Revista de la Sociedad Geológica de España 22 (1-2)

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DEL TRAMO INFERIOR DEL ESTUARIO DE VILLAVICIOSA (ASTURIAS) EN RELACIÓN CON SU EVOLUCIÓN HISTÓRICA

G. Flor Blanco y G. Flor

Departamento de Geología. c/ Arias de Velasco, s/n. 33005 Oviedo. gfb@geol.uniovi.es; gflor@geol.uniovi.es

Reusumen: El estuario de Villaviciosa ha experimentados cambios profundos en su segmento externo, causados por la construcción de escolleras (finalizada en 1930) sobre el canal principal que han supuesto la migración de la barrera confinante (playa y sistemas de dunas de Rodiles) mar afuera, así como la aparición o migración de nuevas y variadas unidades morfosedimentarias y dinámicas. Se propone una reconstrucción geomorfológica del estuario externo antes de la escollerización y en el actual. Se detallan los procesos de erosión/sedimentación, cuantificando los retrocesos/avances, respectivamente, en la franja limitante de la playa y dunas activas de Rodiles en los últimos 50 años.

Palabras clave: morfologías, arenas, estuario, evolución histórica, Villaviciosa.

Abstract: The Villaviciosa estuary hardly evolved on the outer side due to the bulding of training walls (finished in 1930) on the main channel which caused a migration of the confining barrier (Rodiles dune/beach system) out to sea, as well as the formation or migration of new and variate dynamic and morphosedimentary units. A reconstructed geomorphological picture of the outer estuary is proposed before the breakwater building so as the new more recent distribution. The erosion/sedimentation processes are detailed, cuantifiing the prograding or retraiting ones, respectively, along the belt of the beach and active dunes of Rodiles during the last 50 years.

Key words: morphologies, sands, estuary, historical evolution, Villaviciosa.

Flor Blanco, G. y Flor, G. (2009): Aspectos geomorfológicos del tramo inferior del estuario de Villaviciosa (Asturias) en relación consu evolución histórica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 22 (1-2): 123-136

Con motivo de la realización de un proyecto de mejora del canal de navegación del puerto de El Puntal, sito en la margen occidental del tramo bajo del estuario de Villaviciosa, dentro de la costa oriental de Asturias (Fig. 1), encargado por el Servicio de Puertos del Principado de Asturias, se llevaron a cabo diferentes estudios, incluido el de EIA ante propuestas de intervención, como dragados, prolongación del dique oriental y reconstrucción del dique occidental. También se elaboró un mapa batimétrico a intervalos de 0,50 m por ESGEMAR (2008) del que se extraen algunas deducciones importantes.

Este estuario ha sido estudiado desde la perspectiva geológica (dinámica, morfología y sedimentación) con un trabajo pionero por parte de Vázquez Argüelles (1974), seguido de los de Flor y Flor Blanco (2005), Flor y López Peláez (2006) y Flor *et al.* (1996 y 1998). Una particularidad es su pertenencia a la Red Regional de Espacios Protegidos, como Reserva Natural Parcial de la «*Ría de Villaviciosa*» por Decreto 61/95, de 27 de abril.

Se trata de un estuario confinado por una barrera arenosa de carácter mesomareal cuyas mezclas de agua responden al modelo verticalmente homogéneo o de mezcla total, en casi todas las circunstancias de caudales fluviales, siempre escasos al tratarse de una red de arroyos costeros, y para mareas vivas y muertas. Su forma alargada y estrecha en planta permite la zonación geomorfológica propia de un estuario confinado (Fig. 1).

En este trabajo, se incluyen sendas reconstrucciones geomorfológicas, la primera previa a la artificialización (antes del primer tercio del siglo XX) y la última correspondiente a la actual (2009), dentro de la que se incluyen las unidades morfosedimentarias y dinámicas más importantes. Finalmente, se detallan cuantitativamente las superficies de dunas embrionarias generadas a lo largo del siglo XXI (desde la primavera del 2000), como un factor del grado de estabilidad del sistema playa/dunas, conseguidas simplemente mediante el aislamiento de recintos en la parte alta de la playa.

Metodología

Se ha llevado a cabo una recopilación de fotos antiguas, particularmente las relativas a la bocana del estuario de Villaviciosa de la que se disponen instantáneas muy ilustrativas de finales de siglo XIX y primeros de siglo XX (Rivero Cueto *et al*., 1995).

Se han consultado dos mapas de cierto detalle para la época, el más antiguo elaborado por Antonio Alcalá Casano en 1785 y el posterior de José Lequerica a escala aproximada 1/4.000 en 1886 desde el puente Huetes hasta el entorno de El Puntal, realizado en un formato apaisado de 4×1,4 m, pintado a colores y con la inclusión de una información sobre las mareas.

También se han examinado pormenorizadamente los juegos de fotografías aéreas verticales de los años 1956, 1970, 1989, 1992, 2001 y 2006, sobre las que se han cartografiado las diferentes unidades y sobre las que se han fijado 4 perfiles transversales del límite playa/dunas de Rodiles para proceder al cálculo de las distancias en la franja dunar externa que permita deducir la evolución (progradación/retroceso) de esta franja tan sensible a los cambios como factor a tener en cuenta en la gestión futura de estos espacios. La cuantificación se ha llevado mediante la georreferenciación de las fotografías con AUTOCAD 2008.

Algunos cálculos se han actualizado hasta el año 2009 mediante mediciones directas del frente dunar.

El estuario antiguo

Este conjunto estuarino, como otros en Asturias, estuvieron sometidos a labores de desecación con la parcelación oportuna en lo que se ha denominado como «porreos» en esta región, aislados mediante la construcción de diques que impidieran el intercambio mareal, el vertido de tierras para elevar la topografía del terreno y las canalizaciones de los espacios para evitar su encharcamiento.

Los primeros antecedentes se han documentado en la Baja Edad Media, pero la desamortización de bienes civiles (de Mendizábal en 1836) y la más importante del entonces ministro de Hacienda de la época, Pascual Madoz, a partir de 1855, han tenido relevancia en la desnaturalización de las marismas estuarinas y en particular sobre el estuario de Villaviciosa. La consideración de las marismas como inútiles o perniciosas, difundida entre ilustrados y progresistas, tuvo realidad en la desecación de extensos *xunclares* aledaños a las rías. La posterior Ley Cambó de 1919 supuso un nuevo impulso para la acupación de marismas en todo el país. Se han documentado los terrenos desafectados de los que fueron beneficiadas determinadas familias de la capital villaviciosina (Fig. 1).

A través del estuario de Villaviciosa se descargaba carbón procedente de las Cuencas Mineras del centro de Asturias que, finalmente, era transferido a barcos de mayor porte en el embarcadero antiguo (fondeadero) de El Puntal para su transporte por mar. La necesidad de recuperar la navegabilidad de la ría y su condición de vía económica llevó a concebir el proyecto de su canalización, cuyos estudios se encomendaron al ingeniero José Lequerica durante 1885 y 1886, el cual participaba en la construcción y mejora de diferentes puertos asturianos, como el de Gijón, con el principal objetivo de hacer de Villaviciosa un puerto carbonero, conectado por ferrocarril con Lieres (actual FEVE).

Se barajó la construcción de un canal artificial de 8 km de largo y 100 m de anchura, desde la bocana hasta el embarcadero de El Salín en la villa capitalina del Concejo. Asimismo, se trataba de ampliar los puertos de El Salín y El Puntal y la creación del muelle de La Espuncia. Las obras definitivas se redujeron a la escollerización del canal principal sobre la mayor parte

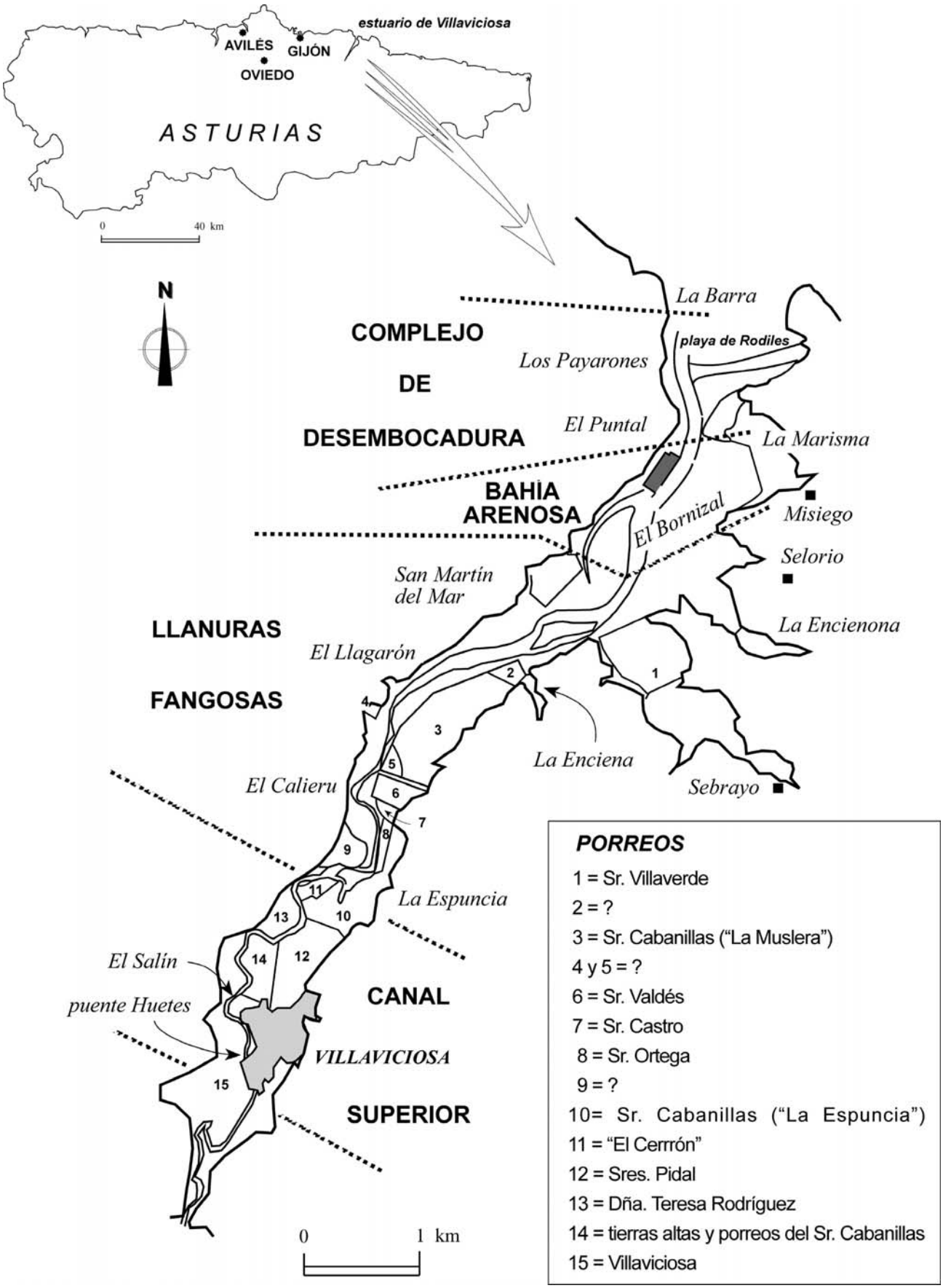

Figura 1.- Situación del estuario de Villaviciosa en la costa oriental asturiana con la zonación geomorfológica mayor que, desde la bocana a la cola son: *Complejo de desembocadura*, *Bahía arenosa*, *Llanuras fangosas* y *Canal superior*. Se incluyen las localidades reseñables, algunas citadas en el texto, y los *porreos* más importantes.

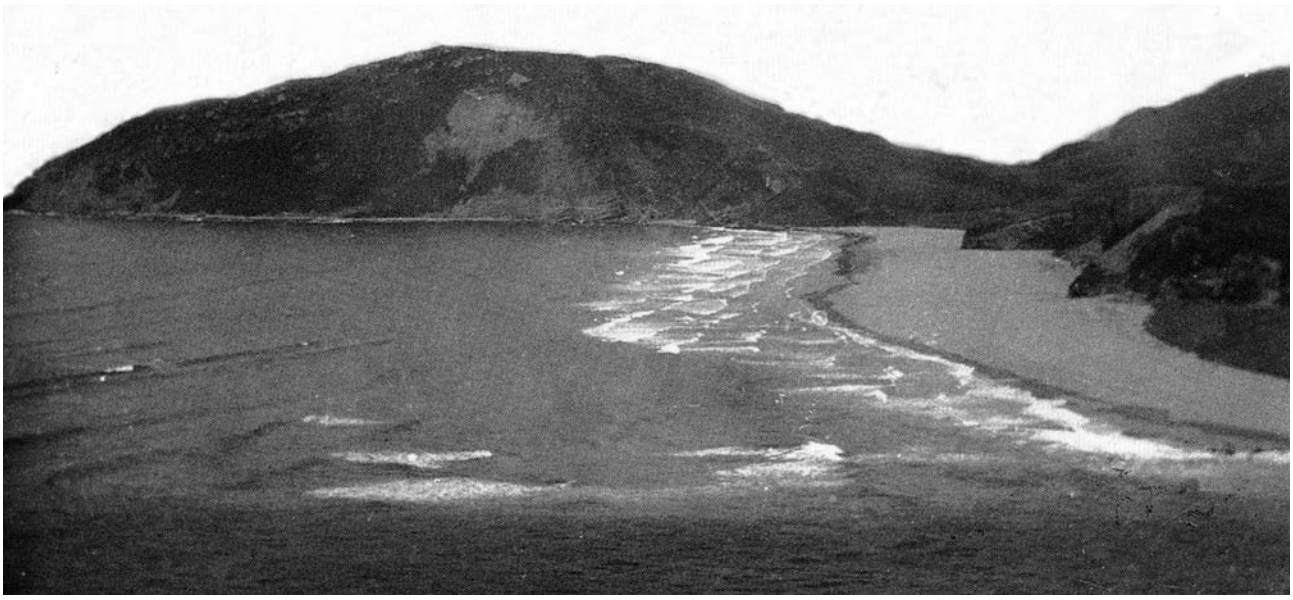

Figura 2.- Playa de Rodiles en 1900, antes de la escollerización, tomada desde la margen occidental. A la derecha asoma el campo dunar interno en su franja oriental (Rivero Cueto *et al*., 1995); a continuación entre promontorios, una duna remontante y, al fondo, el cordón dunar simple que cerraba un valle ciego de poca entidad.

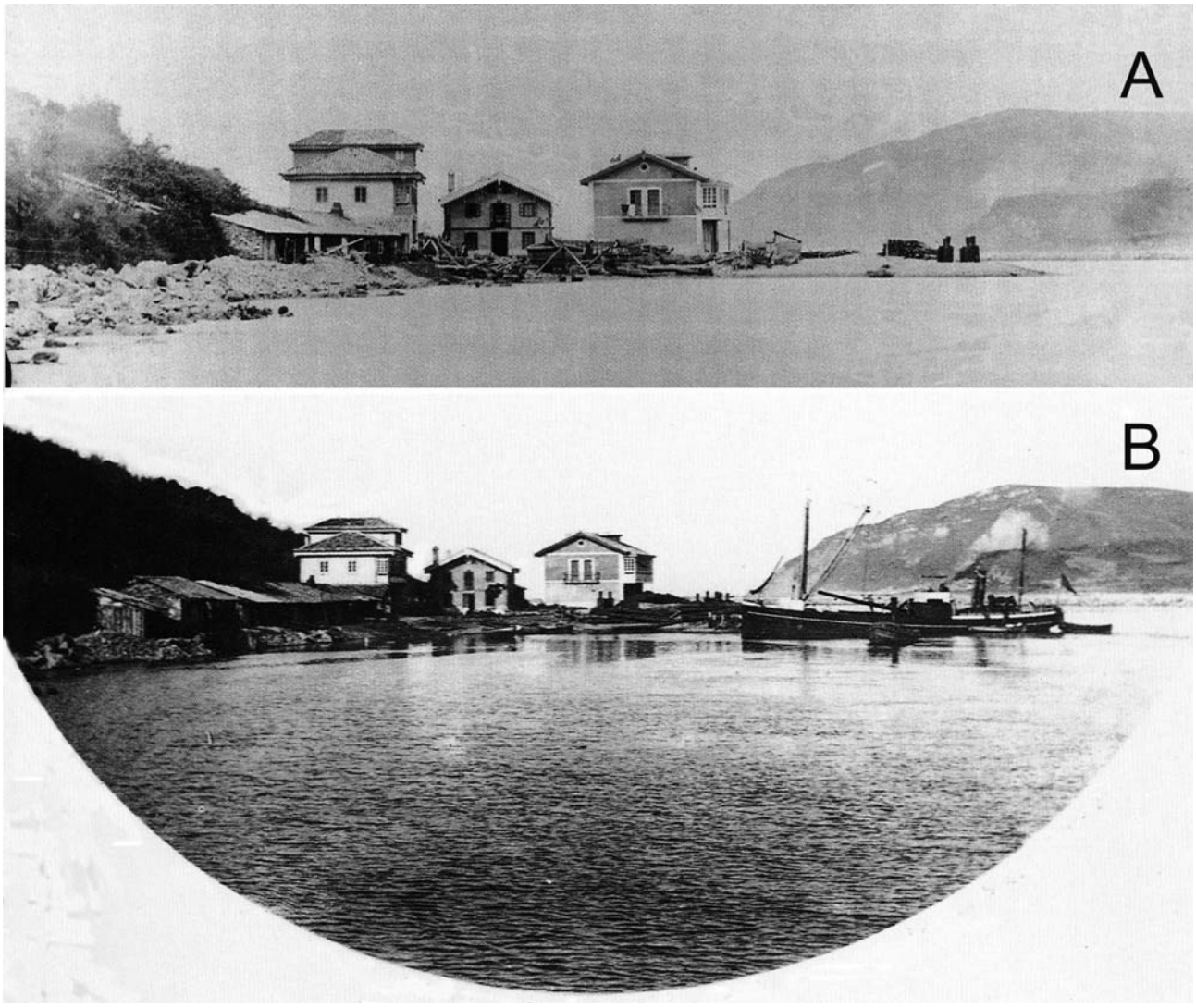

Figura 3.- A) Fondeadero de El Puntal en 1898, antes de la construcción del puerto, tomada desde la parte meridional. Se identifica la barrera confinante en su porción interna de este margen occidental que se pone en contacto con el paso de desembocadura a la derecha de las casas. B) De la misma época, pero en una fecha algo posterior, con algunas embarcaciones atracadas al abrigo de la barrera (Rivero Cueto *et al*., 1995).

de la Bahía arenosa y la prolongación canalizada en unas 500 m mar afuera, así como la construcción del puerto de El Puntal en la margen izquierda y los muelles en La Espuncia, donde se ubicó la empresa de «El Gaitero». Se iniciaron en el año de 1892 con interrupciones frecuentes y prolongadas, como la ocurrida entre 1902 y 1911, hasta que culminaron finalmente en 1930 (Morales Mato, 1987).

Gracias a las consultas de los planos de Alcalá Casano y Lequerica y de las fotografías históricas (Figs. 2, 3 y 4), se ha podido reconstruir con cierta fidelidad una aproximación a la distribución de las unidades morfosedimentarias y dinámicas más importantes, en lo que se puede considerar como la imagen natural del estuario, previo a las obras de artificialización centradas en la escollerización y construcción del puerto de El Puntal, dentro del área externa (Fig. 5).

Originalmente, con anterioridad a las labores de escollerización, según consta en dichos planos, la barrera confinante original estaba situada en una posición más meridional. La playa tendría una orientación NE-SO (Fig. 2), desarrollando un campo principal de dunas alargado en dirección NE-SO en lo que representaba la barrera confinante, salvo el ápice más oriental que construyó a modo de un gancho en planta adaptado a la dinámica mareal; la longitud era de 250 m y la anchura media de 115 m. Las culminaciones topográficas llegaron a 6,5 m hacia la mitad del campo dunar, estableciéndose la media en una altura de 5,50 m, aproximadamente. En este episodio, otra serie de acumulaciones dunares eran funcionales, tanto como dunas estuarinas en la ensenada de Misiego en diferentes sectores y por componentes de vientos del SO y NE como en el centro y porción oriental de la playa expuesta (Fig. 2). Estas últimas estaban constituidas por un reducto de dunas remontantes adosadas a una ladera relativamente pendiente, hacia el centro de la playa, y un cordón dunar en el extremo oriental que cierra un valle ciego. Las crestas alcanzaban anchuras variables de 6 a 9 m y alturas nunca superiores a 2 m y se disponían con alineaciones subparalelas indicativas de un proceso más o menos continuado de progradación.

Cabe deducir que ya existía la barra de desembocadura por cuanto las labores de escollerización y prolongación del canal principal buscaban, como se sigue razonando en el presente, alcanzar mayores calados, evitando que esta estructura se construyera de nuevo. Su geometría en planta diferiría notablemente de la actual ya que, debido a la orientación de la playa de Rodiles en aquel entonces con una tendencia NE-SO, la refracción y la deriva de playa no serían capaces de construir una barra N-S, como en la actualidad. La rompiente de ola en la Foto de 1900 (Fig. 2) revela que la geometría oriental sería similar a la actual, con el brazo oriental apoyado e indisolublemente unido al bancal de la terraza de bajamar con al correspondiente refracción del oleaje, como se reproduce en la figura. 5.

El paso de desembocadura sería estrecho entre la antigua playa de Rodiles y seguiría una dirección NE-

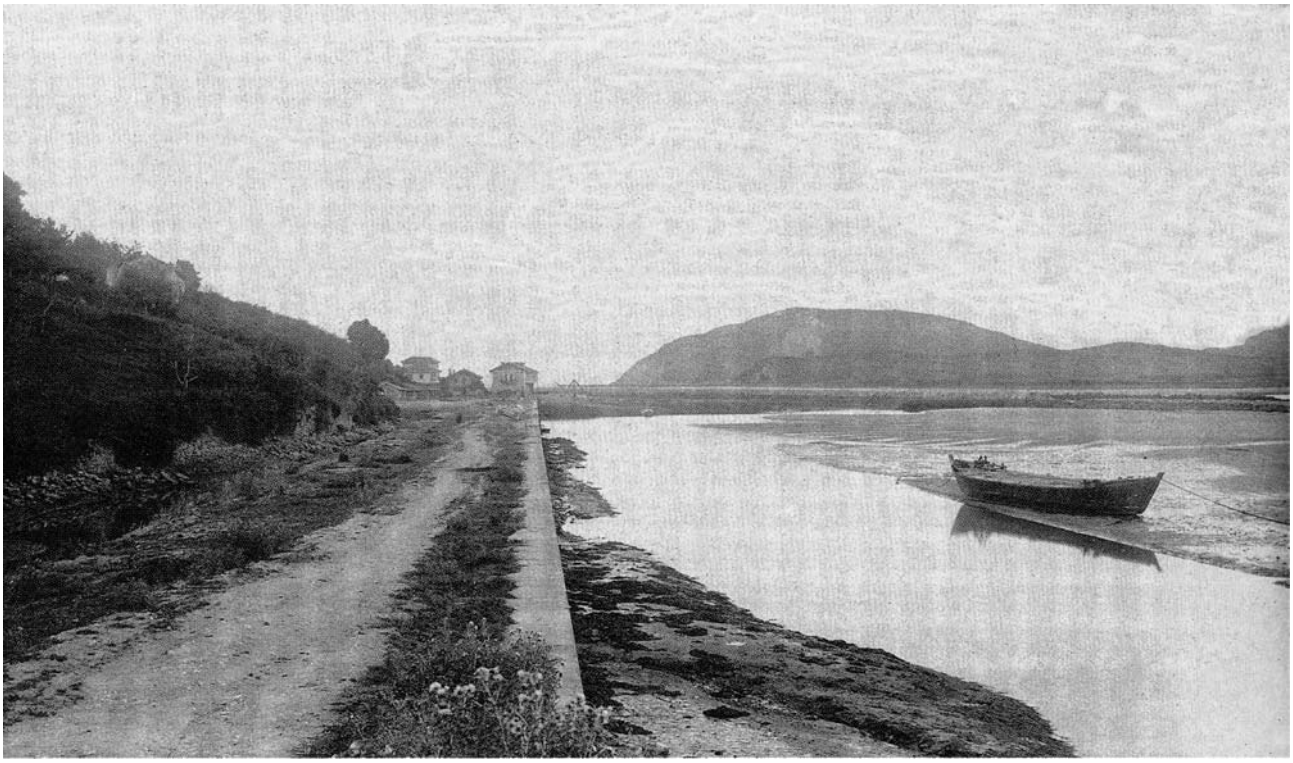

Figura 4.- Para acceder al fondeadero de El Puntal se ocupó la franja interna de la margen occidental. En esta fotografía de 1903, se muestra el aspecto de la calzada con el muro de contención, lindando con un canal mareal, y, al fondo, se atestigua la existencia de unas edificaciones (las mismas de las fotografías anteriores) de las cuales, todavía en la actualidad, se encuentran algunas restauradas en perfecto estado de conservación (Rivero Cueto *et al*., 1995).

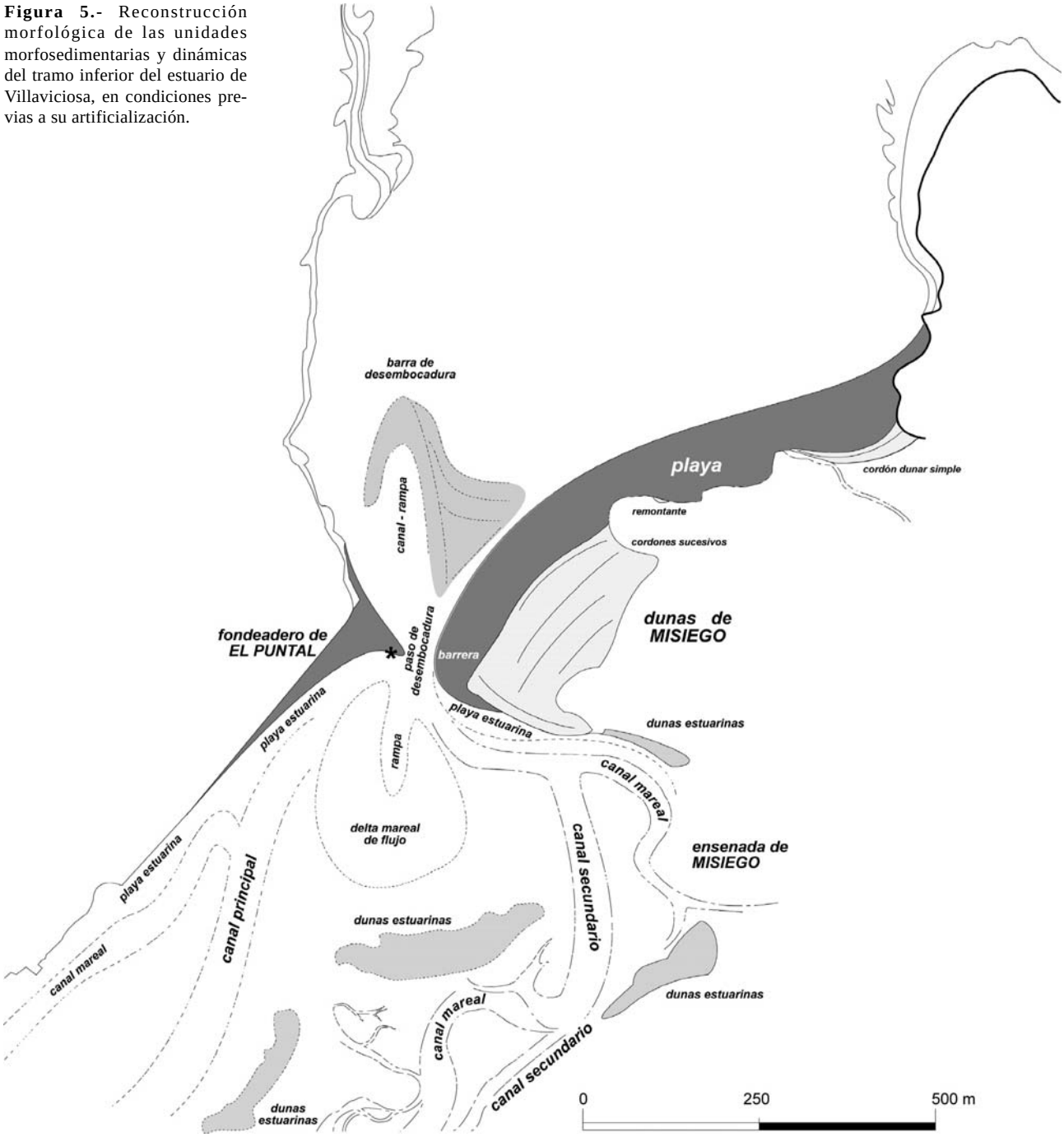

Figura 5.- Reconstrucción morfológica de las unidades morfosedimentarias y dinámicas del tramo inferior del estuario de Villaviciosa, en condiciones previas a su artificialización.

SO, y otra playa más estrecha, hoy inexistente, cerrándose por el costado occidental. Ambas se continuarían de forma paulatina hacia el interior (antigua Bahía arenosa) por sendas playas estuarinas, de las cuales la occidental correspondería al fondeadero (asterisco en la Fig. 5) de El Puntal (Fig. 3A y B), ya citado en las crónicas del desembarco del emperador Carlos I a primeros de siglos XVI, que utilizó este entorno para acceder a la villa de Villaviciosa, aprovechando la pleamar de la tarde-noche del día 19 de septiembre, sábado, de 1517.

El canal principal se ubicaría por ese mismo costado, motivo por el cual ese fondeadero servía como punto de acceso al puerto de El Salín en Villaviciosa. Los canales secundario y mareales de la margen oriental de la Bahía arenosa tendrían una distribución algo similar, con la excepción del ligado a la ensenada de Misiego que sería posteriormente seccionada para incorporarla como un porreo más. Entre los canales principal y secundario se construiría un delta de flujo, muy bien documentado en el mapa de Alcalá Casano de 1785, más directamente vinculado con el paso de desembocadura a través de su rampa de alto flujo, como cabe deducir de los existentes en el Eo, Cubas (brazo estuarino del río Miera en Santander) y San Vicente de la Barquera (Flor Blanco, 2007); éste era también sustancialmente distinto ya que, en aquellas condiciones libres se extendería siguiendo el eje estuarino, mientras que el actual lo hace dentro de la ensenada de Misiego, activándose justamente en sentido perpendicular hacia el E.

Buena parte de las dunas estuarinas existirían, aproximadamente en su ubicación actual, pero con superficies menores, ya que algunas como las de los costados meridional y suroccidental de la Bahía arenosa tienen una distribución más acorde con las amplias superficie de deflación, las primeras en relación con la posición del antiguo delta de flujo mareal.

El estuario actual

La imagen geomorfológica actual (Fig. 6) difiere notablemente de la anterior ya que, desde la finalización de las obras de escollerización del tramo inferior estuarino, todo el conjunto del *Complejo de desembocadura* migró mar afuera (López Peláez y Flor, 2006), girando desde una dirección NE-SO a la ENE-OSO actual, y algunas unidades morfosedimentarias y dinámicas de la *Bahía arenosa* cambiaron radicalmente, se generaron en otras áreas o aparecieron formas nuevas.

La barra de desembocadura de reflujo que actualmente origina una grave problema de navegación en la desembocadura externa, se cierra en la isobata de 6,0-7,0 m, pero se someriza y amplía como un brazo arenoso de dirección N-S a medida que se ancla insensiblemente en la franja de la terraza de bajamar de la playa de Rodiles, concretamente sobre la unidad del bancal («*ridge*» o «*bar*»), asociada al canal («*runnel*» o «*trough*»). La deriva sedimentaria principal de carácter

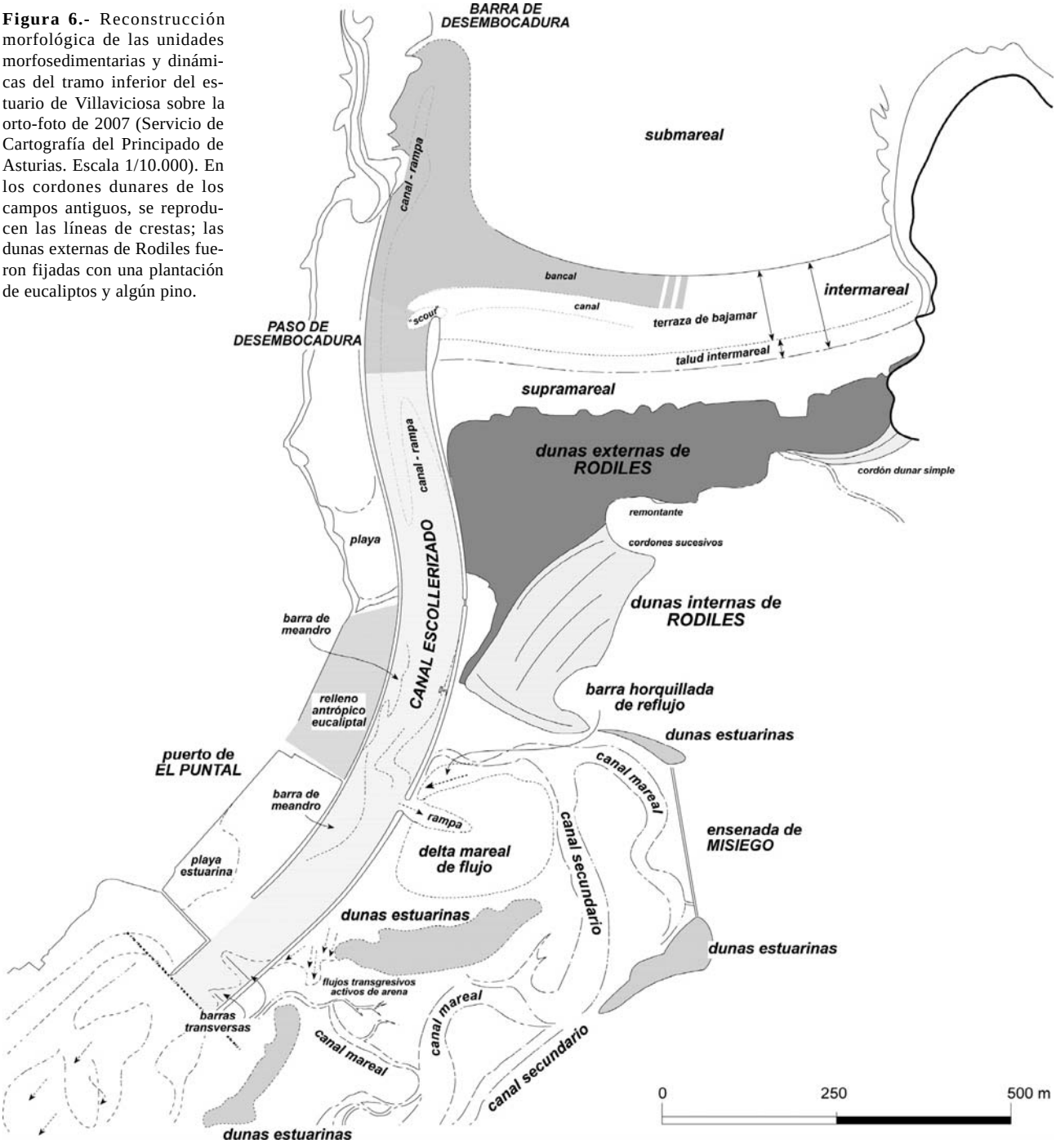

Figura 6.- Reconstrucción morfológica de las unidades morfosedimentarias y dinámicas del tramo inferior del estuario de Villaviciosa sobre la orto-foto de 2007 (Servicio de Cartografía del Principado de Asturias. Escala 1/10.000). En los cordones dunares de los campos antiguos, se reproducen las líneas de crestas; las dunas externas de Rodiles fueron fijadas con una plantación de eucaliptos y algún pino.

longitudinal de la playa se mueve hacia el O, lo que unido al reflujo mareal, construye el brazo derecho de la barra muy somerizado, causante de las mayores rompientes del oleaje.

En el área exterior, en lo que constituye el paso de desembocadura, su continuación hasta enlazar con la barra de desembocadura y el propio canal principal escollerizado en su tramo interno (a unos 300 m al S del extremo septentrional del dique oriental), se ubica en la margen occidental. Las anchuras medias en la mitad exterior son del orden de los 40 m para ensancharse progresivamente hasta los 70 m. Por su parte, la barra lateral más externa que se adosa al dique oriental llega a aflorar unos decímetros en las bajamares vivas y sus anchuras son cercanas a los 65 m, decreciendo aguas arriba hasta desaparecer en una longitud de 280 m; toma una planta triangular alargada ligeramente convexa hacia el eje del canal.

En la margen izquierda, donde antiguamente había un frente acantilado con depósitos de gravas y cantos (playa), se ha formado una ensenada paralela entre aquél y el dique occidental, actualmente muy arruinado, que está comunicada libremente en su extremo N y permite el intercambio mareal. Se ha generado una playa arenosa muy abrigada en la parte interna (de El Puntal) con un manto dunar tabular de espesor centimétrico a decimétrico, que no rebasa los 2.000 m^2, mientras que el resto de su superficie está constituido por arenas y arenas limosas mayoritariamente colonizadas por *Enteromorpha sp.* y *Zostera marina*, pudiendo ser considerada como un recinto estuarino peculiar. Esta porción comprendida entre la playa y el puerto de El Puntal fue objeto de rellenos y de la plantación de un eucaliptal.

Hacia el S, se sustituyó el antiguo fondeadero con un puerto de planta rectangular, conectado con el canal principal en su parte meridional. Se ha colmatado con arenas finas en su proyección interna respecto a la bocana en lo que representa una playa estuarina que evoluciona hacia el interior, a modo de una llanura mareal, con facies de fangos que se dragan para el puerto deportivo en fase de ampliación.

La *Bahía arenosa* ocuparía y se extendería sobre un recinto similar al anterior, si bien la interrupción de la escollera oriental del canal principal facilitó la formación del nuevo delta mareal de flujo y la pequeña barra horquillada, adosada en el tramo septentrional, dentro de la ensenada de Misiego, que intenta conectar con la margen izquierda del canal secundario en su tramo inferior. Tanto las dunas de «El Bornizal», como las asociadas a las franjas de playas estuarinas de Misiego, tendrían una posición y aspecto similar, aunque incorporando nuevas aportaciones arenosas. No es así con las situadas en los bordes SE y NE de esta ensenada que fueron aisladas con muretes y las primeras parcialmente destruidas para ubicar la red de saneamiento y algunas sacas ilegales.

El canal principal experimentó un alargamiento considerable, además de fijar definitivamente sus márgenes, momento a partir del cual se segregaron las franjas propias del lecho de las barras arenosas laterales, algunas con cierto carácter meandriforme, aunque los flujos y reflujos imponen una tendencia a simplificar sus formas. A pesar del confiamiento, lecho

Figura 7.- Panorámica desde la cresta culminante de un cordón dunar del campo interno de Rodiles hacia el N y NE, que abarca las franjas media y oriental de la playa, donde se ha generado el campo externo en el año 1933 (Rivero Cueto *et al*., 1995).

AÑO	PERFIL 1 (m)	PERFIL 2 (m)	PERFIL 3 (m)	PERFIL 4 (m)
1.956	314	207	60	65
1.970	334	218	132	111
1.989	321	212	126	125
1.992	321	179	101	128
2.001	319	205	132	123
2.006	320	208	141	135

TASA DE CAMBIO DE LA ANCHURA DUNAR (m/año)				
INTERVALO	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3	PERFIL 4
1.956-1.970	1,42	0,78	5,14	3,28
1.970-1.989	-0,68	-0,31	-0,31	0,76
1.989-1.992	-4,30	-8,00	0,66	-3,60
1.992-2.001	1,22	1,88	0,44	1,00
2.001-2.006	0,16	0,50	1,50	2,00

Tabla I.- A) Anchuras de las secciones dunares del campo externo de Rodiles en cada perfil transversal, formadas después de la construcción de los diques (con asterisco las integradas en su totalidad). B) Tasas de recesión (negativos) y progradación (positivos) en los intervalos temporales de cada registro.

y barras siguen trazas sinuosas en planta que, en la apertura del dique sobre Misiego, sufren una adaptación, en cierto modo brusca, al generarse una depresión alargada por el reflujo de la ensenada que excava hasta los 8 m de profundidad, las máximas registradas en este canal escollerizado; tiene una traza orientada al NO, pero se arquea con la convexidad hacia el SO desde el confinamiento entre ambos diques.

En el extremo S del canal principal escollerizado, se han estabilizado dos barras transversas constituidas por fondos de gravas y gravillas que muestran una gran estabilidad de acuerdo con la observación de los juegos de fotografías aéreas.

Hacia el paso de desembocadura, considerado como el segmento donde termina el dique oriental, aproximadamente sobre los 20 m de longitud aguas abajo del canal rampa, se concentran las mayores velocidades de flujo y reflujo.

Justo en la parte septentrional donde termina el dique E, se genera una depresión asimétrica («*scour*»), probablemente debida a la reflexión del oleaje sobre el morro del dique; tiene una forma de ojal (eje mayor de 60 m y anchura máxima en el costado occidental de unos 30 m y mínima de 9 m en la oriental), alineándose según el eje mayor en dirección ENE-OSO, cuya mayor profundidad se alcanza hacia el paso de desembocadura con desniveles de hasta 1 m respecto a las isobatas circundantes.

El campo dunar externo de Rodiles

Uno de los elementos morfosedimentarios de mayor envergadura, afectado por la prolongación y escollerización del canal principal, fue la creación del campo dunar externo de Rodiles, el cual ha servido de límite interno para la extensa playa arenosa de Rodiles, como se puede comprobar en la actualidad.

Todo apunta a que su formación fue muy rápida como cabe deducirse de la figura 7 que, teniendo en cuenta que las obras de la escollera finalizaron en 1930, se advierte la presencia del campo dunar en 1933, situado por delante del interno.

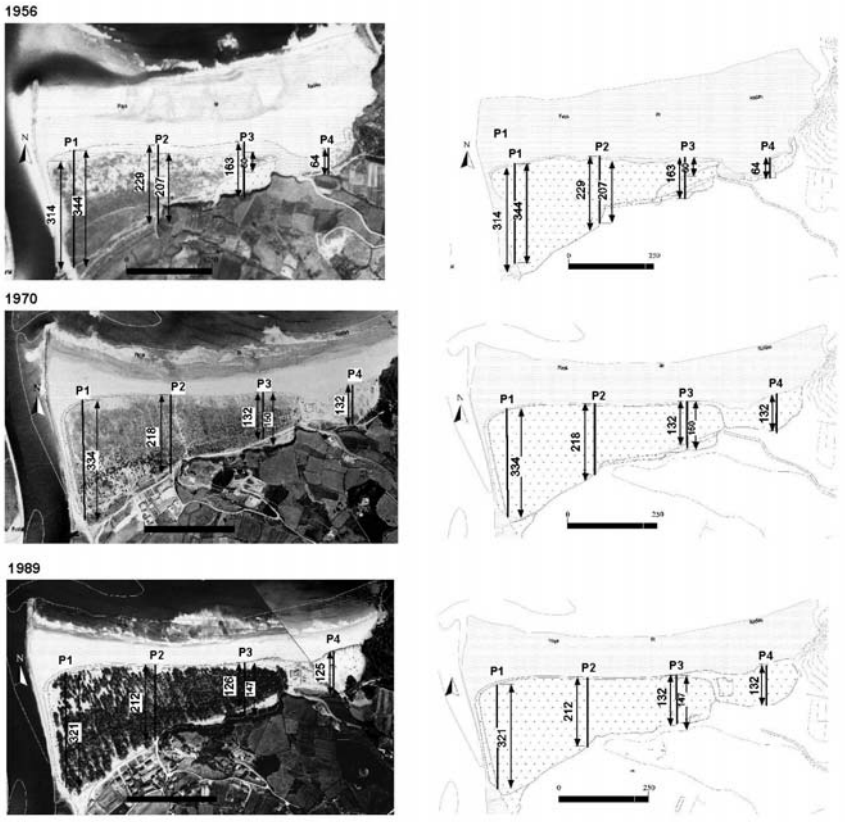

Figura 8.- Fotografías aéreas históricas sobre las que se impresionan los perfiles transversales en los que se han calculado las anchuras del campo dunar en los intervalos de 1956 a 1989. Cada fotograma se acompaña, a la derecha, de la correspondiente reconstrucción cartográfica del campo dunar externo de Rodiles, así como de los 4 perfiles representativos con las medidas de las anchuras.

Para cuantificar la evolución futura se han examinado un gran número de juegos de fotografías aéreas verticales existentes de diferentes organismos y escalas (1946, 1956, 1970, 1983, 1989, 1992, 1994, 1995, 2001, 2004 y 2006), controlando 4 perfiles transversales en este campo dunar externo (Figs. 8 y 9) en los fotogramas de 1956, 1970, 1989, 1992, 2001 y 2006 sobre los que se han medido con exactitud las extensiones absolutas, que permiten obtener los cambios de erosión/sedimentación en cada sector representativo como se sumariza en la tabla I y la figura. 10.

Los primeros registros de fotografías aéreas verticales de 1946 no ofrecen la calidad suficiente, de modo que a partir de la de 1956, ambas realizadas por las fuerza aéreas de U.S.A., se deduce que la estabilización no había alcanzado su clímax, separándose un campo dunar vegetado, más densamente colonizado en la mitad meridional del tercio occidental donde se generaron algunos cordones dunares de cresta suavizada, así como dunas lingüiformes de geometría muy plana. El resto del campo septentrional seguiría consolidándose para alcanzar su máximo desarrollo en la década de los 70 (Fig. 11A) que se mantiene hasta mediados de los 80 (Tabla I).

En la foto de 1989, se detectan los primeros signos erosivos que tuvieron lugar en el extremo occidental y, principalmente, en la parte central del campo dunar.

En conjunto, mostraba una geometría tabular y con un espesor métrico, para construir en el contacto con la playa un cordón dunar laxo y más elevado (algo inferior a los 3,0 m de altura) cuya anchura alcanzó los 50 m; su perfil transversal era netamente asimétrico con el frente de barlovento más corto (10 m) y de mayor pendiente. Desde la construcción de casetos y chiringitos de playa en los años 60 y la preferencia de acceso a la playa por un pasillo situado en el tercio oriental, el frente de la duna quedaba interrumpido por el pisoteo. Asimismo, desde este entorno hacia el E, el frente dunar fue permanentemente erosivo como la propia duna antigua deja ver todavía en la actualidad, probablemente debido a la incidencia frontal de los oleajes del NO, que superan los promontorios situados en la costa hacia el O (puntas de Tazones y El Olivo), y generan un proceso de reflexión acusado.

Desde 1989 hasta el 2000, la recesión ha sido el proceso más llamativo, como se documenta en 1991 (Fig. 11B y C), para producirse una progradación en los últimos 9 años (Fig. 11D, E y F; Tabla I). De acuerdo con los cálculos obtenidos desde los años 1956 y de las longitudes (anchuras del campo) en los 4 perfiles (Tabla IA y B y Fig. 10), se deducen cambios en ambos procesos erosivos y sedimentarios, para estabilizarse mediante una progradación a lo largo del siglo XXI al aplicar medidas de gestión de carácter blando.

El avance dunar ha sido variable, ya que en el área occidental (Perfil 1), el incremento de la anchura ha sido de sólo 14 m en apenas 14 años desde 1956 hasta

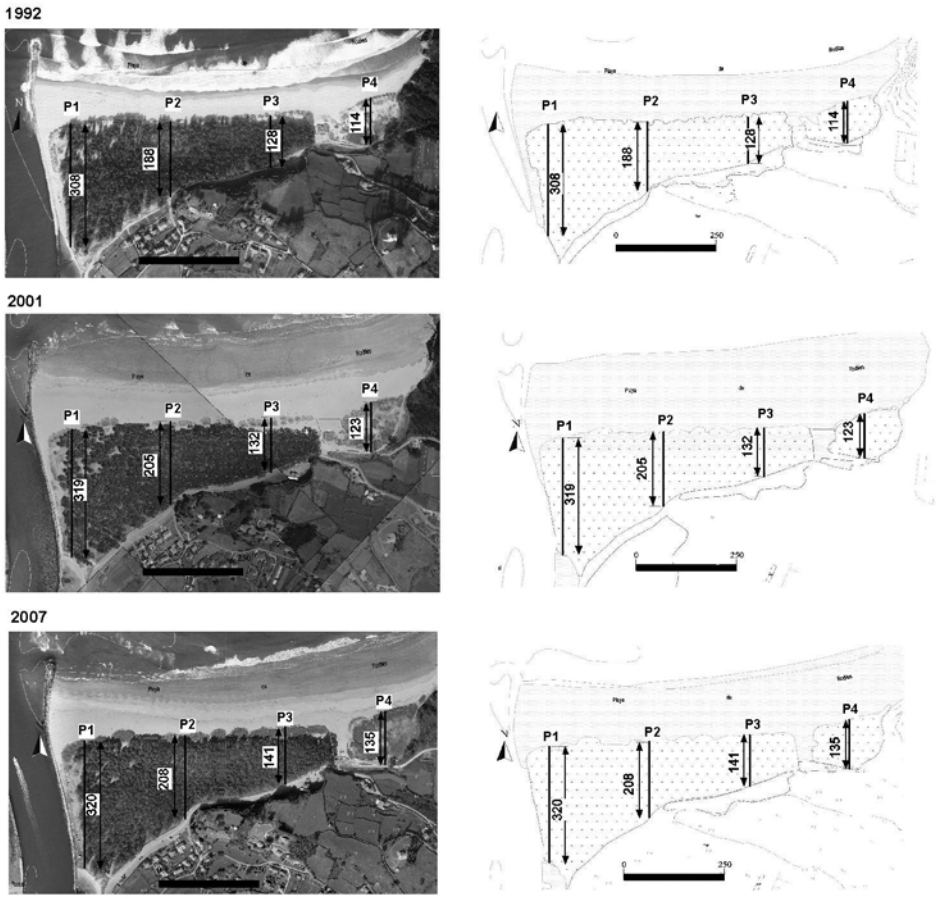

Figura 9.- Fotografías aéreas históricas sobre las que se impresionan los perfiles transversales en los que se han calculado las anchuras del campo dunar en los intervalos de 1992 a 2006. Cada fotograma se acompaña, a la derecha, de la correspondiente reconstrucción cartográfica del campo dunar externo de Rodiles, así como de los 4 perfiles representativos con las medidas de las anchuras.

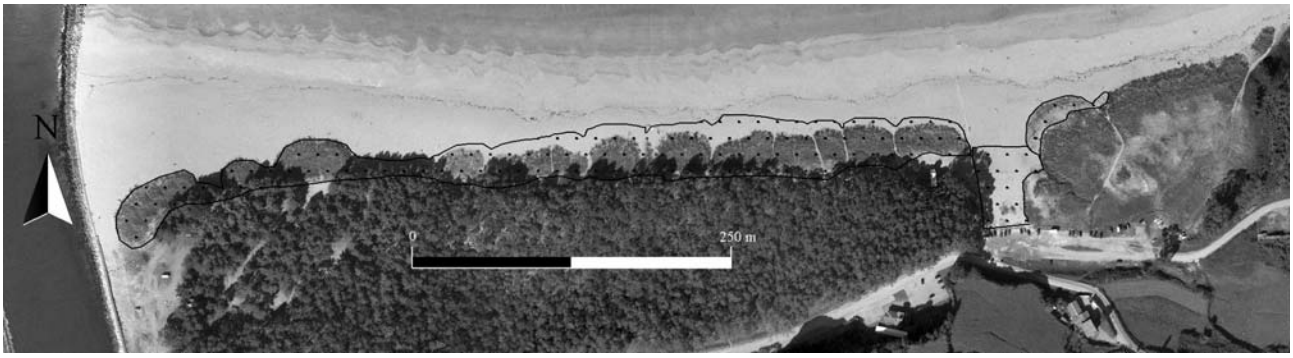

Figura 10.- Dunas tabulares progradantes (trama punteada), generadas desde el año 2.000 hasta mediados de 2009.

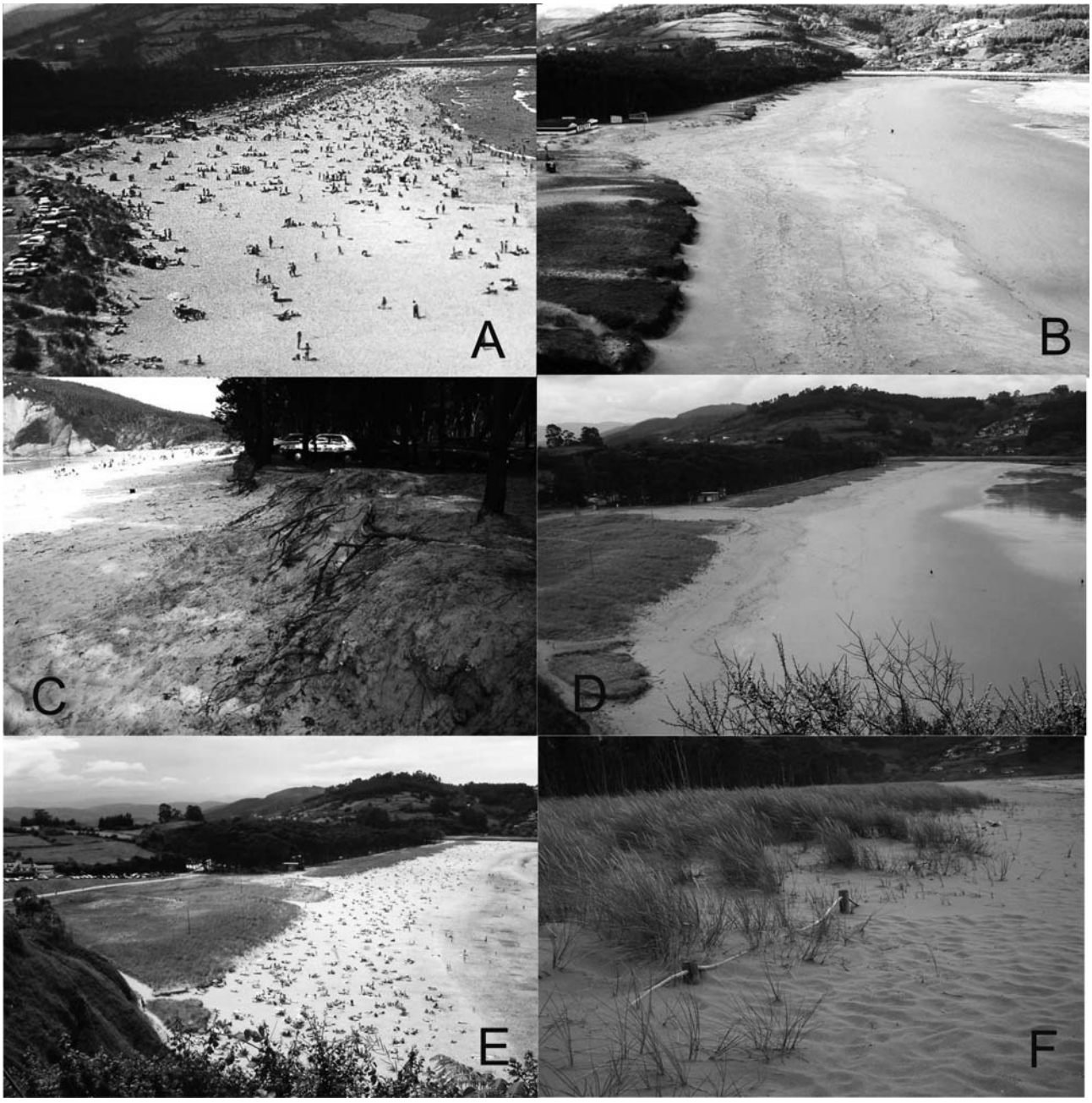

Figura 11.- Panorámicas desde el costado oriental sobre la playa y franja limitante de Rodiles: A) Máxima extensión dunar en 1970 y B) recesión máxima en 1991. C) Borde erosionado de la duna en su extremo occidental (año 1995). D) Panorámica completa del campo dunar externo en la primavera de 2008 y E) desde otra perspectiva tomada en un área próxima en el verano de 2009. F) Dunas embrionarias (tabulares) generadas en 2006, con un espesor de alrededor de 1 m fijadas de forma natural por barrón (*Ammophila arenaria*).

	DUNAS		
AÑO	Embrionarias (m^2)	Vegetadas (m^2)	Antropizadas (m^2)
1.956	31.814,00	130.161,51	
1.970		161.930,05	
1.989		169.067,45	2.486,50
1.992		146.378,89	19.748,98
2.001	809,55	158.165,80	16.421,14
2.006		161.755,70	16.421,14

Tabla II.- Superficies que ocupaban las diferentes categorías de dunas: embrionarias, vegetadas y antropizadas, calculadas desde 1956 hasta 2006.

1970, para retroceder en 1989 hasta casi el estado de 1956. El resto de perfiles marcan una tendencia de progradación continuada, reflejada en los perfiles 2 y 3 con un incremento en anchura de 17 y 57 m, respectivamente hasta 1970 también, como en el caso del Perfil 1. Es a partir de este momento cuando el sistema entró en equilibrio, aunque precariamente, y el nivel del mar y la erosión comenzaron a hacerse notar, salvo en la margen oriental (Perfil 4).

El Perfil 3, al contrario de los restantes, experimentó una progradación mínima en los registros de 1989 y 1992, pero en las fotografías aéreas de los años 90 hasta bien avanzado el año 2000, se produjo una tendencia recesiva dentro de dicho perfil.

El caso del Perfil 4 es completamente distinto a los anteriores, con un incremento paulatino observado desde el año 1956 hasta principio de los años 90 donde se registra una cierta disminución de su superficie y un frente dunar erosivo importante. Durante los últimos años, se ha estabilizado en cierto modo el frente erosivo, atisbándose la presencia de pequeñas dunas tabulares por delante.

Entre 1970 y 1992, la recesión fue mucho más acusada, siendo en los años 1999 y 2000 cuando se detectó la mayor erosión, momento en el que se procedió al acordonamiento de algunos recintos para evitar el pisoteo de los usuarios. Los retrocesos lineales del frente dunar con la playa entre 1970 y 1992 fueron del orden de 1,18 m/año en el Perfil 1; de 1,36 m/año en el 2, apenas 0,18 m/año en el tercero y un crecimiento muy escaso de 0,13 m/año en el más oriental, aunque en este último se ha registrado una recesión de -4,60 m/año en el intervalo de 1989 a 1992 (Tabla IB). Los valores de recesión en los perfiles durante este último intervalo están directamente relacionados con la presión turística y el pisoteo durante época estival, junto con la subida del nivel del mar cuyos efectos se dejan sentir de forma muy irregular en el tiempo y en la recesión del frente de dunas, con una mayor probabilidad de actuación sobre el extremo occidental y en la esquina más oriental.

En realidad, la recesión se produjo hasta principio del año 2000, momento en el cual la Demarcación de Costas en Asturias aplicó medidas correctoras ante la degradación del entorno dunar, más aún con el perfil erosivo que presentaba el pinar-eucaliptal donde se encuadran las dunas generadas en la primera fase de progradación del sistema.

Entre los años 2000 y 2001 se detecta una recuperación muy importante del cordón dunar, debido a la aplicación de labores de protección de la duna muy simples, consistentes en aislar recintos de la playa alta mediante postes de madera y cordadas, consiguiendo aumentar el volumen y la anchura, con lo que las tasas de incremento de la anchura dunar arroja valores máximos de hasta 1,5 m/año en apenas 6 años. Complementariamente, se han extendido pasarelas de madera, apoyadas en la arena, una general que sigue paralelamente a la playa en el pinar-eucaliptal, y desde ésta una serie de pasarelas de menor longitud que parten perpendicularmente hacia la playa en diferentes lugares. En el último intervalo de 2008 a 2009, se aisló un nuevo entorno desde la entrada principal a la playa, donde el pisoteo era excesivo, incluyendo la colonización con plantones de barrón procedente de vivero.

La evolución del frente dunar de Rodiles queda reflejada en la tabla I y figura 10, donde se advierte que el Perfil 1 incrementa su anchura más allá del año 70, pero está afectado por una recesión importante hasta el año 2000, con una evolución similar en los perfiles 2 y 3. El Perfil 4 muestra un comportamiento muy diferente a los anteriores ya que incrementa paulatinamente su anchura desde 1956 hasta mediados de los 80 (*fase expansiva con estabilización*) a partir de la cual se registra una cierta disminución, manifestando un frente erosivo notable hasta la mitad de la década de los 90, recesión que se mantiene algo más ralentizada hasta el cambio de siglo (*fase recesiva*). Durante los últimos años, dentro del siglo XXI, se ha estabilizado con la construcción de dunas tabulares de escaso espesor, aplicando una gestión basada en el aislamiento de recintos que evitan el pisoteo y favorecen la colonización natural de barrón (*fase progradante*).

Atendiendo a las diferentes categorías de dunas en relación con su grado evolutivo: embrionarias, vegetadas y antropizadas (Tabla II), las vegetadas son

las más ampliamente representadas, experimentando incrementos desde 1956 a 1989, año en el que se registran alteraciones antrópicas todavía poco reseñables (2.486,50 m2). En 1992, se reducen las vegetadas, tanto por removilización antrópica (19.748,98 m^2) como por recesión natural.

Con la solución arbitrada de colocación de recintos disuasorios que eviten el pisoteo y la fijación con barrón de forma natural, se llega a mediados del año 2009, en que el frente constituido por la duna tabular de espesor decimétrico a métrico (Fig. 10), generada en los últimos 9 años, asciende a una superficie de unos 25.547,80 m^2.

Sobre las dunas culminantes de la barrera principal se han instalado numerosos campings y viviendas unifamiliares que han destruido las morfologías de crestas de los sucesivos cordones dunares. Desde la remodelación del vial que bordea la franja meridional del campo externo de Rodiles se ha eliminado casi la totalidad de la duna remontante próxima a la capilla de San Lorenzo. La construcción de un nuevo aparcamiento por detrás del cordón dunar antiguo en 2008 en el borde oriental de la playa ha supuesto el seccionamiento transversal de un segmento y su pérdida irrecuperable.

Conclusiones

El estuario de Villaviciosa ha experimentado cambios notables, tanto por causas antrópicas como naturales, fundamentalmente a partir del primer tercio del siglo XX. La construcción de escolleras en las márgenes del canal principal en su tramo inferior y su prolongación mar afuera (unos 500 m), finalizadas en 1930, progradaron la barrera arenosa confinante esa misma magnitud hacia el N con la creación del nuevo campo dunar (externo) de Rodiles y su playa correspondiente.

La barrera arenosa original, anclada en el costado oriental, se complementaba con una barrera menor en el costado occidental (El Puntal), desarrollando un delta de flujo mareal dentro de la Bahía arenosa, como estructura de mayor entidad ligada al paso de desembocadura en su sector interno; conectado a este último se desarrollaba una barra de desembocadura con el brazo oriental más dimensionado por anclarse a la terraza de bajamar de la playa. Ya se habían generado una serie de dunas estuarinas.

La barrera principal estaba constituida mayoritariamente por una gran duna (campo dunar interno de Rodiles) culminada por cordones dunares sucesivos, signo evidente de una progradación natural; otros afloramiento dunares se formaron hacia el centro del playa, como dunas remontantes, y otro cordón dunar simple en el extremo oriental cerrando un valle ciego.

La creación del puerto de El Puntal, donde anteriormente se encontraba un fondeadero, y fundamentalmente, la construcción de los diques sobre las márgenes del canal principal y su prolongación 500 m mar afuera, supusieron la mayor transformación de este entorno ya que se generó el amplio sistema dunar externo de Rodiles, representado por un gran conjunto tabular que en la franja limitante con la playa se resolvía con un cordón dunar laxo y simple algo más elevado que el resto y algún cordón menor en el tercio occidental interno.

También el paso de desembocadura migró en la misma medida construyendo una nueva barra de desembocadura, que se cierra en la isobata de 6-7 m con la convexidad apuntando hacia el N, con un brazo amplio en el costado oriental que llega a emerger parcialmente en algún momento de las bajamares vivas. Las superficies de las dunas estuarinas se incrementaron ligeramente a partir de la posición anterior.

El delta de flujo mareal desapareció totalmente generándose uno nuevo al E de la interrupción del dique oriental que drena la ensenada de Misiego, parte de la cual se aisló con un dique interno. También se instaló un nuevo canal secundario algo más al E del anterior.

El frente de las dunas externas de Rodiles representa un marcador de la evolución del sistema playa/duna en relación con los cambios naturales: elevación del nivel del mar, que genera una recesión, y el manejo antrópico, en este caso, inductor de una progradación de la duna.

El sistema dunar alcanzó su mayor extensión natural desde 1930 hasta mediados de los 80 (*fase expansiva*) con una tasa de crecimiento mayor en el centro y zona oriental; le sucede una fase recesiva desde 1984 al 2000 con mayores recesiones en el centro y costado occidental; finalmente, desde el año 2000, se asiste a una *fase progradante* por gestión antrópica blanda con mayor incidencia sobre la mayor parte del segmento central; se han generado del orden de los 25.547,80 m^2 de nuevas dunas de geometría tabular y espesor decimétrico a métrico.

Agradecimientos

Nuestro mayor reconocimiento para los responsables de Puertos del Principado de Asturias, Dña. Carmen López Tirados (Jefa del Servicio) y D. Orlando Azcona (Director Técnico del «*Proyecto de mejora del canal de entrada al puerto de El Puntal*») que han permitido profundizar en la investigación sobre el tramo inferior del estuario de Villaviciosa. Al Dr. Jorge Rey (ESGEMAR) por permitir la utilización de algunos datos batimétricos elaborados en el canal y la playa de Rodiles.

Referencias

Alcalá Casano, A. (1785). *Plano de la Ría de Villaviciosa y Concha de Tazones situada por observación la Pta. del Regato en la latitud N. 43º30'. Levantado en Septiembre del Año de 1785 Villaviciosa (Asturias). Cartas náuticas 1785.* http://portal.digmap.eu/index/geral/aut/A/EN/94436.digmap_alcalcasanoantonio.html

ESGEMAR (2008). *Estudio topográfico, batimétrico, geofísico y ensayos con vibrosondeos en el Puntal de*

Villaviciosa (Asturias). Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras (Servicio de Puertos) del Principado de Asturias. Informe interno. 41 pp. 3 planos (1/4.000).

Flor Blanco, G. (2007). *Características morfosedimentarias y dinámicas y evolución ambiental de los estuarios de Tina Mayor, Tina Menor y San Vicente de la Barquera (costa occidental de Cantabria).* Departamento de Geología. Tesis Doctoral (no publicada). Universidad de Oviedo.

Flor, G., Fernández Pérez, L.A., Menéndez Fidalgo, R., Martínez Cueto-Felgueroso, E., Rodríguez Casero, G. (1996). Dynamics and sedimentation of the mesotidal estuary of Villaviciosa (Asturias, Northern Spain). *Rev. Soc. Geol. de España,* 9 (3-4), 205-225.

Flor, G., Ortea, J.A. y Rodríguez Palacio, Mª J. (1998). El componente bioclástico en el sedimento arenoso en el complejo estuarino de Villaviciosa (Asturias, NO de España). *Trabajos de Geología,* 20, Univ. de Oviedo, 129-156.

Flor, G. y Flor Blanco, G. (2005). An introduction to the erosion and sedimentation problems in the coastal regions of Asturias and Cantabria (NW Spain) and its implications on environmental management. *Journal of Coastal Research* (Spec. Issue), SI 47, 58-63.

Lequerica, J. (1886). *Plan General de la Ría con el canal proyectado entre el puente de Huetes y la barra del puerto*. Escala aprox.1/4.000. Ayuntamiento de Villaviciosa.

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.

Rivero Cueto, S., Blanco Sarasola, M y Balbín Loredo, I. (1995). *Villaviciosa en fotos antiguas (1859-1936).* Papeles Maliayos, nº 3. Ediciones La Oliva. Villaviciosa. 333 pp.

Vázquez Argüelles, Mª P. (1974). *Dinámica y Sedimentación en la Ría de Villaviciosa*. Tesis de Licenciatura (no publicada). Área de Estratigrafía. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. 162 pp.

Manuscrito recibido el 14 de julio de 2009
Aceptado el manuscrito revisado el 18 de enero de 2010