

Las zonas costeras, océanos y mares proveen los servicios ambientales esenciales para el desarrollo de la vida en la Tierra. Esto es particularmente notable en América Latina y el Caribe, donde el patrimonio natural costero y su biodiversidad son destacadamente significativos. Pese a esto, la zona costera de esta región del planeta afronta desafíos complejos de resolver, generados por la multiplicidad de intereses que confluyen en sus atractivas costas. El pretendido bienestar social y la mejora de la calidad de vida en los países de la región será una realidad solo si se garantiza el mantenimiento de la estructura y la funcionalidad de estos ecosistemas y sus procesos ecológicos a largo plazo.

En el libro "Ciencias marino-costeras en el umbral del Siglo XXI: desafíos en Latinoamérica y el Caribe" reunimos 15 capítulos con trabajos surgidos del Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar realizado en Uruguay. Con la participación de más de 60 autores de numerosos países, en este volumen se abordan temas como la estructura y el funcionamiento de ecosistemas de una amplia región, y aspectos biológicos y ecológicos de diversos recursos biológicos. Asimismo, se aportan nuevos enfoques de manejo en varios casos particulares, contribuyendo de esta manera con los objetivos de un manejo ecosistémico sustentable de la zona costera.

El volumen está pensado para que estudiantes, investigadores, técnicos y el sector político puedan acceder a investigaciones científicas de calidad en el ámbito de las ciencias marino-costeras, surgidas de un contexto regional de excepcional relevancia socio-ecológica, y que representan insumos fundamentales que contribuyen a la toma de decisión con una base científica sólida.

ISBN: 978-607-7551-45-4



 AGT EDITOR

Ciencias marino-costeras en el umbral del siglo XXI
Desafíos en Latinoamérica y el Caribe

Pablo Muniz / Ernesto Brugnoli
Natalia Venturini / Daniel Conde

Ciencias marino-costeras en el umbral del siglo XXI

Desafíos en Latinoamérica y el Caribe

Pablo Muniz / Ernesto Brugnoli / Natalia Venturini / Daniel Conde



 AGT EDITOR

Ciencias marino-costeras en el umbral del Siglo XXI

Desafíos en Latinoamérica y el Caribe

Copia de autor

Cópia de autor

Ciencias marino-costeras en el umbral del Siglo XXI

Desafíos en Latinoamérica y el Caribe

Copia de autor



AGT EDITOR, S.A.

Coordinador editorial: Clara G. Rojas Ortega
Composición tipográfica: José Jaime Gutiérrez Aceves
Diseño de portada: David Coria Lechuga

La presentación y arreglo en conjunto de CIENCIAS MARINO-COSTERAS EN EL UMBRAL DEL SIGLO XXI: DESAFÍOS EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE, son propiedad de los editores. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o medio electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier método para recuperar y almacenar información), sin la autorización por escrito de los editores.

Derechos reservados
© 2019, AGT Editor, S. A.
Progreso 202 Planta Alta, Col. Escandón
México, 11800, D.F.

Primera edición, enero 2019
ISBN: 978-607-7551-45-4

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

Índice de contenido

Dedicatoria en memoria del Dr. Alejandro Yáñez-Arancibia (1944-2016)	xix
Origen del libro	xxi
Editores y compiladores	xxiii
Prefacio	xxv
Prólogo	xxxi
Lista de autores participantes	xxxix
SECCIÓN 1. Estructura y funcionamiento de comunidades y ecosistemas marino-costeros	1
Capítulo 1.1. Sedimentación controlada por corrientes: registros de depósitos paleo-hidrodinámicos inferidos de la plataforma continental del SE de América del Sur (Uruguay)	3
Till J.J. Hanebuth, Hendrik Lantzsich, Laura Pérez, Felipe García-Rodríguez	
Resumen	3
Sedimentação controlada por correntes: registros de depósitos paleohidrodinâmicos inferidos da plataforma continental do SE da América do Sul (Uruguai)	4
Resumo	4

Currents controlling sedimentation: paleo-hydrodynamic variability inferred from the continental-shelf system off SE South America (Uruguay)	5
Abstract	5
Introducción	6
<i>Relevancia de los estudios de archivos sedimentarios de aguas someras</i>	6
<i>Descarga fluvial y sistema oceanográfico moderno.</i>	9
<i>Morfología moderna resultante de las condiciones pasadas.</i>	10
Acoplamiento cuenca costa-plataforma del sistema sedimentario	13
<i>El sistema costero del Holoceno tardío.</i>	13
<i>Desarrollo del sistema sedimentario de la plataforma desde el último máximo glacial.</i>	15
<i>Regímenes de sedimentación contrastante en el talud continental.</i>	19
<i>Dinámica de exportación de sedimentos hacia el océano profundo del Uruguay</i>	20
Cambios hidrodinámicos en aguas someras uruguayas.	20
<i>Rastros temporales de escorrentía y la pluma del RdIP</i>	20
<i>Oscilación y cambio de frente oceanográfico de plataforma de Uruguay durante el Holoceno</i>	22
Conclusiones	25
a) <i>El acoplamiento de los sistemas sedimentarios adyacentes a la costa, la plataforma continental y el talud.</i>	25
b) <i>El alto grado de información sobre cambios paleoambientales almacenado en depocentros excepcionales confinados.</i>	26
c) <i>El rol especial de los frentes hidrográficos verticales de plataforma para los sistemas sedimentarios y ecológicos</i>	27
Perspectivas.	27
Agradecimientos.	28
Referencias bibliográficas	29
Capítulo 1.2. O MERCOSUL sedimentar: sedimentos como produtos de exportação e importação	37
Renata H. Nagai, Michel M. de Mahiques	
Resumo	37

EL MERCOSUR sedimentario: sedimentos como productos de exportación e importación	38
Resumen	38
The sedimentary MERCOSUR: sediments as import and export products	38
Abstract	38
Introdução	39
A margem continental Sul-Sudeste Brasileira	40
<i>Um breve histórico</i>	40
A plataforma continental S/SE Brasileira-processos deposicionais atuais	42
O registro sedimentar	47
Conclusões	52
Agradecimentos	52
Referencias bibliográficas	53
Capítulo 1.3. Caracterización y dinámica de la costa uruguaya, una revisión.	61
Ofelia Gutiérrez, Daniel Panario	
Resumen	61
Caracterização e dinâmica da costa uruguaia, uma revisão.	62
Resumo	62
Characterization and dynamic of the Uruguayan coast, a review	63
Abstract	63
Introducción	64
Caracterización	64
<i>El bajo Uruguay</i>	69
<i>El estuario interior</i>	70
<i>El estuario exterior</i>	72
<i>La costa oceánica.</i>	79
Conclusiones	84
Referencias bibliográficas	86

Capítulo 1.4. Estuarios del Uruguay. Biodiversidad y estructura de la asociación de peces. Aportes a la gestión 93

Alicia Acuña Plavan, José Verocai, Rodrigo Gurdek, Natalie Muñoz, Ruben Canavese, Irene Machado, Andrés de la Rosa, Verónica Severi, Samanta Stebniki, Juan M. Gutiérrez, Patricia Correa

Resumen 93

Estuários do Uruguai. Biodiversidade e estrutura da associação de peixes. Contribuições para a gestão 94

Resumo 94

Uruguayan estuaries. Biodiversity and fish assemblage structure. Contributions to management 95

Abstract 95

Introducción 96

Sistemas estuariales sobre la costa uruguaya del Río de la Plata y Océano Atlántico 99

Objetivo, base de datos y metodología 104

Biodiversidad, abundancia específica y grupos funcionales 105

Estructura de la asociación de peces 128

Asociación de peces de los estuarios costeros 131

Aportes a la gestión 137

Referencias bibliográficas 140

Capítulo 1.5. Hacia una visión integrativa del reclutamiento de organismos marinos: la importancia de la plasticidad en el desarrollo 153

Luis Giménez

Resumen 153

Em direção a uma visão integrativa do recrutamento de organismos marinhos: a importância da plasticidade no desenvolvimento 154

Resumo 154

Towards to an integrative view of recruitment in marine organisms . . .	154
Abstract	154
Introducción	155
Definición de reclutamiento.	157
Procesos que afectan el reclutamiento en organismos bentónicos . . .	157
Variación fenotípica y efectos mediados por caracteres.	159
Hacia una síntesis	162
Conclusiones	164
Referencias bibliográficas	165
Capítulo 1.6. La diversidad de los condriictios del extremo sur de Brasil: las especies, sus orígenes, y sus modos reproductivos.	171
Carolus Maria Vooren, Maria Cristina Oddone	
Resumen	171
A diversidade dos condriictes do extremo sul do brasil: as espécies, suas origens e seus modos reprodutivos	172
Resumo	172
The diversity of the chondrichthyans of the far south of Brazil: the species, their origins, and their reproductive modes.	173
Abstract	173
Introducción	174
El área de estudio	174
Métodos.	180
Resultados	183
<i>La fauna de condriictios de Río Grande del Sur: la diversidad específica y la distribución temporal y espacial de las especies</i>	183
<i>Las especies compartidas con Uruguay y Argentina</i>	184
<i>Los orígenes de los condriictios de Río Grande del Sur en el tiempo geológico</i>	187
<i>Formas y funciones de los modos reproductivos de los elasmobranquios en el extremo sur de Brasil.</i>	187

<i>El ciclo reproductivo de los elasmobranquios vivíparos del extremo sur de Brasil</i>	197
<i>La diversidad de los modos reproductivos de los condrictios en el extremo sur de Brasil</i>	198
Discusión	200
Conclusiones	205
Referencias bibliográficas	205
SECCIÓN 2. Ecología, manejo y gestión de recursos marino-costeros	215
Capítulo 2.1. Historia de la investigación sobre arrecifes coralinos en América Latina	217
Jorge Cortés	
Resumen	217
História da pesquisa sobre recifes coralíneos na América Latina	218
Resumo	218
History of coral reef research in Latin America	219
Abstract	219
Introducción	220
Descripción de los arrecifes y su historia de investigación	222
<i>Subprovincia de Brasil</i>	222
<i>Subprovincia del Caribe</i>	223
<i>Subprovincia del Pacífico Tropical Oriental</i>	242
Patrones comunes y cambio de paradigma	255
Agradecimientos	256
Referencias bibliográficas	256
Capítulo 2.2. Conservación de los mamíferos marinos en Latinoamérica: amenazas, soluciones y desafíos	291
Diana Szteren, Maite De María	
Resumen	291

Conservação dos mamíferos marinhos em América Latina: ameaças, soluções e desafios	292
Resumo	292
Conservation of marine mammals in Latinamerica: threats, solutions and challenges.	293
Abstract	293
Introducción	293
<i>¿Por qué los mamíferos marinos son vulnerables a la extinción?</i>	294
<i>Amenazas a los mamíferos marinos</i>	296
Conservación a diferentes niveles.	297
<i>Manejo individual</i>	297
<i>Conservación de poblaciones o especies.</i>	298
<i>Conservacion de áreas.</i>	299
Estrategias de conservación según el tipo de amenaza.	300
<i>Explotación directa</i>	301
<i>Interacción con pesquerías.</i>	301
<i>Actividades turísticas.</i>	303
<i>Impacto de la navegación.</i>	304
<i>Degradación y pérdida de hábitat.</i>	305
<i>Desechos y escombros marinos.</i>	305
<i>Enfermedades, afecciones y eventos de mortalidad.</i>	305
Conclusiones y perspectivas	306
<i>¿Cómo conservar a los mamíferos marinos?</i>	307
<i>La subconservación</i>	308
Referencias bibliográficas	309
Capítulo 2.3. Modelos tróficos en el Atlántico Sur Occidental: evaluando la estructura y funcionamiento de ecosistemas costeros	315
Diego Lercari, Rodolfo Vögler, Andrés C. Milessi, Andrés Jaureguizar, Velasco Gonzalo	
Resumen	315
Modelos tróficos no Atlántico Sudoccidental: avaliando a estrutura e o funcionamento de ecossistemas costeiros.	316
Resumo	316

Trophic models in the Southwestern Atlantic: assessing the structure and functioning of coastal ecosystems	317
Abstract	317
Introducción	318
<i>Modelación ecotrófica</i>	318
<i>Regímenes oceanográficos del Atlántico Sudoccidental</i>	321
Modelos ecotróficos	323
<i>Ecosistema Costero sur de Brasil (ECB)</i>	323
<i>Ecosistema de Laguna de Rocha, Uruguay (LR)</i>	325
<i>Ecosistema costero de playas arenosas, Uruguay</i>	326
<i>Ecosistema del Río de la Plata y plataforma adyacente (RPPA)</i>	328
<i>Ecosistema Costero Argentino-Uruguayo (ECAU)</i>	330
Análisis comparativo.	331
Conclusiones	335
Agradecimientos.	338
Referencias bibliográficas	338
Capítulo 2.4. “A zambullirse en los problemas de la costa”: una experiencia de popularización de la ciencia en Uruguay	345
Marisa Hutton, Amílcar Davyt, Ernesto Brugnoli	
Resumen	345
“Mergulhando nos problemas da costa”: uma experiência de popularização da ciência no Uruguai.	346
Resumo	346
Diving into coastal problems: an experience of science popularization in Uruguay	346
Abstract	346
Introducción	347
La experiencia de popularización	348
<i>Educación científica, divulgación y popularización de la ciencia</i>	348
<i>Temas para popularizar y la experiencia previa del equipo</i>	351
<i>¿Dónde se desarrolló la propuesta de popularización?</i>	352
<i>¿Cómo se desarrolló esta experiencia?</i>	353
Consideraciones finales	361

Agradecimientos	362
Referencias bibliográficas	363
Capítulo 2.5. A política brasileira de avaliação de impactos ambientais: os atuais arranjos institucionais e suas implicações éticas	367
Paulo da Cunha Lana	
Resumo	367
La política brasilera para evaluación de inactos ambientales: los arreglos institucionales actuals y sus implicancias éticas	368
Resumen	368
The Brazilian policy for the evaluation of environmental impacts: the current institutional arrangements and their ethical implications . . .	368
Abstract	368
Introdução	369
Os arranjos institucionais vigentes	370
Os conflitos de interesse e os desdobramentos éticos na universidade pública e nas firmas comerciais: será possível um novo contrato social?	373
Agradecimentos	375
Referências bibliográficas	375
SECCIÓN 3. Manejo integrado de ecosistemas marino-costeros	377
Capítulo 3.1. La gestión de los usos del mar en europa: plan para lograr el buen estado ambiental en 2020	379
Victoria Besada	
Resumen	379
A gestão dos usos do mar na Europa: plano para atingir o bom estado ambiental para 2020	380
Resumo	380

Managing Europe's Uses of the Sea: Plan to Achieve Good Environmental Status by 2020	380
Abstract	380
Introducción	381
Principales definiciones de la DMEM	382
Fases de implementación de la DMEM	383
Aplicación de la DMEM en España	386
Caso práctico: evaluación inicial de los descriptores 8 y 9 en España	389
<i>Descriptor 8: Las concentraciones de contaminantes se encuentran en niveles que no dan lugar a efectos de contaminación</i>	389
<i>Descriptor 9: Los contaminantes presentes en el pescado y otros productos de la pesca destinados al consumo humano no superan los niveles establecidos por la normativa comunitaria o por otras normas pertinentes</i>	393
<i>Principales limitaciones y/o lagunas de información observadas para ambos descriptores</i>	398
Conclusiones	399
Agradecimientos	399
Referencias bibliográficas	399
Capítulo 3.2. Experiencias y retos del manejo costero integrado a nivel local en Iberoamérica.	405
Alfredo Cabrera Hernández, Daniel Conde (coordinadores/autores casos); Angela López Rodríguez, Paula Cristina Sierra-Correa, Francisco Armando Arias-Isaza, Camilo Botero, Marcus Polette, Marinez Scherer, Milton Asmus, Martinus Filet, José Dadon, Roberto Fèvre, Omar Cervantes, Hilda Mendoza-Rentería, Gerardo Verduzco, Cristina Pallero Flores, Javier García Onetti, J.A.M. Gómez, Pedro Arenas Granado, Mercedes Arellano, Grace Casas, Ana Manzano, Teresa Yakelyn Quintero, Carmen Membribes, Jorgelina Moré, Angel Alfonso Martínez, Lorena Rodríguez-Gallego, Daniel de Álava, Sebastián Solari, Natalia Verrastro, Christian Chreties, Ximena Lagos, Gustavo Piñeiro, Luis Teixeira, Leonardo Seijo, Héctor Caymaris, Javier Vitancurt, Ricardo Cetrulo (autores casos)	
Resumen	406

Experiências e desafios de gerenciamento costeiro integrado em nível local em Iberoamerica	407
Resumo	407
Practices and challenges of integrated coastal management at the local level in Iberoamerica.	407
Abstract	407
La escala local y el éxito de los procesos de manejo costero integrado	408
Once casos de manejo costero integrado a escala local en Iberoamérica	411
1. Manejo integrado de zonas costeras en Colombia: experiencia en el marco de la implementación de una política nacional.	411
2. Ordenamiento del Golfo de Cupica (Pacífico de Colombia) como ejemplo de MCI a la escala local	412
3. Las perspectivas de la implementación de un programa de planificación espacial marina en Brasil: oportunidades y desafíos	413
4. El Foro del Mar-una plataforma de diálogo al servicio de la gobernanza costera y marina en Brasil	417
5. El manejo del borde urbano costero de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Argentina)	419
6. La caracterización y el diagnóstico ambiental como base para establecer unidades de gestión integral de playas: el caso de Playas de Tijuana (Baja California, México) como ejemplo de MCI a nivel local	421
7. Diversificación de usos en la salina Santa María: biodiversidad, ecoturismo, innovación, gestión y sal marina del Atlántico (Bahía de Cádiz, España)	422
8. Alianzas con actores claves: rol de la educación ambiental en el MCI en localidades del ecosistema Sabana-Camagüey (Cuba) vinculadas a sus paisajes productivos claves.	425
9. Manejo costero integrado en la provincia de Matanzas (Cuba): las lecciones de 11 años y una estrategia para seguir.	427
10. Toma de decisión multicriterio para la apertura artificial de la Laguna de Rocha (Uruguay): elaboración de consensos y manejo participativo de un área costera protegida	429
11. Ecópolis: las lecciones de una experiencia frustrada de manejo costero integrado en Uruguay	430
Ideas integradoras y conclusiones	433
Conclusiones	435
Referencias bibliográficas	435

Capítulo 3.3. Gestión integrada de playas en América Latina:	
Servicios ecosistémicos y nuevos enfoques	441
Juan Pablo Lozoya, Alfredo Cabrera, Camilo Botero, Marcus Polette, Omar Cervantes	
Resumen	441
Gestão Integrada de Praias na América Latina: Serviços Ecosistêmicos e novos enfoques	442
Resumo	442
Latin-American Integrated Beach Management: Ecosystem services and new approaches	443
Abstract	443
Introducción	443
Evolución de la gestión integrada de playas en América Latina	449
Gestión integrada de playas en Colombia	451
Gestión de playas en Cuba: de la ingeniería costera a una visión integrada	453
Gestión integrada de playas en Brasil	456
Caracterización y diagnóstico ambiental como base para establecer unidades de gestión integral de playas: playas de Tijuana, Baja California (México)	458
Desafíos en la incorporación de nuevos enfoques como los servicios ecosistémicos.	496
Referencias bibliográficas	498
Capítulo 3.4. Dimensión ecológica de los cambios globales:	
Integridad ecológica como estrategia para manejo ecosistémico costero en Latinoamérica	501
Alejandro Yáñez-Arancibia, John W. Day	
Resumen	501
A dimensão ecológica das mudanças globais: Integridade ecológica como estratégia para o manejo ecossistêmico costeiro em Latino América	502
Resumo	502

The ecological dimension of global changes: Ecological integrity as a strategy for Coastal Ecosystem Management in Latin America	503
Abstract	503
Introducción	504
Desarrollo del tema	506
Algunas analogías en Latinoamérica.	510
Antecedentes ignorados.	513
El problema es parte de la solución	516
Conclusiones	519
<i>Hacia nuevas agendas en el Siglo XXI</i>	<i>519</i>
<i>La dimensión ecológica de las actividades humanas</i>	<i>520</i>
<i>Implicaciones en manejo costero integrado</i>	<i>521</i>
<i>La interdisciplina como estrategia de solución</i>	<i>523</i>
<i>Consideraciones para las agendas de segunda y tercera generación.</i>	<i>524</i>
Agradecimientos.	526
Referencias bibliográficas	526

Cópia de autor

Dedicatoria en memoria del Dr. Alejandro Yáñez-Arancibia (1944-2016)

Es para nosotros un enorme placer, y nos produce a la vez una emoción profunda, dedicar unas palabras en honor a nuestro querido amigo y maestro, el Dr. Alejandro Yáñez-Arancibia, quien cumplió un rol importante para que esta publicación saliera a luz. Lamentablemente, su reciente e inesperado deceso no nos permitió tener la satisfacción de compartir con él, una vez más, la aparición de una nueva contribución para el avance de los asuntos costeros en Latinoamérica.

El Dr. Yáñez-Arancibia realizó sus estudios de Biología en la Universidad de Concepción, Chile, su país natal, y continuó su carrera de posgrado en Ecología Marina en la Universidad Nacional Autónoma de México, país del cual nunca más se separó, emocional y laboralmente. En 1977 obtuvo su Doctorado en Ciencias del Mar en la misma institución y luego un Posdoctorado en el Centro de Recursos Acuáticos de la Universidad Estatal de Louisiana. Desde muy joven se destacó por una prolífera producción científica, siendo investigador titular durante 20 años en la UNAM. Durante los 90's fue director científico del Instituto EPOMEX, y en 1992 fue "Distinguished Honored Professor" del Instituto Baruch para la Investigación Costera, en la Universidad de Carolina del Sur. Desde 1998 y hasta su deceso fue investigador titular en el Instituto de Ecología A.C., INECOL (CONACYT, México). Fue también profesor de la Universidad Anáhuac de Xalapa, profesor visitante de Ecología Estuarina en el Departamento de Oceanografía y Ciencias Costeras de la Universidad Estatal de Louisiana e impartió la cátedra Thomas W. Rivers Distinguished Professorship in International Affairs en el Institute for Coastal Science & Policy (East Carolina University).

Durante su extensa trayectoria publicó más de 180 artículos en revistas de alto nivel internacional y más de 120 capítulos de libro, habiendo editado más de 30 libros sobre una diversidad de temáticas socio-ambientales y ecológicas (Ecología estuarina y de manglares en América Tropical; Impactos, adaptación y mitigación del cambio climático en la zona costera; Manejo basado en ecosistemas; Dimensiones ecológicas del desarrollo sustentable; entre otros). Fue Editor Asociado de la revista *Ocean & Coastal Management* y miembro del Comité Editorial de la revista *Wetland Ecology & Management*.

Por su aporte a las ciencias marinas recibió el premio NAGA 1990, otorgado por The International Center for Living Aquatic Resources Management ICLARM. Recibió el Premio William A. Niering Outstanding Educator Award 2007 por sus contribuciones de excelencia en ecología estuarina. Fue miembro de la Academia Mexicana de Ciencias desde 1983 e integrante destacado del CERF-USA hasta 2015. Coordinó por varios años el Coloquio Internacional sobre Cambio Climático de INECOL y más recientemente organizó junto con colegas de la Universidad de Florianópolis el I Simposio Latinoamericano de Manejo Costero Integrado. Por varias décadas colaboró activamente con grupos de investigación de Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Puerto Rico, Panamá, Ecuador, Uruguay, Venezuela, Guatemala, Inglaterra, Australia, Francia, Italia y Estados Unidos, donde dictó cursos e impartió conferencias magistrales.

El Dr. Yáñez-Arancibia cumplió un rol fundamental internacionalmente, y particularmente en Latinoamérica, para el avance de la investigación científica y la difusión académica y social de los ecosistemas costeros, su relevancia y problemáticas. Sus áreas de interés fueron múltiples y diversas, desde temáticas integradoras y complejas como el manejo-ecosistémico (particularmente en el Golfo de México), la gestión integrada de la zona costera, y el cambio climático y la vulnerabilidad costeras, hasta aspectos ecológicos más básicos relacionados con la ecología de lagunas costeras, estuarios y manglares y grandes ecosistemas marinos, así como sobre las interacciones ecológicas en el continuo humedales-lagunas-estuarios-océano.

Es notoriamente destacable su rol en apoyar incansable y activamente a grupos jóvenes de investigadores y a iniciativas interdisciplinarias en temáticas costeras (e.g. en Costa Rica y Uruguay). Su actividad sin pausa durante varias décadas tuvo un enorme impacto y provocó la motivación de muchos jóvenes estudiantes que hoy en día son reconocidos científicos o gestores costeros y marinos. Contribuyó enormemente al conocimiento detallado de diferentes iniciativas y esfuerzos sobre manejo costero integrado en el continente, e introdujo con mucha fuerza el concepto de manejo costero adaptativo entre los jóvenes científicos de América Latina.

Su temprana partida nos deja una pérdida irreparable a nivel afectivo y académico, pero más aún también nos alienta a seguir adelante, desde cada uno de nuestros roles y lugares de trabajo, con su incansable tarea de educar y concientizar, especialmente a las nuevas generaciones, acerca de la necesidad de una visión sistémica del planeta y su zona costera, y de sus problemática socio-ambiental.

A Alejandro dedicamos esta publicación, de la cual él también es parte fundamental, no solo como autor y prologuista, sino también por su rol en la gestión inicial de la edición.

Álvaro Morales Ramírez
Daniel Conde
Los editores

Origen del libro

El Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR) es el máximo foro internacional donde se exponen los progresos de las ciencias marinas y costeras, no sólo en el concierto regional Latinoamericano sino también con la participación de expertos de Europa, Norteamérica, Asia y Oceanía. El XV Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (XV COLACMAR), desarrollado en Punta del Este (Maldonado, Uruguay), en octubre de 2013, contó con la participación de más de 1000 asistentes de diversas latitudes. Los Compiladores de este libro, se han dado a la tarea de integrar los capítulos provenientes de las “Conferencias magistrales” y “Conferencias temáticas”, invitadas por el Comité Científico y Organizadores de COLACMAR XV para producir el libro que se presenta a continuación.

Cópia de autor

Editores y compiladores

Prof. Dr. Pablo Muniz: Profesor Agregado Facultad de Ciencias en Oceanografía y Ecología Marina Gr. 5 del PEDECIBA, Nivel II SNI-ANII. Editor Jefe de Pan-American Journal of Aquatic Sciences (www.panamjas.org) e integrante del cuerpo editorial de otras tres revistas internacionales. Más de 50 artículos en revistas científicas internacionales, 10 capítulos de libro, dos libros editados y escritos, y revisor de más de 30 revistas científicas.

Prof. Dr. Daniel Conde: Profesor Titular de Limnología, investigador nivel II del SNI y Gr. 4 PEDECIBA-Biología. Lidera un grupo interdisciplinario sobre Manejo Costero Integrado del Cono Sur (UdelaR - CURE - EI). Fue Coordinador de la Maestría en Manejo Costero Integrado. Ha sido responsable de numerosos proyectos científicos nacionales e internacionales y es autor de más de 50 publicaciones en revistas científicas internacionales y capítulos de libro.

Prof. Dra. Natalia Venturini: Profesor Adjunto Sección Biogeoquímica Marina-Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA,) Facultad de Ciencias (UdelaR). Investigador Grado 3 PEDECIBA-Geociencias y PEDECIBA-Biología, subárea Ecología. Investigador Nivel I del Sistema Nacional de Investigadores-ANII. Ha publicado más de 30 artículos en revistas científicas, 5 capítulos de libros, 5 textos en periódicos, diversos trabajos técnicos. Revisor de varias revistas científicas. 2010 Marine Pollution Bulletin Highly Cited Author Award 2005-2009 (International) Publisher Aquatic Sciences Elsevier.

Dr. Ernesto Brugnoli: Asistente de Oceanografía & Ecología Marina (IECA-Facultad de Ciencias). Presenta experiencia en coordinación de proyectos de investigación (9; 2005-) y asistencia en 15 proyectos de investigación. Presenta 18 publicaciones en revistas internacionales, 4 capítulos de libros y 12

documentos técnicos. Tiene importante experiencia internacional interactuando con instituciones académicas, organismos nacionales, empresas privadas, y sector oficial.

Copia de autor

Prefacio

Pablo Muniz, Natalia Venturini, Ernesto Brugnoli, Daniel Conde.
Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

Habitamos un planeta esencialmente acuático, donde los océanos y los mares cubren más de dos terceras partes de su superficie. Los océanos, los mares y las áreas costeras constituyen una fuente vital de alimento nutritivo, empleo, recreo, comercio y bienestar económico para millones de personas en todo el mundo, así como otros bienes y servicios, esenciales para la existencia de la vida en la Tierra (Constanza *et al.*, 1997).

Los océanos, mediante su influencia en la composición y temperatura de la atmósfera, desempeñan un papel fundamental en la regulación del clima de la Tierra, mientras que las áreas costeras ofrecen protección contra las inundaciones y favorecen el control de la erosión para las colectividades que viven en zonas bajas. La pesca de altura y la acuicultura proporcionan a 4 300 millones de personas el 15% de la ingesta media per cápita de proteína de origen animal y generan, directa o indirectamente, más de 200 millones de empleos a nivel mundial; por otra parte, la acuicultura marina se está expandiendo rápidamente de la costa al mar abierto y, eventualmente, a alta mar. Los viajes y el turismo, los puertos y las infraestructuras asociadas, las actividades mineras y la producción de energía también son sectores que utilizan los océanos y los mares para crear empleo y beneficios económicos y sociales para millones de personas en todo el mundo (European Commission, 2012).

Desde el siglo pasado, una variada gama de actividades humanas han dañado y reducido la biodiversidad marina y costera de distintas maneras. La

sobreexplotación de los recursos pesqueros, alteraciones del medio físico, contaminación, introducción de especies y emisiones a la atmósfera que incrementan la radiación ultravioleta y afectan el clima, son algunas de las actividades humanas mal gestionadas y con repercusiones negativas, que han ido socavando la capacidad de los océanos, mares y las zonas costeras, de mantener los beneficios que pueden proporcionar a las generaciones presentes y futuras. El planeta Tierra muestra signos innegables de crisis ambiental en el siglo XXI, la cual se magnifica por los efectos que induce el cambio climático, la explosión demográfica, la crisis energética, y la presión económica y social sobre la disponibilidad de recursos naturales saludables. Evaluaciones globales indican que los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas marinos se ven seriamente comprometidos y advierten sobre la necesidad de un cambio drástico en la gestión marina. Este cambio debería dirigirse hacia una solución basada en la investigación y en políticas sectoriales, con un enfoque integrado que tenga en cuenta al ecosistema en su conjunto, incluyendo a los seres humanos (MEA, 2005).

Recientemente, los océanos fueron considerados como uno de los principales ámbitos prioritarios que habrían de ser objeto de debate en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, denominada Río+20. Estos ámbitos están centrados principalmente en dos temas: a) una economía verde en el contexto de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza; y b) el marco institucional para el desarrollo sostenible (CEPAL, 2015). Con 19 párrafos, los océanos y los mares se encuentran entre las áreas temáticas y cuestiones intersectoriales más tratadas en el documento final de Río+20. Allí se reconocen los múltiples beneficios de los océanos: alimentos, medios de vida, biodiversidad, economía azul, así como la gravedad de las múltiples amenazas a que se enfrentan los océanos y sus recursos vivos como la sobrepesca, la acidificación de los océanos, la pérdida de hábitats y la contaminación.

América Latina y el Caribe serán en un futuro inmediato foco de atención para el desarrollo sostenible del planeta por las siguiente razones principales: la zona posee 16 millones de km² de plataforma continental; incluye 16% del total de Grandes Ecosistemas Marinos (LME) del mundo; contiene más de 45% de las reservas de agua dulce del planeta, y descarga más de 310 millones de m³/seg de agua dulce al mar; contiene más de 40% de la biodiversidad del mundo; presenta la mayor reserva de recursos forestales del planeta, incluyendo 30% de los manglares; sus recursos pesqueros potenciales son mayores a 25 millones de toneladas anuales; los arrecifes de coral de Centro América, Sudamérica, y el Caribe son extensos y reconocidos focos de dispersión de especies marinas. Por lo tanto, América Latina y el Caribe constituyen una región ambientalmente privilegiada debido a su gran acervo

relativo de patrimonio natural, biodiversidad y posibilidades de provisión de servicios ambientales y socio-económicos derivados de sus ecosistemas marino-costeros.

No obstante, nuestra región no es ajena a la realidad mundial y se enfrenta a cambios profundos y desafíos que debe resolver, con miras al desarrollo sustentable de sus recursos naturales. Esto implica la evaluación, el uso racional, la conservación y el manejo integrado de ecosistemas y sus recursos explotables. La conservación de esta enorme riqueza es relevante desde el punto de vista biológico, ecológico, social, cultural, económico, ético y estético. El bienestar económico y la mejora de la calidad de vida en los países de América Latina y el Caribe no serán sustentables a menos que los ecosistemas puedan mantener sus procesos y su equilibrio dinámico.

La imagen que se ha difundido del patrimonio natural, como un bien gratuito y relativamente infinito para la escala humana, debe dar paso a una noción distinta, en sincronía con una realidad emergente: que la pérdida creciente de la biodiversidad puede convertirse en un factor limitante para el desarrollo (CEPAL, 2015). Esta es la idea que subyace al concepto de sostenibilidad ambiental o ecológica y sólo puede lograrse mediante la aplicación de políticas y programas de largo plazo, en los cuales la población en general participe. En este sentido es que la comunidad científica dedicada al estudio de los océanos, mares y áreas costeras de América Latina y el Caribe juega un rol muy importante como generadora de conocimientos básicos para instituir un sistema efectivo de gobernanza de los mares y océanos. El conocimiento científico de calidad ayuda a encuadrar los problemas y es fundamental para adoptar decisiones a nivel estratégico, en relación con las políticas y con la gestión de los recursos y del ambiente marino.

Se iniciaba la década de 1970 cuando un grupo de científicos latinoamericanos con conocimientos e intereses comunes sobre las ciencias oceanográficas, que eran una novedad todavía en aquella época, decidió interactuar. Nació, así, la *Asociación Latinoamericana de Investigadores en Ciencias del Mar* – ALICMAR. Este grupo propuso la realización de reuniones técnico-científicas que se profundizaron en debates sobre asuntos pertinentes exclusivamente a Oceanografía Biológica e investigaciones afines. Así, ocurrieron de 1974 a 1983, bianualmente a partir de 1979, los llamados Simposios Latinoamericanos sobre Oceanografía Biológica, teniendo como sede, respectivamente, México (por dos veces), Venezuela, El Salvador, Ecuador, Brasil, Costa Rica y Uruguay. El número de trabajos, que en ese período fueron sometidos fue de casi mil, mostrando un potencial que merecía ser ampliado en participación y espacio geográfico. Con esta intención, y teniendo en vista la aproximación cada vez mayor de oceanógrafos físicos, químicos y geólogos, en 1985 la ALICMAR promueve el I Congreso Latinoamericano de Ciencias

del Mar – COLACMAR, en la ciudad de Santa Marta, en Colombia. En Lima, Perú, en 1987, el evento contó con 225 trabajos sometidos. El record de 792 trabajos sometidos fue registrado en la 4ª edición del evento, realizada en Mar del Plata, Argentina, en 1995, y de allá hasta la fecha, el número de trabajos sometidos creció, al igual que el número de participantes. En la edición, en Viña del Mar (Chile), 2005, asistieron más de 1000 participantes, y posteriormente, en la ciudad de Florianópolis, en 2007, se reunieron 2630 congresistas. En La Habana, Cuba (2009), concurrieron aproximadamente 1100 participantes, donde se discutieron distintos temas ligados al desarrollo técnico-científico de las ciencias del mar. En el año 2011 volvió a repetirse Brasil como país sede, y en esta oportunidad en el Balneario Camboriú se presentaron más de 1000 trabajos científicos, donde asistieron casi 2000 participantes. La última edición del COLACMAR, la XV, ocurrió en 2013 en Punta del Este (Uruguay), a la cual concurrieron más de 900 participantes, presentándose un número similar de trabajos científicos.

El XV COLACMAR en Uruguay tuvo 917 congresistas inscriptos: 247 alumnos de graduación, 220 estudiantes de posgrado y 450 profesionales actuantes en el sector privado, organizaciones no gubernamentales y organismos públicos; incluyó 30 coordinadores nacionales e internacionales en la organización del evento, donde 26% de los congresistas asistentes eran graduandos y 74% profesionales recibidos. Se realizaron cinco conferencias magistrales con panelistas nacionales e internacionales, los trabajos científicos se presentaron en formato oral o póster en 16 simposios temáticos, y adicionalmente se organizaron 10 mesas redondas y se dictaron 16 mini-cursos. El evento contó con la presencia de 19 países y numerosas instituciones nacionales y extranjeras. Ante la masiva participación y contando con el entusiasmo de participantes y organizadores surge la idea de poder materializar académicamente lo ocurrido durante los cinco días del encuentro. Esta idea, inédita en el ámbito del COLACMAR, se materializó en tres volúmenes especiales en reconocidas revistas científicas de divulgación internacional (*Estuarine Coastal and Shelf Science*, *Marine Pollution Bulletin*, *Brazilian Journal of Oceanography*), y en el presente libro.

En el contexto antes mencionado, la edición del libro “Ciencias marino-costeras en el umbral del Siglo XXI: desafíos en Latinoamérica y el Caribe” reúne, bajo la forma de contribuciones científicas de divulgación, conferencias magistrales y capítulos seleccionados escritos por expertos regionales en las diversas temáticas abordadas en el congreso. El volumen contiene, organizados en tres secciones principales, 15 artículos escritos con la participación de más de 60 autores, referidos a diversos aspectos de estructura, funcionamiento y manejo de ecosistemas costero-marinos de una amplia región geo-

gráfica, contribuyendo con el desarrollo de nuevos enfoques y perspectivas de investigación fundamental y de aplicación para el manejo.

Las diversas contribuciones fueron ordenadas de acuerdo a criterios temáticos, y abordan desde aspectos fundamentales de las comunidades y recursos biológicos, hasta el análisis del manejo de los ecosistemas costero-marinos. El área geográfica fundamental abarcada por los capítulos se centra en América Latina y el Atlántico Sudoccidental, con mayor énfasis aun en el Cono Sur, pero incluye también contribuciones con una visión más general a nivel Iberoamericano y europeo, brindando así mayor perspectiva a los contextos locales, en particular en lo referido a los aspectos de gestión y manejo.

En la primera sección, “Estructura y funcionamiento de comunidades y ecosistemas marino-costeros”, compuesta por seis artículos, se abordan temáticas básicas sobre aspectos físicos y biológicos en estuarios, zonas costeras y plataforma continental. Estas contribuciones focalizan particularmente en la dinámica de sedimentos y la geomorfología costera (capítulos 1 a 3), así como también en la biodiversidad estuarina, el reclutamiento de organismos marinos y la diversidad de peces (capítulos 4 a 6).

La sección “Ecología, manejo y gestión de recursos marino-costeros” contiene cinco artículos que permiten vincular la investigación fundamental (arrecifes coralinos, conservación de mamíferos marinos y modelos tróficos; capítulos 1 a 3) con los desafíos de su aplicación como insumos para el manejo y la conservación. Por su parte, los últimos aportes para esta sección exploran, desde una perspectiva integral, aspectos relacionados con problemáticas costeras y ambientales, a partir dos campos diferentes como son la popularización del conocimiento (capítulo 4) y los arreglos institucionales para el manejo (capítulo 5).

Finalmente, la sección “Manejo integrado de ecosistemas marino-costeros”, aborda en sus cuatro artículos desafíos y nuevas perspectivas de manejo marino-costero en un contexto geográfico amplio, incluyendo inicialmente la gestión de los usos del mar en Europa (capítulo 1) y una síntesis de experiencias para el manejo costero integrado en Iberoamérica (capítulo 2). Cierran esta sección y el volumen, dos contribuciones sobre nuevos enfoques de gestión integrada de playas y costas, en torno a conceptos innovadores sobre servicios ecosistémicos (capítulo 3) e integridad ecológica (capítulo 4), en ambos casos en América Latina.

Es nuestra intención, que el espíritu ameno y la filosofía constructiva que caracterizan a las ediciones del COLACMAR se traduzcan en el contenido del presente libro, cuyo objetivo es compartir y divulgar el conocimiento sobre Ciencias del Mar en países de América Latina y el Caribe. El libro se publica en idioma Español/Portugués y cada capítulo cuenta con un abstract, resumen y resumen. Dada la participación de renombrados especialistas a nivel

internacional en el área de las ciencias marinas y costeras, este libro está dirigido a jóvenes estudiantes, investigadores, técnicos, académicos, gobiernos, sector social, público y privado, instituciones y público en general, con la meta última de facilitarles la oportunidad de acceder y conocer parte del conocimiento compartido, y de investigaciones científicas orientadas a la toma de decisiones para el desarrollo sostenible de los recursos y zonas marino-costeras de la región.

■ Bibliografía

- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2015. El desafío de la sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe. Páginas selectas de la CEPAL, Naciones Unidas, ISBN: 978-92-1-057087-9 (publicación electrónica).
- European Commission, 2012. Blue Growth – Opportunities for Marine and Maritime Sustainable Growth, COM(2012) 494 Final. Brussels; 13.9.2012.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

Prólogo

Juan Cristina. Decano Facultad de Ciencias,
Universidad de la República, Uruguay

■ El futuro del mar es también nuestro futuro

El Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR) de 2013 reunió más de 1000 participantes de todo el mundo. Sin duda, las ciencias del mar revelan el enorme interés que las mismas tienen para el futuro, no solo del mar y de nuestro entorno, sino para el futuro de las comunidades humanas que habitan el planeta. El desarrollo armónico y sustentable del mar es equivalente al desarrollo armónico y sustentable de las comunidades humanas. Este adquiere cada día mayor importancia. A modo de ejemplo, baste mencionar los efectos causados por la acidificación de los océanos causadas por las emisiones de CO₂ proveniente de las actividades humanas y el impacto que esto ya tiene en la vida marina y en los recursos renovables de nuestros mares. Sabemos hoy que los océanos se acidifican a una velocidad como nunca antes vista en los últimos 65 millones de años, y que este impacto en los ecosistemas marinos en las próximas décadas serán profundamente disruptivos, desde los polos a los trópicos. La contaminación por plástico del medioambiente marino, el cambio climático a través de nuestros mares, etc., revelan la importancia de los temas tratados en COLACMAR.

Aproximarse a predecir el estado actual y futuro de nuestros mares es una tarea urgente. Todavía conocemos poco de un vasto ecosistema que contiene mucho. Solo un porcentaje significativamente pequeño del suelo marino y oceánico está mapeado con la exactitud comparable con la superficie terrestre de nuestro planeta.

Estudios científicos realizados a lo largo de una década muestran que la vida en el mar contiene un cuarto de millón de especies marinas, con una

estimación de un millón o quizás más de especies a ser descubiertas, sin contar las formas de vida microbiana. Es mucho más lo que nos queda por buscar. El mar y el océano hacen que el mundo funcione como lo hace, dirige el clima, genera más de la mitad del oxígeno en la atmósfera, estabiliza la temperatura, contribuye a la química del planeta y hace un planeta hospitalario para la vida como la conocemos hoy. El mar y el océano, el 97 % del agua de la tierra, es un complejo ecosistema de bacterias, virus, organismos unicelulares, organismos planctónicos, así como miles de pequeños, medianos y grandes animales y plantas que juegan un papel estratégico en la biosfera y en el futuro de la misma. Hoy sabemos que el mar y el océano son centrales en el soporte de la vida en la tierra. Si ellos tienen problemas, nosotros también los tendremos. Es cada vez más evidente que existen límites razonables y tolerables de lo que los ecosistemas marinos pueden absorber, y está claro también de los límites de lo que se puede extraer sin causar serias consecuencias al desarrollo sustentable de nuestras comunidades humanas.

Estoy seguro de que el lector encontrará en los capítulos de este libro abordajes claros y profundos del estado actual del conocimiento del mar, así como un enfoque científico de los dilemas que hoy enfrentan estos ecosistemas. El futuro del mar es, ciertamente, nuestro futuro.

Alejandro Yáñez-Arancibia. Instituto de Ecología A. C.,
INECOL, México

Los colegas editores del libro "**Ciencias Marino-Costeras en el Umbral del Siglo XXI: Desafíos en Latinoamérica y el Caribe**", me invitaron para escribir algunas palabras de Prólogo. Es una distinción inmerecida, pero que acepto con mucho gusto, porque los recuerdos durante el Congreso COLACMAR XV de octubre del 2013 en Punta del Este, persisten muy actuales en mi memoria, disfrutando el afecto de colegas y amigos de muchos países. Sin embargo, dado el título de este libro, prefiero escribir algo como Prefacio en lugar de Prólogo. Esto, porque el primero es más abierto en lo cultural, y el segundo es más estricto en relación al origen del libro. Prefacio y Prólogo se complementan, razón por lo que confío en que los editores del libro no me descarten, por salirme de los "márgenes restrictivos" del tema.

América Latina y el Caribe conforman una de las regiones más espectaculares de la zona costero-marina del planeta. Y esta aseveración nos invita a explorar diferentes umbrales, horizontes, y perspectivas, para visualizar la complejidad de los desafíos de la región en el umbral del siglo XXI.

■ Territorios costeros y áreas críticas de América Latina

Un “bioma” es la expresión cartográfica más grande que reúne uno o varios ecosistemas, como generalmente se ilustra en mapa de escala mundial, y normalmente la característica diagnóstica que prevalece es el tipo de vegetación primaria dominante, la cual ejerce control sobre otra vegetación y la fauna asociada; en consecuencia, vegetación, clima, geomorfología y suelo tipifican al bioma a escala macro regional. Eso es una visión válida pero esencialmente continental y terrestre. En ese contexto, el “territorio costero”, por su extensión acuático-geográfica latitudinal, puede cruzar a través de varios biomas, se extiende por varios climas, incorpora diferentes patrones de vegetación, presenta geomorfología y suelos diferenciados, y todo en la frontera continente-océano.

Observando los litorales Latinoamericanos se vislumbran regiones de gran *unicidad* como son los mega-deltas. Presentan perspectivas globales para el manejo integrado de la zona costera; sobre todo por su analogía ecosistémica. América Latina descarga al océano más de 310,000 m³/s de agua dulce en promedio anual, con el 96% de esos volúmenes al litoral Atlántico/Caribe y el 4% al Pacífico. Se conoce que el océano costero es usuario adicional de agua dulce, necesario para condicionar la fertilidad acuática hacia una plataforma continental con 16 millones de km², donde se estima que Latinoamérica dispone de 25 × 10⁶ ton/año de pesca potencial en el umbral del siglo XXI. En América Latina: agua dulce, sedimentos, hidrología costera y fisiografía, condicionan el establecimiento de manglares, bosques anfibios que representan el 30% de los manglares del planeta. De los 64 Grandes Ecosistemas Marinos (LME, sigla en inglés) del mundo oceánico-costero, el 15.6% se encuentra en Latinoamérica (www.edc.uri.edu/lme), interactuando ecológicamente con sistemas deltaicos, para conformar Ecosistemas Biocomplejos-Costero-Marinos representativos de grandes regiones ambientales.

Para estos sistemas costero-marinos, el desafío Latinoamericano es resolver cuestionamientos ecológicos, como por ejemplo: 1) Mecanismos que condicionan la producción primaria acuática, 2) Vulnerabilidad costera por el cambio climático global, 3) Interrelación de los pulsos físico/ambientales para comprender el manejo-ecosistémico, 4) Variabilidad de los recursos pesqueros, 5) Soluciones eco-tecnológicas para restaurar humedales costeros, 6) Los límites del desarrollo económico sin comprometer la integridad ecológica y los servicios ambientales de la zona costera, 7) Internalizar la crisis energética hacia el futuro del desarrollo, 8) Acoplar el MIZC con el manejo de LME, y 9) Formación de recursos humanos. Como conclusión de esta perspectiva, se establece que los Sistemas Biocomplejo-Costero-Marinos de Latinoamérica son el mejor ejemplo para la aproximación de escala de *manejo-regional*

en un escenario integrado del paisaje de las tierras bajas: “llanura costera / cuenca hidrográfica /delta /lagunas /estuario /mar”. El desafío para la Agenda de Segunda Generación en el umbral del siglo XXI debe implementar el enfoque-ecosistémico como “la marca de la casa”: 1) Cuantificar espacialmente los hábitats costero-marinos definiendo interrelaciones ecológicas desde la llanura costera hasta el océano, 2) Cuantificar la estacionalidad funcional de esos hábitats, 3) Internalizar los efectos del cambio climático, 4) Optimizar la “crisis energética” internalizándola con las eco-tecnologías de restauración, 5) Establecer que el futuro de las ciencias costeras hacia el manejo de recursos es “ecosistémico”, estableciendo que el desarrollo socioeconómico debe asegurar la integridad ecológica de los ecosistemas y la capacidad de resiliencia de los servicios ambientales.

Durante COLCAMAR XV, mencionamos como Sistemas Biocomplejo-Costero-Marinos de Latinoamérica, que son indicativos como ‘mega-deltas-bahías’ fuertemente acoplados con Grandes Ecosistemas Marinos (LME) adyacentes, a los siguientes ecosistemas en escala macro regional:

- 】 Delta Grijalva Usumacinta Centla-Términos Sistema Regional - LME 5 (México).
- 】 Delta Río de la Plata Sistema Regional - LME 14 (Argentina, Uruguay).
- 】 Lagoa Dos Patos Sistema Regional - LME 15 (Brasil).
- 】 Amazonas Delta Sistema Regional - LME 17 (Brasil).
- 】 San Francisco Delta Sistema Regional - LME 16 (Brasil).
- 】 Biobío Cuenca Sistema Regional - LME 13 (Chile).
- 】 Estuarios Tipo Fiordos - LME 13 (Chile).
- 】 Delta del Guayas Sistema Regional - LME 11 (Ecuador).
- 】 Delta Magdalena Pajarales Santa Marta Sistema Regional - LME 12 (Colombia).
- 】 Delta del Orinoco Sistema Regional - LME 12 (Venezuela).
- 】 Delta Golfete Rio Dulce/Motagua/Sarstun - LME 12 (Guatemala).
- 】 Delta Ríos Térraba Sierpes - LME 11 (Costa Rica).
- 】 Golfo de Fonseca - LME 11 (Salvador, Honduras, Nicaragua).

En estos sistemas biocomplejos de los litorales de Latinoamérica, es fundamental el balance ecológico de los sistemas deltaicos, entre las fuerzas que inducen el deterioro ambiental y las fuerzas que inducen el crecimiento y la sustentabilidad ecológica. Además, es evidente el acoplamiento de las interacciones físicas, biológicas y socio económicas, en el *continuum* que va desde la planicie costera en la cuenca baja de los ríos, hasta el océano adyacente marcado por el efecto de la pluma estuarina. La visión macro de ‘manejo-regional’ en un escenario integrado del paisaje de las tierras bajas:

“llanura costera /cuenca hidrográfica /delta /lagunas /estuario /mar”, será el enfoque requerido; así como la restauración de ecosistemas degradados y gestión ambiental con nuevas tecnologías. Desde el punto de vista estructural y funcional, los pulsos de intercambio y exportación de energía y materiales entre la tierra y el mar, no ocurren exclusivamente siguiendo el ritmo de las mareas y los volúmenes de descarga de agua dulce, sino también ocurren en un proceso intermitente que provocan las tormentas, inundaciones, vientos, huracanes, y otros eventos climáticos y meteorológicos.

■ **Integridad ecológica vs desarrollo costero**

El desarrollo equilibrado de la zona costero-marina depende de la sustentabilidad de los servicios ambientales que sostienen a las actividades productivas. Desarrollo que depende de ofrecer comida, cultura, trabajo, seguridad, hospedaje, comunicaciones, infraestructura, clima, paisaje y ambiente sano. Todo de alta calidad y en equilibrio. Pero, el impacto antropocéntrico sobre los ecosistemas y sus recursos explotables, por una parte, y el “cambio climático”, por otra, tienen su propia agenda y amenazan severamente descomponer las piezas de esta ecuación desintegrando cualquier ecosistema. Sinérgicamente, la “presión social y económica” para el desarrollo de la zona costera tiene una visión productivista de corto plazo que, en ocasiones, puede producir tanto impacto como el cambio climático.

En América Latina y el Caribe, todavía falta conciencia y ética para comprender que, parte de la solución es la “evaluación/planificación ambiental estratégica” y el “manejo-ecosistémico costero” de mediano y largo plazo, donde el papel del sector privado debiera ser mucho más comprometido y relevante; sobre todo por el débil interés del sector político, más aún frente a políticas públicas ambientales confusas y comprometidas con la corrupción. De las piezas de la ecuación de sustentabilidad ambiental del desarrollo, la “gallina de los huevos de oro” es la integridad ecológica de la naturaleza.

¿Cómo enfrentar y avanzar frente a esta situación, buscando certificar la sustentabilidad ambiental del desarrollo social y económico en América latina? La respuesta es compleja pero, evidentemente, debe comenzar por integrar los intereses en conflicto de los sectores social, económico, ambiental y jurídico normativo.

La gestión ambiental, por una parte, y el manejo integrado de la zona costera y sus recursos, por otra, aún cuando se “habla” de ello desde hace treinta años, continúan siendo emergentes en términos de planteamiento teórico, bases conceptuales y ruta metodológica para América Latina. Sobre todo cuando todavía se habla de “gestión” y “manejo”, equivocadamente como “sinónimos”.

No obstante, los esfuerzos en América Latina y el Caribe han producido algunos resultados. Y en diversos países se observa que, continúa siendo prioritario: 1) Analizar implicaciones derivadas del desarrollo de la zona costera, conflictos de uso, e interrelaciones físicas, sociales, económicas, ecológicas y jurídicas, 2) Proveer información científica esencial para implementar programas de soporte a la gestión ambiental efectiva y funcional, 3) Describir los beneficios del manejo costero integrado y su utilidad como instrumento de gestión ambiental, 4) Establecer que los sectores público, social, privado, académico, usuarios y organizaciones-no-gubernamentales, juegan papeles significativos para determinar el óptimo usos del agua, del suelo y de biomasa en la zona costera, 5) Ofrecer información para construir el esfuerzo nacional hacia el desarrollo socioeconómico de la zona costera y sus ecosistemas, 6) Analizar políticas, proyectos demostrativos, y tecnologías apropiadas, para el desarrollo, la conservación y la restauración de las costas y sus humedales, 7) Orientar la mitigación en el desarrollo de proyectos socioeconómicos que impactan significativamente, incluido en ello los impactos del cambio climático, 8) Estimular se incorpore la gestión integrada de la zonas costera dentro del proceso de planificación estratégica y desarrollo nacional, 9) Analizar iniciativas, p.ej., panel, coloquios, seminarios, mesas redondas, otros) orientadas a consensuar el manejo integrado de la zona costera –como instrumento-, y la gestión ambiental fundamentada –como política-, y 10) es urgente implementar Programas Integrales de Rehabilitación Ambiental de la Zona Costera, con visión ecosistémica, holística, regional y de adaptación y mitigación al cambio climático.

■ Un referente que puede aplicar en América Latina

La Comisión sobre Política Oceánica y Costera de los Estados Unidos (*U.S. Commission on Ocean & Coastal Policy*), y la Comisión de los Océanos de la Fundación Pew (*Pew Ocean Commission*), recomiendan adoptar el “**Manejo-Ecosistémico**” como la piedra angular de una nueva política de uso y protección de los recursos costeros y oceánicos, integrando en ello el uso y protección de los recursos de manera sostenida y equilibrada.

El 21 de marzo de 2004, en Washington DC, más de 200 científicos, académicos y expertos en política ambiental, firmaron el Planteamiento Consensuado sobre Manejo Basado en el Ecosistema (*Consensus Statement on Marine Ecosystem-Based Management*). El documento destaca la comprensión científica y el carácter único de los ecosistemas costero-marinos, y explica como éste conocimiento fundamenta la necesidad de un nuevo enfoque de manejo de los recursos naturales. El 20 de septiembre de 2004, el informe

final fue presentado por la *U.S. Commission on Ocean & Coastal Policy*, al Presidente Bush y oficiales en la Casa Blanca.

El enfoque fue adoptado para el Gran Ecosistema Marino del Caribe (*The Caribbean Large Marine Ecosystem LME-13*, Fanning *et al.*, 2011), y para el Gran Ecosistema Marino del Golfo de México (*The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem LME-5*, Day y Yáñez-Arancibia 2013). El planteamiento teórico, conceptual y metodológico, considera como esencial: La Meta, mantener el ecosistema saludable, resiliente y productivo. El Impacto, proyectar el desarrollo científico para fundamentar la toma de decisiones ambientales y fortalecer una gobernanza efectiva. El Principio Guía, los recursos deben ser manejados para reflejar las relaciones humanas en su interés social y económico, sin comprometer la integridad ecológica del ecosistema, y en equilibrio socio económico y ambiental con la biodiversidad. Considerando, que el cambio climático es la amenaza más seria del siglo XXI para hacer In-sostenible todo el proceso de desarrollo, pero sugiriendo la planificación ambiental estratégica de largo plazo como parte de la solución (Yáñez-Arancibia *et al.*, 2011, 2013).

Durante los últimos 10 años se ha desarrollado un notable avance de teoría y conceptos que están cambiando el enfoque del manejo de ecosistemas y sus recursos naturales. El Manejo-Ecosistémico (ME) (*Ecosystem-Based Management, EBM*), es una herramienta apropiada para la zona costera Latinoamericana, que integra las fronteras ecológica, social, económica y jurídica, particularmente eficaz hacia el manejo costero integrado por la gran heterogeneidad de hábitats y gradientes acoplados entre humedales de la llanura costera, lagunas, estuarios, deltas y la pluma estuarina sobre la plataforma continental. Esto es un importante gradiente de hábitats acoplados en un sistema biocomplejo con interés socioeconómico en conflicto. Desde el punto de vista de escalas espaciales y temporales, y el funcionamiento integral de la zona costera, el enfoque metodológico fundamenta que la cuenca de drenaje con respecto al gradiente de hábitats acoplados “*cuenca baja / humedales /delta /laguna costera /estuario /pluma estuarina*”, es el nivel ecosistémico óptimo para el enfoque del Manejo-Ecosistémico-Costero en costas tropicales y subtropicales de América Latina y el Caribe.

■ Epílogo

Desde la perspectiva del manejo-basado-en-el-ecosistema (*ecosystem-based-management EBM, US Commission on Ocean Policy*), en Hershman y Hansen (2006), la respuesta del ambiente y de los hábitats bajo variabilidad extrema está modulada por la influencia del clima que afecta los componentes biofísicos del ecosistema. EBM ha emergido como un principio que guía

las nuevas políticas de gestión y manejo de ecosistemas y sus recursos explotables. Debido a que EBM es una herramienta de respaldo al desarrollo socioeconómico, integrando la ecología con las dimensiones sociales y económicas, permite: a) Reducir las distorsiones socio económicas que afectan la biodiversidad, b) Sugerir incentivos para promover la conservación de la biodiversidad y su utilización sustentable, c) Internalizar costos y beneficios revalorando los servicios que desempeña el ecosistema, d) Comprender el concepto de gradiente-de-hábitats en la zona costera y cómo aplica en el enfoque del manejo de recursos naturales y, e) Mantener en mente que -en cualquier latitud de América Latina- sólo es sustentable el manejo basado en la integridad ecológica del ecosistema y su funcionamiento.

Al final del día, habrá que considerar tanto las regulaciones gubernamentales, los planes nacionales del desarrollo, como los requerimientos sociales hacia cambios de valores y mecanismos que regulan la economía y que por lo general desconocen los servicios ambientales del ecosistema.

Esto no es una tarea fácil, pero hacia un manejo sustentable de ecosistemas y recursos explotables en el futuro inmediato de América Latina y el Caribe, esto es absolutamente necesario.

■ Referencias citadas

- Day, J. W., A. Yáñez-Arancibia (Eds.), 2013. Ecosystem-Based Management, Volume 4 The Gulf of Mexico Origin, Water, and Biota, Harte Research Institute Series, Texas A&M University Press, College Station, TX, USA, 460 pp.
- Fanning, L., R. Mahoon, P. McConney (Eds.), 2011. Towards Marine Ecosystem-Based Management in the Wider Caribbean. Amsterdam University Press, The Netherlands, MARE Publications Series No. 6, 426 pp.
- Hershman, M. J., J. R. Hansen, 2006. The U.S. Commission on Ocean Policy: An Historical Overview 1997-2005. *Ocean Yearbook* 20: 93-145.
- Weinstein, M. P., J. W. Day, 2014. Restoration ecology in a sustainable world. *Ecological Engineering*, Special Issue 65: 1-8.
- Yáñez-Arancibia, A., J. W. Day, B. Knoppers y J. A. Jiménez, 2011. Coastal Lagoons and Estuaries: the ecosystem-based-management approach. Chapter 17: 241-254, In: L. Fanning, R. Mahon, P. McConney (Eds.), *Towards Marine Ecosystem-Based Management in the Wider Caribbean*. MARE Series No. 6, Amsterdam, The Netherlands, 426 pp.
- Yáñez-Arancibia, A., J. W. Day y E. Reyes, 2013. Understanding the coastal ecosystem-based management approach in the Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 63: 243-261.

Lista de autores participantes

- Alejandro Yáñez-Arancibia-** Instituto de Ecología A. C., INECOL (CONACYT), Xalapa, Veracruz, México
- Alfredo Cabrera Hernández-** Grupo COSTATENAS, Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba
- Alicia Acuña Plavan-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Amílcar Davyt-** Unidad de Ciencia y Desarrollo (UCD), Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Ana Manzano-** Proyecto GEF-PNUD Sabana-Camagüey, Cuba
- Andrés C. Milessi-** Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina; Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Argentina
- Andrés de la Rosa-** CURE-Rocha, Universidad de la República, Uruguay
- Andrés Jaureguizar-** Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina; Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Argentina
- Angel Alfonso Martínez-** Universidad de Matanzas y Delegación territorial de Ciencia, Tecnología y Medio ambiente en Matanzas, Cuba
- Angela López Rodríguez-** Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, Colombia
- Camilo Botero-** Grupo Joaquín Aaron Manjarres, Universidad Sergio Arboleda, Santa Marta, Colombia; Grupo de Investigación en Sistemas Costeros, Playascol Corporation, Colombia
- Carmen Membrives-** Proyecto GEF-PNUD Sabana-Camagüey, Cuba
- Carolus Maria Vooren-** Departamento de Oceanografía, Laboratório de Elasmobrânquios e Aves Marinhas, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande-RS, Brasil

- Christian Chreties-** Facultad de Ingeniería, Universidad de la República-UdelaR, Uruguay
- Cristina Pallero Flores-** Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, España
- Daniel Conde-** Limnología, Facultad de Ciencias; CURE; Espacio Interdisciplinario, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay
- Daniel de Álava-** CURE-Rocha, Universidad de la República Rocha, Uruguay
- Daniel Panario-** UNCIEP, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Diana Szteren-** Sección Vertebrados, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay
- Diego Lercari-** Unidad de Ciencias del Mar (UNDECIMAR), Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay; CURE-Rocha, Universidad de la República Rocha, Uruguay
- Ernesto Brugnoli-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Felipe García-Rodríguez-** CURE-Rocha, Universidad de la República, Uruguay
- Francisco Armando Arias-Isaza-** Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, Colombia
- Gerardo Verduzco-** Facultad de Ciencias Marinas - Universidad de Colima; Organización No Gubernamental Propiciando sociedades sustentables, Tijuana, México
- Gonzalo Velasco-** Instituto de Oceanografía, Universidad Federal de Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil
- Grace Casas-** Proyecto GEF-PNUD Sabana-Camagüey, Cuba
- Gustavo Piñeiro-** Facultad de Ciencias, Universidad de la República-UdelaR, Uruguay
- Héctor Caymaris-** Intendencia de Rocha, Uruguay
- Hendrik Lantzsch-** MARUM – Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Germany.
- Hilda Mendoza-Rentería-** Facultad de Ciencias Marinas - Universidad de Colima; Organización No Gubernamental Propiciando sociedades sustentables, Tijuana, México
- Irene Machado-** CURE-Rocha, Universidad de la República, Uruguay
- J.A.M. Gómez-** Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, España
- Javier García Onetti-** Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, España

- Javier Vitancurt-** CURE-Rocha, Universidad de la República Rocha, Uruguay
- John W. Day-** Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, USA
- Jorge Cortés-** Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica; Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica
- Jorgelina Moré-** Proyecto GEF-PNUD Sabana-Camagüey, Cuba
- José Dadon-** GEC-FADU-UBA, CONICET, Argentina
- José Verocai-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Juan M. Gutiérrez-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Juan Pablo Lozoya-** Centro Interdisciplinario para el Manejo Costero Integrado del Cono Sur (MCISur), Montevideo; CURE-Maldonado, Universidad de la República, Maldonado, Uruguay
- Laura Perez-** CURE-Rocha, Universidad de la República, Uruguay
- Leonardo Seijo-** Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Uruguay
- Lorena Rodríguez-Gallego-** CURE-Rocha, Universidad de la República Rocha, Uruguay
- Luis Giménez-** School of Ocean Sciences, Bangor University, United Kingdom
- Luis Teixeira-** Facultad de Ingeniería, Universidad de la República-UdelaR, Uruguay
- Maite De María-** Sección Vertebrados, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay
- Marcus Polette-** Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Oceanografía, Universidade do Vale do Itajaí, Brasil
- Maria Cristina Oddone-** Instituto de Ciências Biológicas, Setor de Morfologia, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande-RS, Brasil
- Marinez Scherer-** Comité directivo del Foro del Mar, Universidad Federal de Santa Catarina, Agencia costera brasileña, Brasil
- Marisa Hutton-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República; Asociación Oceanográfica Uruguaya (AOU), Uruguay
- Martinus Filet-** Agencia costera brasileña, Brasil
- Mercedes Arellano-** Proyecto GEF-PNUD Sabana-Camagüey, Cuba
- Michel M. de Mahiques-** Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil
- Milton Asmus-** Comité directivo del Foro del Mar, Universidad Federal de Rio Grande, Agencia costera brasileña, Brasil

- Natalia Verrastró-** CURE-Rocha, Universidad de la República Rocha, Uruguay
- Natalie Muñoz-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Ofelia Gutiérrez-** UNCIEP, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Omar Cervantes-** Facultad de Ciencias Marinas (FACIMAR), Universidad de Colima, Manzanillo, México
- Patricia Correa-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Paula Cristina Sierra-Correa-** Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, Colombia
- Paulo da Cunha Lana-** Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil
- Pedro Arenas Granado-** Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, España
- Renata H. Nagai-** Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo; Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University
- Ricardo Cetrulo-** CURE-Maldonado, Universidad de la República Rocha, Uruguay
- Roberto Fèvre-** GEC-FADU-UBA, CONICET, Argentina
- Rodolfo Vögler-** CURE-Rocha, Universidad de la República Rocha, Uruguay
- Rodrigo Gurdek-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Ruben Canavese-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Samanta Stebniki-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Sebastián Solari-** Facultad de Ingeniería, Universidad de la República-UdelaR, Uruguay
- Teresa Yakelyn Quintero-** Proyecto GEF-PNUD Sabana-Camagüey, Cuba
- Till J.J. Hanebuth-** MARUM–Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Germany; Coastal Carolina University, School of Coastal and Marine Systems Science, South Carolina, U.S.A.
- Verónica Severi-** Oceanografía y Ecología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay
- Victoria Besada-** Centro Oceanográfico de Vigo, Instituto Español de Oceanografía (IEO), Vigo, España
- Ximena Lagos-** CURE-Rocha, Universidad de la República Rocha, Uruguay

Agradecimientos a los revisores

Agradecimiento especial a los siguientes colegas por haber brindado sus aportes al corregir los diferentes capítulos y lograr que la obra sea de una mayor calidad académica.

Alex Bastos – Departamento de Oceanografía e Ecología, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.

Ángel Borja – AZTi-Tecnalia, Pasaia, España.

Ernesto Brugnoli – Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

Claudio Campagna - Wildlife Conservation Society, EEUU.

Daniel Conde – Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

Andrés Jaureguizar – Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Argentina.

Rubens Lopes – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Brasil.

Alvaro Morales – Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Pablo Muniz - Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

Walter Norbis - Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

Cesar Pegoraro – Mata Atlântica, São Paulo, Brasil.

Jeffrey Sibaja Cordero- Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Roberto Violante – Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, Argentina.

Natalia Venturini - Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

Cópia de autor

Sección

1

**Estructura y funcionamiento de comunidades
y ecosistemas marino-costeros**

Capítulo

1.3

Caracterización y dinámica de la costa uruguaya, una revisión

Ofelia Gutiérrez^{@, 1}, Daniel Panario¹

[@] Autor corresponsal: oguti@fcien.edu.uy, gutierrez.ofelia@gmail.com

¹-UNCIEP, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA), Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay.

■ Resumen

Uruguay, entre la desembocadura del río Negro en el río Uruguay y el arroyo Chuy, cuenta con 700 km de playas de ambientes dominados por las olas. La mayor parte de esos ambientes son playas arenosas. Esta costa, desde un punto de vista geomorfológico, es caracterizada a partir de la dirección de la deriva, la morfología, la dinámica, la salinidad, los controles estructurales subacuáticos y las fuentes de sedimentos, en cuatro sectores: bajo Uruguay, estuario interior, estuario exterior y costa oceánica. Si bien en términos generales nuestra categorización es coincidente con las eco-regionalizaciones realizadas teniendo en cuenta factores como salinidad, profundidad, y su biota asociada, difiere en algunos límites.

Estos cuatro sectores a su vez se subdividen en tramos menores (unidades funcionales), determinadas a partir de la delimitación de celdas de circu-

lación de sedimentos, siendo analizados los principales problemas detectados en cada una de ellas. Para cada unidad funcional son analizadas las fuentes de sedimentos, caracterizando cuando corresponde, las causas de su déficit y siempre que es posible, identificando las intervenciones o procesos naturales que las provocan.

Los principales problemas detectados en la costa derivan de una visión estática que se tiene de ella, por lo cual se suelen realizar actividades contradictorias, ignorando en términos generales la gravedad de los procesos que las mismas desencadenan. Entre las principales intervenciones inadecuadas se señalan: la forestación de dunas, urbanizaciones densas y mal planificadas, obras de infraestructura incorrectamente diseñadas o emplazadas, extracción de arena para la construcción; a las que se suman procesos tales como la invasión de dunas por especies exóticas.

■ Palabras clave

Playas arenosas, caracterización de la dinámica costera, Uruguay.

Caracterização e dinâmica da costa uruguaia, uma revisão

■ Resumo

Uruguai entre a boca do Rio Negro no Rio Uruguai e o Arroio Chuí, possui 700 km de praias de ambientes dominados pelas ondas. A maior parte desses ambientes são praias arenosas. Esta costa, desde um ponto de vista geomorfológico, é caracterizada a partir da direção da deriva, da incidência das enchentes fluviais, morfologia, dinâmica, salinidade, controles estruturais subaquáticos e fontes de sedimentos, em três setores: baixo Uruguai, estuário (o qual por sua vez subdivide-se em estuário interior, médio e exterior) e zona atlântica. Enquanto em termos gerais a nossa categorização é coincidente com as eco-regionalizações realizadas levando em consideração fatores tais como a salinidade e profundidade, ela difere em alguns limites. Estes três setores por sua vez subdividem-se em áreas menores, determinadas a partir da delimitação de células de circulação de sedimentos; sendo analisados os principais problemas detectados em cada uma delas. Para cada unidade funcional são analisadas as fontes de sedimentos, caracterizando as causas do seu déficit e sempre que foi possível identificando as intervenções ou processos naturais que as provocam. Os principais problemas detectados na costa derivam de uma visão estática dela, a partir da qual, atividades contraditórias

têm sido realizadas, ignorando em termos gerais, a gravidade dos processos que têm sido desencadeados. Dentre as principais intervenções inadequadas mencionam-se: o florestamento de dunas, urbanizações densas e mal planejadas, obras de infraestrutura incorretamente desenhadas ou posicionadas, a extração de areia para a construção, além da invasão de dunas por espécies exóticas.

■ Palavras chave

Praias arenosas, caracterização da dinâmica costeira, Uruguai

Characterization and dynamic of the Uruguayan coast, a review

■ Abstract

Between the confluence of the Negro River with the Uruguay River, and the Chuy Creek, Uruguay has 700 km of wave-dominated shoreline. Most of these shores are sandy beaches. From a geomorphological point of view, this coastline is classified by drift direction, morphology, dynamics, salinity, underwater structural controls and sediment sources, into four sectors: the lower Uruguay river, the inner estuary, the outer estuary and the oceanic coast. While our classification is generally consistent with the eco-regions defined by factors such as salinity, depth and associated biota, there are some differences in the sector limits.

These four sectors were subdivided into smaller areas (functional units) on the basis of defining sediment circulation cells, and the main problems in each were analysed. For each functional unit, sediment sources were analysed. Causes of deficits, where applicable, were characterised, and the interventions or natural processes causing them were identified wherever possible.

The main problems identified on the coast are derived from the view that it is a static ecosystem. Contradictory activities have taken place, generally ignoring the seriousness of the processes they have triggered. Among the main inappropriate interventions are: afforestation of dunes, dense and poorly planned urbanizations, improperly designed or sited infrastructure works, sand mining for construction, and other processes such as the invasion of dunes by exotic species.

■ Keywords

Sandy beaches, coastal dynamics characterization, Uruguay.

■ Introducción

La evolución de las zonas costeras está estrechamente relacionada con los fenómenos relativos de ascensos y descensos territoriales y/o del nivel del mar, con los consecuentes desplazamientos de la línea de costa en el plano horizontal (Codignotto 1996), y consecuentemente a procesos de erosión y acreción; donde olas, corrientes y mareas van modelando las áreas costeras. La evolución de estas costas estuvo pautaada por la alternancia de fases transgresivas y regresivas como resultado de la sucesión de paleoclimas y las variaciones del nivel del mar que caracterizaron al Holoceno.

A escalas temporales más reducidas (decenas de años o menores) la responsabilidad de las modificaciones de la línea de costa se asocia a la subida del nivel del mar relacionada al cambio climático. También pueden ser responsables de las variaciones observadas, oscilaciones de diferente período de recurrencia como teleconexiones, por ejemplo: la Oscilación del Atlántico Norte (Ortega *et al.* 2013), el ENSO (Gutiérrez *et al.* 2015, 2016), el ciclo de Rossby (Simionato *et al.* 2005, 2007), u otras que modifican la temperatura de las corrientes marinas o directamente la circulación atmosférica, aunque el conocimiento de su efecto sobre dicha relación es aún incipiente. Sin duda las intervenciones humanas han demostrado ser más significativas que los procesos naturales. La responsabilidad de cada uno de estos factores y sus eventuales acoplamientos son muy complejos, pero su estudio es clave para establecer escenarios futuros y medidas de adaptación o mitigación.

En el presente trabajo se adelantan algunas hipótesis de la incidencia de las diferentes forzantes en los sectores de costa analizados.

■ Caracterización

Esta región en general, presenta características ambientales excepcionales, derivadas de la interacción entre masas de agua de diferente proveniencia, lo cual origina una importante heterogeneidad ambiental (Brazeiro y Defeo 2006).

Dada la singularidad de cada sector de la costa uruguaya, para su análisis en profundidad se requiere una caracterización de la misma que permita determinar su respuesta a los diferentes impulsores de cambio y sus márgenes de resiliencia.

Uruguay cuenta con aproximadamente 700 km (medidos a escala 1:500.000) de playas de ambientes dominados por las olas, entre la desembocadura del río Negro y el arroyo Chuy (Panario y Gutiérrez 2005, 2006, Gómez *et al.* 2008). Son ambientes micromareales con una amplitud de marea máxima de 50 cm y se encuentran sometidos a vientos fuertes que superan los 100 km/h por más de 24 horas de proveniencia del S (S, SSW, SW y SSE),

que producen elevaciones del nivel del mar que han llegado a superar los 3 metros sobre el nivel medio del mar (SNMM) a la altura de Montevideo (MTOF/PNUD/UNESCO 1979, Gutiérrez *et al.* 2015).

Se trata de playas mayoritariamente en equilibrio inestable (playas con deriva dominante), con forma de arcos espiral logarítmicos (Panario 1999, Gómez-Pivel *et al.* 2001, Panario y Gutiérrez 2005, Gadino *et al.* 2012), incluyendo también algunas playas de bolsillo (*pocket beach*), particularmente en el Departamento de Montevideo (como Pocitos, Ramírez, La Colorada, Santa Catarina, entre otras).

El transporte de sedimentos a lo largo del litoral es inducido por las olas que inciden directamente sobre la costa. En costas abiertas, estas olas denominadas de mar de fondo (*swell*) fueron generadas previamente por el viento en otro sitio, para el caso en el Atlántico Sur. A su vez, existen olas generadas localmente, que bajo ciertas condiciones meteorológicas, si bien pueden modificar la dirección del transporte, y tener un impacto morfodinámico sobre la playa, no condicionan la dirección neta del transporte.

Si se exceptúa el tramo que denominaremos bajo Uruguay (Fig. 1), en el resto de la costa la deriva está comandada por el *swell*, generando en función del ángulo con que arriban a la costa una deriva dominante hacia el NE a partir del arroyo Valizas, y hacia el W a partir de Cabo Polonio (MTOF/PNUD/UNESCO 1979, Gómez-Pivel 2001, Panario y Gutiérrez 2006, Terence 2013), con pocas excepciones. La costa argentina según Cavallotto (2002) tiene una configuración similar, donde a partir de Punta Piedras, que se comporta como un punto de concentración de las olas provenientes del SE, se indujo la formación de dos corrientes de deriva litoral con direcciones opuestas, una orientada al NW (hacia el Río de la Plata) y otra al SW (hacia la bahía de Samborombón).

Para caracterizar la estructura y funcionamiento de la costa uruguaya en sus diferentes sectores, se debe tener en cuenta: i) su exposición a las olas de mar de fondo, ii) las tormentas del cuadrante Sur, iii) la presencia de diferentes controles estructurales (cabos y plataforma de abrasión subacuática), iv) las diferentes fuentes y disponibilidad de sedimentos; así como también, v) los efectos de las intervenciones que sobre ella se han ejercido, como construcciones de infraestructura (puertos, escolleras, costaneras, espigones, entre otros) y las alteraciones del ciclo de sedimentos (obras de infraestructura, extracción minera, forestación de dunas, etc.).

La morfología de una playa en un momento dado depende de las características del sedimento, de las condiciones del oleaje, de mareas y vientos, así como del estado morfológico precedente (Gómez *et al.* 2008). Al ser mayoritariamente ambientes de deriva, el equilibrio dinámico de estas playas

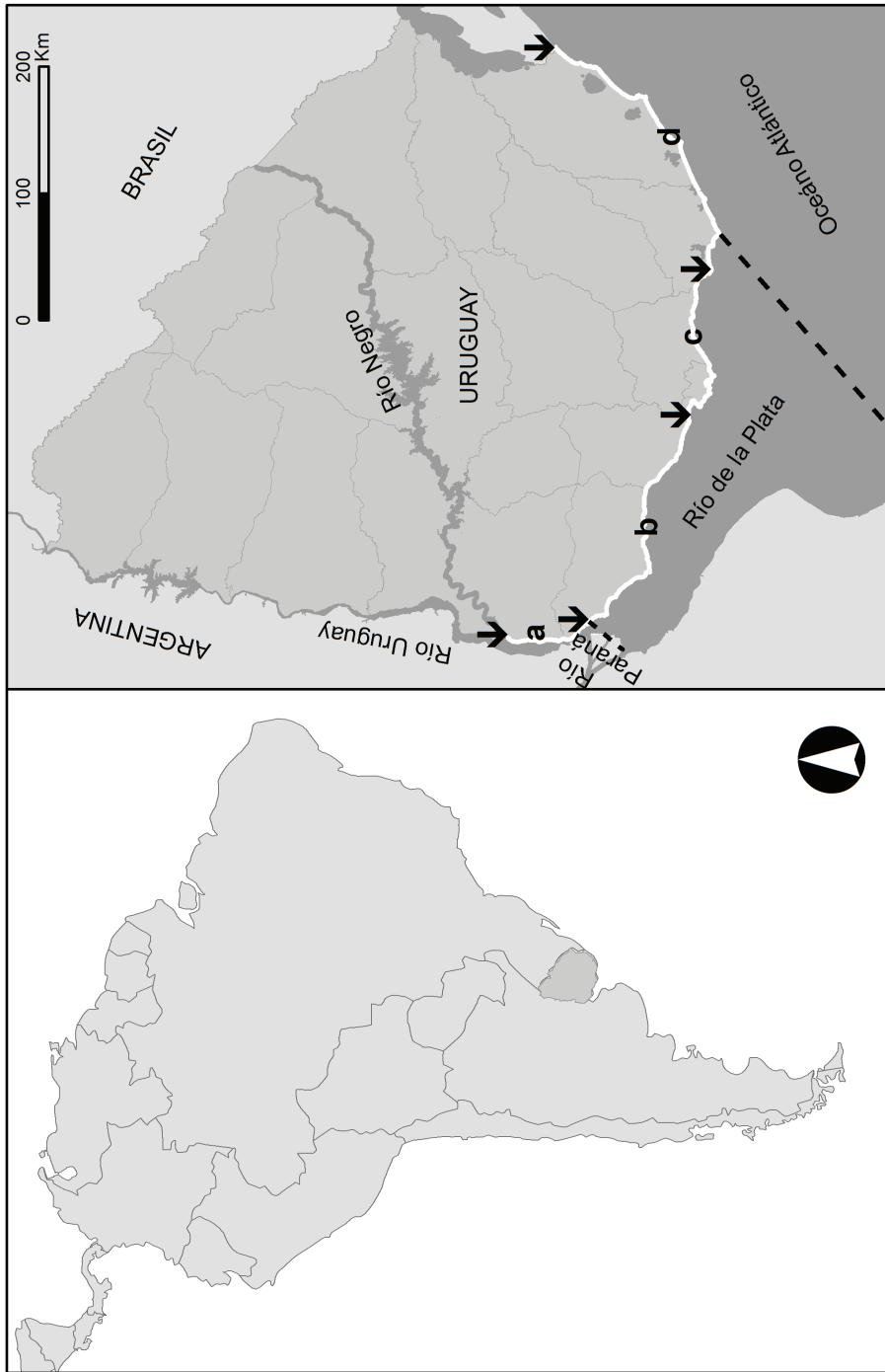


Figura 1. Izquierda: América del Sur. Derecha: Uruguay. La línea blanca representa la zona costera analizada en el presente capítulo, las flechas negras indican los límites de los 4 sectores: a) Bajo Uruguay, b) estuario interior, c) estuario exterior, d) costa oceánica. La línea punteada negra señala los límites del estuario del Río de la Plata.

depende del balance sedimentario que en los diversos sectores está representado por diferentes fuentes (Panario y Gutiérrez 2006).

Como antecedente debe tenerse en consideración, una zonificación ambiental en tres grandes ambientes o eco-regiones que fue propuesta por Mianzán *et al.* (2002): i) una zona Dulceacuícola (delta del Paraná-desembocadura del río Santa Lucía), ii) otra zona Fluvio-marina (Río de la Plata exterior), y por último, iii) una zona Oceánica con varias sub-zonificaciones, una de las cuales es aproximadamente coincidente con la usada en el presente análisis, la denominada “área costera” (Punta del Este-Chuy), que comprende la faja costera continental. Esta zonificación, fue propuesta teniendo en cuenta gradientes de salinidad y profundidad, y fue validada para la distribución espacial de biota bentónica, comunidades nectónicas y planctónicas (Mianzán *et al.* 2002). Estudios de mayor resolución espacial han confirmado estos patrones (Brazeiro *et al.* 2006, Brazeiro y Defeo 2006). Estas zonas se corresponden en términos generales, con los límites que permiten caracterizar la zona costera desde el punto de vista hidro-dinámico y geomorfológico.

La zona Dulceacuícola estricta, consideramos sin embargo que se extiende entre la desembocadura del río Negro en el río Uruguay y el delta del río Paraná (aquí denominada bajo Uruguay), mientras el siguiente ambiente denominado “zona Dulceacuícola” por Mianzán *et al.* (2002) entre otros, si bien tradicionalmente se tipifica como dulceacuícola, debe señalarse que está influenciado por la salinidad del estuario en un gradiente decreciente entre Montevideo y Colonia (donde incluso el Río de la Plata es utilizado para proveer de agua potable).

En el presente trabajo, desde el punto de vista de la dinámica costera, entre la desembocadura del río Negro y el límite con Brasil, consideramos la subdivisión en 4 sectores: i) un primer sector denominado **bajo Uruguay**, ii) una segunda zona, **estuario interior**, delimitada entre la Punta Martín Chico y la desembocadura del río Santa Lucía; iii) una tercer zona, **estuario exterior**, delimitada entre dicha desembocadura y Punta Negra; y iv) una cuarta zona, marítima, denominada **costa oceánica**, entre Punta Negra y arroyo Chuy; considerando que desde un punto de vista geomorfológico, a partir de Punta Negra se establece una zona de transición hacia el dominio oceánico (Fig. 1). Cada sector a su vez se subdivide en unidades funcionales. La unidad funcional en este trabajo se entiende como un tramo de costa en que todos los ambientes presentes se comportan de manera similar incluso desde un punto de vista de los ecosistemas presentes, o son tramos de costa cuyas playas se encuentran conectadas por el flujo de sedimentos por deriva o transporte eólico de sedimento y separadas de otras por cabos impermeables a dicho tránsito. Un ejemplo de las primeras son tramos de costa rocosa con playas de bolsillo intercaladas. El segundo tipo, puede ser tanto interrupciones natu-

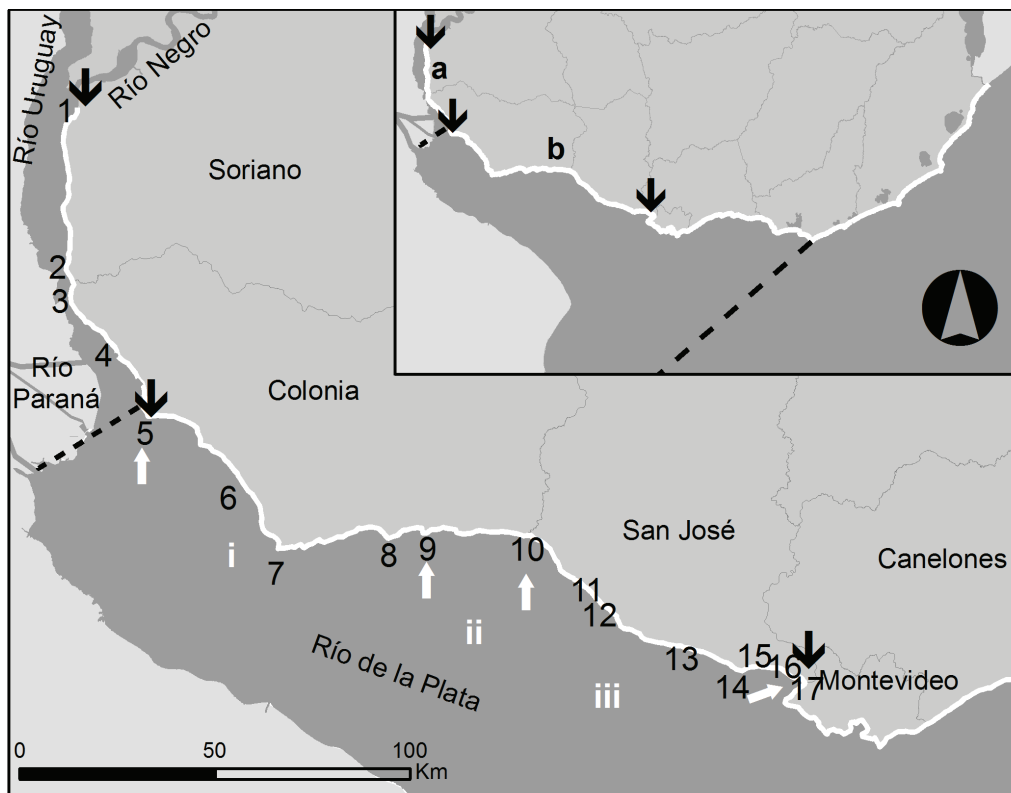


Figura 2. Bajo Uruguay y estuario interior. Recuadro superior: las flechas negras indican sus límites, a) bajo Uruguay: desembocadura del río Negro y Punta Martín Chico. b) estuario interior: Punta Martín Chico y desembocadura del río Santa Lucía. La línea punteada negra señala los límites del estuario del Río de la Plata.

Las flechas blancas delimitan las tres unidades funcionales del estuario interior, de izquierda a derecha: i) Punta Martín Chico-puerto de Juan Lacaze, ii) puerto de Juan Lacaze-desembocadura del arroyo Cufré, iii) desembocadura del arroyo Cufré-río Santa Lucía.

Referencias geográficas: 1) Fray Bentos, 2) Punta Chaparro, 3) Nueva Palmira, 4) Punta Gorda, 5) Punta Martín Chico, 6) barranca de San Pedro, 7) ciudad de Colonia, 8) Punta Artilleros, 9) Juan Lacaze, 10) arroyo Cufré y playa Boca del Cufré, 11) barranca Arazatí, 12) barranca y arroyo San Gregorio, 13) barranca de Mauricio, 14) Punta del Tigre, 15) Playa Pascual, 16) playa Penino, 17) desembocadura del río Santa Lucía.

rales, como obras de infraestructura. Por tanto alguna de estas unidades funcionales, están activas desde tiempos recientes, pero su efecto puede ser muy importante. A su vez, nuevas obras, o el retiro de de alguna infraestructura puede modificar en el futuro estos flujos y por tanto la caracterización en unidades funcionales.

El bajo Uruguay

Lo que denominamos bajo Uruguay (Fig. 2), es un complejo fluvial que si bien se encuentra sometido parcialmente a mareas, no sufre el ingreso de cantidades significativas de agua salada, como es el caso de otros subestuarios del Río de la Plata. A este ingreso, se opone la suma de caudales del río Paraná y el río Uruguay, que según Barros (2013) implica un caudal medio de $24.000 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$. Este ambiente, presenta pendiente casi nula y un profundo y relativamente estrecho canal de más de 10 metros de profundidad (Iriondo y Kröhling 2008), por el cual son evacuados los sedimentos gruesos que trascienden el delta del río Uruguay.

Los sedimentos circulantes en la costa son atribuibles a la ingesión marina del 6.000 AP, durante el óptimo climático holocénico (Bracco *et al.* 2014 y referencias en él), que convirtió a la zona en un extenso golfo (Iriondo y Cerruti 1981) con abundantes sedimentos arenosos.

Las olas de mar de fondo no alcanzan este tramo, por tanto las playas existentes, son generadas por el oleaje producido por los vientos del S, SW y WSW. Los vientos del S, alcanzan a desarrollarse sobre un *fetch* de hasta 75 km (entre Fray Bentos y Punta Chaparro) que producen olas que generan una deriva hacia el N contraria a la dirección de la corriente fluvial (Panario y Gutiérrez 2006, Muñoz-Pérez *et al.* 2015). Dicha corriente fluvial sobre la costa no tiene competencia para transportar las granulometrías presentes (arenas medias y gruesas).

Las fuentes de sedimentos para estas playas, están constituidas principalmente por el aporte de depósitos marinos remanentes de la ingesión (incluidas paleodunas holocénicas), y en menor cuantía de la reclasificación de los materiales sedimentarios poco consolidados incorporados por el retroceso de acantilados de materiales friables, que ocurre en algunos tramos durante las tormentas.

La playa subacuática está conformada por una planicie de abrasión de la ingesión holocénica, de rocas sedimentarias con capacidad de controlar la altura de la ola. Estas rocas son de edad variable pero todas pertenecientes al Cenozoico (Oligoceno a Pleistoceno).

Las arenas subacuáticas de este sector han sido explotadas como áridos para la construcción por decenios, lo que motivó una desaturación del flujo, que unido al carácter dulce del agua, produjo la colonización por macrófitas de la playa subacuática, y finalmente la instalación de un monte ripario en la playa subaérea, que la ocupó casi totalmente en un período de treinta años (Panario y Gutiérrez 2005).

Al sur de Nueva Palmira y en las proximidades de Punta Gorda, las barrancas activas constituyen un rasgo notable, alcanzando en Punta Gorda alturas de 40 m y presentándose como paredes escalonadas a verticales que

delimitan una playa muy angosta de 10 a 20 m de ancho (Giordano y Lasta 2004). Existen extensos campos de dunas que alcanzan su máxima expresión al este de Punta Gorda y al sur de Carmelo (Giordano y Lasta 2004).

El estuario interior

La segunda zona, denominada estuario interior (entre la Punta Martín Chico y la desembocadura del río Santa Lucía, Fig. 2), puede caracterizarse por baja energía de ola, pendiente de playa subacuática débil, control estructural subacuático muy significativo, y circulación costera del tipo lacunar con abundantes barras arenosas subacuáticas efímeras¹ desarrolladas con orientación sub-perpendicular a la costa.

Las playas son disipativas con perfil cóncavo en la playa baja, que se torna convexo hacia la berma de tormenta cuanto se encuentra presente esta estructura, al comportarse como disipativa a intermedia en condiciones de tormenta.

La duna primaria cuando presente, tiene una expresión temporal reducida siendo eliminada en años con mayor frecuencia de vientos del sur, probablemente asociados a eventos “La Niña” (Gutiérrez *et al.* 2015, 2016).

La evolución de esta costa, como sugiere Cavallotto (2002) para su similar argentina, estuvo condicionada por las fluctuaciones del nivel del mar, sobre todo por el proceso de progradación que acompañó al último descenso relativo del nivel del mar, determinando una morfología costera, que es responsable del aporte y transporte de los sedimentos.

El estuario interior se caracteriza por su poca profundidad fuera de los canales de navegación, los que coinciden con un sistema de paleocauces fluviales entallados por dos grandes ríos, el Uruguay próximo a la costa uruguaya y el Paraná más al sur, durante las regresiones marinas (MTOP/PNUD/UNESCO 1979). Estas regresiones fueron de aproximadamente –130 a –120 metros respecto al presente (Corrêa 1996) ocurridas en el entorno de 18.000 a 14.000 AP.

Las mareas y la deriva han transportado sedimentos hacia el estuario interior por milenios, generando bajo fondos arenosos conocidos como “bancos”, de alguno de los cuales se han extraído enormes volúmenes de arena.

Desde el punto de vista de la provisión de sedimentos se destacan dos fuentes principales: i) sedimentos en tránsito desde el este traídos por efecto de la deriva dominante, y ii) sedimentos provenientes de los acantilados cenozoicos, cuya altura supera los 25 m en algunos sectores y según Panario

¹ Estas barras arenosas que se generan en el estuario interior, a diferencia de las que se desarrollan en los sistemas lacunares, son destruidas por los temporales.

(2000) y Goso *et al.* (2011) retroceden entre 0,5 y 1 m/año. En Barranca de Mauricio, departamento de San José, dicho retroceso puede estimarse en unos 1.000 m para los últimos 1.400 años (Panario y Gutiérrez 2006), estimación realizada atendiendo a la simetría del relieve continental afectado por dicha erosión. Este retroceso estaría generado y anteriormente frenado, por la existencia de bajos fondos que se proyectan hacia el estuario como cabos subacuáticos (denominados bancos en las cartas náuticas), lo que podría explicar que el retroceso no se haya producido en forma más pronunciada cuando el nivel del estuario fue hasta 5 metros mayor que el actual, hace sólo 6.000 años (según proponen los modelos regionales de Martín y Suguio (1992), y Bracco *et al.* (2014).

Los materiales provenientes del estuario son sedimentos finos cargados a la playa baja por las olas de mar de fondo. La berma cuando presente, está compuesta por sedimentos gruesos respondiendo a tormentas del SW. La proveniencia de estos sedimentos es mayoritariamente de la Formación Rairgón de origen fluvial (Bossi y Navarro 1991), por efecto del retroceso de los acantilados que comprenden esta formación y respondiendo a una deriva de dirección opuesta a la anterior generada por estos vientos fuertes.

Según Giordano y Lasta (2004) para el primer tramo del estuario interior, los depósitos holocénicos se encuentran confinados conformando una línea de costa baja y estrecha, caracterizada por la presencia de humedales y dunas que se desarrollan por delante de la paleocosta con la presencia, casi continua, de acantilados generalmente activos. Más hacia el este, la costa se hace más amplia y se caracteriza por la alternancia de barrancas activas (San Pedro, Arazatí, San Gregorio, Mauricio, entre otras). Existen a su vez, extensos campos de dunas que alcanzan su máxima expresión, en la zona este de Colonia (hasta Punta Artilleros), y en los alrededores de San Gregorio, Punta del Tigre y Playa Pascual.

El estuario interior, puede subdividirse en tres unidades funcionales separadas por el puerto de Juan Lacaze y por la escollera de Bocas del Cufré; ambas intervenciones con capacidad de interrumpir la deriva.

Punta Martín Chico-puerto de Juan Lacaze

En este tramo, la desaturación de la corriente longitudinal parece más evidente que en los otros sectores del estuario interior, lo que ha generado la colonización parcial por vegetación de la playa subacuática y ocasionalmente la subaérea (Panario y Gutiérrez 2005, Gómez *et al.* 2008), obligando a retirarla mecánicamente en temporada de verano. Esta desaturación puede atribuirse a la permanente extracción de áridos desde barcazas, actividad que se viene desarrollando desde principios del siglo pasado.

Puerto de Juan Lacaze-desembocadura del arroyo Cufré

El tramo comprendido entre Juan Lacaze y la desembocadura del arroyo Cufré ha sufrido procesos de erosión costera a partir de la década de 1990, cuando se construyó una escollera en dicha desembocadura. Dicha escollera según IMFIA (1998) implicó la retención de 30.000 a 50.000 m³/año⁻¹ y como consecuencia en las playas en la dirección del transporte se produce una desaturación del flujo y la consiguiente erosión de playas en todo el tramo.

Como respuesta a la erosión que se produjo hacia el oeste, y ante fuerte presión social, en el año 2014 se efectúa un *bypass* mecánico de sedimentos. Posteriormente se libró una orden judicial de retirar dicha escollera. El fallo judicial ordenó al MTOP que dispusiera la reparación “in natura” de la costa. El 2 de noviembre de 2016 se comenzaron las obras. Una correcta aplicación de esta medida, unificaría esta unidad funcional con la siguiente “Desembocadura del arroyo Cufré-río Santa Lucía” restableciendo el flujo y caudal de sedimentos transportado por la deriva litoral.

Desembocadura del arroyo Cufré-río Santa Lucía

Esta unidad funcional se puede caracterizar en la mayor parte de su recorrido por playas con acantilados de entre 9 y 20 metros de altura con retrocesos que pueden estimarse en 1 m/año (Panario y Gutiérrez 2006). Sin embargo, debido a la interrupción de la deriva por la escollera, se favoreció localmente la ampliación de las playas ubicadas al este de la misma, deteniendo el retroceso de la línea de costa en sus proximidades.

El tramo más próximo a la desembocadura del río Santa Lucía está representado por playa Penino, que es la playa más disipativa de la costa uruguaya, con un perfil de muy baja pendiente tanto en la playa subaérea como en la subacuática. Esta característica se vincula, al enorme volumen de arena muy fina exportada fuera del delta por el río Santa Lucía, formando el denominado “Banco del Santa Lucía” (con una extensión hacia el sur de 3,5 km y que llega a aflorar en bajamar) y su transporte en dirección oeste.

El estuario exterior

El estuario exterior se extiende entre la desembocadura del río Santa Lucía y Punta Negra (Fig. 3).

El límite del estuario exterior es situado habitualmente en Punta del Este, tomando en cuenta aspectos tales como salinidad, profundidad y la comunidad biológica asociada. En el presente trabajo, se lo extiende hasta Punta Negra, dado que a partir de ella, se establece una zona de transición hacia el dominio oceánico, y desde un punto de vista geomorfológico, dejan de ser tan significativos los controles subacuáticos de las planicies de abrasión so-

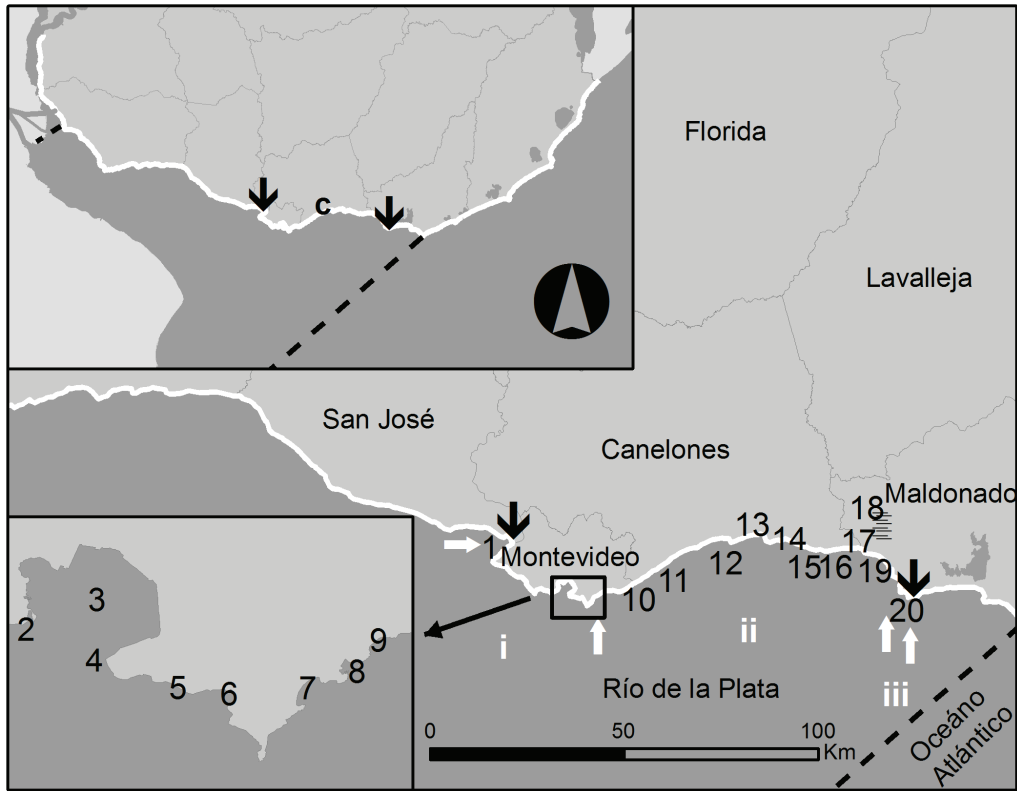


Figura 3. Estuario exterior. Recuadro superior: las flechas negras indican sus límites, desembocadura del río Santa Lucía y Punta Negra. La línea punteada negra señala los límites del estuario del Río de la Plata.

Las flechas blancas delimitan las tres unidades funcionales del estuario exterior, de izquierda a derecha: i) río Santa Lucía-puerto del Buceo, ii) puerto del Buceo-Piriápolis, iii) Piriápolis-Punta Negra.

Referencias geográficas: 1) desembocadura del río Santa Lucía, 2) Punta Lobos, 3) bahía de Montevideo, 4) Punta Sarandí, 5) Rambla Sur, 6) playa Ramírez, 7) playa Pocitos, 8) puerto del Buceo, 9) playa del Buceo, 10) arroyo Carrasco, 11) arroyo Pando y playa Pinamar, 12) Atlántida, 13) arroyo Solís Chico y playa La Floresta, 14) arroyo del Bagre y playa San Luis, 15) Biarritz, 16) Balneario Argentino, 17) Jaureguiberry, arroyo Solís Grande y Balneario Solís, 18) Sierra de Ánimas, 19) Bella Vista, arroyo Tarariras y playa Verde, 20) Piriápolis, Punta Colorada y Punta Negra.

bre el oleaje incidente, y aumentan significativamente los aportes de sedimentos desde el mar.

Un tramo importante de esta costa comprende, como unidades morfo-geoestructurales más importantes, al Graben del Santa Lucía (fosa actual-

mente inactiva) y al borde sudoccidental de Sierras del Este (Panario *et al.* 2014). Según Giordano y Lasta (2004) los depósitos holocénicos se encuentran confinados a los valles fluviales (depósitos fluviales, aluviales y coluviales) y al área costera (playas y depósitos eólicos).

La zona comprendida entre la desembocadura del río Santa Lucía y Punta Negra, reviste una gran variedad de situaciones, que van desde sectores con playas que funcionan como unidades independientes (playas de bolsillo) sin interacciones sedimentarias significativas, a unidades funcionales que al ser playas de deriva se relacionan por el tránsito sedimentario, estando delimitadas por cabos que por sus características resultan impermeables a dicho tránsito.

El estuario exterior, puede subdividirse en tres unidades funcionales separadas por el puerto del Buceo y por Piriápolis; ambas intervenciones con capacidad de interrumpir la deriva.

Río Santa Lucía-puerto del Buceo

Esta unidad funcional, entre el río Santa Lucía y el puerto del Buceo, está compuesta por numerosas playas de bolsillo y costas rocosas. Es junto con los sectores próximos a Piriápolis uno de las áreas de la costa uruguaya con extensos arcos de costa rocosa, evidenciando para esa zona una escasa disponibilidad de sedimentos, dado que el gradiente de profundidad permitiría la formación de playas.

Entre el río Santa Lucía y la bahía de Montevideo, se observan playas de bolsillo de muy escasa longitud, situadas mayoritariamente en bahías profundas, lo que las torna vulnerables ante la extracción de áridos, que en forma artesanal e informal se sigue produciendo. Puede considerarse que todo este conjunto de playas de bolsillo son funcionalmente independientes a diferencia de lo que ocurre en casi todo el resto de la costa. La fuente de sedimentos de estas playas ha sido el atrito de las rocas cristalinas de la Formación Montevideo, y el aporte de pequeñas cañadas que desembocaban en ellas y que hoy se encuentran mayoritariamente entubadas.

Entre Punta Lobos y Punta Sarandí, la costa se abre hacia el norte en forma de herradura, conformando la bahía de Montevideo que ocupa un área deprimida del basamento cristalino (Giordano y Lasta 2004).

En el sector de la bahía de Montevideo, por efecto del puerto y actividades conexas, han desaparecido las playas allí existentes a comienzo del siglo XX (la última de las cuales fue playa Capurro), y al este del puerto, otras playas fueron eliminadas por el trazado de la costanera (Rambla Sur).

Existen en este tramo, dos playas relativamente extensas, que pueden ser caracterizadas como de bolsillo situadas a ambos lados de una proa continental (Ramírez y Pocitos). Estas dos playas, han tenido una evolución orien-

tada por trabajos de restauración del gobierno local (desde por lo menos la primera mitad del Siglo XX), y el efecto contrapuesto de la subida del nivel medio del mar (Gutiérrez *et al.* 2015).

Puerto del Buceo-Piriápolis

El siguiente tramo (unidad funcional) comienza con la playa del Buceo (ubicada a continuación del puerto) y se extiende hasta Piriápolis. Se trata del sector del estuario (zona de transición) compuesto por un continuo de ciudades balnearias con un territorio totalmente parcelado, con un factor de ocupación del suelo de densidad variable, fluctuando entre zonas urbanas completamente consolidadas y otras con edificaciones dispersas, que suelen conectarse por una avenida costanera, la que presenta pocas interrupciones en sus aproximadamente 100 km de longitud.

Tal estructura urbana ha generado problemáticas diversas como elevación de la freática, proliferación de pluviales que disminuyen la presencia de arena seca en la playa, generación de cubetas de deflación (*blowout*) por destrucción de vegetación psamófitas en los accesos a las playas, invasión de especies exóticas, destrucción de amplios sectores de duna primaria, extracción de áridos hasta fines del siglo XX, forestación de dunas que intercambiaban arena con el mar fundamentalmente a través de las vías de drenaje (Panario 1999, Panario y Gutiérrez 2006) o por detrás de puntas rocosas (Gómez-Pivel 2006).

Cuando es la duna secundaria la que ha quedado en primera línea, dado que su altura no está en equilibrio con la velocidad del viento y que además se encuentran parcialmente forestadas con *Acacia longifolia*, las mismas sufren frecuentes cortes (*blowout*) y mantienen un perfil frontal vertical lo que aumenta su vulnerabilidad. Si bien los tramos en que se han realizado trabajos de reconstrucción de duna primaria han sido exitosos, estos no se han generalizado en Uruguay o se realizan puntualmente, sin efectuar seguimiento y mantenimiento.

Las forestaciones con especies exóticas realizadas en campos dunares aledaños a puntas rocosas o a desembocaduras a los efectos de su posterior urbanización, impidió la recirculación de sedimentos, lo que se evidenció en procesos acelerados de retroceso de la línea de costa. Como respuesta técnica de uso en la época, fueron construidos espigones² en varias playas, con notorias consecuencias al interrumpir parcialmente la deriva litoral dominante y expulsar por efecto de corrientes de retorno parte de los materiales arenosos hacia el mar, los que alcanzarán la costa lejos de su sitio de partida, o no retornando en otros casos.

² Los espigones son una solución adecuada para otras condiciones. Para su correcto funcionamiento, se requiere que el principal (y más abundante) aporte a la playa deban ser los sedimentos subacuáticos, que arrimados por las olas son retenidos por estas estructuras.

En esta unidad funcional, cursos fluviales como Carrasco, Pando, Solís Chico y Solís Grande (algunos, aun asociados a remanentes de campos dunares), condicionan la dinámica de amplios sectores de playas muy sensibles a cambios en sus cuencas y en particular en las zonas vinculadas a las desembocaduras (Gutiérrez y Panario 2005, 2006), su estudio resulta clave para interpretar la evolución que han tenido las playas del estuario exterior y su zona de transición, prever su evolución futura y establecer medidas de manejo.

Salvo el caso de la playa del Buceo, que es netamente disipativa (Panario *et al.* 2008), el resto se trata de arcos de playa del tipo espiral logarítmica, siendo disipativas en su extremo este, y evolucionando a reflectivas en dirección al cabo que intercepta la deriva (MTOPI/PNUD/UNESCO 1979). El transporte tiende a acumular sedimentos en la punta rocosa y por tanto esta acumulación modifica el ángulo de incidencia del *swell*. Al progradar la línea de costa, la playa va ocupando aguas más profundas y por tanto descargando más energía en el *swash* (zona de saca y resaca). Se alcanza un equilibrio cuando por el proceso de acreción de la playa, el *swell* llega casi paralelo a la costa, formando una playa de *swash* de granulometría gruesa, tanto como lo permita el tipo de sedimentos en tránsito para ese punto en particular (Panario y Gutiérrez 2006). Este comportamiento demuestra que en las playas uruguayas que evolucionan de disipativas a reflectivas, es el ángulo del *swell* junto a la profundidad del sustrato rocoso, los factores que condicionan el tipo de ambiente, y no sólo como postula Short (1996), la existencia de sedimentos de una granulometría dada o el nivel de energía acorde al parámetro omega (o número de Dean, Ω) que fue utilizado por Wright *et al.* (1985), para describir un modelo simple de clasificación de playas en reflectivo, intermedio y disipativo.

El comportamiento de esta unidad funcional ha sido condicionado por el efecto de las modificaciones en las fuentes de sedimentos. Así el tramo aledaño a la desembocadura del arroyo Carrasco, ha mostrado recuperación por obras de canalización en su cuenca baja, cuya profundización alcanzó arenas holocénicas que aumentaron el aporte de sedimentos a la playa (Gutiérrez 2010). El sector de costa vinculado al arroyo Pando, donde se producía un fuerte intercambio entre dunas y curso fluvial, ha tenido un retroceso continuo desde la década de 1950 (Gutiérrez y Panario 2005), aunque en la dirección de la deriva la playa se recupera seguramente a partir del abanico subacuático generado por la descarga del arroyo, y el retroceso de la zona aledaña a la desembocadura.

El tramo entre la playa de Atlántida y el arroyo Pando, sufrió fuertes procesos erosivos quizá como resultado de la forestación temprana de los campos de dunas allí ubicados que intercambiaban arena con la playa. Como respuesta a ello, en la década de 1970 se comenzaron a construir espigones

(MTOPI/PNUD/UNESCO 1979), los que no resultaron una solución adecuada, y fueron transfiriendo la erosión hacia los sectores ubicados más al oeste (Gutiérrez y Panario 2005). El mismo proceso se repitió en la Floresta, otro de los balnearios antiguos del estuario (Gómez *et al.* 2008). Para playas del Departamento de Canelones han llegado a reportarse hasta 2 m/año de retroceso (Goso *et al.* 2011).

Debe destacarse que según puede apreciarse por fotos aéreas y memoria ciudadana; la mayoría de las playas del estuario a partir de Atlántida (hacia el este), contaban con una barra subacuática permanente, la cual se ha tornado discontinua en tiempo y espacio, o incluso ha desaparecido total o parcialmente, denotando una desaturación creciente del flujo y por tanto, el aumento de la vulnerabilidad de la costa.

La desaturación del flujo se manifiesta además en la desaparición de la duna primaria entre el arroyo Carrasco y el Pando, sustituida por protodunas que evidencian la posibilidad de su recuperación, no obstante, en amplios sectores a partir de Pinamar y hasta Atlántida, con posterioridad a la década de 1960, las olas han alcanzado la escarpa de la paleocosta holocénica tornándola activa en diversos tramos, a partir de la desaparición de las dunas que las protegían hasta la segunda mitad del Siglo XX.

De Atlántida al arroyo Solís Chico existe una mayor estabilidad, aunque la duna primaria se encuentra muy afectada por abundantes cubetas de deflación, cuyo lóbulo frontal en invierno suele interrumpir la avenida costanera.

A partir de la desembocadura del arroyo Solís Chico y hasta la desembocadura del arroyo del Bagre, se repite la situación de acantilados activos por desaparición del cordón dunar y las dunas secundarias. Entre las playas San Luis y Balneario Argentino se repite un tramo de mayor estabilidad, aunque con extensos sectores con protodunas en lugar de duna primaria.

El tramo entre Balneario Argentino y el Balneario Solís inclusive, muestra barrancas activas en casi toda su extensión. El retroceso de las barrancas que se extienden entre Balneario Argentino y Jaureguiberry, es anterior a cualquier intervención significativa en los ambientes costeros del área. En Balneario Argentino y Balneario Solís, las barrancas están conformadas por limos pleistocénicos, pero mientras en el primero tienen muy poca altura sobre el nivel medio del mar (menos de 2 metros), en el segundo se expresan con aproximadamente 9 metros de altura, denotando que el proceso de erosión, puede vincularse a subsidencia. Entre ambos balnearios, el material de las barrancas activas (del entorno de los 7 metros) está conformado por arenas rojizas pleistocénicas, presumiblemente más modernas que los limos circundantes. A su vez, en Balneario Solís existen rocas intrusivas aflorantes, que sólo vuelven a aparecer hacia el oeste en Cuchilla Alta.

El retroceso del tramo Balneario Argentino y Balneario Solís ha sido muy intenso con anterioridad a la década del 1970, y más lento con posterioridad

lo que alentaría a analizar si existe relación con la Oscilación del Atlántico Norte, que como ha sido puesto de manifiesto por Ortega *et al.* (2013) tiene incidencia en aspectos tales como temperatura y salinidad en nuestras costas, y por tanto al igual que el ENSO podría implicar mayor frecuencia de temporales del S (Gutiérrez *et al.* 2016).

El tramo de costa entre Balneario Solís y playa Verde es un sector constituido por una berma de alto ángulo, conformada por cantos rodados de hasta 15 cm de diámetro, cuya abundancia se asocia a pequeñas vías de drenaje que nacen a más de 300 metros de altura (Sierra de Ánimas) y a menos de 10 km de su desembocadura, y por tanto con competencia para transportar hasta la costa clastos de gran tamaño. En la actualidad casi todas estas vías de drenaje se encuentran represadas, con la excepción del arroyo Tarariras, por lo cual han perdido parcialmente su capacidad de aporte a la costa de sedimentos gruesos. A su vez, una falta de comprensión de la importancia de estos materiales en la estabilidad del sistema, hizo que se autorizara la extracción artesanal por más de 60 años de estos materiales de la propia playa. Este conjunto de acciones comienzan a manifestarse como erosión costera.

La playa en la mayoría de los casos, presenta control subacuático por plataformas de abrasión labradas en diferentes materiales, aunque mayoritariamente materiales sedimentarios oligocenos de la Formación Fray Bentos, y en algunos tramos rocas cristalinas (San Luis) y en otros pleistocénicas (Biarritz, Balneario Solís y Argentino).

El tramo de costa entre Bella Vista y Piriápolis está compuesto por una serie de pequeños arcos sometidos a deriva y tramos de costa rocosa de escasa profundidad, incluso con macrófitas enraizadas (*Spartina* sp.) lo que denota un notorio déficit de sedimentos en el área. El último sector lo constituye la playa de Piriápolis, una de las ciudades balnearias más antiguas del país. La costanera de la misma se construyó por sobre la duna primaria, por lo que sólo conserva una estrecha franja arenosa que se mantiene en función de carecer de pérdidas importantes por deriva.

En todo este sector del estuario, la arena en la playa subacuática representa una franja relativamente estrecha, encontrándose hacia el mar, fondos fangosos o rocosos por lo que la estabilidad del sistema es función de los aportes por deriva y desde el continente, siendo negligibles los aportes desde el estuario.

Piriápolis-Punta Negra

La unidad funcional comprendida entre Piriápolis (Punta Fría) y Punta Negra cuenta con dos arcos de playa relativamente estables separados por un cabo impermeable al tránsito de sedimentos, Punta Colorada.

Si bien el límite del Río de la Plata se ubica en Punta del Este, a los efectos de esta caracterización se considera que el tramo entre Punta Negra y Punta del Este tiene condiciones de energía similares al ambiente oceánico, al ser poco significativo el control estructural sub-acuático y significativos los aportes desde el mar.

La costa oceánica

Desde un punto de vista geomorfológico, a partir de Punta Negra se establece una zona de transición hacia el dominio oceánico (Fig. 4). Los controles estructurales cuando presentes están conformados por lumaquelas a cemento calcáreo del Pleistoceno, situados a 3 metros por debajo del nivel medio del mar, lo que permite la aproximación de olas de mayor tamaño, generando en los arcos más extensos playas expuestas de carácter netamente reflectivo en la mayor parte de su extensión.

Al igual que en el estuario, los cabos (hasta Cabo Polonio) presentan una playa reflectiva al este y una disipativa al oeste, que en esta zona se torna reflectiva a poca distancia del cabo. A partir de Cabo Polonio, esta relación se invierte.

A diferencia del estuario, en la costa atlántica existen sedimentos arenosos subacuáticos que permiten reposición de arena desde el mar (Ayup-Zouain *et al.* 1994, Martins *et al.* 2003).

La costa oceánica, puede subdividirse en cinco unidades funcionales:

Punta Negra-Punta del Este

Esta unidad funcional está conformada por dos sectores independientes separados por Punta Ballena que es totalmente impermeable al tránsito de sedimentos. El primer tramo está compuesto por una serie de pequeñas playas de bolsillo (sin conexión por deriva entre ellas), y un arco de playa entre Punta Negra y Punta Ballena, y otro a partir de Punta Ballena hasta el puerto de Punta del Este, con playas más extensas y vulnerables, debido a la proximidad de la costanera y estacionamientos vehiculares, y la degradación de la duna primaria. Si bien este tramo ha presentado fluctuaciones importantes en la posición de las líneas de costa derribando construcciones, mantiene cierta estabilidad en las últimas décadas.

En el sector entre Punta Negra y Punta Ballena, se encuentra la laguna del Sauce, conectada con el mar a través del arroyo del Potrero. La laguna del Sauce se formó sobre una profunda bahía limitada al este por la Sierra de la Ballena, seguramente en un corto período regresivo del Holoceno tardío. Durante ese período quedó represada por un sistema de dunas transversales que circulando de SW a NE impulsadas por los fuertes vientos del SW, alcan-

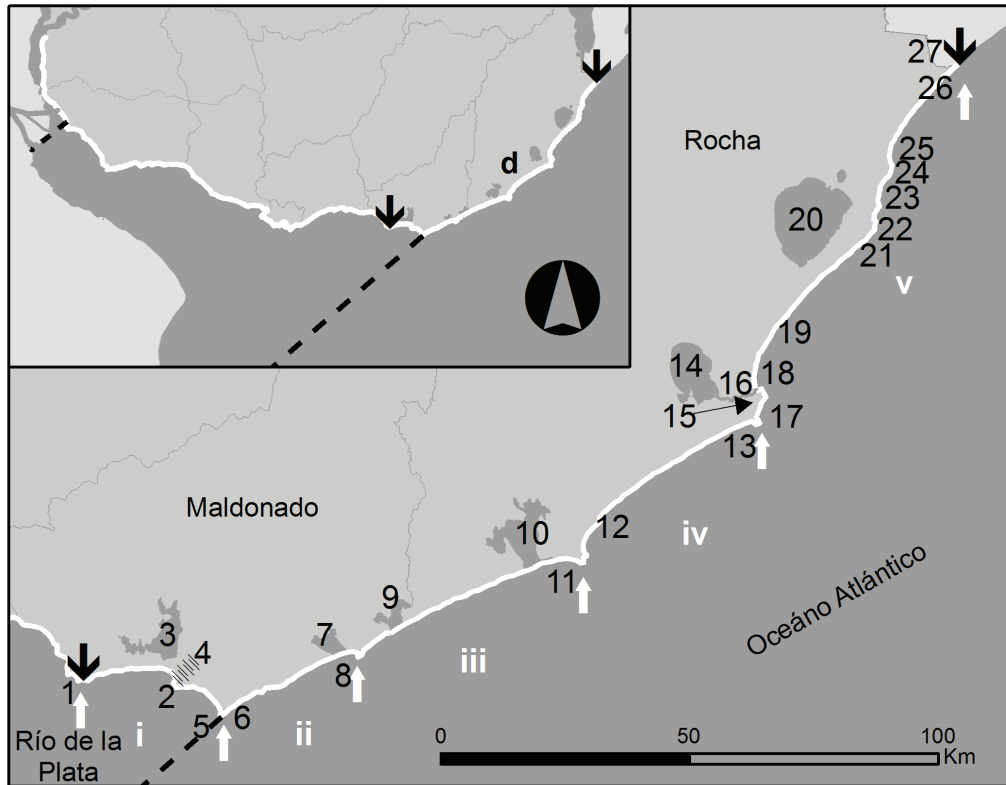


Figura 4. Costa oceánica. Recuadro superior: las flechas negras indican sus límites, Punta Negra y Chuy. La línea punteada negra señala los límites del estuario del Río de la Plata.

Las flechas blancas delimitan las cinco unidades funcionales de la costa oceánica, de izquierda a derecha: i) Punta Negra-Punta del Este; ii) Punta del Este-José Ignacio; iii) José Ignacio-La Paloma; iv) La Paloma-Cabo Polonio; v) Cabo Polonio-Chuy.

Referencias geográficas: 1) Punta Negra, 2) Punta Ballena, 3) laguna del Sauce, 4) Sierra de la Ballena, 5) Punta del Este, 6) arroyo Maldonado, 7) laguna José Ignacio, 8) José Ignacio, 9) laguna Garzón, 10) laguna Rocha, 11) puerto y ciudad de La Paloma, 12) Costa Azul, 13) Cabo Polonio, 14) laguna de Castillos, 15) cerro Buena Vista, 16) arroyo Valizas, 17) playa La Calavera, 18) Aguas Dulces, 19) La Esmeralda, 20) laguna Negra, 21) Cerro de la Viuda, 22) Cabo Verde (rebautizado Punta del Diablo), 23) Parque Nacional de Santa Teresa, 24) Cerro Verde, 25) La Coronilla, 26) balneario Chuy, 27) arroyo Chuy.

zaron el borde occidental de la sierra. Por delante de este sistema, se formó sobre la planicie de abrasión de la ingresión del 6.000 AP, un marisma que fue cerrado hacia el mar por una berma, luego una duna primaria y por detrás

depósitos arenosos que colmataron el humedal. Como resultado de este proceso se generó una playa por aportes de arena subacuática, lo que terminó configurando la forma espiral logarítmica característica de estas playas. Esta génesis denota la existencia de arena subacuática en cantidad suficiente para su alimentación desde el mar, dado que la Punta Ballena es impermeable a la deriva del este, que es la dominante en el sector.

La existencia de este humedal por debajo de delgados depósitos de arena y la permeabilidad del cierre de laguna del Sauce, condiciona una playa húmeda en todo el sector. Ello resulta potenciado por el represamiento realizado para elevar el nivel de la laguna. La urbanización, realizada sobre las arenas que colmataron al humedal, sufre frecuentes anegamientos y los intentos de bajar la freática por bombeo en la propia playa, si bien exitosos a su instalación, fueron luego destruidas las instalaciones por los temporales.

Punta del Este-José Ignacio

El tramo entre Punta del Este y José Ignacio presenta la desembocadura del arroyo Maldonado, confinada entre dos puntas rocosas que mantienen estable la posición de dicha desembocadura. Le siguen una serie de arcos conectados por deriva que se extienden hasta José Ignacio, que actúa como punto impermeable al tránsito de sedimentos por su proyección hacia el mar.

José Ignacio-La Paloma

La unidad funcional que se extiende entre José Ignacio y La Paloma es un sector de playa extenso que se ha mantenido relativamente estable (Gadino *et al.*, 2012, Conde *et al.*, 2015) lo que puede asociarse a que su orientación al *swell* implica una resultante de transporte sumamente débil (Conde *et al.*, 2015, 2017). A partir de José Ignacio las playas comienzan a presentar una barra casi continua, lo que implica saturación del flujo.

El arco de playa entre José Ignacio y La Paloma presenta la barra de dos lagunas costeras: Garzón y Rocha. A diferencia de la laguna de Castillos, que permanece abierta por largos períodos, la apertura de las lagunas antes mencionadas es efímera, provocada por lluvias torrenciales para luego cerrarse con el primer temporal del sur, lo que demuestra una fuerte saturación del flujo de sedimentos.

La Paloma-Cabo Polonio

A diferencia de la anterior, en esta unidad funcional la costa muestra retrocesos, con anterioridad a que la zona manifestara intervenciones antrópicas de entidad.

El primer sector contiguo al puerto de La Paloma (incluyendo la playa Chica de la bahía), sufrió el impacto del mismo, incrementado en la zona este por difracción en la escollera del puerto, acrecentada por la difracción de las olas generadas por vientos del SW. A su vez, el puerto se colmata por tener su apertura de frente a la deriva (Gómez-Pivel *et al.* 2001).

El balneario que sigue a continuación (Costa Azul) ha tenido fuertes retrocesos que han derribado un número significativo de viviendas. Según Gómez-Pivel *et al.* (2001) y Calliari *et al.* (1998) este retroceso acelerado, se debería a restingas ubicadas a una cierta distancia de la costa, que funcionan como focos de concentración de oleaje. Este proceso debiera ser relativamente efímero, al tratarse de barrancas compuestas por sedimentos arenosos deleznable, dado que cuando el bajo fondo queda posicionado a una distancia adecuada para actuar como foco, ocurre una erosión acelerada que lo aleja del mismo, alcanzando un nuevo equilibrio dinámico. Procesos como este han dejado sus huellas en varias zonas en las costas uruguayas. Por lo tanto focos activos de esta naturaleza, sugieren la existencia de procesos activos coadyuvantes, como por ejemplo subsidencia.

Al este y hasta las proximidades de Cabo Polonio, el retroceso de la costa podría deberse también a procesos de subsidencia, aspectos estos reconocidos en costas argentinas (Codignotto 1996, Codignotto *et al.* 1992), que no han sido estudiados en este sector, aunque hay evidencias de neotectónica al NE del sitio (Bossi y Montaña 1999, Panario y Gutiérrez 2011), y en un área tan fallada como el Río de la Plata y la costa atlántica, son eventos difíciles de interpretar (López Laborde y Jackson 1996, Gómez-Pivel 2001).

Las fuentes de sedimentos en este sector son arenas provenientes del mar, reclasificación de sedimentos de acantilados, recirculación desde campos dunares, y en menor medida aportes por cárcavas costeras.

La unidad funcional se caracteriza por la presencia de cárcavas antiguas, de gran superficie y profundidad (algunas llegan a tener más de un kilómetro en su eje mayor), que se mantienen activas por el potencial morfogénico generado entre la divisoria de aguas y la barranca costera. Los materiales sedimentarios son arenas del Pleistoceno superior (aproximadamente 110.000 AP según Villwock *et al.* 1986) muy friables, y de tamaño arena muy fina por lo que su contribución al balance sedimentario es poco significativa (Gómez-Pivel *et al.* 2001, Panario y Gutiérrez 2011).

Si bien esta unidad funcional no recibe aportes de arena de las playas ubicadas al este, existe una transferencia de sedimentos que le aporta el campo de dunas de gran dimensión que pasa por detrás del tómbolo conocido como Cabo Polonio, y que son evacuados a través del canal meándrico denominado arroyo Valizas (efluente de la laguna de Castillos). Estas dunas a su vez, también aportan su arena al mar, entre el cerro granítico llamado Buena Vista y el arroyo Valizas (Panario y Piñeiro 1997).

Cabo Polonio-Chuy

La unidad funcional entre Cabo Polonio y Chuy presenta el cambio más significativo en la dinámica costera, que se inicia a partir del sector Cabo Polonio-Punta del Diablo, donde la costa se orienta al NE y por tanto cambia el ángulo de incidencia del oleaje, y con él, según Panario (2000) y Gómez-Pivel *et al.* (2001) la dirección de la deriva dominante. A su vez, a partir de Cabo Polonio-Punta del Diablo también se incrementan significativamente los volúmenes resultantes transportados; es de señalar que contra algunas decenas de miles del resto de la costa atlántica y estuarial (MTOP/PNUD/UNESCO 1979), para el segmento Chuy-Lagoa Mangueira, Toldo *et al.* (2004, 2005) y Barboza *et al.* (2011) establecen esta resultante en el orden de los 2.747.000 m³/año.

La principal fuente de sedimentos de este arco la constituyen el campo de dunas móviles de estructura barjanóide del sistema Cabo Polonio que se desplazan de SW a NE impulsadas por los fuertes vientos de esa dirección (Panario y Piñeiro 1997, Panario y Gutiérrez 2005), y que al final de su recorrido también se introducen en el mar en este sector.

La playa La Calavera (ubicada al este del cabo), carece de duna primaria por su orientación paralela a los vientos dominantes, los que producen un transporte neto en la misma dirección que la tenue deriva dominante que caracteriza a esta zona en particular.

Entre las dos puntas de Punta del Diablo, se desarrolla una playa de bolsillo y luego comienza uno de los arcos de playa más extensos de la costa uruguaya, que se extiende hasta el cabo denominado “Cerro de la Viuda”. Las fuentes de sedimentos en el primer tramo de este arco de playa, la constituyen arenas aportadas por el denominado arroyo Valizas. Estas arenas en parte provenían del propio cauce y sus barrancas asociadas mayoritariamente de arenas muy finas y del aporte de arena gruesa del campo de dunas del Sistema Cabo Polonio (Panario 1999, Panario y Gutiérrez 2005). La disminución de estos aportes por la fijación parcial del campo de dunas y la migración hacia el este de la desembocadura del arroyo Valizas, desencadenó un fuerte proceso erosivo con la destrucción de numerosas construcciones edilicias de la zona.

Según Gómez-Pivel (2001) al déficit de sedimentos de esta zona, a aproximadamente 9 kilómetros al NE, se le suma otro foco de concentración de oleaje en torno al balneario Aguas Dulces que provocó la eliminación de varias hileras de viviendas en dicho balneario, proceso que continúa activo a la fecha. A partir de ese punto, la playa se torna reflectiva y estable quizás por el aporte de sedimentos gruesos desde el mar, con alto porcentaje de material biogénico presente en la playa subacuática (MTOP/PNUD/UNESCO 1979, Gómez-Pivel 2001, Martins y Urien 2004), que según Castiñeira *et al.* (2010) a la altura de la playa La Esmeralda representan hasta el 60% de la composición de la arena.

Esta condición de estabilidad ha permitido preservar en la parte aérea de la playa, y por detrás del cordón litoral casi continuo, hasta dos paleobermas compuestas mayoritariamente por restos triturados de malacofauna (*beachrock*) a cemento calcáreo de entre 3.240 + 60 AP y 2.370 + 50 AP (Castiñeira *et al.* 2010) que seguramente han desaparecido en playas menos estables.

El cabo denominado Cerro de la Viuda, es otro punto impermeable al tránsito de arena subacuática, y la conexión entre ambas playas a través de los campos de dunas existentes por detrás de dicho cabo, se encuentra limitada por la forestación con especies exóticas que se han implantado. Como consecuencia el arco de playa entre dicho cabo y el Cabo Verde (rebautizado Punta del Diablo) se ha tornado erosivo.

A partir del Cerro Verde, la costa está constituida por arcos menores entre puntas rocosas. La forestación de los arenales incluidos dentro del denominado Parque Nacional de Santa Teresa, con la introducción de numerosas especies exóticas invasoras y diversas obras realizadas por la administración del parque a cargo del Ejército Nacional, han desencadenado procesos erosivos generalizados.

A partir del denominado Cerro Verde (La Coronilla) comienza la playa más extensa del continente que se continúa hasta el puerto de Río Grande do Sul, Brasil. En territorio uruguayo, se trata de una playa disipativa de alta energía y de carácter predominantemente erosivo con anterioridad a cualquier intervención significativa en el territorio como lo denotan imágenes aéreas del año 1936 (Fig. 5).

Si bien Gómez-Pivel *et al.* (2001) también vincula esta erosión a focos de concentración de oleaje, por encontrarse dentro del Graben de la Laguna Merín, se puede asumir un efecto coadyuvante de subsidencia para el retroceso de la costa, con fuertes repercusiones en el balneario Chuy. En Hermenegildo (Brasil) a pocos kilómetros, el mismo proceso ha sido observado por Calliari *et al.* (1998) y Dillenburg *et al.* (2004)

El arroyo Chuy tuvo un importante desplazamiento de su desembocadura hacia el NE, causando problemas de delimitación de la frontera, razón por la cual en el año 1978 (Gómez-Pivel 2001), decidieron fijar su salida al mar con la construcción de espigones (Figueiredo y Calliari 2006, Terence 2013) lo que ha agravado la erosión en las playas brasileñas próximas y estabilizado relativamente las playas contiguas del lado uruguayo.

■ Conclusiones

Las variaciones extremas de las características dinámicas, estructurales y ecosistémicas hacen de la costa uruguayo, un sistema complejo y variable no



Figura 5. Barranca activa de Barra del Chuy, año 1937. Se observa el carácter disipativo de la playa y el retroceso de la barranca cuando las intervenciones en el territorio no eran aun significativas (Fuente: SSRFAU, Foto N° 226).

sólo en su estructura y funcionamiento, sino también, fundamentalmente, en su respuesta a cambios tanto naturales como a intervenciones antrópicas.

La relativamente temprana (a escala latinoamericana) urbanización de la costa, que ya a mitad del siglo XX, se encontraba casi totalmente fraccionada en pequeños solares, hizo necesaria una reconstrucción cronológica de intervenciones y sus consecuencias a los efectos de separar forzantes de cambio, de procesos y fluctuaciones naturales.

En el presente capítulo, se hizo una síntesis de los esfuerzos previos de caracterización estructural y dinámica, principalmente a partir de antecedentes de los proyectos UNDP/URU/73/007 entre 1976 y 1978 (ejecutado en el MTOP y financiado por PNUD/UNESCO) y de EcoPlata entre 1995 y 2010 (financiado por IDRC/PNUD/MVOTMA), y la observación de los autores (como visitantes curiosos hasta la década de 1970, y en el marco de una investigación sistemática desde esa década hasta el presente). Estas experiencias que se sistematizan en esta contribución, incluyendo los aportes de tesis de es-

tudiantes y trabajos de colegas (tanto de Uruguay, como de Argentina y Brasil), pretende ser un punto de partida para la elección de unidades representativas para futuras investigaciones, que develen las tendencias, riesgos, vulnerabilidades y oportunidades de un desarrollo costero acorde a tendencias que permitan compatibilizar diferentes objetivos sociales a largo plazo, manteniendo la resiliencia ecológica del sistema costero.

■ Referencias bibliográficas

- Ayup-Zouain, R.N., Fachel, J.M.G., Corrêa, I.C.S., Toldo, Jr. E.E., Wolff, I.M., Weschenfelder, J. & Oliveira, F.M. 1994. Classificação dos sedimentos superficiais de fundo do Rio de la Plata e plataforma continental adjacente através da análise de agrupamento. *Pesquisas em Geociências*, 21(1): 17-33.
- Barboza, E.G., Rosa, M.L.C. da C., Tomazelli, L.J., Dillenburg, S.R. & Ayup-Zouain, R.N. 2011. Comportamento regressivo/transgresivo da linha de costa na bacia de pelotas durante o holoceno médio e tardio. Pp. 15-30. *In: López, R.Á. & Marcomini, S.C. (Eds.). Problemática de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina. Editorial Croquis, Buenos Aires, Argentina, 211 p.*
- Barros, V. 2013. Escenarios hidrológicos de caudales medios del río Paraná y Uruguay. Naciones Unidas, Santiago de Chile, 55 p.
- Bossi, J. & Montaña, J. 1999. Dinámica de las barras costeras de las lagunas de Garzón y Rocha. Pp. 59-84. *In: Hernández, J. (Ed.). Seminario: Costa Atlántica. Estado actual del conocimiento y estrategia de investigación de la costa y sus barras lagunares (Rocha, marzo de 1997). PROBIDES, Rocha, Uruguay, 135 p.*
- Bossi, J. & Navarro, R. 1991. Geología del Uruguay. Departamento de Publicaciones, Universidad de la República, Montevideo, 839 p.
- Bracco, R., Inda, H., del Puerto, L., Capdepon, I., Panario, D., Castiñeira, C. & García-Rodríguez, F. 2014. A reply to “Relative sea level during the Holocene in Uruguay”. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 401: 166-170.
- Brazeiro, A. & Defeo, O. 2006. Bases ecológicas y metodológicas para el diseño de un Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas en Uruguay. Pp. 379-390. *In: Menafra, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F. & Conde, D. (Eds.). Bases para la Conservación y el Manejo de la Costa Uruguaya. Vida Silvestre Uruguay, Montevideo, Uruguay, 668 p.*
- Brazeiro, A., Borthagaray, A.I. & Giménez, L. 2006. Patrones geográficos de diversidad bentónica en el litoral rocoso de Uruguay. Pp. 171-178. *In: Menafra, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F. & Conde, D. (Eds.). Bases*

- para la Conservación y el Manejo de la Costa Uruguaya. Vida Silvestre Uruguay, Montevideo, Uruguay, 668 p.
- Calliari, L.J., Speranski, N. & Boukareva, I.I. 1998. Stable focus of wave rays as a reason of local erosion at the Southern Brazilian coast. *Journal of Coastal Research*, SI 26: 19-23. Special Issue Proceedings of the International Coastal Symposium, Florida.
- Castiñeira, C., Panario, D., Bracco, R. & Gutiérrez, O. 2010. Concheros en la costa atlántica uruguaya y su vinculación con la dinámica litoral. Pp. 635-644. *In: Arqueología argentina en los inicios de un nuevo siglo, Anales del XIV Congreso Nacional de Arqueología Argentina*, Rosario, 2001. Laborde Libros, Rosario, Argentina, 756 p.
- Cavallotto, J.L. 2002. Evolución holocena de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57(4): 376-388.
- Codignotto, J.O. 1996. Geomorfología y dinámica costera. Pp. 89-105. *In: Boschi, E.E. (Ed.). El mar argentino y sus recursos pesqueros. Tomo 1. Antecedentes históricos de las exploraciones en el mar y las características ambientales. INIDEP, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, Argentina, 222 p.*
- Codignotto, J.O., Kokot, R.R. & Marcomini, S.C. 1992. Neotectonism and sea-level changes in the coastal zone of Argentina. *Journal of Coastal Research*, 8(1): 125-133.
- Conde, D., Vitancurt, J., Rodríguez-Gallego, L., de Álava, D., Verrastro, N., Chreties, C., Solari, S., Teixeira, L., Lagos, X., Piñeiro, G., Seijo, L., Caymaris, H. & Panario, D. 2015, 2017. Chapter 13-Solutions for Sustainable Coastal Lagoon Management: From Conflict to the Implementation of a Consensual Decision Tree for Artificial Opening. Pp. 217-250. *In: Baztan, J., Chouinard, O., Jorgensen, B., Tett, P., Vanderlinden, J.-P. & Vasseur L. (Eds.). Coastal Zones. Solutions for the 21st Century. Elsevier, Amsterdam, Holanda, 376 p.*
- Corrêa, I.C.S. 1996. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil. *Marine Geology*, 130(1-2): 163-178.
- Dean, R.G. 1982. Models for Beach Profile Response. Technical Report No. 30, Newark University of Delaware.
- Dillenburg, S.R., Esteves, L.S. & Tomazelli, L.J. 2004. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76(3): 611-623.
- Figueiredo, S.A. & Calliari, L.J. 2006. Sedimentologia e suas implicações na morfodinâmica das praias adjacentes às desembocaduras da linha de costa do Rio Grande do Sul. *Gravel*, 4(1): 73-87.

- Gadino, I., Brazeiro, A., Panario, D., Roche, I. & Gutiérrez, O. 2012. El modelo actual de desarrollo turístico al oeste del balneario La Paloma, Rocha, Uruguay. *Tendencias, riesgos y propuestas. Sustentabilidade em Debate*, 3(2): 21-40.
- Giordano, S. & Lasta, C. 2004. Erosión en las costas del Río de la Plata y su frente marítimo. Informe FREPLATA. Proyecto PNUD/GEF/RLA/99/G31, Montevideo, Uruguay, 26 p.
- Gómez, M., Martino, D., Defeo, O., Vincent, P., Acuña, A., Amestoy, F., De Álava, A., Castiñeira, E., Delfino, E., Fagúndez, C., Olaso, F.G., Píngaro, R.G., Gutiérrez, O., Horta, S., Laporta, P., Marianovich, P., Martínez, G., Passadore, C., Puig, P., Ríos, M., Szephegyi, M.N. & Trimble, M. 2008. Zona Costera. Pp. 118-176. *In: Geo Uruguay. El estado del medio ambiente en Uruguay*. PNUMA-CLAES-DINAMA. Gráfica Mosca, Montevideo, Uruguay, 350 p.
- Gómez-Pivel, M.A. 2001. A costa atlântica uruguaia como um sistema geomorfológico. MSc. Tesis. Universidad Federal de Rio Grande, Brasil, 91 p.
- Gómez-Pivel, M.A. 2006. Geomorfología y procesos erosivos en la costa atlántica uruguaya. Pp. 35-43. *In: Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F. & Conde, D. (Eds.). Bases para la Conservación y el Manejo de la Costa Uruguaya*. Vida Silvestre Uruguay, Montevideo, Uruguay, 668 p.
- Gómez-Pivel, M.A., Speranski, N. & Calliari, L.J. 2001. A erosão praial na costa atlântica Uruguia. *Beach Erosion along the Uruguayan Atlantic Coast. Pesquisas em Geociências*, 28(2): 447-457.
- Goso, C., Mesa, V. & Alvez, M. del C. 2011. Sinópsis geológico-ambiental de la costa platense y atlántica de Uruguay. Pp. 59-76. *In: López, R.Á. & Marcomini, S.C. (Eds.). Problemática de los ambientes costeros. Sur de Brasil, Uruguay y Argentina*. Editorial Croquis, Buenos Aires, Argentina, 211 p.
- Gutiérrez, O. & Panario, D. 2005. Dinámica geomorfológica de la desembocadura del arroyo Pando, Uruguay. *Geografía histórica y SIG, análisis de tendencias naturales y efectos antrópicos sobre sistemas dinámicos. Xeografía, Revista de Xeografía, Territorio e Medio Ambiente*, 5: 107-126.
- Gutiérrez, O. & Panario, D. 2006. Evolución de la desembocadura del arroyo Pando (Canelones, Uruguay): ¿tendencias naturales o efectos antrópicos? Pp. 391-400. *In: Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F. & Conde, D. (Eds.). Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. Vida Silvestre Uruguay, Montevideo, Uruguay, 668 p.
- Gutiérrez, O. 2010. Dinámica sedimentaria en la costa uruguaya: evolución y tendencias de playas urbanas en el marco del Cambio Global. MSc. Tesis. Universidad de la República. Uruguay, 98 p.

- Gutiérrez, O., Panario, D., Nagy, G.J., Bidegain, M., & Montes, C. 2016. Climate teleconnections and indicators of coastal systems response. *Ocean and Coastal Management*, 122, 64-76.
- Gutiérrez, O., Panario, D., Nagy, G.J., Piñeiro, G. & Montes, C. 2015. Long-term morphological evolution of urban pocket beaches in Montevideo (Uruguay): impacts of coastal interventions and links to climate forcing. *Journal of Integrated Coastal Zone Management-Revista de Gestão Costeira Integrada*, 15(4): 467-484. doi: 10.5894/rgci553.
- IMFIA. 1998. Estudio de las obras de navegación en el arroyo Cufre y sus impactos sobre la zona costera. Informe final. Convenio Dirección Nacional de Hidrografía-Instituto de Mecánica de los Fluidos, Facultad de Ingeniería. Montevideo, Uruguay, 59 p.
- Iriondo, M. & Cerruti, C.N. 1981. Las unidades geomorfológicas fluviales del extremo noroeste de Entre Ríos y su relación con los asentamientos humanos prehispánicos. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 12: 72-84.
- Iriondo, M. & Kröhling, D.M. 2008. Cambios ambientales en la cuenca del río Uruguay: desde dos millones de años hasta el presente. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé, Argentina, 360 p.
- López Laborde, J. & Jackson, M. 1996. Continental shelf and coastal plain sediments of the southeast and south coast of Brazil. Pp. 55-61. *In*: Martins, L.R. & Corrêa I.C.S. (Eds.). *Morphology and Sedimentology of the Southwest Atlantic Coastal Zone and continental shelf From Cabo Frio (Brazil) to Península Valdés (Argentina)*. Explanatory text of the atlas. Intergovernmental Oceanographic Commission-IOC/UNESCO, Ministério da Ciência e Tecnologia-MCT, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM, Porto Alegre, Brasil, 74 p.
- Martin, L. & Suguio, K. 1992. Variation of coastal dynamics during the last 7000 years recorded in beach-ridge plains associated with river mouths: example from the central Brazilian coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99(1-2): 119-140.
- Martins, L.R. & Urien, C.M. 2004. Areias da plataforma e a erosão costeira. *Gravel*, 2(1): 4-24.
- Martins, L.R., Martins, I.R. & Urien, C.M. 2003. Aspectos sedimentares da plataforma continental na área de influência do Rio de la Plata. *Gravel*, 1: 68-80.
- Mianzán, H.W., Brazeiro, A., Gómez-Erache, M. & Lo Nostro, F. 2002. Biodiversity. Fluvial and marine biodiversity of the Río de la Plata river and its maritime front. Technical Report. PNUD Project/GEF RLA/99/G31, Montevideo, Uruguay, 75 p.

- MTOP/PNUD/UNESCO. 1979. Conservación y mejora de playas - URU. 73.007. Unesco, Montevideo, Uruguay, 593 p.
- Muñoz-Pérez, J.J., Solari, S., Teixeira, L., Alonso, R., & Neves, M.G. 2015. Propuesta de estudio de la morfología determinada por el oleaje en playas fluviales. "La Concordia" en el río Uruguay, un caso práctico. *Geo-temas. VIII Jornadas de Geomorfología Litoral*, 15: 49-52.
- Ortega, L., Celentano, E., Finkl, C. & Defeo, O. 2013. Effects of climate variability on the morphodynamics of Uruguayan sandy beaches. *Journal of Coastal Research*, 29(4): 747-755.
- Panario, D. & Gutiérrez, O. 2005. La vegetación en la evolución de playas arenosas. El caso de la costa uruguaya. *Ecosistemas. Revista de la Asociación Española de Ecología Terrestre*, 14(2): 150-161.
- Panario, D. & Gutiérrez, O. 2006. Dinámica y fuentes de sedimentos de las playas uruguayas. Pp. 21-34. *In: Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F. & Conde, D. (Eds.). Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Vida Silvestre Uruguay*, Montevideo, Uruguay, 668 p.
- Panario, D. & Gutiérrez, O. 2011. Introducción a la geomorfología de lagunas costeras, lagos someros y charcas de Uruguay. Pp. 49-63. *In: García-Rodríguez, F. (Ed.). El Holoceno en la zona costera de Uruguay. Departamento de Publicaciones, Unidad de Comunicación de la Universidad de la República (UCUR)*, Montevideo, Uruguay, 263 p.
- Panario, D. & Piñeiro, G. 1997. Vulnerability of oceanic dune systems under wind pattern change scenarios in Uruguay. *Climate Research*, 9(1-2): 67-72.
- Panario, D. 1999. Dinámica de la costa atlántica uruguaya. Pp. 23-54. *In: Hernández, J. (Ed.). Seminario: Costa Atlántica. Estado actual del conocimiento y estrategia de investigación de la costa y sus barras lagunares (Rocha, marzo de 1997). PROBIDES, Rocha, Uruguay*, 135 p.
- Panario, D. 2000. Las playas uruguayas. Su dinámica, diagnóstico de situación actual y tendencias a mediano plazo. Pp. 111-125. *In: Domínguez, A. & Prieto, R. (Eds.). Perfil ambiental del Uruguay-2000. Editorial Nordan-Comunidad, Montevideo, Uruguay*, 260 p.
- Panario, D., Gutiérrez, O., Sánchez Bettucci, L., Peel, E., Oyhantçabal, P. & Rabassa, J. 2014. Ancient Landscapes of Uruguay. Pp. 161-199. *In: Rabassa, J. & Maud, R.R. (Eds.). Gondwana landscapes in southern South America. Argentina, Uruguay and southern Brazil. Springer Earth System Sciences, Dordrecht, Holanda*, 545 p.
- Panario, D., Piñeiro, G. and Gutiérrez, O. 2008. Propuesta técnica para la conservación recuperación de la playa del Buceo y playas certificadas de Montevideo. Informe final. Montevideo, Uruguay, 76 p. y anexos

- Short, A.D. 1996. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69(4): 589-604.
- Simionato, C.G., Meccia, V.L., Guerrero, R.A., Dragani, W.C. & Nuñez, M.N. 2007. Río de la Plata estuary response to wind variability in synoptic to intraseasonal scales: 2. Currents' vertical structure and its implications for the salt wedge structure. *Journal of Geophysical Research*, 112: C07005.
- Simionato, C.G., Vera, C.S. & Siegismund, F. 2005. Surface wind variability on seasonal and interannual scales over Río de la Plata area. *Journal of Coastal Research*, 21(4): 770-783.
- Terence, V. 2013. Caracterização do sistema praia-duna ao longo da Costa Uruguaya, de Montevideo a la Coronilla. MSc. Tesis. Universidade de São Paulo, Brasil, 107 p.
- Toldo, Jr. E.E., Nicolodi, J.L., Almeida, L.E.S.B., Corrêa, I.C.S. & Esteves, L.S. 2004. Coastal dunes and shoreface width as a function of longshore transport. *Journal of Coastal Research*, SI 39: 390-394.
- Toldo, Jr. E.E., Almeida, L.E.S.B., Nicolodi, J.L. & Martins, L.R. 2005. Retração e progradação da zona costeira do estado do Rio Grande do Sul. *Gravel*, 3(1): 31-38.
- Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., Loss, E.L., Dehnhardt, E.A., Horn Filho, N.O., Bachi, F.A. & Dehnhardt, B.A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4: 79-97.
- Wright, L.D., Short, A.D. & Green, M.O. 1985. Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: An empirical predictive model. *Marine Geology*, 62 (3-4): 339-364.

Cópia de autor