

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <http://www.researchgate.net/publication/261560113>

Introducción a la geomorfología de lagunas costeras, lagos someros y charcas de Uruguay.

CHAPTER · JANUARY 2011

CITATION

1

DOWNLOADS

38

VIEWS

94

2 AUTHORS:



[Daniel Panario](#)

University of the Republic, Uruguay

55 PUBLICATIONS 102 CITATIONS

SEE PROFILE



[Ofelia Gutiérrez](#)

University of the Republic, Uruguay

30 PUBLICATIONS 36 CITATIONS

SEE PROFILE

Felipe García Rodríguez
editor

El Holoceno en la zona costera de Uruguay



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



CSIC

bibliotecaplural



Ilustración de portadilla:
Santiago García,
Santa Lucía del Este, Uruguay,
Óleo sobre tela,
<<http://www.santiagogarcia.com/>>

Felipe García Rodríguez
(editor)

El Holoceno
en la zona costera de Uruguay

La publicación de este libro fue realizada con el apoyo de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República.

El trabajo que se presenta fue seleccionado por el Comité de Referato de Publicaciones de la Facultad de Ciencias integrado por Lina Bettucci, Ernesto Mordecki y Gabriel González Sprinberg.

© Los autores, 2011.

© Universidad de la República

Departamento de Publicaciones, Unidad de Comunicación de la Universidad de la República (UCUR)

José Enrique Rodó 1827 - Montevideo C.P.: 11200

Tels.: (+598) 2408 57 14 - (+598) 2408 29 06

Telefax: (+598) 2409 77 20

www.universidadur.edu.uy/bibliotecas/dpto_publicaciones.htm

infoed@edic.edu.uy

ISBN: 978-9974-0-0757-4

CONTENIDO

COLECCIÓN BIBLIOTECA PLURAL.....	9
PREFACIO	11
GEOLOGÍA DEL HOLOCENO	
Jorge Bossi, Alejandra Ortiz	13
Resumen	15
Introducción	15
Tectónica	17
Isostasia	20
Vertisoles rúpticos.....	28
Estratigrafía.....	44
Conclusiones.....	44
Bibliografía	47
INTRODUCCIÓN A LA GEOMORFOLOGÍA DE LAGUNAS COSTERAS, LAGOS SOMEROS Y CHARCAS DE URUGUAY	
Daniel Panario, Ofelia Gutiérrez.....	49
Resumen.....	51
Origen y evolución.....	51
Lagunas costeras semicerradas.....	52
Bibliografía	62
NIVELES RELATIVOS DEL MAR DURANTE EL PLEISTOCENO FINAL-HOLOCENO EN LA COSTA DE URUGUAY	
Roberto Bracco Boksar, Felipe García-Rodríguez, Hugo Inda, Laura del Puerto, Carola Castiñeira, Daniel Panario	65
Resumen.....	67
Los niveles relativos del mar.....	68
Oscilaciones del nivel de los océanos	68
La respuesta glacio eustática posglacial	74
Consecuencias y evidencias de la respuesta eustática posglacial en nuestra región.....	77
El registro de la laguna de Castillos	80
Epílogo desde la arqueología.....	87
Bibliografía	88

ASOCIACIONES DE MOLUSCOS MARINOS Y ESTUARINOS DEL HOLOCENO DE URUGUAY

Sergio Martínez, Alejandra Rojas	93
Resumen	95
Introducción	95
Antecedentes.....	96
Composición de la malacofauna.....	99
Edad de las asociaciones.....	102
Tafonomía	105
Los moluscos como indicadores paleoambientales.....	107
El nivel del mar	111
Arqueomalacología	111
El registro fósil como patrimonio	112
Agradecimientos.....	112
Bibliografía	113

EVOLUCIÓN CLIMÁTICA HOLOCÉNICA PARA EL SUDESTE DE URUGUAY

ANÁLISIS MULTI-PROXY EN TESTIGOS DE LAGUNAS COSTERAS

Laura del Puerto, Felipe García-Rodríguez, Roberto Bracco, Carola Castiñeira, Adriana Blasi, Hugo Inda, Néstor Mazzeo, Adriana Rodríguez.....	117
Resumen	119
Introducción	119
Antecedentes.....	122
Potencial de los registros proxies en sedimentos lacustres.....	126
Evidencias paleoclimáticas en sedimentos lacustres del sudeste de Uruguay	128
Principales resultados.....	138
Síntesis y discusión.....	143
Consideraciones finales.....	146
Bibliografía	147

HISTORIA CLIMÁTICA DEL CUATERNARIO TARDÍO Y ESTRUCTURA POBLACIONAL DEL TUCU-TUCU DE RÍO NEGRO *CTENOMYS RIONEGRENSIS* LANGGUTH Y ABELLA

Alejandro D'Anatro, Gabriela Wlasiuk, Enrique P. Lessa.....	155
Resumen	157
Introducción	157
Abordaje metodológico	161
Resultados	163
Discusión.....	167
Bibliografía	170

PALEOLIMNOLOGÍA DE LAS LAGUNAS COSTERAS DEL SUDESTE DE URUGUAY, Y COMPARACIÓN PALEOGEOGRÁFICA ENTRE AMÉRICA Y ÁFRICA DEL SUR	
Felipe García-Rodríguez, Laura del Puerto, Roberto Bracco, Daniel Panario, Carola Castiñeira, Dominique Mourelle, Hugo Inda, Nuette Gordon, Janine Adams	
	173
Resumen	175
Introducción	175
Sobre las lagunas costeras de Uruguay.....	178
Paleolimnología de las lagunas costeras.....	180
Comparación entre el desarrollo trófico de lagunas costeras de Uruguay y Sudáfrica durante el Holoceno.....	187
Agradecimientos.....	191
Bibliografía	192

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL DE LA BAHÍA DE MONTEVIDEO (URUGUAY).

BASES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO AMBIENTAL

Leticia Burone, Michel Michaelovitch de Mahiques, Rubens Cesar Lopes Figueira Felipe García-Rodríguez, Peter Sprechmann, Yaci Alvarez, Pablo Muniz, Ernesto Brugnoli, Natalia Venturini, Silvia Helena de Mello Sousa, Viviana Centurión.....	
	197
Resumen	199
El antropoceno.....	200
La problemática en la costa de Montevideo.....	205
Materiales y métodos.....	211
Resultados	213
Discusión.....	217
Conclusiones.....	220
Agradecimientos.....	220
Bibliografía	220

RELACIÓN HOMBRE-AMBIENTE PARA LA COSTA ESTUARINA Y OCEÁNICA DE URUGUAY DURANTE EL HOLOCENO. REFLEXIONES Y PERSPECTIVAS

Hugo Inda, Laura del Puerto, Roberto Bracco, Carola Castiñeira, Irina Capdepon Andrés Gascue, Jorge Baeza	
	229
Resumen	231
Introducción	232
La relación entre ambientes costeros y grupos humanos en Uruguay.....	236
Discusión y conclusiones.....	250
Bibliografía	255

DIRECCIONES DE LOS AUTORES.....	261
---------------------------------	-----

DATOS DE LOS REVISORES.....	263
-----------------------------	-----

Colección Biblioteca Plural

La universidad promueve la investigación en todas las áreas del conocimiento. Esa investigación constituye una dimensión relevante de la creación cultural, un componente insoslayable de la enseñanza superior, un aporte potencialmente fundamental para la mejora de la calidad de vida individual y colectiva.

La enseñanza universitaria se define como educación en un ambiente de creación. Estudien con espíritu de investigación: ése es uno de los mejores consejos que los profesores podemos darles a los estudiantes, sobre todo si se refleja en nuestra labor docente cotidiana. Aprender es ante todo desarrollar las capacidades para resolver problemas, usando el conocimiento existente, adaptándolo y aun transformándolo. Para eso hay que estudiar en profundidad, cuestionando sin temor pero con rigor, sin olvidar que la transformación del saber sólo tiene lugar cuando la crítica va acompañada de nuevas propuestas. Eso es lo propio de la investigación. Por eso la mayor revolución en la larga historia de la universidad fue la que se definió por el propósito de vincular enseñanza e investigación.

Dicha revolución no sólo abrió caminos nuevos para la enseñanza activa sino que convirtió a las universidades en sedes mayores de la investigación, pues en ellas se multiplican los encuentros de investigadores eruditos y fogueados con jóvenes estudiosos e iconoclastas. Esa conjunción, tan conflictiva como creativa, signa la expansión de todas las áreas del conocimiento. Las capacidades para comprender y transformar el mundo suelen conocer avances mayores en los terrenos de encuentro entre disciplinas diferentes. Ello realza el papel en la investigación de la universidad, cuando es capaz de promover tanto la generación de conocimientos en todas las áreas como la colaboración creativa por encima de fronteras disciplinarias.

Así entendida, la investigación universitaria puede colaborar grandemente a otra revolución, por la que mucho se ha hecho pero que aún está lejos de triunfar: la que vincule estrechamente enseñanza, investigación y uso socialmente valioso del conocimiento, con atención prioritaria a los problemas de los sectores más postergados.

La Universidad de la República promueve la investigación en el conjunto de las tecnologías, las ciencias, las humanidades y las artes. Contribuye así a la creación de cultura; ésta se manifiesta en la vocación por conocer, hacer y expresarse de maneras nuevas y variadas, cultivando a la vez la originalidad, la tenacidad y el respeto a la diversidad; ello caracteriza a la investigación —a la mejor investigación— que es pues una de las grandes manifestaciones de la creatividad humana.

Investigación de creciente calidad en todos los campos, ligada a la expansión de la cultura, la mejora de la enseñanza y el uso socialmente útil del conocimiento: todo ello exige pluralismo. Bien escogido está el título de la colección a la que este libro hace su aporte.

La universidad pública debe practicar una sistemática Rendición Social de Cuentas acerca de cómo usa sus recursos, para qué y con cuáles resultados. ¿Qué investiga y qué publica la Universidad de la República? Una de las varias respuestas la constituye la Colección Biblioteca Plural de la CSIC.

Rodrigo Arocena

Prefacio

Los sistemas costeros son particularmente importantes ya que la mayor parte de la población mundial vive sobre las costas. La zona costera presenta una gran cantidad de servicios ecosistémicos que implican, en muchos casos, cierto grado de degradación ambiental. Las técnicas paleoambientales son importantes porque permiten inferir información sobre las condiciones ambientales históricas a escalas de milenios, siglos, décadas y años. Especialmente aquellos países donde la investigación científica, el monitoreo ambiental y las políticas de desarrollo científico, son relativamente incipientes, las reconstrucciones paleoambientales pueden suplir la carencia de información histórica. Dicha información permite entender la evolución del medio ambiente con una visión de largo plazo, sumamente útil para elaboración de mejores estrategias de gestión ambiental.

Este libro representa una recopilación de información científica sobre varios aspectos paleoambientales del Holoceno de la zona costera del país. Se incluye información sobre aspectos geológicos, geomorfológicos, genética evolutiva, paleontología, paleobotánica, paleoclimatología, paleolimnología, paleoceanografía y arqueología. Los capítulos aquí presentados fueron arbitrados por científicos nacionales y extranjeros de reconocida trayectoria.

Los dos primeros artículos presentan información descriptiva sobre la geológica del Holoceno, y la geomorfología de los principales sistemas acuáticos costeros del país. Los capítulos tres y cuatro tratan sobre los cambios del nivel del mar, tafonomía de moluscos y las inferencias de salinidad y temperatura asociadas. El quinto y sexto capítulo presentan información paleoclimática, y un ejemplo sobre la incidencia de los diferentes eventos climáticos sobre la estructura genética de las poblaciones naturales. Los capítulos siete y ocho presentan información sobre paleolimnología y paleoceanografía costera, mientras que el noveno capítulo trata sobre la relación hombre ambiente para la costa estuarina del país.

Daniel Panario · Ofelia Gutiérrez

Introducción a la geomorfología de lagunas costeras, lagos someros y charcas de Uruguay

Resumen

Las lagunas costeras uruguayas representan el límite austral de un sistema que abarca una extensa zona que se extiende desde Santa Catarina (Brasil) hasta el departamento de Canelones (Uruguay). La geomorfología como disciplina que ayude a la interpretación del origen y evolución de estos sistemas, sólo ha sido reconocida recientemente, existiendo aún pocas aproximaciones al tema en la literatura científica.

Las lagunas costeras desde un punto de vista físico pueden caracterizarse como depresiones que responden a diferentes situaciones y condiciones; algunas han sido formadas en las ensenadas o en las partes terminales de las planicies de inundación de los ríos, otras son de origen tectónico y otras se forman por la acumulación de sedimentos arrastrados por las corrientes marinas en planicies de abrasión generadas durante las intrusiones pleistocénicas y holocénicas. Todas estas unidades ecológicas se diferencian de los estuarios por sus rasgos geomorfológicos, sin embargo sus características biológicas, físicas y químicas son similares. Los procesos que dieron origen a la formación de nuestras lagunas costeras se remontan en algunos casos al Pleistoceno superior. Por su importancia pueden destacarse aquellas lagunas y lagos costeros o lagunas cerradas, lagunas de origen fluvial (*oxbow*), restos de antiguas lagunas pleistocénicas, paleocanales de mareas, charcas interdunares de deflación eólica, de claudicación de sedimentos modernos, de disolución de carbonatos, y pequeñas charcas de origen biológico. Una de las características geomorfológicas analizadas y que permiten comprender procesos biológicos, es la apertura de las lagunas semicerradas, que permite el intercambio de agua con el Atlántico y el Río de la Plata.

Otra característica geomorfológica importante es el grado de evolución de los cuerpos de agua relativo a la circulación interna de la laguna, generada por su índice de circularidad, la circulación interna y la cantidad de cuerpos aislados o semiaislados escondidos de la misma. Las principales lagunas son analizadas individualmente en la medida en que su evolución posterior ha generado particularidades en su estructura geomorfológica, importantes en relación a los ecosistemas que las mismas poseen, haciendo énfasis en particular en la Laguna de Castillos por su particular interés geomorfológico, biológico y cultural.

Palabras clave: geomorfología; barras; lagunas; charcas; Uruguay.

Origen y evolución

Las lagunas costeras uruguayas representan el límite austral de un sistema de lagunas que abarca una extensa zona del litoral atlántico sudamericano. Se extiende desde Santa Catarina (Brasil) hasta el departamento de Canelones (Uruguay). En su mayor parte se encuentran situadas en territorio brasileño, por lo que podría hablarse del «sistema

lagunar sur brasileño». Según el criterio de clasificación de la *Encyclopedia of Ecology and Environmental Management* (Calow, 1999), en Uruguay podemos tipificar una variedad muy amplia de ambientes acuáticos lénticos, que constituyen ecosistemas de muy diversa persistencia, caracterizables geomorfológicamente por su origen y evolución, así como por sus propiedades fisicoquímicas y, desde un punto de vista ecológico, por su estado trófico y por su variedad y riqueza de flora y fauna.

En territorio uruguayo se pueden destacar por su importancia; lagunas y lagos costeros o lagunas cerradas, lagunas de origen fluvial (*oxbow lakes*), restos de antiguas lagunas pleistocénicas, paleocanales de mareas, charcas interdunares generadas por deflación eólica, de claudicación de sedimentos modernos, de disolución de carbonatos y pequeñas charcas de origen biológico. Asimismo, existe una enorme cantidad de reservorios de origen antrópico que no serán considerados en este capítulo por centrarse el mismo en los sistemas de origen natural.

Lagunas costeras semicerradas

La importancia de la geomorfología en la ecología lagunar ha sido sólo recientemente reconocida, existiendo pocas aproximaciones al tema en la literatura científica. Las lagunas costeras son depresiones formadas en las ensenadas o en las partes terminales de las planicies de inundación de los ríos; otras son de origen tectónico y otras se han formado por la acumulación de sedimentos arrastrados por las corrientes marinas en planicies de abrasión generadas durante las ingresiones pleistocénicas y holocénicas. Estas unidades ecológicas se diferencian de los estuarios por sus rasgos geomorfológicos, sin embargo sus características biológicas, físicas y químicas son similares (Lankford, 1977).

Calow (1999) expresa que las características «fisiográficas» como la superficie, la longitud del emisario y la desembocadura, han sido recientemente propuestas como los más importantes factores que afectan su tipología, tanto en el Mediterráneo (Basset *et al.*, 2006), como en Polinesia (Andréfouët *et al.*, 2001). Además expone que las diferencias «fisiográficas» e hidrológicas entre lagunas generan diferentes condiciones ambientales que permiten la separación de nichos entre especies. Barnes (1980), Day y Yáñez-Arancibia (1982) y Pérez-Ruzafa *et al.* (2007) realizaron observaciones similares. No es lo mismo un cuerpo totalmente redondeado por la circulación lagunar, que otro como es el caso de la laguna de Rocha, Garzón o Merín, con diversos cuerpos más o menos aislados de la circulación general. Debe señalarse que la superficie varía significativamente según el estado de la laguna. La superficie es función de las precipitaciones y del estado de la barra (cerrada o abierta). En consecuencia lo mismo debe decirse del perímetro (cuya longitud se ve además afectada por la escala a la que se hagan las mediciones).

También es una variable importante la forma en que los afluentes llegan a la laguna. En algunos casos los sedimentos que aportan pueden ser filtrados por un humedal, mientras que en otros, llegan directamente con su carga de sedimento fino generando esporádicas condiciones de turbidez. Esta será mayor cuanto mayor sea la pendiente de la cuenca. Por ejemplo, en el caso de la laguna de Rocha la pendiente casi duplica a la de la laguna Garzón, 0,009 y 0,005 respectivamente (Texeira, 1999), implicando mayor energía de transporte y por tanto mayor cantidad de eventos de turbidez, más aportes externos de nutrientes y presumiblemente menor longitud de vida de la laguna.

La apertura de las lagunas al océano suele producirse en zonas donde la ola llega con mayor energía, ubicadas en estrechos sectores de playa con mayor profundidad, vinculados posiblemente a la antigua salida de arroyos, y/o a la existencia de corrientes de retorno favorecidas quizás por la existencia de un canal marino preexistente. Entendiendo por lagunas semicerradas aquellas que en condiciones naturales intercambiaban agua con sistemas salobres como el Atlántico y el Río de la Plata, en esta categoría pueden ser incluidas de este a oeste, las lagunas de Castillos, Rocha, Garzón, José Ignacio, del Diario y el sistema de lagunas del Sauce, del Potrero y de los Cisnes, en el departamento de Maldonado, y la laguna del Cisne en el departamento de Canelones. En la actualidad, algunas de ellas deben ser consideradas como reservorios por haber sido aisladas de su conexión con el mar, como es el caso de la laguna del Sauce, la del Diario y la del Cisne. No se incluyen en esta categoría lagunas con eventuales conexión durante eventos de tormenta excepcionales, por no disponerse de la información necesaria para realizar esta discriminación como la Laguna Blanca.

Las lagunas y lagos someros o lagunas cerradas de mayor tamaño de la costa uruguaya, por su *fêch*, y por estar sometidas a fuertes vientos de dirección variable (predominantemente de los cuadrantes S, SE, SW y NE) generan oleaje, y por tanto tienen playas arenosas en gran parte de su costa. Dichas playas son ambientes dominados por las olas, llegando a ser incluso playas de arena gruesa y pendiente pronunciada. Las playas de arena gruesa se originan en ambientes de alta energía (Silvester y Hsu, 1993), por tanto la existencia de esta granulometría en ambientes lagunares puede explicarse como herencia del último período transgresivo.

Los vientos generan circulación longitudinal en las lagunas (Groen, 1969; Smith, 1989, 1990). También al igual que en cualquier cuerpo de agua con olas existe circulación de sedimentos por deriva litoral, proceso no descrito habitualmente en la literatura científica sobre lagunas. Ambos procesos de circulación configuran la formación de lóbulos por ataque de las olas y relleno de sedimentos, conformando un tipo de estructura con tendencia a formar cuerpos redondeados y a separar las bahías internas del resto de la circulación lagunar.

Desde el punto de vista ecológico, resulta de particular relevancia las características del cuerpo de agua con el que intercambian caudales y especies, así como la frecuencia e intensidad de estos intercambios. Con esta perspectiva se pueden dividir,

en aquellas con intercambio con el océano Atlántico como Castillos, Rocha, Garzón y José Ignacio, de las restantes ubicadas al oeste de Punta del Este que intercambian con el Río de la Plata (figura 1).

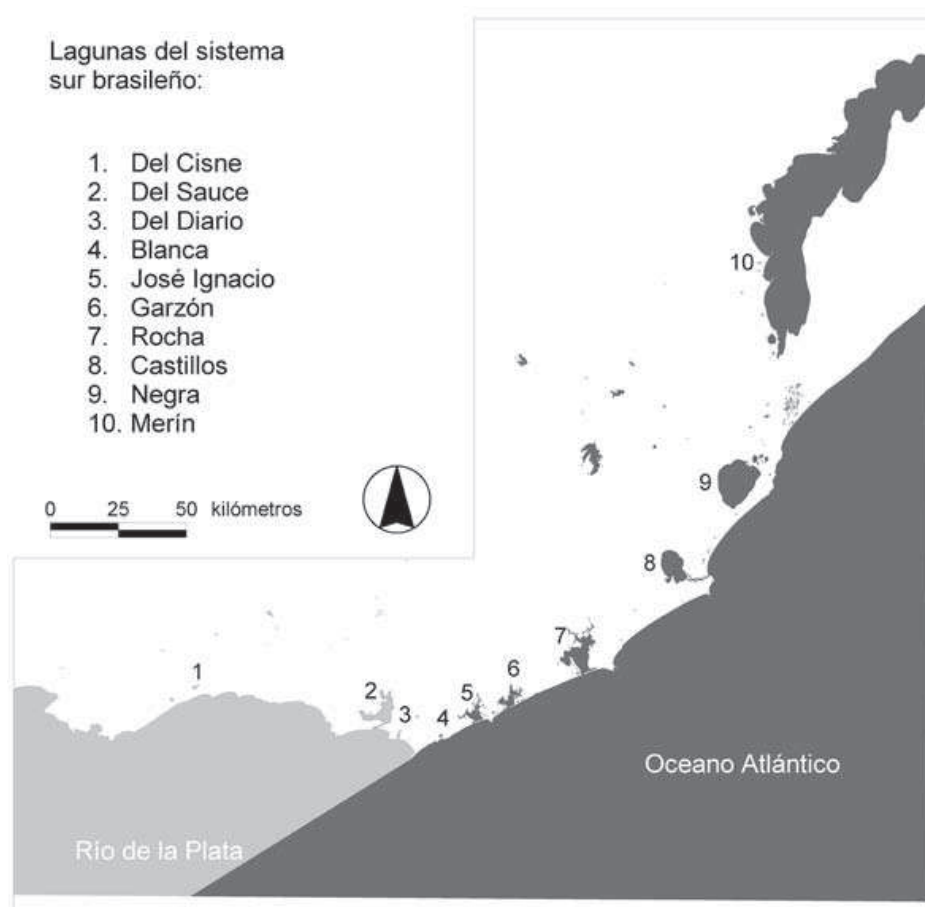


Figura 1. Sistema de lagunas costeras uruguayas. Las mismas representan el límite austral de un sistema de lagunas que abarca una extensa zona que se extiende desde Santa Catarina (Brasil) hasta el departamento de Canelones (Uruguay). También se aprecian reservorios de agua dulce.

También pueden establecerse diferencias debidas a la naturaleza de su conexión, siendo directa cuando solamente se separan del mar por una barra arenosa que se abre y se cierra todos o casi todos los años, como las lagunas de Rocha, Garzón, José Ignacio, del Diario (actualmente convertida en reservorio), o las que lo hacen a través de un emisario como Castillos y del Sauce. Otra laguna con emisarios pero ingreso esporádico de agua salobre era la del Cisne, de dimensiones menores, y actualmente al igual que la del Sauce transformada en reservorio dulceacuícola.

Es así que en territorio uruguayo, aparecen lagunas a distancias variables de las desembocaduras y con diferentes grados de evolución vinculables a diferentes variables como ser su antigüedad, tamaño de la cuenca eferente, capacidad de retención de sedimentos en la cuenca inferior de sus afluentes, dimensión original, etcétera. Aspectos

estos que se discutirán para las distintas tipologías de lagunas costeras. No obstante las similitudes, es pertinente analizar cada una por separado en la medida en que su evolución posterior ha generado particularidades en su estructura geomorfológica, importantes en relación con los ecosistemas que las mismas han producido.

Laguna de Castillos

Muchas de las lagunas litorales de Uruguay son policíclicas. La laguna de Castillos se generó en su primer ciclo pleistocénico como consecuencia del cierre por una flecha arenosa de una cuenca que desembocaba en una bahía, conformada por los arroyos Don Carlos, del Chafalote, de las Piedras, del Consejo, y de los Castillos, y otras cañadas. La edad de formación de esta flecha arenosa según Villwock *et al.* (1986), podría ubicarse hace aproximadamente unos 110.000 a AP.

La laguna en su extremo norte expone una planicie de abrasión marina conformada por rocas metamórficas, del grupo Lavalleja, Rocha según Preciozzi *et al.* (1985). Su planicie lagunar en su zona SE, presenta evidencias de neotectónica, aunque de escasa relevancia (figura 2).

La laguna presenta una superficie de 8.111 ha y un perímetro de 52,6 km¹ (tiene 12,8 km de largo y 8,3 km de ancho máximo). Fue reinvadida por las aguas durante el Óptimo Climático, entre el 7000 a AP hasta aproximadamente el 4200 a AP. Se separa definitivamente durante la regresión posterior, atravesando su emisario, el arroyo Valizas, la barra y la planicie de marea exhumada por la regresión (Bracco *et al.*, 2008). Este emisario es de carácter meandriforme y por tanto genera en su transcurso numerosos *oxbow lakes* (lagunas de planicie fluvial). La estructura de los meandros responde más al ingreso de las mareas que a la salida de agua dulce (Rodríguez-Gallego, 1999) denotando mayor poder de fricción la inundación que el reflujo. La desembocadura del emisario al mar sólo se cierra por cortos períodos, lo que favorece un intercambio activo de especies marinas en consonancia con el carácter estuarial del emisario. Esta desembocadura según la cartografía de circa 1750² (figura 3) se ubicaba próxima a Aguas Dulces, estando la migración posicionada más al este de la que se tiene registro.

1 Todas las medidas realizadas a las lagunas fueron hechas a escala 1:25.000 en *Google Earth*.

2 *Plan de la Bayeux de Castillos, situé le long de la côte du Brésil, en parallèle 34° 15' SW*, Archivo de la Bibliothèque Nationale de France (BNF), Département des cartes et plans (referencia portefeuille 166 division 15 p. 2D 84C 122893).

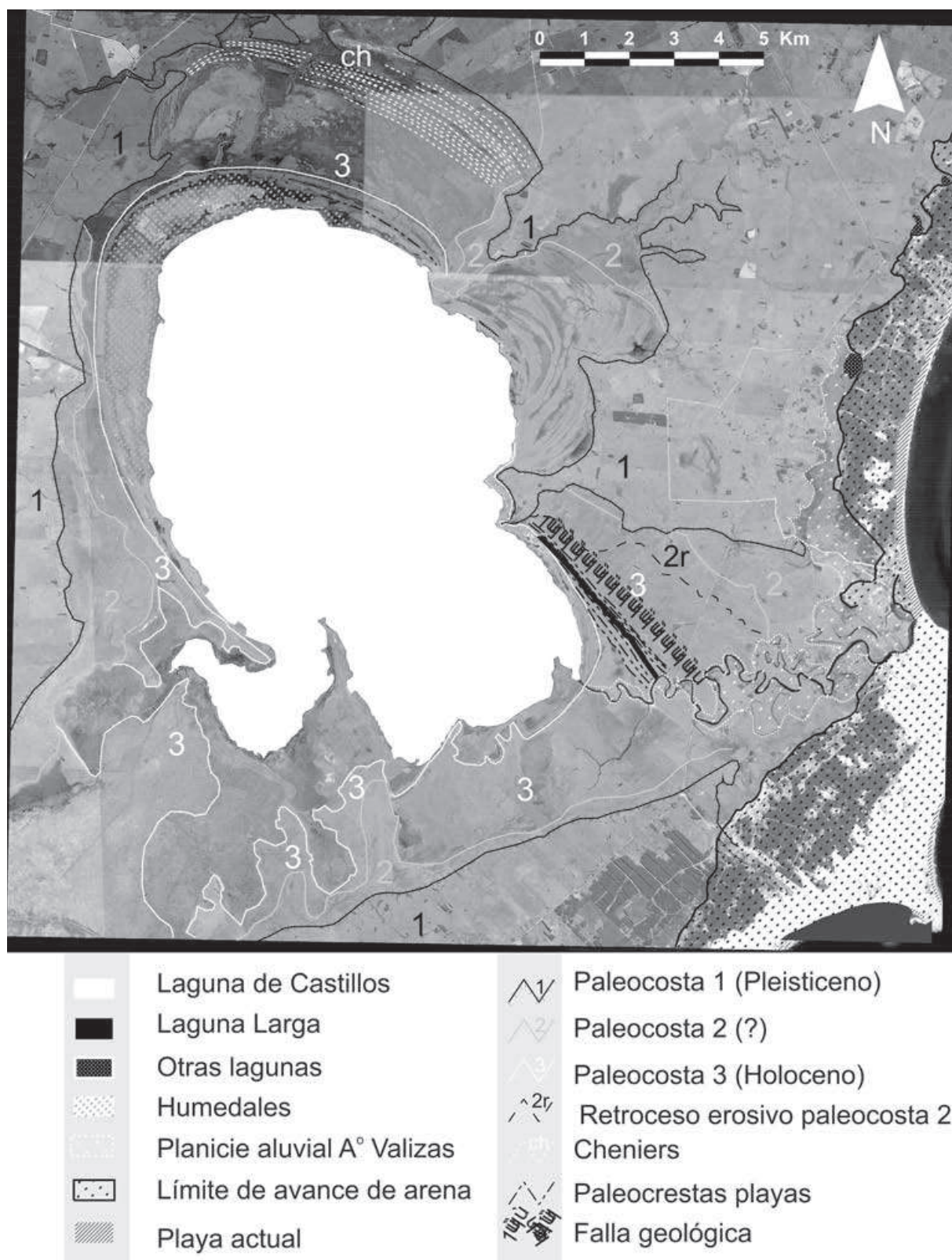


Figura 2. Carta geomorfológica de la laguna de Castillos y zonas aledañas. Se representan aquellas estructuras geomorfológicas que más aportan a una interpretación evolutiva del paisaje. La misma ha sido realizada por fotointerpretación, análisis de imágenes satelitales, y apoyo de terreno no exhaustivo. La diversidad de ambientes acuáticos, hidróficos y xerófitos del sistema, explica su importancia biológica, ecosistémica, paisajística y cultural.

En el año 1943,³ se ubicaba por detrás de los predios en que se desarrolló posteriormente el primer fraccionamiento de Valizas. Luego migró a su posición actual, extendiéndose esporádicamente hacia el este en concordancia con la dirección de la deriva dominante en ese sector de la costa (Panario y Gutiérrez, 2006). Estas trayectorias, han dejado también lagunas del tipo *oxbow lakes*.

La laguna presenta en su entorno otro cuerpo alargado y notoriamente rectilíneo de agua dulce, de origen incierto, de menos de 30 metros de ancho y más de 3 km de largo, a lo que le sigue una «cicatriz» estrecha de otros dos kilómetros que puede ser atribuible a neotectónica (figura 2), en la medida que coincide con aulacógenos en la plataforma, señalados por Urien (2009).

Al norte de la laguna, en su entorno inmediato está rodeada de estructuras arenosas alargadas de poca altura, con abundantes restos de conchillas mayoritariamente apoyadas sobre sedimentos finos. Estas estructuras son caracterizables como *Chenniers sensu Augustinus* (1978), y sobre ellas se asienta un bosque latifoliado como es característico de estas formaciones holocénicas (Augustinus, 1989). En otros sectores son sustituidas tanto por crestas de playa de arena gruesa como por barras arenosas más modernas de arena fina, y por tanto de varias decenas de metros de ancho y pocos decímetros de altura. En su extremo sur presenta una barra arenosa de cierre típica, de mayor altura que las *cheniers*, con intercalaciones de materia orgánica y señales de acreción eólica también propias de estas estructuras (figura 2). Su redondez particularmente bien expresada en su parte norte estaría indicando una evolución prolongada aunque presumiblemente policíclica. Hacia el sur presenta un apéndice de dimensiones reducidas, que no ha sido aún separado del cuerpo principal por la circulación de sedimentos. El sistema de flechas de playa y barras presentes es una señal inequívoca de una mayor dimensión durante el Holoceno (figura 2).

Laguna de Rocha

La laguna de Rocha está formada por el cierre de una bahía durante la regresión posterior al máximo holocénico, en la confluencia de los arroyos Rocha, de los Cedros Blancos, de las Conchas y de la Palma, lo que genera una estructura con dos alvéolos opuestos en su extremo norte y un amplio frente al mar, cerrado por una barra arenosa estrecha y sin emisario. Su superficie es de 7.912 ha y tiene un perímetro medido a escala 1:25.000 de 73,8 km (teniendo un largo máximo de 13 km y un ancho máximo de 10 km, incluyendo los dos alvéolos de su porción norte).

Su forma en planta sugiere un proceso de maduración incipiente lo que podría indicar un corto período de funcionamiento como laguna. Hipótesis que se refuerza por lo amplio de la zona de contacto con el mar y lo estrecho de su barra de cierre (ver figura 1).

3 Expropiaciones para el Parque de Reserva Forestal, Decreto Ley del 16 de setiembre de 1942. Plano de los terrenos que constituyen la Primera Zona, situados en «Balizas», 8ª Sección Judicial del departamento de Rocha, realizada por el agrimensor Arturo López Blanquet, en noviembre de 1943 (Archivo de la Dirección de Topografía, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Rocha).

La apertura de la barra, consecuente con la dirección de la deriva en la playa, se produce hacia el extremo oeste, aunque presenta una estrecha prolongación hacia el este que sugiere una deriva dominante opuesta durante su cierre inicial. En la cartografía del año 1789,⁴ sólo era observable esta primera apertura, hoy conocida como «Barra Vieja», indicando que la nueva apertura sería un proceso posterior.

La regresión posterior al Óptimo Climático dejó abandonadas varias crestas de playa, las que represaron diversas vías de drenaje menores, generando por tanto varios espejos de agua en su entorno; pequeños y aislados del cuerpo principal, y desarrollados sobre una planicie de marea presumiblemente holocénica, que en su sector noreste también está labrada sobre rocas duras.

Laguna Garzón

La laguna Garzón se forma por la confluencia de los arroyos de la Cruz, Garzón y Anastasio, presentando una superficie de 1.416 ha y un perímetro medido a escala 1:25.000 de 32,9 km (su largo máximo es de 6,8 km y su ancho máximo es de 2,8 km). El lóbulo ubicado al este, tiene una superficie de 396 ha y un perímetro medido a escala 1:25.000 de 14,9 km, mientras que la laguna anexa ubicada al suroeste tiene una superficie de 142 ha y un perímetro de 5,3 km.

Se encuentra cerrada por una barra que se extiende de este a oeste conforme a la dirección de la deriva (Panario y Gutiérrez, 2006), la cual se abre anualmente en forma natural o artificial. Su punto de apertura natural coincide con un canal subacuático, posiblemente vinculado a la antigua salida de los arroyos, previo al cierre de la misma. Su forma en planta expresa la presencia de corrientes circulares que forman numerosas espigas prolongadas, las que en condiciones de aguas bajas aíslan diversos alvéolos, exhibiendo una morfología más madura que la de la laguna de Rocha. Su lado oeste se presenta escarpado y consecuentemente se ubica allí la zona más profunda. Esta diferencia de profundidad sub-paralela a los vientos del cuadrante sur, podría explicarse por la existencia de la corriente circular, tal como lo propone Groen (1969). Ubicadas al este de la laguna, se observan pequeñas lagunas de borde que fueron cerradas por crestas de playas, y que se encuentran desarrolladas sobre una planicie de marea holocénica.

Laguna de José Ignacio

La laguna de José Ignacio se forma del cierre de una bahía en la confluencia de los arroyos José Ignacio y de Sosa. Presenta una superficie de 1762 ha, y un perímetro medido a escala 1:25.000 de 26,3 km (su largo máximo es de 7 km y su ancho

4 *Carta esférica del Río de la Plata desde su desembocadura hasta [sic] Buenos-Ayres. Levantada de Orden del Rey en 1789 y rectificada en 1794, por varios oficiales de su Real Armada.* Presentada a S. M. por mano del Exmo. Sr. Juan de Langaran en el año 1798. ID: Ko886, National Maritime Museum, Londres. Disponible *on-line* en <<http://www.nmm.ac.uk/collections/explore/chartroom.crm/imageID/Ko886/x/6063/y/36/zoomlevel/2/#content>> (consultado el 6/10/2009).

máximo es de 3,4 km, sin incluir para estas medidas el lóbulo existente). Su eje mayor es perpendicular a la costa oceánica. Su barra de cierre es estrecha y consolidada con vegetación hacia su extremo oeste.

La curvatura de la playa en ese punto sugiere un importante intercambio de sedimentos arenosos entre la laguna y el mar. Su apertura se produce próxima a su extremo este y con mayor frecuencia que las anteriores, debido quizás a que la berma de la playa es más baja (playa intermedia a disipativa) y por tanto más vulnerable a eventos de tormenta que una barra alta, ubicada en una playa reflectiva de arena gruesa y con pendiente pronunciada.

La desembocadura del arroyo José Ignacio genera un delta en el alvéolo ubicado al nordeste, el cual se encuentra casi totalmente colmatado sugiriendo un mayor transporte de sedimentos, atribuible a una mayor pendiente en relación con otros afluentes de las lagunas. Su forma y tamaño indica una menor presencia de corrientes circulares con capacidad de transporte. En las proximidades de su extremo suroeste se expresa un banco sedimentario semi-aflorante que condiciona la circulación interna de la laguna, acelerando la corriente en el tramo final y con ello el intercambio de sedimentos y la distribución de la salinidad.

Laguna del Sauce

La laguna del Sauce está formada por el cierre de una profunda bahía holocénica situada en la desembocadura de los arroyos Pan de Azúcar y del Sauce. Su eje mayor está orientado de norte a sur. Se trata de una laguna muy alargada con su lado este rectilíneo en largos tramos, debido al control estructural de la falla que según Oyhançabal *et al.* (2009) originó la Sierra de la Ballena.

Su lado oeste presenta un brazo lateral estrecho formado por dos lagunas concatenadas (laguna del Potrero y laguna de los Cisnes), en el que desemboca el arroyo Pan de Azúcar. Al norte presenta dos brazos más pequeños donde desembocan el arroyo del Sauce y la Cañada Mallorquina. Se conectaba con el mar a través de un largo emisario, el arroyo del Potrero, que bordea un campo dunar de dunas transversales de dirección oeste-este que muere contra la sierra, generando el cierre definitivo de la laguna.

Su estructura alargada y normal a la costa debe haber condicionado su expresión de inmadurez al restringir la circulación anular. En la actualidad esta laguna ha sido convertida en reservorio mediante la construcción de un dique de cierre para elevar su espejo de agua.

Otras lagunas

Además de las lagunas reseñadas, entre el arroyo Pando y el arroyo Chuy existen una serie de lagunas menores (al menos 18), la mayoría de las cuales fueron generadas por el cierre de pequeñas vías de drenaje por dunas transgresivas. Las excepciones a este proceso son la laguna del Diario con cierre de barra y también convertida en

reservorio y las pequeñas lagunas existentes en el departamento de Soriano sobre el bajo Río Uruguay. La formación de otras lagunas se vinculan a migraciones de la barra del arroyo Valizas, visible en cartografía de 1750 (figuras 2 y 3), como la laguna de Briosso ubicada por detrás del balneario Aguas Dulces en el departamento de Rocha.



Figura 3. La flecha blanca indica para la mitad del siglo XVIII la ubicación de la desembocadura del arroyo Valizas, cercano al actual balneario de Aguas Dulces. Fuente: Carta de circa 1750. *Plan de la Bayeux de Castillos, situé le long de la côte du Brésil, en par allèle 34° 15' SW.*

Lagunas pertenecientes al graven de la laguna Merín

El graven de la laguna Merín formó una extensa laguna probablemente durante el período Sangamoniano, cerrada presumiblemente por barras *offshore*, cuya expresión morfológica actual es la denominada Cuchilla de La Angostura (Willvock *et al.*, 1986), que en territorio uruguayo se extienden hasta La Paloma, cerrando las lagunas Merín, Negra y parcialmente la de Castillos, aunque en esta última su cierre definitivo es holocénico.

Los límites hacia el continente pueden observarse como crestas de playa próximas a la ciudad de Lascano. Su retroceso, en territorio uruguayo, dejó dos grandes lagunas cerradas al ingreso de agua salobre, las lagunas Merín y Negra, y una extensa planicie de marea surcada por innumerables canales, un sinnúmero de pequeñas lagunas como la de Campo Alto, y charcas de las cuales nacen pequeñas cárcavas que atacan la planicie que Sombroek (1970) denominó «planicie atacada». La mayor de ellas, la laguna Merín, se conectaba con la laguna de los Patos a través del emisario denominado Canal de San Gonzalo (represado en el año 1977), lo que le permitió hasta la construcción de una exclusiva, recibir fauna marina y esporádicamente agua, con mayores contenidos de sal que la que recibe actualmente al tener impedido el ingreso de aguas de la laguna de los Patos.

La laguna Merín es una típica laguna de planicie de marea, orientada paralela a la costa oceánica, se encuentra cerrada por barras arenosas sucesivas, siendo la más antigua la mencionada «Lomas de Narváez». Presenta numerosos estrangulamientos incipientes como resultado de una circulación típica de oleaje (deriva), con estructuras en espigas que apuntan al Noreste y diversas barras que aíslan parcialmente cuerpos de agua de medianas dimensiones, principalmente en la costa Brasileña.

Su superficie es de 402.057 ha y tiene un perímetro medido a escala 1:25.000 de 616 km (teniendo un largo máximo es de 183 km y un ancho máximo de 48 km), presenta numerosas crestas de playa que aíslan lagunas menores («lagunas Guachas») y recibe importantes tributarios como son los ríos Yaguarón, Cebollatí y Tacuarí, así como algunos tributarios menores. Las desembocaduras de los tributarios suelen presentar estructuras de prodelta, que en algunos casos ingresan profundamente en la laguna.

Laguna Negra

La laguna Negra tiene una superficie de 17.339 ha y tiene un perímetro medido a escala 1:25.000 de 52,4 km (teniendo un largo máximo es de 17,3 km y un ancho máximo de 13,8 km). Su origen es similar al de la laguna Merín, pero su aislamiento del océano posterior al Óptimo Climático fue más temprano y permanente, al punto que por su escasa profundidad puede ser definida como un lago somero.

Su antigüedad le ha permitido desarrollar una importante madurez en su forma, presentando importantes acumulaciones, que sugieren el arrastre de vegetación flotante hacia su extremo noreste, habiéndose podido describir en perforaciones realizadas hasta 4 metros de espesor de turba, mientras hacia el suroeste los espesores no han sido medidos aún. Su profundidad —previa a las obras de drenaje que se realizaron en la década de 1970— sugiere una baja tasa de sedimentación, atribuible al filtrado de materiales clásticos por el estero en el que corre su único afluente importante, el arroyo de los Indios. En su extremo noreste presenta una serie de lagunas (Blanca, Verde y del Bicho) hoy fuertemente alteradas por obras de drenaje.

Charcas

Bajo esta denominación se incluyen una gran cantidad de espejos de agua de diversos orígenes y distribución extensa en el territorio, los cuales suelen quedar estacionalmente secos. Por su importancia biológica merecerían una consideración especial y detallada, al mantener una herpetofauna variada, así como según Loureiro (2004) especies de peces como las cinolebias de particular relevancia científica.

Se destacan por su importancia: a) las charcas ubicadas sobre las zonas altas planas de lomas de Narváez y la planicie de marea asociada; b) las charcas generadas por compresión de sedimentos modernos o por claudicación de la porosidad del suelo, comunes en interfluvios aplanados de la formación Libertad; c) las charcas generadas por deflación eólica de la parte superior de los loess de esa formación; d) las charcas interdunares en zonas de grandes médanos como Cabo Polonio; e) las charcas de disolución de carbonatos en interfluvios aplanados sobre materiales calcáreos de la formación Fray Bentos; f) *oxbow lakes* de ríos de planicie generados por abandono de meandros o de canales de desborde por fuera de los montes ribereños; y g) las charcas de origen biológico, como las existentes en el litoral del río Uruguay, generadas a partir del abandono y colapso de hormigueros de la hormiga *Atta vollenweiderii* que se ubican sobre suelos sódicos, los que persisten por la recirculación de sedimentos que ellas realizan.

Puede considerarse que en general las charcas presumiblemente son mantenidas por el retiro de sedimentos que producen los mamíferos cuando se introducen en ellas para beber, de lo contrario no se podría explicar su supervivencia por períodos tan prolongados como los que seguramente pueden atribuirse a aquellas desarrolladas sobre paisajes de sierras aplanadas, como la existente en Sierra de Ríos. Estas charcas son cuerpos de agua semipermanentes que tienen un importante rol en los ciclos de anfibios, aves y mamíferos.

Bibliografía

- Andréfouët, S.; Pagès, J. y Tartinville, B. (2001), «Water renewal time for classification of atoll lagoons in the Tuamotu Archipelago (French Polynesia)», en *Coral Reefs*, 20:399-408.
- Augustinus, P. G. E. F. (1978), *The changing shoreline of Surinam (South America)*, tesis doctoral, Utrecht, Universidad de Utrecht, 232 pp.
- (1989), «Cheniers and cheniers plains: A general introduction», en *Marine Geology*, 90 (4): 219-229.
- Barnes, R. S. K. (1980), *Coastal lagoons*, Cambridge, Cambridge University Press, 106 pp.
- Basset, A.; Sabetta, L.; Fonnesu, A.; Mouillot, D.; Do Chi, T.; Viaroli, P.; Giordani, G.; Reizopoulou, S.; Abbiati, M. y Carrada, G. C. (2006), «Typology in Mediterranean transitional waters: new challenges and perspectives», en *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(5): 441-455 DOI: 10.1002/aqc.767

- Bracco, R.; García-Rodríguez, F.; del Puerto, L.; Inda, H. y Castiñeira, C. (2008), «Holocene relative sea-level variation inferred from records in the basin of Castillos», en *Structure and function of world shallow lakes. Book of Abstracts*, Punta del Este, p. 75.
- Calow P. (ed.) (1999), *The encyclopedia of ecology and environmental management*, segunda edición, Blackwell Science Ltd.
- Day, J. W. y Yáñez-Arancibia, A. (1982), «Coastal lagoons and estuaries, ecosystem approach», en *Ciencia Interamericana*, 8 (1-2): 11-26.
- Groen P. (1969), «Physical hidrology of coastal lagoons», en Ayala-Castañares, A. y Phleger, F. B. (eds.), *Lagunas Costera, Un Simposio*, Memorias del Simposio Internacional de Lagunas Costeras, 28-30 de noviembre de 1967, México DF, UNAM-Unesco, pp. 275-280
- Lankford R. (1977), «Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification», en Wiley, M. L. (ed.), *Estuarine processes*: 2: 182-215, Nueva York, Academic Press Inc.
- Loureiro, M. (2004), *Sistemática y biogeografía de los peces anuales de la subtribu Cynolebiatina (Cyprinodontiformes: Rivulidae: Cynolebiatinae)*, tesis de doctorado, Montevideo, Pedeciba, Universidad de la República, 119 pp.
- Oyhantçabal, P.; Siegesmund, S.; Wemmer, K. y Layer P. (2009), *The Sierra Ballena Shear*. Zone in the southernmost Dom Feliciano Belt (Uruguay): evolution, kinematics, and deformation conditions. *International Journal of Earth Sciences*, DOI 10.1007/s00531-009-0453-1 (online).
- Panario D. y Gutiérrez O. (2006), «Dinámica y fuentes de sedimentos de las playas uruguayas», en Menafrá, R.; Rodríguez, L.; Scarabino, F. y Conde, D. (eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*, Montevideo, Vida Silvestre Uruguay, pp. 21-34.
- Pérez-Ruzafa, A.; Mompean, M. C. y Marcos C. (2007), «Hydrographic, geomorphologic and fish assemblage relationships in coastal lagoons», en *Hydrobiologia*, 577: 107-125.
- Preciozzi, F.; Spoturno, J.; Heinzen, W. y Rossi P. (1985), *Carta geológica del Uruguay a escala 1:500.000*, Montevideo, Dirección Nacional de Minería y Geología, 92 pp.
- Rodríguez-Gallego L. (1999), *Descripción geomorfológica del Arroyo Valizas*, monografía, Montevideo, Facultad de Ciencias de la Universidad de la República, 15 pp.
- Silvester, R. y Hsu, J. R. C. (1993), *Coastal stabilization. Innovative concepts*, Nueva Jersey, Prentice Hall.
- Smith, N. P. (1989), «Computer simulation of wind-driven circulation in a coastal lagoon», en Neilson, B. J.; Kuo, A. y Brubaker, J. (eds.), *Estuarine circulation*, 113-132. Nueva Jersey, Humana Press.
- (1990), «Longitudinal transport in a coastal lagoon», en *Estuarine, Coastal and Shelf Science*: 31 (6): 835-849.
- Sombroek, W. G. (coord.) (1970), *Estudios de los suelos en la Cuenca de la Laguna Merín. Apéndice A - Descripciones, datos físicos y químicos de perfiles seleccionados*, Parte uruguaya, Proyecto Regional Laguna Merín (Informe Mimeo).
- Texeira L. (1999), «Dinámica de las barras costeras de la Laguna Garzón y Rocha», en Probides (ed.), *Seminario: Costa Atlántica. Estado actual del conocimiento y estrategia de investigación de la costa y sus barras lagunares (Rocha, marzo de 1997)*, Serie Documentos de Trabajo N.º 21, Rocha, Probides, pp. 55-58.
- Urien, C. M. (2009). «Conferencia: El margen occidental del atlántico Sur, evolución tectónica, cuencas sedimentarias y actual fisiografía regional», en Fucks, E. E.; Deschamps, C.; Silva, C. G. y Schnack, E. J. (eds.), *IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur.*, La Plata, 21-23 de setiembre.
- Villwock, J. A.; Tomazelli, L. J.; Loss, E. L.; Dehnhardt, E. A.; Horn Filho, N. O.; Bachi, F. A. y Dehnhardt B. A. (1986), «Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province», en Rabassa, J. (ed.), *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4: 79-97, Balkema, Rotterdam.