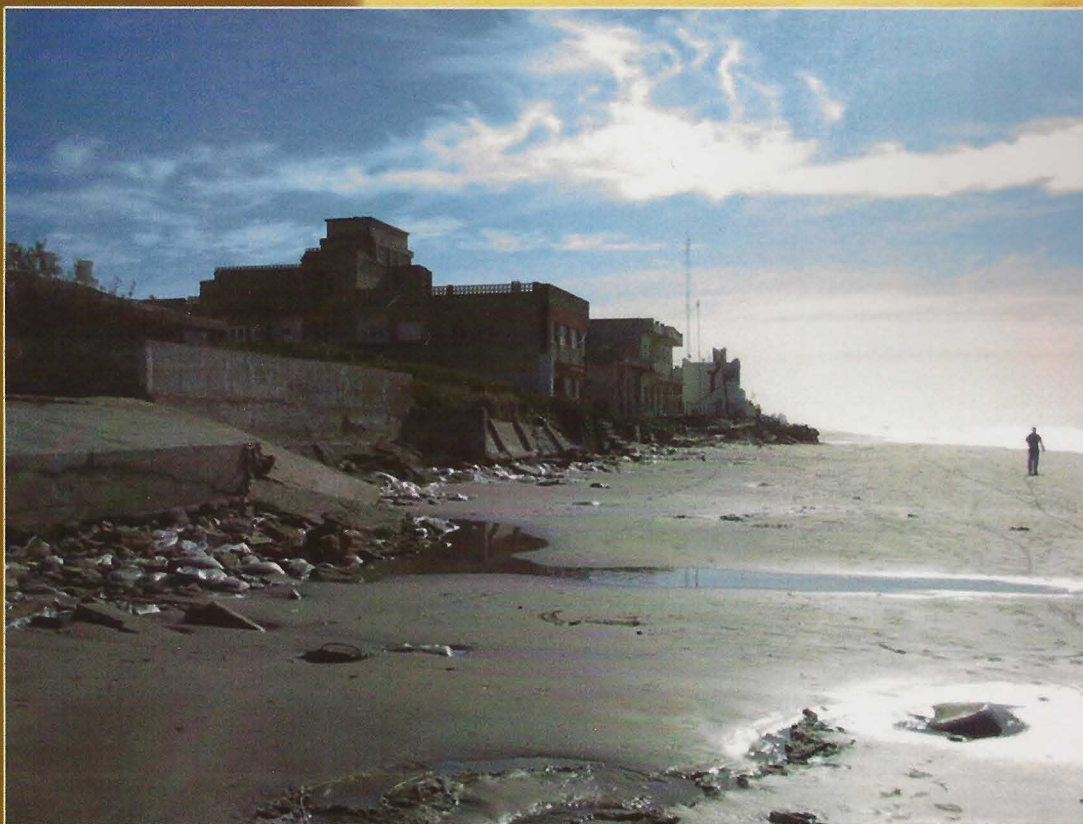


PROBLEMÁTICA DE LOS AMBIENTES COSTEROS

Sur de Brasil, Uruguay y Argentina



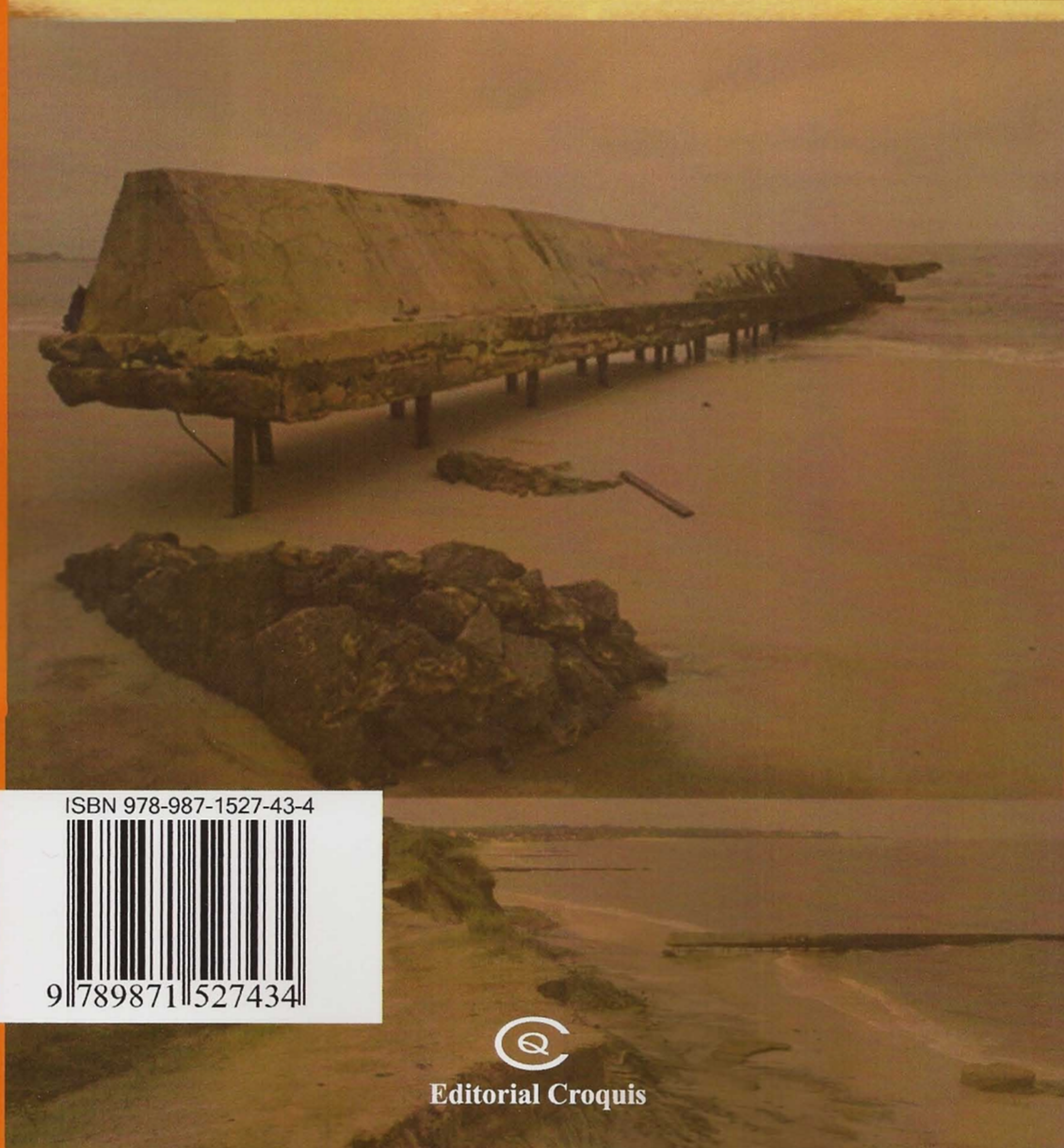
Compiladores:
Rubén Álvaro López - Silvia Cristina Marcomini



Editorial Croquis

PROBLEMÁTICA DE LOS AMBIENTES COSTEROS

Sur de Brasil, Uruguay y Argentina



ISBN 978-987-1527-43-4



9 789871 527434



Editorial Croquis

PROBLEMÁTICA DE LOS AMBIENTES COSTEROS

Sur de Brasil, Uruguay y Argentina

Compiladores:

Rubén Álvaro López - Silvia Cristina Marcomini

Editorial Croquis

Problemática de los Ambientes Costeros
Sur de Brasil, Uruguay y Argentina
Compiladores Rubén Álvaro López y Silvia Cristina Marcomini
Primera edición Febrero de 2011
200 ejemplares
Queda hecho el depósito que marca la ley N°11.723
Impreso en Argentina-Printed in Argentina
Impreso en Talleres
Es una edición de Editorial Croquis S.R.L.
Esmeralda 846 3°D - Ciudad Autónoma de Buenos Aires
www.editorialcroquis.com
info@editorialcroquis.com
I.S.B.N 978-987-1527-

“ La presente edición de este libro fue financiada con fondos aportados por la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe, de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO”



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

**Oficina Regional de Ciencia
para América Latina y el Caribe**

PROBLEMÁTICA DE LOS AMBIENTES COSTEROS

Sur de Brasil, Uruguay y Argentina

Compiladores:

Rubén Álvaro López - Silvia Cristina Marcomini

Editorial Croquis

PRÓLOGO

Las regiones costeras tienen un rol fundamental desde la perspectiva ecológica, social y económica. Entre las principales causas que alteran el equilibrio costero, el crecimiento de las ciudades costeras, hoy llamadas megaciudades, y consiguientes poblaciones turísticas que se desarrollan a lo largo del litoral costero es una de las más importantes. En virtud de ello, entre las principales variables que explican las alteraciones en la dinámica costera y consecuentes impactos ambientales y conflictos de intereses encontramos el desarrollo de las actividades relacionadas con infraestructuras inmobiliarias, recreativas, portuarias e incluso mineras. Este crecimiento acelerado de los espacios costeros se ha ido estableciendo en el área de estudio sin casi planificación ambiental ni territorial produciendo importantes impactos que generan a su vez desequilibrios en las zonas litorales. Estos impactos, producto de un desarrollo económico y social no sustentable, han llevado al deterioro de los recursos naturales.

De esta manera, las áreas costeras urbanas y semi urbanas se construyen sobre un ambiente frágil, que sumado a la naturaleza y presencia de procesos naturales con dinámica propia trae como consecuencia importantes problemáticas. Estas problemáticas que tienen entonces su origen en la acción humana sobre la naturaleza combinada con la continua presencia de los procesos naturales se manifiestan en modificaciones al medio natural provocando importantes desbalances en las tasas de erosión-acumulación, por ejemplo, que son las que regulan el equilibrio dinámico de la costa.

Fenómenos de erosión, contaminación, deterioro de acuíferos, depredación de recursos acuáticos, bióticos e incluso el aumento de inundaciones a lo largo de la costa vienen aumentando, lo que pone en peligro a su vez el sustento económico y social de muchas de las poblaciones costeras cuyo recurso principal lo constituye el turismo de sol y playa. Distintos autores señalan que diversos indicadores ponen en evidencia que la erosión está en aumento, sobretudo en la década pasada. Las causas como señalamos, variadas, pero los motivos similares. A la falta de manejo de las áreas costeras urbanas hay que sumarle el calentamiento global con el consiguiente aumento del nivel del mar y el incremento de tormentas intensas en áreas costeras. La erosión es un proceso natural que, como dijimos, ha existido siempre, sin embargo el estado actual del conocimiento permite decir que si no se enfrenta el problema de la erosión producto de actividades antrópicas, la capacidad que tienen estas zonas de adaptarse a los efectos del cambio climático, ascensos del nivel de mar y aumentos de la frecuencia e intensidad de tormentas, se verá amenazada.

Este escenario condiciona el desarrollo económico y social de estas zonas y por tanto es necesario conocer, entre otros, la capacidad de soporte que los ambientes costeros marinos tienen para afrontar los impactos humanos presentes y futuros. Conocimiento necesario para poder proyectar un crecimiento sustentable que incorpore una planificación ambiental y territorial.

Dada la importancia de la temática, en el año 2008, La Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe organizó en el marco de las actividades inherentes al “Año Internacional del Planeta Tierra” el Taller regional: “Erosión costera: herramientas para su estudio y gestión”. El mismo tenía como objetivo principal crear un ámbito de presentación y discusión del tema desde una óptica multidisciplinaria, con un fuerte componente geocientífico.

Específicamente, se buscó conocer el estado del arte de los enfoques en el estudio de erosión costera, intercambiar conocimientos acerca de ella en la región

del área sudamericana, discutir situaciones actuales y futuras en relación a la gestión de la erosión costera, detectar necesidades de programas de investigación, analizar la factibilidad de establecer una red de monitoreo geológico de playas, analizar la factibilidad de conformar una base de datos a nivel costero y promover el relacionamiento regional y la información en los sistemas educativos y organismos administradores.


Con el fin de avanzar en estos temas a nivel de la sub región y ante la necesidad de encarar soluciones eficaces y eficientes con sustento científico que tengan a su vez un apoyo político, es que el Departamento de Geología de la Universidad de Buenos Aires y la Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe realizaron en el año 2010, este simposio regional. El objetivo es discutir esta problemática en un ámbito multidisciplinario convocando a investigadores, gestores, administradores públicos, consultores y expertos en las diversas problemáticas de las zonas litorales y de la gestión de costas.

Entre los distintos temas presentes en el simposio, vale la pena señalar, la búsqueda de vincular y relacionar las problemáticas comunes para abordar las medidas de manejo costero que puedan implementarse como estrategias de integración regional y crecimiento sustentable, así como generar el conocimiento necesario para poder concretar estrategias y medidas sencillas que puedan ser empleadas en una futura y posible legislación internacional conjunta para la conservación de los recursos costeros.

Para alcanzar un desarrollo social, económico y sustentable es necesario elaborar planes y estrategias regionales que permitan el crecimiento económico de las áreas en cuestión pero cuyo impacto ambiental sea eliminado o minimizado. Es en este contexto que el manejo costero adquiere relevancia, en tanto es la base para una integración interdisciplinaria que debe lograrse entre las diferentes áreas del conocimiento (ciencias básicas y aplicadas, sociales y económicas) en el manejo de los recursos naturales.

Es nuestro objetivo que las ideas y enfoques discutidos en este simposio hayan contribuido a mejorar la comprensión de los procesos naturales y su interacción con el hombre, o sea la relación entre el hombre y su medio ambiente. La reducción de la erosión y la estabilización de la costa, el control de las inundaciones, el mantenimiento de la calidad del agua y de la biodiversidad y la protección física son algunos de los servicios ecosistémicos necesarios para preservar la interdependencia entre la salud humana y la salud ambiental.

Esperamos además que a partir de este simposio se fomente el reconocimiento público del valor de los servicios ambientales como factor de protección y adaptación de las poblaciones costeras frente a los impactos asociados al cambio climático, y así incidir y fomentar formas efectivas de cooperación de la sociedad civil y la academia que permitan incidir en la toma de decisiones proporcionando información necesaria para los planificadores, responsables de la toma de decisiones con el objetivo de obtener un uso racional y por ende una mejor conservación de los recursos naturales costeros.



Denise Gorfinkiel
Oficial de Programa

Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe

ÍNDICE

ÍNDICE

Costa de Río Grande do Sul, Brasil	13
Comportamento Regressivo/Transgressivo da linha de costa na Bacia de Pelotas durante o Holoceno Médio e Tardio	15
Barboza, E.G.; Rosa, M.L.C.C.; Tomazelli, L.J.; Dillenburg, S.R.; Ayup-Zouain, R.N.	
Sistema de compartilhamento de sedimentos arenosos no litoral médio do Rio Grande do Sul.	31
Toldo Jr, E. E.; Almeida, L. E. S. B.; Nunes, J. C. R. ; Nicolodi, J. L.; Motta, L. M.; Cunha, R. B.	
Subsidios à Gestão Costeira: vulnerabilidades ambientais e aspectos legais para normativas de uso e ocupação.	41
Gruber, N.L.S., Strohaecker, T.M, Ayup-Zouain y R.N. y Farina, F	
Costa de Uruguay	57
Sinópsis geológico-ambiental de la costa platense y atlántica de Uruguay	59
César Goso Aguilar, Valeria Mesa, María del Carmen Alvez	
Geología y problemática costera del Dpto. de Canelones (Uruguay)	77
César Goso Aguilar	
Un cambio en el modelo de gestión de la zona costera uruguaya: el Programa EcoPlata	95
Mónica Gómez Erache	
Costa de Buenos Aires, Argentina	107
Problemática costera de Buenos Aires	109
Rubén López y Silvia Marcomini	
La problemática ambiental del estuario del Río de Plata y Delta del Paraná	129
Silvia Marcomini y Rubén López	
El proceso antrópico en la modificación costera de la ciudad de Buenos Aires	145
Silvia Marcomini y Rubén López	
Contaminación costera en la Argentina: compuestos órgano-estañosos (tbt) y malformaciones sexuales (imposex) en caracoles marinos	161
Gregorio Bigatti, Andrés Averbuj, Mónica Primost, Maximiliano Cledón, Soledad Zabala, Silvia V. Teso, Mariano Cumplido y Pablo E. Penchaszadeh	
Las invasiones biológicas en la costa argentina y en la Cuenca del Plata	179
Gustavo Darrigran y Natalia Arcaria	
Cambios en la vegetacion en costas de dunas y su influencia en el balance sedimentario	193
Silvia Marcomini, Rubén López, Pablo Picca, Nora Madanes y Lila Bertolín	

Costa de Rio Grande do Sul, Brasil

COMPORTAMENTO REGRESSIVO/TRANSGRESSIVO DA LINHA DE COSTA NA BACIA DE PELOTAS DURANTE O HOLOCENO MÉDIO E TARDIO

**Eduardo Guimarães Barboza, Maria Luiza Correa da Camara Rosa, Sérgio
Rebello Dillenburg, Luiz José Tomazelli, Ricardo Norberto Ayup-Zouain**

INTRODUÇÃO

Com uma área de aproximadamente 210.000 km², a Bacia de Pelotas está localizada no extremo sul da Margem Continental Brasileira e nordeste da Margem Continental Uruguiaia (Fig. 1). A linha de costa ao longo da Bacia possui comportamentos distintos no que diz respeito à regressão e transgressão. De acordo com Dillenburg *et al.* (2000) em escalas de séculos e de milênios esse comportamento estaria associado ao balanço sedimentar, formando segmentos costeiros com padrões progradacionais e retrogradacionais. Os segmentos retrogradacionais correspondem diretamente à trechos em erosão, os quais representam um grande problema ao uso e ocupação dos recursos costeiros.

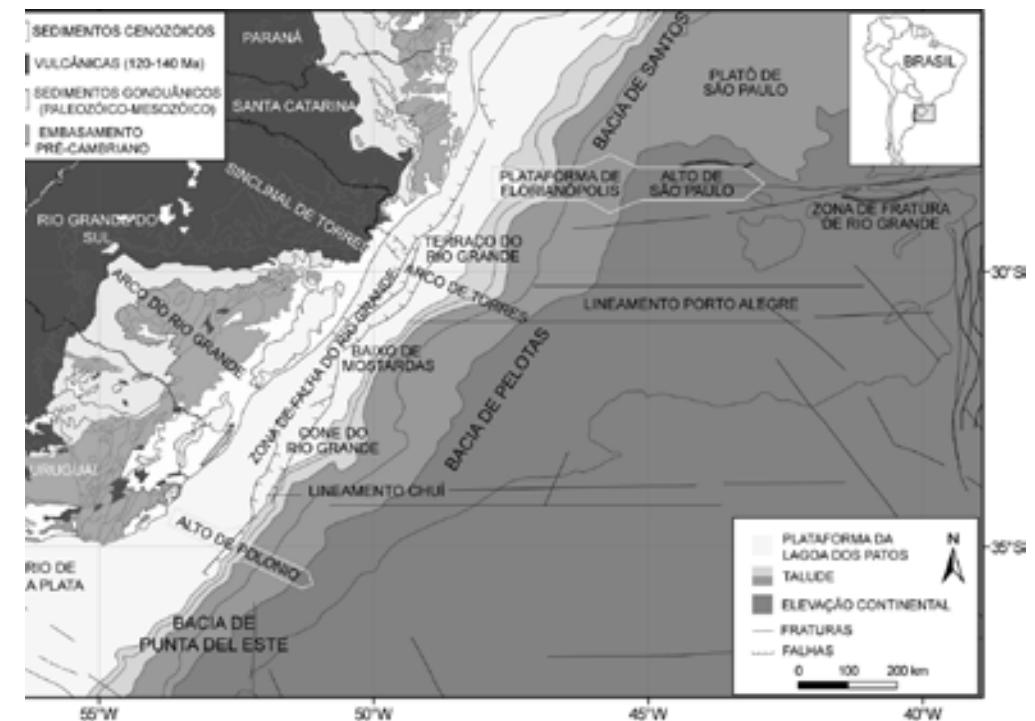


Figura 1. Mapa de localização da Bacia de Pelotas com as principais feições estruturais identificadas (compilado a partir dos trabalhos de Miranda, 1970; Urien e Martins, 1978; Alves, 1977; Alves, 1981; Gamboa e Rabinowitz, 1981; Dias et al., 1994; Fontana, 1996 e CPRM, 2008).

ASPECTOS GEOLÓGICOS E EVOLUTIVOS

A Bacia de Pelotas limita-se a norte com a Bacia de Santos, pelo Alto de Florianópolis (Gamboa e Rabonowitz, 1981) e, a sul, com a Bacia de Punta Del Este, pelo Alto de Polônio, no Uruguai (Urien e Martins, 1978). Sua gênese está relacionada com os movimentos tectônicos que culminaram com a abertura do Oceano Atlântico Sul (Asmus e Porto, 1972), possuindo em seu substrato rochas do Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense, do Escudo Catarinense e da Bacia do Paraná.

A Planície Costeira ao longo da Bacia pode ser correlacionada com a do Rio Grande do Sul, descrita por Villwock (1984) como uma feição fisiográfica correspondente à parte emersa da Bacia de Pelotas. Nela estão expostos os depósitos da seção superior da Bacia, constituídos por fácies de sistemas de Leques Aluviais, desenvolvidos em sua porção oeste, junto ao embasamento, e por sedimentos de quatro sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira (Fig. 2). Conforme Villwock e Tomazelli (1995), esses sistemas teriam se desenvolvido a partir de ciclos transgressivos-regressivos controlados pela glacioeustasia e registrariam máximos transgressivos seguidos por regressões. As idades dos sistemas (400, 325, 125 e 7 ka ao recente) foram sugeridas a partir da correlação com os estágios isotópicos do oxigênio das curvas de Shackleton e Opdyke (1973) e Imbrie *et al.* (1984), representando os picos 11, 9, 5 e 1, respectivamente (Fig. 2).

No penúltimo máximo transgressivo, há aproximadamente 125 ka, o nível do mar estaria até 7 m acima do atual, quando começou a rebaixar (Tomazelli e Dillenburg, 2007). Há aproximadamente 18 ka, no último máximo glacial (LGM), o nível do mar estaria posicionado em torno de 120 a 130 m abaixo do atual (Corrêa, 1995). A partir de então teria iniciado uma nova subida, ultrapassando o nível atual entre 7,7 e 6,9 ka e atingindo seu máximo há aproximadamente 6 ka (Martin *et al.*, 1979; Angulo e Lessa, 1997). No Rio Grande do Sul, estima-se que o nível do mar tenha alcançado de 2 a 4 m acima do atual (Dillenburg *et al.*, 2000). Desde então, teria início uma nova queda até a posição presente (Angulo e Lessa, 1997; Angulo *et al.*, 2006).

As modificações do nível do mar descritas controlaram a evolução dos sistemas deposicionais presentes na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, de forma que os depósitos sedimentares associados refletem tais variações.

Dillenburg *et al.* (2000) estudaram a configuração da barreira costeira holocênica do Rio Grande do Sul, definindo setores com comportamentos distintos em uma escala de séculos e milênios. Nesse estudo verificou-se que a barreira possui segmentos retrogradacionais, agradacionais e progradacionais. Uma descrição mais atualizada e detalhada desses setores pode ser encontrada em Dillenburg *et al.* (2009).

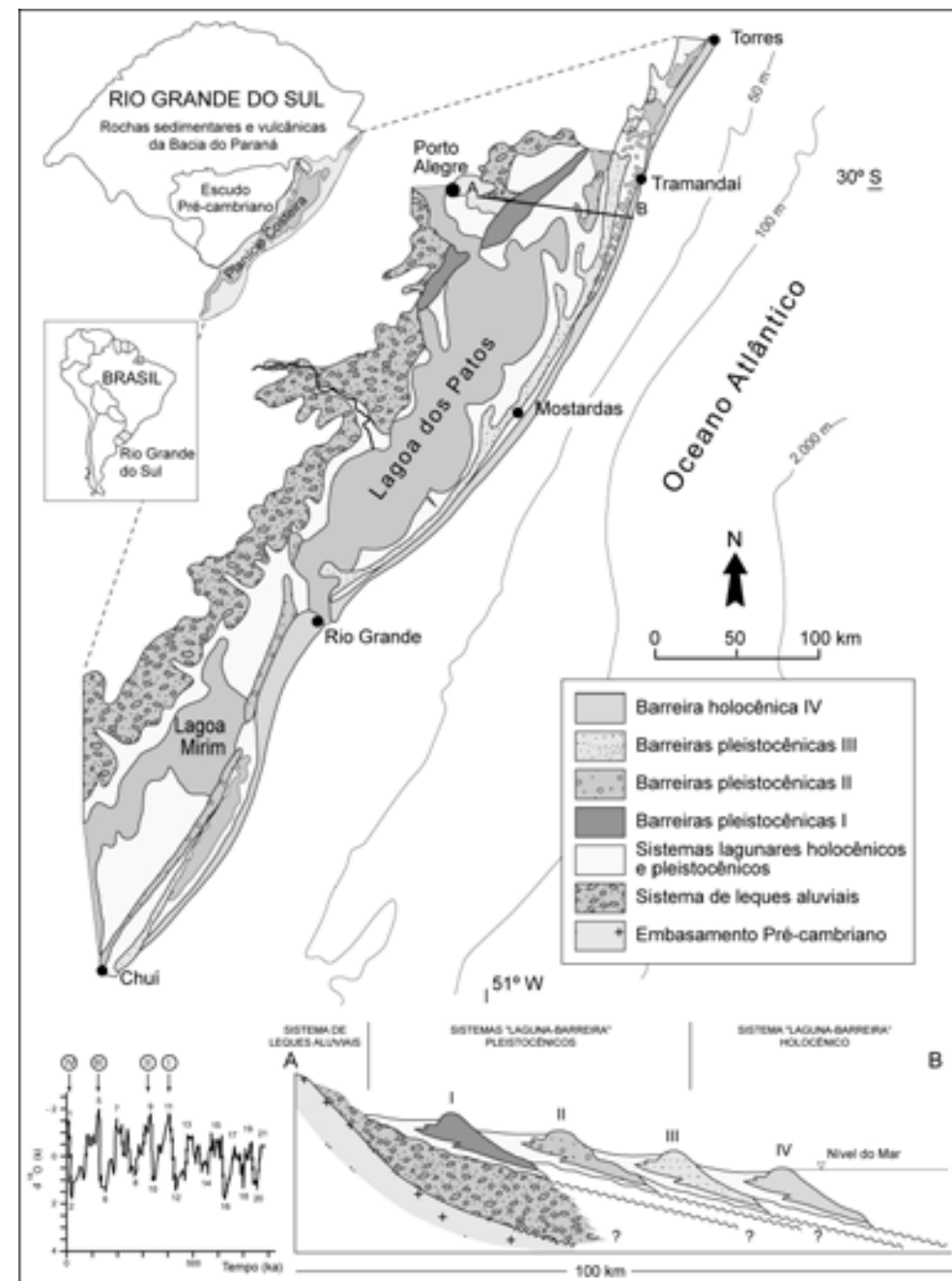


Figura 2. Composição do Mapa Geológico simplificado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul com o perfil esquemático transversal aos sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul na latitude de Porto Alegre. As barreiras são correlacionadas aos últimos maiores picos da curva isotópica de oxigênio (modificado a partir de Tomazelli e Villwock, 1996; Tomazelli e Villwock, 2000).

COMPORTAMENTO DA LINHA DE COSTA

Mais recentemente, dados contínuos em subsuperfície foram adquiridos com georadar em diversos setores ao longo da barreira holocênica. As seções obtidas permitiram observar a geometria dos depósitos sedimentares, corroborando a presença de setores com comportamentos da linha de costa regressivos e transgressivos (Barboza *et al.*, 2010).

Os setores transgressivos ou retrogradacionais encontram-se geralmente nas projeções que ocorrem entre os suaves embaixamentos, os quais caracterizam a costa gaúcha (Fig. 3). Nesses setores observam-se grandes campos de dunas transgressivos (Fig. 4). Esses campos, geralmente estão posicionados no extremo nordeste do setor transgressivo, o que é relacionado com a deriva litorânea resultante nesse mesmo sentido (Tomazelli e Villwock, 1992; Toldo Jr. *et al.*, 2004). Alguns autores (Semeniuk e Meagher, 1981; Dillenburg *et al.*, 2009) vinculam a fonte de sedimentos para campos de dunas com a erosão presente nos setores em transgressão adjacentes (Figs. 3 e 4).

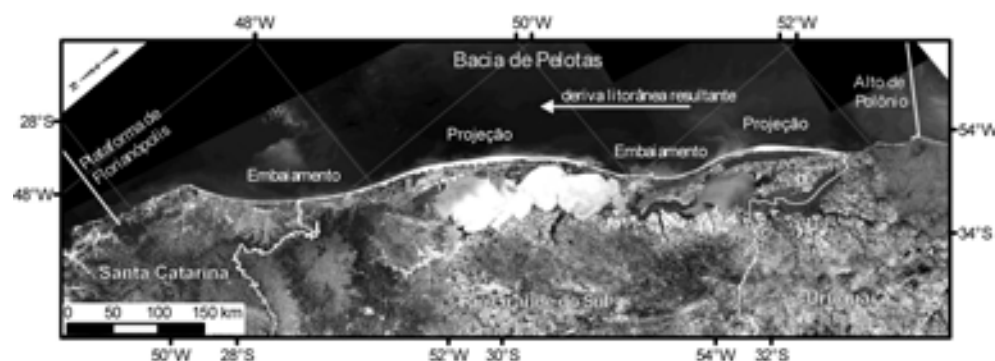


Figura 3. Observa-se na imagem (Satélite Landsat 7, Sensor ETM+, Banda 2 - inclinação de 130°) a porção costeira da Bacia de Pelotas, destacando o sentido da deriva litorânea resultante, a qual indica o transporte de sedimentos ao longo da costa desde as projeções, que se encontram em erosão, para os embaixamentos, que são setores em progradação (modificado de Rosa, 2010).

Nestes setores existem também afloramentos de lamas de origem lagunar na atual face de praia (Tomazelli *et al.*, 1998; Dillenburg *et al.*, 2004; Buchmann, 1997). Datações nessas lamas revelam idades de 5.760 ± 120 ka (Travessas, 2003; Travessas *et al.*, 2005), 4.330 ± 60 ka (Tomazelli *et al.*, 1998) e 3,5 ka (Dillenburg *et al.*, 2004) para o Jardim do Éden-RS e 4.300 à 4.900 ka AP para o Hermenegildo-RS (Buchmann, 1997), as quais evidenciam o processo transgressivo na barreira holocênica. Estudos recentes, na região sul da planície costeira, entre Hermenegildo e Barra do Chuí-RS, também demonstraram o mesmo comportamento (Caron, 2007; Lima, 2008).

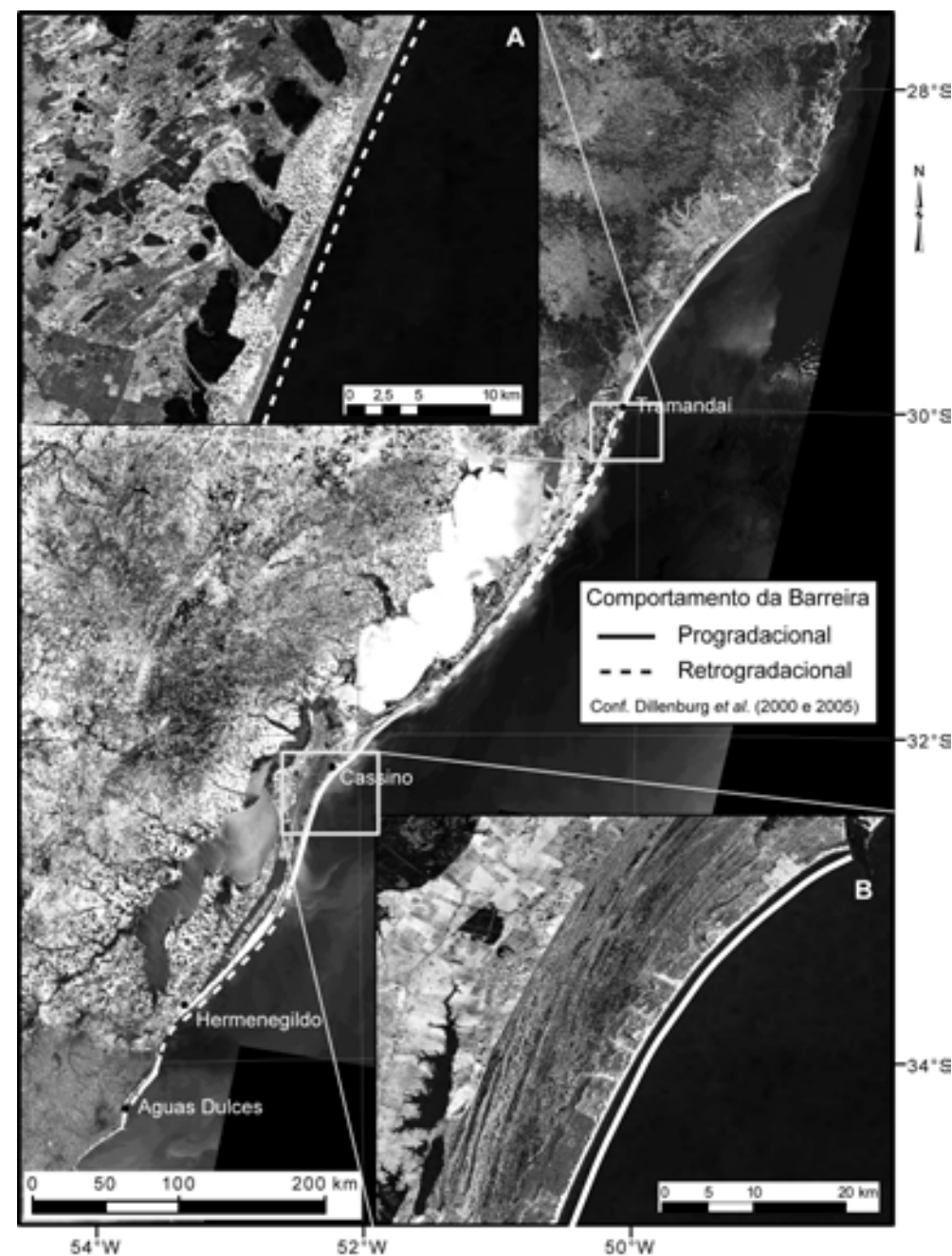


Figura 4. Imagem orbital (Satélite Landsat 7, Sensor ETM+, banda 2) abrangendo a Bacia de Pelotas, destacam-se os setores onde a barreira holocênica possui diferentes comportamentos. Em A, setor retrogradacional, com a presença de grandes campos de dunas. Em B, setor progradacional, com a presença de cordões litorâneos regressivos (elaborado a partir dos trabalhos de Dillenburg *et al.*, 2000 e 2005).

A presença de estratos inclinados em subsuperfície no sentido do continente, observados em seções de georadar nestes setores transgressivos, comprova a retrogradação dos sistemas deposicionais (Fig. 5A). O mecanismo formador dessa retrogradação se dá pela erosão na face praial e migração de sedimentos da barreira para o interior de corpos lagunares, os quais ocorrem em sua retaguarda (Caron *et al.*, 2010). Essa migração pode ser iniciada por meio de leques de sobrelavagem através de deposição subaérea com estratificação em baixo ângulo. Após, os sedimentos são transportados por sistemas eólicos, fluviais e deltaicos (Tomazelli *et al.*, 2010). Esses sedimentos ao chegarem aos corpos lagunares são retrabalhados em ambiente subaquoso. Nesse retrabalhamento os sedimentos constituirão os terraços afogados nas margens lagunares, os quais progradam com estratos em alto ângulo no sentido do continente.

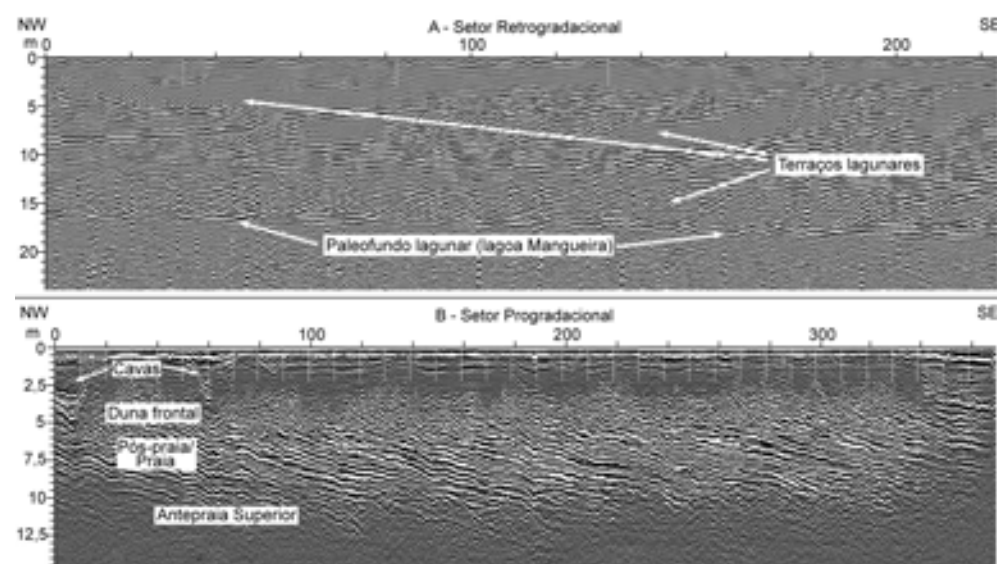


Figura 5. Seções de georadar obtidas em diferentes setores da barreira holocênica do RS. A) setor retrogradacional junto à lagoa Mangueira-RS, observam-se refletos inclinados em direção ao continente, os quais representam a margem lagunar, o desenvolvimento da mesma ocorreu através do transporte de sedimentos provenientes da erosão da barreira. B) exemplo de uma seção junto aos cordões litorâneos regressivos (Cassino-RS), evidenciando a progradação no sentido do oceano. Nessa seção, os depósitos referentes à antepraia superior, praia, dunas frontais e cavas podem ser identificados.

A constatação do comportamento transgressivo indica que em alguns setores da Baía de Pelotas, o máximo transgressivo holocênico pode ser considerado o momento atual, ou ainda, esse máximo não ter sido atingido (Rosa, 2010). Dessa forma, mesmo em um nível de mar mais elevado que o atual há aproximadamente 6 ka, nesses setores, a barreira holocênica estava em uma posição mais distal no sentido do depocentro da Baía (Fig. 6)



Figura 6. Imagens de satélite (fonte: Google Earth) do litoral norte do Rio Grande do Sul com a ilustração do posicionamento da linha de costa relacionada ao máximo eustático e ao máximo transgressivo demonstrando o diacronismo do máximo transgressivo (elaborado, sem precisão, a partir dos trabalhos de Dillenburg *et al.* (2000 e 2009) e Travessas *et al.* (2005) (modificado de Rosa, 2010).

Os setores regressivos/progradacionais são representados por cordões litorâneos (*foredune ridges*), algumas vezes recobertos por fases com o desenvolvimento de campos de dunas transgressivos (*transgressive dunefields*) (Fig. 4). Nesses setores, nas seções de georadar (Fig. 5B) são observados refletores inclinados que indicam a progradação dos sistemas costeiros em direção ao depocentro da Bacia (Barboza *et al.*, 2009 e 2010; Silva, 2009). Dados de georadar recentemente adquiridos na porção mais interna desses setores, ao norte da Bacia, demonstram também a presença de depósitos em subsuperfície relacionados com a fase retrogradacional da barreira, ocorrida durante o máximo eustático holocênico.

MODELO EVOLUTIVO

O comportamento não uniforme da linha de costa da barreira holocênica na Bacia de Pelotas pode ser explicado segundo dois modelos. De acordo com Dillenburg *et al.* (2007, 2009), esse comportamento está associado com o balanço sedimentar, que por sua vez é controlado pela topografia antecedente, tipos de sedimentos disponíveis e fatores climáticos e oceanográficos. Dessa forma, variações positivas ou negativas do nível do mar em taxas muito pequenas, como as observadas a partir de 6 ka, não controlariam de forma definitiva a arquitetura deposicional.

Já Tomazelli e Villwock (1989) defendem que a erosão observada em alguns setores da barreira holocênica é produto de uma inversão eustática. Com o nível do mar em elevação a arquitetura deposicional resultante dependerá do aporte (Vail *et al.*, 1977; Van Wagoner *et al.*, 1988; Posamentier *et al.*, 1988). Assim, setores com grande aporte poderiam progradar, enquanto outros, controlados por uma elevação eustática retrogradariam.

Conforme apresentado na Figura 6 constata-se o diacronismo do máximo transgressivo, bem como a heterogeneidade do comportamento da barreira holocênica. Nessa figura, observa-se a projeção da linha de costa há 6 ka AP, em uma posição oceano adentro ao sul e próxima à margem da lagoa de Itapeva ao norte.

Ao norte de Tramandaí observa-se um setor com uma progradação de aproximadamente 5 km. Uma seção estratigráfica deste setor, com idades absolutas obtidas desde a porção mais interiorizada da barreira até a atual linha de costa, foi apresentada por Dillenburg *et al.* (2006). As datações revelaram que os depósitos mais jovens encontram-se no sentido do oceano. Para essa progradação ocorrer é necessário um grande aporte de sedimentos, como não existem rios aportando sedimentos na região, esse material foi canibalizado de setores mais ao sul. Essa canibalização está associada à erosão na barreira, a qual retrograda e parte dos sedimentos é transportada pela deriva para o norte, onde constituem os setores em progradação.

Os setores relacionados ao comportamento da barreira holocênica, descritos por Dillenburg *et al.* (2000), para uma escala de séculos e milênios, também se manifestam no comportamento da linha de costa monitorado por Toldo Jr. *et al.* (1999 e 2005) para o Rio Grande do Sul. Dados obtidos através de levantamentos com DGPS junto à linha d'água, no mês de novembro de 1997, 1998, 1999, 2000 e abril

de 2002, foram comparados com a linha de costa delimitada através de fotografias aéreas do ano de 1975. Essa comparação evidencia setores em erosão, estáveis e em progradação (Fig. 7).

Segundo Toldo Jr. *et al.* (2005), o estudo realizado demonstra que de 621 km monitorados na costa gaúcha, 442 km estão submetidos a processos erosivos, com taxas que excedem 100 m em 22 anos. As áreas que possuem comportamento deposicional somam 173 km, com progradação de até 40 m nos 22 anos analisados, enquanto em 6 km da costa não foram observadas variações. Os mesmos autores descrevem que o comportamento da linha de costa está relacionado com a interação entre as taxas de variação do nível do mar, as taxas e tipos de suprimento sedimentar, a dinâmica de ondas e impactos produzidos por ondas de tempestade.

A modelagem do balanço de sedimentos em função da deriva litorânea resultante realizada por Toldo Jr. *et al.* (2004), demonstra que a retração observada está associada com setores que possuem altas taxas de transporte. Por outro lado, os setores em progradação estão associados com uma mudança na orientação da linha de costa que promove um “engarrafamento” na deriva litorânea e por consequência a deposição dos sedimentos.

SETORES EM EROSÃO

Os principais setores em erosão ao longo da Bacia de Pelotas estão situados nas projeções costeiras e junto às áreas com déficit de sedimentos no perfil praial. Dentre os principais setores urbanizados ao longo da Bacia destacam-se Aguas Dulces-UY, Hermenegildo-RS (Fig. 8) e Jardim do Éden-RS. Os setores sem urbanização, mas com alta taxa de erosão estão localizados junto à praia dos concheiros entre o Hermenegildo e o Farol do Albardão; Estreito/Farol da Conceição; Lagoa do Peixe e entre Quintão e Tramandaí no Rio Grande do Sul.

Nos setores junto ao Hermenegildo e Jardim do Éden a erosão observada é de longo período, ou esses estariam associados a taxas de erosão muito elevadas. Os mesmos são caracterizados pela presença de lamas lagunares aflorando junto à praia durante as ressacas. Essas lamas possuem idades holocênicas (Buchmann, 1997; Tomazelli *et al.*, 1998; Travessas, 2003; Dillenburg *et al.*, 2004; Travessas *et al.*, 2005).



Figura 7. Imagem orbital (Satélite Landsat 7, Sensor ETM+, Banda 2) indicando os setores encontrados por Toldo et al. (2005) onde ocorre retrogradação (erosão) acentuada, moderada e progradação moderada na costa do RS. Os volumes de transporte de sedimentos ao longo da costa são representados por m^3/ano .



Figura 8. Fotografias apresentando dois locais com processos erosivos junto a áreas urbanizadas. A) no extremo sul da baía o Balneário de Aguas Dulces no Uruguai. B) No Brasil, próximo a fronteira com o Uruguai o Balneário do Hermenegildo.

CONCLUSÕES

Através da análise da linha de costa e da quantificação nos trabalhos realizados ao longo da Bacia de Pelotas identificaram-se setores com distintos comportamentos. Esses setores, transgressivos e regressivos, podem ser relacionados com a morfologia da linha de costa.

A erosão de longo período reflete a interação de processos geológicos complexos tais como: balanço de sedimentos, concentração de energia de ondas na costa, morfologia da linha de costa, paleotopografia e variações eustáticas. Os locais onde os processos erosivos são mais visíveis situam-se junto a urbanizações, devido à presença de estruturas fixas construídas, as quais proporcionam para o observador um importante datum. Outros setores em erosão bastante perceptíveis são aqueles onde estão presentes depósitos de antigos sistemas lagunares. Através de idades obtidas junto a esses depósitos é possível corroborar o comportamento erosivo de longo período.

Estudos relacionados ao uso e a ocupação das zonas costeiras, bem como projetos de gestão nessas áreas devem, além do impacto produzido por construções, computar o comportamento de longo período da linha de costa. Dessa forma, os problemas relacionados com a erosão poderão ser bem avaliados contribuindo com subsídios à Gestão Costeira.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alves, E.C. 1977. *Estrutura rasa do talude e sopé da Margem Continental do Rio Grande do Sul e Uruguai*. Porto Alegre. 74p., Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Alves, E.C. 1981. Estruturas da margem continental sul brasileira e das áreas oceânicas e continentais, adjacentes. In: Asmus (Ed.). *Estruturas e tectonismo da Margem Continental Brasileira, e suas implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais*. Rio de Janeiro, PETROBRAS/CENPES/DINTEP. Série REMAC 9, p.187- 269

Angulo, R.J. e G.C. Lessa, 1997. The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, v.140, p.141-166.

Angulo, R.J., G.C. Lessa e M.C. Souza, 2006. A Critical Review of Mid- to Late-Holocene Sea-level Fluctuations on the Eastern Brazilian Coastline. *Quaternary Science Reviews*, v.25, p.486-506.

Asmus, H.E e R. Porto, 1972. Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26: 1972, Belém. *Anais...* Belém: SBG. v.2, p.67-90.

Barboza, E.G, S.R. Dillenburg, M.L.C.C. Rosa, L.J. Tomazelli e P.A. Hesp, 2009. Ground-penetrating radar profiles of two Holocene regressive barriers in southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, Special Issue, v.56, p.579-583.

Barboza, E.G., M.L.C.C. Rosa, S.R. Dillenburg e L.J. Tomazelli, 2010. The Holocene Coastal Barrier of Rio Grande do Sul (Southern Brazil): an Evaluation Based on GPR Data. In: The Meeting of Americas, Foz do Iguaçu-PR. *Eos Trans. AGU, Meet. Am. Suppl.*, 2010. v. 91. p. NS11A-03.

Caron, F. 2007. *Depósitos sedimentares associados à desembocadura do Arroio Chuí (Planície Costeira do Rio Grande do Sul) e suas relações com as variações do nível do mar durante o Holoceno*. Porto Alegre. 63p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Caron, F., L.G. Lima, S.R. Dillenburg, L.J. Tomazelli, E.G. Barboza, J.A.F. Antikeira, M.L.C.C. Rosa, R.P. Manzolli, e A.B. Silva, 2010. Morphology, stratigraphy and factors controlling evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. In: 2010 Meeting of the Americas, 2010, Foz do Iguaçu-PR. *Eos Trans. AGU, Meet. Am. Suppl.* v. 91. p. OS21A-01.

Corrêa, I.C.S. 1995. 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*, v.130, p.163-178.

CPRM, 2008. *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Sul*. Programa de Geologia do Brasil. Integração, Atualização e Difusão de Dados de Geologia do Brasil. Mapas Geológicos Estaduais em Sistema de Informações Geográficas – SIG. Escala 1:750.000. DVD Rom.

Dias, J.L., A.R.E. Sad, R.L. Fontana e F.J. Feijó, 1994. Bacia de Pelotas. *Boletim de Geociências Petrobras*, v.8, p.235-245.

Dillenburg, S.R., P.S. Roy, P.J. Cowell e L.J. Tomazelli, 2000. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the shoreface translation-barrier model (STM). *Journal Coastal Research*, v.16, p.71-81.

Dillenburg, S.R., L.J. Tomazelli e E.G. Barboza, 2004. Barrier evolution and placer formation at Bujuru southern Brazil. *Marine Geology*, Amsterdam, v.203, p.43-56.

Dillenburg, S.R., L.J. Tomazelli, L.R. Martins e E.G. Barboza, 2005. Modificações de longo período da linha de costa das barreiras costeiras do Rio Grande do Sul. *Gravel*, v.3, p.9-14.

Dillenburg, S.R., L.J. Tomazelli, E.G. Barboza, L.C.P. Clerot, D.B. Silva e Hesp, P.A. 2006. Stratigraphy and evolution of a prograded transgressive dunefield barrier in southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39, v. 1, p. 131-134.

Dillenburg, S.R., P.A. Hesp, E.G. Barboza, L.J. Tomazelli e J.E.G. Becker, 2007. Different styles of barrier progradation in southern Brazil. In: V Congresso Uruguayo de Geologia, 2007, Montevideo. *Resúmenes*.

Dillenburg, S.R., E.G. Barboza, L.J. Tomazelli, P.A. Hesp, L.C.P. Clerot. e R.N. Ayup-Zouain, 2009. The Holocene Coastal Barriers of Rio Grande do Sul. In: Dillenburg,

S.R. e P.A. Hesp (Eds.). *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. Springer, p.53-91.

Fontana, R.L. 1996. *Geotectônica e sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis*. Porto Alegre. 2v. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Gamboa, A.L.A.P. e P.D. Rabinowitz, 1981. The Rio Grande Fracture Zone in the western South Atlantic and its tectonic implications. *Earth and Planetary Science Letters*, Amsterdam, v.52, p.410-418.

Imbrie, J., J.D. Hayes, D.G. Martinson, A. McIntyre, A.C. Mix, J.J. Morley, N.G. Pisias, W.L. Prell e N.J. Shackleton, 1984. The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}O$ record. In: Berger, A. *et al.* (Eds.). *Milankovitch and Climate*. Part I. Riedel. p.269-305.

Lima, L.G. 2008. *Estratigrafia e evolução da barreira holocênica na praia do Hermenegildo (RS)*. Porto Alegre, 72p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Martin, L., K. Suguio e J.M. Flexor, 1979. Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ). In: International symposium of coastal evolution in the Quaternary, *Proceedings*, São Paulo, Brasil, p.296-331.

Miranda L.O.S. 1970. Geologia das Bacias na Plataforma Sul Brasileira. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Brasília, *Anais...* v. 24, p. 129-140.

Posamentier, H.W., M.T. Jervey e P.R. Vail, 1988. Eustatic controls on clastic deposition I - conceptual framework. In: Wilgus, C.K., B.S. Hastings, C.G.ST.C. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, e J.C. Van Wagoner (Eds.). *Sea level Changes: An Integrated Approach*. SEPM Special Publication, v.42, p.109-124.

Rosa, M.L.C.C. 2010. *Estratigrafia de Sequências: aplicação das ferramentas na alta frequência. Um ensaio na Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. 67 p. Exame de Qualificação de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Semeniuk, V. e T.D. Meagher, 1981. The geomorphology and surface processes of the Australind-Leschenault inlet coastal area. *JR Soc West Aust*, v.64, p.33-51.

Shackleton, N.J. e N.D. Opdyke, 1973. Oxygen isotope and palaeo-magnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V28-238: oxygen isotope temperatures and ice volumes in a 105 and 106 year scale. *Quaternary Research*. v.3, p.39-55.

Silva, A.B. 2009. *Evolução da Planície Costeira entre Passo de Torres e Araranguá - SC*. Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Toldo Jr., E.E., L.E.S.B. Almeida, C.E. Barros, R. Baitelli, L.R. Martins, e J.L. Ni-

colodi, 1999. Retreat of the Rio Grande do Sul Coastal Zone, Brazil. In: Martins, L.R. e C.I. Santana, (Eds.). *Non Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin*. Porto Alegre, BR: Editora UFRGS, p.62-68.

Toldo Jr., E.E., J.L. Nicolodi, L.E.S.B. Almeida e I.C.S. Corrêa, 2004. Coastal Dunes and Shoreface Width as a Function of Longshore Transport. *Journal of Coastal Research*. Itajaí, SC, Special Issue, 39.

Toldo Jr., E.E., L.E.S.B. Almeida, J.L. Nicolodi e L.R. Martins, 2005. Retração e Progradação da Zona Costeira do Estado do RS. *Gravel*, v.3, p.31-38.

Tomazelli, L.J. e J.A. Villwock, 1989. Processos erosivos na costa do Rio Grande do Sul, Brasil: evidências de uma provável tendência contemporânea de elevação do nível relativo do mar. *Resumos*, 2 Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Rio de Janeiro, ABEQUA, p. 16.

Tomazelli, L.J. e J.A. Villwock, 1992. Considerações Sobre o Ambiente Praial e a Deriva Litorânea de Sedimentos ao Longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Pesquisas*, Porto Alegre, v.19, p.3-12.

Tomazelli, L.J. e J.A. Villwock, 1996. Quaternary Geological Evolution of Rio Grande do Sul Coastal Plain, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68(3), p.373-382.

Tomazelli, L.J., J.A. Villwock, S.R. Dillenburg, F.A. Bachi e B.A. Dehnhardt, 1998. Significance of present-day coastal erosion and marine transgression, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Acad. Brasileira de Ciências*, v.70(2), p.221-229.

Tomazelli, L.J. e J.A. Villwock, 2000. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: Holz, M. e L.F. De Ros (Eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Edições CIGO/UFRGS, Porto Alegre, p.375-406.

Tomazelli, L.J. e S.R. Dillenburg, 2007. Sedimentary facies and stratigraphy of a last interglacial coastal barrier in south Brazil. *Marine Geology*, v.244, p.33-45.

Tomazelli, L.J., E.G. Barboza, S.R. Dillenburg e M.L.C.C. Rosa, 2010. Mechanisms of sediment transfer across the transgressive lagoon-barrier systems of Rio Grande do Sul coast, southern Brazil. *Em preparação*.

Travessas, F.A. 2003. *Estratigrafia e evolução no Holoceno Superior da barreira costeira entre Tramandaí e Cidreira (RS)*. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Travessas, F.A., S.R. Dillenburg e L.C.P. Clerot, 2005. Estratigrafia e evolução da barreira holocênica do Rio Grande do Sul no trecho Tramandaí-Cidreira. *Boletim Paranaense de Geociências*, v.53, p.57-73.

Urien, C.M. e L.R. Martins, 1978. *Structural and physiographic map of eastern South America and western South Africa*. CECO/UFRGS. Série Mapas, 03. Brasil.

Vail, P.R.; R.M. Mitchum Jr. e S. Thompson III., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap. In: Payton, C.E. (Ed.). *Seismic Stratigraphy - Applications to Hydrocarbon Exploration*. AAPG Memoir, v.26, p.63-81.

Van Wagoner, J.C., H.W. Posamentier, R.M. Mitchum, P.R. Vail, J.F. Sarg, T.S. Loutit e J. Hardenbol, 1988. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: Wilgus, C.K., B.S. Hastings, C.G. Kendall, H.W. Posamentier, C.A. Ross, e J.C. Van Wagoner (Eds.). *Sealevel changes: An integrated approach*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication 42, p.39-45.

Villwock, J.A. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A synthesis. *Pesquisas*, v.16, p.5-49.

Villwock, J.A. e L.J. Tomazelli, 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*. CECO, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, n.8, 45p.

SISTEMA DE COMPARTILHAMENTO DE SEDIMENTOS ARENOSOS NO LITORAL MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL.

Toldo Jr, E. E.; Almeida, L. E. S. B.; Nunes, J. C. R.; Nicolodi, J. L.; Motta, L. M.; Cunha, R. B.

INTRODUÇÃO

Em praias arenosas os processos de deposição e erosão são controlados por um equilíbrio dinâmico que envolve três componentes principais: quantidade e tipo de sedimento disponível, energia física ao longo da costa e mudanças do nível do mar (Davis, 1997). Em escala de curto prazo, sem influência das variações relativas do nível do mar, o estoque de sedimentos contidos em uma praia pode ser definido como o volume de sedimentos dentro da praia e aquele que se move através da praia, e num dado trecho da praia corresponde ao resultado do balanço entre a adição e a remoção dos sedimentos (Rosati, 2005).

O balanço de sedimentos flutua em um determinado intervalo de tempo, principalmente sob influência de tempestades. Enquanto que o estoque de sedimentos pode ser avaliado qualitativamente, a quantidade e a taxa de suprimento para um intervalo de tempo é muito difícil de ser calculada, principalmente pelas incertezas existentes no cálculo da deriva litorânea.

O superávit ocorre pela maior adição e menor remoção de sedimentos. Por outro lado, o déficit ocorre pela maior remoção e menor adição de sedimentos. O primeiro processo tem como resultado o avanço da linha de praia, pela deposição de sedimentos, e o segundo a retração ou erosão da linha de praia.

ÁREA DE ESTUDO

O estado do Rio Grande do Sul tem uma extensa costa com orientação uniforme NE-SW e leve sinuosidade ao longo dos seus 615 km. Toda esta extensão é constituída por depósitos quaternários inconsolidados que não recebem contribuições modernas de areias, pois toda carga de tração transportada pela rede de drenagem interior é retida nas lagunas e outros ambientes costeiros, como por exemplo, a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim. A Plataforma Continental é parte de uma ampla e passiva margem, com mais de 150 km de extensão para o mar aberto, com profundidades máximas variando entre 100 e 140 m e suave declividade da ordem de 0,06°. A antepraia superior e inferior é extensa e rasa com limite externo na profundidade de 10 m, onde predominam depósitos arenosos (Toldo *et al.*, 2006).

A área de estudo compreende o litoral médio do estado, limitada ao sul pela desembocadura da Lagoa dos Patos (km 220) e ao norte pela praia de Dunas Altas (km 495), numa extensão aproximada de 275 km (Figura 1). O sistema praias e plataforma interna ao longo deste trecho do litoral é constituído por

areias finas bem selecionadas ($M_z = 0.2 \text{ mm}$), (Martins 1967; Martins e Corrêa 1996; Siegle 1996; Nicolodi *et al.*, 2002). Incidem sobre a costa ondulações geradas no Oceano Atlântico Sul e vagas geradas pelos fortes ventos locais de verão e primavera, provenientes de NE. Exceto pela passagem das frentes frias de S e SE, a agitação marítima é caracterizada por ondas de média a elevada energia, com altura significativa de 1,5 m e período entre 7 e 9 s (Strauch *et al.*, 2009). A maré astronômica é semi-diurna, com amplitude média de 0,25 m, sendo que a maré meteorológica pode alcançar 1,20 m (Almeida *et al.*, 1997).

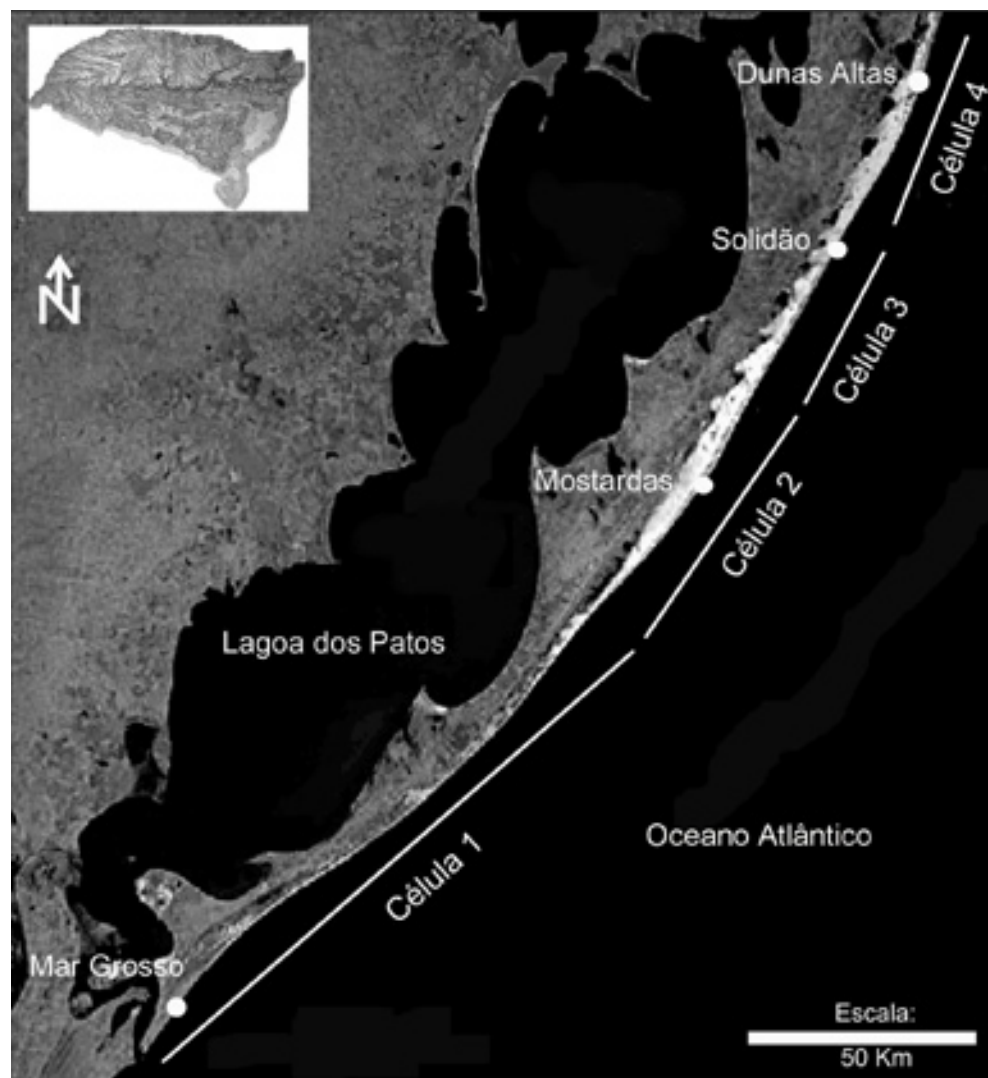


Figura 1. Distribuição das 04 células ao longo do litoral médio do Rio Grande do Sul, entre a desembocadura da Lagoa dos Patos e a praia de Dunas Altas, localizadas nas extremidades sul e norte da célula 1 e 4, respectivamente.

A profundidade de fechamento é estimada em 7,5 m, calculada com base em dois conjuntos de dados de ondas coletados nos anos de 1963 e 1996 no litoral norte do estado (Almeida *et al.*, 1999, Gruber *et al.*, 2006). Conseqüentemente, o transporte e a deposição dos sedimentos ao longo da costa são primariamente dominados pela ação mecânica das ondas.

A distribuição das direções da corrente litorânea ao longo de toda a costa é muito regular, tanto para SW, quanto para NE, num padrão claramente bidirecional (Nicolodi *et al.*, 2003). Também, pode-se afirmar que a bidirecionalidade tem uma componente sazonal, governada pelas variações dos parâmetros climáticos. Nos meses de outubro a março é marcante o predomínio de correntes para SW, e entre maio e agosto esse domínio é para NE.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi delimitada em duas grandes regiões. O sistema praial corresponde ao ambiente litorâneo interno, sendo constituído por; antepraia, zona de surfe e pós-praia, nos termos proposto por Short (1999). O campo de dunas costeiras e a plataforma interna, que se desenvolve sobre a planície costeira e a antepraia adjacente, respectivamente, correspondem aos ambientes litorâneos externos. A área submarina entre a plataforma interna e a antepraia foi delimitada pela profundidade de 10 m. A isóbata de 7,5 m, equivalente a profundidade de fechamento, foi utilizada para marcar o limite entre a antepraia superior e inferior. A região subaérea entre a pós-praia e o campo de dunas costeiras foi delimitada pela posição da linha de praia em condições de preamar, aproximadamente sobre o pé da duna frontal.

A variação no estoque de sedimentos dos ambientes costeiros ao longo do litoral médio foram avaliados qualitativamente através de medidas dos seguintes geoindicadores; (1) topográfico (elevação do terreno acima do nível do mar no campo de desenvolvimento das dunas costeiras), (2) batimétrico (extensão e declividade da antepraia), a partir das cartas DHN B2000 e B2100, (3) mapeamento das zonas de erosão e deposição litorânea através da mobilidade da linha de praia, tendo a linha de água como referencial, (4) largura e declividade da pós-praia. A linha de praia determinada em 1997, foi comparada com a linha de praia obtida da coleção de cartas do exército, escala 1:50.000 (Toldo *et al.*, 1999; TOLDO *et al.*, 2003, LOPES *et al.*, 2008). Estimativas do transporte litorâneo foram utilizadas para interpretar o mecanismo responsável pelo balanço dos sedimentos dentro do sistema praial, de acordo com os resultados obtidos por Lima *et al.*, (2001).

O litoral médio foi dividido em células praias, numa adaptação ao modelo de Rosati e Kraus (2001). Os limites costeiros e oceânicos da célula correspondem às posições geográficas do pé da duna frontal e da profundidade de fechamento, respectivamente. Os limites a barlar e sotamar, em cada célula, foram estabelecidos para o trecho costeiro classificado como área de erosão (fonte de sedimentos), e de deposição de sedimentos (sumidouro de sedimentos).

Os parâmetros controladores do balanço de sedimentos foram estabelecidos pelo mecanismo e agente de transporte de sedimentos, cada qual com um atributo de adição ou remoção de sedimentos (Tabela 1), ou seja, para dentro ou para fora de cada célula.

As taxas históricas de migração de um dado trecho da linha de praia foram usadas para classificar as áreas de erosão e deposição de sedimentos.

Adição (ganho)	Remoção (perda)
Deriva litorânea (<i>into</i>)	Deriva litorânea (<i>out</i>)
Transporte eólico (<i>into</i>)	Transporte eólico (<i>inland</i>)
Sangradouro (<i>into</i>)	Ressaca (<i>offshore</i>)
	Ressaca (<i>inland</i>)
	Jato costeiro (<i>offshore</i>)

Tabela 1. Classificação dos mecanismos de transporte de sedimentos, controladores do balanço de sedimentos, tanto em termos de adição ou para dentro da célula, como de remoção ou para fora da célula.

DERIVA LITORÂNEA

Uma deriva litorânea com direção resultante para NE foi obtida através do cálculo do potencial de transporte litorâneo (Lima *et al.*, 2001). O fluxo de energia e o relacionado transporte de sedimentos paralelo à praia decrescem de sul para norte com valores de: $2,9 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$ e $2,3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$, para as células 1 e 3 respectivamente. Para norte da célula 4 foram obtidos valores de 1,5 milhão m^3/ano . A estimativa matemática tem por base a fórmula do CERC, onde o cálculo do fluxo de energia paralelo à praia e a correspondente deriva litorânea são obtidos da relação empírica entre a componente do fluxo de energia da onda que entra na zona de rebentação e o peso submerso da areia em movimento (U.S. Army, 1984).

O sistema praiar por onde se desenvolvem os processos litorâneos de corrente e deriva litorânea na área de estudo, possui uma extensão longitudinal de 275 km, entre a desembocadura da Lagoa dos Patos (km 220), ao sul, e a praia de Dunas Altas (km 495), ao norte (Figura 1). Trata-se de uma extensa praia sem discontinuidades, seja através de promontórios, ou desembocaduras.

Entretanto, no extremo sul do litoral médio encontra-se a desembocadura da Lagoa dos Patos, a qual representa um importante obstáculo para a transposição da deriva litorânea, por causa da elevada descarga líquida, da ordem de $4.600 \text{ m}^3/\text{s}$. Além da grande vazão, a troca natural de sedimentos entre o litoral sul e médio foi totalmente interrompida após a estabilização do canal em 1911. Os molhes, com extensão da ordem de 4 km, alcançam a plataforma continental interna (Figura 2). Soma-se a esta barreira física o fato do canal de navegação, que se encontra protegido por esta estrutura, ter sido escavado profundamente até a isóbata de 15 m. Neste segmento do litoral a estimativa da deriva litorânea é de $2,7 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$.

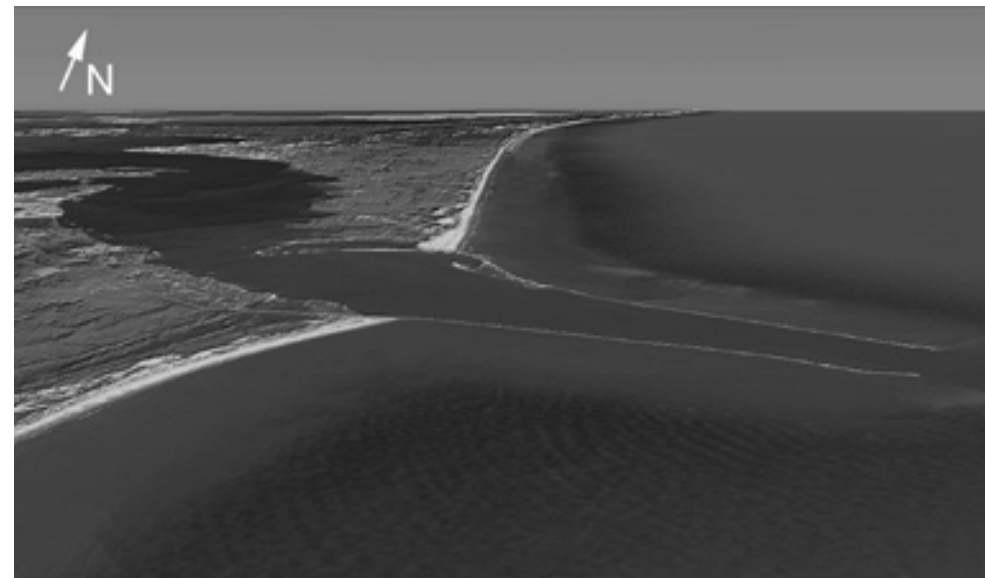


Figura 2. Estrutura de fixação da embocadura da Lagoa dos Patos, que interrompe a transposição da deriva líquida para o lado norte dos molhes.

Também, o largo delta de maré vazante que existia antes da construção dos molhes (Toldo e Dillenburg, 2001), não foi reconstruído, ou seja, outra evidência da interrupção da deriva litorânea nesta desembocadura. Para Kraus (2005) a escala de tempo associada a troca de sedimentos em uma desembocadura é longa, com possibilidade de se estender por centenas de anos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo da área de estudo, entre a desembocadura da Lagoa dos Patos e a praia de Dunas Altas, foram mapeadas as zonas litorâneas de erosão e deposição, em escala de tempo de curto prazo, para análise do balanço de sedimentos dentro do sistema praiar ou do ambiente litorâneo interno.

O emprego de geoindicadores possibilitou a classificação de cada trecho do sistema praiar – antepraia, zona de surfe e pós-praia. Aqueles que apresentaram recuo da linha de praia foram mapeados como área de erosão e classificadas como área fonte de sedimentos. E aqueles trechos que apresentaram avanço da linha de praia foram classificados como área de deposição de sedimentos ou de sumidouro de sedimentos (Tabela 2). Os resultados do mapeamento das mudanças da linha de praia mostraram que ao longo do litoral médio, numa extensão de 275 km, foi registrado um amplo processo erosivo, a exceção de dois trechos de praia onde foram mapeadas áreas estáveis e em progradação; as praias de Mostardas e Dunas Altas

Célula	Extensão	Classificação
1-Mar Grosso - Mostardas S	140 km (220 – 360 km)	Fonte
2-Mostardas S - Mostardas N	50 km (360 – 410 km)	Sumidouro
3-Mostardas N – Solidão	35 km (410 – 445 km)	Fonte
4-Solidão – Dunas Altas	50 km (445 – 495 km)	Sumidouro

Tabela 2. Extensão e classificação das células praiais ao longo do litoral médio e norte.

A deriva litorânea constitui-se no mecanismo que causa adição nas células 2 e 4, classificadas como sumidouro. O transporte eólico causa adição, a semelhança dos sangradouros, mas principalmente remove os sedimentos do sistema praial para construção dos extensos campos de dunas costeiras, principalmente pela ação do predominante vento de NE, nos locais de inflexão da linha de praia junto às células 2 e 4 (Figura 3). O transporte eólico é muito ativo, o que faz as dunas de areia migrar para o interior da planície costeira na direção SW (Tomazelli *et al.*, 2000).

As ressacas e o jato costeiro removem grandes volumes de sedimentos para o ambiente litorâneo externo ao sistema praial, ou seja, para o campo de dunas costeiras e antepraia inferior das células 2 e 4, onde constituem grandes reservatórios de sedimentos com pequeno retorno do volume de sedimentos ao sistema praial a partir destes ambientes (Figura 3). O jato costeiro em algumas instâncias pode transportar por difusão os sedimentos em suspensão da zona de rebentação para a antepraia (Toldo *et al.*, 2006).

A deposição ou o sumidouro desses sedimentos produz significativa modificação espacial, com alargamento do sistema praial em unidades de quilômetros, verificados tanto no aumento da praia submarina – antepraia superior e inferior, bem como da praia subaérea – pós-praia e campo de dunas costeiras, principalmente nas células 2 e 3, ou praias de Mostardas e Dunas Altas (Figura 4).

Os trechos com erosão do sistema praial também apresentaram significativa mudança espacial no curto prazo, entretanto as duas células com este comportamento possuem diferentes taxas de mobilidade da linha de praia, mais significativas ao longo das células 1 e 3.

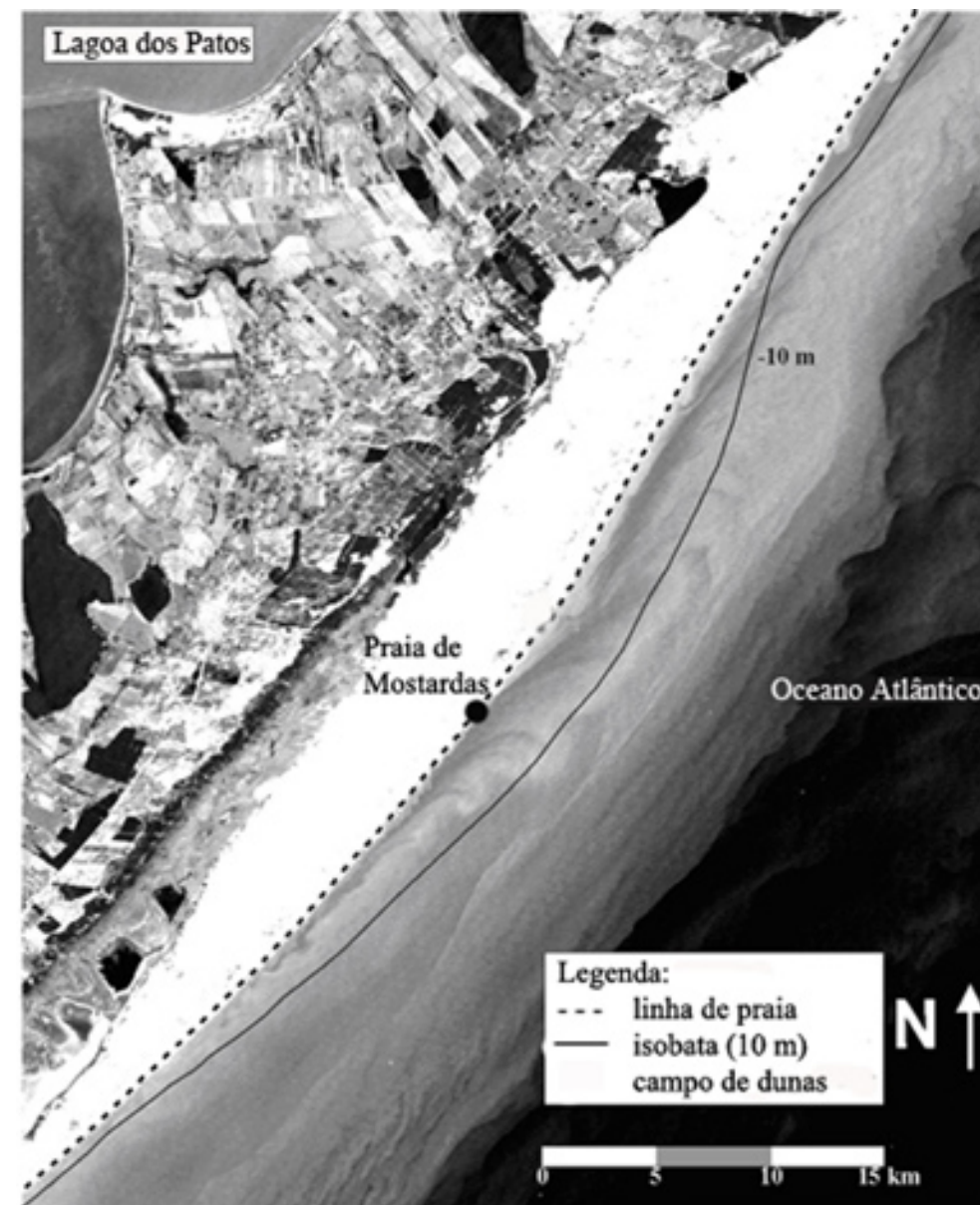


Figura 3. A imagem do satélite Landsat mostra a inflexão da linha de praia em 11° junto à célula 2, o alargamento do campo de dunas e da antepraia. Também, se observa um jato costeiro na forma de uma pluma direcionada para NE, posicionada entre a linha de praia e a isóbata de 10 m (Modificado de Toldo *et al.*, 2003).

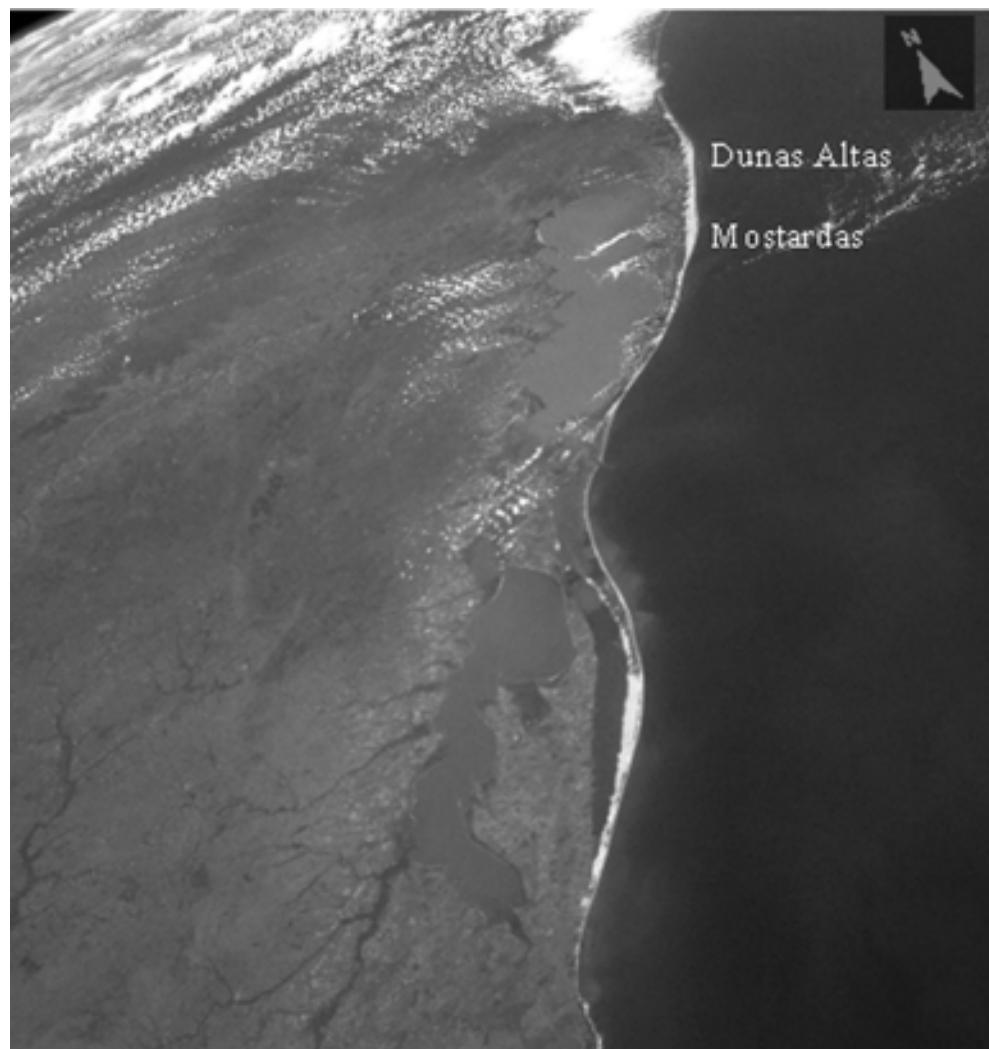


Figura 4. Imagem do litoral do estado do Rio Grande do Sul com destaque para as inflexões da linha de praia em Mostardas e Dunas Altas. A imagem mostra o alargamento do campo de dunas nessas duas praias (Banco de Imagens da NASA, Modificado de Toldo et al., 2007).

CONCLUSÕES

O cálculo das taxas históricas de deslocamento da linha de praia, a estimativa do transporte litorâneo, bem como a identificação dos mecanismos de transporte, tanto de ganho, como de perda, em uma determinada célula litorânea, possibilitou a análise dos componentes primários do balanço regional de sedimentos no litoral médio do estado.

A deposição ou o sumidouro dos sedimentos arenosos produz significativa modificação espacial, com alargamento do sistema praial em unidades de quilômetros, verificados tanto no aumento da praia submarina – antepraia superior e inferior, bem como da praia subaérea – pós-praia e campo de dunas costeiras, principalmente nas praias de Mostardas (célula 2) e Dunas Altas (célula 4). Por sua vez, o processo erosivo gera retração da linha de praia nas células 1 e 3, e se constitui em importante fonte de sedimentos para as células 2 e 4.

A compreensão da morfodinâmica é fundamental quando aplicada no contexto da tomada de decisões pelos gestores costeiros ao manejo regional de sedimentos, a ocupação e ao zoneamento da zona costeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L.E.S.B., Rosauo, N.M.L. e Toldo JR., E.E. 1997. Análise Preliminar das Marés na Barra do Rio Tramandaí, RS. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos* 12. Vitória, ES. Anais, ABRH, v1:560-566.
- Almeida, L.E.S.B. Rosauo, N.L. Toldo Jr., E.E. e Gruber, N.L.S. 1999. Avaliação da profundidade de fechamento para o litoral norte do Rio Grande do Sul. Em: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos* 13. Belo Horizonte, MG. Anais. ABRH, CD, 8 p.
- Davis, JR., R.A. 1997. Regional Coastal Morphodynamics Along the United States Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research*, 13(3):595-604.
- Gruber, N.L.S., Toldo Jr., E.E., Barboza, E.G., Nicolodi, J.L. e Ayup-Zouain, R.N. 2006. A Shoreface Morphodynamic Zonation and the Equilibrium Profile Variability on the Northern Coastline of Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Coastal Research*. SI39:504-508.
- Kraus, N. 2005. Coastal inlet functional design: anticipating morphologic response. *Proceedings of the 5th International Conference*. Barcelona, Spain, ASCE..
- Lima, S.F., Almeida, L.E.S.B. e Toldo Jr., E.E. 2001. Estimate of longshore sediments transport from waves data to the Rio Grande do Sul coast. *Pesquisas*, 28(2):99-107.
- Lopes, C.G, Zanatta, A., Toldo Jr., E.E. e Nunes, J.C. 2008. Mobilidade de curto prazo da linha de praia do Litoral Norte e Médio do RS. *44º Congresso Brasileiro de Geologia*, Curitiba, PR. PAP1693.

Martins, L.R. 1967. Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação Especial* IG, UFRGS, 13. 100 p.

Martins, L.R. & Corrêa, I.C. 1996. *Morphology and Sedimentology of Southwest Atlantic Coastal Zone and Continental Shelf from Cabo Frio (Brazil) to Peninsula Valdes (Argentina)*. Porto Alegre, RS., Brasil. IOC—UNESCO/MCT/CPRM Publication, 20 maps and glossary, 74p.

Nicolodi, J.L., Siegle, E., Rechden Fo, R. e Corrêa, I.C.S. 2002. Análise sedimentológica do pós-praia no Rio Grande do Sul. Em: Martins, L.R., Toldo Jr., E.E., Dillenburg, S.R (eds). *Erosão Costeira: Causas, análise de risco e sua relação com a gênese de depósitos minerais*. Porto Alegre. RS. Brasil. Editora CECO-IG-UFRGS, 3p.

Nicolodi, J.L., Toldo Jr. E.E. e Almeida, L.E.S.B. 2003. Correntes Costeiras Induzidas por Eventos de Tempestades no Litoral Médio do Rio Grande do Sul. *IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, Anais, ABEQUA, CD, 3p.

Rosati, J.D e Kraus, N.C. 2001. Sediment budget analysis system (SBAS). ERDC/CHL CHETN-XIV-3, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.

Rosati, J.D. 2005. Concepts in Sediment Budgets. *Journal of Coastal Research*. 21(2):307-322.

Siegle, E. 1996. *Distribuição sedimentar ao longo do Litoral Sul Rio Grandense (Trecho Farol da Conceição – Arroio Chui) e fatores condicionantes*. 91p. Trabalho de Graduação. Oceanografia. Fundação Universidade Rio Grande.

Toldo Jr., E.E., Almeida, L.E.S.B., Barros, C., e Martins, L.R. 1999. Retreat of the Rio Grande do Sul coastal zone, Brazil. Em: Martins, L.R. and Santana, C.I. (eds.). *Non Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin*. Porto Alegre, RS., Brazil: Editora CECO-IG-UFRGS, pp. 62-68.

Toldo Jr., E.E. e Dillenburg, S.R. 2000. Swash Bar Migration at the Inlet of the Lagoa dos Patos Lagoon, Brazil. *Journal of Coastal Research*. 33:489 - 492

Toldo, Jr., E.E. e Almeida, L.E.S.B. 2003. A linha d' água como indicadora da posição da linha de praia. *IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*. Recife, PE. Anais, ABEQUA, CD, 3p.

Toldo Jr., E.E., Nicolodi, J.L., Almeida, L.E.S.B., Corrêa, I.C.S. e Esteves, L.S. 2006. Coastal Dunes and Shoreface Width as a Function of Longshore Transport. *Journal of Coastal Research, Proceedings of the 8th International Coastal Symposium*. SI39:390-394.

Toldo Jr. E.E., Almeida, L.E.S.B., Martins, L.R.S., Gruber, N.L.S., Barros, C.E., Nicolodi, J.L., Farina, L., Nunes, J.C. 2007. Hidrodinâmica e Sedimentologia das Praias Oceânicas do Rio Grande do Sul Em: *50 anos de Geologia do Instituto de Geociências* ed.Porto Alegre: Editora Comunicação e Identidade, v.1, p. 299-315.

Tomazelli, L.J., Dillenburg, S.R. e Villwock, J.A. 2000. Late quaternary geological history of Rio Grande do Sul coastal plain, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3):474-476.

U.S. Army Coastal Engineering Research Center / CERC, 1984. *Shore Protection Manual*. 4ed., Vol (1). Waterways Experiment Station, Corps of Engineers. USA. 208 p.

SUBSÍDIOS À GESTÃO COSTEIRA: VULNERABILIDADES AMBIENTAIS E ASPECTOS LEGAIS PARA NORMATIVAS DE USO E OCUPAÇÃO

Gruber, N.L.S., Strohaecker, T.M, Ayup-Zouain y R.N.& Farina, F.

INTRODUÇÃO

A zona costeira no Brasil mostra progressiva concentração e diversificação das atividades humanas e já demonstra comprometimento dos recursos naturais e ecossistemas. País de contrastes em sua realidade social e econômica, concentra em mais de 8.600 km de costa o equivalente a 23,43% da população, numa densidade média na zona costeira na ordem de 87 hab/km², cinco vezes maior que a média nacional de 17 hab/km², e as atividades econômicas respondem por cerca de 70% do PIB nacional.

Em sua faixa marítima, a zona costeira engloba o mar territorial brasileiro em 12 milhas náuticas e na faixa terrestre, segundo o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC II, podendo chegar a **50 km da linha de costa em direção ao continente**, dispondo de área aproximada de 324.000 km², incluindo 395 municípios, com aproximadamente 5% do território nacional (BRASIL, 2008; Scherer, 2001; Gerco, 2008; Sanchez ET AL.,2009).

O objetivo deste capítulo é contribuir com subsídios à gestão da zona costeira, discutindo alternativas, diante da pressão antrópica em áreas de acelerada urbanização e prevenção em áreas ainda não ocupadas, com base nas vulnerabilidades ambientais existentes no litoral norte do Rio Grande do Sul.

POLÍTICAS PARA MAR E ZONA COSTEIRA NO BRASIL E OS DESAFIOS PARA GESTÃO

O Brasil é referência internacional de Estado costeiro pelo estabelecimento de políticas específicas para Mar e Zona Costeira: Lei Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei 7661/88) e Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, em sua segunda versão (PNGC II). Paradoxalmente, as ações de operacionalização do programa nos municípios são ainda incipientes. (BRASIL, 2008; Gerco, 2008; Sanchez et al.,2009). Segundo Barragán (1998), a divisão de tarefas e responsabilidades entre as escalas territoriais de administração (nacional, estadual e municipal), quanto a suas competências são:

1. “A administração nacional deve elaborar o esquema metodológico básico; coordenar, supervisionar e avaliar os trabalhos de gestão costeira; liberar recursos financeiros; etc.”

2. “A administração estadual deve executar as tarefas que o Gerco define para os estados. Se trata de “adaptar, assumir e responsabilizar-se, em uma escala administrativa intermediária, da iniciativa política da união”.

3. “A administração municipal deve incorporar as propostas que o programa estadual de gerenciamento costeiro determina, fazendo que os planos

diretores de ocupação do solo municipais estejam em consonância com as propostas de gestão costeira nacional e estadual”.

Ainda assim, o processo de gestão não atinge, de forma satisfatória, os municípios - reais atores do processo de gestão em suas realidades locais. Os motivos resultam de uma distância física e administrativa muito grande dos centros gestores devido à carência de corpos técnicos qualificados no município; falta de cumprimento das normativas e instrumentos de gestão em nível municipal, carência de planos regionais de desenvolvimento e gestão; ao desconhecimento de aspectos físico-ambientais e ordenamento territorial, entre outros.

O GERCO é um dos programas governamentais mais descentralizados, fato pelo qual não se pode imputar seu virtual insucesso somente ao Governo Federal, já que “os estados e municípios poderão instituir, através de lei, os respectivos Planos Estaduais de Gerenciamento Costeiro, dentro das normas e diretrizes do PNGC (Iberman, 2009; Sanchez *et al.* 2009).

A LEGISLAÇÃO E AS DIFICULDADES DA GESTÃO COSTEIRA EM NÍVEL MUNICIPAL

Por outro lado, Programas Ministeriais trabalhados com sucesso em seu arcabouço metodológico de gestão integrada – tais como o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima – Projeto Orla que estipula maiores normas para o uso e ocupação da zona costeira (PROJETO ORLA 2004 - MMA/SPU) compatibilizando as políticas, ambiental, patrimonial e urbana dos espaços litorâneos, articulando os três níveis de governo e sociedade, não têm sido satisfatoriamente apoiados com estrutura e recursos (Fig. 1).

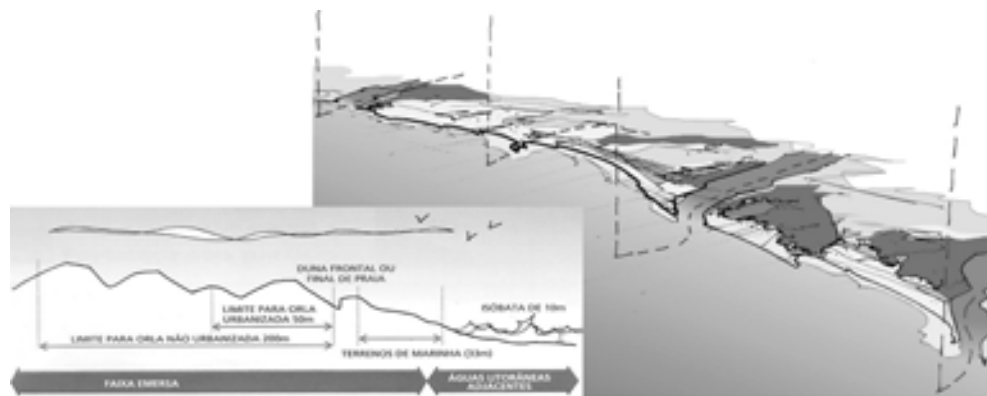


Figura 1. Recorte do território físico que apresenta homogeneidade de configuração, e os Elementos definidores da macropaisagem: suporte físico; drenagem e corpos d'água; cobertura vegetal; mancha urbana (PROJETO ORLA MMA/SPU 2004)

MODELO EVOLUTIVO E VULNERABILIDADES AMBIENTAIS: EXEMPLOS NO RS

Trataremos de alguns exemplos considerando estudos integrados de geologia e morfodinâmica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), analisando parâmetros ambientais como base para planejamento e aplicação de normativas, em diferentes condições de resposta a vulnerabilidades ambientais, sobretudo frente a processos erosivos (Fig.2).

Da mesma forma, serão discutidas formas alternativas e exemplos de manejo visando o gerenciamento costeiro integrado, avaliados em seus aspectos ambientais, à luz de modelos evolutivos e morfodinâmicos, e sua compartimentação, ecossistemas, e suscetibilidade para uso e ocupação.



Figura 2: Panorâmica da Planície Costeira do RS, evidenciando ambiente de laguna-barreira e a compartimentação de ambientes e ecossistemas. Ao fundo, campo de dunas transgressivas de Cidreira, em setor de acentuado processo de erosão.

VULNERABILIDADES À EROSÃO NA COSTA DO RIO GRANDE DO SUL – RS

Um dos problemas ambientais mais graves, atualmente, é a erosão de costa. Setores da costa do RS sofrem com problemas de erosão. Por tratar-se de uma costa arenosa, aberta e dominada por ondas, a situação torna-se mais grave, quando tais áreas erosionais são em setores urbanizados. Estudos geologia costeira e marinha do CECO/IG/UFRGS vêm abordando esses problemas, tra-

tando de classificações geológicas e morfodinâmicas para a costa e discutindo seus comportamentos.

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul fundamentada em seu modelo geológico-geomorfológico-morfodinâmico, exibe distintos comportamentos herdados do processo evolutivo recente, em largo lapso de tempo (desde 7.000 anos). Classificados como nuances de barreiras holocênicas por Dillenburg *et al.* (2000), tais arquiteturas estratigráficas definem padrões de costa progradante e retrogradante, em distintos setores do litoral (Fig 3).

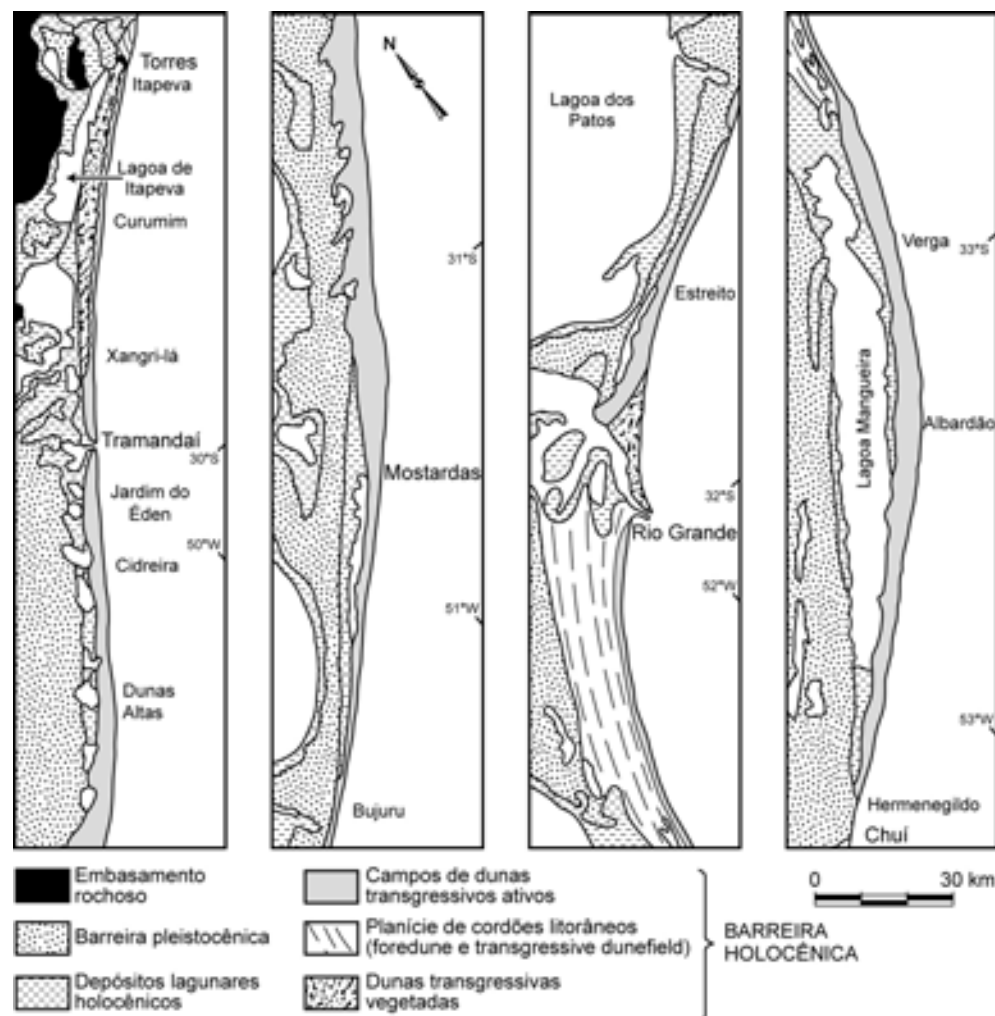


Figura 3. Variabilidade dos depósitos presentes nos setores da barreira holocênica que compõem a costa do Rio Grande do Sul (modificado de Dillenburg *et al.*, 2000; 2009).

Setores progradantes, representados por reentrâncias (embaixamentos) possuem aporte sedimentar desde o máximo transgressivo e configuram-se como segmentos de costa estáveis. Setores retrogradantes de costa estão associados a áreas “proeminentes” submetidas (largo lapso), a processos de erosão costeira, evidenciados na estratigrafia de barreira holocênica nos modelos classificados por Dillenburg *et al.* (2000) (Fig. 3). Da mesma forma, processos de curto lapso de tempo, padrões de morfodinâmica contrastantes são descritos por Toldo *et al.* (2000) Calliari *et al.* (2000) e se sobrepõem aos padrões evolutivos, ora reforçando, ora diminuindo seus efeitos erosionais.

Tais indicativos, por si só determinam um contraste sério no litoral do estado do RS para Planos de Gestão e definem diferentes vulnerabilidades à erosão e ao uso e ocupação do solo. A carência de embasamento técnico pelo poder público municipal quanto aos efeitos da dinâmica costeira e marítima na retroterra, condiciona a implantação inadequada de equipamentos e estruturas costeiras, acentuada pela retirada ou ocupação indevida das dunas, agravando os processos erosivos como ocorreu no município de Cidreira (Figs. 4 e 5).



Figura 4: Exemplo de impacto frontal das ondas no calçadão de Cidreira. A face de Praia é submetida a um processo de rebaixamento e erosão pela energia de reflexão da alta energia das ondas durante a ressaca. Ao fundo observa-se a dissipação da energia das ondas favorecida pelo ainda existente campo de dunas frontais. (Foto Lummerz, 1999).

A ocupação antrópica em áreas de APPs e/ou de risco, como no caso das dunas frontais, tem levado a situações de confronto social e jurídico, necessitando a intermediação do Ministério Público (MP) e a responsabilização do poder municipal na realocação desses grupos marginalizados para áreas mais seguras (Figs. 4 e 5).



Figura 5: (E) Exemplo de retirada de areia da base da casa pelas ondas de tempestade, localizada na orla urbanizada de Cidreira. (D) Ocupação irregular em APPs sobre as dunas. A ação das ondas não distingue classe social. Nota-se a base da casa (duna) totalmente escarpada pelas ondas. (Foto NICOLODI. Ressaca maio 1999).

Análise de Setor de Costa Retrogradante: A maior parte da linha de costa do estado do RS está sofrendo processo de retrogradação (Tomazelli & Villwock, 1995, 1996, 1999; Dillenburg *et al.*, 2000; Toldo *et al.*, 1999, 2003; Nicolodi 1999). Existem claros indicadores deste fenômeno, como a presença de uma escarpa esculpida pelas ondas nas dunas frontais e o afloramento de turfas e de lama ao longo do litoral.

Tomazelli *et al.* (1997), observou a existência de três setores no RS onde este fenômeno é acentuado: a) Jardim do Éden, Litoral Norte; b) Farol da Conceição, Litoral Médio; e Balneário do Hermenegildo, Litoral Sul.

No balneário do Jardim do Éden a recessão da linha de praia provocou a exposição, diretamente na praia, de turfas e argilas orgânicas de ambientes de retrobarreiras. Erosão progressiva praial e enrocamento para proteção da orla, foram estratégias que se mostraram inúteis no Balneário Hermenegildo, Litoral Sul. (Fig. 6).



Figura 6: (E) Afloramento de turfas junto às dunas frontais, e areias negras na face de praia (minerais pesados), município de Cidreira, 1999, Litoral Norte do RS (Foto NICOLODI 1999). (D) Obras de proteção contra erosão com enrocamentos na Balneário de Hermenegildo, Litoral Sul do RS. (Foto Gruber, 2003).

Análise de Setor da Costa Progradante: Um dos setores definidos por Dillenburg *et al.* (2000) como progradantes é o Litoral Norte do RS. O outro segmento configura-se na desembocadura da Lagoa dos Patos, no Município de Rio Grande - Praia do Cassino, Litoral Sul. Ambos se encontram sob forte pressão de urbanização e ocupação junto à orla. Exemplificamos, a seguir, com planos de manejo de dunas tratando desses conflitos.

Plano de Manejo de Dunas. Práticas de controle e prevenção.

A base legal do PNGC II (1997) foi regulamentada pelo Decreto Nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004, que estabelece critérios de gestão da orla marítima. Mesmo assim, os interesses econômicos e a pressão pelo uso e ocupação destas áreas geram conflitos entre as funções ecológicas e sócio-culturais.

Planos de Manejo de Dunas são exigências legais do órgão ambiental estadual (FEPAM) às Prefeituras Municipais, com o objetivo de proteger o ambiente natural e reduzir os impactos frente à urbanização e os interesses de diferentes agentes sociais no espaço litorâneo. Configuram-se em importantes instrumentos de conservação, destacando formas de utilização adequada e estabelecendo normas para a recuperação de dunas e da vegetação nativa.

Exemplos de ações (Figs.7 e 8) de Planos de Manejo de Dunas executados pelo CECO nos municípios de Xangri-lá e Capão da Canoa (Gruber *et al.*, 2007 e 2009) visam regular interesses conflitantes de urbanização, avanço sobre Áreas de Preservação Permanente (APPs) sangradouros, entre outros.

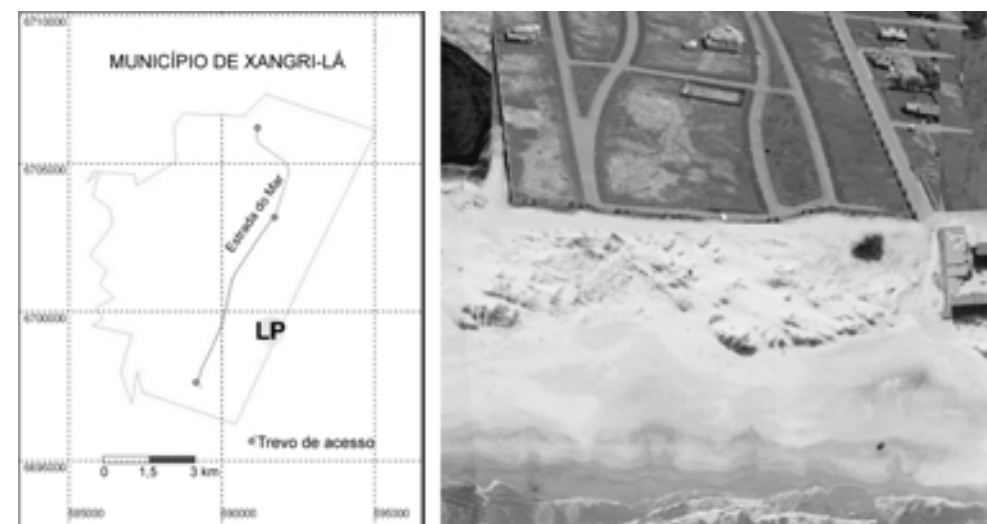


Figura 7: Exemplo por condomínios horizontais de alto padrão, no Município de Xangri-lá, litoral norte do RS, mostrando o avanço sobre as dunas e conflitos com a APP de Restinga (recuo de 60 m ou 300 m do sopé da duna ?)(Gruber *et al.*, 2007).

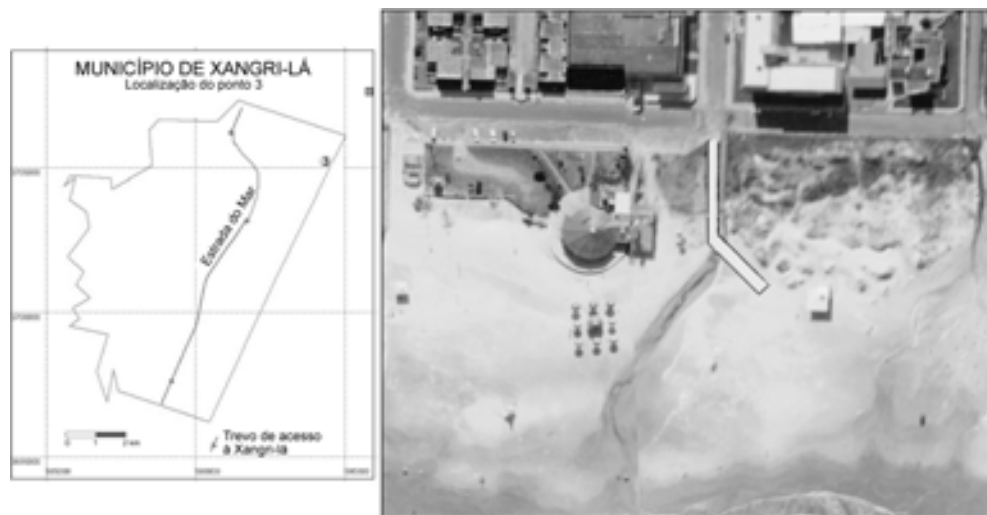


Figura 8: Ordenamento de conflitos de uso da orla do município de Xangri-lá, RS, mostrando a área de dunas próxima a um restaurante na orla e passarela de acesso de pedestre à praia transpondo o sangradouro (Gruber *et al.*, 2007).

APP DE RESTINGA - DISCUSSÃO DE VULNERABILIDADES EM SETORES DE COSTA PROGRADANTE E RETROGRADANTE: NORMATIVAS PARA PLANEJAMENTO MUNICIPAL

Conflitos de gestão vêm ocorrendo no Brasil, discutindo a pertinência da Resolução 303/2002 do CONAMA - APP de Restinga, que configura “*um limite de NÃO ocupação para áreas urbanizadas de 60 m e NÃO urbanizadas de 300 m a partir do sopé da duna frontal*”. Tal resolução e seus limites provocam (Figs. 8 e 9) debates técnicos e jurídicos acirrados. Válida para todos os segmentos do litoral, esta Resolução encontra distintas interpretações, na Geologia, Geomorfologia, Biologia, Ecologia e Direito.

No caso do RS, distintas vulnerabilidades de uma Costa Progradante e uma Costa Retrogradante não são considerados. Ainda, se, em análise geológica de escala local, o setor costeiro NÃO se configure como APP de Restinga, existem diferentes leituras da Biologia e Ecologia, em que a vegetação de Restinga deve ser preservada.

O Resultado de muitos desses conflitos têm sido de Ação Civil Pública e paralisa nos processos de planejamento e empreendimentos no litoral, que carecem de análise integrada local / regional para regulamentação técnica e normativa, na escala do município.

MODELO LAGUNA-BARREIRA E SUAS VULNERABILIDADES AMBIENTAIS

O conhecimento do modelo laguna-barreira é condicionante para uma gama de vulnerabilidades ambientais inerentes à gênese do modelo e comparten-

tação de ambientes, bem como do aprisionamento de ecossistemas e recursos hídricos, conforme apresentam as Figuras 9 e 10.



Figura 9: Panorâmica do modelo laguna-barreira, litoral Norte do RS e os compartimentos ambientais e ecossistemas, com ênfase aos recursos hídricos (Foto Gruber, 2000).

O ambiente de barreira arenosa suporta a mancha urbana e sofre com processos de impermeabilização, mau manejo de dunas e da orla marítima, além de contaminação por esgotos domésticos, de grande difusão no lençol freático. Os terraços lagunares, ambientes planos e de sedimentos areno-lamosos, abrigam lagos costeiros que suportam atividades agrícolas e de turismo e urbanização, além de eventuais atividades de mineração de areia e destinação de resíduos sólidos. Tais ambientes vêm sofrendo com impacto da urbanização e progressiva contaminação dos recursos hídricos.



Figura 10: (E) Expansão de condomínios horizontais de alto padrão, como alternativa de processos de urbanização/territorialização no município de Xangri-Lá-RS, mostrando ao lado ocupação espontânea (favelização) polarizada pelo empreendimento. (D) Urbanização sobre área de APP de margem de lagoas/laguna de Tramandaí, com contaminação por esgoto doméstico e progressivo comprometimento dos ecossistemas e recursos hídricos.

O avanço da urbanização sobre setores de orla trazem consequências pela impermeabilização do solo, processo de verticalização, vulnerabilidade de dunas frontais e sangradores poluídos, com o comprometimento de segmentos de praia, em sua balneabilidade e atividade erosional (Fig. 11).



Figura 11: (E) Impacto na orla e APP de dunas frontais pelo intenso processo de urbanização, verticalização e impermeabilização do solo em Capão da Canoa, resultado da expansão de condomínios verticais de alto padrão com contaminação por esgoto doméstico e progressivo comprometimento e erosão nos setores praias. (D) Evolução dos processos de urbanização na orla de Capão da Canoa, mostrando a progressivo aumento do gabarito de altura dos prédios nas referidas décadas (Foto Strohaecker 2007).

Ainda, ilhas de calor, sombreamento sobre a praia emersa, corredores de vento, são impactos observados pela intensa ocupação de edifícios.

NORMATIVAS PARA USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO LITORAL NORTE DO RS

Nas últimas três décadas, a urbanização se constitui no principal vetor de desenvolvimento nos municípios do Litoral Norte do RS. A pressão antrópica sobre áreas de preservação ambiental ou de risco, os investimentos em infraestrutura e equipamentos públicos, bem como os empreendimentos imobiliários e turísticos do setor privado condicionam graves problemas socioambientais (Strohaecker, 2007).

Por isso, as normativas quanto ao uso e ocupação do solo, no caso brasileiro de competência dos municípios, apresentam-se como instrumentos essenciais ao desenvolvimento regional e municipal. A partir das vulnerabilidades ambientais exemplificadas no item 2, pode-se compreender que muitos problemas são comuns a várias municipalidades. Nesse sentido, pretende-se contribuir com subsídios para a formulação de diretrizes gerais a serem adotadas no âmbito regional frente às especificidades dos municípios costeiros.

As propostas de intervenção compreendem medidas de caráter preventivo, de controle e corretivo, conforme preconiza o Decreto Federal Nº 5.300/2004. Além disso, os instrumentos que viabilizam essas medidas devem ser concebidos de forma integrada e em diferentes escalas de atuação. A concepção de um Plano Regional que contemple os diversos perfis fisiográficos e socioeconômicos de municípios tem maior chance de promover efetivamente o desenvolvimento territorial.

No caso específico do Litoral Norte do RS, Fujimoto *ET AL.* (2005) identificaram

5 perfis socioeconômicos: os urbanos permanentes, os urbanos para fins de segunda residência, os urbanos agroindustriais, e os rurais, totalizando 21 municípios (Figura 12). No caso específico dos municípios adjacentes à orla, Strohaecker (2007) identificou que as principais demandas socioambientais referiam-se ao saneamento urbano, à proteção e preservação ambiental e cultural, ao controle do uso e ocupação do solo.

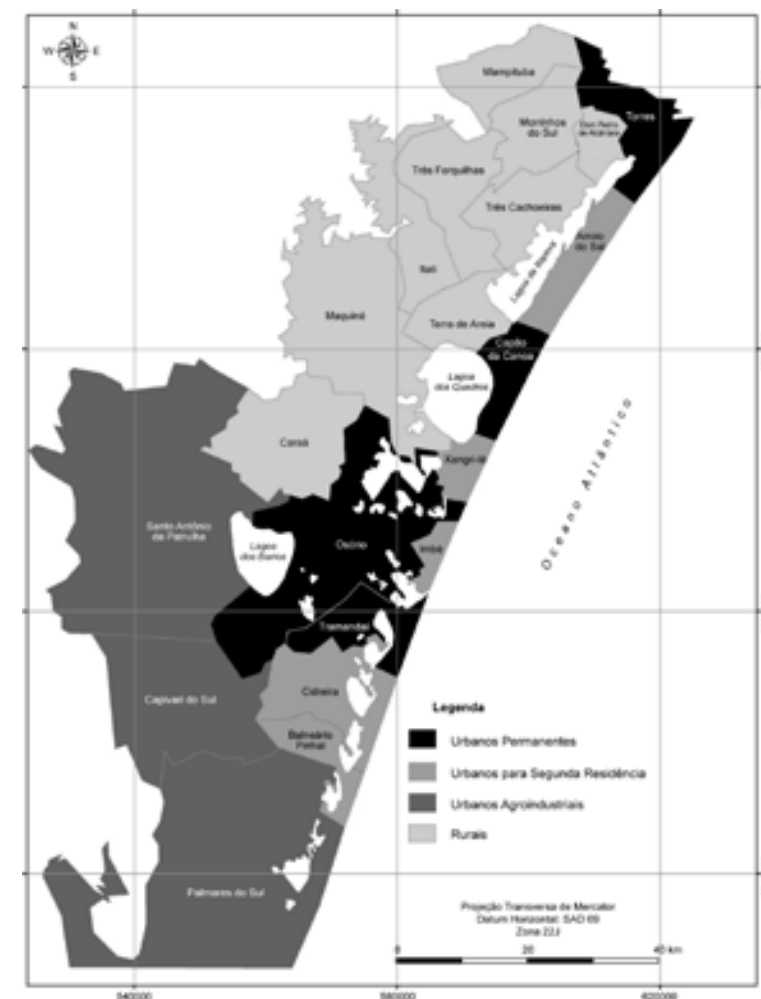


Figura 12: Perfis socioeconômicos dos municípios do Litoral Norte do RS. Fonte: Fujimoto et al (2005) apud Strohaecker, 2007.

O principal problema que pode comprometer em pouco tempo as qualidades ambientais dos municípios é a carência de **saneamento urbano**. Para a reversão desse quadro é necessário investir-se em ações que integrem várias demandas complementares e interdependentes. Dessa forma, as propostas indicadas para esse setor contemplam:

a) a ampliação e **qualificação dos sistemas de esgotamento sanitário e tratamento dos efluentes**;

b) a implantação/ampliação da **coleta seletiva** de resíduos sólidos;

c) a **reciclagem de resíduos** provenientes da indústria da construção civil e posterior beneficiamento para fins sociais e de geração de renda às comunidades carentes;

d) o **controle do escoamento das águas pluviais** desde as áreas fontes (lotes) e em bacias de amortecimento (reservatórios de retenção e detenção), a ser implantadas nas praças e parques públicos, procurando minimizar os efeitos do escoamento superficial sobre o ambiente praias em áreas densamente ocupadas.

No tocante à proteção e preservação das **referências ambientais e culturais** dos municípios costeiros, destaca-se a necessidade de:

a) inclusão de uma **faixa de proteção à costa**, na retaguarda da praia, decorrente dos efeitos das marés meteorológicas, das ondas de infragravidade e de uma provável elevação do nível médio do mar com cenários de curto, médio e longo prazos, a partir de parâmetros da morfodinâmica costeira regional e local;

b) **plano de manejo de dunas**, compreendendo a reconstituição e ampliação das dunas e da vegetação nativa; controle dos acessos à orla com o disciplinamento dos diferentes fluxos; controle da vazão pluvial (sangradouros) no ambiente praias através de ações preventivas e corretivas a montante;

c) criação de **unidades de conservação** no âmbito municipal visando à proteção da flora e da fauna autóctone e incentivando o turismo ecológico, as atividades de lazer e recreação;

d) projeto de **arborização urbana** coadunado às ações de educação ambiental, geração de renda e qualificação profissional de estratos de baixa renda;

e) **qualificação dos recursos hídricos**; elaboração de inventário dos bens patrimoniais do município.

Entre as medidas propostas de caráter **preventivo e de controle do uso e ocupação do solo**, destacam-se:

a) a proposição ou revisão de **Plano Diretor**, incorporando novos instrumentos previstos no Estatuto da Cidade (Lei Nº 10.257/2001) que auxiliariam o Poder Público na gestão urbana ambiental;

b) a atualização do **Código de Edificações**, com a finalidade de adequar-se à legislação federal e estadual e poder se transformar em instrumento indutor de mudanças de caráter sustentável, principalmente no setor da construção civil;

c) a atualização da **Lei de Parcelamento do Solo Urbano**, incorporando padrões distintos de loteamento de acordo com os estratos socioeconômicos; fixando limites mínimos e máximos de testada das quadras adjacentes à orla, a fim de controlar o seccionamento das dunas frontais remanescentes; a implantação de parque linear para novos loteamentos adjacentes à orla, a partir de estudos da dinâmica costeira nos diversos segmentos da orla; dispositivos que melhorem a permeabilidade do solo, minimizando os efeitos do escoamento superficial das águas pluviais e, conseqüentemente, da balneabilidade das praias.

CONCLUSÕES

Portanto, conclui-se que as vulnerabilidades ambientais nos municípios costeiros poderiam ser minimizadas através da adoção de medidas preventivas, de controle e corretivas, sob a coordenação política do Estado. A necessidade de interlocuções entre as três esferas de governo é crucial para o desenvolvimento de políticas, planos, programas e projetos, da mesma forma que a participação efetiva da sociedade civil organizada na fiscalização dos respectivos instrumentos normativos.

Exemplificamos aqui uma experiência de sucesso no RS e inédita no Brasil, numa ação conjunta coordenada pelos MP-Federal e Estadual-RS, com a instituição do Grupo Executivo **GT-Litoral Norte** (MPF e MPE-RS, Fepam, IBAMA, Secretaria do Patrimônio da União-SPU, CECO/UFRGS, Patrulha Ambiental (PATRAM), BM e ONG Sea Shepperd). Com o fim de avaliar impactos nas formas de uso e ocupação no Litoral Norte do RS, este GT atuou de forma propositiva e fiscalizadora mediante vistorias técnicas e normativas frente ao quadro socioambiental do litoral no estado.

Resultados do Relatório do GT (MPF-RS 2010, no prelo) apontaram um quadro diagnóstico e propositivo para uma melhor gestão ambiental no Litoral Norte do RS, reforçando ações integradas de prevenção, mitigação e remediação dos impactos aos ecossistemas, e visando subsidiar planejamento e gestão municipal, na elaboração de planos e projetos, ambientalmente sustentáveis, adequados a políticas públicas de desenvolvimento regional/local.

Tais considerações corroboram as abordagens e conclusões tratadas neste trabalho, dando ênfase à gestão integrada da zona costeira, tendo, por um lado o conhecimento do suporte do meio físico, e por outro, o arranjo político-administrativo, normativo e social, como base para concepção de novas formas de planejamento e implementação de políticas públicas sustentáveis, adequadas às vulnerabilidades e aptidões locais.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, L.E.S.B.; Rosauo, N.; Toldo, E.E.; Gruber, N.L.S. Avaliação da Profundidade de Fechamento para o Litoral Norte do Rio Grande do Sul. In: *Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos 8*. 1999, Anais..Revista da ABRH – Assoc. Bras. de Recursos Hídricos. CD ROM. 1999a.

BARRAGÁN, J. M. M. (1998). La Ordenación Ordenación del Espacio Litoral Brasileño: el Plan Nacional de Gestión Costera (PNGC). Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 18:89-114.

BRASIL. 2008. Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 242 p.

BRASIL, 1965. Lei n.º 4771. Código Florestal, alterado pela Lei n.º 7511 de 07/07/86.

BRASIL, 1981. Lei n.º 6.938. Política Nacional do Meio Ambiente.

BRASIL, 1988. Lei n.º 7661 – Lei do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.

BRASIL, 2004. Decreto Federal n.º 5300 – Regulamenta a Lei Nacional de Gerenciamento Costeiro.

BRASIL, 2006. Lei n.º 11.428. Lei da Mata Atlântica.

Conama, 2002. Resolução 303. Parâmetros, Definições e Limites de Áreas de Preservação Permanente.

CONAMA, 2002. Resolução 302. Parâmetros, Definições e Limites de Áreas de Preservação Permanente de Reservatórios Artificiais e o Regime de Uso do Entorno.

Calliari, L.J.; Boukareva, I.; Pimenta, F.; Speranski, N. **Classificação da costa gaúcha com base nos padrões de refração de ondas de tempestade e evidências geomorfológicas de erosão costeira.** In: *SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PRAIAS ARENOSAS: MORFODINÂMICA, ECOLOGIA, USOS, RISCOS E GESTÃO. Itajaí, 2000 Anais... Itajaí, 2000, p.195 - 198.*

Calliari, L.J., Pereira, P.S., de Oliveira, A.O., Figueiredo, S.A. 2005. Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil. Gravel, 3: 15-30.

Dillenburg, S.R.; Roy, P.S.; Cowell, P.J.; Tomazelli, L.J. **Influence of Antecedent Topography on Coastal Evolution as Tested by the Shoreface Translation-Barrier Model.** *Journal of Coastal Research*, v. 16, n. 1, p. 71 – 81, 2000.

Dillenburg, S.R., Tomazelli, L.J., Martins, L.R., Barboza, E.G. 2005. Modificações de longo período da linha de costa das barreiras costeiras do Rio Grande do Sul. Gravel, 3: 9-14.

Fepam 1998. Proposta de Macrozoneamento Ecológico Econômico- Litoral Norte do RS. Bered, A. & Haase, J(org). Fundação Est de Proteção Ambiental -Governo do Estado do RS. Porto Alegre. 25 p.

Fujimoto, N.S.V.M.; Strohaecker, T.M.; Kunst, A.; Ferreira, A.H. Uso e ocupação do solo no Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 10., 2005. São Paulo, Anais... São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH/USP, p. 5575-5591, 2005.

Gruber, N.L.S.; Barboza, E.G.; Nicolodi, J.L. 2003. Geografia dos Sistemas Costeiros e oceanográficos: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira. CECO/IG/UFRGS. In: MARTINS, L.R.; BARBOZA, E.G. (Eds.). GRAVEL, Porto Alegre, n. 1, p. 71-84, 2003.

Gruber, N.L.S. Corrêa, I.C.S.; Tabajara, C., Silva, C.R.; Souza, R.R., Cunha, D., Ugri, A. 2007. Diagnóstico e Plano Manejo de Dunas Frontais do Município de Xangri-lá, RS. Relatório Técnico. CECO/IG/UFRGS 97p.

Gruber, N.L.S. Tabajara, Strohaecker, T.M., Portz, L.; Franchini, R.L.; Cherian, F.; Mastracusa, R.; Cardia, V.C., Jardim, J.P. 2009. Diagnóstico e Plano Manejo de Dunas Frontais do Município de Capão da Canoa. Relatório Técnico. CECO/IG/UFRGS 104p.

Hesp, P.A., Dillenburg, S.R., Barboza, E.G., Tomazelli, L.J., Ayup-Zouain, R.N., Esteves, L.S., Gruber, N.L.S., Toldo Jr., E.E., Tabajara, L.L.C.A., Clerot, L.C.P. 2005. Beach ridges, foredunes, or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí barrier system, Southern Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 77(3): 493-508.

IBERMAR 2009. *Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de cambio.* BARRAGÁN, J. M. M. (ORG). Cádiz: Jiménez-mena, S.I., 2009. 380 p. (ISBN: 978-84-692-5175-1).

Moraes, A. C. R. de (1999). Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. Ed. HUCITEC, São Paulo.

MDC/MMA. Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União (1:1.000.000). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1996.

Ministério Público Federal – Procuradoria da República No Rio Grande Do Sul (PRRS/MPF); Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, Unidade de Assessoramento Ambiental (UAA/DAT/MPRS). GT Litoral Norte - *Informação Técnica 01/2010 (no Prelo) Situação Ambiental do Litoral Norte do Estado do Rio Grande Do Sul (2010)* Org. Luizelli, B.B. (PRRS/MPF); Souza, L.F de (UAA/Dat/MPRS) & Borba, A. W. de (UAA/Dat/MPRS) (no prelo).

Nicolodi, J. L.; Ferraro, L. M. W.; Toldo JR, E. E. Situação Atual da Ocupação Comercial na Faixa de Praia do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2002, João Pessoa. XIII ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS - Anais. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2002. v. 1.

Portz L. (2008). Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso praias de Osório e Xangri-Lá, litoral norte do Rio Grande Sul. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS – BR, 128f.

Scherer, M., 2001. *La Influencia de la Gestión Costera en la Conservación de los Ecosistemas. Énfasis en la Isla de Santa Catarina – Brasil.* Tesis de doctorado presentada en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Cádiz/España, para obtenção del grado de Doctora en Ciencias del Mar. 547 pp.

Sanches, Manuel; Sherer, Marinez; Negreiros, Dora Hees De. Gestão Das Zonas Costeiras E As Políticas Públicas No Brasil: Um Diagnóstico. In: *Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de cambio.* BARRAGÁN, J. M. M. (ORG).. ISBN: 978-84-692-5175-1. Es - Cádiz: Jiménez-mena, S.I., 2010. p. 291 - 308.

Toldo Jr., E.E., Dillenburg, S.R., Almeida, L.E.S.B., Tabajara, L.L.C.A., Martins, R.R., Cunha, L.O.B.C. 1993. Parâmetros morfodinâmicos da praia de Imbé, RS, Brasil. Pesquisas em Geociências, 20: 27-32.

Strohaecker, T.M. A Urbanização no Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa. 2007. Tese (Doutorado). Porto Alegre, Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, 2007.

Tabajara, L.L., Gruber, N.L.S.; Dillenburg, S.R., Aquino, R. 2005. Vulnerabilidade e classificação das dunas da praia de Capão da Canoa, Litoral Norte do Rio Grande do Sul. In: MARTINS, L.R.; BARBOZA, E.G. (Eds.). GRAVEL, Porto Alegre, n. 3, p. 71-84, 2005.

Toldo JR., E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B.; BARROS, C.E.; BAITELLI, R.; MARTINS, L.R.; NICOLODI, J.L. Retreat of the Rio Grande do Sul Coastal Zone, Brazil. *Martins L. & C.I. Santana, (Eds) Non Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin. In: L.R.– OAS/IOC-UNESCO/OSNLR Publication. Porto Alegre, Brasil. p. 62 – 68, 1999.*

Tomazelli, L.J., Villwock, J.A. 1991. Geologia do sistema lagunar holocênico do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Pesquisas, 18(1): 13-24.

Tomazelli, L. J., J. A. Villwock. 1992. Considerações sobre o ambiente praias e deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Pesquisas, 19 (1): 3–12.

Tomazelli, L.J.; Villwock, J.A.; Barboza, E.G.; Buchmann, F.S.C.; Santos, L.A.O. A Erosão Costeira no Rio Grande do Sul: Uma Avaliação das Causas e Consequências. Porto Seguro, Brasil. In: *CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO*, 7. 1999. Anais...Porto Seguro: ABEQUA. 1999. CD-ROM.

Tomazelli, L.J., Villwock, J.A. 2000. O Cenozóico do Rio Grande do Sul: geologia da planície costeira. In: Holz, M., DeRos, L.F. (Eds.). Geologia do Rio Grande do Sul, Edições CIGO/UFRGS, 375-406.

Tomazelli, L.J., Villwock, J.A. 2005. Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. Gravel, 3: 109-115.

Villwock, J.A.; Dehnardt, E.A.; Loss, E.L.; Soliani Jr., E.; Tomazelli, L.J.; Godolphim, N.F.; Koppe, J.C.; Horn Filho, N.O.; Bachi, A.F.; Dehnardt, B.A. 1984. *Atlas Geológico da Província Costeira e Oceânica do Rio Grande do Sul.* Porto Alegre: CECO/UFRGS, 1984.

Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. *Geologia Costeira do Rio Grande do Sul.* Notas Técnicas / Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CECO/UFRGS, 1995. Notas Técnicas nº 8. 45p.

Weschenfelder, J. Ayup-Zouain, R.N. 2002. Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil. Pesquisas em Geociências (UFRGS), 29 (1): 3-13.

Costa de Uruguay

SINOPSIS GEOLÓGICO-AMBIENTAL DE LA COSTA PLATENSE Y ATLÁNTICA DE URUGUAY

César Goso Aguilar; Valeria Mesa; María del Carmen Alvez

INTRODUCCIÓN

La costa platense y atlántica uruguaya concentra el 75% del PBI nacional. Si se utiliza el Índice de Desarrollo Humano se tiene además que, a excepción de San José, los departamentos costeros se encuentran bien posicionados con respecto al resto del país. El turismo es una de las principales actividades económicas, y la zona costera concentra el 90% de los ingresos derivados de esta actividad.

Esa zona se está viendo afectada por el cambio climático. Resultados iniciales de investigación indican una alta vulnerabilidad de los recursos costeros frente a cambios en las precipitaciones, descarga de los tributarios del Río de la Plata, alteraciones de los patrones de vientos y en la localización del anticiclón subtropical del Atlántico Sudoccidental. Estos cambios se expresarán de diferente manera e intensidad en las distintas regiones de este complejo sistema costero-marino (GEO Uruguay 2008).

La costa sobre el Río de la Plata y el Océano Atlántico en Uruguay tiene una extensión de unos 473 y 233 km, respectivamente.

Particularmente, la costa platense se extiende desde Nueva Palmira hasta Punta del Este. Abarca parte de la zona costera de los departamentos de Colonia y Maldonado, y la totalidad de la de San José, Montevideo y Canelones. Unos 191 km lineales de esa costa presentan algún tipo de proceso erosivo representado por acantilados activos de alturas métricas a decamétricas, algunos sectores con cárcavas, islotes, puntas o cabos y plataformas. Ese conjunto de geoformas constituyen aproximadamente un 42% del total de la costa rioplatense (Goso *et al.* 2009).

Por su parte, la costa atlántica se extiende desde Punta del Este hasta la Barra del Chuy, abarcando la totalidad de la costa del Departamento de Rocha y parte de la del Departamento de Maldonado. En ese sector costero, formado por puntas rocosas y arcos de playa de morfologías variadas, desde reflectivas a disipativas, se pueden observar geoformas que denotan la acción de procesos erosivos que vienen actuando desde el Cuaternario alto. Entre esas geoformas se destacan principalmente los extensos sectores con cárcavas enclavadas en la planicie costera adosada a la franja de playas, las plataformas y secundariamente las costas acantiladas de altura métrica más o menos activas. Aproximadamente el 32% de la costa atlántica (unos 74 km) se halla sometida a la acción erosiva, principalmente durante los momentos de tempestades por la acción del viento y olas de tormenta. Asimismo, cabe mencionar que han sido estimados en unos 86 km² la superficie ocupada por dunas móviles, de los cuales la mayor parte muestra evidencias de la acción deflacionaria (*blow out*) (Alvez *et al.* 2009). La costa atlántica presenta un patrón de corriente de deriva litoral hacia el NE desde La Paloma al Norte; y hacia el W desde el Cabo Santa María al sur.

En un reciente estudio realizado por los autores de esta contribución, se analizaron cuales son los riesgos geológicos presentes en la costa platense y atlántica de Uruguay (inducidos o no por la acción antrópica), bajo la influencia del cambio

climático imperante (Alvez *ET AL.* Ellos se relacionan con:

- a) *Erosión (acantilados, cárcavas)*
- b) *Sedimentación dunar*
- c) *Vulnerabilidad de acuíferos costeros, intrusión salina y otros efectos por descensos/aumentos de niveles piezométricos*

Estas tres situaciones problemáticas –que se detallarán a continuación- pueden causar trastornos no deseados, como la pérdida de los recursos costeros (ecosistemas, playas, arenas, calidad y cantidad de agua, etc.). Las zonas que denotan a estos procesos han sido mapeadas en un trabajo de asesoramiento para la Dirección Nacional de Medio Ambiente (Goso & Mesa 2009, Goso *et al* 2010).

Cabe consignar que la costa atlántica y platense uruguaya presenta una conformación geológica –tanto aflorante como subaflorante- diversa, constituida por una serie variada de rocas ígneas y metamórficas antiguas que en esta sinopsis se agrupan como del Basamento Cristalino indiferenciado (Paleoproterozoico al Cámbrico). Ese basamento que constituye los cabos y cerros, es también el sustrato sobre el que se apoyan casi exclusivamente algunas rocas sedimentarias y una gran diversidad de sedimentos cenozoicos, que empezaron a acumularse hace unos 33 MA hasta el presente, (Goso & Muzio 2006), los que alcanzan algunas pocas decenas de metros de espesor. Estos depósitos representan la acción de procesos geológicos vinculados a cuencas de sedimentación marginales con historias policíclicas, que estuvieron controladas por las oscilaciones del nivel del mar y los cambios climáticos. En el Cuadro I se muestra una columna estratigráfica que resume las principales características de las unidades geológicas presentes en toda la costa de Uruguay, así como sus litologías dominantes y el tipo de ambiente en el que se depositaron.

Geomorfológicamente, la costa atlántica desde el A° Chuy hasta el A° Maldonado aproximadamente, podría denominarse Provincia Geomorfológica Costera del Este. Esa provincia incluye a dos grandes elementos geológicos: el Basamento Cristalino y la Cuenca Laguna Merín-Pelotas. Allí, se conforman dos compartimentaciones geomorfológicas: las Tierras Altas que agrupan distintos elementos pertenecientes al Basamento indiferenciado; y las Tierras Bajas compuestas por la Planicie Costera y la Plataforma Continental. A su vez, la Planicie Costera está constituida por Planicies Aluviales Internas, Barreras y Sistemas de Barreras-Lagunas (de norte a sur la laguna Negra, Castillos, Rocha, Garzón y José Ignacio). Deben destacarse especialmente por el valor paisajístico y biodiversidad que poseen esos extensos espacios que era ocupados por antiguas bahías o pequeños paleoestuarios hace algunos miles de años AP, y en los que actualmente existen una serie de lagunas costeras, marismas, bañados, que los colmatan y que están adosados al cordón litoral arenoso (complejos barreras – lagunas). Por lo tanto, aquí los controles morfo-genéticos son predominantemente depositacionales, producto de procesos subsidentes diferenciales a lo largo del Cenozoico, en donde hubo una importante tasa de acomodación sedimentaria.

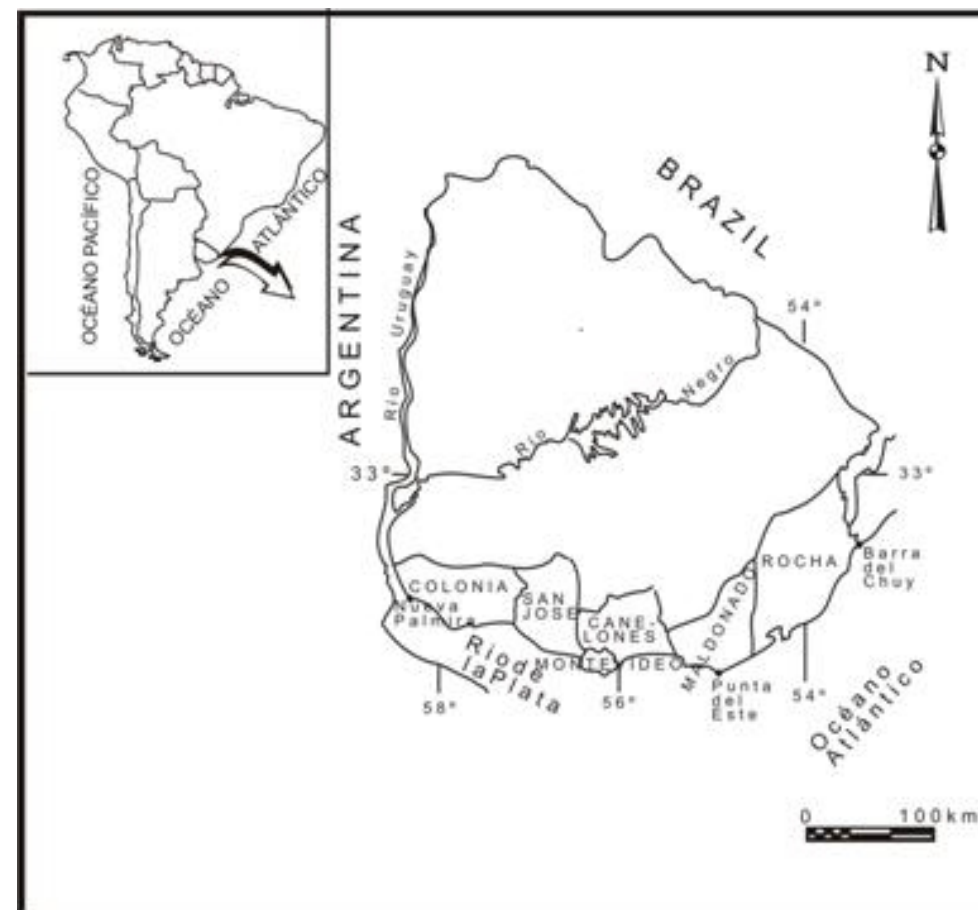


Figura 1: Mapa político de la costa uruguaya

Formación	Edad	Litologías dominantes y tipo de ambiente
Punta de los Loberos	Holoceno	Arcillas y fangos grises, litorales
Villa Soriano	Holoceno	Arcillas y fangos negros, litorales
Dolores	Pleistoceno Superior	Arcillas y fangos marrones, continentales
Libertad	Pleistoceno	Fangos y arcillas marrones, continentales
Raigón	Mio-Pleistoceno	Conglomerados y arenas claras, pelitas, grises y verdosas, litorales
Camacho	Mioceno	Arenas y conglomerados claros, pelitas verdosas, litorales
Fray Bentos	Oligoceno	Limolitas y fangos rosados carbonatados, continentales
Basamento Cristalino indiferenciado	Proterozoico – Cámbrico	Gneisses, migmatitas, esquistos anfíbolitas, cataclasitas, milonitas, vulcanitas, metasiliciclásticas, granitos, sienitas

Cuadro I: Columna estratigráfica de las unidades geológicas costeras de Uruguay.

Los sedimentos terrígenos que provienen de la erosión de las Tierras Altas, llegan a la costa donde los procesos litorales los fueron distribuyendo en función de las características subsidentes, tasas de sedimentación y variaciones del nivel del mar en las Tierras Bajas a lo largo al menos del Cuaternario (Villwock & Tomazelli 1995). En ocasiones las lagunas tienen conexión al mar (natural o artificialmente). Los cordones arenosos están recortados por algunos cabos o puntas rocosas proterozoicas sobre los que casi siempre se apoya esa sedimentación cuaternaria. Se distinguen cambios en la dirección de deriva litoral. Un punto de inflexión es el Cabo Polonio donde desde allí al norte la deriva es hacia el NE, mientras que desde el Cabo Santa María hacia el sur es para el W (Panario & Gutiérrez 2006).

Por otra parte, el contexto geomorfológico en el sector costero rioplatense al Oeste de Maldonado es algo diferente. Allí, las Provincias Geomorfológicas Costera del Centro y Oeste, están fuertemente influenciadas por la estructura geológica emergida del Basamento Cristalino en Canelones y Montevideo (sector Centro) y la de las formaciones Fray Bentos y Camacho en San José y Colonia (sector Oeste). Igualmente, se tiene en las Tierras Bajas la Planicie Costera con Planicies Aluviales Internas, Barreras y Complejos Barreras-Lagunas (laguna del Sauce, bañados de Carrasco, paleolagunas de Arazatí), predominando los controles erosivos en su actual conformación.

RESGOS GEOLÓGICOS COSTEROS EN URUGUAY EROSIÓN (ACANTILADOS, CÁRCAVAS COSTERAS)

Las principales respuestas fisiográficas a la elevación relativa del nivel del mar han sido resumidas por Bird (1987 Teixeira y Baptista 2001). Para el caso de la costa uruguaya se tiene en parte de los departamentos de Colonia, San José y Canelones que la principal geoforma erosiva son los acantilados esculpidos en sedimentos cenozoicos de las formaciones Camacho, Raigón, Libertad y Dolores, caracterizando el proceso que se muestra en la Figura 2.

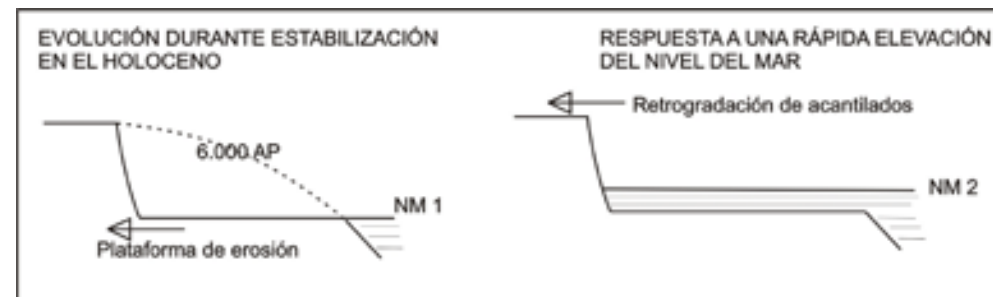


Figura 2: Modelo de respuesta fisiográfica a una elevación del nivel del mar en costas acantiladas. Modificado de Bird (1987 in Teixeira & Baptista 2001).

Por su parte, en algunas localidades de San José, Canelones y Rocha, el afloramiento de arcillas negras lagunares en la playa también indica la retrogradación de la línea de costa como es ilustrado en la Figura 3.

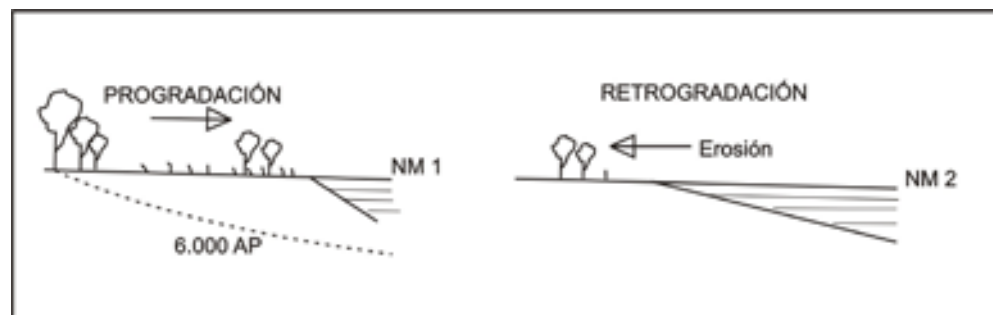


Figura 3: Modelo de respuesta fisiográfica a una elevación del mar en costas con bañados costeros. Modificado de Bird (1987 in Teixeira & Baptista 2001).

Entre los procesos litorales y sus efectos en la costa, es posible distinguir entre los que son generados por el oleaje, por los vientos y por las corrientes. La erosión generada por las olas y la acción de los niveles freáticos, provocan el retroceso de acantilados, producto del actuar combinado del oleaje sobre los sedimentos inconsolidados o poco cementados de la base y del flujo del agua subterránea en los acuíferos. Debido a esta circunstancia, particularmente sobre sedimentos de las formaciones Camacho, Raigón, Chuy, Libertad y Dolores, se produce el deslizamiento de porciones importantes, que la acción posterior desagrega en tamaños menores,

dando lugar a clastos individuales. En sedimentos no consolidados pertenecientes a la Formación Villa Soriano y al Reciente y Actual, en acantilados de menor altura, el mismo fenómeno tiende a desagregarlos directamente. Este conjunto de situaciones se verifica en varias localidades de los departamentos de Colonia, San José, Canelones, Maldonado y Rocha (Goso y Goso 2004).

En muchos puntos a lo largo de esos 706 km existen evidencias de erosión. Si bien no existe consenso acerca de las causas, se considera como muy posible la confluencia de factores naturales y antrópicos en la mayoría de ellos (Gómez Pível 2006, Panario y Gutiérrez 2006). La elevación del nivel relativo del mar, un déficit en el balance de sedimentos y las consecuencias de algunas obras ejecutadas hace algunos años, serían las principales causas de la existencia de ese proceso en ciertos puntos.

Así por ejemplo, a lo largo de la costa uruguaya se puede observar en varios sitios el retroceso de los acantilados (Figuras 4, 5 y 6), con la consiguiente pérdida de territorio y con consecuencias sobre los ecosistemas y los bienes (viviendas, ramblas, etc.). Ha sido estudiado y estimado el rango de velocidad de ese retroceso en distintas localidades, existiendo en promedio valores que oscilan entre 50 y 110 cm/año (Panario 2000, Goso y Goso 2004, Goso *et al.* 2007). En estudios recientes, para algunos sitios del departamento de Canelones han sido reportados valores máximos cercanos a los 2 m/año (Goso *et al.*, 2007; Goso *et al.*, 2010).

Plataformas de abrasión se reconocen en varias localidades a lo largo de la costa uruguaya. En ocasiones esas plataformas exponen los sedimentos holocénicos litorales (lagoon, bahías) o los fangos continentales pleistocenos, mostrando la retrogradación de los sistemas (Figuras 7 y 8).



Figura 4: Pequeño acantilado y plataforma en sedimentos fangosos marrones de la Fm. Dolores en Playa Pascual (San José). Foto: Octubre de 2009.



Figura 5: Costa acantilada en Kiyú (San José) que muestra sedimentos areno conglomerádicos de la Fm. Raigón (Mio-Pleistoceno) y fangosos de la Fm. Libertad (Pleistoceno). Altura: 8 metros. Foto: Octubre de 2009.



Figura 6: Acantilados y parte de plataforma de abrasión en Playa Las Vegas (Canelones). Aquí se exponen las formaciones Libertad (base) y Chuy. Obsérvese espigón descalzado en primer plano. Foto: Mayo de 2009.

Este panorama erosivo se completa con la existencia de extensas superficies –principalmente en Rocha– con cárcavas que llegan a alcanzar varios metros de profundidad. Esas cárcavas localizadas en la planicie costera (Figura 9 y 10), han suministrado importantes volúmenes de sedimentos arenosos y gravillosos (Fm. Chuy) y subordinadamente pelíticos (Fm. Dolores / Libertad), al sistema litoral.

Otras geoformas que denotan la acción erosiva en las costas de Uruguay refieren al retrabajo eólico sobre dunas, generando estructuras circulares y formas de deflación (Figura 10 y 11). En varias localidades, principalmente de Rocha y Maldonado es posible encontrar dunas circulares con muestras de *blow out*.



Figura 7: Plataforma de abrasión esculpida sobre fangos grises transgresivos pertenecientes a la Fm. Punta de los Loberos (Holoceno) en La Coronilla (Rocha). Foto: F. Scaravino, 2004.



Figura 8: Plataforma y miniarco en nivel de calcrete sobre fangos y paraconglomerados marrones de la Fm. Libertad en Balneario Solís (Maldonado). Al fondo acantilados que completan el contexto erosivo. Foto: Marzo de 2010.



Figura 9: Imagen Google de cárcavas activas en Balneario Santa Isabel de La Pedrera (Rocha).

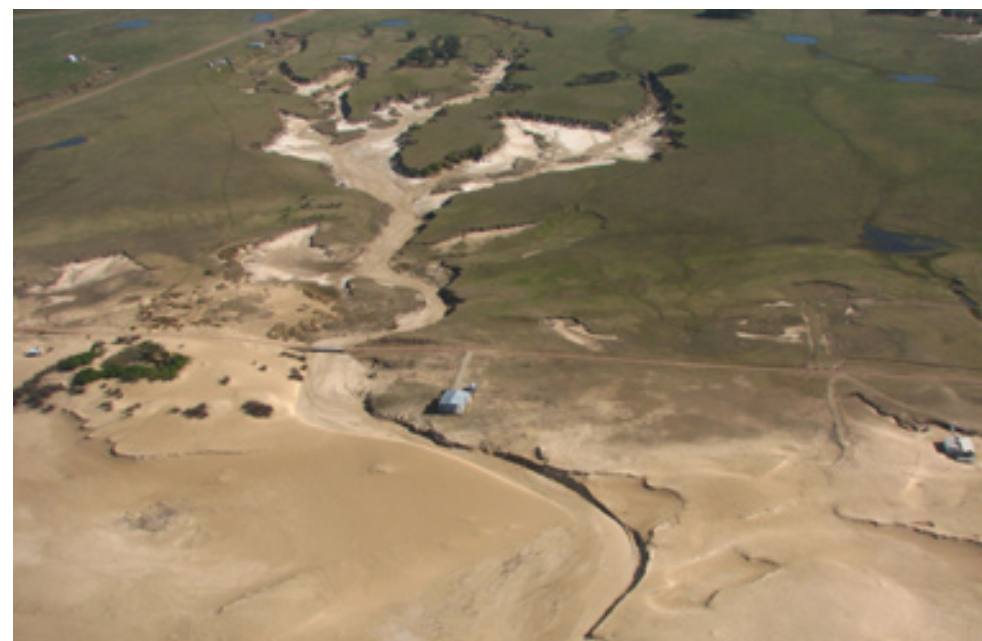


Figura 10: Imagen de cárcavas en planicie costera en San Bernardo (Rocha). Foto: JL Olivera, agosto de 2007.



Figura 11: Dunas deflacionadas en la margen Oeste de la Laguna de Rocha y alambrado de límite de predio volcado. Foto: Octubre de 2009.

SEDIMENTACIÓN DUNAR

Son conocidos los efectos de la sedimentación litoral provocados por la acción eólica, con el avance de dunas sobre áreas urbanizadas. En algunas circunstancias sus efectos provocan problemas, ya que afectan y reducen la posibilidad de circulación del tránsito en ramblas, o provocan el avance de arena sobre las viviendas. Como ejemplos de sitios donde ocurre este proceso se pueden mencionar varias playas de Montevideo como Carrasco, Punta Gorda y Malvín; de Canelones como en Parque Roosevelt, El Pinar, Parque del Plata, Las Toscas, La Floresta; de Maldonado en Punta del Este; de Rocha como en Valizas, Punta del Diablo y Barra del Chuy (Figuras 12 a 15).

Algunas medidas –en las que en algunos casos ha participado la sociedad civil organizada– han sido implementadas a veces con relativo éxito para mitigar sus efectos. En ocasiones los resultados no son los esperados, o bien por un inadecuado diseño de las cercas o por la destrucción por acción de vándalos. La construcción de cercas captoras utilizando madera (tablestacado), hojas de palmeras o malla sombra (*sombrite*), han sido las acciones más frecuentemente implementadas en varias localidades. Asimismo, la revegetación con especies adaptadas al medio

psamófilo, en proyectos educativos con participación ciudadana (particularmente adolescentes y jóvenes), ha sido implementada pero no de manera sistemática. Los resultados han sido relativamente poco eficaces aunque muy positivos en materia de concientización pública y en compromiso de los jóvenes (www.ecocostera.blogspot.com).



Figura 12: Detalle del avance de dunas sobre rambla de Playa La Floresta (Canelones). Se deben realizar tareas de limpieza frecuentemente para permitir la circulación vehicular. Foto: Setiembre de 2008.



Figura 13: Rambla de Parque del Plata (Canelones). Las obras de limpieza son periódicas. Foto: Octubre de 2009.



Figura 14: Vista de avance de dunas sobre viviendas en Barra del Chuy (Rocha). Foto: Octubre de 2009.



Figura 15: Vista de avance de dunas sobre viviendas en Barra del Chuy (Rocha). Foto: Octubre de 2009.

VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS (ANEGAMIENTO DE PLAYAS, INTRUSIÓN SALINA, CONTAMINACIÓN)

Desde hace algunos años, han venido siendo constatadas en algunas playas de la costa uruguaya situaciones de anegamiento por afloramiento de los niveles freáticos de los acuíferos libres. Así por ejemplo, en Canelones en las playas de Villa Argentina, Atlántida y Costa Azul, se ha podido observar en diferentes épocas la formación de espejos de agua de carácter permanente, la que drena hacia el estuario a través de pequeños surcos y canales (naturales y/o artificiales), aunque en ocasiones se ha represado antes de llegar al Río de la Plata.

En particular, en Atlántida este proceso habría comenzado en 1999, provocando el aumento de presencia de materia orgánica, otorgándole color gris y un olor desagradable al agua por la descomposición bacteriana. Asimismo, se pudo observar el crecimiento de algunas especies de gramíneas y juncáceas (Figura 16). En Maldonado en la Playa Portezuelo, hace años también se produjo la elevación del nivel freático anegándola. En ambos sitios se pudo resolver este problema parcialmente mediante recarga con arena y definitivamente, mediante la construcción de drenes. Desde hace pocos años atrás en la popular Playa Buceo (Montevideo) ha venido ocurriendo este efecto, con el agravante de encontrarse en una zona lindante a un cementerio. Actualmente, se está realizando una tarea de recarga (*nourishment*) con arenas que provienen de importantes obras de remodelación del Hotel Carrasco (Piñeiro com.pers., Figura 17).

Por su parte, Pereira y Goso (2003) y Marmisolle y Goso (2006) han presentado resultados de sus estudios del riesgo de anegamiento en el que se encuentra la Ciudad de la Costa ubicada sobre la planicie costera entre los arroyos Carrasco y Pando, con el agravante de la complicada situación de contaminación bacteriológica del acuífero libre, por la acción de más de 120.000 habitantes sin saneamiento básico.

Merece ser destacada la problemática generada por los descensos de los niveles freáticos o piezométricos. Estos descensos han sido ocasionados por la falta de recarga (precipitaciones) en los acuíferos, o en ocasiones por sobreexplotación de los mismos. Si bien la condición hidroquímica natural del acuífero es un factor importante, la disminución de las reservas acuíferas puede favorecer el aumento de la concentración de los elementos químicos presentes en ellas. Así por ejemplo, han sido constatados en aguas del Sistema Acuífero Charrúa (Goso y Goso 2004), el que incluye a las formaciones Villa Soriano, Chuy y sedimentos actuales interconectados, problemas de potabilidad por concentración superior a los *límites standard* de algunos elementos como Na, Cl, Fe, Mn, B, Pb, As, Br (Montaño *et al.* 2006; GEA 2006; Sienra 2008 y Pérez. *com. pers.*). Esto ha sido referido para diversas localidades costeras como: Barra del Chuy, Punta del Diablo, Valizas, La Paloma, Punta del Este, Laguna del Sauce, Ciudad de la Costa, Punta Espinillo, y algunos sectores de la costa platense de San José y Colonia (Goso y Muzio 2006).

Por su parte, en la populosa playa de Aguas Dulces (Rocha) localidad que recibe su nombre por la obtención de agua por sus pobladores en pozos artesanales en la arena denominados “cachimbas”, esas fuentes de agua han sufrido los efectos de la intrusión salina.



Figura 16: Playa Mansa de Atlántida (Canelones) en 2001. Nótese la importante superficie afectada en la época por el anegamiento provocado por el afloramiento del nivel freático.



Figura 17: Recarga de arena para mitigar efectos de la elevación de freático en Playa Bucoo (Montevideo). Foto: Octubre de 2010.

CONSIDERACIONES FINALES

El aumento del nivel relativo del nivel medio del mar durante el período 1902 - 2000 en Punta Lobos, (Oeste de Montevideo), fue un poco menor a 10 cm (0.93 mm/año, Bidegain *et al.* 2009). Al actualizar finalmente la serie hasta el año 2003, el aumento llega a 10.9 cm, con lo que la tasa de incremento ha pasado de 0.093 mm/año a 1,07 x 0,107 mm/año (Nagy *ET AL.*, 2007).

Ese es uno de los factores más importantes para explicar la acción erosiva en las costas. Es probable que esta acción se manifieste de manera más activa en momentos de tormentas. En ocasiones se combinan los efectos de las tormentas y el aumento de la descarga fluvial, como en la costa de la playa La Coronilla (Rocha) en el Canal Andreoni, provocando eventos con una alta concentración de energía por olas y escorrentía, que erosionan los materiales inconsolidados de la Fm. Chuy formando acantilados (Figuras 18 y 19). Ya fue indicada la existencia de generación allí de extensas plataformas que dejan expuestos temporariamente los sedimentos ingresivos holocénicos de la Fm. Punta de los Loberos.

Cabe mencionar que sumada a esta condición de índole climática, en ocasiones la adopción de acciones inapropiadas de algunos municipios o la construcción de obras duras sin un adecuado estudio previo de balance de sedimentos, exponen más aún a sus playas a la acción erosiva. Por ejemplo, es frecuente observar en playas de Montevideo y Maldonado, que la limpieza de las mismas se ejecute mediante rastrillado mecánico. Esta acción —si bien eficaz para limpieza— es muy perjudicial para las playas, porque quiebra su perfil natural, les baja la pendiente y las expone a la erosión que se da durante los períodos de tormenta o temporales.

Asimismo, se da la contradicción que en aquellos sitios con problemática de sedimentación dunar, si bien la construcción de cercas parece ser una solución económica, se gastan más recursos en limpiezas mecánicas en calles y avenidas de acceso, e incluso en viviendas, por no mantener de manera constante en el tiempo la construcción planificada de las mismas. Son numerosos los ejemplos a lo largo de la costa de Rocha, Maldonado, Canelones y Montevideo que se podrían dar en este sentido.

En todo caso cabe a las autoridades y técnicos diseñar los mejores planes estratégicos en base al conocimiento de la dinámica de los procesos, a efectos de mitigar los efectos negativos de los mismos.



Figura 18: Desembocadura del Canal Andreoni (La Coronilla, Rocha) en condiciones de buen tiempo, enero de 2007. Foto: Cecilia Amorín.



Foto 19: Desembocadura del Canal Andreoni horas después de una tormenta, en abril de 2009. Foto: Cecilia Amorín

AGRADECIMIENTOS

A quienes suministraron imágenes para ilustrar este capítulo, José L. Olivera (Intendencia de Rocha), Fabricio Scaravino (Museo Nacional de Historia Natural) y a la Dra. Cecilia Amorín. Al Programa ECOPLATA, a la Unidad de Cambio Climático (MVOTMA) y al Dpto. de Evolución de Cuencas (IGC-Facultad de Ciencias), por solventar parcialmente las actividades de campo. A la Dra. Silvia Marcomini (UBA) por los comentarios y sugerencias al manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvez, M.C., Goso, C. y Mesa, V., 2010. Mapa de vulnerabilidad a la erosión en la costa atlántica uruguaya. *VI Congreso Uruguayo de Geología*, CD-ROM Actas.

Bidegain, M., Severova, V. y de los Santos, B., 2009. Climatología de base de variables climáticas, nivel medio del mar y mapas de riesgo geológico. In: Proyecto URU/07/G32 "Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay". PNUD-DINAMA

Bossi, J., Ferrando, L., Montaña, J., Campal, N., Morales, H., Gancio, F., Schipilov, A., Piñeiro, D. & Sprechman, P., 1998. *Carta Geológica del Uruguay. Escala 1:500.000*. Edición Geoeditores SRL (CD-ROM).

GEA, 2006. Propuesta de inclusión de la Cuenca de la Laguna del Sauce al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Extraído: [http:// www.geaconsultores.com/ documentos/ Area_protegida_en _Laguna_del _Sauce.pdf](http://www.geaconsultores.com/documentos/Area_protegida_en_Laguna_del_Sauce.pdf)

GEO, 2008. Geo Uruguay. *Informe del estado del ambiente. Capítulo 3 Zona Costera*. CLAES-PNUMA-DINAMA, 352 pp.

Gómez Pivel, M.A., 2006. Geomorfología y procesos erosivos en la costa atlántica uruguaya. In: Menafrá, Rodríguez-Gallero, Scarabino & Conde (eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. 35-43. Vida Silvestre. Montevideo.

Goso, C. y Goso, H., 2004. Medio ambiente, riesgos geológicos y los registros cenozoicos de Uruguay. *Cuencas Sedimentarias de Uruguay. Geología, paleontología y recursos naturales. Cenozoico*. 297-314. DIRAC-Fac. Ciencias. Montevideo.

Goso, C. y Mesa, V., 2009. *Mapas de riesgos geológicos en la costa uruguaya*. In: Proyecto URU/07/G32 "Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay". PNUD-DINAMA (inédito).

Goso, C. y Muzio, R., 2006. Geología de la costa uruguaya y sus recursos minerales asociados. In: Menafrá, Rodríguez-Gallero, Scarabino & Conde (eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. 9-19. Vida Silvestre. Montevideo.

Goso, C.; Mesa, V. y Alvez, M., 2010. Mapa de vulnerabilidad a la erosión en la costa platense uruguaya. *VI Congreso Uruguayo de Geología*, CD-ROM Actas.

Goso, C., Pratto, D., Faure, J., Scaglia, F., Arballo, V. y Paris, A., 2007. Estudio de dinámica costera en Canelones (Uruguay): primeros resultados. *V Congreso Uruguayo de Geología*, Resumen. CD Actas. Montevideo.

Marmisolle, J. y Goso, C., 2006. Anegamiento y contaminación bacteriológica de aguas superficiales y subterráneas en Ciudad de la Costa (Dpto. De Canelones, Uruguay). *Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología*, 13: 49-64.

Montaño, J., Gagliardi, S. y Montaño, M., 2006. Recursos hídricos subterráneos del Uruguay. *Bol. Geológico y Minero de España*, 117(1):201-222.

Nagy, G., Gómez, M. y Fernández, V., 2007. El aumento del nivel del mar en la costa uruguaya del Río de la Plata. Tendencias, vulnerabilidades y medidas para la adaptación. En: *Medio Ambiente y Urbanización. Cambio climático, vulnerabilidad y adaptación en ciudades de América Latina*. IEED AL, 67:77-93.

Panario, D., 2000. Las playas uruguayas. Su dinámica, diagnóstico de situación actual y tendencias a mediano plazo. In: Domínguez & Prieto (coords.), *Perfil ambiental del Uruguay*. Edinor, 111-125. Montevideo.

Panario, D. y Gutiérrez, O., 2006. Dinámica y fuente de sedimentos en las playas uruguayas. In: Menafrá, Rodríguez-Gallero, Scarabino & Conde (eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. 21-34. Vida Silvestre. Montevideo.

Pereira, A. y Goso, C., 2003. Estudio de una situación de riesgo geológico: anegamiento en la Ciudad de la Costa (Canelones, Uruguay). *Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología*, III (10): 29-37.

Sienra, M., 2008. *Caracterización hidrogeoquímica ambiental del Sistema Acuífero Ciudad de la Costa*. Trabajo Final de Licenciatura de Geología, 94 pp + anexos. Fac. Ciencias.

Spoturno, J., Oyhançabal, P., Goso, C., Aubet, N., Cazaux, S., Huelmo, S., Morales, E. y Loureiro, J., 2004. *Mapa geológico del Departamento de Montevideo a escala 1:50.000*. Memoria descriptiva + mapa, CD. CONICYT – Fac. Ciencias – DINAMIGE.

Spoturno, J., Oyhançabal, P., Goso, C., Aubet, N., Cazaux, S., Huelmo, S., Morales, E. y Loureiro, J., 2004. *Mapa geológico del Departamento de Canelones a escala 1:100.000*. Memoria descriptiva + mapa, CD. CONICYT – Fac. Ciencias – DINAMIGE.

Spoturno, J., Oyhançabal, P., Aubet, N., Cazaux, S., Huelmo, S., Morales, E. y Loureiro, J., 2004. *Mapa geológico del Departamento de San José a escala 1:100.000*. Memoria descriptiva + mapa, CD. CONICYT – Fac. Ciencias – DINAMIGE.

Villwock, J.A. y Tomazelli, L.J., 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. CECO/IG/UFRGS, *Notas Técnicas* (8):45 pp. Porto Alegre.

GEOLOGÍA Y PROBLEMÁTICA COSTERA DEL DEPARTAMENTO DE CANELONES (URUGUAY)

César Goso Aguilar

INTRODUCCIÓN

El departamento de Canelones se localiza en el sur del Uruguay, limita al sur con Montevideo y lo habitan unas 485.000 personas, según censo INE (2004). En sus tres secciones censales costeras residen permanentemente unos 180.000 habitantes lo que representa aproximadamente el 37% del total de la población de ese departamento. En dicha zona (Figura 1) se distingue la Ciudad de la Costa con unos 120.000 residentes desde el A° Carrasco (límite con Montevideo) al A° Pando y la Costa de Oro, desde el A° Pando al A° Solís Grande (límite con Maldonado). Esa población permanente aumenta significativamente en la época de verano –particularmente en la Costa de Oro– ya que este departamento se caracteriza por presentar una importante actividad turística de sol y playa, fundamentalmente de origen interno y en menor proporción proveniente de Argentina, con una oferta de unas 90.000 plazas en viviendas.

La extensión total a la costa del Río de la Plata en Canelones es de unos 67 km y pertenece al denominado Frente Marítimo del Río de la Plata. A lo largo de la costa se exponen una serie de arcos de playa de longitudes variables recortado por cabos (Punta Piedras Negras, Punta Corralitos y Punta Piedras de Afilar) constituidos por rocas del basamento de edad Proterozoico (Fm. Montevideo) y Cámbrico (Fm. Piedras de Afilar). Cuando el control geológico-estructural es ejercido por el basamento metamórfico proterozoico (gneises y granitos), la dirección dominante de la costa es N 70 y los arcos de playa son extendidos. Por su parte, las rocas cámbricas (cuarcitas) determinan un diseño de costa con arcos de playa pequeños. La corriente de deriva a lo largo de esta costa es hacia el Oeste, predominantemente.

Unos 18 km de esa costa presenta acantilados de hasta 15 m de altura y entre unos 1500 a 2000 m se exponen plataformas saltuarias compuestas por fangos marrones (pleistocenos) o negros (holocenos) de manera más o menos permanente. A su vez, 52 km de toda la costa en Canelones presenta dunas tanto móviles, como fijas por la forestación que comenzó luego de 1930 o directamente por la urbanización.

En este capítulo se presentan las características geológicas de las unidades aflorantes en la costa y un detalle de las problemáticas en relación a erosión y sedimentación, que obras o planes de manejo se han implementado para mitigar sus efectos, una evaluación de sus resultados y cuáles son las perspectivas.

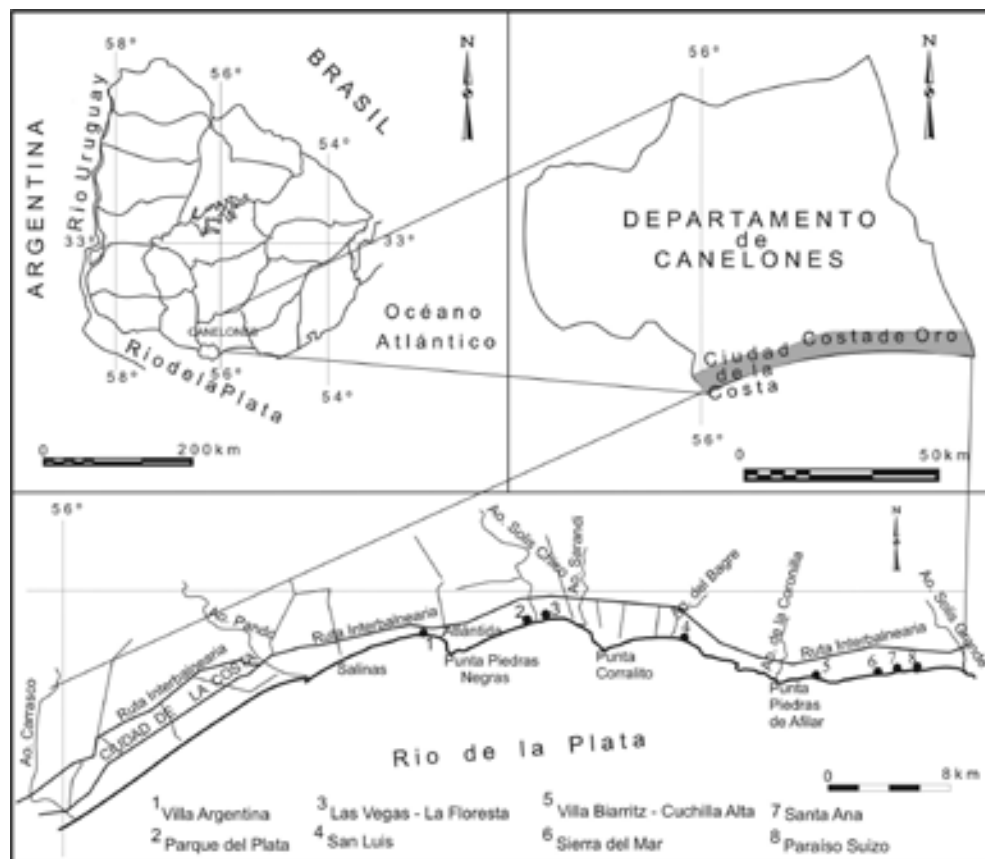


Figura 1: Mapa de ubicación del área costera de Canelones y de las principales localidades referidas en el texto.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

En los antecedentes de estudios geológicos en Canelones merece especial destaque el trabajo que realizó a mediados de la década del cincuenta del Siglo XX el geólogo inglés Gordon Jones, contratado por el Instituto Geológico del Uruguay y cuyos resultados posteriormente publicara dicho organismo (Jones, 1956). En esa obra, se presentan los principales rasgos de varias secciones estratigráficas, datos de antiguas perforaciones de estudio con fines de abastecimiento de agua, se documenta fotográficamente varias localidades, afloramientos y vistas aéreas, que tienen un gran valor testimonial. El autor trata aspectos descriptivos básicos de las diferentes unidades estratigráficas presentes en la región, pero también aborda aspectos paleontológicos, la potencialidad de los recursos minerales de la región y también aspectos que hoy tienen que ver con la Geología Ambiental (procesos litorales: erosión – sedimentación).

Posteriormente, un trabajo cartográfico de semidetalle de todo el departamento realizado en cooperación entre la Facultad de Ciencias (Universidad de la

República) y la Dirección Nacional de Minería y Geología (Ministerio de Industria, Energía y Minería) permitió conocer la estructura geológica de Canelones, (Spoturno *et al.* 2004).

Más recientemente, un estudio sedimentológico-estratigráfico de las unidades cuaternarias expuestas en la costa de Canelones, brindó una caracterización litofaciológica y un encuadre paleoambiental para esas unidades, lo que permitió conocer en detalle los principales atributos sedimentológicos y paleontológicos de la sedimentación cuaternaria (Goso 2006).

En las costas del Departamento de Canelones afloran gneises anfibólicos, granitos a dos micas y esquistos biotíticos, correspondientes a la Formación Montevideo (sensu Oyhançabal *et al.*, 2002), como así cuarcitas (metasamitas) y metaconglomerados de la Formación Piedras de Afilar de edad cámbrica (Preciozzi *et al.*, 1985). Estas unidades componen las tres puntas rocosas o cabos e islotes presentes.

Los 18 km de costas acantiladas en Canelones dejan ver numerosas sucesiones estratigráficas que mayormente exponen sedimentos cuaternarios. La potencia total del registro sedimentario cenozoico en Canelones oscila los 50 metros de espesor (Goso 2006). Únicamente en San Luis y en la margen izquierda del A° Solís Grande (en Maldonado) afloran limolitas rosadas oligocenas de la Formación Fray Bentos, que marcan antiguos paleovalles platenses por los cuales se produjeron los ingresos mio-pleistocénicos y cuaternarios a lo largo de toda la costa. El A° Solís Chico corre por un antiguo paleovalle labrado sobre esta unidad.

Esos acantilados constituyen buenas exposiciones para observar los rasgos sedimentarios correspondientes a las formaciones Chuy, Libertad, Dolores y Villa Soriano. La columna estratigráfica de las unidades presentes en la costa de Canelones, así como sus litologías dominantes y tipo de ambiente, se ilustran en la Tabla 1. En la Figura 2, se muestra el mapa geológico de la costa de Canelones en el cual se observa el control estructural del basamento proterozoico o el de la oligocénica Fm. Fray Bentos.

La conformación morfológica de la costa es respuesta a la evolución sedimentaria y la dinámica litoral que se sucedió desde la transgresión posglacial en el intervalo Pleistoceno Tardío - Holoceno, condicionada por cambios climáticos y el paleorrelieve pre-existente. Ello hace que se puedan distinguir dos ambientes morfológicos distintos: pre Holoceno y Holoceno.

El pre-Holoceno muestra en Canelones llanuras costeras altas dominadas por puntas o cabos del basamento, con un paleorrelieve ondulado con cotas + 10 que la recortan con valles de ciclos fluviales de dirección NNW-SSE, ortogonales a la estructuración de las rocas proterozoicas (Carrasco, Pando, Solís Chico, Solís Grande).

En el Holoceno se generan una serie de formas típicas de mar alto como llanuras costeras de ambiente estuárico con cotas entre + 10 y + 2, integradas por complejos barreras – lagunas, con sus cordones de dunas y playas recortados por canales que conectan paleolagunas costeras (Bañados de Carrasco) o microestuarios (A° Pando, A° Solís Grande).

UNIDAD	LITOLOGÍAS y AMBIENTES DOMINANTES	EDAD
Depósitos de playas, dunas y esteros	Arenas de variadas granulometrías, arcillas y fangos grises a negros	ACTUAL
Formación Villa Soriano	Arenas cuarzosas de variadas granulometrías; arcillas negras y grises oscuras con restos de moluscos. Barreras – lagunas; microestuarios	HOLOCENO
Formación Dolores	Limos arcillosos, fangos y wackes marrones. Llanuras aluviales y costeras.	PLEISTOCENO TARDÍO
Formación Chuy III	Arenas cuarzosas de variadas granulometrías y conglomerados cuarzo-feldespáticos, blanco-amarillentos con icnofósiles, arcillas verdosas con moluscos. Complejos barrera – lagunas.	PLEISTOCENO MEDIO
Formación Libertad II	Arcillas limosas, fangos y diamictos marrones, con abundantes restos de vertebrados. Flujos de barro y eolianitos re TRABAJADOS.	PLEISTOCENO MEDIO TEMPRANO
Formación Fray Bentos	Fangos marrones y diamictitos marrón rosados, compactos. Llanuras aluviales	OLIGOCENO
Formación Piedras de Afilar	Metasamitas y metaconglomerados	CÁMBRICO
Formación Montevideo	Gneisses anfibólicos, granitos biotíticos o a dos micas, cuarcitas miloníticas, esquistos biotíticos, filones pegmatíticos	MESO PROTEROZOICO

Tabla 1: Columna litoestratigráfica y principales litologías en las costas de Canelones (modificado de Goso 2006).



Figura 2: Mapa geológico de la costa de Canelones. Fuente: Spoturno et al. (2004)

La costa del Departamento de Canelones integra la denominada Provincia Geomorfológica Costera del Centro (PGCC, Goso en este libro), y es el resultado final de una serie de procesos geológicos que vienen ocurriendo en el Cuaternario, principalmente a partir del Pleistoceno. En ella los riesgos geológicos más acuciantes son la erosión costera, la sedimentación dunar, la elevación de niveles freáticos en playas (anegamiento) y su estado de contaminación bacteriológica, particularmente en Ciudad de la Costa, por falta de saneamiento. En la Figura 3 se ubican los sitios con estas problemáticas y en este capítulo se abordarán los dos primeros.

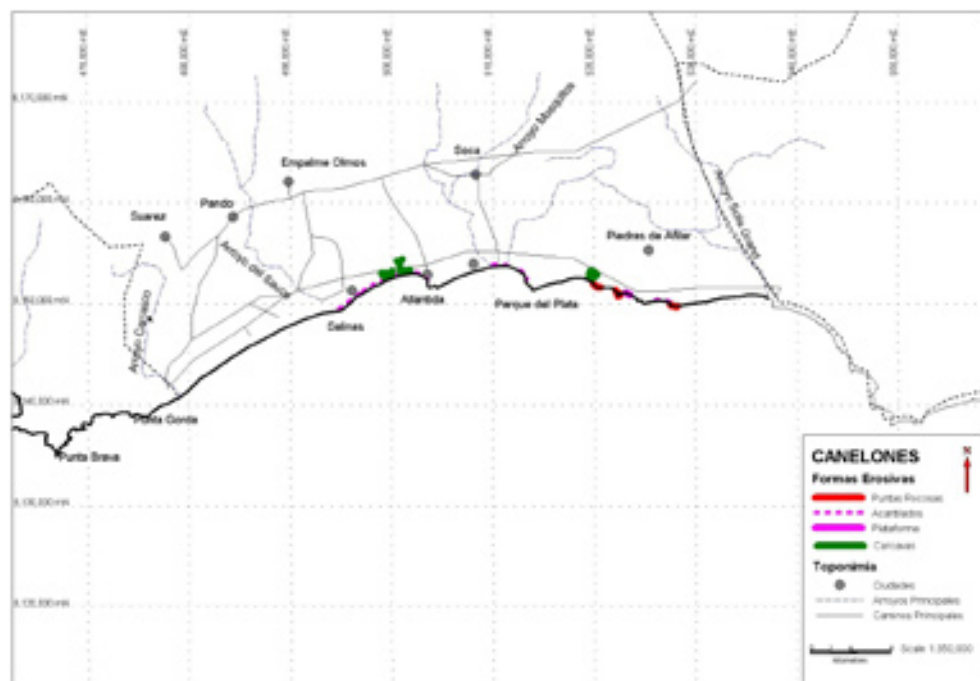


Figura 3: Mapa de riesgos geológicos (erosión y sedimentación dunar) de la costa de Canelones (tomado de Goso y Mesa 2009).

EROSIÓN COSTERA EN CANELONES

Seguramente, los puntos más problemáticos de erosión costera por sus consecuencias negativas que tiene Canelones sean en Villa Argentina y en Las Vegas. Igualmente existen otras localidades con esta situación donde se presentan acantilados y plataformas como geoformas típicas de ese proceso como en: San Luis, Villa Biarritz-Cuchilla Alta, Sierra del Mar, Santa Ana y Paraíso Suizo (Figura 1). Pero en esos sitios la situación no es tan acuciante en relación a la pérdida de bienes como en Villa Argentina y en Las Vegas.

• Villa Argentina

Villa Argentina (Figura 4), localizada a 44 km de Montevideo inmediatamente

al Oeste de la ciudad de Atlántida expone una costa acantilada. Allí, existe desde 1943 una construcción que actualmente es manejada por la Intendencia y visitada por centenas de turistas en el año, que se conoce como “El Águila”¹. Esta construcción realizada por el constructor Juan Torres para un napolitano de nombre Natalio Michelizzi, consistía en una habitación de cuatro por cuatro (con una pieza menor que funcionaba como dormitorio, una cocina y un baño) y en su techo se construyó la cabeza de un águila. En una segunda etapa fue construida la proa de un barco apuntando hacia el Río de la Plata. En planos originales del agrimensor que pudimos consultar, el límite de esta construcción se encontraba a 40 m del borde del acantilado. A inicios de la década de 1970 y por el riesgo de derrumbe de los acantilados y de esta obra, se construyó una batería de espigones de unos 40 m de longitud, que pudieron haber reducido parcialmente los efectos de la erosión. De todas formas, se ha estimado que la velocidad de retroceso del borde del acantilado ha sido de unos 0,60 m/año (Goso y Goso 2004). Allí, se han combinado la acción de las olas en momentos de tormenta, el flujo de las aguas subterráneas y principalmente el drenaje de pluviales que desagotan aguas alrededor del águila.

A comienzos del 2000 la situación llegó al punto de riesgo de derrumbe del “Águila” (Figura 5). A partir de 2004, a solicitud de algunos vecinos y del centro de comerciantes de Atlántida, la Intendencia con el aporte financiero del Ministerio de Turismo (unos U\$S 20.000), reconociendo el valor patrimonial y emblemático de esa construcción y su situación notoria de riesgo, ejecutó una obra de contención del acantilado. Para ello, se colocaron gaviones de acero galvanizado los que fueron rellenos de granito y posteriormente tapados con arena, vegetando los taludes.

Al Este de ese monumento, en cuatro perfiles de playa que se vienen realizando periódicamente desde Diciembre de 2006, los análisis granulométricos muestran desde la rompiente a pie de acantilado una variación de arenas desde medias, unimodales y moderadamente bien seleccionadas a finas, unimodales y muy bien seleccionadas. Cabe consignar que aquí las arenas son líticas, debido a la abundante presencia de minerales pesados (ilmenita, magnetita, monacita, rutilo, entre otros, Goso y Goso 2004). Los retrocesos se producen a ritmos variables entre 55 y 210 cm/año (Goso et al. 2010). Por su parte, Gutiérrez y Panario (2006) también indican para esa zona un retroceso mayor a 11 m entre 1985 y 2003 (en promedio más de 60 cm/año) coincidiendo con lo estimado por Goso y Goso (2004). Si se considera una altura promedio de 10 m y una extensión afectada mínima de 2000 m, se tiene que el aporte de sedimentos fundamentalmente arenosos es como mínimo de unos 12.000 m³/año al sistema costero. Esos sedimentos en función de la corriente de deriva que es hacia el Oeste, se han acumulado progresivamente en las playas de Salinas y Neptunia, y posiblemente sean las arenas que componen el campo de

¹N. del A.: Natalio Michelizzi fue un empresario que realizó varias obras en Atlántida como el edificio El Planeta, el Casino, el cine, una pista de patinaje y una cancha de golf. La idea original del italiano era construir en Villa Argentina un santuario para una virgen que pensaba traer desde Buenos Aires, ciudad donde residía. Al ver la construcción de Juan Torres decide que éste le construya un águila en el techo. Para eso Torres hace una armazón de madera que rellena con rocas y posteriormente -a pedido de Michelizzi- le construye una proa de barco, dándole al sitio un destino para el descanso, la lectura, la escritura y de reunión con sus amigos. El dueño bautizó a ese sitio como “La Quimera”. Cuando fallece Michelizzi en 1957 el sitio queda abandonado por unos 20 años.

dunas de más de 15 km², el que ahora está fijo y arrasado por la urbanización.

En relación a la efectividad de la obra de contención en “El Águila” referida anteriormente, en principio se puede decir que esta solución ha sido satisfactoria en el punto. No obstante, continúan observándose efectos de erosión en los acantilados que se siguen produciendo a ambos lados del monumento.

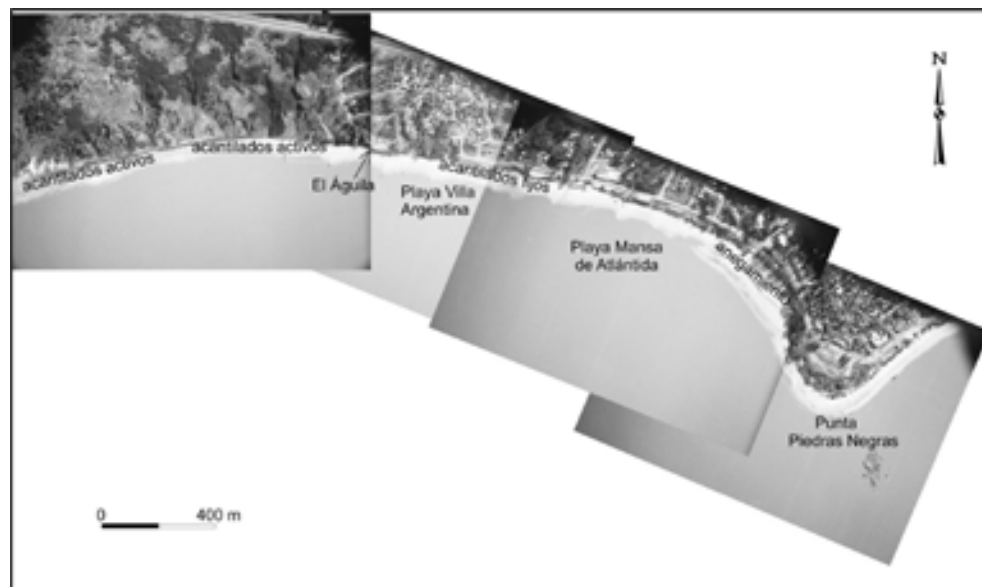


Figura 4: Mosaico de fotografías aéreas obtenidas por DINAMA en 2004 en la zona de Villa Argentina y Playa Mansa de Atlántida.



Figura 5: Vista del “Aguila” y de la obra de contención de talud con gaviones. Foto: 2005.

• Las Vegas

Las Vegas se localiza a 52 km de Montevideo, al Oeste de La Floresta y linda al Este con el A° Solís Chico. Allí, se exponen acantilados de unos 7 metros de altura (máximo) que muestran las relaciones verticales y laterales, de las formaciones Libertad, Chuy, Villa Soriano y arenas subactuales (Figura 6). Los rasgos sedimentológicos de esas unidades fueron presentados por Goso (2006).

A inicios de la década de los setenta en La Floresta -segundo balneario más importante de Canelones luego de Atlántida- corría peligro estructural la rambla frente al Hotel Casino. Ello motivó la construcción de un muro de contención y una batería de cinco espigones (Figura 7). Posteriormente, fueron agregados tres espigones más al Oeste en Las Vegas (Figura 8).

Desde hace algunos años, en Las Vegas existe una muy seria problemática que está afectando a los propietarios de fincas, por el ingreso a sus predios del borde del acantilado (“Casa de los Curas Jesuitas”). Desde hace al menos 6 años que el sector más al poniente de esa playa, tanto su escalera de acceso, el cordón cuneta y rambla pavimentada (en ese orden) allí existentes habían sido progresivamente destruidos. Son numerosos los intentos de vecinos y del municipio a lo largo del tiempo para contener a este proceso. La colocación de escombros de variados tamaños, restos de podas, troncos y raíces de grandes eucaliptus, grandes fragmentos de rocas y las propias lozas del pavimento, son testigos aislados y semienterrados de esos infructuosos esfuerzos ante la incontenible acción erosiva (Figuras 9, 10 y 11). Nos consta las dificultades que tienen los propietarios de las viviendas para vender esas propiedades y cómo ellas han perdido valor. Asimismo, fue presentado a fines de 2006 un recurso de amparo interpuesto por algunos vecinos de Las Vegas afectados, para que el Estado diera una solución al problema allí planteado. A esto, el municipio respondió con la ejecución de una obra de readecuación del drenaje de las pluviales que se construyó en 2009.

En donde se localizan los dos últimos espigones deriva abajo, se ha podido estimar entre 1995 y 2006 un retroceso de unos 12 m, resultando en una velocidad promedio de 1,1 m/año (Goso *et al.* 2007). A ese ritmo, si se considera un largo de 350 m y una altura promedio de 4.0 m, el volumen de sedimentos principalmente arenosos perdido resulta en algo más de 15.000 m³. En perfiles de playa que se vienen realizando desde 2006 se han observado retrocesos entre 1.40 y 2.60 en un año para dicha playa (Goso *et al.* 2008). Análisis granulométricos en muestras de esa playa en distintos períodos no muestran significativas variaciones. Desde la rompiente al pie de acantilado, varían desde medias a finas, bi a unimodales y desde pobre a moderadamente bien seleccionadas. Fue observado durante los trabajos de campo en abril de 2010 un pequeño deslizamiento que involucró aproximadamente unos 3 m³ de sedimentos.

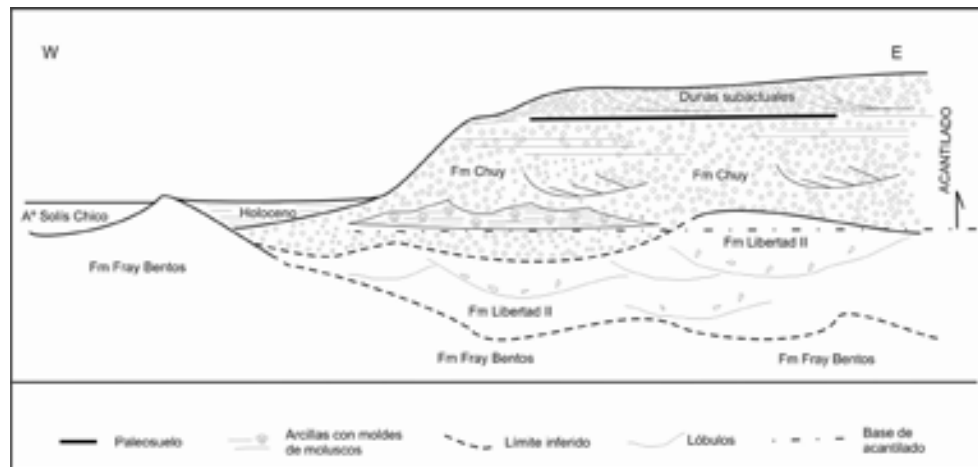


Figura 6: Corte geológico esquemático (sin escala) en Las Vegas. Se indica el nivel aflorante en el acantilado.



Figura 7: Proyecto original de construcción de cinco espigones en La Floresta (MTOF 1979).



Figura 8: Vista Google de Setiembre de 2006 de los últimos tres espigones en Las Vegas y la afectación en rambla y "Casa de los Curas". Se indica la localización de las escaleras de acceso ya no funcionales. Obsérvese el retiro en más de 10 metros del borde del acantilado a espigones.



Figura 9: Vista del espigón Oeste descalzado en Las Vegas. Obsérvese los intentos de contención mediante el empleo de raíces, enrocado. Escalera de acceso semitapada y punta de arcillas negras compactas al fondo. Foto: Diciembre de 2006.



Figura 10: Vista hacia el Oeste (último espigón) en Las Vegas. Nótase como destrucción de rambla e ingreso del borde de acantilado en predio particular. Se observa paleosuelo cubierto por arenas eólicas subactuales. Fotos: Abril de 2010.



Figura 11: Falla a unos 50 cm del borde de acantilado en abril de 2008, horas más tarde de un temporal.

En Las Vegas, si bien además de las obras de reconducción de las pluviales ya efectuadas, se suma la necesidad de combinación con otras obras alternativas (estabilidad de taludes mediante gaviones u otros sistemas, reacondicionamiento de espigones y/o construcción de nuevos, etc.). Parece factible pensar que la efectividad de las onerosas obras que se deben realizar no sean eficaces por mucho tiempo. Se requiere de un estudio de detalle de los aspectos dinámicos y un análisis de las mejores soluciones considerando todas las variables, es posible que en el análisis costo-beneficio resulte como mejor alternativa la inacción. En la Figura 12 se ilustra la acción erosiva del oleaje sobre la base del acantilado fangoso durante una sudestada.



Figura 12: Oleaje en momento de sudestada impactando en la base del acantilado en Las Vegas. Foto: Enero de 2010.

SEDIMENTACIÓN DUNAR EN CANELONES

Son varias las localidades en la costa de Canelones que tienen problemas con la movilidad de dunas sobre áreas urbanizadas. Entre ellas los casos que han merecido más atención por parte de autoridades municipales y organizaciones civiles son: Parque del Plata, El Pinar, La Floresta y Neptunia. En este capítulo se detallan principalmente las acciones realizadas en Parque del Plata.

• Parque del Plata

Parque del Plata se localiza a unos 50 km de Montevideo y es uno de los balnearios de Canelones más visitado por los turistas en el verano (Figura 1). Esa zona además tiene el atractivo de la costa del el A° Solís Chico, aumentando la oferta de actividades deportivas y de recreación (pesca, náutica). En la Figura 13, se muestra el sitio donde tradicionalmente la movilidad de dunas provoca los mayores problemas en la circulación vehicular en dicho balneario. Cabe consignar que eso viene ocurriendo de hace varias décadas, tal cual fuera documentado por Jones (1956) y como se ilustra en la Figura 14.

La playa allí se caracteriza por presentar las crestas (bermas) bien marcadas con un ancho desde la rompiente hasta la base de las dunas de unos 60 m. El ancho de las dunas hasta la rambla es de unos 70 m estando en parte vegetadas (acacias), pero mayormente muestran evidencias de erosión eólica y por deflación aparecen las formas circulares (*blow out*) típicas. Cabe consignar la homogeneidad en el tamaño granulométrico de las arenas de la playa distal y las dunas a lo largo del tiempo. En todos los muestreos efectuados, los ensayos granulométricos de dos perfiles mostraron siempre la presencia de arenas medias, cuarzosas, unimodales y moderadamente bien seleccionadas.

En ocasiones el movimiento dunar ultrapasa totalmente la rambla (7 metros de ancho), lo que imposibilita la circulación vehicular. Incluso los depósitos eólicos ingresan a las viviendas dificultando su acceso. Esto ha motivado durante años -en distintas épocas- la removilización de arena por parte de la Intendencia. La arena retirada se la trasladaba en camiones a la planicie aleada al A° Solís Chico.

Algunas soluciones aisladas que se implementaron años atrás para contener este avance dunar refieren a: la construcción de cercas en madera (tablestacas); la vegetación con plantas psamófilas; y la construcción de pasarelas de madera elevadas.

En 2009, con motivo de un acuerdo entre la Intendencia de Canelones con el Programa ECOPLATA, con el asesoramiento de la Facultad de Ciencias, se planificaron y ejecutaron algunas acciones para contener este movimiento dunar.

Primero se removilizaron unos 15000 m³ de arena con medios mecánicos y se la recolocó en los espacios deflacionados (Figura 15). En segundo lugar se construyeron unos 1200 m de cercas con malla sombra (*sombrite*) dispuestas en forma de zig-zag (de unos 4 m por lado). Las cercas se orientaron un lado en dirección perpendicular a la dirección del viento predominante (ESE), y el otro perpendicular a la dirección de viento con mayo intensidad (WSW), según datos de la Dirección Nacional de Meteorología (base Aeropuerto Carrasco). Estas dos etapas en el trabajo insumieron gran cantidad de recursos humanos y materiales. Hubieron algunos contratiempos operativos en la removilización al no contar con equipo mecanizado

acorde para esa tarea. A eso se le sumó el robo de unos 500 m de malla sombra a los dos días de colocadas las cercas. No obstante estas dificultades, las cercas en pocas semanas mostraron el acierto de su localización y orientación, ya que comenzaron a colmatarse rápidamente (Figura 16). La intención original fue monitorear y dar continuidad en el tiempo con la construcción de cercas ubicándolas por delante del flujo de arena. Las dificultades presupuestales municipales han impedido lograr ese objetivo.



Figura 13: Imagen Google de la desembocadura del A° Solís Chico y detalle de la sedimentación dunar en rambla de Parque del Plata.

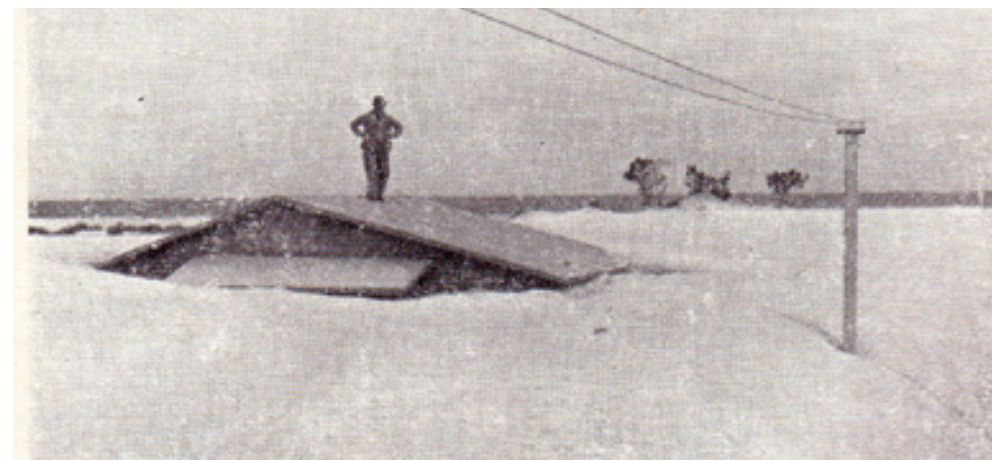


Figura 14: Imagen una vivienda en el invierno de 1953 en Parque del Plata (Jones 1956).



Figura 15: Vista de los trabajos mecanizados de removilización de arena hacia sector de dunas deflacionadas.



Figura 16: Vista de cerca en zig-zag a 2 meses de construída.

- **Otras localidades con problemática dunar**

En Canelones existen otros sitios con situaciones similares a las referidas anteriormente. Tanto en El Pinar y en La Floresta se han debido realizar acciones de limpieza de arena de ramblas y en viviendas lindantes al cordón dunar. En ambos casos la opción de construcción de cercas ha sido la medida más comúnmente ejecutada. Esas cercas tienen una serie de contraindicaciones: el espaciado entre tablas no obedece a un estudio y sí depende del constructor y/o *expertise* del técnico a cargo; luego de tapadas pueden provocar lesiones a transeúntes; son apetecidas por los adolescentes para realizar fogatas en las noches.

En Neptunia por su parte -una playa localizada al Este del A° Pando- si bien no hay afectación a bienes por la movilidad eólica de la arena, vecinos motivados con objetivos preservacionistas y bajo los auspicios de una OnG local resolvieron incrementar el campo de dunas de un sector en la playa. Viendo las consecuencias erosivas de la dinámica del arroyo en su margen izquierda (allí la espiga del A° Pando acreciona hacia el Este) y sin atender el drenaje natural del terreno, construyeron decenas de metros de cercas de madera (tablestacado). Esa actividad de recomposición de playa la desarrollaron con adolescentes de contexto crítico en el marco de un proyecto de educación ambiental y de inclusión social. Si bien los objetivos primeros son muy loables y socialmente atendibles, la creación de nuevas dunas sin contemplar el drenaje de las aguas superficiales en ese sitio provocó -según vecinos- la inundación de las viviendas próximas a la rambla en eventos pluviométricos extremos por represamiento del agua.

Otras acciones en varias playas que la Intendencia ha emprendido desde 2008 es la construcción de accesos en madera con barandas (Figura 17). Si bien la idea de facilitar el ingreso y retorno de los visitantes es de recibo, en futuras obras del estilo será necesario construir estos accesos más elevados, visto que muchas de ellas han quedado totalmente tapadas al poco tiempo de construídas.



17: Detalle de acceso en madera (en parte destruído y tapado) construído sobre médano activo en playa Shangrilá (acceso Avda. Calcagno).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvez, M.C., Goso, C. y Mesa, V., 2010. Mapa de vulnerabilidad a la erosión en la costa atlántica uruguaya. *VI Congreso Uruguayo de Geología*, CD-ROM Actas.

Goso, C., Pratto, D., Faure, J., Scaglia, F., Arballo, V. y Paris, A., 2007. Estudio de dinámica costera en Canelones (Uruguay): primeros resultados. *V Congreso Uruguayo de Geología*, Resumen. CD Actas. Montevideo.

Goso, C. y Goso, H., 2004. Medio ambiente, riesgos geológicos y los registros cenozoicos de Uruguay. *Cuencas Sedimentarias de Uruguay. Geología, paleontología y recursos naturales. Cenozoico*. 297-314. DIRAC-Fac. Ciencias. Montevideo.

Goso, H. y Goso, C. 2004. Los recursos minerales del Cenozoico en Uruguay. *Cuencas Sedimentarias de Uruguay. Geología, paleontología y recursos naturales. Cenozoico*. 229-268. DIRAC-Fac. Ciencias. Montevideo.

Goso, C., Pratto, D., Faure, J., Scaglia, F., Arballo, V. y Paris, A., 2007. Estudio de dinámica costera en Canelones (Uruguay): primeros resultados. *V Congreso Uruguayo de Geología*, Resumen. CD Actas. Montevideo.

Goso, C. y Mesa, V., 2009. *Mapas de riesgos geológicos en la costa uruguaya*. In: Proyecto URU/07/G32 "Implementación de medidas piloto de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay". PNUD-DINAMA (inédito).

Goso, C.; Mesa, V. y Alvez, M., 2010. Mapa de vulnerabilidad a la erosión en la costa platense uruguaya. *VI Congreso Uruguayo de Geología*, CD-ROM Actas.

Gutiérrez, O. y Panario, D. 2006. Evolución de la desembocadura del Arroyo Pando (Canelones, Uruguay): ¿tendencias naturales o efectos antrópicos? In: Mena-fra, Rodríguez-Gallero, Scarabino & Conde (eds.), Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. 391-400. Vida Silvestre. Montevideo.

MTOP 1979. Conservación y mejora de playas. PNUD/URU 73-007, 593 pp. UNESCO. Montevideo

Spoturno, J., Oyhançabal, P., Goso, C., Aubet, N., Cazaux, S., Huelmo, S., Morales, E. y Loureiro, J., 2004. *Mapa geológico del Departamento de Canelones a escala 1:100.000*. Memoria descriptiva + mapa, CD. CONICYT – Fac. Ciencias – DINAMIGE.

UN CAMBIO EN EL MODELO DE GESTIÓN DE LA ZONA COSTERA URUGUAYA: EL PROGRAMA ECOPLATA

Mónica Gómez Erache

LA ZONA COSTERA

EL desarrollo de las diversas áreas costeras ha sido afectado por complejos modelos de actividad humana y por altos niveles de competencia entre varios sectores económicos. Retrospectivamente, es evidente que los enfoques sectoriales hacia el desarrollo y la planificación territorial no han implementado actuaciones que garanticen un uso sostenible de esta zona.

En Uruguay, la conservación y el desarrollo socioeconómico y cultural de su costa depende del sustento de un balance adecuado entre el uso de la misma y de los modelos de gobernanza que se apliquen en su territorio. Se estima que en una faja de un ancho promedio de 8 km y 5.665 km² reside el 53% de la población total del país (Fig. 1).

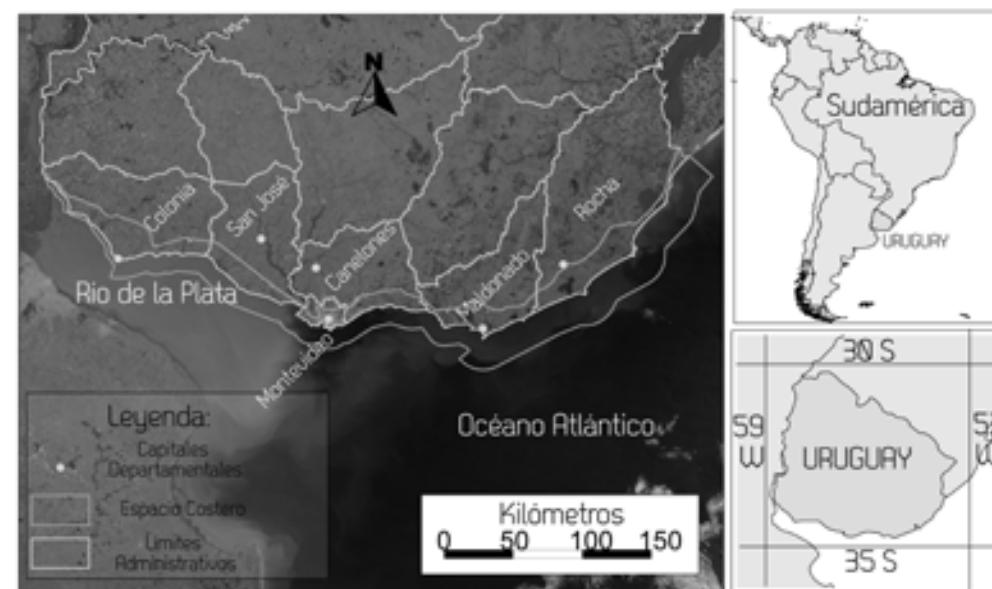


Figura 1. Límites administrativos de los departamentos costeros y espacio costero definido por el programa EcoPlata.

Estudios realizados en el marco del programa EcoPlata (Vincent et al. 2007; Méndez y Piaggio, 2007; Gómez y Martino 2008) indican que los departamentos costeros participan promedialmente en un 78% del valor bruto agregado, respondiendo principalmente a actividades de los sectores secundario y terciario (Figura 2).

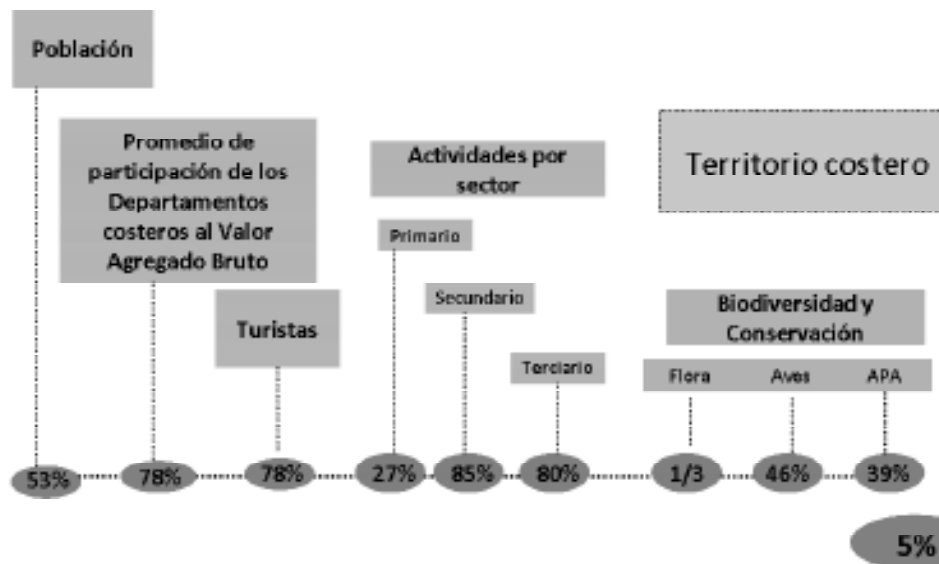


Figura 2. Indicadores socioeconómicos y ambientales del territorio costero uruguayo.

La zona costera uruguayana consolidó a lo largo de su historia un protagonismo sustancial en el desarrollo nacional. Actualmente alberga cerca del 71% de los hogares particulares y algo más del 72% de las viviendas del Uruguay (Fernández y Renischenko 2005). La distribución espacial de la población costera es bien heterogénea, en cada departamento al menos una ciudad concentra un porcentaje elevado de la población total del área costera (Colonia del Sacramento 71%, Ciudad del Plata 63%, Ciudad de la Costa 71%, Maldonado 42% y Rocha 49%) (Robayna 2009). De todos los departamentos, Canelones es el que tiene el mayor grado de ocupación urbana costera (1.779 hab km⁻¹, 1.113 viv km⁻¹; Robayna 2009) muy superior al promedio de toda la costa y al del resto de los departamentos. El departamento de Maldonado, segundo más alto, tiene casi el doble de población residente permanente, ocurriendo algo similar en Rocha donde la cantidad de viviendas supera a la población residente.

Según datos del Ministerio de Turismo, cuatro de cada cinco turistas provenientes del extranjero se dirigen hacia zonas turísticas próximas a la costa (Robayna 2009). La principal zona turística del país es la denominada *playa del este*, la misma incluye la ciudad de Montevideo, las playas de Ciudad de la Costa, Costa de Oro, Maldonado y Rocha. En relación con lo mencionado, además de destacarse como la zona que cuenta con la mayor oferta turística, es la que recibe la mayor cantidad de divisas, la que genera más puestos de trabajo y en consecuencia, la que está sometida a mayor presión (Robayna 2009). De esta forma, los procesos naturales costeros confluyen con una diversidad de actividades y usos que compiten por el espacio y los recursos, con la consiguiente generación de conflictos y degradación costera.

Es de destacar entonces que en una estrecha faja del territorio coexisten lugares

de destacado valor natural -1/3 de las especies de la flora del país está representada en la zona costera, el 46% de las aves del país utiliza ambientes costeros, un 39% del territorio marítimo con categoría de protección en relación a los recursos pesqueros- con paisajes creados por el hombre con cierto grado de fragilidad y equilibrio dinámico (Fig. 2).

EL MARCO POLÍTICO-INSTITUCIONAL

Los primeros reconocimientos de la necesidad de un modelo de gestión ambiental para evitar los problemas que ocurren en la zona costera se plasmaron en la convención de Estocolmo sobre el hombre y el medio ambiente (1972), pero fue durante la conferencia realizada en Río de Janeiro (1992) que el tema fue explícitamente incorporado en el documento Agenda 21 (Capítulo XVII) y en los convenios de Cambio Climático (UNFCCC, 1992) y de Diversidad Biológica (1992). En éste último junto con el Mandato de Yakarta (CBD 1995) se alcanzó el consenso global sobre la importancia de la biodiversidad marina y costera y la adopción e implementación de un modelo de gestión, denominado Gestión Integrada de la Zona Costera (GIZC). Uruguay ha ratificado todos estos acuerdos internacionales y además adhiere a tratados regionales como ser el de la Cuenca del Plata (1969), el del Río de la Plata y su Frente Marítimo (1974) y el acuerdo marco sobre el medioambiente del MERCOSUR (2001) los que tienen por objeto el desarrollo sustentable y la protección del medioambiente.

A nivel nacional la reciente Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (LOTDS; Ley 13.308, 2008) establece el marco general para el ordenamiento del territorio y el desarrollo sostenible definiendo las competencias e instrumentos de planificación, participación y actuación en la materia. En particular, dentro de los instrumentos en el ámbito Nacional se establece la elaboración de Directrices del Espacio Costero cuyos principios versan sobre el respeto y la promoción de la diversidad y singularidad del espacio costero y el fomento de la cooperación de iniciativas públicas y privadas en el impulso de actuaciones dentro de un marco de manejo costero integrado.

En este nuevo contexto regulatorio, la zona costera y sus recursos necesitan un cambio en el modelo tradicional de gestión. En ese sentido, el Programa EcoPlata fue generando desde el año 1997 compromiso político y social frente a los responsables nacionales y locales a través de un proceso de concertación y legitimación que se ha estado desarrollando en el país. EcoPlata ofició de marco teórico para la construcción de una estrategia nacional de GIZC, siendo reconocida a nivel nacional la implementación de dicha concepción.

LA INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA GIZC EN URUGUAY

Siguiendo la clasificación de Chircop (2006), que agrupa a los distintos países del mundo según el grado de avance en el proceso legislativo costero, es posible incluir a Uruguay en el grupo de países que tienen Estatutos del Agua, en virtud de

la aprobación del Código de Aguas (1978). A su vez, nuestro país tiene Legislación Ambiental, siendo la más relevante la Ley N° 17.283 General de Protección del Ambiente (2000) que establece el Marco Regulador de la Política Ambiental, sin perjuicio de la existencia de otra normativa ambiental, nacional y departamental. Por otra parte, Uruguay se insertaría en el grupo de países que tienen Legislación de Planificación. Esto en mérito a las Leyes N° 10.723 y 10.866 de Centros Poblados (1946) y a la LOTDS y su Decreto Reglamentario N° 221/2009, que regula la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE, 2009), además de la normativa departamental existente en lo que a planificación territorial y urbanística respecta (Rocha Decreto Departamental N° 12/2003).

No obstante, Uruguay no estaría incluido en el grupo de países que tienen Estatutos específicos de Manejo Costero y Oceánico Integrado, si bien actualmente se está elaborando la Directriz Nacional del Espacio Costero y han existido con anterioridad otras iniciativas legislativas (Proyecto de Decreto: Política Nacional del Espacio Costero). Asimismo, no es posible incluirlo en el grupo de países que tienen un Estatuto de Protección Costera por cuanto si bien existe en nuestro país normativa de protección costera la misma está dispersa, no está codificada y es notoriamente fragmentaria.

Por su parte, Barragán (2001) agrupa los distintos países latinoamericanos según su nivel nacional de desarrollo en la gestión costera. Uruguay clasifica entre los países que si bien no existen estructuras organizativas y administrativas complejas, se dan las condiciones imprescindibles para avanzar hacia un grado más estructurado en el proceso de gestión.

No existe entonces un marco legal específico con relación a las zonas costeras uruguayas, aunque sí existen normas e instituciones que tienen que ver con su manejo. En la actualidad, la gestión se determina por normas sectoriales específicas en materia de pesca, turismo, puertos, transporte marítimo, áreas protegidas, ordenamiento territorial, evaluación de impacto ambiental, las cuales, aunque brindan un marco legal no tienen una visión integradora para la solución de conflictos.

La adopción formal del esquema de gestión es el fin de un proceso de legitimación iniciado desde la fase de identificación preliminar del manejo integrado de la zona costera. EcoPlata inicia el proceso en el año 1991 a través de la firma de un Memorando de Entendimiento entre el Gobierno de Uruguay y el Gobierno de Canadá, con el fin de integrar equipos de investigadores e instituciones con competencia en el área de Ciencias del Mar de ambos países. En sus inicios, el principal objetivo fue contribuir al fortalecimiento de los recursos humanos, tanto académicos como del sector pesquero, para prevenir la degradación de los recursos marinos del Río de la Plata. A partir del año 1997 se explicitan los recaudos necesarios a nivel sectorial y territorial para la mejora de la gestión de la zona costera a través de la firma de un Convenio Interinstitucional entre el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, el Ministerio de Defensa y la Universidad de la República. Se establecen las bases para el apoyo a la investigación, la planificación y formulación de políticas, promoviendo

la sensibilización pública y desarrollando mecanismos de financiación perdurables. Gracias a este proceso de concertación y de legitimación, EcoPlata fue generando compromiso social frente a los responsables locales de uno o varios territorios, que sin lugar a dudas ofició de marco teórico para la construcción de una estrategia nacional de gestión integrada de la zona costera, siendo reconocida la implementación de dicha concepción a nivel nacional (EcoPlata 2007).

Aunque la preocupación por la protección del medio costero es de larga data se ha incrementado la generación de leyes y normas en los últimos años. Esta superposición de competencias y de jurisdicción conlleva a una ausencia de articulación interinstitucional y de dificultades para la coordinación que genera en ocasiones conflictos a la hora de planificar y ejecutar acciones concretas en pro de la solución de los problemas costeros. Es por esto que por medio del Decreto s/n de fecha 23 de mayo de 2001 se creó la Comisión Coordinadora de Apoyo a la Gestión Integrada Costera, compartida por los actores Nacionales y Departamentales con competencia en los asuntos costeros. La secretaria de la misma la ejerce la Unidad de Gestión del Programa EcoPlata y los objetivos de esta comisión son; el facilitar la ejecución de tareas u obras propuestas por los grupos de trabajo del Programa EcoPlata, promover la coordinación de las actividades que sobre temas costeros realizan las mencionadas instituciones con el objeto de la conservación y el desarrollo sostenible de los recursos costeros y crear un ámbito de seguimiento no resolutorio a los problemas costeros en el área de referencia.

El Programa EcoPlata constituye entonces una iniciativa a largo plazo (1991-actual) tendiente a fortalecer a las instituciones, a la comunidad científica, a los gestores y al público en general, en los aspectos vinculados con la GIZC uruguaya. Los lineamientos estratégicos del mismo se elaboran con la participación de varias instituciones pertenecientes al gobierno Nacional (Ministerios), a los gobiernos locales (Intendencias y Municipios) y a la Academia (Universidades y Agencia Nacional de Investigación e Innovación)¹. Todas estas instituciones conforman la Junta Directiva del Programa. Además, participan de la misma cooperantes internacionales que han apoyado a EcoPlata desde sus inicios como ser, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) de Canadá, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Organización de Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO).

En resumen, en sus etapas iniciales EcoPlata ha contribuido significativamente en la compilación de datos existentes y en la generación de información necesaria

¹Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, representado por las Direcciones Nacionales de Ordenamiento Territorial, Medio Ambiente y Saneamiento y Aguas; el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, representado por la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos; el Ministerio de Defensa Nacional, representado por el Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada y la Prefectura Nacional Naval; el Ministerio de Turismo y Deporte; el Ministerio de Educación y Cultura, representado por la Dirección de Ciencia y Tecnología; las Intendencias de los departamentos costeros (Colonia, San José, Montevideo, Canelones, Maldonado, Rocha) y la Universidad de la República, representada por Facultad de Ciencias, Ciencias Sociales, Ingeniería y Arquitectura.

para caracterizar los problemas costeros (Fig. 3; Fase 0) y en reforzar la capacidad de investigación de las instituciones nacionales (Fig. 3; Fase 1). De gran relevancia es además que se reconoce a EcoPlata como un ámbito de discusión y de articulación de acciones (Fig. 3; Fase 2) entre los gestores con mandato legal en la zona costera y la comunidad local (Gomez *et al* 2010).

En el presente (Fig. 3; Fase 3), EcoPlata se ha enfocado en generar las bases conceptuales junto con los espacios de diálogo y discusión del proceso de institucionalización. Es así que el Programa ha acompasado los procesos de desarrollo de políticas tanto a nivel nacional -LOTDS, Directrices Nacionales del Espacio Costero- como municipal -Ordenanzas Municipales referidas a la protección de la zona costera; Planes locales de desarrollo- generando compromiso social frente a los gestores y oficiando de marco teórico para la construcción de una estrategia nacional de GIZC.

Actualmente, EcoPlata acordó institucionalizar y fortalecer el proceso de GIZC a fin de consolidar una protección eficaz de las áreas sensibles, y asegurar la sustentabilidad en los distintos usos sociales y productivos de la costa.

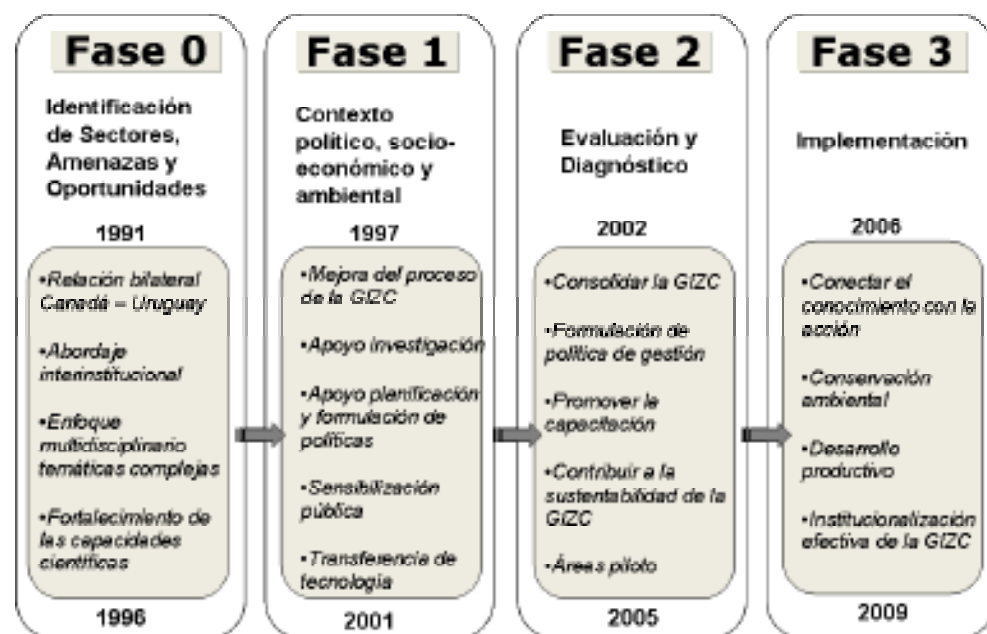


Figura 3. Fases evolutivas del Programa EcoPlata. Tomado de Gomez ET AL. 2010

En el marco normativo del país planteado anteriormente, se establecen entonces, diferentes lineamientos estratégicos referidos a la sustentabilidad del ambiente y tendientes a garantizar la evolución de la costa de acuerdo con los conceptos de desarrollo sostenible del territorio y de funcionalidad de los ecosistemas, propendiendo a una optimización de uso de los valores costeros establecidos en los instrumentos de ordenación específicos. En el correr del año 2010 el Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente definió consolidar la GIZC creando una Unidad de Gestión Costero y Marina. La misma apoyará a los gobiernos departamentales en el diseño e implementación de planes de gestión costera, desarrollo de coordinaciones y acuerdos para el control de actividades, profundización en el conocimiento de la dinámica costera, fortalecimiento de la Sociedad Civil y el desarrollo de concientización en protección de los ecosistemas costero-marinos. Implementará también, modelos de gestión integrada de costas, promoviendo la participación de actores para mejorar el seguimiento de actividades desarrolladas en este ecosistema. Esta Unidad contará con asignación de fondos del presupuesto Nacional, esto implica que por primera vez en el país se le da relevancia a la GIZC reconociendo que la misma facilita una gestión de uso múltiple y mantiene la integridad funcional de los sistemas y el constante flujo de recursos.

En la actualidad, EcoPlata está orientando un proceso de consulta interinstitucional con participación pública para la elaboración de un documento estratégico fundado en la nueva legislación y en la nueva institucionalización del tema costero. El resultado final de la GIZC es el desarrollo costero sostenible tanto de la calidad de vida de las comunidades como el bienestar de los ecosistemas costeros.

BASES ESTRATÉGICAS

Una Estrategia para la GIZC es una agenda dinámica a corto, mediano y largo plazo, que incluye los principales problemas existentes, define los grandes dominios estratégicos identificando prioridades, enumera las acciones a ejecutar, prevé el acompañamiento y el control de la implementación y asegura un abordaje del ecosistema articulando e integrando las dimensiones ambiental, social y económica.

La actuación de EcoPlata se enmarca en un conjunto de principios fundamentales dirigidos a asegurar la formulación, concertación y adopción de políticas orientadas al ordenamiento ambiental del territorio costero y del recurso acuático adyacente (EcoPlata 2007). Los mismos pueden resumirse en:

- El desarrollo del país depende en parte de un incremento en la utilización y gestión de los ecosistemas y recursos costeros.
- El área costera nacional constituye un sistema único de recursos que requiere enfoques especiales de gestión y planificación.
- De la conservación de los procesos naturales que sustentan la capacidad de proveer bienes y servicios de los ecosistemas de la zona costera, depende la rentabilidad en el mediano y largo plazo de las actividades productivas sectoriales como turismo, pesca, comercio, navegación y puertos, agricultura, así como los diversos usos tradicionales de las comunidades locales.
- La coparticipación multisectorial y de los actores sociales interesados en la

definición de los problemas costeros, aporta al establecimiento de los objetivos de gestión y los medios para alcanzarlos, siendo un requisito indispensable para propiciar un equitativo, transparente y dinámico proceso de gobierno.

- La mejor información que genera el conocimiento interdisciplinario debe estar siempre accesible.

Desde las condiciones de las zonas marinas y costeras del país, se destacaron las carencias de información, una creciente presión sobre los recursos y el territorio costero, la necesidad de conocer mejor y optimizar el uso de los recursos públicos y privados; condiciones todas estas que deben tenerse en cuenta para mejorar la gobernabilidad de los mismos y del espacio costero.

EcoPlata estableció los lineamientos de política ambiental a ser aplicados durante su gestión y conformó la estructura de criterios y orientaciones generales propuestos para cada área temática seleccionada (EcoPlata 2005, 2006) (Gobernanza, Vulnerabilidad de la Zona Costera, Desarrollo Productivo Sustentable, Infraestructuras Costeras, Sistema de Información Ambiental Costero). Mediante la implementación de líneas de acción concertadas en la Junta Directiva para cada área temática (EcoPlata 2007), se buscó alinear las políticas públicas sectoriales en torno a las siguientes estrategias descritas a continuación:

- Una base normativa adecuada que permita a los diferentes actores del gobierno actuar bajo un esquema concurrente en el ámbito costero.
- La consideración de la zona costera dentro de los procesos de planificación territorial, apoyados en instrumentos de política ambiental.
- La conservación y mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas costeros, su restauración y la prevención de futuras pérdidas de hábitat.
- La promoción del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales acuáticos y terrestres con base en el conocimiento científico.
- La generación de las condiciones para una adecuada administración y vigilancia efectiva en la zona costera, con base en el fortalecimiento de las capacidades institucionales con transparencia y participación social.
- El desarrollo de un sistema de información que oriente y articule la investigación científica y tecnológica, la toma de decisiones, la gestión ambiental, la planificación territorial y la implementación de sistemas productivos sustentables, así como para la evaluación y monitoreo ambiental.

Las mismas fueron abordadas involucrando a representantes de diferentes sectores de la población costera a través de talleres de información y de participación, de modo que formen parte del proceso de identificación de problemas y de la formulación de soluciones. Este proceso iniciado en fases anteriores del Programa (Fase 1 y 2) se vio fortalecida al ponerse en práctica la Ley de Descentralización Política y Participación Ciudadana (2009) en lo referente al fomento de procesos de descentralización del sistema de toma de decisiones otorgando mayor poder de decisión a los actores directamente involucrados con las problemáticas, en este caso, de las comunidades costeras.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO

El desafío principal que enfrentan las iniciativas que procuran aplicar el conocimiento científico y la tecnología en la GIZC, es conectar el conocimiento con la acción. En esta nueva etapa de ejecución del Programa (Fase 3) se promovió no sólo la generación de conocimiento permitiendo tomar acciones específicas para una mejor gestión del espacio costero, sino además, un cambio cultural que significó un cambio de comportamiento. El mismo se implementó tanto a nivel de las autoridades como de los grupos de actores sociales involucrados, estableciendo un proceso interdisciplinario, interinstitucional, con participación pública, sobre la base de información compartida y con un propósito común.

EcoPlata promovió un modelo de gestión participativo y adaptativo basado en la investigación científica y capacitación de las instituciones y los actores locales para hacer uso del conocimiento en el diseño e implementación de políticas y acciones colectivas. El Programa apoyó a los actores gubernamentales, académicos y de la sociedad civil en la generación y el uso de conocimientos como instrumentos del proceso de toma de decisión sobre la gestión costera. El Programa también involucró a socios externos nacionales e internacionales en la búsqueda de soluciones creativas y prácticas. Estas tareas incluyeron llevar a cabo acciones que consoliden el desarrollo social y productivo basado en la sustentabilidad de los recursos naturales y en la protección del ambiente.

EcoPlata durante su trayectoria impulsó la incorporación en las agendas de la investigación la resolución de temas y conflictos costeros, reduciendo de esta forma brechas de información y consolidando las bases científicas para la gestión. En este sentido, se creó una bolsa de becas destinada a la generación de tesis de posgrado estudiantes de la Maestría en Manejo Costero Integrado. Se formalizaron acuerdos institucionales con diferentes áreas del conocimiento académico (ambiental, económico, social, político) en el entendido que la investigación efectiva puede identificar alternativas para el desarrollo económico sostenible de las áreas y recursos costeros y anticipar impactos adversos potenciales. La prioridad de EcoPlata se orientó a la adquisición de información para aportar a la resolución de problemas y asuntos prioritarios construyendo de esta manera una base sólida para la formulación de planes y estrategias de gestión – Sistema de Información Ambiental Costero² -.

Sin embargo, es sabido que las estrategias de desarrollo sustentable son influenciadas por las opiniones y percepciones de la gente más allá de la situación científica real con respecto al estado del medio ambiente y de los temas prioritarios. Un asunto pasa a ser prioritario para un gestor político a partir de que la población lo ve como problemático, más allá de la situación real del mismo. Es por esta razón que las instancias de comunicación y participación con las comunidades locales determinan el éxito de las estrategias de desarrollo sustentable ya que se definen prioridades a partir de la participación ciudadana y por lo tanto generando estrategias que enfrenten estas percepciones.

²<http://www.ecoplata.org/siac/>

Al relevar la información acerca de la valoración sobre la importancia de la zona costera (Vincent *et al.* 2007), en especial a través de una encuesta efectuada específicamente en los departamentos costeros, se pone de manifiesto la enorme importancia que en general se le adjudica a dicha zona en Uruguay. En este sentido, existe una amplia mayoría que la considera como importante o muy importante, cifra que alcanza el 90% de la población. El uso más frecuente de la costa por parte de la población se vincula con el ocio y el turismo, que en total concentran el 38% de las respuestas. A su vez, dentro de éstas se destacan como uso más frecuente los paseos, abarcando un 13% de las preferencias. Otros tipos de usos, vinculados al trabajo y a la pesca alcanzan tan solo un 3% del total.

En este marco, EcoPlata entendió necesario integrar a diferentes actores en la identificación, tratamiento y prevención de los problemas ambientales de la costa. La metodología empleada fue proponer la generación de proyectos gestionados por las Intendencias costeras y con activa intervención de las comunidades locales. Después de desarrollar conocimientos específicos, se consideró adecuado aplicar la GIZC a nivel local, para luego proceder con programas más ambiciosos a nivel nacional. Se asumió entonces una mirada integral del proceso, donde más allá de la intervención concreta³ se buscara el involucramiento de los actores desde el inicio del proyecto, el fortalecimiento de redes, así como generar estrategias de comunicación y educación ambiental locales basadas en lecciones aprendidas a lo largo de la trayectoria de EcoPlata.

En conclusión, el fortalecimiento institucional y la capacitación de actores fueron desarrollados a través de la capacitación no formal y la participación en talleres orientados a esos fines. Concomitantemente, se promovió la investigación y la generación de conocimiento en temáticas de interés para las instituciones con competencia en el espacio costero. De esta forma se logró conectar el conocimiento con la acción en sus diferentes fases y niveles de decisión.

Finalmente, como estrategia inclusiva se implementó el Foro Nacional de Desarrollo Sostenible, que a nivel nacional en el 2010 irá por su tercera edición. En estos foros participan todos los niveles institucionales y sociales sirviendo de plataforma para recabar los intereses y propuestas de los actores que usufructúan y tienen competencia en los temas costeros buscando una construcción colectiva de lineamientos para una futura estrategia país (EcoPlata 2010).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barragán, J.M. 2001. The coasts of Latin America at the end of the Century. *Journal of Coastal Research* 17(4): 885-899.

Chircop, A. 2006. Legislación para el Manejo Costero Integrado y el Manejo Oceánico. Tendencias Globales. En MCISur 2006, Conferencia Regional: Fortalecimiento de Capacidades para el Manejo Costero Integrado. 13 y 14 de Diciembre de 2005,

³<http://www.ecoplata.org/gestion-participativa/iniciativas-piloto/>

Montevideo, Uruguay. Proyecto “Sustentabilidad de la Zona Costera Uruguaya” (AUCC-CIDA), Universidad de la República, Montevideo y Dalhousie University, Halifax, 119 pp.

EcoPlata 2005. Conectando el Conocimiento con la Acción para la Gestión Integrada de la Zona Costera Uruguaya del Río de la Plata. Documento de Proyecto URU/06/016; www.ecoplata.org

EcoPlata 2006. Sinopsis del Proyecto EcoPlata. Publicación periódica, EcoPlata. 24 pp. www.ecoplata.org

EcoPlata 2007. Elaboración de una estrategia para la Gestión Integrada de la Zona Costera en Uruguay. Plan de Acción. Publicación periódica, EcoPlata. 51 pp. www.ecoplata.org

EcoPlata 2010. Estrategia nacional para la gestión integrada de la zona costera 2010 – 2015. Un paso adelante en la gobernanza costera. Publicación periódica, EcoPlata. 31 pp. www.ecoplata.org

Gómez, M. y D. Martino 2008. GEO Uruguay. Zona Costera Cap. 3. pp: 118 – 176. Publicado por el PNUMA, Oficina Regional para América Latina y el Centro Latinoamericano de Ecología Social.

a. Gómez M., Conde D. y Villarmarzo R. 2010. Sostenibilidad de la Gestión Integrada en la Zona Costera del Uruguay. Conectando el Conocimiento con la Acción. Publicación periódica, EcoPlata, 72pp.

Méndez, L. y M. Piaggio, 2007. Desarrollo sustentable en zonas costeras uruguayas desde la dimensión económica. Publicación periódica, EcoPlata. 35 pp. www.ecoplata.org

Robayna, A. 2009. Presión Antrópica en la costa uruguaya: Análisis de indicadores sobre turismo y transporte. Publicación periódica, EcoPlata. 36 pp. www.ecoplata.org

Vincent, P., P. Marianovich; L. Ogues; L. Alesina 2007. Zona costera uruguaya: percepción de los asuntos prioritarios. Publicación periódica, EcoPlata. 38 pp. www.ecoplata.org

Costa de Buenos Aires, Argentina

PROBLEMÁTICA COSTERA DE BUENOS AIRES**Rubén Alvaro López y Silvia Cristina Marcomini****INTRODUCCIÓN**

El estudio del litoral bonaerense ha puesto en evidencia que las modificaciones producidas al medio natural, han provocado importantes desbalances en la tasa erosión-acumulación, que regulan el equilibrio dinámico de la costa.

Las ciudades más importantes y de mayor población de la Argentina, se asientan en las zonas costeras de la provincia de Buenos Aires, como Ciudad Autónoma de Buenos Aires, La Plata, Avellaneda, Quilmes, San Isidro, etc. Pero también se desarrolla la mayor actividad turística del país en el litoral Atlántico bonaerense, donde Mar del Plata y El Partido de La Costa son el primer y segundo destino turístico, elegido para descansar por los argentinos, sumando más de 8.000.000 de visitantes anuales, que junto a Villa Gesell, Pinamar, Miramar, Necochea, Claromecó y Monte Hermoso superan los 10.000.000 de turistas anuales.

Las acciones relacionadas con las actividades portuarias, mineras, inmobiliarias y recreativas, son las causas principales en las alteraciones en la dinámica costera del litoral bonaerense y sus consecuentes impactos ambientales y conflictos de intereses asociados.

DINAMICA COSTERA

Las playas de la provincia de Buenos Aires están expuestas a la acción del oleaje, prevaleciendo los trenes de olas provenientes del este, sur y sur-sureste, lo que origina una corriente de deriva litoral hacia el norte, con excepción del extremo sur donde se reconoce en algunos sectores deriva con sentido norte-sur. Las mareas tienen un régimen micromareal semidiurno con desigualdades diurnas para el sector norte y en el sector sur el régimen de marea es mesomareal.

Las principales fuentes de aporte de sedimentos hacia la costa provienen de la erosión de los acantilados que se desarrollan desde Mar de Cobo hasta el sur de la provincia, y de los campos de dunas interiores. La acción de los ríos prácticamente no tiene influencia en el balance sedimentario de la zona norte, mientras que al sur de Mar del Plata el aporte fluvial es más significativo, aunque en general está asociado a ríos influentes.

ZONIFICACIÓN COSTERA

Para evaluar y caracterizar las distintas problemáticas, se zonificó la costa de la provincia de Buenos Aires, según las geoformas actuales predominantes en el sector costero (Figura 1), es decir aquellas que regulan el equilibrio dinámico en la actualidad. De esta forma se han definido los siguientes tipos de costa:

- Costa deltáica
- Costa estuarial
- Costas de marismas y planicies de marea

- Costas de dunas
- Costas acantiladas
- Costas acantiladas con dunas colgadas
- Costas de islas de barrera, marismas y planicies de marea

Las costas deltáicas y estuarial serán tratadas en el capítulo “Problemática ambiental del estuario del río de La Plata y Delta del Paraná”.



Figura 1: Zonificación de la costa de la provincia de Buenos Aires, según las geoformas actuales, predominantes en el sector costero.

COSTA DE MARISMAS Y PLANICIES DE MAREA

Este tipo de costa abarca la totalidad de la Bahía de Samborombon, entre Punta Piedras y Punta Rasa, tiene como característica particular su configuración en forma de arco de aproximadamente 160 km de extensión, incluye los partidos de Magdalena, Chascomús, Tordillo, General Lavalle y Municipio de La Costa. Cavallotto (2008)

establece que la configuración de la Bahía de Samborombon es la consecuencia de la interacción entre la dinámica del Río de la Plata y del Océano Atlántico, la topografía del sustrato, las variaciones del nivel del mar, la posición en la porción más deprimida de la cuenca del Salado, que sumado a la acción del viento y las mareas condicionan su evolución.

Esta costa donde predominan las geoformas correspondientes a planicies y canales de marea (Figura 2A), es descrita por Bértola *et al.* (1998), como una franja costera que se caracteriza por ser una superficie de relieve muy bajo y anegadiza, a veces subhorizontal y con pocas irregularidades, cuyas cotas oscilan los 2 a 3 m s.n.m. Bértola y Morosi (1997) observaron los efectos de la descarga del Río de la Plata, por los elevados porcentajes de limos y arcillas de sus costas, con pendientes entre 0,0006 y 0,024. Por encima del nivel de las mareas de sicigias se desarrolla el marisma, representado por territorios inundados excepcionalmente, asociado a fenómenos meteorológicos (tormentas) de gran magnitud, que provocan ascensos del nivel del mar que superan las cotas alcanzadas en sicigias (López, 2010).

En el extremo sur de la bahía se reconocen playas angostas con mayor contenido de arena, producto del ingreso de sedimentos transportados por los trenes de ola difractados, desde el sur.

La Bahía de Samborombon es considerado un humedal mixohalino, designado como Sitio Ramsar el 24 de enero de 1997, que abarca un área de 244.000 has. Volpedo *et al.* (2005) describen este humedal mixohalino como el más extenso de la Argentina, constituyendo una zona de interacción entre los ecosistemas acuático y terrestre, donde la mezcla de las aguas del Río de La Plata y el Océano Atlántico, crean condiciones ecológicas particulares que le permite ser el sustento de una gran biodiversidad. Otro aporte de agua dulce en forma natural proviene de la descarga de los ríos Salado y Samborombón. En forma antrópica también ingresa agua dulce por los canales 1, 2, 9 y A1, que cumplen la función de evacuar los excedentes hídricos de gran parte de la provincia de Buenos Aires.

Problemática costera

La actividad humana desarrollada en este sector costero, es muy baja, debido a las características geomorfológicas descritas anteriormente. Sin embargo Las obras de canalización, utilizadas en el área para acelerar el drenaje del excedente hídrico del centro de la provincia, favorecen la formación de áreas anegadas, modificando la salinidad, la hidrología y las condiciones ecológicas del ecosistema (Conzonno *et al.*, 2001). También la construcción arbitraria de canales clandestinos, operados con un manejo inapropiado e individual provoca anegamientos adicionales de los campos en el área de influencia del humedal, reorientando y redistribuyendo el escurrimiento superficial (Volpedo *et al.*, 2005).

También es importante mencionar la función adicional que cumplen los cursos naturales y antrópicos, actuando como vectores de transporte de los residuos, producto de la utilización de agroquímicos en la cuenca del Río Salado, que drena 17.000.000 de hectáreas, de actividad agropecuaria intensiva, vertiéndolos en un sistema de baja energía, propia de la hidrodinámica de la bahía.

El sector sur de la bahía, comprendido entre General Lavalle y Punta Rasa, presenta un equilibrio morfodinámico producto de la interacción entre las corrientes internas de la bahía, los desagües de los canales de marea y con el aporte de la

deriva litoral marina, expresado por estrechas planicies, canales controlados, cordones disectados y escarpas temporarias. Las actividades antrópicas que alteran las condiciones ambientales en este sector son:

- Puerto de General Lavalle: este puerto opera diariamente con barcos de pesca de hasta 1,90 m de calado, posee una infraestructura precaria, está ubicado en el canal de marea denominado Ría de Ajó. De esta actividad se reconocen los fenómenos de resuspensión de los sedimentos de los canales de marea y su impacto sobre la biota. También focos puntuales de contaminación relacionados con la actividad de motores a explosión, pérdidas de lubricantes y los efluentes provocados en la limpieza de las embarcaciones.
- Obras de defensa en la Bahía como construcción de muros verticales y escalonados en Tapera de López y enrocamientos en Bahía Aventura, son obras que causan alteraciones en la estabilidad costera de sus inmediaciones.
- Fluvialización de los canales de marea, provocado por el direccionamiento y encauzamiento de los excedentes pluviales a los canales de marea, para su evacuación de los sectores urbanos. Esta tarea genera impactos sobre la biota, por modificar los tenores de salinidad e introducir sustancias producto del lixiviado de desechos urbanos. Desde el punto de vista físico el aumento de caudal de reflujo rectifica los sectores distales, causa la profundización y ensanchamiento del canal y erosión de las desembocaduras y costas adedañas, generando escarpas y hasta la caída de árboles (Figura 2B y C).

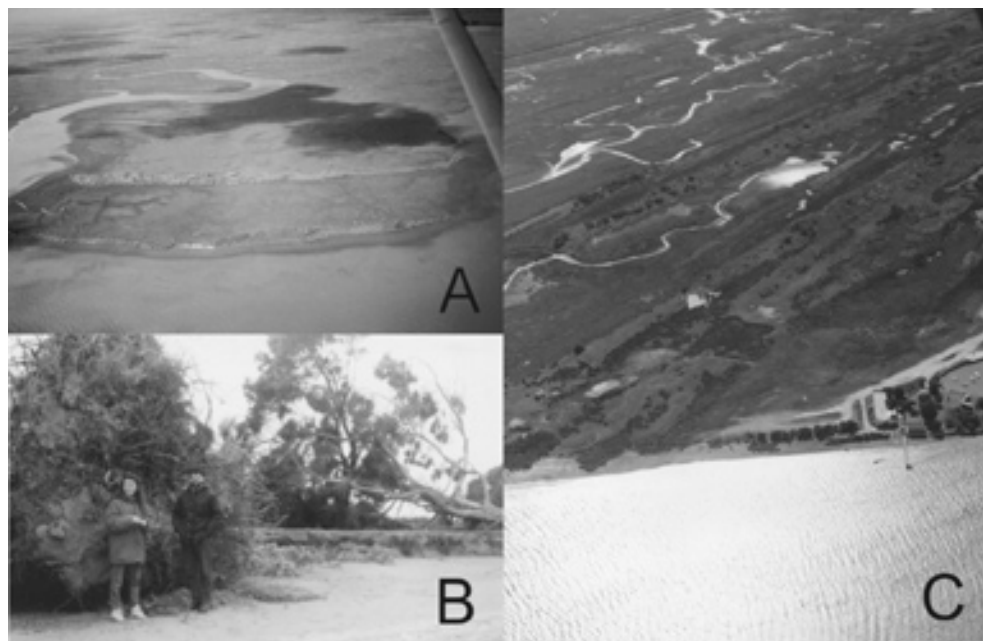


Figura 2. A: Vista aérea de marisma y planicie de marea surcadas por canales de marea en bahía Samborombón. B, procesos erosivos en el sector sur de la Bahía, se reconocen escarpas y caída de árboles. C. Rectificación de los canales de marea y características de las costas del sector sur.

COSTA DE DUNAS

Este tipo de costas se extiende desde Punta Rasa hasta Mar Chiquita, con una extensión de 190 km. Incluye los municipios de La Costa, Pinamar, Villa Gesell y norte de Mar Chiquita. Se caracteriza por presentar un campo de dunas que alcanza su máxima expresión en Punta Médanos, con 5 km de extensión desde el mar hacia el continente, este campo de dunas fue denominado por Isla *et al.* (2001), como barrera medanosa austral. Las dunas presentan distintas morfologías que varían desde crestas transversales reversibles a barjan en los campos de mayor desarrollo y de parabólicas a en voladura en aquellos sectores de menor desarrollo (Marcomini *et al.*, 2002) (Figura 3). Los campos se pueden diferenciar en activos, inactivos y degradados. Las dunas de mayor desarrollo poseen alturas que varían de los 25 a los 30 m (Punta Médanos- Faro Querandí) y de 3 a 8 m (Municipio de La Costa). Esta barrera medanosa regula el equilibrio y la estabilidad de la playa.

En cuanto a la morfología de playa se han podido caracterizar 2 zonas: Punta Rasa-Punta Médanos y Punta Médanos-Mar Chiquita. La primera se caracteriza por playas con anchos variables entre 40 y 100 m., son de baja pendiente ($1^{\circ} 35'$) y gran continuidad lateral. Están integradas por arenas cuya moda corresponden al intervalo arena fina, compuestas principalmente por cuarzo, líticos volcánicos, feldespatos y fragmentos de conchillas. Los subambientes de playa se encuentran bien diferenciados, presentan por lo general una playa distal sin desarrollo de bermas, en la playa frontal suelen encontrarse barras y canales. En la playa sumergida se reconoce el canal litoral interior y una o más barras de rompiente. Esta última presenta cortes producidos por las corrientes de retorno que se distribuyen a lo largo de la costa con intervalos de entre 80 a 160 m. El sector comprendido entre Punta Médanos-Mar Chiquita las playas presentan anchos variables entre 80 y 150 m, con pendientes entre 1° y $2^{\circ} 30'$, compuestas por arenas medianas de similar composición al sector anteriormente descrito. Son reconocidas bermas y barras estacionales.

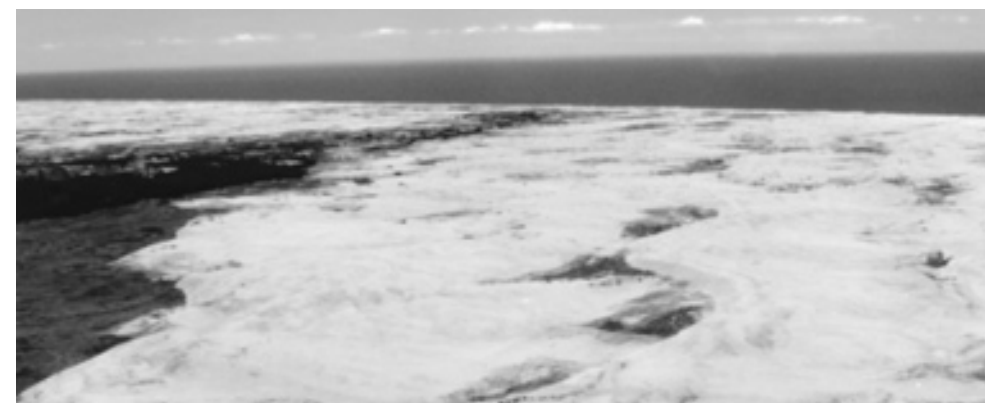


Figura 3: Características de las costas de dunas, se puede observar crestas Barjanoides reversibles, en el sector comprendido entre Punta Médanos y Pinamar.

Problemática costera

Las localidades balnearias, de este sector costero, presentan patrones comunes en los lineamientos utilizados para su urbanización, ocupación y criterios de uso de recursos. Estas han actuado en forma directa o indirecta desencadenando o potenciando fenómenos erosivos, mediante loteos incompatibles con la morfología preexistente, construcción de balnearios, trazado de avenidas costaneras, trazado de avenidas perpendiculares y oblicuas a la línea de costa, modificaciones en el escurrimiento superficial, evacuación de excedentes pluviales hacia la costa, explotación de arena con fines constructivos o de relleno, interrupción de la dinámica litoral, por construcción de muelles, depredación de dunas, implantación de especies foráneas en el cordón de dunas costeras, edificación en sectores cercanos a la playa, construcción de paredones en playa posterior (distal), circulación de vehículos en la zona de playa y dunas, incorporación de elementos alóctonos en la deriva litoral (plásticos, latas, botellas, escombros, etc.) (López y Marcomini, 2005).

Se reconocen tres causas generales que abarcan los factores que condicionan y/o alteran el equilibrio dinámico de las costas de dunas:

- Criterios de urbanización
- Alteraciones en la dinámica costera
- Alteraciones en la aerodinámica costera

Criterios de urbanización, los lineamientos utilizados en el esquema urbano de las localidades balnearias, donde prevalecen los diseños de cuadrícula, radiales o mixtos, tiene incidencia en la erosión costera. Las tramas urbanas actúan desintegrando el paisaje original, promoviendo la desarticulación del campo de dunas, e inhibiendo el intercambio de arena entre los sectores continentales y los costeros (Figura 4). Dando un saldo negativo en el balance de arena que ingresa a la playa.

Otro aspecto que actúa negativamente sobre el medio, es el trazado de calles y avenidas. Las avenidas costaneras se realizaron ocupando y deteriorando parcial o totalmente la duna costera. El trazado de calles perpendiculares u oblicuas a la línea de costa y el direccionamiento de los excedentes pluviales sobre estas, en dirección a la playa, provoca un doble impacto sobre este ambiente costero, por un lado el agua que alcanza la playa se diluye en el mar y no recarga el acuífero costero desarrollado en el campo de dunas, y por otro, el excedente de agua encausado en las calles tiene características de flujo turbulento, que al desembocar en la playa, provoca la erosión de importantes volúmenes de arena. El incremento de los volúmenes del escurrimiento superficial, también está relacionado con el grado de impermeabilización de los sectores continentales, esto se debe a que los factores de ocupación del suelo permitidos (FOS, factor de ocupación del suelo o superficie), superan el 60% de la unidad funcional territorial (Figura 4).



Figura 4: Cambios morfológicos introducidos por la urbanización en la localidad de San Clemente del Tuyú, entre 1943 y 1991, Partido de La Costa.

Alteraciones en la dinámica costera, la extracción de arena de playa y dunas se reconoce como la actividad de depredación más antigua y de mayor incidencia en la erosión de playas en distintas localidades balnearias de la provincia de Buenos Aires (López 2010). Antecedentes que traten el efecto de la extracción fueron abordados por Isla y Fasano (1987) y López y Marcomini (2003). Desde el punto de vista ambiental, la extracción de arena de playas y dunas provocó la falta de subsaturación en la corriente de deriva litoral, lo que hace que la erosión se traslade como una onda en el sentido de la deriva litoral, es decir hacia el norte (Marcomini y López, 2006a). Pero también las explotaciones han ocasionado un marcado deterioro y descenso de la playa, acompañado del retroceso de la línea de costa. Se ha observado una degradación de las barras estacionales, debido a que el tamaño de grano de los sedimentos que componen las barras es más grueso y es buscado por las personas que realizan las extracciones de arena manuales. La ruptura de las barras y el descenso del nivel de la playa, sumado a la falta de saturación en sedimentos de las corrientes litorales durante los eventos de tormenta, han convertido a amplios sectores del litoral costero bonaerense, en zonas muy vulnerables a la erosión. Las tareas de extracción de arena de playa, tiene un fuerte arraigo entre sectores de la población que han dedicado su vida a este trabajo. La misma tuvo su origen en forma contemporánea con la fundación de las primeras localidades balnearias (Villa Gesell, San Clemente del Tuyú y Mar de Ajó), a mediados de la década del 30. Aunque en la actualidad no existen permisos de extracción de arena en la playa, la extracción de carácter furtivo se siguió realizando en distintas localidades.

Otro factor que provoca alteraciones en la dinámica costera, es la interacción de los muelles de pesca con la corriente de deriva litoral. La evaluación del comportamiento de la costa en las inmediaciones de las estructuras, permitió identificar fenómenos de acreción y erosión locales. Estas estructuras se encuentran en las localidades de Santa Teresita, Mar del Tuyú, La Lucila, Mar de Ajó, San Clemente del Tuyú, Pinamar y Villa Gesell. Tienen como característica estar construidos sobre una doble fila de pilotes de madera u hormigón, en dirección perpendicular a la línea de costa, con longitudes superiores a los 100 m. El oleaje que incide sobre la costa tiene una dirección predominante E-SE, por lo que el frente de olas es difractado por cada uno de los pilotes, lo que provoca la pérdida de capacidad de transporte y deposición de material por detrás. Estos depósitos, que se generan asociados a cada pilote, causan el ascenso del nivel de la playa en las inmediaciones de la estructura, lo que provoca que localmente el sector ascendido refracte los trenes incidentes, potenciándose el proceso de deposición. La asimetría en estos depósitos es otra evidencia de la dirección de deriva. Un ejemplo como el muelle de Mar del Tuyú (Partido de La Costa), presenta una amplia zona de erosión, al norte de la estructura, afectando los sectores más densamente poblados de estas localidades, provocando el retroceso de la línea de costa, que afectó avenidas costaneras y causó el colapso de algunas construcciones (Figura 5).

Las defensas de costa, son obras ingenieriles que en la mayoría de los casos tiene como objeto evitar el retroceso de la línea de costa, en forma directa acorazando la costa o en forma indirecta, forzando la deposición de arena (espigones). En cualquiera de los casos citados la respuesta del medio, a la implantación de las obras, fue una alteración de la dinámica litoral. Las obras que revisten la línea de costa para evitar su retroceso, como paredones, cable estaqueados, enrocados o



Figura 5: Condiciones acrecivas (norte) y erosivas (sur) provocadas por el muelle de Mar del Tuyú

geotextiles, provocan que el oleaje, durante los ascensos del nivel del mar, se refleje provocando olas que transportaban sedimentos de la playa en dirección al mar. Sumado a este fenómeno, la ola incidente entra en fase con la ola reflejada, aumentando su altura y consecuentemente su capacidad de transporte incrementando la pérdida de sedimentos de la playa (López y Marcomini, 2005). La obra típica para forzar la deposición de arena en la playa y generar más superficie para disipar la acción del oleaje, son los espigones. Estas estructuras, por el sentido sur-norte de desplazamiento de los sedimentos, provocan acumulaciones al sur y como contrapartida desplaza el proceso erosivo al norte del espigón. El resultado de la aplicación de las llamadas defensas duras en costas de dunas (costas blandas), tiene un saldo negativo donde unas potencian los fenómenos erosivos existentes y otras solamente lo desplazan, este análisis es sin considerar otras variables ambientales, que también son alteradas, ni su costo económico de construcción y mantenimiento.

Las construcciones en las cercanías de la línea de costa, tanto particulares como unidades balnearias, provocan alteraciones en la dinámica costera vinculadas con aspectos relacionados a la reflexión de olas, removilización de los sedimentos de playa para sectores de esparcimiento y cargas puntuales de contaminación.

La aerodinámica costera es un factor relevante en el desarrollo de las dunas costeras y en el aporte de sedimentos desde el sector continental a la costa (Marcomini, 2002). La eliminación del cordón costero, que interactúa con el mar durante

las tormentas y mareas de sicigia extraordinarias, provocó un importante retroceso de la línea de costa sumado al descenso del nivel de la playa. La misma situación se observa en los sectores de costa donde las dunas han sido vegetadas con especies alóctonas e inadecuadas. Los primeros rasgos de urbanización, en la fundación de cada una de las localidades costeras, estuvo acompañado de la forestación de los predios, pero fundamentalmente del cordón de dunas costeras, con el objeto de evitar el ingreso de importantes volúmenes de arena a los sectores urbanos. La especie más utilizada fue el tamarisco (*Tamarix gallica*), con muy buena adaptación a las inclemencias estacionales costeras. Otra especie que se utilizó con éxito, en lo que se refiere a su capacidad de adaptación, para forestar la duna costera fue la acacia marítima (*Acacia trinervis*). El objetivo de evitar el ingreso de arena a los centros urbanos, en gran medida se alcanzó, pero el mismo mecanismo interrumpió el aporte de sedimentos desde los sectores continentales a la playa. Esta alteración de la aerodinámica, en el circuito de intercambio de arena, que existe entre la playa, la duna costera y los campos de dunas litorales e interiores, causó un déficit en el balance sedimentario provocando la erosión de la playa.

El deterioro provocado por los factores descriptos y la acción de las tormentas provocó en distintas localidades (Villa Gesell, Pinamar, Mar del Tuyú, Mar de Ajó, etc.) la caída de edificaciones (Figura 6).



Figura 6: Caída de edificaciones en la localidad de Mar del Tuyú en junio de 1993.

COSTAS ACANTILADAS

Las costas acantiladas se desarrollan desde Mar de Cobo hasta el sur de Mar del Plata, con una extensión de 68 Km, incluye los partidos de Mar Chiquita (sur) y

Gral. Pueyrredon. En este sector de costa prevalecen los acantilados activos como geoforma costera dominante, pero también se pueden reconocer playas protegidas, en un sistema de cabos y bahías, en los sectores céntricos de Mar del Plata. La morfología de los acantilados está condicionada, naturalmente por el tipo de litología y estructuras que presentan los afloramientos en el que se labran. Es así que se reconocen 2 grupos.

El primer grupo es el asociado con los afloramientos costeros de la Formación Balcarce, que están integrados por cuarcitas del Paleozoico. Estos afloramientos se hallan localizados en la ciudad de Mar del Plata, constituyen las estribaciones de los macizos rocosos de Balcarce, Tandil y Sierra de La Ventana. Los acantilados tienen alturas entre 2 y 8 m y en general presentan plataformas de abrasión estrechas, fuertemente diaclasadas, por lo cual es importante el efecto neumático del oleaje sobre las plataformas.

El segundo grupo y de mayor extensión está constituido por sedimentos asociados al Pampeano y Pospampeano. Sus afloramientos se extienden desde Mar de Cobo hasta el norte de Mar del Plata y desde el sur de Mar del Plata hasta Baterías (Partido de Cnel. Rosales). Están labrados sobre sedimentos integrados por limos loessicos, denominados con distintos nombres formacionales, o niveles marinos holocenos. Los acantilados pueden alcanzar alturas de hasta 15 m y se encuentran asociados a extensas plataforma de abrasión, caracterizadas por la presencia de canalizaciones perpendiculares a la línea de costa. Las velocidades de retroceso medias de estos acantilados son del orden de 1 a 1,5 m por año, mientras que los labrados sobre cuarcitas son imperceptibles para los rangos de medición deceniales.

Problemática costera.

Las principales causas que alteran el equilibrio natural de las costas y sus condiciones ambientales en este sector costero, están relacionadas con la construcción y manejo del puerto de Mar del Plata y obras de defensa de costas. Las primeras obras de defensa de costa en el litoral marino bonaerense se remontan a principios del siglo XX en la localidad de Mar del Plata, surgieron para dar respuesta a las alteraciones provocadas a la deriva litoral, causada por la construcción de su puerto en 1914. La obra portuaria instalada deriva debajo, del principal centro turístico de la Argentina, rápidamente generó una onda erosiva, debido a la subsaturación de arena provocada en la deriva litoral por las escolleras de acceso al puerto, que se desplazó al norte erosionando las playas más concurridas. Para forzar el depósito de arena, que se erosionó en las playas, se construyeron espigones y rompeolas, con respuestas locales en un principio positivas, pero lejos de solucionarlo, ya que se aumentó y trasladó deriva arriba, afectando a otras localidades balnearias. A casi un siglo de iniciado este proceso, se construyeron más de 60 espigones, se desplazó la onda erosiva hasta las localidades de Mar de Cobo y Mar chiquita (30 Km. al norte), donde se reconocieron valores de retroceso de la línea de costa, entre 5 y 6 m anuales (Schnack *et al.*, 1983 y Merlotto y Bertola, 2009) (Figura 7), se destinaron numerosos recursos económicos y aun así el proceso erosivo existe, pasando de ser un fenómeno local a uno regional.

Asociado al las actividades portuarias, que tiene que ver con el mantenimiento, se citan las tareas de dragado para mantener accesible el ingreso a las insta-

laciones portuarias, esta actividad tiene como efectos negativos la resuspensión de contaminantes, que se depositan en los fondos limo arcillosos, producto de los particulados emitidos por los motores a explosión, pérdidas de hidrocarburos, desechos del mantenimiento de las embarcaciones, etc. Ejemplo de lo expuesto se pudo constatar en la obra de reconstrucción de playa Varese, Grande y Bristol realizada en entre 1998 y 1999, donde se removilizaron aproximadamente 2.000.000 m³ de arena. Para la recarga se dragaron sedimentos del banco que obturaba el ingreso al puerto local y depositaron en las playas, estudios realizados en la playa Bristol determinaron niveles elevados de cadmio, además de otros impactos relacionados con la compatibilidad granulométrica y composicional (Marcomini y López, 1999a y 2006b), también Penchaszdeh *et al.*, (2001), reconocieron fenómenos de imposex en gastrópodos producto de residuos de pinturas anti-fouling.



Figura 7: Sector de la costa de Mar de Cobo, se puede observar como al norte de la escollera aumentan las condiciones erosivas, provocando el rápido retroceso de los acantilados labrados sobre sedimentos loessicos.

La explotación de arena de playa en Mar del Plata llegó a extraer 600.000m³ de arena anuales, volumen equivalente a la deriva anual neta, causando el aumento al doble de las velocidades de retroceso, constatado una vez finalizadas las tareas de explotación (Cionchi *et al.*, 1995). El sector más explotado fue el comprendido entre el Faro y Playa San Jacinto, cerrado en 1986. En la actualidad solo se extrae del sector de escollera sur del puerto.

El traslado de los efluentes de líquidos domiciliarios e industriales residuales de Mar del Plata, hacia la planta de pretratamiento de Camet, se vierten al mar sin tratamiento previo (Pérez Guzzi, 2006), este autor determinó presencia de contaminantes de origen orgánico y abundancia de bacterias en las costas aledañas. Es importante destacar que el sector de vertido fue ubicado al norte del centro de la ciudad, con el objeto que la deriva sur-norte lo aleje de las zonas más urbanizadas. Pero durante los periodos alternativos, de sentido de deriva norte-sur, las aguas contaminadas encuentran entre los espigones, zonas de reparo y baja energía, que aumenta su tiempo de permanencia en las cercanías de la costa y potencia la acción contaminante (Figura 8).



Figura 8: Vista de los espigones en T, estas estructuras provocan importantes volúmenes de acumulación de arena, pero también generan sistemas de baja energía y circulación, entre espigones, que potencia la acción contaminante.

COSTAS ACANTILADAS CON DUNAS COLGADAS

Este tipo de costas se reconoce desde el sur de Mar del Plata hasta Baterías, en las cercanías de Punta Alta, con una extensión de aproximadamente 420 Km, incluye los municipios de Gral. Pueyrredon (sur), Gral. Alvarado, Lobería, Necochea, San Cayetano, Tres Arroyos, Cnel. Dorrego, Monte Hermoso y Coronel Rosales. La geoforma costera predominante es el acantilado activo, con alturas variables entre 2 y 20 m, labrados en sedimentos loésicos y en algunos sectores sobre dunas inactivas. Los acantilados pueden ser activos e inactivos y también estar totalmente cubiertos por el campo de dunas, encontrándose en contacto directo con el mar. La característica distintiva, de este sector, es la presencia de un campo de dunas colgado, que en función del grado de intercambio con la playa y los campos interiores puede ser activo o inactivo, Bertola y Cortizo (2005), evaluaron la actividad y transporte de arena de las dunas colgadas. La existencia de rampas eólicas cumplen un rol importante en la regulación del equilibrio morfodinámico del sistema costero de este sector. Las rampas de arena regulan la interacción entre la playa y los campos de dunas colgados (Marcomini *et al.*, 2007), poseen una pendiente media de 20 grados y alcanzan alturas de 3 a 4 m, algunas veces llegando al tope de acantilados (Figura9). La formación de las rampas está asociada con un buen desarrollo de la playa, y en especial de la playa posterior y/o con campos de dunas activos colgados. Los factores que modifican su morfología son: la magnitud y recurrencia de las tormentas, los vientos de gran intensidad del cuadrante sur-sureste y sur-suroeste, el aporte de dunas colgadas y el desarrollo de la playa posterior. Otra geoforma marina que caracteriza el área son las plataformas de abrasión, constituidas por bancos de areniscas y limos consolidados que fueron estudiados por Aramayo y Manera (1985), Gutiérrez y Schillizi (2002). El campo de dunas que se encuentra sobre los acantilados, la extensión y espesor de los depósitos en tránsito (playa) que cubren parcial o totalmente las plataformas, son factores que regulan el perfil costero y las velocidades de retroceso (López y Marcomini, 2000).

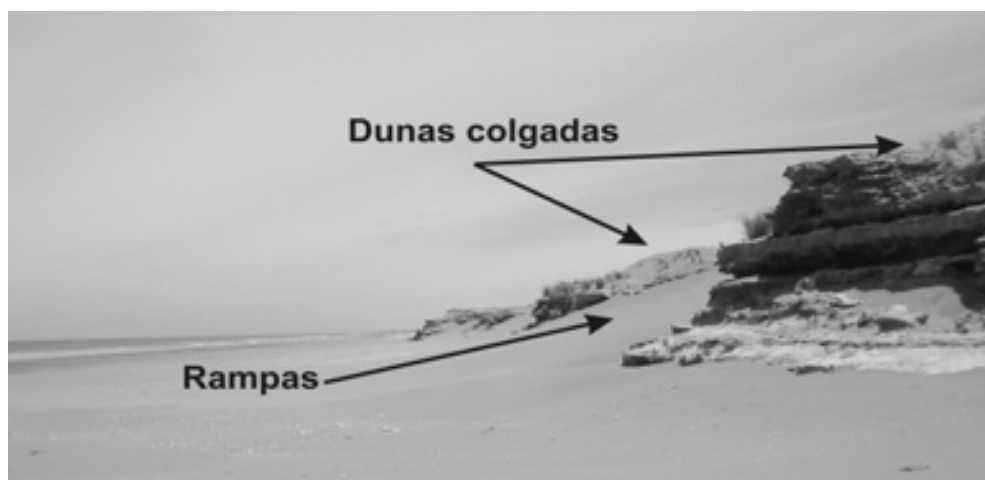


Figura 9: Se observa las características de acantilados con dunas colgadas y rampas

Problemática costera

Aunque este sector costero presenta urbanizaciones menos desarrolladas, que las ya descritas en el sector norte, se reconocen problemáticas similares.

Las alteraciones antrópicas en el sistema litoral como la forestación de la duna costera con especies arbustivas alóctonas, con el fin de fijar las dunas e interrumpir el ingreso de arena de la playa hacia el continente, afectó notoriamente la circulación de arena en el sistema litoral, impidiendo el intercambio natural que existe entre la duna costera y la playa. También las barreras eólicas que forman las forestaciones en los campos de dunas interiores o núcleos urbanos (parque Lillio en Necochea, Parque Florentino Amhegino en Miramar, etc.) entranpan arena en el sector de barlovento provocando fenómenos de soterramientos e invasión de dunas y por otra parte genera un incremento de los procesos deflacionarios en los sectores de sotavento, que degrada las dunas preexistentes mediante la formación de dunas en voladura. La inducción de formación dunas en voladura, también se pudo reconocer en sectores urbanos, en los accesos a playa, formando abras sobre el cordón de dunas costero, que tienden a formar núcleos de aceleración de la velocidad del viento, generando cubetas deflacionarias este proceso aumenta la erosión del cordón de dunas mediante la generación de numerosos núcleos deflacionarios.

La explotación de arena y su relación con la estabilidad de las playas es una problemática que afecta a todo el litoral costero bonaerense. En este sector fue abordado por Caló *et al.* (1998), que evaluó el balance sedimentario de las playas del suroeste de la provincia. El efecto de las explotaciones mineras sobre la hidro y morfodinámica en costas cohesivas ha sido descrito por Marcomini y López (1999b), en su evaluación de las causas y efectos de una explotación de la arenera localizada en Centinela del Mar (Municipio de Lobería). Estos autores determinaron que la actividad extractiva produce una disminución en la saturación de los sedimentos arenosos, en la corriente de deriva litoral, incrementando la erosión en playas aledañas localizadas al norte (de la extracción). Los depósitos de playa que se encuentran sobre las plataformas de abrasión son transportados por las corrientes litorales, para incrementar el déficit en saturación, provocando erosión de playa y aumentando la velocidad de retroceso de los acantilados. Además reconocieron el desarrollo de acantilados en dunas actuales, localizaron construcciones en zonas intermareales y corte de senderos vecinales por retroceso de la línea de costa. Las explotaciones mineras han intensificado los problemas erosivos en distintas localidades, cuyo balance sedimentario se encuentra en déficit, tanto por motivos de índole natural (incremento en la estabilización de los campos de dunas por variación en las condiciones climáticas), como inducido por la acción antropogénica (vegetación, forestación y degradación de la duna costera, generación de barreras, cortes por avenidas y barreras eólicas). Es importante destacar que dada la conformación de la playa, la cual se dispone sobre una extensa plataforma de abrasión, se pone en riesgo, de perder la arena por subsaturación del medio, a expensas del incremento de las superficies de la plataforma (Figura 10), lo que provocaría la pérdida de espacios de recreación y haría muy dificultoso el acceso al agua de los usuarios de playas, debido a la irregularidad del sustrato Marcomini *et al.* (2009).



Figura 10: Exposición de la plataforma de abrasión, por desplazamientos de bancos de arena, Pehuen-Có.

Con respecto a las escolleras del Puerto del río Quequén, se determinó que la interrupción de la deriva litoral provocó una descompensación en el balance sedimentario costero (Del Río *et al.*, 2004 y Marcomini *et al.*, 2007), trayendo aparejado la erosión de las playas de Quequén y por consiguiente, la disminución en el aporte de sedimentos a la playa. Este desbalance hidrodinámico, entonces, no afectó solo a la playa, sino que también a la estabilidad de la duna costera y a la configuración del acantilado.

Otro factor que potencia la erosión en las costas acantiladas, está relacionado con el sobrepeso que generan las construcciones en los bordes de los acantilados, desarrollados sobre los sedimentos loessicos, como ocurre en la localidad de Miramar, Mar del Plata, Quequén, etc. (Figura 11).



Figura 11: Construcciones de balnearios en los bordes de los acantilados, en la localidad de Miramar. Estas edificaciones aumentan la actividad de retroceso, de los acantilados.

COSTAS DE ISLAS DE BARRERA, MARISMAS Y PLANICIES DE MAREA

El sector marino, costero entre Punta Alta y San Blas tiene una extensión aproximada de 250 Km incluye los Municipios de Bahía Blanca, Villarino y Patagones. Morfológicamente se caracteriza por una densa red de canales de marea separados por islas, extensas Planicies de marea y bancos sumergidos (Servicio de Hidrografía Naval, 2000). Teruggi *et al.* (1959) describen a esta zona como una costa con características netamente acrecivas, pero luego Perillo (1989), considera que, sectores internos del estuario, se encuentran en un avanzado estado de retroceso debido a la falta de aportes sedimentarios, tanto de los ríos como desde la plataforma interior. El Río Colorado en su desembocadura desarrolla un pequeño delta de unos 3 Km de largo y 5 Km de ancho (Weiler, 1983), en el frente del delta se pueden reconocer islas de barrera (Codignotto y Marcomini, 1993). En algunos sectores de costa, las playas están compuestas por gravas producto del retrabajo de cordones litorales. Al sur de San Blas hasta la desembocadura del Río Negro, a lo largo de 75 km, la costa presenta costas de dunas y costas de acantilados.

Problemática costera

Este sector costero marino presenta baja presión antrópica, las alteraciones más importantes están vinculadas con las actividades que se realizan en el interior del estuario de Bahía Blanca, asociado a la actividad portuaria que se desarrolla fundamentalmente en Puerto Ing. White y la Posta de Inflamables (Terminal de combustibles).

Las tareas de dragado del complejo portuario Bahía Blanca se pueden dividir en dos grupos: dragado de los accesos a las e instalaciones portuarias y el dragado del Canal Principal. Para Las primeras se dragan entre 500.000 a 600.000 m³ de sedimentos por año, que provocan resuspensión de material de fondo. También se pueden mencionar otros impactos relacionados con resuspensión de los sedimentos por embarcaciones a propulsión, lixiviado de residuos domiciliarios, pérdidas de lubricantes y combustibles.

Los centros urbanos sobre las zonas costeras son de muy bajo desarrollo, por lo que aún no se han detectados alteraciones significativas al medio físico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aramayo, S.A. y T. Manera, 1985. Nuevos hallazgos de mamíferos pleistocenitos en el yacimiento de Playa del Barco, Prov. de Buenos Aires. *Primeras Jornadas de Geología Bonaerenses*. Tandil. Argentina.

Bértola, G.R. y M. Morosi, 1997. Caracterización textural de depósitos de ambiente de marea de la Bahía Samborombón (Buenos Aires, Argentina). *Asociación Argentina de Sedimentología*, (4)1:1-13.

Bértola G., L. Cortizo, y S. Pastorino, 1998. Delimitación de ambientes costeros en la Bahía Samborombón mediante información satelitaria. *5ta Jornadas Geológicas Bonaerenses*, Mar del Plata, 2: 217-225.

Bértola G.R. y L.C. Cortizo, 2005. Transporte de arena en medanos litorales activos y colgados del sudeste de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60 (1):174-184.

Caló J. E. Fernández, A. Marcos y H. Aldacour, 1998. Análisis preliminar del balance sedimentario de la playa de Pehuen-có provincia de Buenos Aires, Argentina. *Geoacta*, 23, 1-12.

Cavallotto J. L., 2008. Geología y geomorfología de los ambientes costeros y marinos, En: D. Boltovskoy (Ed.) /Atlas de Sensibilidad Ambiental del Mar y la costa Patagónica/ (<http://atlas.ambiente.gov.ar/index.htm>).

Cionchi J., J. Alvarez, J.L. Del Río y A. Ferrante A., 1993. El efecto antrópico en el retroceso de la línea de costa del Partido Gral. Pueyrredon, Pcia. de Buenos Aires. *Actas 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Actas VI: 318-322

Codignotto J.O. y S.C. Marcomini, 1993. *Argentine Deltas Morphology. Coastal Zone* 93. Nueva Orleans. U.S.A., I: 323-336

Conzonno, V., P. Miretzky y A. Fernández Cirelli. 2001. The impact of made hydrology on lower stream bed of the Salado River drainage basin (Argentina). *Environmental Geology* 40: 968 - 972.

Del Río J.L., A. López de Armentía, J.R. Alvarez, M.J. Bó, J. Martinez Arca y M. Camino, 2004. Erosión costera por inducción antrópica en Quequén- Costa Bonita, provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Cuarto Congreso Uruguayo de Geología y II reunión de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial*. 7 p. Actas CD.

Gutiérrez T. y Schillizzi, 2002. Asociaciones de Diatomeas en Paleoambientes Cuaternarios de la Costa Sur de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Pesquisas em Geociências*, 29(1): 59-70 Instituto de Geociências, UFRGS.

Isla F.I. y J.L. Fasano, (1987). Arenas litorales de la provincia de Buenos Aires, recurso minero o recurso ambiental. XII Congreso Geológico Argentino, Actas I:79-82, S. M. de Tucuman.

Isla F.I. , L.C. Cortizo y H. A. Turno Orellano, 2001. Dinámica y Evolución de las Barreras Medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Volume 2, Nº 1 (2001) 73-83.

López R.A., 2010. *Geología y Dinámica costera del Cabo San Antonio, Pcia de Buenos Aires*. Tesis doctoral. Inedita, 368p.

López R. A y S.C. Marcomini, 2000. Geomorfología y Ordenamiento Territorial del Sector Costero comprendido entre la ciudad de Miramar y el Arroyo Nutria Mansa, Partido de General Alvarado. *Revista de la Asociación. Geológica Argentina*, 55(3):251-264.

Lopez R.A. y S.C. Marcomini, 2003. Extraer o no extraer arena, ¿es esa una cuestión?. *V Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar*. Resúmenes, 132. Mar del Plata.

López R.A. y S.C. Marcomini, 2005. Eficiencia de las obras de defensa en costas de dunas, Municipio de La Costa. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*. No 21, 157-165. ISSN 0326-1921.

Marcomini S.C., 2003. *Morfodinámica, sedimentología, geomorfología ambiental y sus alteraciones antropogénicas en costas de dunas del noreste de la provincia de Buenos Aires*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. pp. 360.

Marcomini S.C. y R.A. López, 1999a. Recarga artificial de las playas. *Revista Gerencia Ambiental*, 6 (56): 408-414.

Marcomini S.C. y R.A. Lopez, 1999b Alteración de la dinámica costanera por efecto de la explotación de arena de playa, partido de General Alvarado, provincia de Buenos Aires.. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*. 6(1-2): 1-18.

Marcomini S.C. y R.A. Lopez, 2006a. Geomorfología costera y explotación de arena de playa en la provincia de Buenos Aires y sus consecuencias Ambientales, *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 7(2):61-71.

Marcomini S.C., y R.A. López, 2006b. Evolution of a Beach Nourishment Project in Mar del Plata. *Journal of Coastal Research*, SI 39, 835 – 838.

Marcomini S.C., R.A. López, y A. Spinoglio, 2007. Uso de la morfología costera como geoindicador de susceptibilidad a la erosión en costas cohesivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 62 (3): 396-404.

Marcomini S.C., R.A. López, y F. Uheara, 2009. Manejo Costero en la costa de dunas de Pehuen-Có, Buenos Aires. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, ISSN 0326-1921, No 23: 75-83.

Marcomini S.C., P. Penchaszadeh, R.A. López, y D. Luzzatto, 2001. Beach morphodynamics and clam (*Donax Hanleyanus*) densities in Buenos Aires, Argentine. *Journal of Coastal Research*. Vol. 18 (4).601-612

Merlotto A. y G.R. Bértola, 2009. Coastline evolution at Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. *Ciencias Marinas* 35(3): 271-286

Penchaszadeh P.E., A. Averbuj y M. Cledon, 2001. Impossex in Gastropods from Argentina (South-Western Atlantic). *Marine Pollution Bulletin* 42 (9):790-791.

Pérez Guzzi 2006. Contaminación costera bacteriana y balneario, Manual de manejo costero para la provincia de Buenos Aires. Eds: I. Isla y C. Lasta. EUDEM, Mar del Plata, 147-163.

Perillo G.M.E., 1989. Estuario de Bahía Blanca: definición y posible origen. *Boletín del Centro Naval*, 107: 333-344.

Schnack EJ, J.R. Álvarez y J.L. Cionchi, 1983. El carácter erosivo de la línea de costa entre Mar Chiquita y Miramar, Provincia de Buenos Aires. *Actas del Simposio Oscilaciones del Nivel del Mar durante el Último Hemiciclo Deglaciar en la Argentina*: 118–130.

Servicio de Hidrografía Naval, 2000. *Derrotero Argentino Parte II. Costa del Atlántico desde Cabo San Antonio a Cabo Vírgenes y Punta Dungeness, Buenos Aires*, pp. 1-534.

Teruggi M. E., E. Chaar, J.R. Remiro y T. Limussin, 1959. Las arenas de la costa de la provincia de Buenos Aires entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca. *LEMIT*, Serie II, N° 77, pp. 1-37.

Volpedo, A. V., T. Yunes Núñez y A. Fernández Cirelli, 2004. El humedal mixohalino de Bahía Samborombón: conservación y perspectivas. *Humedales de Argentina. Fundación Proteger*.

Weiler N., 1983. Rasgos morfológicos evolutivos del sector costanero comprendido entre Bahía Verde e Isla Gaviota, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 38: 392-404.

LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DEL ESTUARIO DEL RÍO DE PLATA Y DELTA DEL PARANÁ

Silvia Cristina Marcomini y Rubén Alvaro López

INTRODUCCIÓN

El estuario del Río de la Plata es la zona más poblada de la provincia de Buenos Aires y sobre su ribera sur se asientan las ciudades más importantes de la Argentina. El área urbana y periurbana de la ciudad de Buenos Aires tiene una población de aproximada de 12 millones de habitantes, lo cual constituye un 33 % de la población total del país.

Sumado a ello, la Argentina en los últimos años, está atravesando un pico inmobiliario (INDEC, 2001), acompañado de un crecimiento en las áreas urbanas y un incremento en el uso de los recursos naturales. Como respuesta a este efecto, los ambientes costeros naturales, son alterados cada vez en mayor magnitud.

Este crecimiento descontrolado está poniendo en riesgo los recursos naturales y los ecosistemas asociados y es por ello que es necesario ahondar en el conocimiento sobre la capacidad soporte de estos ambientes y regular el crecimiento inmobiliario para preservar la calidad de vida de las poblaciones futuras.

GEOMORFOLOGÍA

La geología del ámbito costero está caracterizados por secuencias modernas del Cuaternario correspondientes a un ambiente fluvio estuárico, las cuales se formaron en respuesta a cambios climáticos de carácter regional.

Los trabajos anteriores que han descripto la geología y geomorfología del estuario del río de La Plata y del delta del Paraná son los de Parker, (1990), Parker y Marcolini (1989, 1992), Parker y Paterlini (1990), Codignotto y Marcomini (1993), Cavallotto, (2002, 2008), Cavallotto y Violante, (2005, 2007), Violante *et al.*, (2001), Cavallotto *et al.*, (2002, 2004, 2005).

Cavallotto y Violante (2005), reconocieron en el área geoformas emergidas y sumergidas. Las primeras incluyen las llanuras costeras y el delta subaéreo del Paraná. Los mismos autores dividieron la planicie costera en dos unidades la llanura Costera Entreriana y la asociada al margen sur del Río de La Plata.

Dentro de la planicie costera pueden diferenciarse tres unidades asociadas a distintos pulsos de progradación ocurridas durante el Holoceno. Ellos son la planicie de cordones que se extiende al norte del delta (P1), la que se desarrolla sobre el margen del estuario desde San Fernando hacia el noroeste (P2) y la que conforma la costa actual del estuario desde Avellaneda hacia el sur (P3) (Figura 1).

Unidad P1: Se localiza al norte de la isla Ibicuy y sobre el límite meridional del delta del Paraná (Figura 1 y 2). Constituyen un nivel de planicie de cordones litorales curvilíneos que marcan antiguas posiciones de la línea de costa cuando el delta estaba dominado por la acción marina. Esta unidad constituye una fase de delta dominada por la acción del olaje ocurrida durante el Holoceno superior cuando el nivel del mar se encontraba a 5 m con respecto al nivel del mar actual (Codignotto y Marcomini 1993).

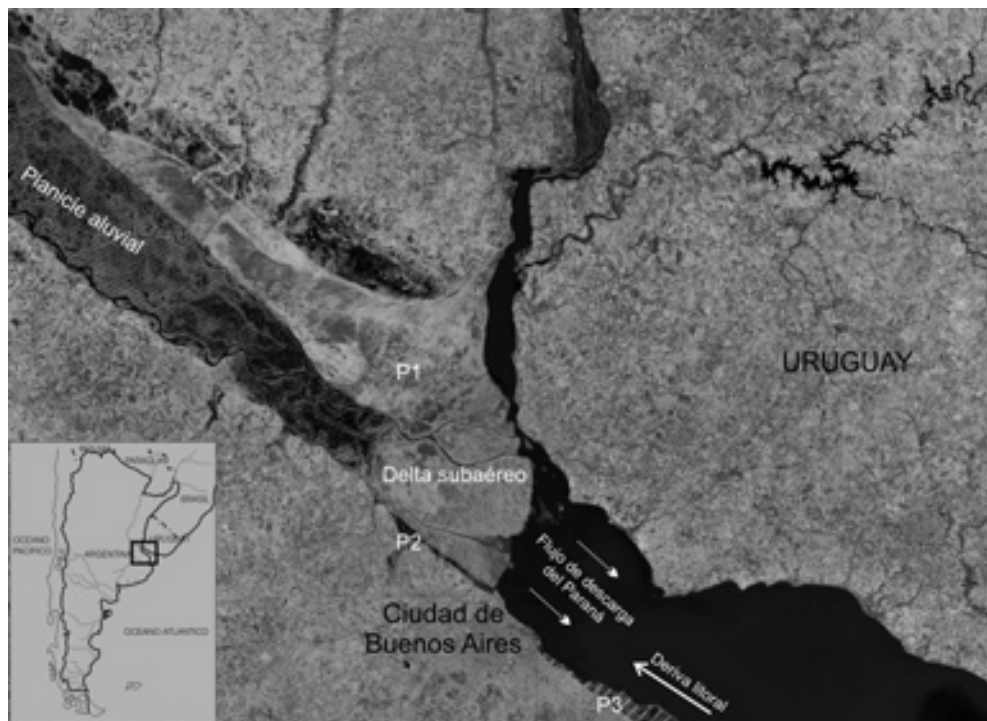


Figura 1: Unidades geomorfológicas del estuario del Río de La Plata y delta del Paraná.

Unidad P2: Es una planicie de acreción de cordones litorales que se extiende en forma discontinua desde Otamendi hasta San Fernando, a lo largo de la antigua costa del estuario. Se encuentra asociada a la desembocadura de los ríos que drenaban antiguamente en el estuario y que actualmente desembocan en el río Lujan. Esta unidad se interdigita con planicies de marea y marismas (Figura 3). Muchas veces los cordones litorales conforman planicies que obturan la desembocadura de los ríos tributarios. Se la distingue en la desembocadura del río Lujan, en Tigre y San Fernando.

Unidad P3: Esta unidad conforma una franja paralela a la costa del estuario, compuesta por cordones litorales y zonas anegadizas, que se extiende en forma continua desde Avellaneda hacia el sudeste. Esta planicie tiene una cota que oscila de los 2 a los 5 m (Figura 4). Cavalotto y Violante (2007) diferencian por sus características topográficas un sector con cotas cercanas a los 5 m donde se destaca la presencia de cordones de conchilla y otro donde predominan cotas inferiores a los 2,5 m representado por una zona deprimida ocupada en su mayor parte por bañados.

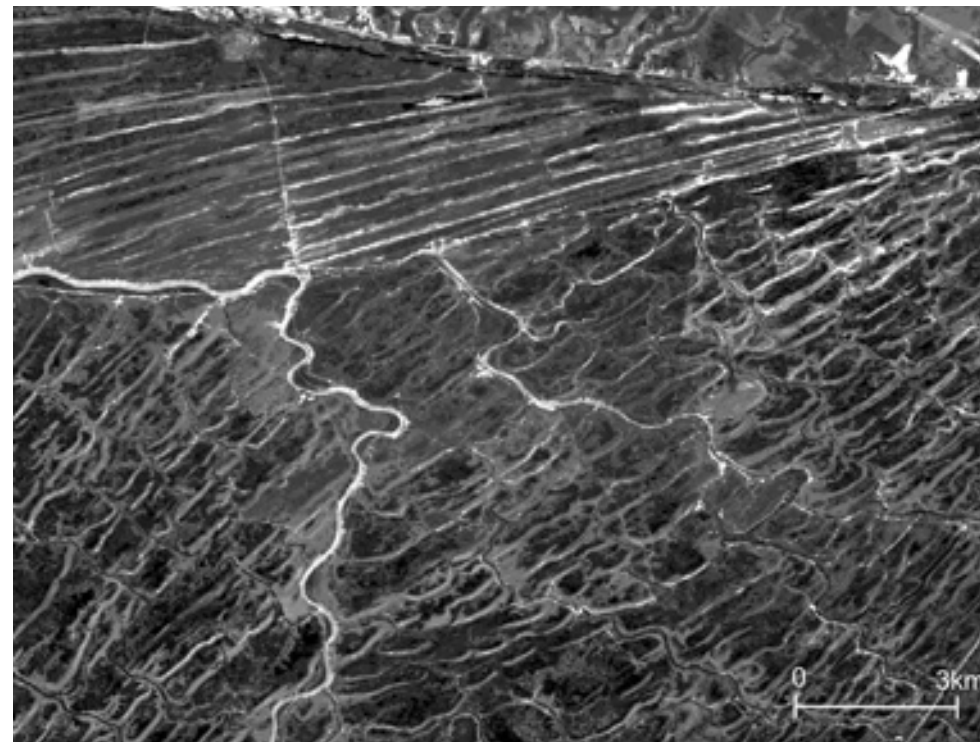


Figura 2: Planicie de acreción de cordones litorales (P1), en las cercanías de la Isla Ibicuy



Figura 3: Planicie de cordones litorales en la desembocadura del Río Lujan. 1. Paleoacantilado, 2. Planicie deltaica subaérea, 3. Planicie de cordones litorales. Reproducción parcial imagen Google Earth



Figura 4: Vista aérea de la planicie costera constituida por cordones litorales en la zona de Atalaya (P3).

Delta subaéreo: La planicie deltaica subaérea del delta del Paraná (Figura 1), está integrada por una serie de canales de diseño distributivo y hábito de rectilíneo a sinuoso. La planicie se encuentra a una cota de 0 a 2 m y está conformada por numerosas islas elongadas. Los canales distributivos están rodeados por albardones de composición arenosa que presentan anchos de 70 a 120 m, por detrás de los cuales se desarrollan zonas deprimidas con pantanos y lagunas donde predomina la precipitación de limos y arcillas durante las crecientes del río.

Durante los periodos de crecidas se producen depósitos de derrame en las zonas deprimidas, los cuales favorecen la depositación y acreción vertical de la planicie deltaica subaérea. El frente deltaico presenta bancos subacuáticos que por acción de la vegetación, principalmente juncos favorecen el avance del frente.

El delta del Paraná es altamente constructivo, dominado por la hidrodinámica fluvial del río Paraná y por el régimen de su cuenca (estuario del Río de La Plata). Actualmente conforma una morfología de progradación muy activa (Figura 5), con rangos de avance del frente del orden de los 50 a 70 m por año (Codignotto y Marcomini 1993).

Delta subacuático: Está constituido por barras y canales que se extienden desde el frente del delta subaéreo hasta el prodelta. Entre los bancos más importantes se destacan el de la Playa Honda, Banco Grande de Ortiz y la Barra del Indio, ubicados en el sector exterior, medio e interior respectivamente.



Figura 5: Vista del frente deltaico del delta del Paraná.

DINÁMICA COSTERA DEL ESTUARIO DEL RÍO DE LA PLATA

El sistema hidrográfico que desemboca en el estuario se extiende desde la zona subecuatorial hasta los trópicos y sus numerosos tributarios desembocan en el estuario descargando $22,000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en la costa Argentina, de Uruguay y Brasil influenciando la dinámica del estuario y los ecosistemas que se desarrollan (Ciotti *et al.*, 1995; Muelbert y Sinque, 1996; Sunye y Servain, 1998). Además es un importante vector de exportación de Carbono de los continentes hacia el océano (Degens *et al.*, 1991). La pluma de sedimentación en el invierno austral alcanza el Cabo Santa Marta Grande (28°S), mientras que en el verano se retracta hasta los 32°S (Piola *et al.*, 2000). Las largas anomalías de precipitación relacionadas con los periodos Niño incrementan también significativamente la descarga (Depetris *et al.*, 1996; Mechoso y Perez-Iribarren, 1992).

El estuario del Río de La Plata presenta una variabilidad muy grande en el nivel de sus aguas, lo cual regula las condiciones hidrodinámicas y en consecuencia el transporte de sedimentos. Los datos históricos del nivel del Río de La Plata para el Puerto de Buenos Aires evidencian fluctuaciones que varían desde ascensos de 4,40 m a descensos de $-1,97 \text{ m}$ durante eventos extraordinarios y entre 3,00 m y

–0,80 m durante eventos ordinarios (Pereyra *et al.* 2001). Los sedimentos aportados son en general limos arcillo arenosos y se incorporan al sistema como transporte por suspensión y en menor medida por saltación.

Los rasgos geomorfológicos reconocidos en el sector litoral responden a una costa de acumulación estuárica, dominada por la presencia de una bidireccionalidad en las corrientes litorales dependiente de las condiciones climáticas que afectan el estuario (Figura 1). Se distingue una corriente principal hacia el sudeste, caracterizada por el transporte de sedimentos en suspensión limoarcillosos, altamente influenciada por la progradación del delta del Paraná. Otra corriente episódica con sentido inverso, hacia el noroeste, se hace presente durante tormentas (sudestadas) y se evidencia por un transporte de sedimentos areno limosos por tracción-saltación encontrándose la suspensión subordinada. Esta corriente se ha definido como deriva litoral, aunque cabe destacar que no corresponde a una acción constante del oleaje sino al transporte asociado a olas en periodos de tormenta. En la hidrodinámica costera del estuario es importante resaltar la diferencia existente en el transporte entre las corrientes provenientes del noroeste y sudeste, ya que es un factor fundamental a tener en cuenta en la estimación de la cantidad y granulometría de los sedimentos depositados en las inmediaciones de las estructuras de protección de costa (Marcomini y López 2006). Las consecuencias de estos pulsos hidrodinámicos se ven reflejadas en la evolución de la morfología costera natural dominadas por indicadores de deriva litoral neta:

1) Desvío hacia el norte de las desembocaduras de cursos o arroyos naturales o artificiales que desembocan en el Río de La Plata).

2) Embancamiento asimétrico en las escolleras de acceso a puertos o amarra-deros.

3) Incremento en las tasas de colmatación en cuerpos de agua de circulación restringida cuya desembocadura apunta hacia el norte (Ejemplos: Ciudad Universitaria, Carrasco – Muelle de Pescadores).

PROBLEMÁTICA DEL DELTA DEL PARANÁ

Entre los problemas más frecuentes que el hombre puede producir en la alteración del equilibrio de un sistema deltaico, se pueden diferenciar por el área donde se produce la perturbación en (Tabla 1):

a) **La zona de la cuenca hidrográfica y/o el régimen fluvial:** Entre estos cambios se pueden diferenciar variaciones en el *aporte de sedimentos o en el caudal*.

Las primeras generalmente están relacionados con la presencia de represas en los cauces de los ríos que producen una disminución la carga de sedimentos en el delta, favoreciendo el retroceso del frente deltaico. Otro factor importante es la forestación y deforestación de las zonas de cuencas. La forestación disminuye la carga sedimentaria, ya que incrementa la escorrentía superficial, aumenta el caudal de los ríos tributarios y en consecuencia aumenta la erosión en el frente. La deforestación tendría un efecto inverso, produce un aumento en la erosión de las laderas, mayor carga sedimentaria y progradación del frente deltaico.

Area afectada	Tipo de alteración humana	Alteración		Efecto
		Caudal	Menor	
Cuenca y régimen fluvial	<ul style="list-style-type: none"> • Forestación • Deforestación • Construcción de presas 		Mayor	Salinización en la zona del bajo delta
			Menor	Erosión
		Carga sedimentaria	Menor	Erosión del frente deltaico
			Mayor	Progradación
Planicie deltaica y canales distributarios	Construcción de albardones artificiales	Pérdida de depósitos de derrame Pérdida de nutrientes en los suelos		Disminución de la acreción vertical en la planicie deltaica y pérdida de fertilidad en los suelos bajos
	Dragados	Pérdida del perfil de equilibrio transversal de los ríos tributarios		Erosión en márgenes de cursos distributarios
	Tránsito de embarcaciones	Oleaje		Erosión de laterales de canales
Cuenca receptora	Estructuras de protección de costas, puertos, etc	Subsaturación en sedimentos de las corrientes litorales		Erosión de la costa del frente deltaico

Tabla 1: Impactos frecuentes en zonas deltaicas.

b) **La planicie deltaica y los canales distributarios:** Entre estos impactos se destacan:

1. **Elevación o construcción de albardones artificiales** en los márgenes de los canales distributarios. El aumento de la altura de los albardones es una práctica que se emplea generalmente para disminuir la recurrencia de inundación en las zonas deprimidas de la planicie deltaica, por detrás de los albardones. Esta acción disminuye la generación de depósitos de crevasse splay sobre la planicie deltaica, reduciendo en consecuencia la acreción vertical y la fertilización en las zonas más bajas (Figura 6 A).

2. **Dragados de los canales:** La profundización por dragado de los canales distributarios para favorecer la circulación de embarcaciones, modifica el equilibrio del perfil transversal del canal aumentando la erosión de los márgenes. Este efecto es más severo en los canales de menor ancho (Figura 6 B).

3. **Tránsito de embarcaciones:** En los canales distributarios que atraviesan la planicie deltaica no hay oleaje natural, debido a que el alcance (*fetch*) es pequeño, inferior a los 60 m, de manera que no permite la generación de ondas en la superficie del agua. Sin embargo, la circulación de embarcaciones, perturba la superficie del agua, generando distintos tipos de oleaje (Figura 7 A). Estas olas pueden ser tangenciales o transversales. Las primeras se producen en el frente de la embarcación y se trasladan en forma oblicua hacia los márgenes del canal (Figura 7 B). Las segundas son perpendiculares a la dirección de desplazamiento de la embarcación y por lo general se disipan antes de alcanzar los márgenes del

canal. Las olas tangenciales son las que mayor efecto erosivo producen sobre los márgenes de los canales, favoreciendo los deslizamientos rotacionales y el colapso de estructuras de protección de costas (Figura 8). Estas olas, cuando alcanzan los márgenes y encuentran paredones verticales se reflejan, aumentando aún más el efecto erosivo por incremento de la altura de olas.

Otro efecto es el que producen los motores a propulsión sobre lecho de los canales (Figura 7 A). El mismo depende de la potencia del motor y de la profundidad del canal. La energía generada por el motor tiene un efecto de resuspensión sobre los sedimentos de fondo, el cual se hace más severo cuando los niveles del río bajan por la acción del viento norte y aumenta la resuspensión por su menor distancia al fondo. El efecto de resuspensión produce un gran impacto sobre las especies acuáticas ya que aumenta la turbidez del agua y la resuspensión de los contaminantes que decantaron en el fondo de los canales.

Del mismo modo las embarcaciones que se mueven en los canales desplazan el agua a lo largo de la dirección de la embarcación pero en sentido opuesto, creando un flujo de agua que se denomina velocidad de retorno (*return velocity*). Este flujo depende principalmente de la velocidad de la embarcación, de la sección transversal del canal y de la superficie de la sección transversal de la embarcación que permanece bajo el agua. Esta velocidad de retorno también está acompañada de un descenso del nivel del agua en los alrededores de la embarcación que es el responsable de las olas tangenciales. (Hochsteiny y Adams, 1989, Maynord y Siemsen, 1991).

c) **La cuenca receptora:** La construcción de puertos, escolleras, espigones u otra estructura en la cuenca receptora aumenta por lo general la erosión del frente deltaico por subsaturación de la corriente de deriva litoral.

En el caso del delta del Paraná los principales impactos que se han detectado son los producidos en la planicie deltaica y canales distributarios.

Entre los problemas más frecuentes destacan la construcción y sobreelevación de los albardones, la acción de los dragados y fundamentalmente el tránsito de las embarcaciones.

En cuanto a las alteraciones en la cuenca receptora, si bien hay muchos puertos y estructuras en la costa sur del estuario que interrumpen la deriva producida por el oleaje durante las sudestadas, las altas tasas de sedimentación que tiene el sistema, no alteran el frente deltaico. Si no que, por el contrario a lo que sucede en otros deltas del mundo, la problemática principal es la acumulación de sedimentos que impiden la navegación y aumenta regularmente los costos de mantenimiento y dragado de los puertos deportivos.

La circulación de embarcaciones es, sin lugar a dudas, la principal causa de erosión en los márgenes de los cursos del delta del Paraná. Dado que los canales poseen anchos que varían por lo general entre 20 y 60 m, su sección no permite la disipación de la energía de ola en su traslación hacia la costa y por ello llegan con gran altura. Este efecto produce el socavamiento de la base de las estructuras por

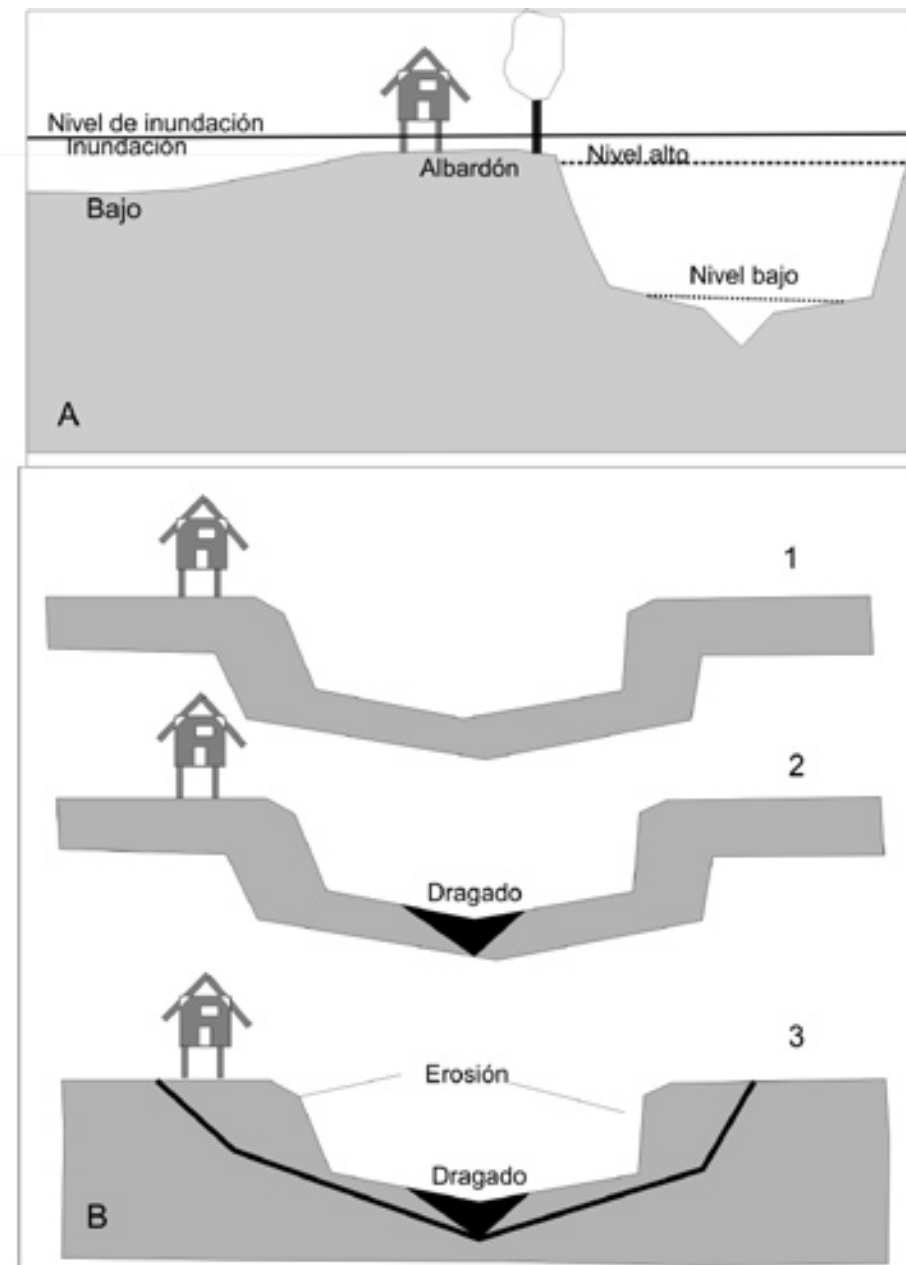


Figura 6. A: Perfil transversal de un canal distributario en la planicie deltaica. Se distingue el albardón en los laterales del canal. Las fluctuaciones del nivel de agua en el canal que depende fundamentalmente de las condiciones climáticas. Cuando predominan los vientos del cuadrante norte el nivel por lo general es bajo y los canales tienen muy poca profundidad. Durante tormentas del sur y sudeste o épocas de crecida en la cuenca del Paraná el nivel sube y algunas veces supera el albardón inundando las zonas deprimidas de la planicie deltaica. B. Las actividades de dragado para mantener la navegabilidad de los canales, modifican el perfil de equilibrio del cauce favoreciendo los fenómenos de remoción en masa sobre los márgenes y en consecuencia, aumentando la erosión.

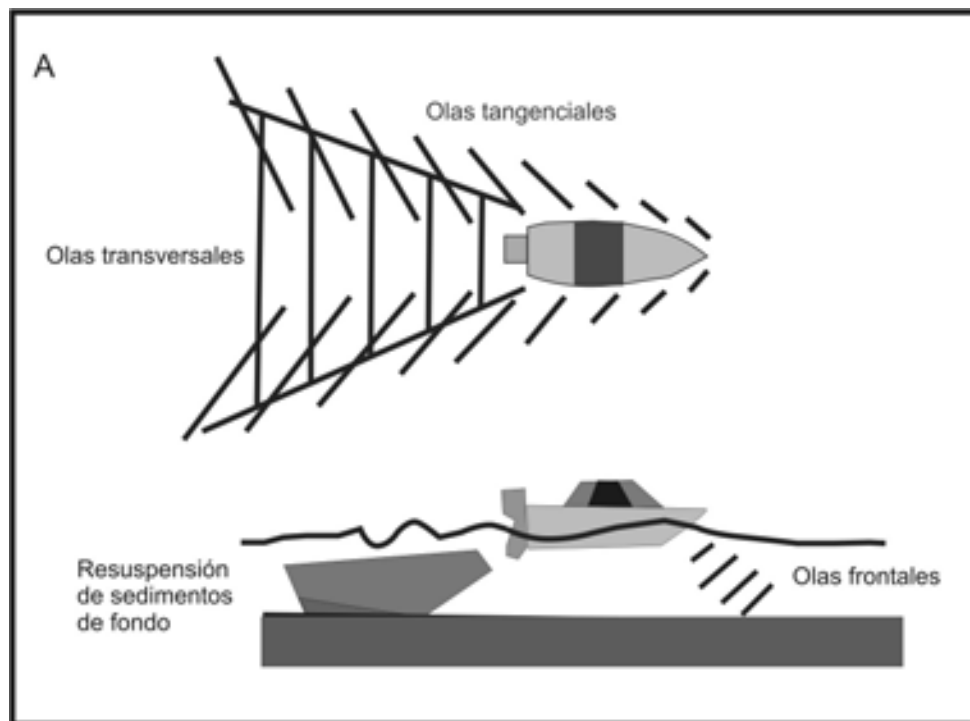


Figura 7.A: Efecto de las embarcaciones a motor como generadoras del oleaje. B. Ejemplo del efecto erosivo que producen las olas tangenciales de las lanchas pasajeras sobre los márgenes de los canales. Nótese asimismo la reflexión del oleaje sobre las estructuras verticales de protección de los márgenes.

efecto erosivo de las olas que rompen durante bajantes en la base de las estructuras favoreciendo los fenómenos de deslizamiento rotacional y colapso (Figura 8). Este efecto se observa a lo largo de los canales más estrechos y de mayor circulación de embarcaciones como el Sarmiento y Carapachay.

Para minimizar este efecto es necesario regular la velocidad de las embarcaciones y la potencia de los motores que circulan en los canales distributarios.

Los dragados y la falta de control de los mismos es otro impacto que se debe considerar. Estas tareas producen resuspensión de los sedimentos de fondo que muchas veces poseen metales pesados decantados durante muchos años que pasan a suspensión en el agua, alterando la fauna acuática e iniciando el proceso de biomagnificación del contaminante. Por otro lado aumentan la turbidez del agua y el habitat de la biota asociada. Desde el punto de vista físico, incrementan la erosión de los márgenes de los canales, en especial de los de menor ancho.



Figura 8: Colapso de estructuras por deslizamientos rotacionales favorecidos por la acción del oleaje de las embarcaciones

PROBLEMÁTICA DE LA URBANIZACIÓN DE LAS PLANICIES COSTERAS

En las últimas décadas han surgido numerosos desarrollos urbanos de barrios privados al noreste de la provincia de Buenos Aires, que ocupan las márgenes del antiguo estuario del Río de La Plata, zonas definidas como planicies de cordones

litorales (P2 y P3) (Figura 9). Estos proyectos se ubican al noroeste de la Ciudad de Buenos Aires entre las localidades de Tigre y Escobar. Muchos de estos emprendimientos tienen como característica en común, dragar un sector del territorio generando un cuerpo de agua artificial y refutar el material extraído a los terrenos adyacentes, para obtener cotas por encima de los niveles de inundación ordinarios y extremos del estuario del Río de La Plata.



Figura 9: Puede observarse el desarrollo de nuevos emprendimientos urbanos con la generación de lagunas artificiales a expensas de la degradación de la Planicie de cordones litorales (P2), la cual constituía la costa del estuario, durante el Holoceno. Fuente: Imagen Google Earth del 15 de Junio de 2008.

Este tipo de procedimiento se utilizó con el fin de generar zonas aptas para desarrollos urbanos en las planicies estuáricas del Río de La Plata o en la denominada terraza baja definida por Yrigoyen (1993), que de otra manera no podrían urbanizarse por el recurrente riesgo de inundación durante las crecidas.

Este ambiente natural corresponde al sistema de humedales de la cuenca del Río Lujan (Kandus, 1997), y como tal constituye un sistema clave por su contribución a la biosfera en términos de productividad y diversidad. Los mismos proveen un sinnúmero de beneficios y servicios a la sociedad, como el mantenimiento de la

calidad y disponibilidad del agua, el control de inundaciones, la circulación de nutrientes y sedimentos, la provisión de recursos para las poblaciones humanas y de hábitat para fauna silvestre así como en la conservación de la biodiversidad (Mitch y Gosselink, 2000).

A pesar de ello, estos ambientes fueron considerados como tierras marginales que debían ser recuperadas para extender el área urbanizable. La idea dominante de los desarrolladores urbanos fue, hasta el momento, eliminar estos terrenos porque no tenían valor agrícola, ganadero ni urbanístico. En los últimos años y con el avance de la urbanización hacia el Río Lujan, para favorecer la navegación deportiva y ampliar el espectro de usos del territorio, han surgido los barrios privados formados a partir del relleno artificial sobre estos humedales.

Los nuevos emprendimientos urbanos son proyectos que incluyen lagunas artificiales que han cambiado las características originales del paisaje y el equilibrio ecológico de los humedales asociados (Marcomini *et al.*, 2010).

La expansión areal descontrolada de este tipo de emprendimientos modificará en el futuro las características naturales del sistema de humedales de la planicie aluvial del Río Lujan y en consecuencia alterará la biosfera en términos de productividad y diversidad. Por este motivo es importante que los nuevos emprendimientos conserven parcialmente sectores con características naturales como “áreas de reserva” que pueden ser empleados como zonas de recreación, esparcimiento y educación sobre los sistemas costeros naturales.

El relleno de estas zonas muchas veces obtura los drenajes naturales favoreciendo la recurrencia de inundación en los cursos fluviales aguas arriba y de los canales artificiales que drenan al Río Lujan.

Con el crecimiento descontrolado de la urbanización están en riesgo la vida y reproducción de numerosas especies.

Las lagunas que se forman artificialmente, necesitan de un control y monitoreo periódicos de la calidad del agua, ya que son propensas a disminuir el contenido de oxígeno. Asimismo debe establecerse la obligatoriedad para estos nuevos emprendimientos de conectarse a redes cloacales con tratamiento ya que, de no haber control de los desechos, son muy propensas a desarrollar fenómenos de eutrofización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cavallotto, J.L., 2002. Evolución holocena de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 57(4):376-388.

Cavallotto, J. L., 2008. Geología y geomorfología de los ambientes costeros y marinos, En: D. Boltovskoy (Ed.) *Atlas de Sensibilidad Ambiental del Mar y la costa Patagónica* (<http://atlas.ambiente.gov.ar/index.htm>). Proyecto ARG 02/018 “Conservación de la Diversidad Biológica y Prevención de la Contaminación Marina en Patagonia”, donación GEF N° 28385 (1994-1997). Gestión: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, PNUD, Servicio de Hidrografía Naval, Fundación Funprecit.

Cavallotto, J.L. y Violante, R. A., 2005. Geología y Geomorfología del Río de la Plata. En: de Barrio, R., Etcheverry, R. O., Caballé, M. F. y Llambías, E. (Eds.) *Geo-*

- logía y recursos minerales de la Provincia de Buenos Aires*. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, Cap. XIV: 237-253
- Cavallotto, J. L. y Violante, R. A., 2007. El río de La Plata y delta del Paraná En: Nabel, P. y Kullok, D, 2007. *Atlas Ambiental de Buenos Aires*. Museo Bernardino Rivadavia, 112p: il.; 33x33. (<http://AABA.edu.ar>)
- Cavallotto, J.L.; Violante, R.A y Nami, H. G., 2002. Late Pleistocene-Holocene Paleogeography and Coastal Evolution in Mouth of the Río de La Plata: Implications for the Human Peopling in the South America. 2002. *Current Research in the Pleistocene*, 19: 13-16.
- Cavallotto, J.L., Violante, R.A. y Parker, G., 2004. Sea level fluctuation during the last 8600 yrs in the Río de La Plata (Argentina). *Quaternary International*, 114 (1): 155-165.
- Cavallotto, J.L.; Violante, R.A y Colombo, F., 2005. Evolución y cambios ambientales de la llanura costera de la cabecera del Río de La Plata. 2005. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 60 (2): 353-367.
- Ciotti, A. M., C. Odebrecht, G. Fillmann y O. O. Moller Jr., 1995. Freshwater outflow and subtropical convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf, Continental Shelf. Research, 15: 1737-1756.
- Codignotto, J.O. y S.C. Marcomini, 1993. *Argentine Deltas Morphology. Coastal Zone 93*. Nueva Orleans. U.S.A., I: 323-336.
- Degens, E. T., S. Kempe y J. E. Richey, 1991. *Biogeochemistry of Major World Rivers*, John Wiley, Hoboken, N. J.
- Depetris, P. J., S. Kempe, M. Latif, y W. G. Mook, 1996. ENSO controlled flooding in the Parana River (1904- 1991), *Naturwissenschaften*, 83, 127-129.
- Hochstein, A. B., y Adams, C. E., 1989. "Influence of vessel movements on stability of restricted channels," *Journal of Waterway, Port, 4 Coastal, and Ocean Engineering*, American Society of Civil Engineers, 115(4), 444-465.
- INDEC, 2001. Censo Nacional de Población y Vivienda 1991 y Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001.
- Kandus, P., 1997. Análisis de patrones de vegetación a escala regional en el bajo Delta Bonaerense del Río Paraná (Argentina). Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires, 1997.
- Marcomini S.C. y López R. A., 2006. La línea de costa del Río de La Plata". Manual de manejo costero para la provincia de Buenos Aires. Eds: I. Isla y C. Lasta. EUDEM, Mar del Plata, 85-112.
- Marcomini S.C, López R.A. y Kalesnik, F., 2010. Caracterización ambiental y geomorfológica de los márgenes de cuerpos de agua artificiales en la planicie costera del Río de La Plata. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al ambiente*, 24(1): 35-40.

- Maynard, S. T. y Siemsen, T. S., 1991. "Return velocities induced by shallow-draft navigation." *Proceedings of the 1991 National Conference on Hydraulic Engineering*. American Society of Civil Engineers, R. M. Shane, ed., New York, 894-899.
- Mechoso, C. R. y G. Perez-Iribarren, 1992. Streamflow in southeastern South America and the Southern Oscillation, *Journal of Climate*, 5:1535-1539.
- Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink, 2000. *Wetlands*. (2a. Ed.), Van Nostrand Reinhold Company, Nueva York.
- Muelbert, J. H. y Sinque, C., 1996. The distribution of bluefish larvae (*Pomatomus saltatrix*) in the continental shelf of southern Brazil, *Marine Freshwater Research*, 47:311 - 314.
- Parker, G., 1990. Estratigrafía del Río de La Plata. *Revista de La Asociación Geológica Argentina*, 45(3-4):193-204.
- Parker, G. y S. Marcolini, 1989. Transporte de sedimentos en el Río de La Plata. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrografía y Sedimentología*, 20(1/4):43-52.
- Parker, G. y S. Marcolini, 1992. Geomorfología del delta del Paraná y su extensión hacia el Río de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47(2):243-250.
- Piola, A. R., E. J. D. Campos, O. O. Moller Jr., M. Charo, y C. M. Martinez, 2000. Subtropical shelf front off eastern South America, *Journal of Geophysical Research*, 105:6566- 6578.
- Violante, R.A., Parker, G. y Cavallotto, J.L.. 2001 Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la Bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (1): 51-66.
- Parker, G. y Paterlini, M. 1990. Apantallamientos acústicos en sedimentos gasíferos del Río de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 45 (1-2):17-28.
- Pereyra, F., Marcomini, S, López, R., Merino, M y Nabel, P, 2000. Caracterización del medio físico de la ciudad de Buenos Aires y del área Metropolitana. Convenio específico entre la Secretaría de Planeamiento urbano y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Informe Inédito. Secretaría de Planeamiento Urbano. Municipalidad de La Ciudad de Buenos Aires. 140-191.
- Sunye, S P. y Servain, J., 1998. Effects of seasonal variations in meteorology and oceanography on the Brazilian sardine fishery, *Fish. Oceanography*, 7: 89- 100.
- Yrigoyen, M. R., 1993. Morfología y Geología de la ciudad de Buenos Aires. *Actas Asoc. Arg. Geol. Apl. Ing.*; VII:7-38.

EL PROCESO ANTRÓPICO EN LA MODIFICACIÓN COSTERA DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Silvia Cristina Marcomini y Rubén Alvaro López

INTRODUCCIÓN

La Ciudad de Buenos Aires se emplaza sobre el margen sur del estuario del Río de La Plata.

La ocupación humana, desde la época de su Segunda Fundación en el año 1580, ha modificado las geformas y la dinámica original del estuario. En consecuencia, los cambios en las morfologías costeras se han producido como consecuencia del proceso antropogénico, en lugar de responder al proceso marino como ocurre en costas naturales.

La ciudad de Buenos Aires es en la actualidad una megaciudad con aproximadamente 11 millones de habitantes y los rasgos morfológicos actuales corresponden en su totalidad a morfologías producidas por el hombre. En consecuencia su evolución costera ha respondido a cambios relacionados con procesos históricos producidos por conflictos políticos, sociales y económicos que han actuado como agentes modeladores del paisaje costero durante los últimos 200 años.

GEOFORMAS COSTERAS ORIGINARIAS

Las características geomorfológicas costeras, reconstruidas a partir de mapas históricos y litografías, muestran que a principios de siglo XVIII, la ciudad estaba conformada por un acantilado inactivo cuya base era alcanzada por las aguas del río durante las sudestadas. El fuerte ocupaba una saliente o cabo (Figuras 1 Ay B) y la costa, delimitada por el acantilado, se internaba hacia el continente desde el actual Parque Lezama y desde Retiro por el norte.

Al norte de Retiro, la zona costera estaba constituida por una planicie estuárica, que permanecía anegada durante mareas extremas o sudestadas (Zona de Recoleta, Palermo y Belgrano). Mientras que por el sur se extendía una zona altamente anegadiza integrada por la planicie aluvial del Riachuelo (Figura 1 A).

Hacia el estuario, como puede observarse en el plano de Bermudez del año 1709 (Figura 1 A), existía un canal que se denominaba “Canal del Riachuelo” o “Riachuelo de Los Navíos”, el cual se encontraba separado del Río de La Plata por una baja y anegadiza isla llamada “Isla del Pozo”. En este canal se refugiaban los navíos de las tormentas. Se accedía desde la zona de Retiro en forma subácuea, haciéndose visible a la altura de los Hornos de San Pedro.

Este brazo del Riachuelo (con su antigua boca) se obturó naturalmente a fines del siglo XVIII, (Nágera, 1936, Zabala y Gandía, Gandía, 1936, Gandía, 1936 y Hollockwan, 1996), provocando, luego de 1786, la apertura natural de una canal en la desembocadura actual del Riachuelo llamado del *Traginista*, Gandía (1939).

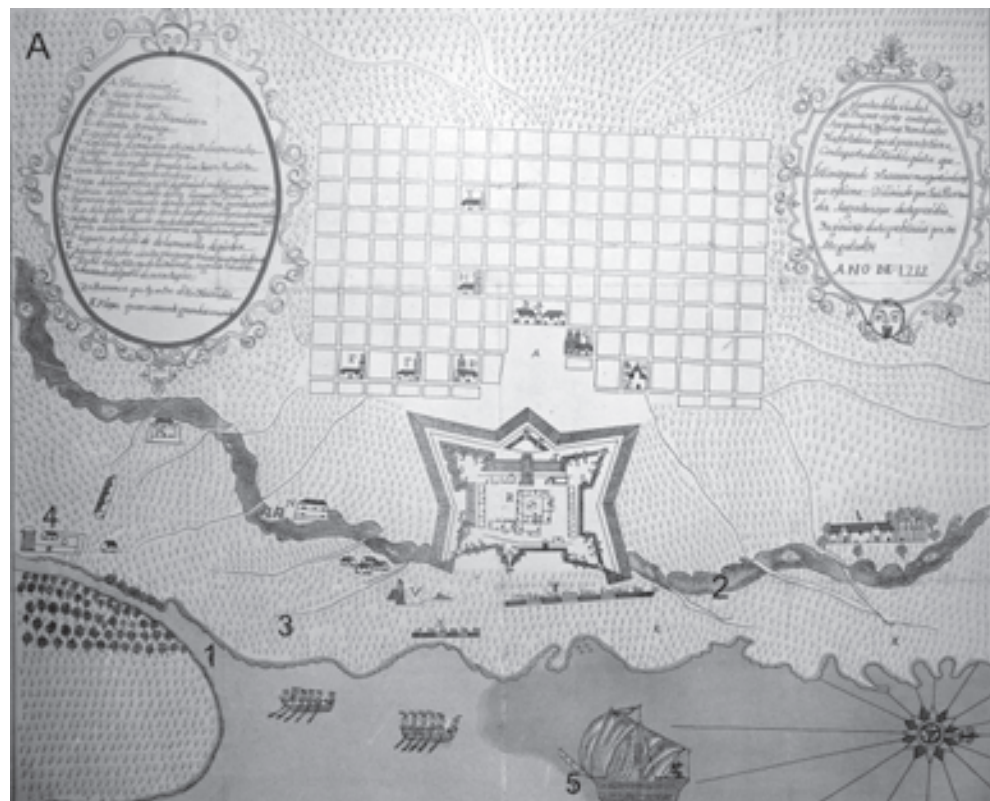


Figura 1. A: Plano de José Bermúdez, 1709. Canal submarino del Riachuelo donde ingresaban sólo embarcaciones menores por la baja profundidad con aproximadamente 90 cm de profundidad (1), el acantilado (2), al frente la planicie estuárica (3). Guardia para el ingreso al Riachuelo (4), Fondeadero de embarcaciones de mayor calado (5). Fuente: Instituto Histórico de la Ciudad de Buenos Aires. B. Oleo de Richard Adams Schmith, retratando el Puerto de Buenos Aires en 1834. Fuente: Museo Nacional de Bellas Artes

En las Figura 1B y 2 se observan las geoformas costeras originarias. La costa estaba integrada por un acantilado que disectaba la terraza alta con una cota de 20 m (Yrigoyen 1993). Actualmente se lo reconoce en las barrancas que componen Parque Lezama, Plaza de Mayo, Plaza San Martín y Barrancas de Belgrano.

Asimismo se encontraban extensas plataformas de abrasión, muy irregulares, labradas sobre sedimentitas del Ensenadense, sobre las cuales se depositaban playas de arena fina que eran colonizadas posteriormente por el junco, favoreciendo la acumulación de sedimentos (Figura 2).



Figura 2: Vista de la costa hacia 1860 desde la altura de la Calle Corrientes hacia el norte. Puede observarse la Aduana Taylor con su muelle (H), a la derecha la estación central (B), el pasaje de un tren y la defensa costera construida para las vías. A nivel geomorfológico se distingue el reemplazo del paleoacantilado por el "Muro de la Alameda" (C), la plataforma de abrasión (D) y los depósitos arenosos de playa (E), donde comenzaban a colonizar los juncos. Departamento de Documentación fotográfica, Archivo Histórico de la Nación.

La ciudad asimismo estaba surcada por numerosos arroyos que desembocaban en el estuario, llamados de sur a norte Tercero del sur o Zanjón de Granados, Tercero del Medio o Zanjón de Matorras, Arroyo Manso, Maldonado, Vega, White y Medrano (Figura 3). La mayoría de los arroyos eran de régimen transitorio y la ciudad quedaba fragmentada luego de fuertes precipitaciones.

Las playas estaban constituidas por bancos subparalelos alineados, de 25 y 45 m de longitud de onda que ocupaban extensiones variables entre 150 y 500 m. Las barras y canales longitudinales reflejaban la dinámica natural del estuario del Río de La Plata y estaban constituidas por arenas finas limosas (Figura 4).

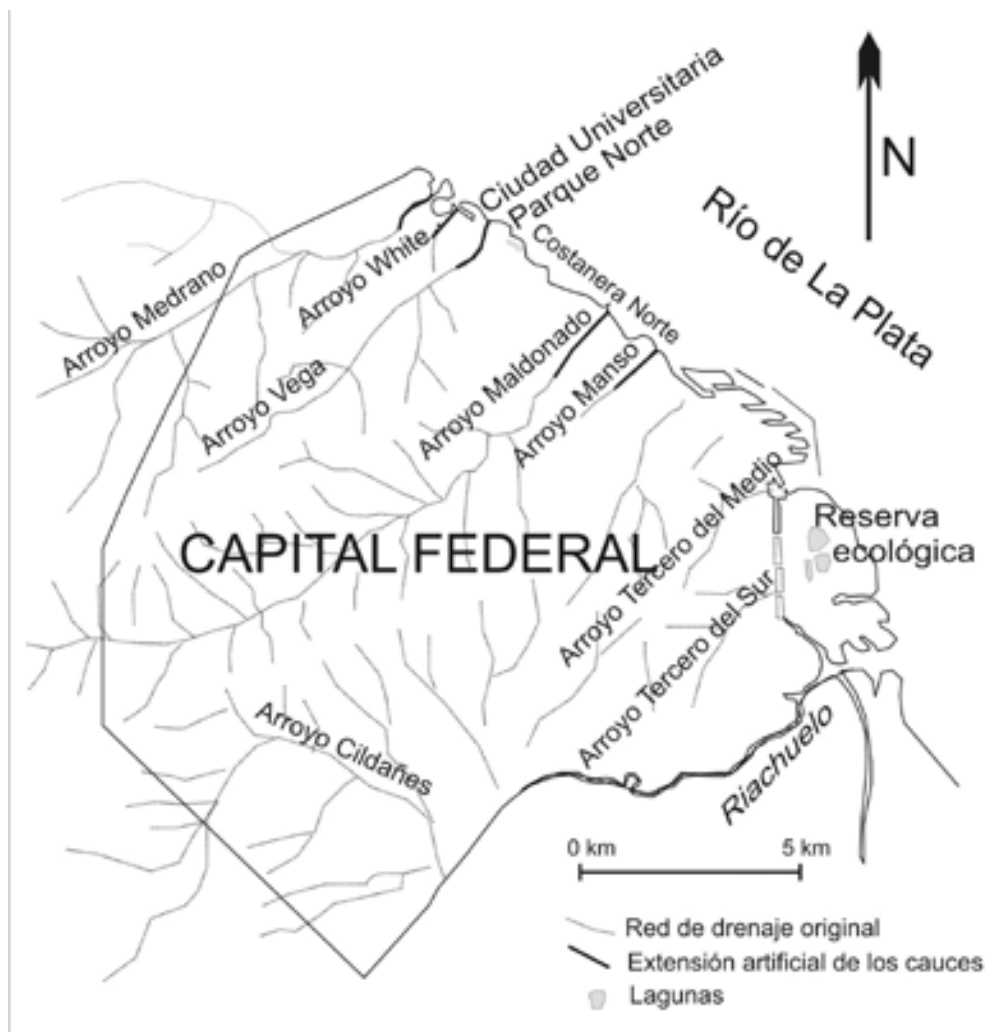


Figura 3: Ubicación de los principales arroyos que atravesaban la ciudad y que actualmente están entubados.

La ocupación litoral, a principios del siglo XIX, estaba relacionada con la población de menores recursos, porque no se valoraba el baño público. En consecuencia, los habitantes que hacían uso de la ribera eran lavanderas, aguateros, pescadores, transportistas de carros para desembarco de pasajeros y cargas, animales y los cazadores de patos (Figuras 3 y 4). Asimismo, debido a la escasa valoración social que tenía la playa, constituían sitios de depositación de diversos tipos de residuos.



Figura 4: Topografía ridge and runnel en la playa de la época colonial. Departamento de Documentación fotográfica, Archivo Histórico de la Nación.

EL PROCESO ANTROPOGÉNICO Y LA MODIFICACIÓN EN LA MORFOLOGÍA Y DINÁMICA LITORAL

Desde el siglo XIX la costa céntrica de la ciudad de Buenos Aires adquiere las mayores modificaciones geomorfológicas, relacionados con los cambios sociales, económicos y políticos de la sociedad y que provocaron diversos conflictos de intereses en el uso de la zona costera.

Las acciones humanas más importantes, que modificaron las geoformas de la zona litoral, fueron: *la actividad portuaria* (zona de desembarco de mercaderías y pasajeros), *el uso como espacio público*, *el transporte ferroviario*, *la construcción del puerto de Buenos Aires y los rellenos artificiales*.

a) **Actividad portuaria:** A fines del siglo XVIII, Buenos Aires aumentó su actividad portuaria y como consecuencia se iniciaron las primeras alteraciones morfológicas en la costa. Estos cambios comenzaron en 1853 con la demolición del fuerte y continúa en 1855 con la construcción de la "Aduana Nueva o Taylor", (Figura 2) y con el Muelle de Pasajeros, en el entonces denominado Bajo de la Merced, entre las actuales calles Bartolomé Mitre y Perón.

A pesar de estos avances, el uso del muelle aún resultaba incómodo para el desembarco, por la baja pendiente de la playa y la escasa profundidad. Los buques debían fondear a varios kilómetros de distancia según el estado del río, en una

depresión de 3 a 5 m de profundidad al frente del fuerte que se denominaba “Las balizas exteriores”. Cuando llegaba un buque al puerto se le acercaban, pequeñas embarcaciones a vela provenientes del Riachuelo, para transbordar a los pasajeros, su equipaje y la carga del buque (Figura 5). El pasajero debía pasar a una ballenera a vela que lo acercaba a la costa y una vez que, por falta de agua, no podía avanzar más, debía trasbordar a una especie de vehículo anfibio. Estas carretillas estaban provistas de ruedas altas, y eran tiradas por dos caballos que avanzaban lentamente con el agua hasta el eje. *“Pasaba por entre los pozos y tosca, que como estaban cubiertos de agua no se veían, dando lugar a una especie de tumbos y sacudidas que con el chapoteo de los caballos en el agua dejaban molido y empapado al pasajero que así recibía una pésima impresión de la ciudad”* (Coni, 1918). Posteriormente estos vehículos fueron reemplazados por los carros de cajón, más altos, anchos y tirados al pecho. Cuando la bajante no permitía la llegada de las embarcaciones al muelle de pasajeros el traspaso a las carretas debía hacerse en medio del río a caballo o sobre los hombros de algún marinero.



Figura 5: Goletas y paillebotes, operando por medio de carretes, fotografía captada desde el antiguo muelle de pasajeros, antes de 1887. Se distinguen las balleneras a vela en el fondo y al frente los carros para el traspaso de pasajeros. Foto del Archivo de Vías Navegables, Historia y Arqueología Marítima (HISTARMAR).

b) Uso de la ribera como espacio público

La progradación artificial de la costa de Buenos Aires se inició por la necesidad de la crear un paseo público, ya que, el único espacio de encuentro social de la época era la plaza la Plaza Mayor. En 1757 se trajeron 3000 sauces para construir el paseo de la Alameda, al que posteriormente se agregaron ombúes y naranjos de las islas del Paraná. (Berjman, 2001). Este primer episodio de avance de la línea de costa hacia el río por relleno artificial, se realizó para impedir la inundación del mismo durante las crecientes del río. En 1804, Sobremonte, restauró y mejoró el paseo y lo inauguró el 4 de Diciembre de 1804. El mismo se extendía desde la Calle Rivadavia hasta Sarmiento.

Posteriormente, en 1844 el ingeniero Felipe Senillosa construyó, por orden de Rosas, una muralla con una verja de hierro que denominó “muro de la Alameda” (Figura 2C), y que llegaba hasta la calle Corrientes, constituyendo el primer paseo público, que contaba con calles de macadán, faroles y casuarinas. D’orbigny (1958) caracterizó las actividades del paseo diciendo, *“Es la hora del paseo en la Alameda, la de la actividad aristocrática. La Alameda, que continua el bajo, es el lugar más agradable de la ciudad y por la frescura, la pureza del aire que allí se respira y la variedad de objetos que se presentan”*.

c) **Inauguración de las primeras vías de ferrocarril.** Hacia 1860, las primeras vías de ferrocarril conectaban la ciudad con las zonas norte y sur. Estos viaductos ocupaban la playa y plataformas de abrasión y sus bases quedaban bajo el agua durante las crecientes del río (Figura 6).

En el plano de 1866, levantado por Aymez, el Ferrocarril del Sud partía de la estación Venezuela, el Ferrocarril del Norte de la zona de Retiro y diferenciaba un proyecto de un Tramway que llegaría hasta la Aduana.

El primer tramo del ramal del Ferrocarril a La Ensenada fue inaugurado en 1865 y partía de la estación Venezuela, ubicada en la intersección de la calle de ese nombre y Paseo Colón y llegaba hasta la estación Tres Esquinas en Barracas. La estación terminal se levantaba al final de la calle Venezuela, cuando aún no existía la Av. Paseo Colón, es decir con el río próximo a los andenes, lo que obligó a levantar las vías sobre un viaducto formado por un alto andamiaje de hierro y madera. En la calle Balcarce próxima, a la calle Alsina, se podía ver una chimenea cuadrada conocida como el Molino de San Francisco (Figura 5).

En 1864, los representantes del Ferrocarril del Norte y La Boca-Ensenada, acordaron la construcción de una estación que pusiera en contacto a ambos ferrocarriles. Nació así la Estación Central, en Paseo de Julio (Leandro N. Alem), entre Cangallo y Rivadavia, inaugurada el 31 de diciembre de 1872. (Figura 7)

La vida de la Estación Central no fue muy larga, ya que el 14 de febrero de 1897 un incendio desbastó sus instalaciones. La línea Buenos Aires a Ensenada volvió a su estación Venezuela y más tarde a la de Casa Amarilla, en el barrio de La Boca.

(Atlas Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires, 2010)

Por la misma época tuvo origen el Ferrocarril del Norte de Buenos Aires, con la construcción de una línea desde la Aduana Nueva (Paseo Colón y Victoria) hasta el oeste de la Usina de Gas (Retiro) y por el río hasta el canal de San Fernando. La línea Belgrano en 1863 llegó a Rivadavia, Olivos y San Isidro; el 4 de febrero de 1864 a San Fernando y un año después a Tigre.



Figura 6: Vista de la costa desde el fuerte hacia el sur en 1870. Se distingue el andamiaje de hierro del Ferrocarril del Sud sobre la plataforma de abrasión y playa del bajo. Departamento de Documentación Fotográfica. Archivo General de la Nación.

En 1880 el tramo de sur la ribera del estuario se transformó por relleno artificial en la Avenida Paseo Colón.

d) Construcción del Puerto de Buenos Aires

Para fines del siglo XIX, Buenos Aires necesitaba de un puerto debido a su carácter agroexportador y por la urgencia de los grandes latifundios de vender su ganado, cereales y carne al exterior y recibir a cambio productos manufacturados del mercado europeo, en general artículos de lujo y de gran calidad.

Por este motivo en 1880 surgen las disputas por la construcción del puerto de la ciudad, cuyos proyectos más conocidos son los de Huergo y Madero que llevaron a confrontaciones por más de tres décadas.

El proyecto del puerto tuvo gran oposición, en un principio, por los lancheros, dado que gran parte de los traslados de mercancías y pasajeros se realizaban a través de ellos.

Los sucesivos proyectos que impulsó Madero, proponían la localización del puerto sobre el frente de la ciudad y proyectaban la construcción de dos canales, uno al sur y otro al norte, que saliendo del canal principal del Río de la Plata definían dos dársenas de acceso a la entrada de cada canal. Entre las dársenas y ocupando todo el frente urbano se ubicaban cuatro diques interconectados entre sí. (Maestripietri 1992)



Figura 7: Vista de la zona costera en 1887, durante la iniciación de las obras de Puerto Madero. Se puede observar la progradación costera por relleno artificial sobre el río de La Plata para la construcción de Puerto Madero. En la fotografía se distingue la Estación Central, la Aduana Taylor y hacia la derecha el Paseo de Julio, actual Leandro N Alem.

En contraposición, el proyecto de Huergo que, consistía en dragar el cauce del Riachuelo, logrando que los veleros, vapores y los primeros trasatlánticos amarraran en el Riachuelo. Este proyecto proponía unificar el acceso al puerto por el canal sur, y la construcción de dársenas a abiertas o dentiformes. **(Historia y Arqueología marítima, Puerto de Buenos Aires, 2010)**

Finalmente en 1883 se aprueban los planos definitivos del puerto de Buenos Aires y en 1887 se iniciaron las obras, inaugurando la primera sección el 28 de enero de 1889, el dique N° 2 en 1890 y el N° 3 en 1892. (Historia y Arqueología Marítima, 2010). El 24 de junio de 1897, después de transcurridos 10 años del inicio se termina el dique N° 4, y Dársena Norte y se inaugura Puerto Madero.

Durante este periodo, de construcción de Puerto Madero quedan sepultas las morfologías naturales originarias de la costa del centro de la ciudad de Buenos Aires y la ciudad queda aislada del río.

Los balnearios Municipales: Luego del avance de la costa por la construcción de Puertos Madero y Nuevo, la ciudad, queda aislada del río. Al mismo tiempo comienzan en Europa, en especial Francia, Inglaterra, España y Portugal, a valorizarse el uso de los balnearios. Las prácticas balnearias, desarrolladas esencialmente a lo largo del siglo XIX y primeras décadas del XX, se realizaban inicialmente en establecimientos y complejos urbanísticos situados en torno a las fuentes termales con fines curativos o profilácticos (Gil de Arriba 2000).

En Buenos Aires, este auge balneario se registra con la inauguración el 11 de diciembre de 1918 del balneario Costanera Sur. En esta época la costa estaba constituida por un paredón vertical que era alcanzado por el río durante las crecientes y por una playa con topografía de bancos elongados paralelos a la costa. La playa era de muy baja pendiente de manera que los bañistas podían internarse en el río sin correr peligro de ahogarse. A fines de la década del 50 comienza la decadencia del balneario, debido a las aguas contaminadas y a la creación por parte de los sindicatos de nuevos centros de recreación en la zona norte y al desarrollo del delta del Paraná como centro recreativo. En 1969 la dictadura de Onganía utilizó la zona como depósito del ejército y quedó bajo estricto control militar.

Los rellenos Artificiales y el inicio de las reservas naturales entre 1964 y 1991 se rellenaron las mayores superficies costeras correspondiendo un 80% al sector de Reserva Ecológica y la Ciudad Deportiva de Boca (Marcomini y López 2006).

Las tareas de relleno no sólo cambiaron la topografía y morfología de la costa sino que también su configuración. De esta manera los procesos hidrodinámicos naturales se alteran por el cambio en la línea de costa, cambiando localmente las corrientes litorales, la incidencia de los trenes de ola, las tasas de sedimentación y en consecuencia la estabilidad natural. Como consecuencia se registraron desplazamientos en el eje horizontal (progradación) de 200 a 1000 m y vertical (colmatación) hasta 3 m (Marcomini y López 2010).

Los rellenos en la costanera sur se iniciaron a partir del año 1965, mediante la confección de un sistema de albardones semicirculares formados por depositación de materiales de dragado y demolición, que encerraban lagunas que posteriormente fueron parcialmente rellenados y finalmente abandonados en la década del 80. El albardón artificial dio origen a lagunas aisladas de la hidrodinámica del estuario, que evolucionaron en forma semejante a una albufera de agua dulce, cerrada por una espiga de barrera en proceso de colmatación Marcomini y López (2004).

Se generaron sistemas de lagunas de escasa profundidad (entre 1 y 1,5 m), cuyos niveles de agua han variado con el régimen de precipitaciones, el nivel freático y con las condiciones de evaporación, ya que no están conectados con el río. Las lagunas de mayor extensión son la Laguna de los Coipos, la Laguna de los Patos y la Laguna de las Gaviotas.

Estas lagunas fueron colonizadas por plantas vasculares típicas del delta del Paraná y exóticas provenientes de plantas introducidas para el parqueizado de la ciudad. (Faggi y Cagnoni 1987). A su vez las mismas actuaron como sitios de alimentación y reproducción de diversas especies de vertebrados e invertebrados.

Las altas tasas de depositación, la amplia disponibilidad de especies aportadas por el río Paraná, las condiciones climáticas y el ambiente estuarial favorecieron la generación de nuevos ecosistemas a corto plazo (10 y 20 años).

Problemas ambientales generados por los cambios costeros

Como vimos anteriormente, la acción del hombre ha alterado por completo las geoformas naturales, cambiando el ambiente costero. Las alteraciones principales fueron:

1) *Rellenos artificiales*

Las actividades de relleno artificial produjeron una progradación costera de 400 a 1.000 m en la ribera de la ciudad.



Figura 8: Fotos aéreas que muestran la progradación costera por relleno artificial en la zona céntrica de la Ciudad de Buenos Aires. A. Foto de 1964 donde se distinguen los diques de Puerto Madero y la antigua costanera sur. B. Foto de que muestra los rellenos por albardones tipo cabo y la generación de lagunas aisladas de la dinámica del estuario que conforman la actual Reserva ecológica. En línea negra rayada se distingue la posición de la línea de costa natural en la época colonial.

2) Cambio en la configuración de la línea de costa

La depositación del relleno varió la configuración de la línea de costa, alterando las condiciones de depositación - erosión. Este cambio indujo sectores con una tendencia hacia la acumulación, con formación de playas areno-limosas, expuestas durante las bajamares con vientos del norte y noreste, entre las que se destacan Punta Carrasco – Muelle de Pescadores, Espigón Dorrego y Puerto Norte, así como áreas donde se incrementaron las condiciones erosivas tales como Punta Carrasco-Costa Salguero, Reserva Ecológica.

3) Variaciones de las condiciones hidrodinámicas en la desembocadura de los arroyos

Los cambios en la configuración costera alteraron asimismo la hidrodinámica de la desembocadura de los arroyos principales en general favoreciendo la acumulación de sedimentos por obstrucción en su boca (por la tendencia de la dinámica costera a depositar sedimentos desde los sectores entrantes).

4) Alteraciones del nivel freático

La Ciudad de Buenos Aires y el área metropolitana ha sufrido un importante ascenso del nivel freático. En ciertos sectores se han detectado ascensos de hasta 6 m (Wilde - Avellaneda) en los últimos 50 años. Este ascenso fue debido, en su mayor parte, a factores antropogénicos, dentro de los que pueden diferenciarse cuatro causas principales.

- a) Interrupción de la explotación de agua de pozos.
- b) Incorporación de un nuevo factor en la recarga del acuífero, por ingreso de agua al sistema a partir de la distribución domiciliaria mediante tomas en el Río de La Plata
- c) Recargas localizadas por interrupción del escurrimiento debido al obstáculo que representan las autopistas, vías férreas, o rellenos.
- d) Barreras de impermeabilización en los sectores costeros por rellenos sanitarios.

5) Impermeabilización superficial

La urbanización ha producido un incremento de la impermeabilización superficial, y por consiguiente un aumento en la escorrentía superficial, la cual ha contribuido a intensificar las inundaciones durante fuertes lluvias ya que el agua no puede ser evacuada con rapidez. Por ello es importante respetar los espacios verdes en futuras urbanizaciones, disminuyendo el valor del FOT de los espacios a construir.

6) Desintegración de la red fluvial

El territorio que ocupa la Ciudad de Buenos Aires estaba surcado por numerosos cursos fluviales, ríos y arroyos de pequeñas dimensiones que desembocaban en el Río de La Plata. En la actualidad estos cursos han perdido sus rasgos naturales, se encuentran entubados por debajo de la ciudad, canalizados o han desaparecido. Esto provocó una desintegración de la red de drenaje natural incrementando las zonas anegadizas.

7) Rectificación y eliminación de planicies aluviales en ríos y arroyos

Gran parte de los ríos y arroyos que discurrían por la ciudad presentaban hábitos sinuosos y planicies aluviales. El hombre al canalizarlos no respetó sus hábitos originales y cambió su curso, rectificándolos y eliminando sus planicies aluviales. Esto alteró la hidrodinámica, disminuyendo la capacidad de evacuación de agua durante las tormentas y favoreciendo el anegamiento.

8) Cambio en el perfil longitudinal de los arroyos

Los arroyos que atravesaban la Ciudad de Buenos Aires desembocaban directamente en la antigua costa del Río de la Plata. Las sucesivas tareas de relleno llevadas a cabo en la ciudad modificaron la línea de costa produciendo una migración de las desembocaduras hacia el interior del estuario. Eso produjo un cambio en el gradiente longitudinal de los ríos. Los tramos correspondientes al relleno, presentan una pendiente menor que el gradiente natural del río, al mismo tiempo que se emplazan a cotas muy bajas. La modificación del gradiente en las desembocaduras, así como la baja cota a la que se encuentran los tramos distales de estos arroyos hacen que se obturen durante las sudestadas, potenciando el riesgo de inundación. Se han registrado desplazamientos de la desembocadura por relleno de 1 a 2 km, lo que indujo a los arroyos una disminución en el gradiente entre un 10 y un 40 %.

9) Cambios morfológicos y topográficos

Las variaciones en las morfologías naturales (planicies de inundación, interfluvios, terrazas marinas) por relleno cambian los drenajes superficiales, incrementando por lo general el anegamiento, en especial si los cambios se producen en los sectores correspondientes a la antigua terraza baja o a lo largo de arroyos obturando el drenaje.

LA COSTA ACTUAL

La costa actual de la Ciudad de Buenos Aires, ha perdido por completo sus características morfológicas originales. Las geoformas costeras actuales son el resultado de proyectos arquitectónicos, ingenieriles o urbanísticos. De esta manera la costa ha adquirido estructuras rígidas como paredones verticales, inclinados, montículos de bloques o espigones.

En otros casos, la intervención del hombre estuvo relacionada con la construcción del puerto a fines del siglo XIX o con el abandono de proyectos de relleno artificial iniciados en la década de 1970. Los cuales no llegaron o a su finalización, generando nuevos ecosistemas adaptados a las condiciones climáticas e hidrodinámicas del estuario del Río de La Plata.

En la actualidad la costa constituye un paisaje compuesto donde el principal proceso modelador es la acción humana. Las morfologías costeras responden a geoformas de erosión marina como acantilados labrados sobre sedimentos de relleno por la acción del oleaje durante las sudestadas.

En cuanto a las nueva morfología de playas, la hidrodinámica del estuario del Río de La Plata tiene la energía suficiente como para re trabajar los bloques provenientes de materiales urbanos transformándolos en rodados y arena por redondeamiento y fragmentación de clastos de origen urbano (Figura 9 A y B). De esta manera se reconocen, en la actualidad, playas de rodados de variada composición compuestos por materiales provenientes de hormigón, azulejos, vidrios, ladrillos, asfalto, vigas de hierro, etc.

En muchos casos es posible reconocer subambientes de playa de pendiente importante integrados por bermas de tormenta sobre rodados de origen urbano.

De esta manera, las antiguas playa de muy baja pendiente compuestas por arena fina que se depositaban sobre la plataforma de abrasión en la época colonial, han sido sustituidas por playas de bloques y rodados de materiales urbanos. El

acantilado sobre el cual se asentó el fuerte de Buenos Aires, ha quedado bajo las estructuras de la ciudad y en la actualidad las sudestadas labran nuevos acantilados sobre depósitos artificiales de relleno.



Figura 9 A. Perfil de playas actuales del estuario compuestas por rodados de materiales urbanos. Se distingue una berma de tormenta y hacia le continente el acantilado. B. Detalle de la composición de los materiales originarios que componen las playas actuales. 1. Ladrillo, 2. Asfalto, 3. Cemento. 4. Granitos. 5. Baldosas.

La ocupación costera, los conflictos políticos, sociales y urbanísticos han marcado la evolución de la costa de Buenos Aires, en mayor medida que los procesos naturales. Por ello resulta imprescindible, en un futuro, diagramar una línea de costa para la ciudad, que respete los ecosistemas naturales que se han generado en los últimos 20 años como espacios de recreación y educación para las próximas generaciones y que acerque a la población al uso de la ribera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Feitas, J.G., 2009. Episodes of coastal erosion in the second half of the XIX Century and its relation with the development of the coast of bathing use- the case of Spinho, Nazaré and Elizeira. *Journal of Coastal Research*, SI, 56:622-626.

Berjman, S., 2001. *La plaza española en Buenos Aires*. 1580-1880. 205p.

Coni, E., 1918. *Memorias de un médico higienista* (Contribución a la historia de la higiene pública y social). Buenos Aires: A. Flaiban.

D'Orbigny, A. D., 1958. *Viaje a la América Meridional*. Biblioteca Indiana, Aguilar. Tomo, pag. 13. Madrid.

Faggi A.M. y Cagnoni M. 1987. Flora del Parque Natural Costanera Sur. *Parodiiana* 6(1):49-66.

Gandía E., 1936. Determinación del lugar en donde Don Pedro de Mendoza fundó Buenos Aires. *Revista Geográfica Americana*. III, 29:77-86.

Gandía E., 1939. Historia de la Boca del Riachuelo. 1536-1840. *Ateneo Popular de la Boca*. 1-255

Gil de Arriba, C., 2000. La difusión social y espacial del modelo Balneario: de la innovación médica al desarrollo de las prácticas de ocio. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona [ISSN 1138-9788, 69 (40).

Holocwan, P.T., 1996. Evolución y acreción antrópica en el sector costanero de la ciudad de Buenos Aires. *Actas de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería*. X: 144-168. Buenos Aires.

López, R.A. y Marcomini, S.C., 2004. Evaluación de los riesgos ambientales por antropogénesis y su valoración frente a futuros cambios climáticos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59, 3:416-422.

Maestripieri, E., 1992. *Buenos Aires - Puerto 1887-1992*. Inventario de Patrimonio Urbano. Eds: Aslan, L. - Joselevich I. - Novoa G. - Saiegh D. - Santaló, A., 14-16, Buenos Aires

Marcomini, S. C. y López, R A, 2004. Generación de nuevos ecosistemas litorales

por albardones de relleno en la costa de la ciudad de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 59,2: 261-272.

Marcomini S.C. y López R. A., 2006. La línea de costa del Río de La Plata". *Manual de manejo costero para la provincia de Buenos Aires*. Eds: I. Isla y C. Lasta. EUD-DEM, Mar del Plata, 85-112.

Marcomini S.C y López R.A., 2010. Modificaciones antrópicas en la evolución costera de la ciudad de Buenos Aires, Argentina. *ANTROPICOSTA IBEROAMERICA 2010*. São Paulo, Iguape e Cananéia, Brasil – Resumen extendido 3p.

Nagera, J.J., 1936. Puntas de Santa María del Buen Aire. Lugar de la fundación de don Pedro de Mendoza, Buenos Aires.

Taullard, 1940. *Los planos más antiguos de Buenos Aires 1580-1880*. Ed: J. Peuser, S.A. pp 267.

Yrigoyen, M.R., 1993. Morfología y Geología de la Ciudad de Buenos Aires. *Actas de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería*, VII:7-38.

Zabala, R y Gandía, E., 1936. *Historia de la ciudad de Buenos Aires*, 1 (1536-1718) Buenos Aires MCMXXXVI, pp. 18 a 38.

Sitios web

Atlas Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires. <http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/index.php?lang=es>

Gobierno de la ciudad de Buenos Aires. Reserva Ecológica Costanera Sur.

http://www.buenosaires.gov.ar/areas/med_ambiente/reserva/?menu_id=2486

Historia y Arqueología Marítima. Puerto de Buenos Aires.

<http://www.histarmar.com.ar/Puertos/IndicePtoBuenosAires.htm>

Memoria visual de Buenos Aires.

<http://www.memoriabuenosaires.com.ar/costasur.htm>

Museos de Buenos Aires, 2010. Dirección General, Ministerio de Cultura, Ciudad de Buenos Aires. El balneario Municipal Sur. http://www.museos.buenosaires.gov.ar/dgm_centrodemuseos_h.htm#munich

TODOTREN. Argentina: Historia. Los ferrocarriles, sus orígenes, 2010. http://www.todotren.com.ar/mundo/origen_2.htm

Archivos Consultados

Archivo General de la Nación.

Archivo de la Biblioteca Nacional

Archivo del Instituto Histórico de la ciudad de Buenos Aires

Archivo de Vías Navegables

Archivo del Museo Nacional de Bellas Artes

CONTAMINACIÓN COSTERA EN LA ARGENTINA: COMPUESTOS ÓRGANO-ESTAÑOSOS (TBT) Y MALFORMACIONES SEXUALES (IMPOSEX) EN CARACOLES MARINOS

Gregorio Bigatti, Andrés Averbuj, Mónica Primost, Maximiliano Cledón, Soledad Zabala, Silvia V. Teso, Mariano Cumplido y Pablo E. Penchaszadeh

INTRODUCCIÓN

EFFECTOS INDESEABLES DE LAS INCRUSTACIONES BIOLÓGICAS EN EL MAR.

El "fouling" es la incrustación de organismos vivos y no vivos en superficies que se encuentran en contacto con el agua. Este tipo de incrustación, en el casco de una embarcación, aumenta enormemente la resistencia a la fricción, reduciendo su velocidad y aumentando el consumo de combustible. Una solución para abordar este problema fue la fabricación de pinturas anti-incrustantes que evitaran la adhesión de organismos. Estas pinturas contienen compuestos biocidas que actúan eliminando a las larvas de organismos incrustantes (Costlow y Tipper, 1984). Para que la acción de los anti-incrustante sea efectiva, se requiere que este compuesto biocida sea liberado progresivamente desde la pintura al medio que lo rodea. El biocida más utilizado actualmente es el tributilo-estaño (TBT). La velocidad de liberación es controlada y constante, dependiendo del movimiento del agua. La efectividad de estas pinturas desde su aplicación, oscila entre 4 y 5 años. La introducción de los compuestos con TBT en el mercado internacional de pinturas anti-incrustantes ocurrió durante los 1960s y se expandió velozmente debido a los costos reducidos y alta efectividad de estos materiales. Luego de su introducción, muchos cuerpos de agua resultaron contaminados con estas sustancias, y a raíz de su presencia, surgieron numerosas investigaciones que incluían los efectos producidos por estos compuestos sobre los organismos marinos, no solo los incrustantes, sino también los que habitaban en el fondo de zonas con tráfico marítimo (Smith, 1971, Alzieu *et al.*, 1986, Gibbs y Brian 1986, Spooner *et al.*, 1991, Penchaszadeh *et al.* 2001, Bigatti y Penchaszadeh, 2005, entre otros).

Los efectos indeseables del TBT en el medio ambiente incluyen la imposición de caracteres secundarios masculinos sobre hembras de gasterópodos, como la neoformación del pene y vaso deferente, fenómeno que se llamó imposex (Blaber, 1970; Smith, 1971). Numerosos estudios acerca de estos efectos sobre los organismos han sido publicados desde entonces, recopilando al menos 200 especies de gasterópodos marinos afectados por el TBT (Gibbs y Bryan, 1994; Gibbs, 1996; Oehlmann *et al.*, 1998; Gooding *et al.*, 1999, 2003; Huaquín *et al.*, 2004; Terlizzi *et al.*, 2004, entre otros). La incidencia de imposex se mide como el porcentaje de hembras que desarrollan un pene o vaso deferente (% de imposex) y una medida del crecimiento del largo del pene en hembras en relación al del macho, llamado ILRP (índice del largo relativo del pene).

El imposex en cenogasterópodos es el efecto negativo del TBT más estudiado. Otros efectos de este contaminante en la biota incluyen malformaciones, mortalidad, y desbalances hormonales en grupos tan diversos como delfines, cangrejos, langostas, ostras, larvas de invertebrados, pastos marinos, y algas (Evans, 1999 y otras referencias allí citadas).

El imposex es un fenómeno reversible a nivel individual o poblacional (Queiroz *et al.*, 2007), pero probablemente sea una cuestión de mayor complejidad a escala ecosistémica, dado que los sedimentos pueden contener TBT y otros compuestos órgano-estañosos durante años posteriormente al cese de su uso. De acuerdo a algunos estudios, las consecuencias del TBT son irreversibles para la mayoría de las especies de caracoles (Evans y Nicholson, 2000). En Australia, se ha demostrado la persistencia del imposex luego de diez años de estar restringido su uso (Gibson y Wilson, 2003).

CARACTERÍSTICAS DE LA COSTA Y PLATAFORMA CONTINENTAL ARGENTINA

La plataforma continental Argentina, en algunos lugares presenta más de 800 km de ancho. La costa Atlántica posee pocos accidentes geográficos notables, aunque los que existen tienen un marcado efecto en la circulación de las aguas. Los rasgos más destacados son la Península Valdés, los golfos norpatagónicos (San Matías, San José y Nuevo) con características oceanográficas locales propias, el amplio golfo San Jorge y la boca del Estrecho de Magallanes. (FPN, 2008).

La costa Argentina exhibe evidencias de que el mar se presentó con elevados niveles durante las fases interglaciales del Pleistoceno y el Holoceno postglacial reconociendo líneas de playas, terrazas marinas y sedimentos estuarinos, los cuales permiten su datación por medio de la depositación de moluscos.

El clima de la costa Argentina es frío y húmedo en Tierra del Fuego, árido y semiárido desde Río Gallegos hasta Bahía Blanca y templado-húmedo hacia el delta del Paraná.

Las mareas a lo largo de la costa Atlántica y en el Río de la Plata son predominantemente semidiurnas. Los rangos de marea son amplios en la costa este de Tierra del Fuego y a lo largo de la costa patagónica, con amplitudes de marea máxima que superan los 10 m en Bahía San Sebastián (Tierra del Fuego). Los ambientes con amplitudes de marea media están presentes desde el área norte de la desembocadura del Río Negro (3,3 m en Punta Redonda) hasta Monte Hermoso, cerca de Bahía Blanca. Toda la costa de la provincia de Buenos Aires presenta las menores amplitudes de marea, teniendo en Buenos Aires 1,0 m.

Los golfos del norte de la patagonia definen el límite sur cálido-templado del suroeste de la provincia Atlántica, la cual también marca una transición biótica en la composición faunística. Las playas de la costa fría-templada del sur (43° S) patagónica son arenosas y gravosas. La costa está conformada por acantilados labrados sobre sedimentos marinos del Cenozoico. Las playas arenosas entre el sur de Brasil (29° S) y Argentina hasta el golfo Nuevo (43° S) muestran un gradiente en su composición faunística representado por organismos de ambientes cálido-templado a frío-templado, donde el Río de la Plata actúa como una efectiva barrera ecológica (Escofet *et al.*, 1979).

En Patagonia muchos de los estuarios tienen bajas descargas y las playas son típicamente dominadas por gravas (Isla *et al.* 2009). La costa patagónica presenta acantilados caracterizados por depósitos marinos y continentales del Terciario, rocas volcánicas del Jurásico y planicies y terrazas constituidas por cordones litorales.

A lo largo de toda la costa se han construido puertos aprovechando la geoforma costera. Estos puertos tienen importante actividad marítima, lo que trae aparejado el problema de la contaminación. Los contaminantes quedan retenidos diferencialmente en el tipo de sedimento en que se encuentren. En general los sedimentos finos y con mayor contenido de materia orgánica son los que retienen contaminantes. En un trabajo realizado por Bigatti *et al.* (2009) se estudió complementariamente la presencia y efecto de contaminantes (órgano-estañosos) en la biota con relación a la estructura sedimentológica de los fondos marinos en cada sitio de muestreo, cercano a los principales puertos y zonas aledañas no poluidas (Fig. 1). En este trabajo se determinó que las zonas más contaminadas estaban relacionadas con el tráfico marítimo y la presencia de sedimentos finos. La granulometría del sedimento fue variable entre sitios, con una predominancia de fracciones arenosas de grano fino y muy fino. Solo unos pocos de estos sitios incluyeron fracciones correspondientes a un Phi de 5 (<62 µm). Unas pocas muestras demostraron un patrón inverso con fracciones predominantemente de arenas secundarias y grava (muestras intermareales 27, 38, y 39).

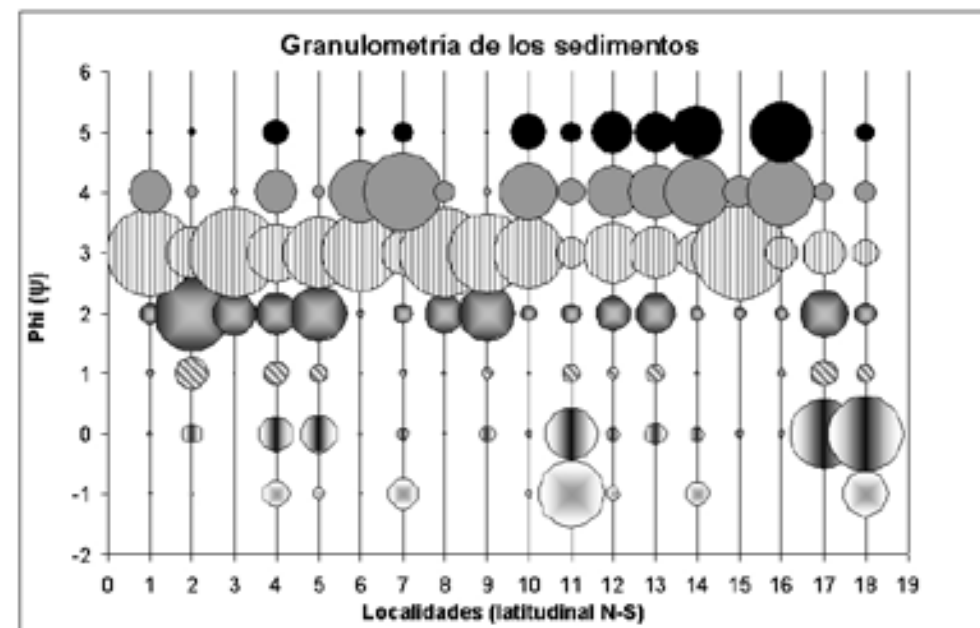


Figura 1: Granulometría porcentual para los diferentes sitios de muestreo a lo largo de la costa Argentina. Los números en las abscisas corresponden a los sitios de muestreo de la figura 3 (tomado de Bigatti *et al.*, 2009).

IMPOSEX EN ARGENTINA

Imposex

Las costas marinas recorren más de 4.700 km en Argentina (Barragán *et al.*, 2003). El fenómeno de imposex fue registrado por primera vez en Argentina en la Provincia de Buenos Aires (aguas afuera de la ciudad de Mar del Plata: 37°50'S) durante 2000, por Penchaszadeh *et al.* El hallazgo fue reportado en *Marine Pollution Bulletin* un año después para los caracoles *Adelomelon brasiliana* (Familia Volutidae) y *Buccinanops monilifer* (Familia Nassariidae). Este trabajo abrió las puertas a sucesivas investigaciones a lo largo de distintas localidades en el Mar Argentino, reportando los efectos del TBT sobre las poblaciones de gasterópodos marinos, su anatomía, crecimiento y reproducción, entre otros.

Varios estudios fueron publicados desde entonces sobre imposex y presencia de TBT en las costas de Mar del Plata y los golfos norpatagónicos Cledón *et al.*, 2006).

Goldberg *et al.* (2004) encontraron concentraciones variables de TBT en la columna de agua y sedimentos de una zona cercana al puerto de Mar del Plata, así como en tejido y ovicápsulas del caracol *Adelomelon brasiliana*. Bigatti y Penchaszadeh (2005) reportaron el fenómeno de imposex por primera vez en Patagonia, relacionándolo con el tráfico marítimo. Bigatti y Carranza (2007) registraron diferencias morfométricas y pérdida de peso en caracoles de zonas portuarias en comparación con individuos de zonas sin tráfico marítimo. Aunque el uso del TBT ha sido prohibido mundialmente desde 2008 (IMO, 2008), y el uso de las pinturas que contienen TBT está prohibido en Argentina (Ordenanza 4/98, DPMA, 1998), las pinturas anti-incrustantes con órgano-estañosos (OT) aún son utilizadas en el país.

Imposex y el Refulado de Playas

El refulado o rellenado de playas definido como la incorporación de sedimentos provenientes de otra localidad, es implementado como una alternativa para combatir la erosión de las costas. Esta siendo utilizado en muchas partes del mundo incluyendo Europa, América del Norte y América del Sur (Marcomini y López, 1999; Van Dalfsen *et al.*, 2000; Simonini *et al.*, 2005; Colosio *et al.*, 2007; Harriague y Albertelli, 2007). En Argentina, entre noviembre 1998 y abril 1999 se produjo el refulado de algunas playas de Mar del Plata lo cual provocó el transporte de alrededor de 2,5 millones de m³ de sedimentos que fueron dragados de la boca del puerto (Marcomini y López, 1999). Penchaszadeh *et al.* (2001) encontró por primera vez un alto grado de imposex en Mar del Plata en 2 especies de caracoles durante los últimos meses de 2000, y Goldberg *et al.* (2004) registraron TBT en agua y sedimentos en Mar del Plata, pero no fueron detectables en Mar Chiquita (22 km al norte de Mar del Plata).

La mayoría de los trabajos publicados hasta el momento sobre refulado de playas fueron realizados con arena proveniente de mar adentro en diferentes comunidades de invertebrados (Sardá *et al.*, 2000; Van Dalfsen *et al.*, 2000; Colosio *et al.*, 2007). Contrariamente, no existen registros de trabajos en los cuales se utilicen sedimentos portuarios en este tipo de actividad. Dado que el TBT se encuentra altamente concentrado en estos sitios debido a la baja tasa de degradación (de Mora *et al.*, 1989, 1995; Stewart y de Mora, 1990) es muy importante evaluar los sedimentos provenientes de zonas portuarias antes de realizar este tipo de actividad.

En un estudio realizado por Teso y Penchaszadeh (2009) aguas afuera de Mar del Plata se evaluó la presencia de imposex en hembras de uno de los gasterópodos más comunes viviendo a poca profundidad (6-12 m): *Olivancillaria deshayesiana*, antes, durante y después del refulado. También se comparó el grado de imposex de esta especie en Mar del Plata (octubre 2005 - agosto 2007) y Mar Chiquita (diciembre 2000 y diciembre 2006), un área con poco tráfico marítimo y sin actividades de relleno.

Se encontraron hembras de *Olivancillaria deshayesiana* con imposex durante todo el periodo de estudio, el mismo fue detectado por la formación de un vaso deferente y un pene delgado, a veces 2. Esto confirma la influencia negativa del Puerto de Mar del Plata sobre la población local de gasterópodos. Contrariamente no se encontraron hembras con imposex en Mar Chiquita. Actualmente, el porcentaje de imposex alcanza al 81,7% de la población de hembras. Penchaszadeh *et al.* (2001) encontró en una población de *B. monilifer* en la misma zona de estudio, un porcentaje de imposex entre 33,3 y 85,7%. Recientemente, Averbuj y Penchaszadeh (2010a) detectaron un incremento en el porcentaje de imposex en esta especie desde 31 a 73,9%, correspondientes a antes y después del refulado respectivamente, lo cual fue probablemente debido al alto contenido de TBT en los sedimentos dragados de la boca del puerto de Mar del Plata y resuspendidos.

Aunque la ordenanza 4/98 de la Secretaría de Protección del Medio Ambiente de Argentina (DPMA, 1998) prohibió el uso de TBT en las embarcaciones en el área de estudio, el presente trabajo demuestra un aumento en la incidencia de imposex entre 1995 y 2007 en Mar del Plata, lo cual confirma el uso de pinturas con contenido de TBT en la actualidad (Goldberg *et al.*, 2004). Además, Arrighetti y Penchaszadeh (2010) encontraron imposex en otra especie de gasterópodo frente a las costas de Mar del Plata, *Adelomelon beckii*, el cual habita aguas más profundas que las especies antes mencionadas.

De acuerdo a la bibliografía consultada en este estudio sería el primer reporte de imposex en un área rellenada con arena proveniente de una zona portuaria, por lo cual, los resultados de este trabajo resaltan la importancia de analizar más cuidadosamente los sedimentos que serán utilizados para el relleno de playas.

Efectos del Imposex en la Actividad Reproductiva

Los caracoles expuestos a altos niveles de TBT pueden experimentar un decremento en la población debido a la imposibilidad de depositar ovicápsulas, como consecuencia de la obstrucción de la vagina en las hembras (Bryan *et al.*, 1986; Oehlmann *et al.*, 1996a, b). Esto se acentúa especialmente en especies como *Buccinanops monilifer* con cuidado parental (presentan ovicápsulas adheridas a la concha de la madre (Averbuj y Penchaszadeh, 2010b) y desarrollo directo, donde no es posible la dispersión de las larvas de vida libre como se reporta para *Thais haemastoma* de Brasil (Fernandez *et al.*, 2002). La población de *B. monilifer* (Gastropoda: Nassariidae) de dos sitios diferentes, Mar del Plata (provincial de Buenos Aires) y una localidad cercana libre de contaminación (Mar Chiquita), fueron estudiadas comparativamente en cuanto a sus índices de imposex y parámetros reproductivos teniendo en cuenta el evento de refulado de las playas que removilizó sedimentos de la zona portuaria de Mar del Plata durante 1999.

Los resultados muestran un alto porcentaje de hembras con imposex y un au-

mento en el índice del largo relativo del pene durante y posteriormente a dicho evento (de 62,1% a 76,2%, y de 0,0862 a 0,3766), en contraste con la población de Mar Chiquita que mostró valores nulos durante todo el estudio. De acuerdo a estos resultados, el refulado de playas (Marcomini y Lopez, 2006) tuvo un efecto directo sobre la biota durante 1999 y posteriormente. Este aumento en imposex probablemente se encuentre asociado a niveles crecientes de TBT en la columna de agua, debido a la resuspensión del sedimento.

La frecuencia reproductiva fue significativamente mayor en Mar Chiquita, en cuanto al número de hembras y al número de ovicápsulas por hembra (que son adheridas a la concha de la madre), mientras que la talla de las hembras y el número de huevos por cápsula no difirió. A su vez se detectó menor incidencia de imposex (% y ILRP) en las hembras ovipositoras de Mar del Plata que las hembras sin éxito reproductivo en el mismo sitio, variando de 20,05% a 69,23% y de 0,001 a 0,4015, respectivamente.

Estos resultados muestran una frecuencia de oviposición muy baja en la población del área de Mar del Plata afectada por contaminación portuaria: sólo 20 hembras en todo el periodo muestreado (4 años; 20,4%); mientras que 19 hembras portadoras de ovicápsulas (42,2%), fueron colectadas en un único muestreo en el área cercana de Mar Chiquita sin contaminación portuaria (Averbuj y Penchaszadeh, 2010a). No se encontró en este estudio ningún indicio de malformaciones o anomalías en el desarrollo intracapsular en las poblaciones afectadas por el fenómeno de imposex.

Múltiples penes en zonas con alto tráfico marítimo

En Golfo Nuevo (Patagonia) se registró la presencia de imposex en 2 poblaciones del caracol *Adelomelon ancilla*, sobre un total de 184 individuos (99 hembras). Los individuos que habitaban la zona cercana al puerto comercial, con alto tráfico marítimo (800 - 1.000 barcos por año) mostraron una ocurrencia de imposex del 66 al 100%, con un promedio del 92,3%, y un ILRP de 24,35 (concentración de TBT en el sitio: 1,7 ng Sn/g). Por otro lado, en Punta Este, zona de deportes acuáticos (buceo, esquí acuático, navegación recreativa), la ocurrencia de imposex varió entre 0 y 75% con un promedio de 44,6%, mientras que el ILRP fue de 5,56. Finalmente en Playa Paraná (el sitio más lejano del puerto) el grado de imposex fue nulo.

Estos resultados concuerdan con otros estudios de imposex realizados en el mismo área (Bigatti y Penchaszadeh 2005, Bigatti y Carranza 2007, Bigatti *et al.*, 2009) y para otros volutidos de Argentina (Goldberg *et al.*, 2004; Cledón *et al.*, 2006). En Punta Este no hubo mediciones de la concentración de TBT, pero el bajo porcentaje de imposex comparado con la zona del puerto comercial podría atribuirse al bajo tráfico marítimo en la zona, como fue citado para otro estudio (Bech, 2002).

En observaciones de Penchaszadeh *et al.* (2009) se encontró que las hembras afectadas por el imposex desarrollan en primera instancia un vaso deferente, para luego dar la neoformación de un pene. El pene que desarrollan siempre es más pequeño que el de los machos. En ningún individuo se observó el bloqueo de la vagina por el vaso deferente neoformado. Por el contrario, se registraron hembras con imposex que estaban colocando capsulas ovígeras. Sin embargo, algunas hembras de la zona de del puerto comercial, presentaron malformaciones excepcionales

como múltiples penes (Fig. 2a, c). Algunos machos también presentaron malformaciones como dobles penes y/o numerosas excrescencias en la base del mismo (Fig. 2b, d). En contraposición a este sitio, en la zona de tráfico medio todas las hembras analizadas exhibieron solamente un vaso deferente incipiente o completo, y tanto hembras como machos no presentaron múltiples penes ni otras anomalías (Fig. 2).

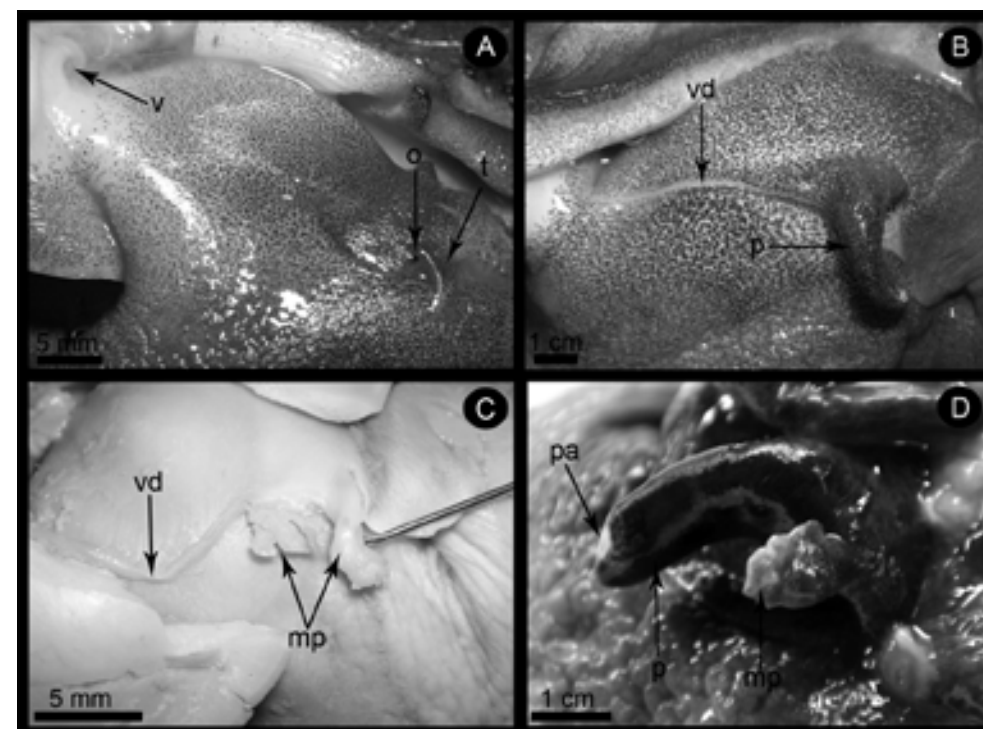


Figura 2: Comparación de individuos sanos e imposexados: A. (hembra) y B (macho). individuos de una zona sin contaminación por TBT; C (hembra) y D (macho). incidencia de imposex en zonas con alta contaminación, nótese el efecto de desarrollo de múltiples penes en ambos sexos. Abreviaturas: mp, múltiples penes; o, ojo; p, pene, pa, papila; t, tentáculo; v, vagina; vd, vaso deferente

En este estudio no se registraron alteraciones en la microanatomía de la gónada, sin embargo la presencia de múltiples penes en hembras y dobles penes en machos podrían indicar una alta sensibilidad por parte de *A. ancilla*, en comparación con otras especies estudiadas en el mismo sitio. En otros estudios también se registraron diferentes grados de sensibilidad al TBT, tales como *Nucella lapillus* y *Littorina littorea* (Oehlmann *et al.*, 1998). Esta característica de sensibilidad diferencial podría ser utilizada como una vía para inferir la polución por TBT en la zona sin la necesidad de analizar la concentración de TBT mediante costosos análisis químicos.

MEDICIONES DE TBT

Mediciones en Agua, Sedimento y Tejidos

A partir de los hallazgos del fenómeno de imposex en la especie *Adelomelon brasiliense* de la costa de Mar del Plata (Argentina) con porcentajes de hasta 50.0%, se realizaron determinaciones de TBTs, sustancia supuesta como causal del imposex. Para ello se desarrollaron metodologías para las mediciones cuantitativas de órgano-estañosos en las ovicápsulas de dicha especie. Se midieron concentraciones en el agua de hasta 400 ng l⁻¹ y en sedimentos de una zona de alto tráfico de hasta 6.500 ng g⁻¹. Los resultados muestran la presencia de TBT en el interior de las ovicápsulas de *A. brasiliense* (rango: 264–1.860 ng por ovicápsula). Este trabajo representó el primer reporte de presencia de TBT dentro de las cápsulas de un gasterópodo (Goldberg *et al.*, 2004).

En el año 2007 Delucchi *et al.* publicaron otro estudio de dosaje de TBT y derivados en la costa de Bahía Blanca. En este trabajo se realizaron medidas sistemáticas de tributilestaño (TBT) y dibutilestaño (DBT) en sedimentos a lo largo de diferentes localidades en el interior del estuario de Bahía Blanca. Se tomaron dos muestras cerca del principal dique seco en la base naval del Puerto Belgrano, Argentina. Las concentraciones de TBT fueron desde no detectables a 170,3 ng Sn g⁻¹ y fueron medidas en la región interior del estuario, y una de las más altas concentraciones de 3.288 ng Sn g⁻¹ cerca del dique seco de Puerto Belgrano. Los valores para DBT fueron obtenidos a lo largo del canal principal y estuvieron entre no detectables y 75,2 ng Sn g⁻¹ pero una concentración extrema de 1.645 ng Sn g⁻¹ fue medida en el Puerto Belgrano. Estos valores muestran que este estuario es afectado por contaminación por órgano-estañosos, principalmente en áreas de alto tráfico y amarre de barcos (dique seco).

RELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE TBT CON LA INCIDENCIA DE IMPOSEX

En un primer trabajo interdisciplinario, Cledón *et al.* (2006) determinaron las concentraciones de órgano-estañosos en sedimentos y en caracoles usando cromatografía gaseosa se estudio la relación entre el imposex y el contenido de TBT (tributilestaño) y DBT (dibutilestaño) en *Adelomelon brasiliense* cerca del puerto de Mar del Plata, durante 2 años consecutivos. El porcentaje de hembras con imposex fue mayor al 80% en primavera y verano de ambos años. Sin embargo el ILRP (índice de largo relativo del pene) mostró valores bajos. Las ovicápsulas recolectadas presentaron embriones normales con concentraciones de 15ng/g de TBT al igual que las paredes de las cápsulas. El líquido intracapsular por su parte, presento concentraciones menores, similares a los sedimentos de la zona estudiada. La proporción y distribución de compuestos organoestañosos en sedimentos indica un evento masivo de contaminación y la posterior dispersión de los sedimentos contaminados a través de las corrientes.

Biomonitoreo de Contaminación por TBT e Incidencia de Imposex a lo Largo de la Costa Argentina.

En el año 2009 se publicó en la revista Marine Pollution Bulletin un estudio que representa el primer trabajo de monitoreo detallado de caracoles como bioindicadores asociado al dosaje de TBT y análisis sedimentográfico a lo largo de más de 4.700 km de costa marina en Argentina, incluyendo los puertos de las ciudades más importantes así como las áreas sin impacto antrópico.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la contaminación por TBT a lo largo de la costa Argentina con el fin de sugerir políticas de manejo ambiental que reduzcan los niveles de contaminación, e identificar las especies de gasterópodos que sean herramientas simples y rápidas de biomonitoreo y detección de contaminación por TBT.

El área de estudio comprendió casi la totalidad de la costa Argentina, desde Mar del Plata (38°01'S 57°32'O) hasta Bahía Lapataia (54°51'S, 68°27'O) cerca de Ushuaia, incluyendo ciudades portuarias y zonas próximas sin tráfico marítimo. El muestreo se realizó entre marzo de 2006 y abril de 2008. Un muestreo de *Buccinanops cochlidium* colectado por uno de los autores (A. Averbuj) en Mar del Plata durante la primavera de 2003 también fue incluido. Los cenogasterópodos fueron colectados en la zona del intermareal o submareal hasta 20 m de profundidad mediante buceo autónomo, draga, trampas con carnada o manualmente durante las mareas bajas. Los especímenes se colectaron vivos y se llevaron al laboratorio para análisis morfométricos y de imposex. Debido a que el TBT depositado en los sedimentos marinos puede permanecer biodisponible por muchos años (Strand y Asmund, 2003), se colectaron muestras de sedimentos con una draga o manualmente en los puntos mostrados en la Figura 3.

Incidencia de imposex y determinación de TBT en sedimentos. Se muestreo un total de 40 localidades. Como regla general, todas las zonas con tráfico marítimo estuvieron contaminadas por TBT y en esas áreas fue observado el fenómeno de imposex. El porcentaje de imposex, ILRP y la concentración de TBT para cada especie por sitio son mostrados en la Figura 3.

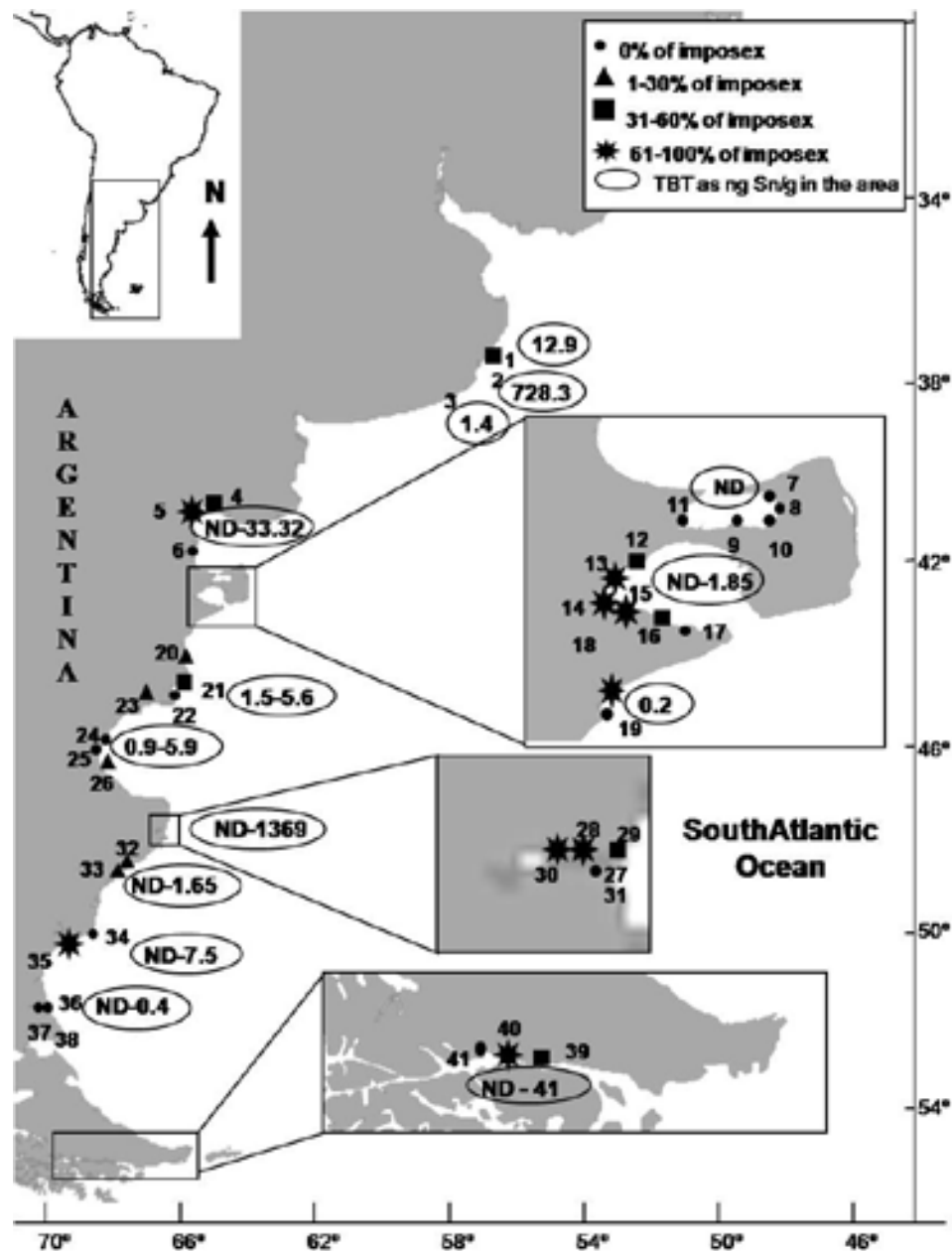


Figura 3: Contaminación por TBT e incidencia de imposex a lo largo de la costa Argentina. ND: no detectado. Los números se corresponden con los sitios de muestreo. Tomado de Bigatti et al., 2009.

Se analizaron en total 1.805 caracoles de 12 especies distintas, incluidos en las familias Volutidae, Muricidae, Nassariidae, Calyptraidae, Marginellidae, y Buccinidae. Se registraron las especies: *Odontocymbiola magellanica*, *Crepidula aculeata*, *Trophon geversianus*, *Adelomelon ancilla*, *Adelomelon ferussacii*, *Adelomelon brasiliense*, *Prunum martini*, *Buccinanops globulosus*, *Buccinanops cochlidium*, *Buccinanops paytensis*, *Pareuthria plumbea*, y *Ximenopsis muriciformis*. El porcentaje de imposex fue alto en zonas con alto tráfico marítimo, y nulo en áreas con bajo impacto por embarcaciones. Las zonas muestreadas con contaminación por TBT e incidencia de imposex fueron el puerto comercial de Mar del Plata, el puerto comercial y pesquero de San Antonio Oeste y San Antonio Este, el puerto comercial y turístico de Puerto Madryn, el puerto pesquero de Puerto Deseado, el puerto pesquero de Puerto San Julián, el puerto pesquero de Puerto Santa Cruz, y el puerto deportivo Ushuaia (AFASyN).

El fenómeno de imposex se detectó por primera vez en 6 especies: *P. martini*, *X. muriciformis*, *P. plumbea*, *A. ferussacii*, *T. geversianus*, y *B. cochlidium* (Fig. 2).

Las especies que habitan fondos blandos o mixtos tales como *B. globulosus*, *B. cochlidium*, *P. plumbea*, *X. muriciformis*, *P. martini*, *A. brasiliense*, *A. ferussacii*, *A. ancilla*, y *O. magellanica*, son las especies que mejor reflejan el fenómeno de imposex en zonas de contaminación por TBT media o baja. En comparación, *T. geversianus* y *C. aculeata* que habitan intermareales de fondos rocosos o duros, con media o baja contaminación por TBT, no desarrollaron caracteres sexuales secundarios. En el caso de *T. geversianus*, el desarrollo de un pequeño pene solo fue registrado en zonas con alta contaminación por TBT y fondos blandos (Puerto Madryn, Puerto Deseado, Puerto San Julián y Ushuaia).

Como regla general, los volutidos exhibieron alta sensibilidad a la contaminación por TBT. *A. ancilla* demostró mayor sensibilidad que *O. magellanica* en una zona con bajo tráfico marítimo (punto 23, Fig. 3). En Puerto Madryn, estas especies son simpátricas y fue detectada en ambas especies la neoformación de múltiples penes (Fig. 3), pero el ILRP fue más alto para *A. ancilla*.

Dentro de la familia Muricidae, *X. muriciformis* fue más sensible a la contaminación por TBT que *T. geversianus*. Esto ocurrió en Ushuaia (sitio 40, Fig 3), donde las hembras de *X. muriciformis* presentaron un pene desarrollado mientras que otras especies no.

Este trabajo fue el primero en todo el continente americano en reportar la situación de imposex y contaminación por TBT a lo largo de toda la costa de un país. Un estudio de imposex y concentraciones de sedimentos fue realizado en Rio de Janeiro (Brasil) para evaluar contaminación por órgano-estañosos en ambientes marinos, en un área restringida (Fernandez ET AL., 2005), demostrando también la asociación entre imposex y el TBT.

La incidencia de imposex fue determinada por primera vez en seis especies en el presente, complementando las otras cinco especies conocidas por estar afectadas por este fenómeno en Argentina: *A. brasiliense*, *Buccinanops monilifer* (Penchaszadeh et al., 2001), *O. magellanica* (Bigatti y Penchaszadeh, 2005), *B. globulosus* (Willers, 2004), y *Olivancillaria deshayesiana* (Teso y Penchaszadeh, 2009).

Como regla general, se observó un alto grado de imposex en zonas con altas concentraciones de TBT (alto tráfico marítimo) y sedimentos de grano fino. Los sitios de muestreo con altas prevalencias de fracciones de grano de arenas muy finas

y arcillas presentaron altos porcentajes de imposex, incluso si las concentraciones de TBT fueron bajas. El TBT muestra una extremada actividad superficial y el proceso más importante del TBT es la adsorción al material particulado y subsecuente sedimentación (de Mora *et al.*, 1995). El porcentaje de material orgánico no fue medido en este estudio y debería ser tenido en cuenta en futuros trabajos, dado que representa un importante factor que afecta la adsorción de compuestos órgano-estañosos sobre el sedimento.

Las determinaciones del TBT indican que la contaminación se focaliza solo en Puertos en los que las embarcaciones son pintadas o hay un alto tráfico marítimo. Las especies que habitan estas áreas se encuentran mayormente expuestas a órgano-estañosos, y por lo tanto, la incidencia de imposex en esas especies es generalmente alta. Las variaciones fisiológicas encontradas en este estudio y que resultan en respuestas diferenciales para cada una de las especies deben estudiarse en mayor detalle. Estudios realizados en la Patagonia sobre contaminación por hidrocarburos han demostrado que estos se encuentran principalmente en puertos con y sin actividad de explotación de crudo, mostrando variabilidad entre los puertos analizados. Estas áreas constituyen fuentes de hidrocarburos antropogénicos que pueden afectar no sólo focalmente, sino las zonas adyacentes, o más distantes a la zona costera (Commendatore y Esteves, 2007), y son también zonas potenciales de presentar contaminación por TBT de las embarcaciones (este trabajo). La ingestión de hidrocarburos resulta en la mortalidad de embriones de gasterópodos marinos como *Ilyanassa obsoleta* (Pechenik y Miller, 1983), siendo un factor que debe ser investigado en las poblaciones estudiadas en el presente trabajo para futuros seguimientos en la conservación de las especies.

En base a los resultados obtenidos por Bigatti *et al.*, 2009 se estudiaron otros efectos de los contaminantes de zonas con alto tráfico marítimo sobre la forma de la concha y el peso de conchas y cuerpo del caracol marino *Odontocymbiola magellanica* (Márquez *et al.*, 2010). Caracoles que habitan zonas portuarias (P) se compararon con los de localidades no poluídas (NP) mediante morfometría geométrica en 3D (MG3D). También se estudio la microestructura y densidad de las conchas de ambas poblaciones mediante técnicas de microscopía electrónica de barrido (MEB) y tomografía computada (TC). Se registraron la presencia de diferencias en la forma y estructura de la concha en animales de la población P en comparación con los de áreas NP. El 100% de las conchas estudiadas del sitio NP mostraron tres capas de carbonato de calcio (prismático, lamelar cruzado y amorfo) y altas densidades, mientras que un 50% de las conchas colectadas en P mostró la ausencia de la capa más externa (amorfa). Más aún, se registró una pérdida de peso corporal de aproximadamente un 30% y de peso de la concha de un 20% en animales de ese sitio. Estos resultados sugieren que el uso combinado de MG3D, CT y MEB puede resultar de gran utilidad para detectar efectos de variables ambientales sobre las conchas (forma y estructura) de neogasterópodos.

Cumplido *et al.* (2010) estudiaron una población de *Trophon geversianus* en zona cercana al puerto y no encontraron un desarrollo de penes en hembras de este, resultado que coincidió con los obtenidos en otros puntos donde se encontró a esta especie. En contraste, las hembras de *Buccinanops globulosus* que habita el mismo intermareal pero en fondo arenoso presentó 100% de imposex. Esto puede deberse al hecho que habita sustratos duros y no está en contacto directo con el

sedimento arenoso. Las hembras de la población de *T. geversianus* que habita en el submareal sobre fondos mixtos, registraron apenas un 7,69% de imposex. Por lo tanto, esta especie puede ser utilizada como bioindicadora de elevadas concentraciones de TBT (Bigatti *et al.*, 2009).

NUEVOS ANTI-INCRUSTANTES

Las restricciones de la International Maritime Organization (IMO) han llevado al desarrollo e incorporación de nuevas pinturas a base de cobre (y otros metales), lo que también podría plantear problemas para el medio ambiente (Young *et al.*, 1979). Junto con las restricciones, la IMO aprobó la utilización de “biocidas emergentes” (booster biocidas) para mejorar la eficiencia en la formulación de las pinturas, principalmente por la inhibición del crecimiento primario de organismos incrustantes (Voulvoulis *et al.*, 1999; Terlizzi *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2001). En la actualidad hay nueve biocidas de refuerzo aprobados para su uso en productos anti-incrustantes: Clorotalonil, Diclofluanida, Irgarol 1051, Piridina TCMS, TCMTB, Diurón, Kathon 925 y 5287, Piritonato de zinc (ZPT) y Zineb (Voulvoulis *et al.*, 1999; Thomas *et al.*, 2001; Voulvoulis, 2006). Estos compuestos demostraron ser ambientalmente menos perjudiciales en comparación con los biocidas orgánicos de estaño, sin embargo sus efectos ambientales no están ampliamente estudiados debido a su reciente introducción, su limitado uso y su desconocida toxicidad.

Actualmente se están llevando a cabo estudios con organismos que naturalmente liberan compuestos que no permiten el asentamiento de otros, es el caso de cnidarios (Standing *et al.*, 1984), esponjas (Tsukamoto *et al.*, 1996) y algas (de Nys *et al.*, 1995; Gribben *et al.*, 2006), sin embargo su obtención en grandes cantidades y su procesamiento es dificultoso. Contrariamente, el uso de bacterias como fuente de anti-incrustantes es fácilmente de obtener en grandes cantidades (Holmström y Kjelleberg, 1994).

Se enfatiza la importancia de realizar estudios sobre compuestos anti-incrustantes naturales que no afecten la biota en Argentina, como los realizados con las algas Australianas *Delisea pulchra* y *Dilophus marginatus*, que contienen compuestos que se utilizan para la manufactura de anti-incrustantes que se comercializan actualmente (Gribben *et al.*, 2006). Estas algas producen metabolitos que afectan la respuesta de asentamiento de larvas a dos extractos no-polares, que son derivados naturales de inhibidores de asentamiento, aunque su utilización masiva podría traer también consecuencias indeseables para la biota marina.

CONCLUSIONES

La situación de contaminación por TBT e incidencia de imposex a lo largo de la costa Argentina deben ser tenidas en cuenta por las autoridades gubernamentales locales y regionales a la hora de crear políticas para evitar el uso de este tipo de contaminantes y motivar el uso de pinturas anti-incrustantes libres de TBT en el país y preferiblemente en el continente Sudamericano.

Todos los puertos marítimos Argentinos están afectados por contaminación por TBT, asociada al fenómeno de imposex en cenogasterópodos, por lo que seguramente exista la presencia de otros contaminantes. Es importante considerar que

suele encontrarse la presencia de hidrocarburos, metales pesados y otros contaminantes de origen antrópico asociada a la contaminación por OTs/TBT.

Se recomienda realizar monitoreos de toda la costa Argentina mediante estudios multidisciplinarios, teniendo en cuenta la respuesta biológica de organismos a contaminantes marinos, la identificación y concentración de contaminantes y su relación con la estructura físico-química de los sedimentos así como la circulación de agua en el área.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a la Dra Elba Morriconi por su participación en gran parte de este trabajo. A la Dra. Gabriela Massaferró y la Lic. María Cruz Sueiro por proveer la literatura correspondiente. Los siguientes proyectos financiaron parcialmente este trabajo: PNUD ARG/02/018 Subproyecto AC-56, PICTR 01869, PICT 0323 y PIP 051.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzieu, C., J. Sanjuan, J.P. Deltreil y M. Borel, 1986. Tin contamination in Arcachon Bay: effects on oyster shell anomalies. *Marine Pollution Bulletin* 17:494-498.
- Arrighetti, F. y P.E. Penchaszadeh, 2010. Gametogenesis, seasonal reproduction and imposex of the edible giant marine snail *Adelomelon beckii* (Neogastropoda: Volutidae) in Mar del Plata, Argentina. *Aquatic Biology* 9:63-75.
- Averbuj, A. y P.E. Penchaszadeh, 2010a. On the reproductive biology and impact of imposex in a population of *Buccinanops monilifer* from Mar del Plata, Argentina. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90(4):729-734.
- Averbuj, A. y P.E. Penchaszadeh, 2010b. Reproductive seasonality, oviposition and development of the nassariid whelk *Buccinanops cochlidium* (Dillwyn, 1817) in Patagonia, Argentina. *Journal of Molluscan Studies* 76:25-32.
- Barragán, J.M., J.R. Dadon, S.D. Matteucci, C. Baxendale, A. Rodríguez y J. Morello, 2003. Preliminary basis for an integrated management program for the coastal zone of Argentina. *Coastal Management* 31:55-77.
- Bech, M., 2002. Imposex and tributyltin contamination as a consequence of the establishment of a marina, and increasing yachting activities at Phuket Island, Thailand. *Environmental Pollution* 117:421-429.
- Bigatti, G. y P.E. Penchaszadeh, 2005. Imposex in *Odontocymbiola magellanica* (Caenogastropoda: Volutidae) in Patagonia. *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay* 9(88):371-375.
- Bigatti, G. y A. Carranza, 2007. Phenotypic variability associated with the occurrence of imposex in *Odontocymbiola magellanica* (Gmelin, 1791) from Golfo Nuevo, Patagonia. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87:755-759.
- Bigatti, G., M. Primost, M. Cledón, A. Averbuj, N. Theobald, W. Gerwinski, W. Arntz, E. Morriconi y P.E. Penchaszadeh, 2009. Contamination by TBT and imposex biomonitoring along 4700 km of Argentinean shoreline (SW Atlantic: from 38°S to 54°S). *Marine Environmental Research* 58(5):695-701.
- Blaber, S.J.M., 1970. The occurrence of a penis-like outgrowth behind the right tentacle in spent females of *Nucella lapillus* (L.). *Proceedings of the Malacological Society of London* 39:231-233.
- Bryan, G.W., P.E. Gibbs, L.G. Hummerstone, y G.R. Burt, 1986. The decline of the gastropods *Nucella Lapillus* around south-west England: evidence for the effects of tributyltin from antifouling paints. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 67:611-640.
- Cledón, M., N. Theobald, W. Gerwinski y P.E. Penchaszadeh, 2006. Imposex and organotin compounds in marine gastropods and sediments from the Mar del Plata coast Argentina. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 86, 751-755.
- Colosio, F., M. Abbiati y L. Aioldi, 2007. Effects of beach nourishment on sediments and benthic assemblages. *Marine Pollution Bulletin* 54(8):1197-1206.
- Commendatore, M.G. y J.L. Esteves, 2007. An assessment of oil pollution in the Coastal Zone of Patagonia, Argentina. *Environmental Management* 40:814-821.
- Costlow, J.D., y R.C. Tipper, 1984. Marine Biodeterioration: An Interdisciplinary Study. US Naval Institute: Annapolis.
- Cumplido, M., A. Averbuj, y G., Bigatti, 2010. Reproductive seasonality and oviposition induction in *Trophon geversianus* (Gastropoda: Muricidae) from Golfo Nuevo, Argentina. *Journal of Shellfish research*, 29(2), 1-6.
- Delucchi, F., N.B. Tombesi, R.H. Freije y J.E. Marcovecchio, 2007. Butyltin compounds in sediments of the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 132:445-451.
- de Mora, S.J., N.G. King y M.C. Miller, 1989. Tributyltin and total tin in marine sediments: profiles and the apparent rate of TBT degradation. *Environmental Technology Letters* 10:901-908.
- de Mora, S.J., C. Stewart y D. Phillips, 1995. Sources and rate of degradation of tri(nbutyl) tin in marine sediment near Auckland, New Zealand. *Marine Pollution Bulletin* 30(1):50-57.
- de Nys R., P.D. Steinberg, P. Willemsen, C.L. Dworjanyn, C.L. Gabelish y R.G. King, 1995. Broad spectrum effects of secondary metabolites from the red alga *Delisea pulchra* in anti-incrustant assays. *Biofouling* 8:259-271.
- DPMA, 1998. Prefectura Naval Argentina, ordenanza 4/98. Régimen para la protección del medio ambiente. Anexo 1:6.
- Escofet, A., N. Gianuca, S. Maytía y V. Scarabino, 1979. Playas arenosas del Atlántico Sudoccidental entre los 29° y 43° LS.: consideraciones generales y esquema biocenológico. *Memorias Seminario sobre Ecología Bentónica y Sedimentación de la Plataforma Continental del Atlántico Sur*. Montevideo: UNESCO, 245-258.
- Evans, S.M., 1999. Tributyltin pollution: the catastrophe that never happened. *Marine Pollution Bulletin* 38(8):629-636.
- Evans, S.M. y G.J. Nicholson, 2000. The use of imposex to assess tributyltin contamination in coastal waters and open seas. *The Science of the Total Environment* 258:73-80.
- Fernandez, M.A., A.M., Limaverde, I.B., Castro, A.C. Martins-Almeida, y A., de Luca

Rebello Wagener, 2002. Occurrence of imposex in *Thais haemastoma*: possible evidence of environmental contamination derived from organotin compounds in Rio de Janeiro and Fortaleza, Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 18(2): 463-476.

Fernandez, M.A., R.W.A. de Luca, A.M. Limaverde, A.L. Scofield, F.M. Pinheiro y E. Rodrigues, 2005. Imposex and surface sediment speciation: a combined approach to evaluate organotin contamination in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Environmental Research* 59:435-452.

FPN (Fundación Patagonia Natural). 2008. *Síntesis del estado de conservación del mar Patagónico y áreas de influencia*, Puerto Madryn, 322 pp.

Gibbs, P.E., 1996. Oviduct malformation as a sterilising effect of tributyltin (TBT) induced imposex in *Ocenebra erinacea* (Gastropoda: Muricidae). *Journal of Molluscan Studies* 62:403-413.

Gibbs, P.E., G.W. Bryan, 1986. Reproductive Failure in Populations of the Dog-Whelk, *Nucella lapillus*, Caused by Imposex Induced by Tributyltin from Anti-incrustant Paints. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 66:767-777.

Gibbs, P.E. y G.W. Bryan, 1994. Biomonitoring of Tributyltin (TBT) Pollution Using the Imposex Response of Neogastropod Molluscs. En K.J.M. Kramer (Eds.), *Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries*. 205-226, Boca Ratón.

Gibson, C.P. y S.P. Wilson, 2003. Imposex still evident in eastern Australia 10 years after tributyltin restrictions. *Marine Environmental Research* 55:101-112.

Goldberg, R.N., A. Averbuj, M. Cledón, D. Luzzatto y N. Sbarbati, 2004. Search for triorganotins along the Mar del Plata (Argentina) marine coast: finding of tributyltin in egg capsules of a snail *Adelomelon brasiliana* (Lamarck, 1822) population showing imposex effects. *Applied Organometallic Chemistry* 18:117-123.

Gooding, M., C. Gallardo y G. Leblanc, 1999. Imposex in three marine gastropod species in Chile and potential impact on muriciculture. *Marine Pollution Bulletin* 38(12):1227-1234.

Gooding, M., V.S. Wilson, L.C. Folmar, D.T. Marcovich y G.A. Le Blanc, 2003. The biocide tributyltin reduces the accumulation of testosterone as fatty acid esters in the mud snail (*Ilyanassa obsoleta*). *Environmental Health Perspectives* 111(4):426-430.

Gribben, P.E., D.J. Marshall, P.D. y Steinberg, 2006. Less inhibited with age? Larval age modifies responses to natural settlement inhibitors. *Biofouling* 22(2):101-106.

Harriague, A.C. y G. Albertelli, 2007. Environmental factors controlling macrofaunal assemblages on six microtidal beaches of the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73:8-16.

Holmström, C. y S. Kjelleberg, 1994. The effect of external biological factors on settlement of marine invertebrate and new anti-incrustant technology. *Biofouling* 8:147-160.

Huaquín, L.G., C. Osorio, R. Verdugo y G. Collado, 2004. Morphological changes in the reproductive system of females *Acanthina monodon* (Pallas, 1774) (Gastropoda: Muricidae) affected by imposex from the coast of central Chile. *Invertebrate Reproduction and Development* 46(2-3):111-117.

IMO, 2008. International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships. Available in <http://www.imo.org/conventions>. Accessed September 17th, 2009.

Isla, F.I., L. Cortizo y E.J. Schnack, 1996. Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the Southern barrier of Buenos Aires, Argentina. *Quaternary Science Reviews* 15:833-841.

Marcomini, S.C. y R. López, 1999. *Recarga artificial de playas*. Gerencia Ambiental 6:408-414.

Marcomini S.C. y R. Lopez, 2006. Evolution of a Beach Nourishment Project at Mar del Plata. *Journal of Coastal Research* 39: 834-837.

Márquez, F., R. Gonzalez, G., Bigatti, 2010. Combined methods to detect pollution effects on shell shape and structure in neogastropods. *Ecological indicators*, doi:10.1016/j.ecolind.2010.05.001.

Oehlmann, J., B. Bauer, D. Minchin, U. Schulte-Oehlmann, P. Fioroni y B. Markert, 1998. Imposex in *Nucella lapillus* and intersex in *Littorina littorea*: interspecific comparison of two TBT-induced effects and their geographical uniformity. *Hydrobiologia* 378:199-213.

Oehlmann, J., E., Stroben, U., Schulte-Oehlmann, B., Bauer, P. Fioroni, y B., Markert, 1996a. Tributyltin biomonitoring using prosobranchs as sentinel organisms. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 354: 540-545.

Oehlmann, J., P., Fioroni, E. Stroben, y B., Markert, 1996b. Tributyltin (TBT) effects on *Ocenebrina aciculata* (Gastropoda: Muricidae): imposex development, sterilization, sex change and population decline. *The science of the total environment*, 188: 205-223.

Pechenik, J.A. y D.C. Miller, 1983. Increased susceptibility to No. 2 fuel coincident with initiation of particle feeding in developing mud snails, *Ilyanassa obsoleta*. *Estuaries* 6(3):237-242.

Penchaszadeh, P.E., A. Averbuj y M. Cledón, 2001. Imposex in gastropods from Argentina (South-Western Atlantic). *Marine Pollution Bulletin* 42(9):790-791.

Penchaszadeh, P.E., C. Sanchez-Antelo, M.S. Zabala y G. Bigatti, 2009. Reproduction and imposex in the edible snail *Adelomelon ancilla* from northern Patagonia, Argentina. *Marine Biology* 156:1929-1939.

Queiroz, L.R., I.B. Castro y C.A. Rocha-Barreira, 2007. New imposex development index (IDI) for *Stramonita haemastoma* (Mollusca: Muricidae): a transplantation experiment in the Brazilian Northeast. *Journal of the Brazilian society of Ecotoxicology* 2:249-256.

Sardá, R., S. Pinedo, A. Gremare y S. Taboada, 2000. Changes in the dynamics of shallow sandy-bottom assemblages due to sand extraction in the Catalan Western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Science* 57:1446-1453.

Schnack, E. J., J. Pousa, G. Bertola y F. Isla, 2009. *The World's Coastal Landforms*. Chapter 4.4. Springer Verlag, Berlin Heidelberg. In Press, p. 1-8.

Schnack, E.J., 1985. Argentina. En E.C.F. Bird y M.L. Schwartz (Eds.), *The World's Coastline*. Van Nostrand Reinhold 69-78. New York.

Simonini, R., I. Ansaloni, A.M. Bonvicini Pagliai, F. Cavallini, M. Lotti, M. Mauri, G. Montanari, M. Preti, A. Rinaldi y D. Prevedelli, 2005. The effects of sand extraction on the macrobenthos of a relict sands area (northern Adriatic Sea): results 12 months post-extraction. *Marine Pollution Bulletin* 50:768-777.

Smith, B.S., 1971. Sexuality in the American mud snail, *Nassarius obsoletus* say. *Proceedings of the Malacological Society of London* 39:377-378.

Spooner, N., P.E. Gibbs PE, G.W. Bryan y L.J. Goad, 1991. The effect of tributyltin upon steroid titres in the female dogwhelk, *Nucella lapillus*, and the development of imposex. *Marine Environmental Research* 32:37-49.

Standing, J.D., I.R. Hooper y J.D. Costlow, 1984. Inhibition and induction of barnacle settlement by natural product present in octocorals. *Journal of Chemical Ecology* 10:823-824.

Stewart, C. y S.J. de Mora, 1990. A Review of the Degradation of Tri(n-butyl)tin in The Marine environment. *Environmental Technology* 11:565-570.

Strand, J., y G. Asmund, 2003. Tributyltin accumulation and effects in marine molluscs from West Greenland. *Environmental Pollution* 123:31-37.

Terlizzi, A., S. Fraschetti, P. Gianguzza, M. Faimali, F. Boero, 2001. Environmental impact of anti-incrustante technologies: state of the art and perspectives. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 11:311-317.

Terlizzi, A., A.L. Delos, F. Garaventa, M. Faimali y S. Geraci, 2004. Limited effectiveness of marine protected areas: imposex in *Hexaplex trunculus* (Gastropoda, Muricidae) populations from Italian marine reserves. *Marine Pollution Bulletin* 48:164-192.

Teso, S.V. y P.E. Penchaszadeh, 2009. Beach filling and imposex in *Olivancillaria de-shayesiana* (Mollusca: Gastropoda: Olividae) from the coast of Mar del Plata, Argentina. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88:557-562.

Thomas, K.V., T.W. Fileman, J.W. Readman, y M.J. Waldock, 2001. Anti-incrustante paint booster biocides in the UK coastal environment and potential risks of biological Effects. *Marine Pollution Bulletin* 42:677-688.

Tsukamoto, S., H. Kato, H. Hirota, N. Fusetani, 1996. Ceratinamides A and B: new anti-incrustante dibromotyrosine derivatives from the marine sponge *Pseudoceratina purpurea*. *Tetrahedron* 52:8181-8186.

Van Dalssen, J.A., K. Essink, H. Toxvig Madsen, J. Birklund, J. Romero, y M. Manzanera, 2000. Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the Western Mediterranean. *Journal of Marine Science* 57:1439-1445.

Voulvoulis, N., M.D. Scrimshaw, y J.N. Lester, 1999. Analytical methods for the determination of 9 anti-incrustante paint booster biocides in estuarine water samples. *Chemosphere* 38:3503-3516.

Willers, V., 2004. *Utilización del caracol Buccinanops globulosum como indicador de contaminación por tributil estaño (TBT) en la Bahía de San Antonio (Río Negro, Patagonia Argentina)*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad nacional de la Patagonia San Juan Bosco -Sede Puerto Madryn, 65 pp. (inédito).

Young, D.R., G.V. Alexander, y D. McDermott-Ehrlich, 1979. Vessel-related contamination of southern California harbours by copper and other metals. *Marine Pollution Bulletin* 10:50-56.

LAS INVASIONES BIOLÓGICAS EN LA COSTA ARGENTINA Y EN LA CUENCA DEL PLATA

Gustavo Darrigran y Natalia Arcarí

INTRODUCCIÓN

La combinación de dos procesos a nivel mundial, *la globalización* (proceso económico, tecnológico y cultural, caracterizado por crecientes transformaciones sociales, económicas y políticas a nivel global) y el *cambio climático* (modificación del clima con respecto a los antecedentes climáticos a una escala global o regional; provocadas por causas naturales como antropogénicas), es la causante de la transformación estructural del ambiente natural. En esta transformación, por ejemplo, disminuye el número de especies -variedad-, la diversidad genética que estas especies poseen -variabilidad- y la diversidad de ambientes en donde viven -complejos ecológicos- (estos son los tres componentes de la diversidad biológica, según Wheeler, 1990 *vide* Lanteri y Cigliano, 2005).

El ser humano, a lo largo de su historia ha obtenido y obtiene beneficios de la diversidad biológica bajo la forma de alimentos, medicamentos, materias primas, e inclusive satisfacciones espirituales e inspiración artística; lo cual es un indicador de que la diversidad biológica incide directamente sobre la calidad de vida del ser humano (Vilches, *et al.* 2010).

En la actualidad, los factores que causan pérdida o disminución de diversidad biológica son varios, destacándose en primer lugar, la alteración física del hábitat, y en segundo lugar la introducción de especies exóticas o no-nativas, invasoras. La escala geográfica, la frecuencia y el número de especies involucradas en esa transformación han crecido enormemente en las últimas décadas, en relación directa con la expansión del transporte y del comercio en el mundo (Carlton, 1996). Asimismo, una especie no-nativa, tiene más oportunidades de adaptarse a un nuevo ambiente (naturalizarse), si este no es prístino sino por el contrario, es un ambiente impactado (Elton, 1958), es decir un ambiente en donde las especies nativas están utilizando la mayor parte de su energía en sobrevivir ante un cambio ambiental (causado por ejemplo, por el cambio climático) y no para hacer frente y rechazar a una especie no-nativa.

BIOINVASIONES O INVASIONES BIOLÓGICAS

Una especie introducida, exótica o no-nativa es aquella distribuida, directa o indirectamente, por cualquier actividad humana fuera de su rango natural de dispersión. Una especie no-indígena no es necesariamente invasora si permanece localizada relativamente próxima al punto de introducción. Una especie es invasora cuando se dispersa ampliamente, coloniza el ecosistema natural o seminatural, y se torna abundante (Darrigran & Damborenea, 2005).

Existen varios caminos por los que organismos no-nativos pueden ser introducidos. La mayoría de ellos están asociados con la actividad humana. Más del 80%

del comercio que se realiza en esta época de globalización se realiza por medio de buques de ultramar. El agua de lastre que estas embarcaciones llevan para poder navegar en alta mar (Fig. 1), ha sido identificada como el principal vector de introducción de especies acuáticas (Wiley & Claudi, 2000). Se entiende por vector a la vía por la cual una especie tiene acceso a un nuevo hábitat, distante de su región nativa o de su distribución actual (Darrigran & Damborenea, 2006). La carga y descarga de agua de lastre de los barcos está relacionada, con la transferencia de organismos no-nativos. Sin embargo, al enfrentarse a un ambiente alejado de su distribución original, son pocos los organismos que pueden sobrevivir y formar una nueva población.

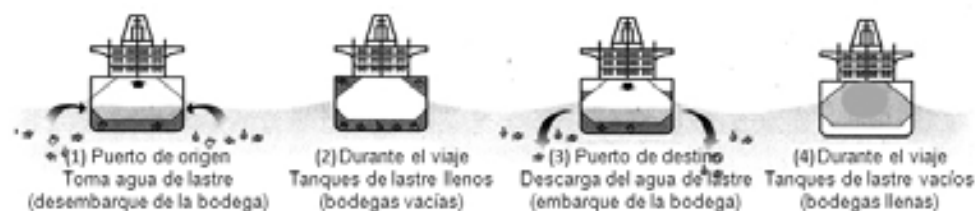


Figura 1: Ubicación de los tanques de lastre y dinámica del lastre (modificado de <http://sasacarabobo.spaces.live.com/>)

La introducción de especies por el ser humano ha sido una constante a lo largo del tiempo; en algunos casos estas introducciones han sido intencionales y en otras accidentales, a través de los medios de transporte. No todas las especies introducidas logran establecerse en el nuevo sitio, sólo logran tener una presencia en los nuevos ecosistemas una pequeña parte de éstas (Capdevilla *ET AL.* 2006) (Fig. 2). Una especie no-nativa debe superar una serie de fases para que el proceso de invasión sea exitoso, ya que la capacidad invasora de una especie es el resultado de la interacción entre las especies nativas, el hábitat y la especie no-nativa en

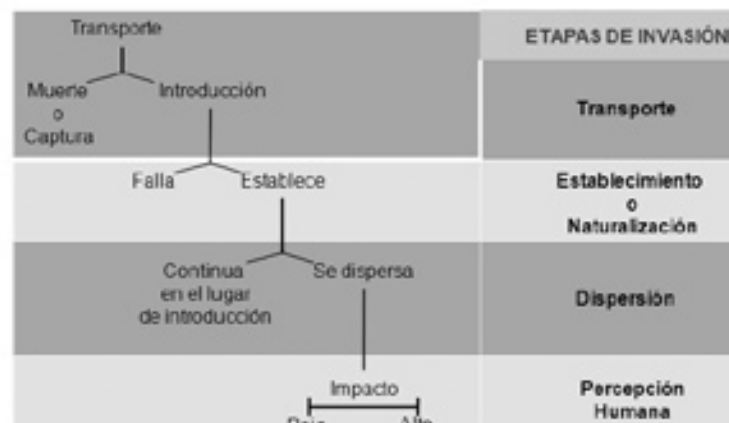


Figura 2: Etapas del Proceso de Invasión (modificado de Lockwood, et al., 2007).

cuestión. Este tipo de relación se conoce como *invasiveness* o capacidad que tiene una especie de invadir un hábitat determinado. Otro término usado en bioinvasiones es *invasibility*, el cual hace referencia a la susceptibilidad de un ambiente de ser invadido (Darrigran & Damborenea, 2006). Un ambiente impactado, presenta muchas características de *invasibility* (Marco, *et al.* 2002).

Muchos problemas ambientales de los países pertenecientes al MERCOSUR, se incrementaron por actividades relacionadas con los ríos de la Cuenca del Plata y sus afluentes (Bucher *et al.*, 1993). Asimismo, el comercio y la economía regional que fomenta este mercado promueven el ingreso, el asentamiento y la dispersión de especies invasoras (Darrigran, 1995) (Fig.3). A corto y mediano plazo las especies exóticas generan impactos ambientales, económicos y sociales. Estos se ven reflejados en la modificación del hábitat nativo, la introducción de depredadores de especies comerciales, *macrofouling* (ensuciamiento de sistemas de agua, con organismos mayores a 1 mm) y la introducción colateral de parásitos/pestes, entre otros.

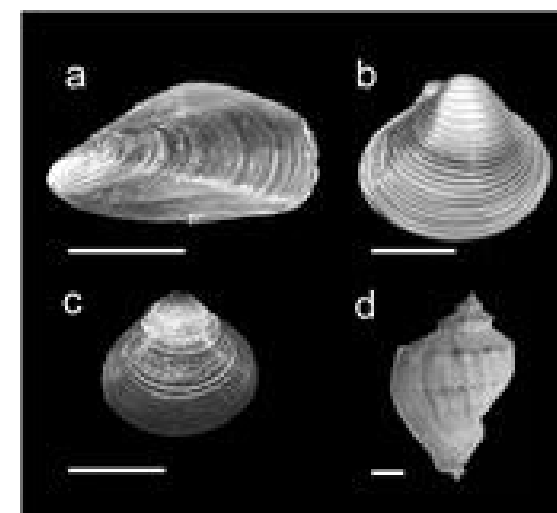


Figura 3: especies no-nativas ingresadas por el Río de la Plata. a. *Limnoperna fortunei*; b. *Corbicula fluminea* (a y b, consideradas especies invasoras). c. *Corbicula largillierii*; d. *Rapana venosa*. Escala en cada imagen es 1 cm.

En la Tabla 1 se observa las especies no-nativas (algunas de ellas invasoras) más conspicuas presentes en cuerpos de agua de la Argentina.

Cabe destacar las agresivas invasiones que se describen para la costa patagónica; entre ellas podemos mencionar a dos: la "ostra del Pacífico" o *Crassostrea gigas* (Figura 4) y el "alga invasora", "Undaria", "Wakame" o *Undaria pinnatifida* (Figura 5).

Asimismo, la provincia de Buenos Aires es la zona que presenta mayor concentración de especies acuáticas exóticas, coincidiendo con la localización de la mayoría de los puertos de ultramar (Orensanz *et al.*, 2002).

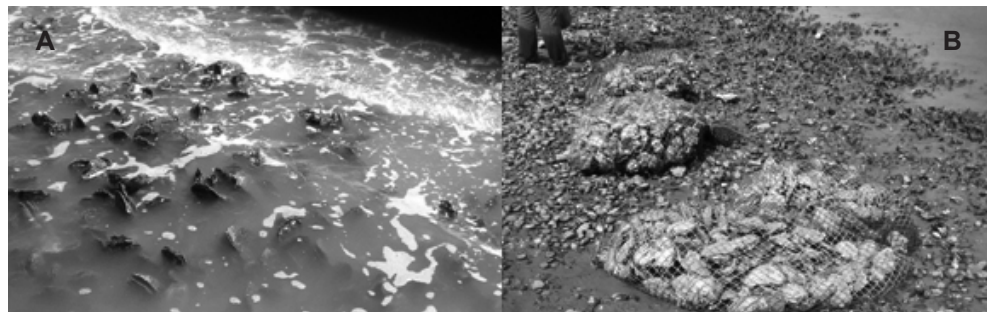


Figura 4. A: Banco de ejemplares de *Crassostrea gigas* (imagen gentileza de Cristina Rentero). Se introdujo intencionalmente en Brasil y en Bahía San Blas, Bs. As., Argentina en la década de 1980 (Borges, 2005), con fines de cultivo. La experiencia fracasó. El emprendimiento fue abandonado y se formaron bancos de ostra del Pacífico; B. bolsa de cultivo con *C. gigas* (imagen gentileza de Cristina Rentero). En 1998 se descubrió la existencia de una bolsa de cultivo con ostras del Pacífico en el Golfo San Matías (Río Negro) a 400km del asentamiento original. Esta especie invasora provoca alteración del ambiente natural y consecuencias negativas para un ambiente con fines recreativos, con la disminución de la actividad turística y pesca deportiva. Los bancos representan un riesgo para las personas porque los bordes de la valva de las ostras son filosos y causan heridas. Asimismo, cortan las líneas de las cañas de pesca deportiva del cazón desde la costa.

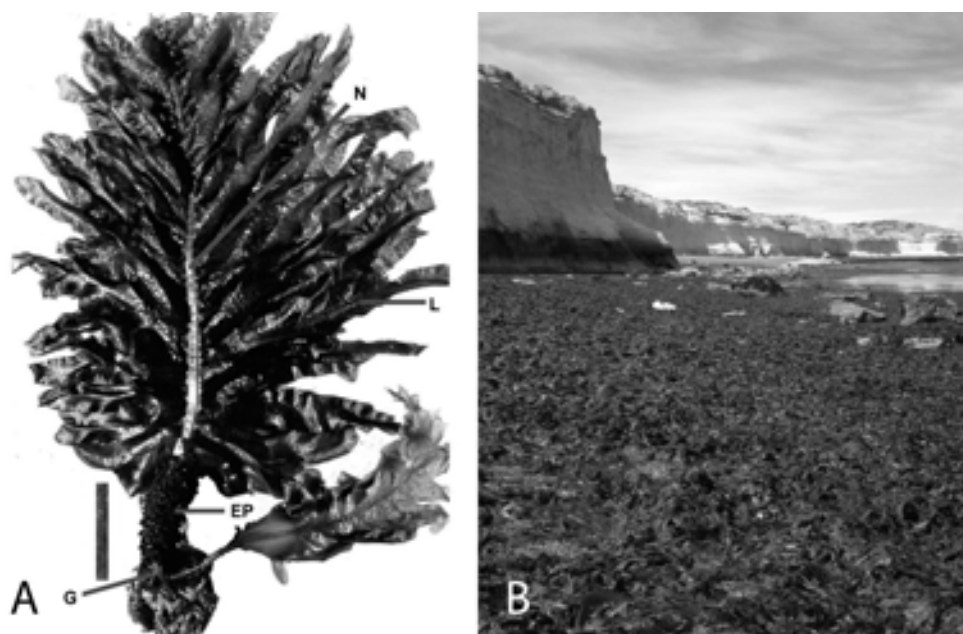


Figura 5. A. Ejemplar de *Undaria pinnatifida*; escala 20 cm; L: lamina (color pardo oliváceo), G: grampón, con lo que se fija al sustrato (imagen gentileza de G. Casas); B. La corriente marina suelta las *U. pinnatifida* y las deposita sobre las costas patagónica (imagen gentileza de E. Schwindt); las playas quedan cubiertas por esta alga y deben ser limpiadas por razones de higiene, olores e impacto visual; además provoca la disminución en la riqueza de especies nativas, afecta el comercio nativo de macroalgas e invertebrados (Casas y Schwindt, 2008).



Figura 6. *Carcinus maenas*. Escala 1 cm.

Grupo Taxonómico	Especie	Primera Cita	Lugar de Origen	Distribución	Vector de Introducción
BIVALVIA Mytilidae (Fig. 3 a.)	<i>Limnoperna fortunei</i> # (Dunker, 1857)	Pastorino <i>et al.</i> (1993)	Ríos de China y sudeste de Asia	Cuenca del Plata y Cuenca del Guaíba	Agua de lastre
Corbiculidae (Fig. 3 b-c)	<i>Corbicula fluminea</i> # (Müller, 1774)	Ituarte (1981)	Sudeste de Asia	Cuenca del Plata y Cuenca del Amazonas	Ítem alimentario o en el sedimento del lastre
	<i>Corbicula largillierii</i> (Phillipi, 1844)	Ituarte (1981)	Sudeste de Asia	Cuenca del Plata y Cuenca del Guaíba	Ítem alimenticio o en el sedimento del lastre
Ostreidae (Fig. 4 A y B)	<i>Crassostrea gigas</i> # (Thunberg, 1793)	Borges (1995)	Costa occidental del Pacífico (Japón y Corea)	Bahía Anegada y costa sur de Argentina	Cultivo comercial
GASTROPODA Muricidae (Fig. 3 d)	<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)	Pastorino <i>et al.</i> (2000)	Mar de Japón, Mar Amarillo, este de China y Golfo de Bohai	Estuario del Río de la Plata	Agua de lastre ¿?
PHAEOPHYTA Alariaceae (Fig. 5 A y B)	<i>Undaria pinnatifida</i> # (Suringar, 1872)	Piriz & Casas (1994)	Noreste de Asia (Japón, Corea y parte de China)	Costa patagónica	Agua de lastre o fouling en cascos de barcos
MALACOSTRACA Portunidae (Fig. 6)	<i>Carcinus maenas</i> (Linneo, 1758)	Hidalgo <i>et al.</i> (2005)	Noreste Atlántico europeo y norte de África	Costa de la provincia de Chubut (Bahía Camarones)	¿?

Tabla 1. Especies más conspicuas introducidas en la Argentina.

#: Especie invasora en Argentina

Actividad portuaria. El movimiento del ser humano por todo el planeta aumentó notablemente con el avance del transporte aéreo, fluvial, marítimo y por carretera en todo el mundo. Estas rutas comerciales también facilitan el transporte de espe-

El sistema portuario de la Argentina esta organizado en dos grandes grupos, uno es el de los puertos fluviales de los ríos Paraná-Río de la Plata (Fig. 7) y el otro el del litoral marítimo (<http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea18s/ch08.htm>). La vinculación de los grandes puertos y las terminales fluviales del río Paraná y Río de la Plata con el Océano, se denomina Sistema de Navegación Troncal (SNT) y es una vía navegable vital para el comercio exterior de Argentina (Plan Maestro y Director del Sistema de Navegación Troncal, 2008).

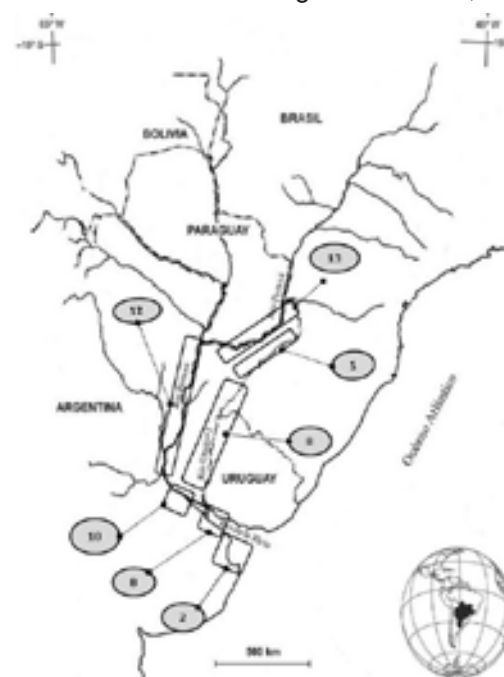


Figura 7: Ríos más destacados de la Cuenca del Plata. Ovalo con el número de puertos existentes en cada área señalada. 185

En aproximadamente 600 km de longitud (litoral que involucra tres provincias: Entre Ríos, Santa Fe y Bs. As.) se desarrolla el SNT. Solo sobre el río Paraná existen 35 puertos habilitados (http://www.sspvvn.gov.ar/puertos_habilitados.html); lo que significa que las características ecológicas/ambientales de los puertos involucrados, no difieren significativamente uno del otro ni de la región donde se encuentran. Asimismo, la corta distancia existente entre los puertos y la gran densidad urbana asociada a los mismos (4.810.233 habitantes, según censo 2001), magnifican el impacto de los puertos sobre el ambiente. Por último y más relevante para el presente capítulo, muchos organismos acuáticos y terrestres fueron, son y serán, transportados por el lastre de las embarcaciones y también por la carga (contenedores) que transportan las embarcaciones. Esto convirtió a los puertos en los centros de mayor introducción de especies no-nativas (Darrigran y Damborenea, 2009). Por lo tanto, la prevención para minimizar el riesgo de invasión, debería desarrollarse en un principio en los puertos. En este sentido, Hicks (2004), plantea que la prevención en los puertos, debería ser tanto en los de origen de los contenedores que transportan, como en los puertos de destino de los mismos. Con esa finalidad hace referencia a la experiencia llevada a cabo en Nueva Zelanda; donde a uno de los pasos de la vía de introducción, que son los exportadores de productos a Nueva Zelanda, se les requiere pasar por una serie de procedimientos de mitigación, en donde deben presentar un set de normas en extenso para la importación de productos, en el cual se halla cumplido con los estándares internacionales de limpieza y libres de plagas. Este es un test de acatamiento obligatorio. Las inspecciones serán antes de la exportación, un certificado de salida segura del contenedor del puerto de origen uno, para el puerto receptor y otro para la empresa que reciba el contenedor, por lo tanto una alta proporción de riesgo de invasión es mitigada.

UN CASO DE ESTUDIO: IMPACTO DE *LIMNOPERNA FORTUNEI* EN LA CUENCA DEL PLATA.

Una característica de las especies invasoras es el impacto que ocasionan sobre el ambiente que colonizan. Considerando el caso particular de un invasor muy agresivo, como es *Limnoperna fortunei* o “mejillón dorado”, Darrigran y Damborenea (2006) mencionan que el impacto en el ambiente natural que ha provocado el mejillón dorado en la cuenca del Plata, desde su primer registro en el año 1991, son de diversos aspectos:

- creando un nuevo microambiente, en donde se produce desplazamientos de especies nativas, como así también el desarrollo de poblaciones de macroinvertebrados bentónicos nativos, antes ausentes en el sustrato que ahora ocupa el mejillón;
- modificando la dieta de la ictiofauna nativa;
- afectando la tasa de clareado de cuerpos de agua donde se encuentran sus densas poblaciones;
- favoreciendo el asentamiento de especies no comunes en la Cuenca del Plata, como es el caso del cangrejo malacófago *Callinectes sapidus*.

Además de este impacto ambiental, *L. fortunei* tiene un perjuicio económico, debido a los efectos dañinos que ocasiona el macrofouling en tomas de agua, sistemas de refrigeración de industrias y de generación de energía en las instalaciones industriales, sistemas de riegos, etc. (Darrigran, 2010).

Microambiente creado por el mejillón dorado. La densidad de los asentamientos del mejillón dorado facilitó la formación de un microambiente, que hizo posible un incremento del número de especies en el ambiente rocoso del litoral. Un ejemplo de esa ampliación específica la constituyen las poblaciones de anélidos; oligoquetos e hirudíneos (Fig.8) se han vuelto dominantes desde la presencia del mejillón dorado. Concomitantemente dichos asentamientos han producido un desplazamiento de *Uncancylus concentricus* y *Chilina fluminea*, dos de las tres especies de gasterópodos más comunes en dicho ambiente antes de la invasión de *L. fortunei*; mientras que la densidad de la población de la tercera especie de gasterópodo más característico, *Heleobia piscium* (Fig.8), ha demostrado una relación directamente proporcional con la densidad de *L. fortunei* (Darrigran y Damborenea, 2006). En síntesis se puede plantear la hipótesis que donde se encuentra asentada *L. fortunei*, habrá una fauna homogénea de macroinvertebrados. Darrigran (2002) hace referencia a otros de los efectos negativos que tiene el mejillón dorado sobre la fauna de macroinvertebrados nativos; la disposición del mejillón dorado sobre los bivalvos nativos de América del Sur (*Hyriidae* y *Mycetopodidae*). Usa a estos bivalvos como sustrato y causa el desplazamiento de sus poblaciones, a través de la inanición, la asfixia y finalmente la muerte de estos (Fig.8).

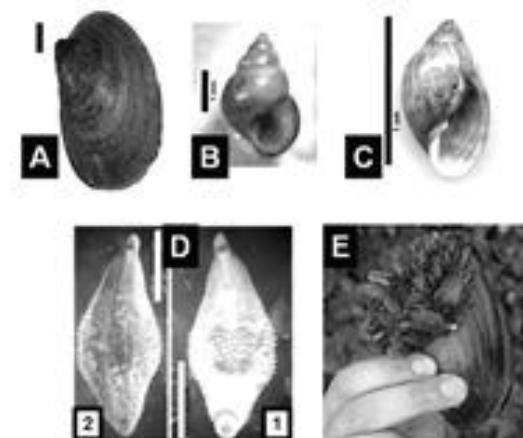


Figura 8: Fauna de invertebrados mayores a 1 mm, asociados a *L. fortunei*.

A. *Uncancylus concentricus*. Escala: 1 mm; B. *Heleobia piscium*.

Escala: 1 mm; C. *Chilina fluminea*. Escala: 1 cm; D. Vista dorsal (1) y ventral (2), de un ejemplar de *Helobdella simplex*. Escala de 0,5 cm; E. “Macrofouling” del mejillón dorado sobre un ejemplar de *Mycetopodidae* (especie de bivalvo nativo).

Modificación de la dieta de peces nativos. Cuando las especies introducidas colonizan nuevos ambientes carecen de depredadores naturales; situación que se combina con un potencial biológico adecuado, es decir, rápido crecimiento, maduración temprana, elevada tasa de fecundidad y alta adaptabilidad al ambiente, permiten una dispersión vertiginosa (García y Montalvo 2006), convirtiéndose en una especie invasora. *L. fortunei* es un claro ejemplo de lo mencionado; la llegada de este molusco a la Cuenca del Plata a principios de la década del noventa (Pastorino et al., 1993) y su arremetedor expansión, estimada en 240 km año⁻¹ (Darrigran y

Ezcurra de Drago, 2000) lo convirtió en la presa más abundante del ambiente, provocando que varias especies de peces cambiaran su dieta original, se convirtieron en malacófagos y que el crecimiento poblacional de las antiguas presas perdieran uno de sus limitantes naturales. Entre los grupos de peces consumidores de dicho bivalvo pueden mencionarse: los Characiformes (Bogas y pacués), los siluriformes (armados, bagres y viejas), los cipriniformes (carpas), los rayiformes (rayas de río), y los perciformes (corvina rubia), entre otros. Todos ellos actualmente son los más abundantes en la pesca comercial, artesanal y deportiva (García y Montalvo, 2006). La depredación sobre *L. fortunei* es importante para controlar su crecimiento poblacional, pero aún así ha resultado insuficiente para detener la dispersión de este molusco invasor (Darrigran and Damborenea, 2005).

Tasa de clareado de cuerpos de agua donde se encuentran densas poblaciones de *L. fortunei*. La gran adaptabilidad y dispersión del mejillón dorado ha generado un impacto ambiental de diversa índole, Sylvester *et al.* (2006) señalan que si bien se han efectuado estudios sobre los efectos del mejillón dorado, éstos solo focalizan en la influencia de *L. fortunei* sobre la diversidad y la abundancia de invertebrados bentónicos, dejando de lado otras modificaciones ambientales, producto de la alimentación filtradora del mitilido. El proceso de alimentación de los filtradores impacta al ambiente de la siguiente manera:

- el material particulado es extraído de la columna de agua y transferido a los sedimentos en forma de heces o pseudoheces;
- el agua es más transparente;
- el fondo es enriquecido con material orgánico.
- Concomitante al consumo y digestión de partículas, se activa la degradación y mineralización; lo cual afecta las cantidades y relaciones porcentuales de nutrientes inorgánicos en la columna de agua, que a su vez inciden sobre la cantidad y tipo de fitoplancton y el aumento en las concentraciones de nutrientes que favorecerán el crecimiento de la vegetación fanerogámica sumergida.

- La comunidad bentónica, en particular las poblaciones detritívoras, son favorecidas por el mayor contenido de material orgánico en el fondo, por la mayor oxigenación del agua debido a la circulación producida por el proceso de filtración y por las oportunidades de refugio y protección que ofrecen los bancos de filtradores sésiles como los de *L. fortunei* (Karatayev *et al.*, 2004).

Sylvester *et al.* (2005) realizaron un estudio con el objetivo de estimar por primera vez las tasas de filtración de *L. fortunei* en condiciones controladas de laboratorio, que posteriormente extrapolaron a las condiciones ambientales. Trabajaron con dos tallas de ejemplares adultos (15 y 23 ± 1 mm de longitud máxima valvar), y con tres valores de temperatura del agua (15 , 20 y 25°C) representativos del ciclo térmico anual en el delta inferior del río Paraná y el estuario del Río de la Plata. Estimaron además los volúmenes de agua filtrada. Los datos obtenidos indicaron que los niveles de aclaramiento de *Limnoperna fortunei* están entre los más altos medidos para moluscos invasores de agua dulce; en consecuencia la mayor parte de los 1-2 millones de toneladas de carbono orgánico particulado que cada año el Río de la Plata exporta al océano, son retenidos localmente (en forma de tejido propio o heces) potenciando las relaciones tróficas y la producción local. Toneladas de partículas que antes circulaban por el Río de la Plata de paso hacia el mar, ahora son

retenidas, por lo tanto, esa misma cantidad ha dejado de volcarse al Océano ¿Qué impacto a mediano o largo plazo producirá?

Perjuicio económico. El problema a nivel económico es sufrido principalmente por las industrias debido a que el macrofouling ocasiona (Darrigran, 2010): reducción de los diámetros y bloqueo de cañerías, oclusión de filtros, decrecimiento de la velocidad del agua (el flujo laminar necesario pasa a ser turbulento), oclusión por acumulación de valvas vacías, contaminación del agua del interior del sistema, etc) (Fig.9).

Mackie y Claudi (2010) también mencionan como *L. fortunei* afecta las embarcaciones que circulan por el río Paraguay; aun cuando las densidades del mejillón dorado en estos ríos pudiera ser baja, el macrofouling perjudica los sistemas de refrigeración, ocasionando el calentamiento de los motores de las embarcaciones que por allí circulan.

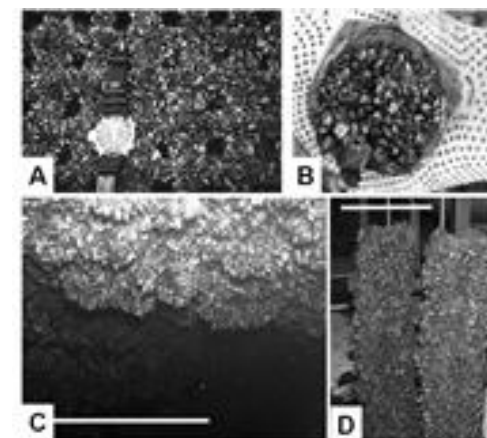


Figura 9: Macrofouling sobre sistemas de flujo de agua.

A. Rejas para peces de una central térmica bonaerense con poco espacio libre para el pasaje de agua, dejado por el macrofouling ocasionado por el mejillón dorado. B. caño ocluido por el mejillón dorado. C. Importante adherencia de ejemplares de mejillón dorado en el interior de conducto de aspiración en una Central Nuclear. Diciembre del 2005. Cuenca del Plata. Escala: 30 cm. D. Cartuchos de un filtro del inicio del sistema de refrigeración de una central hidroeléctrica. Escala: 30 cm.

MANEJO DE LAS BIOINVASIONES

Las investigaciones abocadas a la biología de las invasiones en Argentina, en general, se encuentran completando una etapa básica, de descripción de la invasión biológica y se comienza a desarrollar las otras dos etapas necesarias para realizar un manejo sustentable de las bioinvasiones: Predicción y Análisis de Riesgo de invasión. No obstante, tendríamos un sistema de investigación bien orientado y generador de potenciales soluciones de las bioinvasiones, *versus* un sistema gubernamental de manejo inconsciente de ello o, peor, inconsciente aún de los problemas que causan bioinvasiones. El sistema científico dedicado a la biología de las invasiones progresa y se encuentra preparado para encarar la predicción y análisis de riesgo de invasión.; por lo tanto, es necesario que este progreso, este acompañado con una política de integración con el sistema económico-social de la región.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Borges, M. E.; 2005. La ostra del Pacífico, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) en la Bahía Anegada (Provincia de Buenos Aires). En: Invasores: Invertebrados exóticos en el Río de la Plata y región marina adyacente. (ed.) Penchaszadeh, P.; EUDEBA, Buenos Aires, 1°ed. 311-368.

Bucher E.; Bonetto A.; Boyle T.; Canevari P.; Castro G.; Huszar P. & Stone T. 1993. Un examen ambiental inicial de la Vía Fluvial Paraguay-Paraná. Humedales para las Américas, 10. 74pp.

Capdevila Argüelles, L., Iglesias García, A. Orueta, J. y Zilleti, B. 2006. Especies Exóticas Invasoras: Diagnóstico y bases para la prevención y el manejo. Disponible http://www.mma.es/secciones/el_ministerio/organismos/oapn/pdf/edit_libro_04_00.pdf

Carlton, J. T. 1985 Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 23:313-371.

Carlton, J. T. 1996. Pattern, Process, and Prediction in Marine invasion Ecology. *Biological Conservation* 78: 97-106.

Carlton, J.; Smith, L.; Reid, D.; Wonham, M.; Mc Cann, L.; Ruiz, G.; & Hines, A. 1997. Ballast sampling methodology. Na outline manual of sampling procedures and protocols for fresh brackish and salt water ballast. Maritime Studies program. Williams College- Mystic Development.

Casas, G.; Scrosati, R. & Piriz, M. L.. 2004. The invasive kelp *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae, Laminariales) reduces native seaweed diversity in Nuevo Gulf (Patagonia, Argentina). *Biological Invasions* 6: 411-416.

Darrigran, G. 1995. *Limnoperna fortunei*: ¿Un problema para los ecosistemas de agua Dulce Del MERCOSUR? Revista MUSEO. Fundación Museo de La Plata (Ed).

Darrigran, G. A. & Ezcurra de Drago . 2000. Invasion of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in America. *Nautilus* 2: 69-74.

Darrigran G.A. & Damborenea C. 2005c. A South American bio-invasion case history: *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), the golden mussel. *American Malacological Bulletin* 20: 105-112.

Darrigran G.A. & Damborenea C. 2006. Bio-invasiones. En Darrigran G.A. & Damborenea C (Eds), Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano. EDULP, La Plata, 226 pp.

Darrigran, G. & M. C. Damborenea (eds.) 2009 *Introdução a Biologia das Invasões o Mexilhão Dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e*

controle AES Tietê - CUBO Editora San Pablo. 246 pp.

Darrigran G. 2010. Summary of the distribution and impact of the golden mussel in Argentina and neighboring countries. En: Mackie, G. & Claudi, R. (Eds). Monitoring and control of macrofouling mollusks in fresh water systems. pp 389-396.

Elton, Ch. S. 1958. *The Ecology of Invasions by animals and plants*. Catalogue 6041/U. Methuen and CO LTD. Great Britain 181 pp.

Escapa, M.; Isacch, J. P.; Daleo, P.; Alberti, J.; Iribarne, O.; Borges, M. E.; dos Santos, E. P.; Gagliardini, D. A. & Lasta, M.; 2004. The distribution and ecological effects of the introduced Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in northern Patagonia. *Journal of Shellfish Research*, 23 (3): 765-775.

García, M.; & Montalto, L. 2006. Los peces depredadores de *Limnoperna fortunei* en los ambientes colonizados. En Darrigran G.A. & Damborenea C (Eds), Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano. EDULP, La Plata. pp 113-129.

GEF-UNDP-OMI GloBallast Partnerships y IOI, 2009: Directrices para el Estatus de Evaluación de AL a nivel nacional. Serie 17 de monografías GloBallast.

Hicks, G. 2004. Turning the Tide: Is aquatic bioinvasers research heading in the right direction? *Aquatic Invaders*, 15(1): 9-20.

Karatayev, A.Y.; Boltovskoy, D.; Minchin, D.; Padilla, D.K. & Burlakova, L.E. 2004. Changes in global economy and trade, and potential spread of exotic freshwater bivalves. 13th International Conference on Aquatic Invasive Species, 19-24 septiembre 2004, Ennis, Irlanda.

Lanteri, A. y Cigliano M. (eds) 2005. *Sistemática Biológica: fundamentos teóricos y ejercitaciones*. Editorial Universitaria de La Plata. La Plata, 241 pp.

Mackie, G. & Claudi, R. (Eds.) 2010. Monitoring and control of macrofouling mollusks in fresh water systems. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 508 pp.

Matthews, L. 2005. Programa Mundial sobre Especies Invasoras Primera edición en 2005 por la Secretaría del GISP. 80pp.

Oresanz, J., E. Schwindt, G. Pastorino, A. Bortulus, G. Casas, G. Darrigran, R. Elias, J.J.Lopez Gappa, S. Obenet, M. Pascual, P. Penchaszadeh; M. L. Piriz; F. Sacarino, E.D. Spivak & E.A. Vallarino. 2002. No longer a pristine confine of the World Ocean-A survey of exotic marine species in the Southwestern Atlantic. *Biological Invasion* 4: 115-143.

Pastorino, G.; Darrigran G.; Martin S. & L. LUNASCHI. 1993. *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1957) (Mytilidae) nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata. *Neotropica* 39: 101-102.

Programa Marco para la gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata en relación a los efectos de la variabilidad y el cambio climático. 2005. OEA, Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata-CIC. Recursos

Hídricos y Gestión. 80 pp.

Vilches, A., Arcarí, N. & Darrigran, G. 2010 Introducción a las invasiones biológicas. Revista electrónica Boletín Biológico, 17: 14-19 <http://www.boletinbiologica.com.ar/>

Vinuesa, J. H. 2007. Molt and reproduction of the European green crab *Carcinus maenas* (Decapoda: Portunidae) in Patagonia, Argentina Revista de Biología Tropical, 55 (Supl. 1): 49-54

Wiley, C. & Claudi R. 2000. The role of ships as a vector of introduction for non-indigenous freshwater organisms, with focus on the Great Lakes. Nonindigenous freshwater organisms. Vectors, Biology and Impacts. 13:203-217.

Sylvester, F.; Bolyovskoy D. & CATALDO, D. 2006. Tasas de clearanceo: ritmos e impacto. En Darrigran G.A. & Damborenea C (Eds), Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano. EDULP, La Plata. pp 131- 141

Sylvester, F. Dorado, J.; Boltovskoy, D.; Juárez, A. & Cataldo, D. 2005. Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. Hydrobiologia (2005) 534: 71–80.

Páginas electrónicas consultadas:

<http://sasacarabobo.spaces.live.com/>

<http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea18s/ch08.htm>

<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/cap-fed/elagua/argenti/gallery/hidr.htm>

http://www.prefectura naval.gov.ar/puertos/rpla/sobre_riopla.htm

CAMBIO EN LA VEGETACIÓN EN COSTAS DE DUNAS Y SU INFLUENCIA EN EL BALANCE SEDIMENTARIO

Silvia Marcomini, Rubén López, Pablo Picca, Nora Madanes, y Lila Bertolín

INTRODUCCIÓN

El campo de dunas litorales que se extiende como una faja de aproximadamente 4 km de ancho desde la localidad de Mar Chiquita hasta Punta Rasa en la provincia de Buenos Aires ha sido alterado sustancialmente por la acción humana, perdiendo progresivamente sus rasgos naturales.

Las primeras poblaciones que ocuparon estas barreras medanosas, se establecieron en 1920. Las mismas estaban directamente relacionadas con emprendimientos forestales aislados, en su mayoría llevados a cabo por particulares en terrenos que eran antiguamente considerados improductivos. Estas ocupaciones, luego transformadas en localidades turísticas, alcanzaron un pico urbanístico en la década de 1970, con el uso de las playas de la costa bonaerense como destino vacacional principalmente para los habitantes de las ciudades de Buenos Aires y La Plata.

Actualmente, estas localidades continúan creciendo en forma desmedida alterando las tasas de transporte eólico, las geoformas de las dunas originales y la dinámica sedimentaria del sector litoral. Por este motivo se viene registrando un desbalance sedimentario, que pone en riesgo la alimentación de arena de los sistemas de playas naturales.

La progresiva sustitución de la vegetación originaria por bosques a lo largo del campo litoral ha estabilizado, las dunas activas y ha modificado los patrones de transporte eólico, disminuyendo el aporte de arena hacia la duna costera. En la actualidad, con el nuevo boom inmobiliario y con el desarrollo de los barrios cerrados, es difícil encontrar campos de dunas con sus respectivos biomas asociados, que no hayan sido alterados en su estructura y dinámica.

Los únicos sectores que se preservan son la Reserva Faro Querandí y Mar Chiquita, localizadas al sur de la barrera medanosa.

LA BARRERA MEDANOSA ORIGINARIA

La costa de dunas estudiada se originó a partir de un campo de dunas transgresivo, que se extiende desde la playa hasta aproximadamente 4 km hacia el interior del continente, y desde Mar Chiquita hasta Punta Rasa al norte (Figura 1). Esta barrera medanosa ha sido estudiada previamente, desde el punto de vista geomorfológico por Marcomini y López (1995), Isla (1997), Isla *et al.* (2001), Marcomini (2002), Marcomini y López (2008), Marcomini *et al.* (2009 y 2010). Entre los trabajos previos sobre la vegetación en el área se destacan estudios llevados a cabo por Faggi *et al.* (1997) y Faggi y Cagnoni (1991).

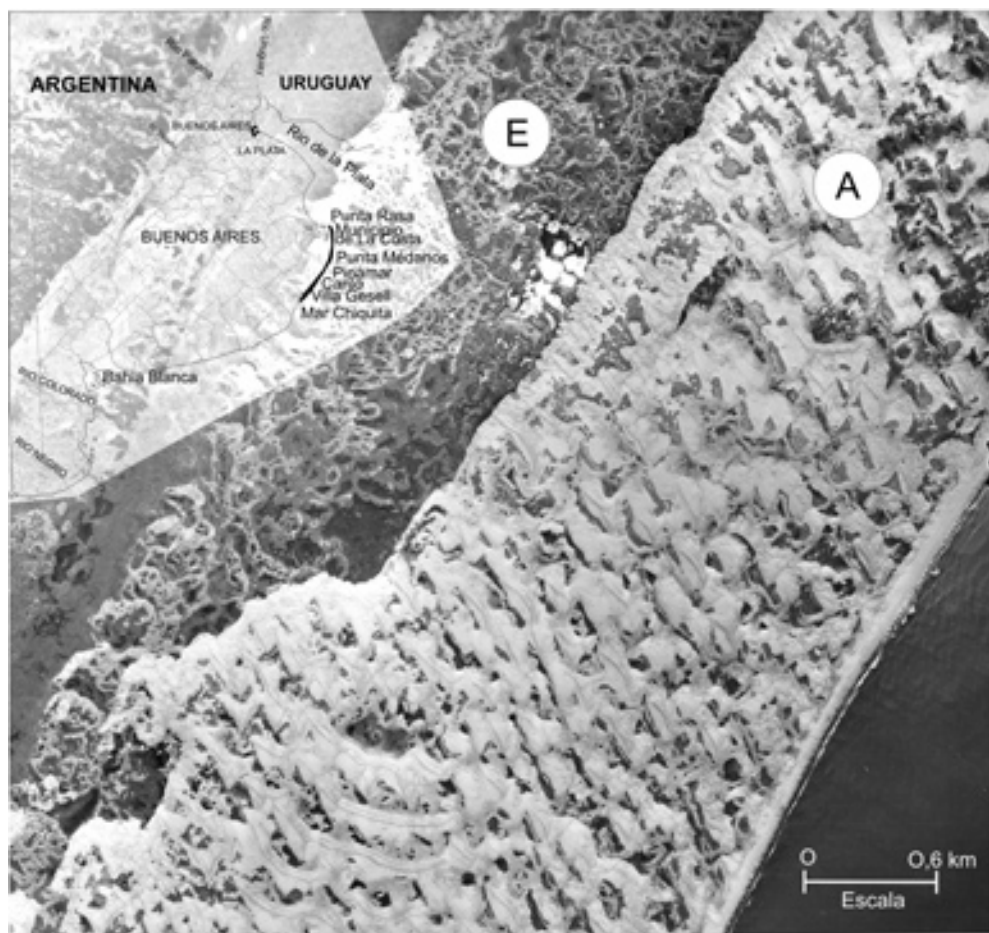


Figura 1: En la fotografía aérea del año 1981 se distinguen las geoformas eólicas correspondientes a los campos Activo (A) y Estabilizado (E). En el primero se distingue hacia el sudoeste el predominio de crestas bajanoides y barjan hacia el este; mientras que en el campo estabilizado predominan las dunas parabólicas en enrejados (Marcomini, 2002).

Los rasgos geomorfológicos del campo de dunas permiten diferenciar, en el paisaje original, tres unidades dependiendo de la actividad eólica de las dunas: un campo activo, uno semiactivo y uno estabilizado (Tabla 1 y Figura 1).

En el campo activo se reconocen como geoformas principales, crestas barjanoides, barjans y dunas costeras. Las crestas barjanoides reversibles (Figura 1 y 2) son las geoformas con mayor actividad eólica; la vegetación se desarrolla en los sectores interdunales y se caracteriza por la presencia de *Spartina coarctata*, *Cakile maritima* y *Panicum racemosum* con un valor de abundancia- cobertura inferior al 10 %.

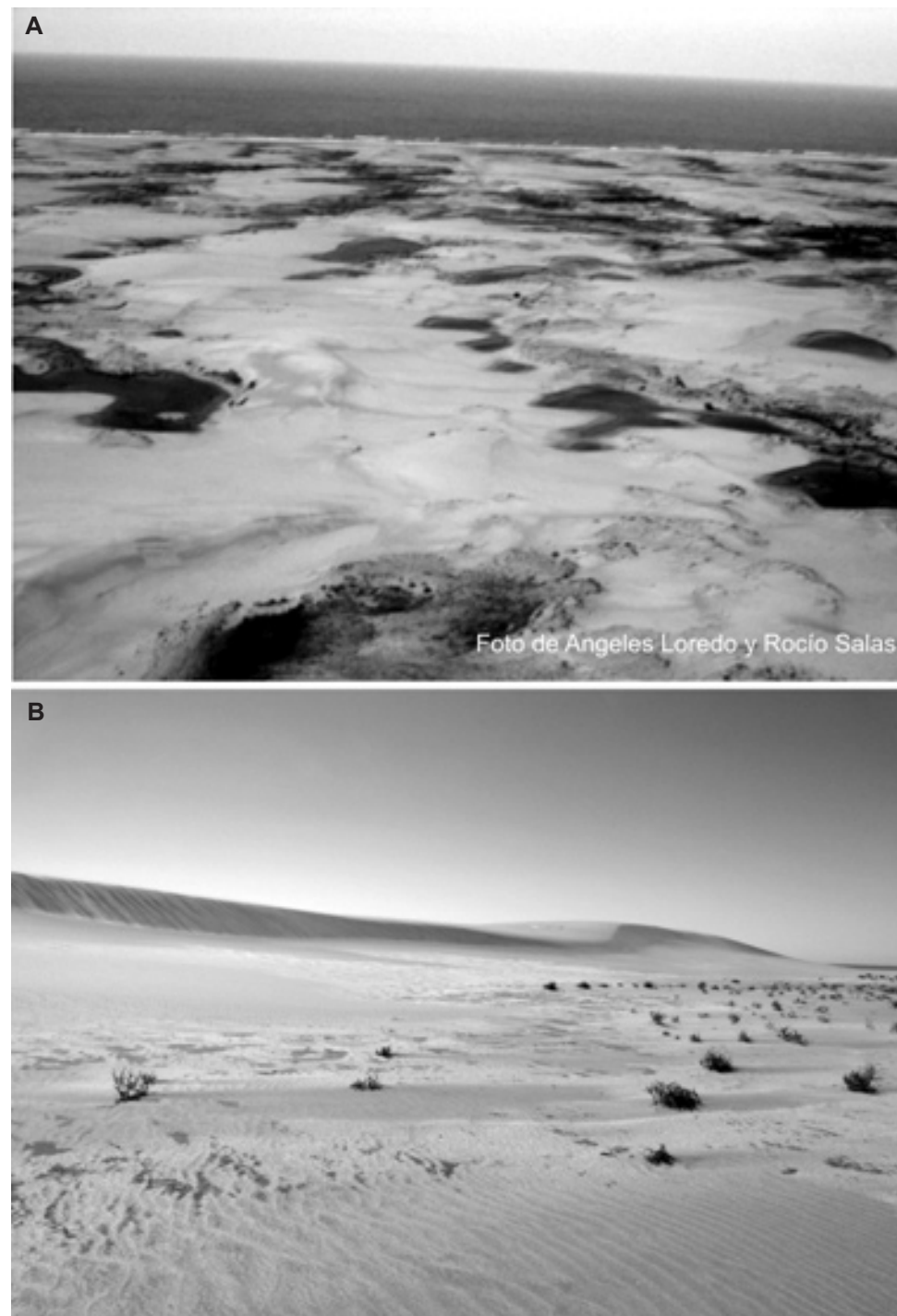


Figura 2: Campo de dunas activo. A. Vista aérea de las crestas barjanoides reversibles. B. Vista de la vegetación en los interdunales y generación de dunas embrionarias

La duna costera posee una cobertura vegetal del 22 %, siendo dominante *P. racemosum* y acompañantes *Calycera crassifolia*, *Cortaderia selloana* y *Cakile marítima*. En la cresta de la duna costera domina *P. racemosum* (18.5) %, mientras que *C. selloana*, se comporta como acompañante (2.5%). En la cara orientada hacia el mar domina *P. racemosum* y son acompañantes *Calycera crassifolia*, y *C. marítima* con una cobertura-abundancia total del 8.9 %.

Campo	Geoforma	Porcentaje de cobertura vegetal
Activo	Duna costera	0,5% (duna incipiente) 2-22% (foredune)
	Crestas barjanoides y barjans	0% (dunas) 0-4 % (solo en interdunales)
Semiactivo	Degradadas	1-5 % (dunas) 23% (interdunal)
	Dunas en voladura (<i>Blow out dunes</i>)	5-36 % (duna) 100% (interdunal)
Estabilizado	Dunas parabólicas complejas	6-25 % (dunas) 100% (interdunal)

Tabla 1. Geoformas eólicas típicas de los campos de dunas reconocidos.

Como geoformas del campo semiestabilizado se observaron dunas degradadas (Figura 3) y dunas en voladura. En las primeras se reconoció una asociación de *P. racemosum*, *Hydrocotyle bonariensis* y *Calycera crassifolia*. Las dunas en voladura tienen en sus lóbulos de acumulación hasta un 36% de cobertura total de vegetación, siendo dominante *P. racemosum* y codominante *H. bonariensis*, registrándose con menor abundancia –cobertura *Androtichum trigynum*.



Figura 3. A: Campo de dunas semiactivo al frente, con la presencia de dunas degradadas y dunas en voladura y estabilizado al fondo con dunas parabólicas en enrejado. B. Vista de campo de una duna. C. Vista de duna en voladura circular.

En el campo de dunas estabilizado se reconocieron dunas parabólicas que conforman en superficie un diseño enrejado (Figuras 3 y 4) (Marcomini, 2002). En el cuerpo de estas dunas parabólicas dominan *Achyrocline satureoides* y *Tessaria ab-sinthioides* y son acompañantes *Cortaderia selloana* e *H. bonariensis*. Los interdunales presentaron la mayor cobertura vegetal (100 %) caracterizándose ésta por la superposición de estratos herbáceos, sin sustrato descubierto. Los bajos de mayor profundidad muestran la dominancia de *Typha sp.*, registrándose además *Mikania*

parodii, *Eleocharis aff. viridans* e *H. bonariensis*. En los bajos someros, en cambio, dominaron *Melilotus aff. Indicus* y *Eleocharis aff. viridans*, codominando *Melilotus albus*, *C. selloana* e *H. bonariensis*. Alcanzando en conjunto una cobertura superior al 100 %



Figura 4. Vista del campo de dunas estabilizado al fondo. A crestas de las dunas en voladura en enrejado y B bajos con comunidad de *Typha sp* en el centro y de *C. selloana* en los márgenes.

LA VEGETACIÓN ORIGINARIA Y LAS GEOFORMAS EÓLICAS

En los campos de dunas que en la actualidad se encuentran en estado natural, se han reconocido 21 especies de plantas vasculares dominantes (Marcomini et al 2010), la mayoría de ellas herbáceas latifoliadas o graminíformes, predominado las especies perennes entre las nativas, y las anuales entre las exóticas (Tabla 2).

Las especies dominantes en los distintos ambientes fueron: *Hydrocotyle bonariensis* (Apiaceae), *Senecio crassiflorus*, *Baccharis genistifolia*, *Mikania parodii*, *Ambrosia tenuifolia*, *Achyrocline satureioides* y *Tessaria abstinthioides* (Asteraceae); *Cakile maritima* (Brassicaceae) y *Calycera crassifolia* (Calyceraceae). Entre las Cyperaceae dominan *Eleocharis aff. viridans* y *Androtrychium trigynum*, mientras que entre las Poaceae lo hacen *Spartina coarctata*, *Cortaderia selloana*, *Panicum racemosum*, *Imperata brasiliensis*.

Se han registrado siete especies características de comunidades de dunas activas y semiestabilizadas. Estas son: *Cakile maritima*, *Spartina coarctata*, *Senecio crassiflorus*, *Baccharis genistifolia*, *Androtrychium trigynum*, *Panicum racemosum* y *Calycera crassifolia* (Figura 5).

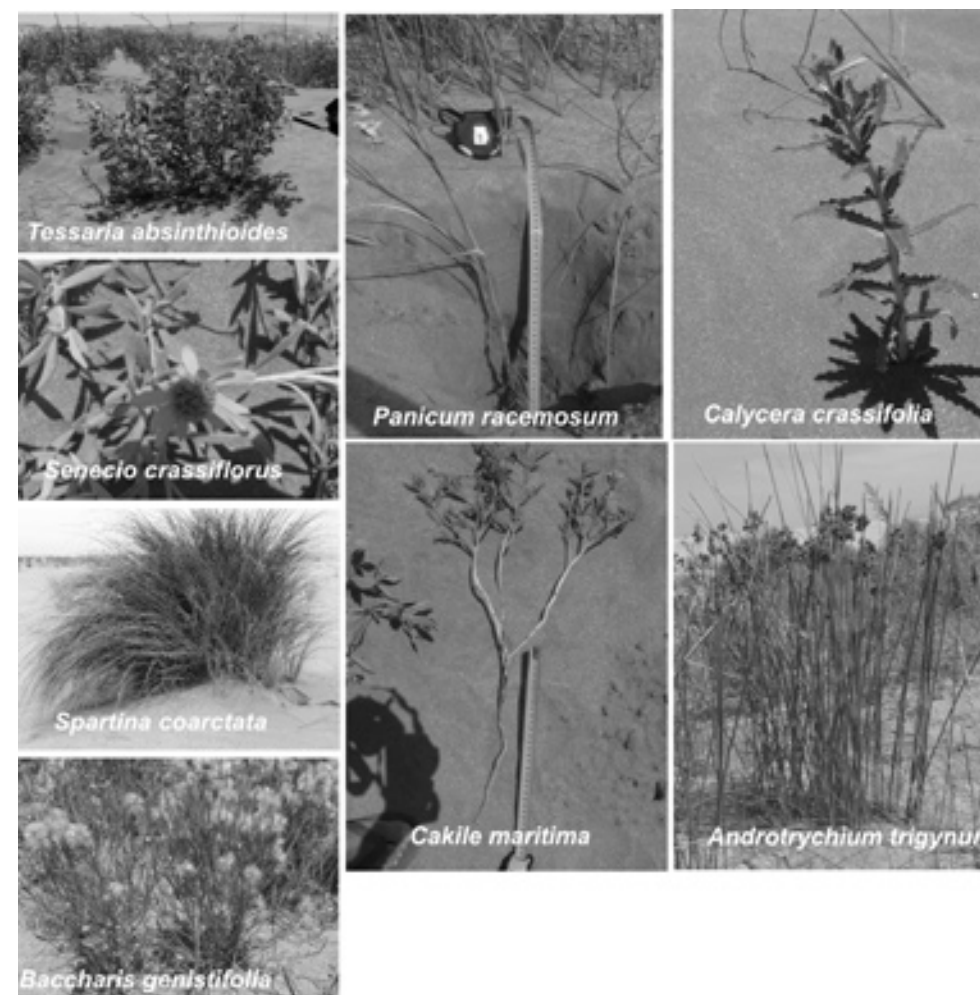


Figura 5: Plantas típicas de las comunidades de dunas activas y semiestabilizadas en la provincia de Buenos Aires, barrera medanosa norte.

Las comunidades de los bajos presentan especies comunes a las registradas en ambientes transitoriamente inundados de las islas del frente de avance de la región del Delta del Río Paraná (Kandus et al. 2003). Se observó en todos los casos que estas especies necesitan la colonización previa de la duna por plantas pioneras para establecerse comportándose en consecuencia como secundarias en la sucesión ecológica.

Familia	Especie	Tipo biológico	Status	Origen	Ciclo de vida
Apiaceae	<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	HL	Nativa	América	Perenne
Asteraceae	<i>Senecio crassiflorus</i>	HL	Nativa	Sureste de Brasil, Uruguay y NE de la Argentina	Perenne
	<i>Baccharis genistifolia</i>	Ar	Nativa	Sur de Brasil, Paraguay y NE de la Argentina.	Perenne
	<i>Mikania parodii</i>	E	Nativa	Litoral bonaerense.	Perenne
	<i>Ambrosia tenuifolia</i>	HL	Nativa	América austral.	Perenne
	<i>Achyrocline satureioides</i>	Ar	Nativa	América Austral.	Perenne
	<i>Tessaria abstinthioides</i>	Ar	Nativa	América austral.	Perenne
Brassicaceae	<i>Cakile maritima</i>	HL	Adventicia	Europeo	Anual o bienal
Calyceae	<i>Calyceae crassifolia</i>	HL	Nativa	América austral.	Perenne
Cyperaceae	<i>Eleocharis aff. viridans</i>	HE	Nativa	América austral.	Perenne
	<i>Androtrichium trigynum</i>	HE	Nativa	Litoral atlántico y platense. Argentina, Brasil y Uruguay.	Perenne
Fabaceae	<i>Melilotus albus</i>	HL	Adventicia	Asia occidental y Europa.	Anual o bienal.
	<i>Adesmia incana</i> var. <i>grisea</i>	HL	Nativa	Uruguay y Argentina	Perenne
Juncaceae	<i>Juncus acutus</i>	HG	Nativa	Delta del Paraná, estuario del río de La Plata	Perenne
Poaceae	<i>Spartina coarctata</i>	HG	Nativa	Costa de Uruguay y prov. Buenos Aires)	Perenne
	<i>Cortaderia selloana</i>	HG	Nativa	Platense. América austral.	Perenne
	<i>Panicum racemosum</i>	HG	Nativa	Brasil, Uruguay y NE de la Argentina	Perenne
	<i>Imperata brasiliensis</i>	HG	Nativa	Brasil Uruguay y NE Argentino	Perenne
Polygonaceae	<i>Rumex cuneifolius</i>	HL	Nativa	América del Sur.	Perenne
Typhaceae	<i>Typha sp.</i>	HG	Nativa	Delta del Paraná y región pampeana.	Perenne
Rosaceae	<i>Margyricarpus pinnatus</i>	Ar	Nativa	Austral	Perenne

Tabla 2. Especies de plantas vasculares dominantes reconocidas en los campos de dunas naturales de la zona de la Reserva Faro Querandí. Referencias: Ar: arbustiva de bajo porte, HL: herbácea latifoliada, HG: herbácea graminiforme; HE: herbácea equisetode; E: enredadera.

De las 21 especies de plantas dominantes en las dunas litorales, 19 resultaron ser nativas y solo 2 adventicias; *Cakile maritima*, originaria de las Canarias y *M. albus*, nativa de Europa y Asia.

El hábito perenne caracteriza a la mayor proporción de las especies registradas. Otros rasgo típico de las plantas reconocidas es la presencia de rizomas, que facilita el desarrollo vegetativo y la capacidad de colonizar. Además constituyen estructuras

resistentes como para desarrollar un fuerte anclaje. De esta forma, la morfología de las plantas produce alteraciones en el flujo eólico superficial durante todo el año favoreciendo la tasa de acumulación en el campo de dunas en forma continua y dependiendo solamente de las tasas de crecimiento estacional.

LAS DUNAS Y LA VEGETACIÓN

Los campos de dunas costeras son sistemas muy vulnerables y sus cambios naturales están relacionados principalmente con las variaciones en el aporte de arena y con el régimen de los vientos (Livingstone, 1989; Wiggs, 2001). Sin embargo, el medio biológico también influye, en forma significativa, en las variaciones morfológicas de las dunas y en la dinámica litoral. Las plantas modifican la dinámica de los flujos eólicos superficiales produciéndose rápidas desaceleraciones cuando alcanzan la planta, aceleraciones locales en los laterales y separación del flujo detrás de las mismas (Alpert y Mooney, 1996; Hesp y Psuty 1988; Seeliger *et al.*, 2000; Tsoar y Moller, 1986; Cordazzo y Seeliger, 1988, 1993; Costa *et al.* 1996). La interferencia de las plantas en el transporte eólico depende de la densidad, la morfología, la distribución y altura de las plantas. A medida que la vegetación se establece y se desarrolla, las dunas crecen en altura y disminuyen su ancho (Moreno-Casasola, 1986). La disposición espacial y la abundancia de las plantas varían estacionalmente. Por lo general la tasa de crecimiento es menor en invierno y se incrementa en la primavera influyendo de esta manera en los patrones de transporte eólico en forma diferencial a lo largo del año.

A medida que un sistema de dunas se estabiliza naturalmente, por lo general se produce una sucesión ecológica que va desde comunidades herbáceas a intermedias con mayor complejidad morfológica, altura, ancho, edad y posición geográfica (Psuty, 1986, Hesp y Psuty, 1988). En otros casos las plantas pioneras también son dominantes cuando los sistemas de dunas se estabilizan (Hesp, 2002). En el campo de dunas analizado sucede lo reconocido por (Hesp 2002), y por lo general las plantas pioneras son dominantes en los campos de dunas activos y semiestabilizados y se produce una modificación en la sucesión recién cuando los campos son estabilizados. En todos los casos con dominio de especies herbáceas.

Otro factor biológico que influye en el transporte eólico es la presencia en la superficie de la arena de una película microbiótica (Belnap, 1995; Danin, 1996). Esta película de microorganismos, principalmente cianobacterias, limita la actividad eólica, creando filamentos adhesivos que estabilizan la superficie de la duna. La capa microbiótica puede llegar a aumentar también la escorrentía superficial y a disminuir la evaporación. La vegetación reduce también flujos de agua superficiales y aumenta el contenido de nutrientes por acumulación debajo de los tallos.

El desarrollo de las primeras forestaciones

Los primeros bosques implantados en la barrera medanosa se iniciaron en 1918 en la localidad de Cariló (Figura 1). Las tareas comenzaron desde la parte continental hacia la costa y finalizaron recién en 1926, desarrollándose los árboles o arbustos implantados a pesar de las condiciones adversas del medio.

El reemplazo de especies nativas por árboles, transformó los campos de dunas activos y semiactivos en estabilizados, en la mayor parte de la barrera estudiada.

El método empleado fue el diseño de barreras de quinchos que servían de protección para impedir el desplazamiento de la arena. En la década del cuarenta, esta forestación alcanzó un considerable desarrollo, habiéndose plantado más de medio millón de árboles.

En 1941 las tareas de fijación y la forestación de dunas se extendieron a la localidad de Pinamar, y en 1947 a Valeria del Mar.

En el Municipio de Villa Gesell la plantación se inició en el año 1933. El primer método empleado para la fijación de las dunas fue la implantación de individuos de una especie local: el esparto (*Spartium sp.*). El método empleado fue el de división de matas, con plantaciones en cuadrillas de 10x10. Para aumentar el contenido de nitrógeno del suelo se empleó como fertilizante guano y también restos de peces. Esta metodología no consiguió frenar el intenso soterramiento. Por este motivo, hacia 1933 se emplearon diversas especies para la fijación, obteniéndose el mejor resultado con la especie forrajera *Melilotus albus* (trébol blanco). Esta especie es fijadora de nitrógeno (en todos los ambientes), lo cual facilita el desarrollo de otras especies. Los mejores resultados forestales fueron obtenidos a partir de 1939, con la introducción de *Acacia trinervis* que se plantó en forma alineada, dando lugar a barreras eólicas, para proteger los pinos implantados en el centro. A partir de 1940 se comenzó a implementar una metodología sistemática que consistió en sembrar parcelas con trebol blanco, centeno y alfalfa simultáneamente con la implantación de especies forestales cultivadas en viveros. Las especies arbóreas empleadas inicialmente fueron: pino marítimo (*Pinus pinaster*), pino insignis (*Pinus radiata*), álamos (*Populus alba* y *Populus nigra*), acacias (*Acacia trinervis* y *A. saligna*), ciprés (*Cupressus lambertiana*), eucalipto (*Eucalyptus sp.*), sauce criollo (*Salix humboldtiana*), tamarisco (*Tamarix gallica*) y casuarinas (*Casuarina spp.*). En 1958 estas localidades ya presentaban una importante forestación, verificándose en los mismos la pérdida de la movilidad de los campos de dunas naturales.

Con excepción del sauce criollo (nativo de América septentrional), las especies arbóreas introducidas mencionadas son en su mayoría exóticas. Así, *Pinus pinaster*, *Tamarix gallica*, *Populus alba* y *P. nigra* proceden de Europa, *Acacia trinervis*, *A. saligna*, *Eucalyptus spp.* y *Casuarina spp.* de Australia y *Pinus radiata* y *Cupressus lambertiana* de Estados Unidos.

CONSIDERACIONES FINALES

En la zona costera relevada la actividad del hombre ha provocado la pérdida y fragmentación de los hábitats naturales a lo largo de los sistemas de dunas costeras. Las plantas originarias de los campos de dunas litorales continúan siendo severamente reemplazadas por especies leñosas con el fin de utilizar estos terrenos para fines urbanísticos. De esta manera no solo se ha cambiado el ecosistema, las geomorfología y la dinámica original del paisaje, sino que también se ha alterado severamente el transporte de sedimentos eólicos.

Como vimos anteriormente las especies originarias, en su mayoría herbáceas, favorecían la acumulación de arena del campo de dunas. Como consecuencia, a medida que la vegetación se iba desarrollando, se incrementaba el espesor de las dunas. Esto también incrementaba el transporte eólico superficial, la altura de las dunas y en consecuencia el espesor saturado del acuífero libre que caracteriza a

estos sistemas de dunas.

Sumado a ello, antes de las forestaciones, los campos de dunas eran activos y en consecuencia la arena superficial constituía un reservorio importante para la alimentación de la duna costera y la playa. Con el reemplazo de las plantas originarias por la implantación de árboles y arbustos, el transporte de arena se vio interrumpido debido a dos efectos:

1) La formación de barreras eólicas, que interrumpen el transporte de sedimentos en la dirección de los vientos predominantes (Marcomini 2002, Marcomini y López 2007), favoreciendo la acumulación a barloventos y la deflación a sotavento.

2) Por fijación de la superficie, de manera tal que la vegetación y broza impiden que el viento levante la partícula de arena produciendo una subsaturación eólica a sotavento, ocasionando un déficit en el transporte eólico hacia la zona litoral y hacia la playa (Marcomini *et al.* 2010).

La forestación, en consecuencia, ha alterado las características naturales del paisaje aumentando la estabilización de los campos de dunas y modificando las tasas de transporte eólico dentro del campo de dunas y hacia la playa. Esto se refleja en un aumento en la erosión de playa por disminución en el aporte de sedimentos eólicos a las corrientes litorales.

Asimismo la vegetación nativa que permitía la acumulación de arena favoreciendo el crecimiento y migración de las dunas, ha sido reemplazada por plantas leñosas, fijando el sistema de dunas y modificando el balance sedimentario eólico y marino hacia la subsaturación sedimentaria.

El desarrollo urbanístico sobre esta barrera está teniendo un crecimiento muy importante en estos últimos años, con el inicio de la construcción de nuevas poblaciones y barrios cerrados que fragmentan el paisaje alterando régimen eólico y la dinámica de dunas. Por ello es fundamental en el futuro regular la expansión territorial de los nuevos emprendimientos, disminuyendo la superficie a construir y forestar. Asimismo se deben dejar sectores con vegetación originaria para no alterar las tasas de transporte eólico.

Para el manejo costero del área en estudio, no sólo es necesario regular el futuro crecimiento de las áreas forestadas sobre la barrera de dunas; sino que también preservar las áreas que hasta el momento no hayan sido modificadas como reservas naturales.

De no seguir estas políticas el proceso erosivo, que sufren las playas de estas localidades seguirá incrementándose por un déficit en el balance sedimentario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alpert, P. y Mooney, H.A., 1996. Resource heterogeneity generated by shrubs and topography on coastal sand dunes. *Vegetatio* 122:83–93.

Barkman J. 1988. New systems of plants growth forms and phenological plant types. En *Plant form and vegetation structure*. M. A. J. Werger, P. J. M. van der Aart, H. J. During & J.T.A. Verhoeven (ed.). SPB Academic Publishing bv, The Hague.

- Belnap, J., 1995. Surface disturbances: their role in accelerating desertification. *Environmental Monitoring and Assessment* 37:39–57.
- Cordazzo, C. V. y Seeliger, U., 1988. Phenological and biogeographical aspects of dune plant communities in southern Brazil. *Vegetatio*, 75:169-173.
- Cordazzo, C. V. y Seeliger, U., 1993. Zoned Habitats of Southern Brazilian Coastal Foredunes. *Journal of Coastal Research*, 9, 2: 317-323.
- Costa, C. S. B. Cordazzo, C. V. y Seeliger, U., 1996. Shore Disturbance and Dune Plant Distribution. *Journal of Coastal Research*, 12, 1:133-140.
- Danin, A., 1991. Plant adaptations in desert dunes. *Journal of Arid Environments* 21:193–212.
- Danin, A., 1996. *Plants of desert dunes*. En: Cloudsley-Thompson, J.L. (Eds.), *Adaptations of Organisms to the Desert*. Springer.
- Faggi, A. y M. Cagnoni. 1991. La vegetación de Punta Rasa (Pcia de Bs. As., Argentina). *Parodiana* 6, 2: 363-374.
- Faggi, A.; Cagnoni, M. y P. Otero. 1997. La vegetación de la Reserva Mar Chiquita. Actas del 6to. Encuentro de Geógrafos de América Latina en C.D.Rom.
- Hesp, P y Psuty, P.P., 1988. Sediment budget and dune/beach interaction. *Journal of Coastal Research*, SI 3:1-4.
- Isla, F. I., 1997. Procesos de canibalización de la barrera medanosa entre Faro Querandí y Mar Chiquita, Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 52, 4: 539-548.
- Isla, F.I, Cortizo, L.C. y Turno Orellano, H., 2001. Dinámica y Evolución de las Barreras Medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2, 1: 73-83
- Kandus P., Malvárez A.I. y N. Madanes, 2003. Estudio de las comunidades de Plantas Naturales de las Islas del Bajo Delta del Río Paraná. (Argentina). *Darwiniana* 41 (1-4): 1-16. Nacional.ISSN 0011-6793
- Livingstone, I., 1989. Monitoring surface change on a Namib linear dune. *Earth Surface Processes and Landforms* 14: 317–332.
- Marcomini S.C., López, R.A., Madanes, N, Picca, P y Bertolin, L., 2009. Geoformas y vegetación en la Reserva del Faro Querandí, Provincia De Buenos Aires. V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário y II Reunión sobre el Cua-

ternario de América del Sur. 139-148.

Marcomini S.C., López, R.A., Picca, P, Madanes, N, y Bertolin, L., 2010. Alteración en la morfodinámica del campo de Dunas Litoral por Introducción de Vegetación Exótica, Provincia De Buenos Aires, Argentina. *ANTROPICOSTA IBEROAMERICA 2010*. São Paulo, Iguape e Cananéia , Brasil – Resumen extendido 3p.

Marcomini, S. C. y López , R.A., 2008. Incidencia de las variaciones climáticas en la geomorfología eólica de la costa de la provincia de Buenos Aires. *Actas del XVII Congreso Geológico Argentino*. San Salvador de Jujuy, 3: 1229-1230.

Marcomini, S. C. y R. A. López, 1995. *Strategies for the Coastal Management of Villa Gesell, Argentina*. Coastal Change 95, Bordomer IOC, Bordeaux, 1995. II: 819-831

Marcomini, S.C., 2002. Morfodinámica, sedimentología, geomorfología ambiental y sus alteraciones antropogénicas en costas de dunas del noreste de la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. 312 p.

Marcomini, S.C., y N. Maidana, 2006. Response of Aeolian Ecosystems to Minor Climatic Changes. *Journal of Coastal Research*, SI 39, 204 – 208. ISSN 0749-0208

Moreno-Casasola, P., 1986. Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system. *Vegetatio* 65: 67–76.

Psuty, N.P., 1986. Principles of dune –beach interaction related to coastal management, *Thalassas*, 4: 11-15.

Pye, K. y Tsoar, H., 1990. *Aeolian Sand and Sand Dunes*. Unwin Hyman, London. 396pp.

Seeliger, U. Cordazzo, C. V. Oliveira, C. P. L. y Seeliger, M, 2000. Long-Term Changes of Coastal Foredunes in the Southwest Atlantic. *Journal of Coastal Research*, 16, 4:1068-1072

Tsoar, H., y Moller, J.T., 1986. The role of vegetation in the formation of linear sand dunes. In: Nickling, W.G. (Ed.), *Aeolian Geomorphology. Proceedings from the 17th Annual Binghamton Geomorphology Symposium*. Allen and Unwin, pp. 75–95.

Wiggs, G.F.S., 2001. Desert dune processes and dynamics. *Progress in Physical Geography* 25:53–79.

ARGENTINA



Dra. Marcomini Silvia C.
Dto. de Geología,
Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos
Aires.
scm@gl.fcen.uba.ar



Dr. Penchaszadeh Pablo E.
Museo Argentino de
Ciencias Naturales,
Buenos Aires.
CONICET
pablop@retina.ar



Dr. Pica Pablo I.
Dto. Biodiversidad y
Biología Experimental
Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos
Aires.
picca@bg.fcen.uba.ar



Dra. Nora Madanes
Dto. Ecología Genética
y Evolución. Facultad
de Ciencias Exactas y
Naturales, Universidad
de Buenos Aires.
noramadanes@gmail.com



Dr. Averbuj Andrés
Centro Nacional
Patagonico. Puerto
Madryn. Chubut
CONICET
averbuj@cenpat.edu.ar



Dr. López Rubén A.
Dto. de Geología,
Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales,
Universidad de
Buenos Aires
rlopez@gl.fcen.uba.ar



Dr. Darrigran Gustavo
Facultad Ciencias
Naturales y Museo,
UNLP. La Plata,
Buenos Aires
CONICET
gdarrigran@hotmail.com



Lic. Bertolin Lila
Instituto Antártico
Argentino. Buenos
Aires
CONICET
lilaub@yahoo.com.ar



Dr. Bigatti Gregorio
Centro Nacional
Patagonico. Puerto
Madryn. Chubut
CONICET
gbigatti@cenpat.edu.ar



Dr. Cledón Maximiliano
Universidad de Mar
del Plata. Buenos
Aires. CONICET
mcledon@yahoo.com.ar



Arcaria Natalia
Depto. Cs. Exactas y
Nat. - (FaHCE - UNLP)
La Plata. Buenos Aires
nachu42@hotmail.com



Lic. Zabala Soledad
Centro Nacional
Patagonico. Puerto
Madryn. Chubut
CONICET
Soleh2o@hotmail.com



Dra. Teso Valeria V.
Museo Argentino de
Ciencias Naturales.
Buenos Aires.
CONICET
valeteso@macn.gov.ar



Lic. Primost Mónica
Centro Nacional
Patagonico. Puerto
Madryn. Chubut
CONICET



Lic. Cumplido Mariano
Centro Nacional
Patagonico. Puerto
Madryn. Chubut
CONICET

BRASIL



Dr. Gruber, N.L.S.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Departamento
de Geografia, Porto
Alegre-RS.
nelson.gruber@ufrgs.br



Dr. Toldo Jr, E. E.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Instituto de
Geociências, Porto
Alegre-RS
toldo@ufrgs.br



Dr. Barboza, E.G.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Instituto de
Geociências, Porto
Alegre-RS.
eduardo.barboza@ufrgs.br



Dr. Tomazelli, L.J.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Instituto de
Geociências, Porto
Alegre-RS.
luiz.tomazelli@ufrgs.br



Dr. Almeida, L. E.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Instituto de
Geociências, Porto
Alegre-RS
almeida@ufrgs.br



Dr. Nicolodi, J. L.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Instituto de
Oceanografia, Porto
Alegre-RS.
jlnicolodi@yahoo.com.br



Dr. Dillenburg, S.R.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Instituto de
Geociências, Porto
Alegre-RS.
sergio.dillenburg@ufrgs.br



Sr. Nunes, J. C. R.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Instituto de
Geociências, Porto
Alegre-RS
jose.nunes@ufrgs.br



Dra. Strohaecker, T.M.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Departamento
de Geografia, Porto
Alegre-RS.
00008717@ufrgs.br



Dra. Farina, F.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Departamento
de Geodésia, Porto
Alegre-RS
flavia.farina@ufrgs.br



Dr. Ayup-Zouain, R.N.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Departamento
de Geodésia, Porto
Alegre-RS
ricardo.ayup@ufrgs.br



Msc. Rosa, M.L.C.C.
Universidade Federal
do Rio Grande do Sul
CECO, Instituto de
Geociências, Porto
Alegre-RS
luiza.camara@ufrgs.br



Motta, L. M.
Curso de Graduação em
Geologia, Universidade
Federal do Rio Grande
do Sul, IG,
Porto Alegre-RS.
Lukas_motta@yahoo.com.br



Rosalia Barili e Cunha
Curso de Graduação
em Geologia, Universidade
Federal do Rio Grande
do Sul, IG,
Porto Alegre-RS.
Rosaliabarili@yahoo.com.br



(*1933 - †2010) ao Prof. Dr. Luiz Roberto Silva Martins (in memoriam), fundador do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO/IG/UFRGS, autoridade internacional na área de Geologia Marinha (SCOR & COI/UNESCO) e Coordenador e incentivador, desde os anos 70, de Programas Regionais Brasil / Uruguai / Argentina COI/UNESCO & OEA, para ciências do Mar, Recursos Minerais do Mar, Erosão Costeira e Gerenciamento Costeiro.

URUGUAY



Dr. César A Goso Aguilar
Facultad de Ciencias,
Universidad de la
República
Instituto de Ciencias
Geológicas. Montevideo
cesar.goso@gmail.com



Bach. Mª del Carmen Alvez
Orosur Mining Inc
ltaivez@adinet.com.uy



Lic. Valeria Mesa
Facultad de Ciencias,
Universidad de la
República
Instituto de Ciencias
Geológicas. Montevideo
geovaleriamesa@gmail.com



Lic. Mónica Gómez
Ministerio de Vivienda
Ordenamiento
Territorial y Medio
Ambiente.
Coord. del Programa
ECOPLATA. Montevideo
mgomez@ecoplata.org

AGRADECIMIENTOS

Los editores deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe, por la financiación de esta primera edición del libro. Asimismo deseamos hacer extensivo nuestro agradecimiento a Denise Gorfinkiel por haber hecho posible la integración institucional y académica entre Brasil, Uruguay y Argentina.

A las autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y a la Dirección del Departamento de Geología por su apoyo institucional para llevar a cabo este libro.

A la Dra. Laura Pregliasco y a la Fundación Ciencias Exactas y Naturales por el esfuerzo realizado para hacer posible este proyecto.

Los capítulos del presente libro realizados por los investigadores de Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, son el resultado de las investigaciones realizadas gracias al financiamiento de los subsidios otorgados por la Universidad de Buenos Aires UBACyT X083, UBACyT X129 y UBACyT X479.

Las investigaciones realizadas por el Dr. Gustavo Darrigran contaron con el apoyo de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo y de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata y con la financiación de los proyectos 11/H497; PIP n° 1017 (CONICET); PICT 25621 (AGENCIA).

Los trabajos de investigación de la costa de Uruguay fueron realizados con el apoyo institucional del Departamento de Evolución de Cuencas, de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de La República y financiados parcialmente por el Programa ECOPLATA, la Unidad de Cambio Climático (MVOTMA) y la Facultad de Ciencias.

El grupo de investigación de Rio Grande do Sul desea expresar su agradecimiento al Centro de Estudios de Geología Costera y Oceánica de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul- CECO/IG/UFRGS- por el apoyo técnico. A los Programas de: Posgrado en Geociencias-PPGGEO/IG/UFRGS y en Geografía- PPGGEA/IG/UFRGS por el apoyo brindado. A la FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul).