investigación (inédito). Área de Estratigrafía. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. 49 p.
- LÓPEZ PELÁEZ, J. Y FLOR, G. (2006). Cambios morfológicos por canalización de la desembocadura en los estuarios asturianos de Navia, Nalón y Villaviciosa. *Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología*. A. Pérez Alberti y J. López Bedoya, Eds, 419-431. Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela.
- MARTÍNEZ, J. (1993). *Avilés: un Puerto para una Ciudad*. Ediciones Azucel. Avilés. 122 p.
- PÉREZ DE SALA, P. (1858). *Proyecto de Canalización de la Ría de Avilés. Plano de la Ría* (escala 1:5.000). Oviedo. Dirección General de Obras Públicas, 1858. 1 plano hidrográfico: col.: 92 X 169 cm. "Inventario de Cartografía Histórica de Asturias" Nº 234. Avilés (ría). Plano hidrográfico. 1858. Archivo General de la Administración. Alcalá de Henares. Archivo del Excmo. Ayuntamiento de Avilés.
- RUIZ SEISDEDOS, M. Y NAVARRO BIDEAIN, A. (2002). *Dique de la Bocana del Puerto de Avilés. Una clara historia de ingeniería marítima*. Ed. AZUCEL. Avilés. 209 p.
- SIMMONS, H.B. (1955). Some effects of upland discharge on estuarine hydraulics. *Proceed. Am. Soc. Civil Engin.*, N.Y., Nº 81.
- SUÁREZ VEGA, L.C. (1974). *Estratigrafía del Jurásico de Asturias. Cuadernos Geol. Ibérica, 3 (I y II)*. Madrid. 368 pp.
- VALENZUELA FERNÁNDEZ, M. (1988). *Estratigrafía, Sedimentología y Paleogeografía del Jurásico de Asturias*. Tesis Doctoral (inédita). Área de Estratigrafía. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. 1.433 p.