
BASES para la CONSERVACIÓN y el MANEJO de la COSTA URUGUAYA

R. Menafrá
L. Rodríguez-Gallego
F. Scarabino
D. Conde
(editores)



La referencia correcta de este libro es:

Menafra R Rodríguez-Gallego L Scarabino F & D Conde (eds) 2006 Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. VIDA SILVESTRE URUGUAY, Montevideo. i-xiv+668pp

Armado y diagramación: Javier González

Fotografía de portada: Faro de Cabo Polonio (Rocha)
Diego Velazco - Aguaclara Fotostock,
www.aguaclara.com.uy

Impreso en GRAPHIS Ltda, en el mes de octubre de 2006
Nicaragua 2234, Montevideo, Uruguay
Tels.: 409 6821-409 9168. E-mail: graphis@adinet.com.uy
Depósito legal: 339.537/06

ISBN: 9974-7589-2-0

Las opiniones e informaciones contenidas en este libro son exclusiva responsabilidad de sus autores, y no reflejan necesariamente aquellas de VIDA SILVESTRE URUGUAY, US Fish and Wildlife Service, Facultad de Ciencias, o de las instituciones a las cuales los autores están vinculados.

Índice

LISTA DE AUTORES PARTICIPANTES	i
PRÓLOGO	
<i>OSCAR IRIBARNE</i>	v
PRÓLOGO	
<i>ULRICH SEELIGER</i>	vii
PREFACIO	viii
AGRADECIMIENTOS	x
Mapa general de la costa platense-atlántica	xi
Mapa de la costa Oeste del Río de la Plata	xii
Mapa del sector centro-Sur de la costa platense-atlántica	xiii
Mapa del sector Este de la costa atlántica	xiv
COSTA PLATENSE-ATLÁNTICA	
Evolución paleogeográfica y dispersión de los sedimentos del Río de la Plata <i>RICARDO N. AYUP-ZOUAIN</i>	1
Geología de la costa uruguaya y sus recursos minerales asociados <i>CÉSAR A. GOSO AGUILAR & ROSSANA MUZIO</i>	9
Dinámica y fuentes de sedimentos de las playas uruguayas <i>DANIEL PANARIO & OFELIA GUTIÉRREZ</i>	21
Geomorfología y procesos erosivos en la costa atlántica uruguaya <i>MARÍA ALEJANDRA GÓMEZ PIVEL</i>	35
Fitoplancton de la zona costera uruguaya: Río de la Plata y Océano Atlántico <i>GRACIELA FERRARI & LETICIA VIDAL</i>	45
El impacto de las floraciones algales nocivas: origen, dispersión, monitoreo, control y mitigación <i>SILVIA M. MÉNDEZ</i>	57
Flora y vegetación de la costa platense y atlántica uruguaya <i>EDUARDO ALONSO-PAZ & MARÍA JULIA BASSAGODA</i>	71
Fauna parasitaria del lobo fino <i>Arctocephalus australis</i> y del león marino <i>Otaria flavescens</i> (Mammalia, Otariidae) en la costa uruguaya <i>DIANA MORGADES, HELENA KATZ, OSCAR CASTRO, DINORA CAPELLINO, LOURDES CASAS, GUSTAVO BENÍTEZ, JOSÉ MANUEL VENZAL & ANTONIO MORAÑA</i>	89
Zooplancton gelatinoso de la costa uruguaya <i>MARÍA GABRIELA FAILLA SIQUIER</i>	97
Zooplancton de ambientes costeros de Uruguay: añadiendo piezas al rompecabezas <i>GUILLERMO CERVETTO, DANILO CALLIARI, LAURA RODRÍGUEZ-GRAÑA, GISSELL LACEROT & RAFAEL CASTIGLIONI</i>	105
Faunística y taxonomía de invertebrados bentónicos marinos y estuarinos de la costa uruguaya <i>FABRIZIO SCARABINO</i>	113

Gasterópodos marinos y estuarinos de la costa uruguaya: faunística, distribución, taxonomía y conservación <i>FABRIZIO SCARABINO, JUAN CARLOS ZAFFARONI, ALVAR CARRANZA, CRISTHIAN CLAVIJO & MARIANA NIN</i>	143
Bivalvos marinos y estuarinos de la costa uruguaya: faunística, distribución, taxonomía y conservación <i>FABRIZIO SCARABINO, JUAN CARLOS ZAFFARONI, CRISTHIAN CLAVIJO, ALVAR CARRANZA & MARIANA NIN</i>	157
Patrones geográficos de diversidad bentónica en el litoral rocoso de Uruguay <i>ALEJANDRO BRAZEIRO, ANA INÉS BORTHAGARAY & LUIS GIMÉNEZ</i>	171
Comunidades bentónicas estuarinas de la costa uruguaya <i>LUÍS GIMÉNEZ</i>	179
Asociaciones de moluscos bentónicos cuaternarios en la costa uruguaya: implicancias paleoecológicas <i>SERGIO MARTÍNEZ & ALEJANDRA ROJAS</i>	189
Los recursos pesqueros de la costa de Uruguay: ambiente, biología y gestión <i>WALTER NORBIS, LAURA PAESCH & OSCAR GALLI</i>	197
Áreas de cría de peces en la costa uruguaya <i>SUSANA RETTA, GUSTAVO MARTÍNEZ & ADRIANA ERREA</i>	211
Características biológicas de la corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>) en el Río de la Plata y su Frente Marítimo <i>ERNESTO CHIESA, OSCAR D. PIN & PABLO PUIG</i>	219
Abundancia, capturas y medidas de manejo del recurso corvina (<i>Micropogonias furnieri</i>) en el Río de la Plata y Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya (1975-2003) <i>OSCAR D. PIN, GUILLERMO ARENA, ERNESTO CHIESA & PABLO PUIG</i>	225
Herpetofauna de la costa uruguaya <i>RAÚL MANEYRO & SANTIAGO CARREIRA</i>	233
Biología, ecología y etología de las tortugas marinas en la zona costera uruguaya <i>MILAGROS LÓPEZ-MENDILAHARSU, ANDRÉS ESTRADES, MARÍA NOEL CARACCIO, VICTORIA CALVO, MARTÍN HERNÁNDEZ & VERÓNICA QUIRICI</i>	247
Conservación y manejo de tortugas marinas en la zona costera uruguaya <i>MARTÍN LAPORTA, PHILIP MILLER, MARIANA RÍOS, CECILIA LEZAMA, ANTONIA BAUZÁ, ANITA AISENBERG, MARÍA VICTORIA PASTORINO & ALEJANDRO FALLABRINO</i>	259
Aves de la costa sur y este uruguaya: composición de especies en los distintos ambientes y su estado de conservación <i>JOAQUÍN ALDABE, SEBASTIÁN JIMÉNEZ & JAVIER LENZI</i>	271
La franciscana <i>Pontoporia blainvillei</i> (Cetacea, Pontoporiidae) en la costa uruguaya: estudios regionales y perspectivas para su conservación <i>CAROLINA ABUD, CATERINA DIMITRIADIS, PAULA LAPORTA & MARILA LÁZARO</i>	289
Revisión preliminar de registros de varamientos de cetáceos en la costa uruguaya de 1934 a 2005 <i>DANIEL DEL BENE, VIRGINIA LITTLE, RICARDO ROSSI & ALFREDO LE BAS</i>	297

Distribución, reproducción y alimentación del lobo fino <i>Arctocephalus australis</i> y del león marino <i>Otaria flavescens</i> en Uruguay <i>ALBERTO PONCE DE LEÓN & OSCAR D. PIN</i>	305
Tuberculosis en pinnípedos (<i>Arctocephalus australis</i> y <i>Otaria flavescens</i>) de Uruguay <i>MIGUEL CASTRO RAMOS, HELENA KATZ, ANTONIO MORAÑA, MARÍA INÉS TISCORNIA, DIANA MORGADES & OSCAR CASTRO</i>	315
Interacciones entre lobos marinos y pesca artesanal en la costa de Uruguay <i>DIANA SZTEREN & CECILIA LEZAMA</i>	321
Mamíferos terrestres no voladores de la zona costera uruguaya <i>ENRIQUE M. GONZÁLEZ</i>	329
Vertebrados fósiles de la costa uruguaya <i>ANDRÉS RINDERKNECHT</i>	343
Especies acuáticas exóticas en Uruguay: situación, problemática y manejo <i>ERNESTO BRUGNOLI, JUAN CLEMENTE, GUSTAVO RIESTRA, LUCÍA BOCCARDI & ANA INÉS BORTHAGARAY</i>	351
Ecología de playas arenosas de la costa uruguaya: una revisión de 25 años de investigación <i>OMAR DEFEO, DIEGO LERCARI, ANITA DE ÁLAVA, JULIO GÓMEZ, GASTÓN MARTÍNEZ, ELEONORA CELENTANO, JUAN PABLO LOZOYA, SEBASTIÁN SAUCO, DANIEL CARRIZO & ESTELA DELGADO</i>	363
Estado actual, propuestas y perspectivas de manejo de las Áreas Protegidas Costeras <i>JUAN CARLOS GAMBAROTTA</i>	371
Bases ecológicas y metodológicas para el diseño de un Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas en Uruguay <i>ALEJANDRO BRAZEIRO & OMAR DEFEO</i>	379
COSTA del RÍO de la PLATA	
Evolución de la desembocadura del Arroyo Pando (Canelones, Uruguay): ¿tendencias naturales o efectos antrópicos? <i>OFELIA GUTIÉRREZ & DANIEL PANARIO</i>	391
La Bahía de Montevideo: 150 años de modificación de un paisaje costero y subacuático <i>PIERRE GAUTREAU</i>	401
Monitoreo de cianobacterias en la costa de Montevideo (Uruguay) <i>DANIEL SIENRA & GRACIELA FERRARI</i>	413
Comunidad componente de tremátodos larvales de <i>Heleobia australis</i> (Mollusca, Cochliopidae) en la costa uruguaya del Río de la Plata <i>OSCAR CASTRO, DANIEL CARNEVIA, ALEJANDRO PERRETTA & JOSÉ MANUEL VENZAL</i>	421
Composición y ecología de la fauna epígea de Marindia (Canelones, Uruguay) con especial énfasis en las arañas: un estudio de dos años con trampas de intercepción <i>FERNANDO G. COSTA, MIGUEL SIMÓ & ANITA AISENBERG</i>	427
Ictioplancton costero de la zona de transición estuarina del Río de la Plata (Uruguay) <i>GABRIELA MANTERO, SUSANA RETTA & MARCELO RODRÍGUEZ</i>	437

Ecología de un ensamble de anuros en un humedal costero del sudeste de Uruguay <i>INÉS DA ROSA, ARLEY CAMARGO, ANDRÉS CANAVERO, DANIEL E. NAYA & RAÚL MANEYRO</i>	447
Aves de la costa de Montevideo urbano: variación espacial y estacional <i>MACARENA SARROCA, MATILDE ALFARO, JAVIER LENZI, SEBASTIÁN JIMÉNEZ, CAROLINA ABUD & DIEGO CABALLERO-SADI</i>	457
Contaminación de la Bahía de Montevideo y zona costera adyacente y su relación con los organismos bentónicos <i>PABLO MUNIZ, NATALIA VENTURINI & LETICIA BURONE</i>	467
La pesca artesanal en el Río de la Plata: su presente y una visión de futuro <i>PABLO PUIG</i>	477
COSTA ATLÁNTICA	
Paleolimnología: desarrollo de las lagunas costeras del sudeste de Uruguay durante el Holoceno <i>FELIPE GARCÍA-RODRÍGUEZ, PETER SPRECHMANN, HUGO INDA, LAURA DEL PUERTO, ROBERTO BRACCO, ADRIANA RODRÍGUEZ, PETER ESTOL & VIRGINIA ACEVEDO</i>	487
Fisonomía y composición florística de Cabo Polonio (Rocha, Uruguay) <i>SILVANA MASCIADRI, ELOISA FIGUEREDO & LILIANA DELFINO</i>	495
Estructura y regeneración del Bosque de Ombúes (<i>Phytolacca dioica</i>) de la Laguna de Castillos (Rocha, Uruguay) <i>MARÍA GABRIELA RODRÍGUEZ-GALLEGO</i>	503
Estructura poblacional y reproducción del tatucito <i>Emerita brasiliensis</i> (Decapoda: Hippidae) en playas de Cabo Polonio (Rocha, Uruguay) <i>ENRIQUE PELUFFO</i>	513
Invertebrados bentónicos de La Paloma (Rocha, Uruguay) <i>MARIO DEMICHELI & FABRIZIO SCARABINO</i>	523
Ecología de comunidades de playas de Cabo Polonio (Rocha, Uruguay) <i>LUIS GIMÉNEZ & BEATRIZ YANNICELLI</i>	535
Transgresiones y regresiones marinas en la costa atlántica y lagunas costeras de Uruguay: efectos sobre los peces continentales <i>MARCELO LOUREIRO & GRACIELA GARCÍA</i>	545
Las pesquerías en las lagunas costeras salobres de Uruguay <i>GRACIELA FABIANO & ORLANDO SANTANA</i>	557
La pesca artesanal en la Paloma (Rocha, Uruguay): período 1999-2001 <i>ELIZABETH DELFINO, GRACIELA FABIANO & ORLANDO SANTANA</i>	567
Situación de la administración del recurso lobos y leones marinos en Uruguay <i>ENRIQUE PÁEZ</i>	577
Ballena franca (<i>Eubalaena australis</i>) en la costa atlántica uruguaya <i>MARIANA PIEDRA, PAULA COSTA, PAULA FRANCO FRAGUAS & RAFAEL ÁLVAREZ</i>	585
Evaluación del turismo de observación de ballenas como una herramienta para la conservación y el manejo de ballena franca austral (<i>Eubalaena australis</i>) <i>RODRIGO GARCÍA & UZI SABAH</i>	591

Biodiversidad y calidad de agua de 18 pequeñas lagunas en la costa sureste de Uruguay <i>CARLA KRUK, LORENA RODRÍGUEZ-GALLEGO, FEDERICO QUINTANS, GISELL LACEROT, FLAVIO SCASSO, NÉSTOR MAZZEO, MARIANA MEERHOFF & JUAN CÉSAR PAGGI</i>	599
Procesos estructuradores de las comunidades biológicas en lagunas costeras de Uruguay <i>SYLVIA BONILLA, DANIEL CONDE, LUIS AUBRIOT, LORENA RODRÍGUEZ-GALLEGO, CLAUDIA PICCINI, ERIKA MEERHOFF, LAURA RODRÍGUEZ-GRAÑA, DANILO CALLIARI, PAOLA GÓMEZ, IRENE MACHADO & ANAMAR BRITOS</i>	611
Efectos del Canal Andreoni en playas de Rocha: deterioro ambiental y su efecto en la biodiversidad <i>DIEGO LERCARI & OMAR DEFEO</i>	631
Interfase de conflictos: el sistema costero de Rocha (Uruguay) <i>DANIEL DE ÁLAVA</i>	637
Importancia de los procesos participativos en la planificación: percepciones de naturaleza y áreas a proteger en Castillos (Rocha, Uruguay) y su zona de influencia costera <i>DIEGO MARTINO & ANDREA SCHUNK</i>	651
Aprovechamiento prehistórico de recursos costeros en el litoral atlántico uruguayo <i>HUGO INDA, LAURA DEL PUERTO, CAROLA CASTIÑEIRA, IRINA CAPDEPONT & FELIPE GARCÍA-RODRÍGUEZ</i>	661

Evolución de la desembocadura del Arroyo Pando (Canelones, Uruguay): ¿tendencias naturales o efectos antrópicos?

OFELIA GUTIÉRREZ* & DANIEL PANARIO

*oguti@fcien.edu.uy



RESUMEN

La desembocadura de vías de drenaje en playas arenosas son ambientes muy dinámicos y particularmente sensibles a perturbaciones de origen antrópico. En el presente estudio de caso se analizan las relaciones entre las intervenciones producidas sobre el Arroyo Pando (Canelones, Uruguay), tanto a nivel de cuenca como de las playas y dunas aledañas a su desembocadura en el Río de la Plata. Se analizan las modificaciones observadas a través de imágenes y cartografía digital, manejadas con un encadre metodológico de geografía histórica utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Con estas técnicas se analizan los impactos de obras diversas de infraestructura, forestación de dunas y extracción de áridos sobre el sistema, deslindándolos de los procesos inerciales del Holoceno tardío y de los atribuibles al cambio climático global. Se insiste en la importancia de profundizar el estudio de estos sistemas particularmente dinámicos, como lo son las playas aledañas a las desembocaduras de vías de drenaje.

Palabras clave: dinámica costera, erosión de playas, SIG, geografía histórica

ABSTRACT

The outlet of rivers in sandy beaches are a very dynamic and particularly sensitive environment to human influences. The present study analyzes the relationships between the interventions produced on the Arroyo Pando (Canelones, Uruguay), both at a basin level and at the beach and dunes adjacent to its outlet into the Río de la Plata. The observed modifications are analysed through images and digital cartography, handled with a historical geography approach utilizing Geographical Information Systems (GIS). These techniques are used to analyse the impacts of diverse infrastructure works, dune afforestation and sand extraction on the system, differentiating them from inertial processes from the late Holocene and those attributable to global climatic change. The importance of studying these particularly dynamic systems, such as beaches adjacent to river outlets, is stressed.

Key words: coastal dynamics, beach erosion, GIS, historical geography

INTRODUCCIÓN

Sobre la franja costera uruguaya, compuesta mayoritariamente por playas y sistemas dunares, se han realizado a partir de la década de 1930 intervenciones cuyos efectos produjeron complejas interacciones con las tendencias naturales. La zona litoral activa fue forestada casi en su totalidad con especies exóticas, fundamentalmente del género *Pinus*. Posteriormente se desarrollaron procesos de urbanización, a los se sumaron la extracción de arena para la construcción y obras de infraestructura como costaneras construidas directamente sobre el cordón dunar o próximas al mismo. Concomitante con estas intervenciones comenzaron a observarse, a partir de 1950, crecientes procesos de deterioro en las playas. Esto indujo a la construcción de espigones en aquellas zonas más urbanizadas, como forma de recuperarlas.

La casi totalidad de las playas del estuario del Río de la Plata se encuentran sometidas a diversos procesos degradativos, lo que ha motivado un retroceso de la línea de costa, afectando en algunos casos a vías de comunicación y viviendas.

Aislar las relaciones causales entre las intervenciones descritas y los procesos degradativos actualmente en

curso resulta particularmente difícil. Esto se debe a los diferentes tiempos de relajación, como resultado de las distintas forzantes que presentan estos sistemas extremadamente dinámicos.

El presente trabajo se desarrolló en un punto crítico del Río de la Plata medio: la desembocadura del Arroyo Pando, donde una combinación de factores fluviales y marítimos amenazan seriamente al Balneario Neptunia.

El análisis de una problemática como la descrita no es posible sin la conjunción de técnicas de geografía histórica con las modernas herramientas que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Investigaciones de este tipo han sido llevadas a cabo para el litoral NE de Haití (Menanteau *et al.* 2002), la Bahía de Cádiz (Alonso Villalobos *et al.* 2003a) y la Ensenada de Bolonia en España (Alonso Villalobos *et al.* 2003b).

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

El Arroyo Pando tiene un área de cuenca de 974 km² y un caudal medio de 10.9 m³ s⁻¹. En la margen E de su desembocadura recibe al Arroyo Tropa Vieja con un área de cuenca de 78 km² y un caudal medio de 0.88 m³ s⁻¹ (Medina & Jackson 1980). Este arroyo drena las aguas de

la Laguna del Cisne, pequeño espejo de agua formado por el represamiento del arroyo por dunas transgresivas durante el Holoceno superior.

La orientación general del Arroyo Pando desde sus nacientes es N-S, teniendo actualmente su último tramo una dirección WNW-ESE, sin que exista un control estructural que lo justifique. Su curso tiene un ancho máximo de 320 m a una distancia de 1200 m de la desembocadura. Sin embargo, en la propia desembocadura (Tabla 1) sólo alcanza 109 m (medidas realizadas sobre foto de mayo de 2002). Para los registros fotográficos disponibles, su boca ha variado entre un

ancho máximo de 597 m (imagen SPOT XS del 2 de junio de 1990) y un mínimo de 22 m (sobre una foto panorámica con rectificación para la zona de interés, del 19 de mayo de 1937). Existen versiones de cierre de la boca, las que no han podido ser documentadas.

ANTECEDENTES

A partir de observaciones realizadas en la década de 1930, Legrand (1959) realizó una descripción botánica y una interpretación de los procesos geomorfológicos actuantes en la zona. Ese trabajo tiene la virtud de que su autor, desde la perspectiva de un naturalista, expresa en

Tabla 1. Información y fecha de la cartografía (A) y sensores remotos (B). Abreviaturas: SGM: Servicio Geográfico Militar; SSRAFAU: Servicio de Sensores Remotos Aeroespaciales de la Fuerza Aérea Uruguaya; NR: no tiene recubrimiento de la desembocadura; DINAMA: Dirección Nacional de Medio Ambiente; CCG: Comisión de Cambio Global. * No se realizaron medidas sobre ellas. ** Cuando se consigna un "No" significa que el Balneario de Neptunia, sólo tiene playa a la costa del propio Arroyo Pando.

A) CARTOGRAFÍA				
Carta del Uruguay	Fecha	Fuente	Escala	Ancho (m) Desembocadura
Hoja La Unión IX-29	apoyo de campo 1928 (edición 1930)	SGM	1:50000	60.9
Hoja Montevideo 24	edición 1933	SGM	1:200000	*
Hoja El Pinar J-29-a	apoyo de campo mayo 1987 (edición noviembre 1988)	SGM	1:25000	*
Hoja La Unión J-29	apoyo de campo junio 1984 (edición agosto 1984)	SGM	1:50000	*

B) AEROFOTOGRAFÍA E IMAGEN SATELITAL					
Fecha	Característica	Fuente	Escala	Ancho (m) Desembocadura	Existencia de playa "marina" **
1937, 19 de mayo	panorámica	SSRAFAU	----	21.5	
1943, 14 de marzo	oblicua	SGM	1:40000	268.7	
1951, 22 de octubre	vertical	SSRAFAU	1:20000	47.6	
1960, 25 de octubre	vertical	SSRAFAU	1:20000	289.5	
1964, 14 de setiembre	vertical	SSRAFAU	1:20000	131.4	No
1966, 27 de enero	vertical	SGM	1:20000	93.5	
1966, 26 de diciembre	vertical	SGM	1:20000	43.5	No
1967, 13 de junio	vertical	SGM	1:40000	70.9	No
1971, 26 de enero	vertical	SSRAFAU	1:10000	178.4	No
1971, 26 de agosto	vertical	SSRAFAU	1:10000	122.1	No
1975, 21 de enero	vertical	SSRAFAU	1:20000	84.0	
1976, 06 de febrero	vertical	SSRAFAU	1:10000	184.0	
1976, 17 de junio	vertical	SSRAFAU	1:20000	125.8	
1977, 13 de mayo	vertical	SSRAFAU	1:20000	141.5	
1978, 26 de abril	vertical	SSRAFAU	1:20000	62.6	
1980, 12 de enero	vertical	SSRAFAU	1:50000	60.4	
1980, 25 de mayo	vertical	SSRAFAU	1:20000	216.7	
1982, 13 de febrero	vertical	SSRAFAU	1:20000	112.0	
1982, 4 de diciembre	vertical	SSRAFAU	1:10000	NR	
1987, marzo	vertical	SGM	1:40000	254.6	No
1990, 2 de junio	SPOT XS	----	pixel 25 m	596.9	No
1994, mayo-junio	vertical	DINAMA	1:5000	264.3	No
1995, 23 de octubre	vertical	SSRAFAU	1:10000	105.6	
1996, 22 de enero	vertical	SSRAFAU	1:5000	197.3	No
1997, abril	vertical	DINAMA	1:5000	439.4	
1998, 1 de diciembre	vertical	CCG	pixel 0.75 m	117.5	
1999, 16 de noviembre	vertical	SSRAFAU	1:20000	187.2	
2000, 25 de abril	vertical	SSRAFAU	1:10000	NR	
2000, 24 de noviembre	vertical	SSRAFAU	1:20000	NR	
2001, 21 de enero	vertical	SSRAFAU	1:20000	NR	
2001, 21 de noviembre	vertical	SSRAFAU	1:25000	65.5	
2002, marzo	vertical	DINAMA	----	*	
2002, mayo	vertical	Pyke y Cia	pixel 0.20 m	159.9	

pocas líneas una comprensión integral de la dinámica de este sistema, cuando las intervenciones humanas no eran aun tan significativas. Su perspectiva permite una aproximación a la idea del funcionamiento prístino de la zona, la que reinterpretada a la luz de los conocimientos actuales, brinda algunas claves de cuales eran los procesos tendenciales a comienzos del siglo XX. Con posterioridad, el área también fue estudiada desde un punto de vista geomorfológico por Medina & Jackson (1980).

Como se desprende de los archivos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), existe una larga serie de iniciativas de intervenciones invasivas (de estilo en la época), como respuesta a las afectaciones que han provocado las migraciones de la desembocadura y la línea de costa (DNH 1970; 1984; 1985; 1986); afortunadamente las mismas no fueron implementadas.

Recientemente, otros trabajos (Dean 1998; Grupo de Trabajo Interministerial-Neptunia 1997; Saizar 2000) continúan presentando propuestas de obras de ingeniería civil, sin tener tampoco en cuenta los resultados de las investigaciones científicas anteriores, las cuales brindan elementos suficientes para desaconsejar obras duras.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de la cartografía, imágenes aéreas, satelitales y estudios anteriores de la zona, tanto en poder de privados como de públicos (Servicio de Sensores Remotos Aeroespaciales de la Fuerza Aérea, Servicio Geográfico Militar, Dirección Nacional de Hidrografía, Dirección Nacional de Medio Ambiente), archivos propios de la Unidad de Ciencias de la Epigénesis (Facultad de Ciencias), así como un recubrimiento aerofotogramétrico encargado para el presente estudio (mayo de 2002).

Las imágenes obtenidas son de muy diferente calidad e incluyen tomas verticales y oblicuas en diferentes escalas y resoluciones. Se obtuvieron a partir de la digitalización de fotos papel por escáner de mesa o de negativos digitalizados en escáner de alta resolución. A su vez, se rescató la información de fotos en papel de las que únicamente se ha preservado un registro tomado con cámara digital.

Debe destacarse que por fiables que puedan resultar los archivos (como el del Servicio de Sensores Aeroespaciales de la Fuerza Aérea), siempre se requiere analizar la congruencia de la fecha con lo observado en imágenes anteriores o posteriores. En este sentido se ha verificado que los rollos fotográficos pueden contener imágenes copiadas por contacto y por tanto incluir fotos de otro año. Tampoco los datos que aparecen en la propia toma son siempre fiables, en la medida que el calendario de la cámara pudo haberse detenido o atrasado, sin que ello aparezca en los metadatos que se conservan de la misión, cuando éstos están disponibles.

Utilizando *ArcView 3.2a* con la extensión *Image Analysis 1.1a* se procedió a referenciar en formato digital la hoja cartográfica "El Pinar J-29-a" (escala 1:25000) del Servicio Geográfico Militar (proyección Gauss, meridiano de

contacto 62G, *Datum* Yacaré). Esta carta fue confeccionada sobre la base de fotos aéreas de marzo de 1987 y apoyo de campo de mayo del mismo año.

Para la georreferenciación de las imágenes, se comenzó por la de marzo de 1987 (base de la cartografía), a partir de la cual se buscaron puntos de referencia con la foto inmediata anterior de diciembre de 1984. Se creó así una cobertura de puntos de georreferenciación a partir de objetos más o menos persistentes a través de los años, como ser árboles, calles o trillos, construcciones y estructuras geomorfológicas. La secuencia de referenciación se hizo tomando siempre la imagen más próxima en el tiempo. Lo mismo se repite hacia el presente. Con esta metodología, se logró referenciar toda la serie de imágenes sobre la misma base cartográfica, minimizando de este modo las deformaciones y errores en términos comparativos entre las mismas. Las fotos verticales, con cierto grado de deformación, fueron recortadas (independizando para su georreferenciación el recubrimiento de cada margen), formando luego mosaicos que permitieran alcanzar la precisión deseada. En todos los casos se consiguió un error promedio aceptable para el tramo de costa analizado, excepto para la imagen SPOT y fotos de muy mala calidad u oblicuas, las que igualmente permitieron tener una idea cualitativa de las modificaciones temporales que se produjeron en el sistema.

Comprobada la precisión de la georreferenciación (error inferior a 6 m en las zonas de interés) se digitalizó en pantalla las líneas de costa siguiendo la línea de marea alta (según Shalowitz 1964; Anders & Byrnes 1991; Byrnes *et al.* 1991 *fide* McBride *et al.* 1995), utilizando una escala 1:3000 para estandarizar el procedimiento.

La utilización de la línea de marea alta es de estilo, porque diferencias relativamente importantes entre mareas producen un error mínimo en la traslación cartográfica horizontal de la línea de costa, dado que el segmento de playa entre el nivel medio del mar y la marea alta es el que presenta mayor pendiente en el perfil transversal de la misma. Además, es una estructura siempre visible en los registros, permitiendo una relativa estandarización del nivel del mar para la serie de fotos.

Sobre la línea de costa de mayo de 2002 se dibujaron dos transectos perpendiculares, uno sobre cada playa, que fungieran como límite externo, para luego entre éstos medir la evolución histórica de la costa. Para realizar estas medidas, en la línea de marea alta de mayo de 2002 se unieron ambas márgenes con una recta, a efectos de lograr una línea continua que permitiera interceptar entre los dos transectos perpendiculares, cada una de las líneas de costa. Posteriormente, la superficie así comprendida fue convertida a polígono y medida en hectáreas, restándose la correspondiente al espejo de agua (Fig. 1).

Como algunas fotos no cubrían la totalidad del área, frente a la observación de que hacia los extremos E y W (que oficiaban de límite a estas medidas), dado que las líneas de costa convergían asintóticamente hacia dos puntos en que la playa no manifestaba modificaciones significativas a lo largo del tiempo, se procedió a recons-

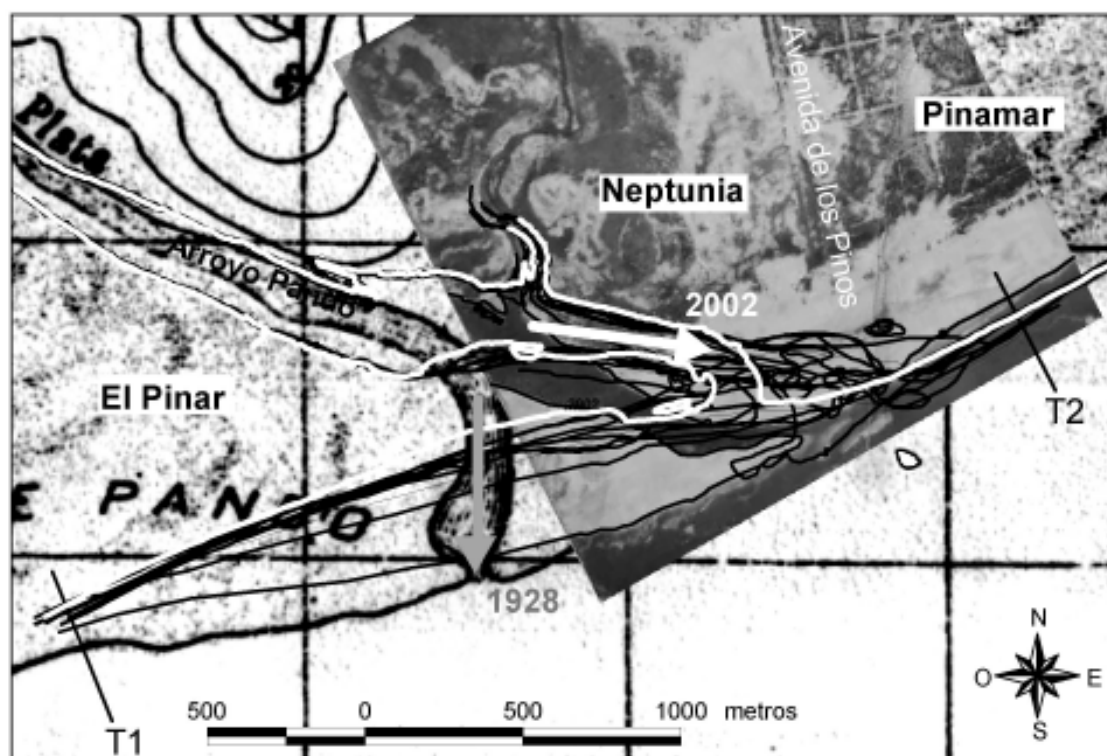


Figura 1. Para el período 1928-2002, se observa la superposición de las líneas de costa de las principales excursiones hacia el E de la desembocadura del Arroyo Pando. En blanco se dibuja la posición de la línea de costa para mayo de 2002. La flecha gris (1928) y la blanca (2002) muestran respectivamente las posiciones y el giro que tuvo la desembocadura en sentido antihorario, así como el marcado retroceso de la ubicación de la playa. A su vez, se muestran los transectos perpendiculares (T1 y T2) a la línea de costa entre los que se realizó la medición de pérdida-ganancia de "territorio" (Aerofotografía: 22/10/1951, SSRFAU. Cartografía: Hoja La Unión IX-29, esc: 1:50000, SGM, Ed. 1930, apoyo de campo en 1928).

truir manualmente el trazado, en aquellos tramos en que no se disponía de la totalidad de la zona bajo análisis.

Se realizaron dos relevamientos batimétricos (16/7/2002 y 19/11/2002), para determinar el trazado y características del canal del Arroyo Pando, mediante la utilización de un sonar de señal vertical (resolución de un pie) y un GPS (12 satélites). Fueron convertidos en puntos georreferenciados (tema de eventos) usando *ArcView 3.2a*, y con la extensión *Spatial Analyst* se realizó un TIN (Triangulated Irregular Network) de dicha cobertura, a efectos de determinar áreas de isoprofundidad. A su vez se tomaron muestras de sedimentos del canal para caracterizar su textura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución costera

De la comparación de las imágenes y cartografía existente desde 1928 al presente, puede apreciarse un retroceso de 480 m de la línea de costa de la playa de El Pinar; aunque este retroceso se hace notorio y persistente a partir de 1950. La orientación del tramo inferior del Arroyo Pando para los registros existentes entre 1928 y 1936 era N-S. En 1943, ya se comenzaba a desplazar hacia el E en dirección inversa a la deriva litoral predominante (Panario & Gutiérrez 2003), la que generalmente es hacia el W desde Cabo Polonio incluso en la mayor parte de la costa

del Río de la Plata, contrariamente a lo esperable por la orientación de la desembocadura (MTOP-PNUD-UNESCO 1980; Medina & Jackson 1980).

Los registros de las variaciones de la posición de la línea de costa, se muestran en la Tabla 2, habiéndose perdido 68 ha en el transcurso del período 1928-2002, para un frente de playa de 3220 m de longitud. Estos cambios pueden deberse a una serie de modificaciones que ha sufrido el sistema desde comienzos de la década de 1920, ninguna de las cuales puede aisladamente explicar los procesos observados; éstas son:

a) El Arroyo Pando, desembocaba en un humedal que desaguaba, por el canal conocido como Pando del Plata, en el Río de la Plata. Entre 1912 y 1925, el humedal fue canalizado y el arroyo represado para mantener la altura de la columna de agua. Esta intervención provocó un cambio significativo en la hidrología del canal que perdió el poder regulador de un humedal de 900 ha y por tanto pasó a ser dominado por mareas y pulsaciones de crecidas producidas por precipitaciones torrenciales. Esto justificó que la desembocadura quedase a merced de la deriva, sin que ello explique la migración de la flecha en dirección contraria a la deriva dominante;

b) En las fotos aéreas de 1936 puede observarse una activa forestación con especies exóticas del género *Pinus*, de los sistemas dunares en la costa del Río de la Plata. La

Tabla 2. Pérdida de superficie continental debido al retroceso de la línea de costa, medida entre los años 1928 y 2002. Ganancia o pérdida de superficie de playa, estimada a partir de las modificaciones de la posición de la línea de costa, medidas en hectáreas. Se toma como punto cero para medir este proceso, la línea de costa del año 1928. Más allá de las fluctuaciones, la resultante es de franco retroceso de la posición espacial de la línea de costa.

Períodos de medida	Ganancia/pérdida entre período medida en ha	Perdida acumulada en ha	Indicador de velocidad de cambios para el período, estimado en ha/año	Meses por período
1928 - 10/1951	-8.045	8.045	0.250	274
10/1951 - 10/1960	-28.185	36.230	0.559	108
10/1960 - 9/1964	-0.275	36.505	0.684	47
9/1964 - 1/1966	-4.447	40.952	1.992	16
1/1966 - 12/1966	-0.318	41.270	2.494	11
12/1966 - 6/1967	-4.882	46.152	4.519	6
6/1967 - 8/1971	-2.342	48.494	0.445	50
8/1971 - 1/1975	-5.132	53.626	0.485	41
1/1975 - 2/1976	0.729	52.897	1.135	13
2/1976 - 6/1976	-1.097	53.994	3.872	4
6/1976 - 5/1977	-0.481	54.475	1.308	11
5/1977 - 4/1978	-3.630	58.105	1.264	11
4/1978 - 1/1980	4.346	53.759	0.489	21
1/1980 - 5/1980	-4.944	58.703	3.656	4
5/1980 - 2/1982	10.488	48.215	0.461	21
2/1982 - 3/1987	-5.956	54.171	0.331	61
3/1987 - 6/1990	-1.935	56.106	0.364	39
6/1990 - 5-6/1994	-0.133	56.239	0.261	47
5-6/1994 - 10/1995	1.163	55.076	0.714	17
10/1995 - 1/1996	-2.957	58.033	4.436	3
1/1996 - 4/1997	-3.694	61.727	0.690	15
4/1997 - 12/1998	-0.277	62.004	0.333	20
12/1998 - 11/1999	-0.661	62.665	0.580	11
11/1999 - 5/2002	-5.718	68.383	0.106	54

Tabla 3. Análisis de los sedimentos del fondo del canal del Arroyo Pando. Análisis realizado por el método de la pipeta (Robinson 1922 en Soil Conservation Service 1972) realizado por el Laboratorio de Física de Suelos de la Dirección de Suelos y Aguas, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Uruguay.

ARENA					LIMO		% total en peso de las diferentes fracciones			
2-1 mm	1-0.5 mm	0.5-0.25 mm	0.25-0.1 mm	0.1-0.05 mm	50-20 μ	20-2 μ	Arena total	Limo total	Arcilla >2 μ	Clase Textural
----	0.4	5.2	47.0	10.2	5.6	6.1	62.8	11.7	25.5	FAcAr

forestación se torna notoria en la zona de estudio a partir de 1943, pero ya se expresaba a montante de la deriva desde la década de 1920; y

c) El Río de la Plata, entre 1902 y 2000, ha ascendido en 9.3 cm su nivel medio como consecuencia del aumento de caudales de sus tributarios, los ríos Paraná y Uruguay, y de cambios en el régimen de vientos (Forbes 2003). Aunque no pueda descartarse algún efecto, claramente estos no son las forzantes principales, dado que no se observan retrocesos en todas las playas estudiadas (incluso en zonas cercanas).

Fuentes de arena

Las playas de esta desembocadura en su estado natural serían caracterizables como de equilibrio dinámico, por lo que es importante determinar cuales son las fuentes de reposición de arena al sistema.

Las altas cuencas fluviales

La arena proveniente de la misma no es significativa en este caso por quedar retenida en el vaso de la represa de El Pinar y antes de la canalización del Arroyo Pando

(a principios del Siglo XX) en el humedal. Además, aguas abajo de la represa, el arroyo carece de competencia para transportar arena de playa, como lo demuestra el análisis textural de los sedimentos del lecho activo o canal (Tabla 3), donde se aprecia que la granulometría de los sedimentos en ese tramo del arroyo es menor que la arena que conforma la playa, es decir que esta fracción no toca el fondo entre olas sucesivas y por tanto se mantiene en suspensión.

Las dunas en las márgenes del arroyo

Como se observa en la Rosa de los Vientos (Fig. 2), los vientos fuertes del cuadrante SW impulsaban arena hacia el Arroyo Pando de la misma granulometría que la moda de la que conforma la playa, en un frente de 2400 m (medido a escala 1:25000) a partir del campo de dunas de El Pinar y en un frente de ca. 1000 m, a partir de la barra de arena ubicada al W de dicho arroyo.

Considerando que la resultante del transporte de arena calculada para Uruguay, por metro y por año, en dirección NE es del orden de 40 m³ m⁻¹ año⁻¹ (Panario & Piñeiro 1997), se puede estimar que se aportaba al arro-

yo, desde los campos dunares cercanos, un volumen en el entorno de los $136000 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$. Este proceso, producía un estrechamiento del cauce (evidenciable en las primeras fotos de las que se tiene registro) con el consiguiente incremento de la velocidad del flujo en el mismo, y por lo tanto, se producía el retransporte de la arena hacia el mar durante las crecientes pluviales. Este retransporte, al pasar del tiempo, fue interrumpiéndose por la forestación y urbanización de la zona. Del total, hoy resta lo aportado exclusivamente en el tramo de la barra, con una longitud modal estimada en 800 m (restada el área fijada con acacias) y con un aporte máximo estimado en $32000 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$, presionando el canal del arroyo hacia la margen E.

El desgaste de acantilados y puntas rocosas

Este aporte es difícil de estimar. En el cercano Balneario Atlántida (11 km al E), que presenta un importante acantilado con una playa de arena por delante, la forestación y posterior urbanización a montante de la deriva produjo sus efectos negativos. Ante la constatación de que se estaba produciendo una severa erosión de su playa, se impulsó la construcción de espigones a partir de 1970. Sin embargo, su instalación contribuyó a acelerar el proceso y a partir del último espigón construido, por efecto de las corrientes de retorno que producen su presencia, el acantilado sedimentario (cenozoico) ha tenido un retroceso de más de 11 m, entre 1985 y 2003. Se desconoce la propagación de ese efecto hacia Neptunia y por lo tanto es muy difícil cuantificar aún los volúmenes

de arena incorporados por el mismo. Puede estimarse que estos volúmenes de arena son importantes y que han contribuido significativamente en el mantenimiento del ancho de la playa al E del Balneario Neptunia. Sin embargo, no han resultado suficientes para producir el mismo efecto a la altura de la desembocadura del Arroyo Pando.

La arena en tránsito entre playas más o menos contiguas

Está dominada por la componente W de la deriva y puede estimarse, de no mediar falta de sedimentos en tránsito, en un orden de magnitud de decenas de miles de metros cúbicos por año (MTOPI-UNESCO 1980; IMFIA 1998).

Arena proveniente de la playa subacuática y la plataforma

Si bien en este tramo del estuario los aportes de arena desde la plataforma son casi inexistentes por ser fangoso su lecho, existe en el tramo una importante reserva de arena sacada por el arroyo cuando las dunas de sus márgenes estaban activas. Cuando se equilibre el stock con los menguados aportes actuales, es previsible un retroceso aún más acelerado.

Evolución de la desembocadura del Arroyo Pando

El tramo final de la desembocadura del Arroyo Pando, en sus aproximadamente últimos 1000 m, giró en sentido antihorario más de 80 grados en dirección E, entre el

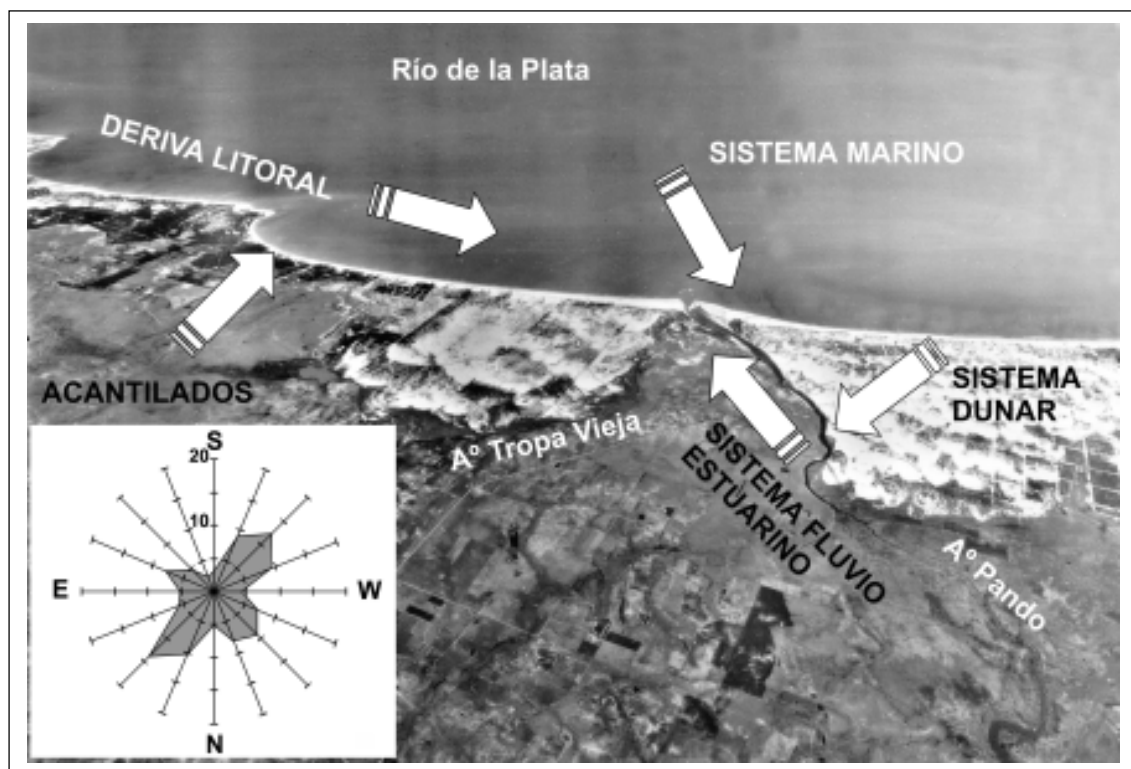


Figura 2. Diagrama de circulación de la arena. La Rosa de los Vientos fuertes indica aquellos con capacidad de movilizarla. Foto oblicua del vuelo Trimetrogón del 14 de marzo de 1943 (Aerofotografía: SGM).

año 1937 y el 2002. La causa de este giro y su dirección obedece a fenómenos complejos, algunos vinculados a procesos naturales que responden a inercias del pasado reciente, y otros a modificaciones antrópicas como las anteriormente referidas. Entre las primeras resalta el transporte eólico de arena. En efecto, Legrand (1959) en la década de 1930 pudo observar la existencia de dos sistemas dunares, uno de ellos bien evolucionado, ubicado al N de El Pinar, que acorde a nuestras observaciones forma parte de los grandes campos de dunas de toda la costa uruguaya. Su formación se habría producido durante el Holoceno, en un período árido y cálido ocurrido entre 3800 B.P. hasta 2000 B.P. (Bracco *et al.* 2004).

El otro sistema observado por Legrand era un nuevo campo dunar, conformado con arena proveniente de la playa actual y que ya en 1943 había cubierto un humedal existente en la margen E del arroyo (aun visible en la imagen de 1937). La presión ejercida sobre la margen W por estos volúmenes de arena que ingresaban al cauce puede haber disparado el proceso de migración del canal. Sin embargo, este cambio no hubiera sido tan notorio de no existir la desecación del humedal principal. Este último fue formado por la colmatación de una laguna litoral (que data presumiblemente de la regresión post Hipsitermal, ubicada según Martín & Suguio 1992 en 5200 B.P.) en la que desembocaba el curso fluvial.

La desecación del humedal en las décadas de 1910 a 1920 hizo perder regularidad al flujo del arroyo, comenzándose a formar en la desembocadura dos barras

arenosas con direcciones opuestas, respondiendo también a direcciones contrarias de la deriva, debido a que la altura del nivel del mar varía según la dirección del viento. En efecto, cuando la deriva litoral es hacia el E, respondiendo a vientos del S o SW, la barra que se proyecta a partir de la margen W avanza en dirección E, con un perfil transversal de mayor pendiente y conformando una playa más angosta. El *swell* luego reconstruye una segunda barra desde la margen E, en dirección W, por delante de la anterior, de menor altura y pendiente, obligando al arroyo a generar un meandro en la playa.

El aporte de arena eólica recirculada por el arroyo hacia el mar genera un bajo fondo frente al punto en que la desembocadura se ubica con mayor frecuencia, equivalente a un abanico aluvial subacuático (Fig. 3). Al refractar los trenes de olas se refuerza la deriva hacia el E en un corto tramo próximo a la desembocadura, lo que en conjunto con aportes eólicos provenientes de vientos del SW y la migración natural del meandro por erosión en su concavidad, provocan migraciones de la barra que han tenido hasta un kilómetro de extensión hacia el E.

Esta migración de la posición de la desembocadura ha disminuido la longitud de la playa sobre el Río de la Plata del Balneario Neptunia de ca. 1300 m en 1928, a ca. 300 m en mayo de 2002. En este sentido, se observa en varios registros fotográficos como la desembocadura del Pando traspasa el límite de Neptunia (Av. de los Pinos), dejándola "técnicamente" sin playa (ver Tabla 1).

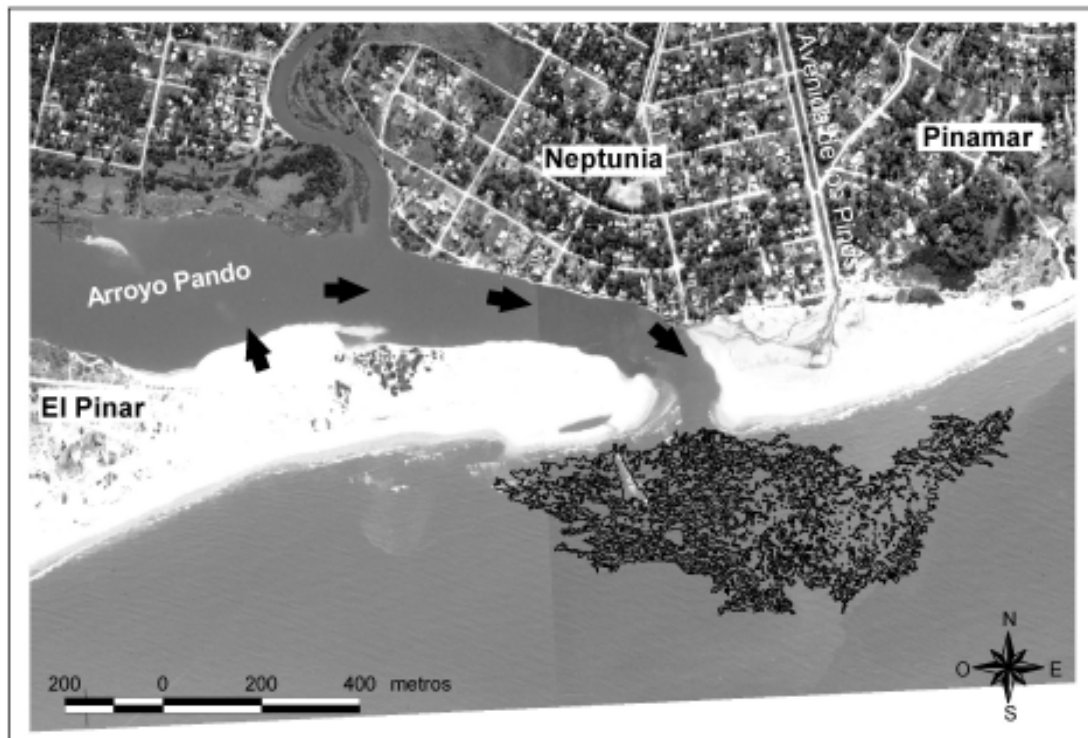


Figura 3. Sobre la foto de mayo del 2002, en negro se observa la clasificación automática de los trenes de olas cuya difracción denota la presencia de un bajo fondo. Las flechas indican el sentido del transporte de la única fuente de arena eólica que funciona en la desembocadura (la barra) y que es sacada por el propio arroyo (Aerofotografía: Cor. Av. (R) Antonio Ruik-Pyke & Cia. S.A).

En las condiciones descritas, las olas de tormenta que superan la barra construyen hacia el interior del arroyo un perfil vertical con tendencia a trasladarse hacia el continente. Esta tendencia sólo la puede contrarrestar la existencia de robustos cordones dunares, que durante el período primavera-verano, aportaban arena desde la costa opuesta, por ser también inversa la dirección de los vientos dominantes durante estas estaciones.

Evolución de las playas

En la década de 1940 comenzó la forestación con eucaliptos y pinos en Neptunia y Pinamar, la que alcanzó hasta el propio cordón dunar. Los árboles de alto porte producen un reparo a barlovento, lo que redundó en que la arena de la playa deje de alcanzar la duna. Cuando la playa es suficientemente ancha se pueden formar nuevos cordones por delante, los que en la medida en que los árboles crecen se irán corriendo hacia el mar generando un nuevo espacio, que también ha sido forestado. Este proceso redundó en que se programara urbanizar lo que con anterioridad era playa. Al alcanzar las olas un cordón forestado, las raíces de los árboles mantienen la verticalidad del corte producido y con ello provocan un cambio en la dinámica, con un retroceso acelerado del cordón vinculado a la poca coherencia de las arenas de la duna. Esto facilita el traslado de la barra hacia el continente, afectando rápidamente la zona con urbanización proyectada y luego con la realizada.

A comienzos de 1990 se autorizó la extracción de arena de las dunas ubicadas en la zona de la barra, la cual se realizó en algunos sitios hasta el nivel de la freática. La disminución de la rugosidad del terreno, provocó una aceleración del transporte eólico hacia el interior del arroyo en un estrecho corredor. La arena así transportada indujo una protuberancia en la cara interior de la barra que empujó el canal del arroyo hacia la margen NE, como se desprende de la batimetría realizada. La proximidad del canal aumenta la energía de las olas en el interior del arroyo y el césped de los solares condiciona el mantenimiento de la verticalidad del perfil erosivo, con lo que las pequeñas olas generadas al interior del arroyo son suficientes para producir un retroceso de esa margen de hasta 50 cm en una sola tormenta.

En resumen, del análisis de estos datos se desprende que hubo un período de fuerte crecimiento de la erosión a partir de 1951, cuando se comienza a notar el efecto de la forestación y fijación de dunas (Fig. 4). Entre los años 1980 y 1982 hubo un intenso avance (recuperación) que si bien coincide con un evento de El Niño (Severov *et al.* 2004), no existen elementos suficientes que indiquen causalidad. A partir de 1982 comienzan las migraciones frecuentes de la desembocadura, que podrían relacionarse sobre todo con el déficit de arena que podría sufrir el arco de playa ubicado al E, por efecto de la construcción de espigones que se completaron a comienzos de esa década. Entre 1995 y 1997, se produjo un fuerte retroce-

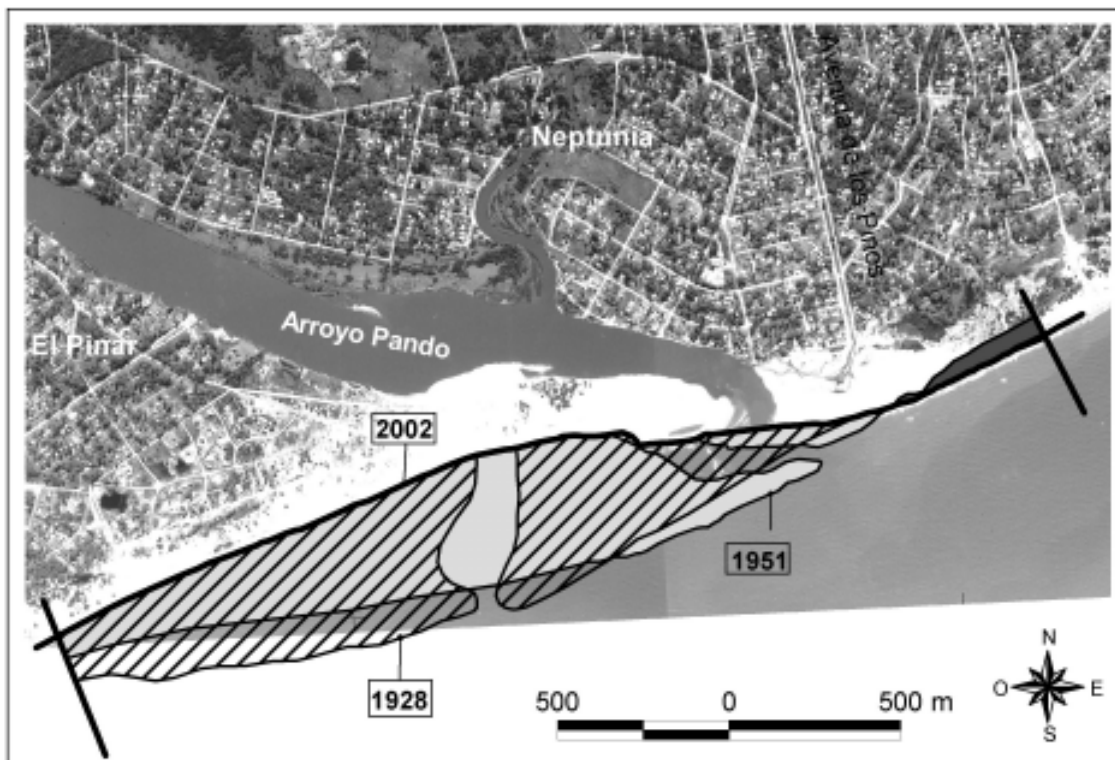


Figura 4. Sobre la foto de mayo del 2002, se observa la zona rayada que indica la pérdida de playa para el período 1928-2002. Por debajo, en gris claro sólido el lugar de ubicación de la línea de costa para octubre de 1951. Sobre la playa de Neptunia, en gris oscuro, se indica un retroceso por detrás de la línea actual. La línea negra gruesa señala la línea de marea alta de mayo de 2002 intersectada por los dos transectos perpendiculares utilizados para medir el retroceso (Aerofotografía: Cor. Av. (R) Antonio Ruik-Pyke & Cia. S.A).

so atribuible a la extracción de arena de la barra y procesos asociados (*blowout*). A partir de esa época, el retroceso de la línea de costa volvió a tener la misma intensidad (velocidad de pérdida de playa) que en el período 1967-1980, lo que torna relativamente predecible la evolución futura si no se toman medidas tendientes a evitarlo (Gutiérrez & Panario 2005). En efecto, sería dable esperar para los próximos 10 años un retroceso de la línea de costa de 80 m, de mantenerse las tendencias señaladas.

CONCLUSIONES

Las modificaciones que se producen en ambientes de alta complejidad, como las desembocaduras de vías de drenaje en playas arenosas, responden a factores inerciales fruto de modificaciones de un pasado, más o menos remoto, y a intervenciones humanas de períodos históricos. Si bien aún resulta difícil cuantificar los efectos de cada factor aisladamente, un análisis como el propuesto en este estudio de caso, permite al menos determinar cuales procesos han condicionado la evolución del sistema. A su vez, si bien los efectos de una intervención pueden sentirse muchos años después de producida, en el caso de estudio, la mayoría de las intervenciones propagaron sus efectos con relativa rapidez, diferenciándose de los efectos inerciales.

Prioridades y perspectivas de investigación

Los resultados de la presente investigación señalan la importancia de profundizar el estudio de estos sistemas particularmente dinámicos como lo son las playas aledañas a las desembocaduras de vías de drenaje. Queda de manifiesto la vinculación entre los aportes de las mismas, sea desde la alta cuenca (e.g. cañadas que desembocan en el Balneario Bella Vista, Maldonado) o por recirculación entre campos de dunas, los arroyos y el mar. En este sentido debieran realizarse aquellos estudios tendientes a determinar unidades funcionales de playas interconectadas por el tránsito de sedimentos, para luego realizar los balances sedimentarios correspondientes a cada unidad funcional. En tal sentido, se ha comenzado a estudiar con una aproximación similar a la del Pando, las desembocaduras de los arroyos Solís Chico, Sarandí y Solís Grande, así como la incidencia de embalses en los arroyos que desembocan en Bella Vista.

Implicancias para la conservación y el manejo

Tanto el conocimiento de las tendencias de largo plazo, como de las respuestas a intervenciones más o menos recientes, resultan claves a los efectos de proponer medidas de mitigación o corrección de tendencias.

Ha quedado de manifiesto que alteraciones en cuencas que desembocan en ambientes de playas, pueden provocar cambios no deseados ni previstos en estas últimas. Futuras obras como drenaje de bañados, construcción de represas o forestación de dunas móviles, deberían ser prevenidos cuando dificulten la afluencia o el retorno de arena a las playas. En el caso del presente estudio, se pueden hacer una serie de recomendaciones

tendientes a desacelerar el retroceso de la playa, tales como: la reconstrucción de la duna primaria y el retiro de flora exótica de las dunas, la prevención de la construcción de nuevas obras de infraestructura en sitios que habrán de ser alcanzados por las olas, aún en un escenario que no tome en cuenta el aumento del nivel del mar.

REFERENCIAS

- Alonso Villalobos C Gracia Prieto F J & L Ménanteau** 2003a Las salinas de la Bahía de Cádiz durante la Antigüedad: visión geoarqueológica de un problema histórico. *Revista de Prehistoria y Arqueología*, Universidad de Sevilla (12):317-332
- Alonso Villalobos C Gracia Prieto F J Ménanteau L Ojeda Calvo R Benavente González J & J A Martínez del Pozo** 2003b Paléogéographie de l'anse de Bolonia (Tarifa, Espagne) à l'époque romaine. Pp 405-415 *In: Fouache (ed) The Mediterranean World. Environment and History. Actes du Colloque "Environmental Dynamics and History in Mediterranean Areas"* (Université de Paris IV, 24-26 avril 2002). Elsevier SAS.
- Bracco R del Puerto L Inda H & C Castiñeira** 2005 Mid-late Holocene cultural and environmental dynamics in the Eastern Uruguay Quaternary *International* 132(1):37-45
- de Álava D & D Panario** 1996 La Costa Atlántica: ecosistemas perdidos y el nacimiento de un monte de pinos y acacias. Pp 44-51 *In: Almanaque Banco de Seguros del Estado*, Montevideo
- Dean R G** 1998 Estabilización de la margen norte del Arroyo Pando. Informe Final. Estudio de consultoría dirigido a Dirección Nacional de Hidrografía. Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Montevideo. 14 pp y apéndices (Inédito)
- DNH Dirección Nacional de Hidrografía** 1970 Anteproyecto obras de regulación de la desembocadura del Arroyo Pando (según relevamiento del Agrimensor B. S. Castillo). Plano H7337. Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Montevideo
- DNH Dirección Nacional de Hidrografía** 1984 Arroyo Pando proyecto para la protección de la margen izquierda de su desembocadura. Plano H9085 (Código 610.88). Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Montevideo
- DNH Dirección Nacional de Hidrografía** 1985 Apertura de nueva desembocadura y defensas de la costa del Balneario Neptunia. Escala 1:10.000. Plano H9173 (Código A610.50.88). Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Montevideo
- DNH Dirección Nacional de Hidrografía** 1986 Plano de mensura de un fraccionamiento de terreno para nueva desembocadura del Arroyo Pando. Plano H9270 (Código 610.08). Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Montevideo
- IMFIA** 1998 Estudio de las obras de navegación en el A° Cufre y sus impactos sobre la zona costera. Convenio Dirección Nacional de Hidrografía-Facultad de Ingeniería (IMFIA-Universidad de la República) Montevideo 59 pp
- Forbes E** 2003 Variabilidad del nivel medio del mar en Montevideo entre 1902 y 2000. AIACC Workshop on the Río de la Plata (Montevideo, setiembre de 2002).
- Gutiérrez O & D Panario** 2005 Dinámica geomorfológica de la desembocadura del Arroyo Pando, Uruguay. *Geografía histórica y SIG, análisis de tendencias naturales y efectos antrópicos sobre sistemas dinámicos*. *Xeográfica*. *Revista de Xeografía, Territorio e Medio Ambiente* 5:107-126
- Grupo de Trabajo Interministerial-Neptunia** 1997 Problemática de erosión e inundación en fraccionamientos en la margen izquierda del Arroyo Pando-Neptunia. Informe Final. Montevideo. 10 pp y figuras (Inédito)

- Legrand C D** 1959 Comunidades psamófilas de la región de Carrasco (Uruguay). Anales del Museo de Historia Natural de Montevideo. (2da. Serie) 7(7):64 pp y láminas
- Martín L & K Suguio** 1992 Variation of coastal dynamic during the last 7000 years recorded in beach-ridge plains associated whit river mouths: example from central Brazilian coast. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 99:119-140
- McBride R Byrnes MR & MW Hiland** 1995 Geomorphic response-type model for barrier coastlines: a regional perspective. Marine Geology 126:143-159
- Medina L & J M Jackson** 1980 Estudio de la erosión en la costa del Balneario Neptunia y de la inestabilidad de la desembocadura del Arroyo Pando. Informe. Proyecto Conservación y Mejora de Playas. Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Montevideo. 24 pp y anexos (Inédito)
- Ménanteau L Thomas Y-F & J-R Vanney** 2002 La télédétection spatiale du littoral Nord-Est d'Haïti: comparaison avec les cartographies ancienne et actuelle. Pp 289-307 *In* 124^e Congrès des Sociétés Historiques et Scientifiques (Nantes, 19-26 avril 1999): La défense des côtes et cartographie historique.
- MTOP-PNUD-UNESCO** 1980 Conservación y mejora de playas-URU 73.007. 593 pp+4 apéndices. UNESCO, Montevideo
- Panario D & O Gutiérrez** 2003 Dinámica geomorfológica de la desembocadura del Arroyo Pando. Origen de los impactos en las playas de El Pinar y Neptunia, y propuesta de mitigación. Informe. UNCIEP, Facultad de Ciencias (Universidad de la República). 68 pp (Inédito)
- Panario D & G Piñeiro** 1997 Vulnerability of oceanic dune systems under wind pattern change scenarios in Uruguay. Climate Research 9(1-2):67-72
- Saizar A** 2000 Erosión de la margen izquierda en la desembocadura del Arroyo Pando. Informe Técnico. Documento borrador para discusión. Proyecto EcoPlata, Montevideo. 12 pp (Inédito)
- Severov D N Mordecki E & V A Pshennikov** 2004 SST anomaly variability in Southwestern Atlantic and El Niño/Southern oscillation. Advances in Space Research 33:343-347
- Soil Conservation Service** 1972 Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soils samples. Washington, Soil Surv. Report, USDA.