

## Revista Geográfica Del Sur

Revista de carácter bianual publicada por el Departamento de Geografía de la Universidad de Concepción Chile.

### OBJETIVO:

La Revista Geográfica del Sur tiene como objetivo publicar y divulgar la productividad científica de carácter geográfico generada en el entorno regional, nacional e internacional. Está dirigida a investigadores, académicos, profesionales, interesados en comunicar e incrementar sus conocimientos sobre la temática territorial.

DIRECTORA : Dra. Carolina Rojas Quezada  
EDITOR : Dr. Hugo Capellà Miternique  
SECRETARIA : Mg. Fabiola Herrera Cifuentes

### COMITÉ EDITORIAL

#### Comité Internacional:

- Dr. Joseba Arbaiza Alvarez. Euskal Herriko Unibertsitatea (España).
- Dr. Antonio Bellisario K. Metropolitan State Collage of Denver (Estados Unidos).
- Dr. Joaquín Bosque Sendra. Universidad de Alcalá (España).
- Dr. Gustavo Buzai. Universidad Nacional de Luján (Argentina).
- Dr. Heinrich Hasenack. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil).
- Dr. Daniel Hiernaux N. Universidad Autónoma Metropolitana (México).
- Dr. Federico Iñiqui Isla. Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina).
- Dra. Alicia Lindón V. Universidad Autónoma Metropolitana (México).
- Dra. Carme Miralles-Guasch. Universidad Autónoma de Barcelona (España).

#### Comité Nacional:

- Mg. Luis Álvarez Aranguiz. P. Universidad Católica de Valparaíso (Chile).
- Dr. Jonathan Burton. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile).
- Dr. Juan Carrasco Montagna. Universidad de Concepción (Chile).
- Mg. Alfonso Fernández Rivera. Universidad de Concepción (Chile).
- Dra. Sandra Fernández Castillo. Universidad de Concepción (Chile).
- Dr. Manuel Fuenzalida Díaz. Universidad Alberto Hurtado (Chile).
- Dr. Marcelo Garrido. (Universidad Academia de Humanismo Cristiano (Chile)
- Dra. Edilia Jaque Castillo. Universidad de Concepción (Chile).
- Dr. Cristian Henríquez Ruiz. Pontificia Universidad Católica (Chile).
- Dra. María Mardones Flores. Universidad de Concepción (Chile).
- Dra. Carolina Martínez Reyes. Universidad de Concepción (Chile).
- Mg. Jorge Negrete Sepúlveda. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile)
- Dr. Octavio Rojas Vilches. Universidad de Concepción (Chile).
- Mg. Rodrigo Sanhueza Contreras. Universidad de Concepción (Chile).
- Dr. Bastien Sepúlveda Pontificia Universidad Católica (Chile).
- Dr. Alejandro Tudela Román. Universidad de Concepción (Chile)
- Dra. Paula Villagra Islas. Universidad Austral (Chile).

Nota: Las opiniones y hechos consignados y expuestos en los artículos son de exclusiva responsabilidad de los autores.

## ***Análisis comparativo entre el Puerto de Mar del Plata, Argentina y el Río Tweed, Australia. Técnicas de bypass como estrategia para superar la obstrucción de la deriva litoral.***

***A comparative analysis between Mar del Plata Harbour, Argentina and Tweed River, Australia. Sand bypassing techniques as a strategy to overcome the littoral drift obstruction.***

Melisa Pontrelli Albisetti; 1,2,5), Neil Lazarow <sup>3</sup> , Mónica Cristina García; 2  
Federico Ignacio Isla<sup>1</sup>, 5 y María Cintia Piccolo; 1 ,4

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).  
Centro de Investigaciones Geográficas y Socio-ambientales (CIGSA) y Grupo  
de Estudios de Ordenación Territorial (GEOT). Dpto. Geografía, Facultad de  
Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata.  
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Canberra,  
Australia

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) y Depto. Geografía y Turismo,  
Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina,  
Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario. Instituto de investigaciones  
Marinas y Costeras. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional  
de Mar del Plata: melisa.albisetti@gmail.com

### **Resumen**

Las obras de abrigo del Puerto de Mar del Plata obstruyeron el transporte litoral desde su construcción a principios del siglo XX. Por refracción del oleaje, un banco se forma en el acceso al puerto y disminuyen los aportes sedimentarios al norte. Esta situación obliga a dragados frecuentes y al repoblamiento artificial de playas, con importantes inversiones económicas. Dichas estrategias fueron meros paliativos y no solucionaron el problema de obstaculización de la deriva costera. Estos problemas de deriva litoral también afectaron la desembocadura del río Tweed (Nueva Gales del Sur, Australia). Para evitar sus consecuencias se efectivizó una planta de “bypassing”. Los objetivos de este trabajo son: a) comparar las variables naturales y humanas que influyen en la dinámica litoral y navegabilidad en ambos sitios, y b) analizar y discutir las técnicas de mejoramiento aplicados en ambas costas . El método de trabajo involucra una revisión cartográfica, la sistematización de datos e información recopilada, la formulación de propuestas y recomendaciones. De la comparación de ambos sitios, se concluye que las estrategias implementadas en la costa australiana respetaron la dinámica costera y aseguraron su sostenibilidad, mejorando la seguridad en la navegación, y la conservación de los hábitats para organismos marinos. En el litoral de Mar del Plata, las técnicas implementadas no dieron los resultados esperados, a pesar de los costos económicos, ambientales y sociales de su puesta

en práctica. Las diferencias ameritan que se considere la conveniencia e implementación de la técnica de “bypassing” en Mar del Plata.

Palabras clave: dinámica costera - refulado - Puerto de Mar del Plata - Tweed River - sistema de bypass

### **Abstract**

*The port of Mar del Plata altered sediment dynamics since it was built at the beginning of the XX century. Due to the diffraction on waves, the access to the port is partially clogged, reducing the sediment inputs to the North. This situation requires a frequent dredging and beach nourishment repopulation with significant economic investments. These strategies were palliatives and do not solve the problem: the obstruction of the coastal drift. The objectives of this exploratory work are: a) compare the human and natural variables that influence coastal dynamics and navigability, in two coastal sites that have similar erosion problems, the port of Mar del Plata (Argentina) and the mouth of the Tweed River, New South Wales (Australia), and b) to analyse and discuss the technique of “sand bypassing” applied by the Australian government, to address the sand deficit at the beach of Gold Coast. The method involves are cartographic review, and the development of the theoretical framework and systematization of data and information is analysed from a comparison of the two sites. It was observed remediation strategies implemented in the Australian coastal respected the coastal dynamics and ensured its sustainability. Also, it improve the navigation safety and the effect of waves and habitat conservation for marine organisms improved. On the contrary, in Mar del Plata, traditional techniques to recover the port and beaches have not yielded the expected results, despite the economic, environmental and social aspects of its implementation. It is recommended that the technique of “sand bypassing” should be implemented in Mar del Plata harbour*

*Key words: coastal dynamics, sand bypassing, nourishment, Mar del Plata, Tweed River.*

## **1. Introducción**

La construcción de un puerto siempre genera impactos de diversa índole en el medio físico. Este se ve interferido por obras de infraestructura de enormes proporciones, que alteran la dinámica natural, generando procesos de erosión-sedimentación, refracción de olas, alteración de hábitats, mortalidad de especies, desaparición de la pradera subacuática, entre otros (Fernandez Pérez, 2004). El puerto de la ciudad de Mar del Plata, en la provincia de Buenos Aires, Argentina, no es ajeno a esta problemática. Los orígenes del

mismo se remontan a principios del siglo XX, en el marco del crecimiento económico y el prestigioso porvenir que, en aquellos años, transitaba la Argentina. La piedra fundamental del puerto fue colocada en 1911 y quedó terminado en 1922. Originalmente, el puerto local conformado por un muelle de carga y descarga de un saladero, se encontraba emplazado en la playa Bristol, cercano al sector fundacional de la ciudad. Las embarcaciones pesqueras descargaban directamente en la playa. Cabe destacar que, a fines del siglo XIX y principios del XX, la élite porteña hacía turismo de playas en Europa, donde las costas de

Biarritz eran las más visitadas. Un factor determinante a escala global como fue la I Guerra Mundial, interrumpió dicha actividad turística. En consecuencia, los turistas porteños buscaron una alternativa local para tomar sus baños de sol y dado que las costas de Mar del Plata eran similares a las francesas, tomaron la decisión de instalarse en la ciudad durante la época estival.

La construcción del puerto originó un problema que actualmente forma parte del paisaje litoral: por un lado, la sedimentación en el acceso al puerto y por otro, la erosión costera en las playas del norte. Las soluciones pasaron por el dragado del canal de navegación y la construcción de espigones y escolleras en playas al norte del puerto, sin atacar el problema de fondo, que era la obstaculización de la corriente de deriva.

Algunos estudios han propuesto estrategias para disminuir y atenuar dichos problemas. Algunas de ellas relacionadas con el repoblamiento artificial de playas (Isla y Schnack, 1986) y la construcción de sistemas de “bypass” (“trasvase” en español) de arena (Lagrange, 1993). La primera se puso en práctica en 1998; con el dragado del banco de acceso al puerto, se repoblaron tres playas de la ciudad, incrementando su superficie. La segunda alternativa nunca fue considerada.

El presente trabajo está dirigido a analizar una solución alternativa al problema de la erosión costera que originaron las obras del puerto. Las nuevas tecnologías que conviven con el ambiente, como el sistema de bypass de arena, es una realidad que, en países como EEUU, Australia, Japón, Sudáfrica y algunos estados europeos, han funcionado de manera óptima, solucionando problemas de erosión y degradación costera. Los

objetivos que orientan esta investigación son:

a) Comparar las variables naturales y humanas que influyen en la dinámica litoral y navegabilidad en dos sitios costeros que presentan problemas erosivos similares, el puerto de Mar del Plata (Argentina) y la desembocadura del río Tweed, en Nueva Gales del Sur (Australia).

b) Analizar la técnica de refulado<sup>1</sup>, aplicada por el gobierno australiano para solucionar el déficit de arena en las playas de Gold Coast.

A principios del siglo XX, la construcción del puerto de Mar del Plata bloqueó la deriva litoral y provocó problemas de erosión costera. Sistemas de espigones procuraron acumular arena en los sectores supralitorales, pero fallaron en los sectores submareales, en los extremos de estas estructuras construidas con bloques de ortocuarzitas. La circulación costera fue fragmentada por aumento en la frecuencia de canales de retorno hacia el mar. Estas defensas fueron planeadas por el gobierno de la provincia de Buenos Aires desde el sur hacia el norte en la misma dirección en que la deriva litoral o movimiento del sedimento a lo largo de la costa, era cada vez menor (Isla et al., 2005). La acción hidrodinámica del oleaje en el extremo de la escollera sur del puerto provoca, por difracción de las olas, la sedimentación de arena en la boca del acceso al puerto y también al sur del mismo. En los tramos costeros al Norte de la estación portuaria se acentúan los procesos erosivos por disminución del caudal sedimentario en tránsito o deriva litoral (Lagrange, 1993). La obstaculización de la dinámica costera ha mantenido e incrementado el problema a lo largo del siglo y repercute en la economía local por la pérdida del calado, disminución

<sup>1</sup> Se entiende como refulado, la alimentación artificial de playas

de la operatividad portuaria y la degradación del recurso turístico de las playas.

En este trabajo se comparan las similitudes y diferencias que existen entre el puerto de Mar del Plata (Argentina) y la entrada del Río Tweed (Australia). En ambos sitios, la deriva litoral ha sido obstruida causando grandes inconvenientes que afectan la circulación portuaria y acrecientan diversos problemas ambientales, como la pérdida o degradación de playas. Se ha tomado el caso australiano como modelo a seguir ya que actualmente ofrece una solución paliativa y sustentable para el medioambiente

## 2. Área de Estudio

Mar del Plata, ciudad cabecera del Partido de General Pueyrredón, se encuentra

ubicada sobre el Océano Atlántico, en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires, a 404 km. de la ciudad de Buenos Aires (Fig. 1). El municipio tiene una superficie de 1453.4 km<sup>2</sup> y limita con los Partidos de Mar Chiquita, General Alvarado y Balcarce. Siendo Mar del Plata la ciudad de mayor tamaño de dichos partidos, lo que le otorga una posición de liderazgo de opciones paisajísticas, playa, mar, acantilados, sierras, lagunas y arroyos que la posiciona ventajosamente como mayor centro turístico nacional (Atucha et al., 2012). Es uno de los partidos de la Provincia de Buenos Aires con mayor extensión de playas utilizadas para la actividad turística balnearia, siendo el centro balneario más antiguo e importante del país (Juárez y Mantobani, 2006).

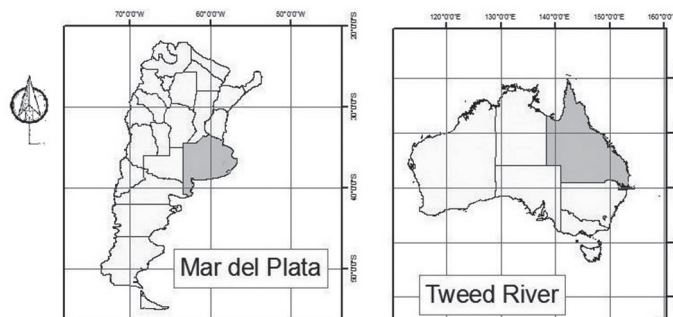


Figura 1: Ubicación de Mar del Plata y Tweed River.

Fuente: Elaboración personal

### 2.1 El Caso Marplatense

El estudio de la dinámica del oleaje en Mar del Plata es relevante para el entendimiento de la morfología costera. La estadística de olas medidas visualmente por la empresa Sunrise (1971) indica una proveniencia bimodal con olas del SE y ENE (Isla, 2010) y una altura de olas de 2.3 m (Lanfredi et al. 1997). La corriente de deriva litoral recibe aportes de las olas de viento y del mar de leva (swell) proveniente desde el Atlántico Sur. En

Mar del Plata el mar de leva posee una dirección este-sureste, mientras que las olas generadas por el viento provienen de una dirección noreste y la dirección de las olas puede llegar a diferir hasta 90° (Waterman, 1994). La configuración costera varía en su orientación: al sur de la ciudad, la costa tiene una inclinación de 235°, y en el puerto su orientación es N-S (Waterman, 1994) Esto implica que la dirección de la ola varía entre los 30° y los 210°, siendo esta determinación importante en la circulación costera de la

ciudad. En Mar del Plata se registran dos direcciones principales de aproximación de olas, la primera centrada alrededor de la dirección 60°, y la segunda alrededor de 240° con respecto a la dirección de la ola. Existe una dirección predominante centrada alrededor de los 180° con respecto al norte, lo que también se observa es que las olas del swell provenientes del sur son significativamente más altas que las olas del swell que llegan desde el norte. La altura de ola alcanza 1,5 m con un período de 7 s (Isla, 2010). El 50% de las olas de las rompientes entre 1967 y 1968 son menores a 1.0 m y el 46.45% entre 1 y 2 m; solamente el 3.54% de las olas son superiores a 2 m (Sunrise Technical Consultants, 1971) Las olas del Sur son más altas y con periodos mayores principalmente durante la primavera, mientras que las olas del SE son las más comunes seguidas por las del cuadrante NE.

La plataforma continental de Mar del Plata recibe el impacto de tormentas provenientes del sur. Para una tormenta que dure 12 horas, se estima un máximo de altura de ola de 5.1 m en 50 años y 5.6 m en 100 años (Isla, 2010). La combinación de los efectos de dos tormentas en periodos cortos ha sido considerada capaz de generar procesos erosivos muy importantes (Schnack et al., 1998). En una costa donde predominan las tormentas, la cantidad de arena existente por año depende del impacto generado por la tormenta más fuerte (Robertson et al., 2008).

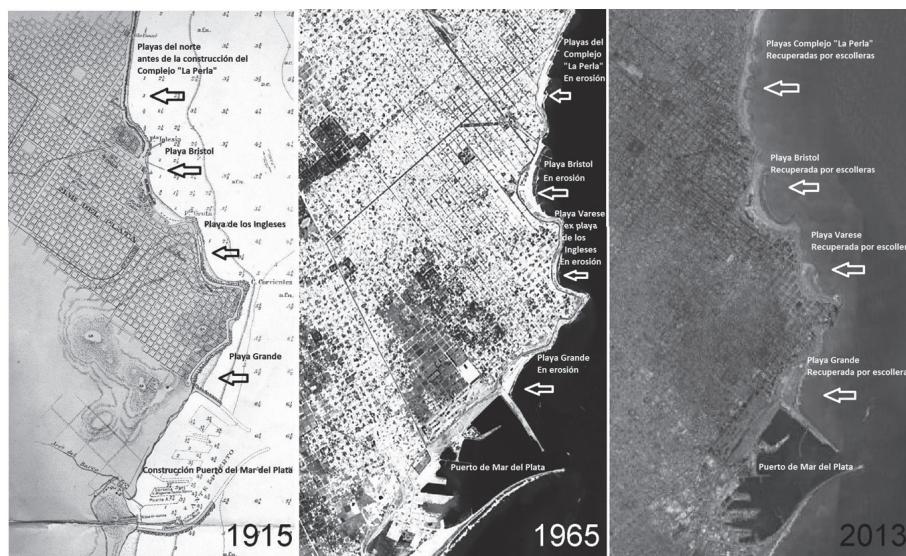
La costa atlántica de la Provincia de Buenos Aires posee un régimen micromareal semidiurno mixto. La costa de Buenos Aires (fuera del estuario del Río del Plata) está situada en una amplia franja de la costa con la fase de la marea casi igual, las diferencias de marea son

insignificantes en esta zona (Lutejin, 2013). La capacidad de transporte litoral de la entrada del puerto, se ha calculado en base al método Van Rijn (2008) en el rango de 300.000 m<sup>3</sup>/año a 500.000 m<sup>3</sup>/año para sedimentos de 0,2 a 0,5 mm. Dada la corta duración (de 2 a 3 km) del transporte litoral en la entrada del puerto y la presencia del cabo de Punta Mogotes bloqueando el suministro de sedimentos, el transporte real neto es menor que la capacidad de transporte. Es por ello que se estima que la capacidad de transporte varía entre 200.000 y 300.000 m<sup>3</sup> al año (Van Rijn, 2008). El potencial neto de transporte de arena bajo condiciones medias de olas a lo largo de la costa de Mar del Plata siguen una dirección norte a una velocidad de entre 150.000 y 200.000 m<sup>3</sup>/año (Lutejin, 2013). El transporte bruto de sedimento en dirección hacia el sur y hacia el norte es, respectivamente, en un factor de 1,25 y 0,25 lo que indica la importancia relativa de las olas desde direcciones del sudeste en el proceso de transporte litoral. Estos valores se refieren al volumen del transporte potencial y por lo tanto no estiman las limitaciones de arena disponible y la interrupción del transporte litoral por estructuras artificiales. Por lo tanto, el transporte real puede ser incluso más pequeño (Lutejin, 2013).

El puerto de Mar del Plata se emplaza en una litología compuesta por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso (Isla, 2001). La construcción de este puerto comenzó en el año 1911 y finalizó en 1922.

La construcción del puerto local, quebrantó el equilibrio natural de arena aportada por la corriente de deriva litoral (Fig. 2) en prácticamente toda la costa marplatense e incluso, en municipios vecinos.





**Figura 2:** Cambios en el uso del suelo y línea de costa en Mar del Plata a través de los años a partir de la construcción del puerto.

Fuente: Elaboración personal

La playa (del Complejo Turístico de Punta Mogotes) es artificial. La acumulación de arena se debe a la construcción de la escollera sur. Hoy es la playa turística más importante del país (Isla, 2001). El desequilibrio establecido por una obra de ingeniería como las escolleras del puerto, ha perturbado el equilibrio natural entre sedimentación y erosión costera. El oleaje predominante es del SE y ENE con una amplitud media de 1 m. La deriva litoral en las playas de Punta Mogotes se estimó en 100.000 m<sup>3</sup>/mes de los cuales la mitad se embanca en la bocana del puerto (UNC, 2008). Por este motivo, es imperioso hallar el medio más efectivo para restituir dicho equilibrio.

Para solucionar parte del problema de la erosión hacia fines de 1998 el gobierno argentino (nacional y provincial), invirtió en trabajos de refulado que lograron aumentar la superficie de arena en las playas elegidas. El material fue bombeado desde el banco de arena situado en la escollera sur del puerto de Mar del Plata. Cerca de 1.670.000 m<sup>3</sup> de arena fueron

colocados en la playa Bristol, 660.000 m<sup>3</sup> de Playa Grande y 150.000 m<sup>3</sup> en playa Varese (Bértola 2001; Marcomini y Lopez, 2006).

El mayor retroceso de la costa después del relleno de playa correspondió al primer año con 2,5 m<sup>3</sup> / mes, y una tendencia media de 1,18 m<sup>3</sup> / mes entre 1999-2002. Una pérdida de arena neta de 52,3% se midió entre 1999 a 2002 en la playa de Bristol y el 22,3% de la arena se perdió durante el primer año. Playa Grande y Varese presentaron una mayor durabilidad con una pérdida de arena entre el 10 y el 18% en la playa emergente. Un cambio ocurrió en el período 2001 - 2002 cuando la costa alcanzó una condición de equilibrio aproximado y las escolleras comenzaron a emerger (Marcomini y Lopez, 2006). El refulado de playas fue productivo durante un tiempo, pero no ha brindado una solución definitiva al problema de la erosión costera, ya que en la actualidad, las playas beneficiadas por el aporte de sedimentos, se encuentran en retroceso (Fig. 3).



**Figura 3:** Cambios en la línea de costa antes y después del refulado en Playa Bristol.

Fuente: [www.mardelplata.gov.ar](http://www.mardelplata.gov.ar)

## 2.2 El Caso Australiano

La desembocadura del río Tweed (Fig. 4) se encuentra localizada en el estado de Nueva Gales del Sur, cerca de la frontera con el estado de Queensland en Australia. La entrada está protegida por dos escolleras, que fueron construidas en la década de 1960. Las mismas interceptan sedimentos de la deriva litoral con dirección Sur-Norte. Como resultado, las playas localizadas al norte de dicha desembocadura fluvial sufrieron varios procesos erosivos. Las playas al Sur de la misma, se modificaron por la creciente acumulación de arena. Por otro lado, comenzó a generarse una barra o banco de arena en la entrada, lo cual fue deteriorando condiciones de navegación del río.

La entrada del río Tweed ha sido históricamente una preocupación para los navegantes. Por ello, en la década de 1960 se construyeron muros de contención que albergaran a dicha entrada de cualquier inclemencia climática, y así mejorar las condiciones para la navegación. Esta estrategia fue exitosa durante un tiempo pero a medida que el sedimento comenzaba a quedar entrampado en el lado sur del espigón, un nuevo banco de arena apareció en la boca de entrada al río Tweed (Foster et al., 2001). Como este río actúa como un límite natural entre dos estados del mismo país, las soluciones que se plantearon, debieron realizarse en forma conjunta. Ambas partes decidieron

realizar un sistema de bypass (Fig. 4) de arena desde la desembocadura del río hasta las playas del norte de Queensland, más precisamente en Kirra Beach y Snapper Rocks, durante la década del '90.

Como todo sistema de playas, el comportamiento de la rompiente depende de la morfología del fondo marino. En Snapper Rocks, la forma de dicho fondo está continuamente cambiando ya que la arena se mueve en respuesta a las condiciones de las olas.

Cuando las olas provienen del SE, las tasas de transporte de sedimento hacia el norte, son altas y la arena en el agua profunda es transportada naturalmente a través de la entrada del río Tweed, mientras que la arena en aguas poco profundas es recogida por el muelle y posteriormente, bombeada al Este de la salida de Snapper Rocks. Durante estas condiciones, el banco de arena en esta playa es bien mantenido. Cuando las olas provienen del NE el transporte de sedimentos hacia el norte es muy bajo cantidades reducidas de arena pasan de forma natural en la entrada del río Tweed y están disponibles para ser bombeada por el muelle. Durante este periodo, no es posible para la estructura de bypass bombear grandes cantidades de arena hacia el este de Snapper Rocks provocando que la rompiente de la playa quede algo deteriorada para el surf. Las tormentas también son particularmente desfavorables para el mantenimiento



del banco de arena, grandes olas pueden causar la erosión mar adentro de Snapper Rocks y deposición de arena mar adentro de Rainbow Bay. (<http://>

[www.tweedsandbypass.nsw.gov.au/articles-and-studies/interesting-items/changes-in-sand-movement-at-snapper-rocks-2009-13](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au/articles-and-studies/interesting-items/changes-in-sand-movement-at-snapper-rocks-2009-13))



**Figura 4:** Circulación del sedimento a partir del bypass.

Fuente: [www.tweedsandbypass.nsw.gov.au](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au)

Durante los años 2009 a 2013 (Fig. 5) se produjeron cambios en la deposición de arena en Snapper Rocks a partir de eventos extremos. En el otoño de 2009, las tormentas extrayeron 70.000 m<sup>3</sup> arena de los fondos marinos fuera de Snapper Rocks y Little Marley's. El área más amplia Snapper Rocks se acrecentó, socavando aproximadamente 3 m dentro de los 100 m de la orilla, produciendo un agujero de hasta 8 m de profundidad en el banco de arena de Snapper Rocks. Estas condiciones erosivas no se habían manifestado en desde principios de los 90, antes que el proyecto de bypass comenzara a implementarse (Actworth et al, 2012).

Kirra es una playa orientada predominantemente al norte, en el extremo sur de la Gold Coast. La zona de rompiente de Kirra, es rocosa y se extiende unos 100 m en el mar con olas de 2 a 4 m que rompen con un ángulo "surfeable". En respuesta a la protección costera y prioridades de navegación, esta costa ha sido alterada

considerablemente (Lazarow, 2010).

Cinco meses después de la tormenta de otoño y a pesar del bombeo constante de arena hacia el este y el oeste de Snapper Rocks, solo pudo observarse una muy pequeña recuperación natural de la playa. Los que los investigadores observaron en octubre de ese mismo año, fue que la rompiente se trasladó hacia el oeste de Rainbow Bay de una forma más recta. A pesar de esto existieron condiciones medias de olas donde los surfistas pudieron disfrutar de pequeñas rompientes en Little Marley's. Un año después, en Mayo de 2010, el perfil del fondo marino había cambiado. El agujero formado en Snapper Rocks, fue cubierto aproximadamente por 30.000 m<sup>3</sup> de arena a través de las olas que predominan del SE. En este sentido, el fondo marino recuperó más de la mitad de lo que perdió con la tormenta de 2009.

Al comparar las condiciones medias de ola, el resto del año 2010 siguió teniendo una

actividad de oleaje baja, con un transporte de sedimentos con lenta regeneración de los volúmenes de arena en Snapper Rocks y Coolangatta Bay. Además, una tormenta altura de olas de más de 3,5 m desde el este-noreste en octubre de 2010 provocó una mayor erosión en el banco de arena Snapper Rocks. (<http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au/articles-and-studies/interesting-items/autumn-2009-storm>).

Aproximadamente tres años después de la tormenta de mayo de 2009, en abril de 2012 hubo menor erosión del fondo marino en Snapper Rocks. Esta erosión fue el resultado de un ciclón tropical que trajo grandes olas, de hasta 4 m de altura

desde el este-noreste. En abril de 2012, el banco se había recuperado un poco debido a las condiciones olas persistentes del sudeste, permitiendo que el sistema de bypass bombea la arena justo en el medio de Snapper Rocks.

Si bien el río Tweed y el Puerto de Mar del Plata no son desde el punto de vista hidráulico similares (el primero es la interacción entre un flujo fluvial mientras que el segundo interfiere solamente la deriva litoral), vale decir que las consecuencias son las mismas ya que a raíz de un problema de obstrucción sedimentaria, la erosión costera se hizo presente en ambos casos de estudio, ocasionando los mismos problemas.



**Figura 5:** Cambios en la disposición de arena en la Playa de Kirra  
Fuente: [www.tweedsandbypass.nsw.gov.au](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au)

3. Materiales y Métodos

El análisis de los casos de estudio se realizó en base a trabajos de campo realizados en 20 febrero de 2013 en las playas de Gold Coast, y el 15 de abril de 2013 en las playas de Mar del Plata y relevamientos fotográficos del área, a fin de detectar problemas y conflictos inherentes a la erosión costera y a las posibles soluciones que el Estado considere pertinente. Parámetros comparativos tales como corrientes marinas, swell, corriente litoral y procesos de erosión y deposición de sedimento, han sido realizados entre el puerto de Mar del Plata y el Tweed River para la identificación de posibles semejanzas y diferencias de la problemática abordada, formulando propuestas y recomendaciones para mitigar la erosión costera generada por el puerto

marplatense. Las mismas son trascendentes a la hora de dar una solución definitiva. Se compararon además, imágenes satelitales (Corona KH4) e imágenes modernas referidas a años recientes a través de la herramienta Google Earth. El amanzamiento es de 100 m.

### 3. Resultados

La obstaculización del transporte litoral de arena ocasionado por obras de defensa portuaria o costera fue analizado comparativamente (cuadro 1). Las obras de infraestructura “duras” como las escolleras, no han hecho más que agudizar el problema de la erosión costera. Esta tecnología utilizada hace décadas no constituía una solución definitiva.

#### Cuadro 1:

Impactos positivos y negativos de la técnica de bypass de arena en la Gold Coast, Australia.

IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS
Restauración y ampliación de las playas al sur de Gold Coast	Alteración del hábitat de aves de playa, debido a la construcción de la nueva infraestructura de bypass o a infraestructura retirada
Reducción de la erosión	Reducción del tamaño del arrecife de Kirra
Mejoras en el canal de navegación	Exposición potencial de suelos sulfatados durante el movimiento de tierras en la construcción
Desarrollo de nuevos hábitat de peces en arrecifes	Turbidez cuando se realiza el proceso de descarga aunque, cabe destacar, que la misma desaparece con el movimiento propio de la corriente de deriva
Aumento del ancho de playa en Duranbah Beach, Snapper Rocks, Rainbow Bay, Colangatta y Kirra Beach, modificando el perfil de playa	Posible contaminación sonora en el sur del Río Tweed donde se encuentra instalado el sistema de bombeo, sin la presencia de asentamientos humanos. Una sirena comienza a sonar cuando el flujo de arena empieza a ser transportado. El ruido es mínimo
Incremento en la recuperación del estuario de Río Tweed ante posibles inundaciones	Posibles alteraciones en naufragios históricos y reliquias
Aumento en la rapidez de recuperación de las playas ante el azote de fuertes tormentas	Posibles alteraciones en el patrimonio cultural aborígen
Creación de grupos de personas, que ayudan a difundir la información sobre el proyecto de bypass en la comunidad local.	
Cambios insignificantes en las mareas e inundaciones en el Tweed River	

Fuente: Elaboración propia

### 3.1 Comparación de las variables naturales y humanas que influyen en la dinámica litoral y navegabilidad en del Río Tweed

El método más económico representado por el bypass de arena, ha sido implementando en distintos países de Europa, África, así como también en EEUU y Australia (Ortego Valencia, 2008). Consiste en una redistribución del sedimento, mediante trasvases de arena (*bypass*), dragando el material en las zonas de acumulación y depositándolo en las de erosión.

Uno de los ejemplos más exitosos fue implementado en las playas de Gold Coast, Queensland, Australia (Dyson *et al.*, 2001). Desde el inicio de las obras en 1995 hasta el sistema permanente de *bypass* (mayo de 2001) se dragaron 3.6 millones

de m<sup>3</sup> de arena de la desembocadura del río Tweed, que fueron utilizados para restaurar las playas hacia el norte. Esto logró regenerar las condiciones de las playas localizadas al sur de Gold Coast, y además brindó una propicia navegabilidad en la entrada al río. Antes de implementar el proyecto se llevó a cabo una consulta comunitaria paralelamente a la evaluación de impacto ambiental que involucraba al dragado inicial. La participación de la comunidad y la aceptación del proyecto fue trascendental para las autoridades estatales, que se encargaron de difundir las potencialidades del nuevo sistema. Los gobiernos propusieron un comité asesor el cual interactuó con la comunidad brindando información mediante comunicados de prensa, carteles, reuniones públicas, boletines informativos y folletería (Foster *et al.*, 2001).



**Figura 6:** Aumento de superficie de Playa en Kirra Beach a través del repoblamiento de arena. Fotografías tomadas por el gobierno de Gold Coast, Australia en 1995, 2003 y 2011.

Fuente: [www.qld.gov.au](http://www.qld.gov.au)

### 3.2. Análisis de la técnica de refulado, aplicada por el gobierno australiano para solucionar el déficit de arena en las playas de Gold Coast.

Este sistema permanente colecta la arena del fondo marino a través de bombas sumergibles posicionadas en un muelle de 450 m de largo que se ubicó 200 m al sur de la desembocadura del río. La arena se bombea a diario, generalmente de noche, a través de una tubería bajo el río Tweed y es depositada en las playas

del norte y del oeste. El proyecto fue dividido en dos etapas. En la primera se implementó un dragado inicial, que removió 1.5 millones de m<sup>3</sup> de arena en un período de 5 semanas. Posteriormente se depositaron 600.000 m<sup>3</sup> de arena en las playas al norte del río, como por ejemplo Rainbow Bay y Kirra Beach (Fig. 6). Este proceso se llevó a cabo mediante una tubería especialmente construida. Los cambios beneficiaron de forma inmediata a los usuarios de las playas.



Durante la segunda etapa, se realizó otro dragado mientras se construía el sistema de *bypass*, ya que el objetivo principal se sostenía en proporcionar un aporte de arena continuo a las playas afectadas y además, continuar con la mejora de las condiciones de navegabilidad del río. La obra fue financiada conjuntamente por los estados de Nueva Gales del Sur y Queensland. Los costos fueron asumidos por Nueva Gales del Sur (50%), el estado de Queensland (25%) y la Alcaldía de Gold Coast (25%). Nueva Gales del Sur estaba interesado en mantener la navegación en la boca de entrada del río Tweed, el gobierno de Queensland necesitaba solucionar la erosión de su sector costero, y la Alcaldía de Gold Coast necesitaba restaurar las playas turísticas de Colangatta y Kirra. La vía marítima de Gold Coast, puede albergar actualmente lanchas de pesca, buques comerciales y botes privados. El sistema ha operado exitosamente hasta la actualidad y el acceso no debió ser dragado durante la última década (Mc Ilwan, 2010). La entrada fluvial ofrece un canal confiable de 6 m, en contraposición a la antigua vía de acceso, que era inestable, peligrosa y con una profundidad de sólo 3 m, que generaba averías en buques y barcos de pesca. El exceso de arena en pocos años llevó a una rápida elevación del fondo marino y aumento de la extensión de las playas. Esto provocó disminución de eventos de tormenta en la primera parte de la década aumentando la acumulación de arena (Lazarow, 2010)

En Mar del Plata, esta tecnología de *bypass* fijo en la escollera sur del puerto constituiría una solución eficaz y económica. El objetivo principal de un proyecto de estas características se centra en la selección del sistema y el equipamiento adecuado para satisfacer los requerimientos del emplazamiento.

Como el *bypass* del río Tweed, se requieren estudios de los procesos costeros: clima, el oleaje y variabilidad del nivel del mar. Cabe destacar que el oleaje es la principal fuerza que mueve el sedimento y de este modo se requiere conocer para calcular el transporte litoral. Para optimizar el trabajo, se recomienda aprovechar el tiempo en que el oleaje proviene de su dirección predominante para realizar el *bypass* (Ortego Valencia, 2008). Por otra parte, las instalaciones fijas deben diseñarse de manera que resistan la altura de ola de diseño de la zona, considerando también las variaciones del mar atribuidas a las mareas o tormentas.

En el caso del puerto de Mar del Plata, los estudios deben precisar el volumen del refulado anual a ejecutar. En este sentido, la determinación de los datos del oleaje es trascendental, al igual que el estudio de los cambios físicos que se hayan detectado en la zona en cuanto a pérdida o ganancia de material. Vale aclarar dos cuestiones importantes: por un lado el transporte longitudinal neto, el cual determinará la ubicación de la instalación y la dirección en que se realizará el *bypass* y por otra, la distribución transversal del transporte longitudinal, que permitirá predecir la cantidad de material que será interceptado por el sistema y tendrá especial interés en los sistemas fijos (Ortego Valencia, 2008).

La deriva litoral neta posee una dirección S-N donde la arena es transportada por la acción de las olas a lo largo de la cara interior de la escollera Sur hacia el Norte, formando un gran banco de arena en el extremo de la escollera. La acción de las olas desde el sudeste, amplía este banco al noroeste y ha producido una meseta poco profunda. El canal de navegación del puerto se encuentra el noroeste de esta meseta y está siendo rápidamente rellenado debido al proceso sedimentario,



lo que dificulta la operatividad del puerto. El dragado constante es requerido para mantener el canal navegable. El puerto marplatense es ideal para aplicar un sistema de bypass de sedimento, ya que las condiciones del litoral son muy favorables para la restitución del camino que lleva la arena a través de la corriente litoral (Mc Ilwan, 2010).

El sistema de bypass en el puerto marplatense deberá incluir lo siguiente:

- Una trampa de arena ubicada adyacente al extremo sur de la escollera para capturar y recuperar la corriente de deriva litoral
- Una estructura rígida a lo largo de la trampa de arena para soportar las estaciones de bombeo, tuberías y el equipo necesario para mantener la trampa de arena, en operación y mantenimiento,
- Una estación de bombeo,
- Una tubería desde la estación de bombeo a la de descarga, y
- Varios puntos de descarga en la playa a alimentar.

Los beneficios del sistema de *bypass* de sedimento incluirían:

- El movimiento litoral a lo largo de la escollera sur se detendría y por consiguiente la obstrucción del banco de arena.
- Las playas hacia el sur del puerto se retirarían a su posición original y liberarían arena almacenada para la restauración de las del norte.
- Toda la arena recuperada y succionada por el sistema de bypass de sedimento se depositaría directamente en las playas erosionadas del norte de la ciudad y, con el tiempo, recuperarían su estado original

El banco de arena al final de la escollera sur, no se vería afectado por el sistema de bypass de sedimento, aunque la alimentación de dicho banco se detendría. Es necesario que el banco se drague para completar el proceso y que el puerto posea un calado más profundo. Aunque, un sistema de bypass de sedimento requiere una inversión importante su aplicación es una alternativa eficaz, barata y menos perjudicial que el dragado. Como ha sido señalado, la construcción del sistema de *bypass* ronda aproximadamente el 25% de los costos equivalentes de dragado en el largo plazo, lo que constituye un factor a tener en cuenta por la progresiva restitución de dinámicas sedimentarias similares a las naturales (Mc Ilwan, 2010).

#### 4. *Discusión.*

Los sistemas de protección costera han tenido un cambio gradual a lo largo de su historia, desde las técnicas de defensa de protección “duras” a las “blandas”. El refulado artificial de arena y los sistemas de *bypass* son considerados hoy como un método ambientalmente aceptable para la protección de playas y para la restauración de urgencias a corto plazo como la erosión inducida por las tormentas, erosión estructural y aumento del nivel del mar (Hanson *et al*, 2002). Países como Alemania y Holanda poseen un marco legal y políticas públicas conductivas al desarrollo costero sustentable y han servido de ejemplo para el resto de los países de Europa en materia de técnicas de alimentación artificial de playas (Hanson *et al*, 2002; Bakker *et al*, 2012).

No sólo en Europa estas técnicas han sido exitosas (Hamm *et al*, 2002). Los Estados Unidos también las han implementado para mitigar los efectos erosivos, trayendo con ello muy buenos

resultados (Benedet *et al.* 2004). Las estrategias de protección costera de Estados Unidos durante el siglo XX, fueron cambiando, al principio se construían estructuras costeras como escolleras y pedraplenes mientras que ahora se utiliza el repoblamiento de playas. Los primeros refulados se originaron a partir de las oportunidades que brindaron los dragados en los puertos navegables. Durante los años 70 el repoblamiento de playas fue fundamental para hacer frente a la erosión, teniendo en cuenta la granulometría; regiones como Nueva Inglaterra y la costa del Golfo se vieron beneficiadas (Campbell *et al.*, 2006)

Las estrategias mitigadoras de los impactos ambientales ya sean de forma natural o antrópica, han podido implementarse a partir de un marco legal que regula los usos y actividades del espacio costero, para que los mismos generen el menor impacto posible. Si bien, Australia, no posee a nivel federal un ley de manejo costero como Estados Unidos y Nueva Zelanda, cabe destacar que los estados y territorios costeros (exceptuando Canberra) poseen legislación referente al manejo de sus zonas costeras, como la *Coastal Protection Act de New South Wales* (1979). En el caso australiano es importante destacar que los planes de manejo son integrados ya que se centran en la conexión de los diversos sectores del gobierno, enfoques de gestión y la tentativa de abordar los conflictos y usos múltiples de un área geográficamente definida de forma coordinada y armonizada (Kay *et al.*, 2005). Este ha sido el caso del proyecto de *bypass*, donde diversos actores y escalas de gobierno han trabajado de forma conjunta para abordar de una manera holística el problema en las playas de Gold Coast.

En cambio, en Argentina, la normativa

vinculada a las políticas de protección de los recursos costeros no ha sido la más apropiada. En la actualidad, dicha normativa es confusa ya que, hasta el momento no se han establecido políticas públicas explícitas, leyes u organismos específicos nacionales de gestión costera integrada, aunque existen algunas iniciativas provinciales. El manejo costero es sectorial y se focaliza en los recursos pesqueros del ambiente oceánico (a cargo de las administraciones provinciales conjuntamente con la nacional) y en el ordenamiento territorial (a cargo de las administraciones municipales, con un régimen propio para cada provincia). A escala nacional, no existen instituciones públicas encargadas específicamente de la gestión integrada de los espacios y recursos costeros, ni instrumentos estratégicos u operativos. A escala provincial, se ha creado una unidad de coordinación en la Provincia de Buenos Aires (Dadón *et al.*, 2011). Las obras de infraestructura costera que se han construido para mitigar los efectos de la erosión no han sido las adecuadas. En este caso particular, no se han establecido planes de integración conjunta ya que a raíz de la mitigación del problema, no sólo no se solucionaron los problemas de raíz, sino que los mismos se han acentuado al punto de generar impactos ambientales en municipios vecinos, tal es el caso de la erosión costera al norte de Mar del Plata, perjudicando al partido vecino de Mar Chiquita.

## 5. Conclusiones

1. Los problemas causados por el emplazamiento del puerto de Mar del Plata ocasionaron grandes desequilibrios con respecto al transporte litoral de sedimentos. La solución para este problema fue el repoblamiento de las playas a través de la derivación de arena,

con lo cual se evitó la erosión en las playas al norte del puerto, que resulta en grandes pérdidas económicas, ambientales y sociales.

2. De la comparación de las experiencias de Mar del Plata y Tweed, se concluye que las estrategias de remediación costera implementadas en la costa australiana consideraron la dinámica costera a través de la tecnología del *bypass*, y aseguraron su sostenibilidad mejorando la seguridad en la navegación, el efecto de las olas y la conservación de los hábitats para organismos marinos.

3. El repoblamiento de playas no sólo soluciona problemas económicos, sino que también hará que las playas afectadas por la erosión sean más atractivas, con mayor superficie de arena que beneficie a todos los actores sociales.

### **Bibliografía**

ACTWORTH, C. y LAWSON, S. (2012). The Tweed River Entrance Sand Bypassing Project. Ten years of managing operations in a highly variable coastal system. 20th NSW Coastal Conference 2012, Tweed Heads. New South Wales, Australia, 23 pp.

ATUCHA, A.J. ERRAZTI, E; LACAZE, M V; LABRUNÉE, M E; LÓPEZ, MT y VOLPATO, G. (2012). *La estructura productiva del Partido de General Pueyrredon*. *Faces*, 18(38-39), 57-81.

BENEDET, L., FINKL, C. W., CAMPBELL, T. y KLEIN, A. (2004). Predicting the effect of beach nourishment and cross-shore sediment variation on beach morphodynamic assessment.

*Coastal Engineering* 51, 839-861.

BÉRTOLA, G. (2001). 21 years of morphological modifications in an urbanized beach (Playa Grande, Mar del Plata), Argentina. *Thalassas* 17(2), 21-36.

BAKKER, M. A. J.; VAN HETEREN, S.; VON HOGEN, L. M.; VAN DER SPEK, A. J. F. y VAN DER VALK, L. (2012). Recent coastal dune development: effects of sand nourishments. *Journal of Coastal Research* 28(3), 587-601.

CAMPBELL, T. J. y BENEDET, L., (2006). Beach Nourishment Magnitudes and Trends in the U.S. *Journal of Coastal Research*, SI 39, 57 - 64.

DADON, J.; N. BOSCAROL, A. LARA, C. LEBRERO, R. FÈVRE y LASTA, C. (2011). "Sostenibilidad de la zona Costera Argentina: Avances en el Manejo Costero" En Barragán Muñoz, J. (coord.) *Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Propuestas para la acción*. Red Ibermar (CYTED), Cádiz. p. 171 - 189.

DYSON, A.; VICTORY, S. y CONNOR, T. (2001). *Sand Bypassing the Tweed River Entrance: An Overview*. The 15th Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference. 6 pp.

FERNANDEZ PEREZ, J. (2004). *El litoral en los ambientes urbano portuarios*. *Revista Ingeniería y Territorio*. *Frentes Marítimos*. Barcelona, 67: 4-9.

FOSTER, M.; CUMMINGS, P.; CONNOR, T.; DYSON, A.; VICTORY, S. y MCMAHON, J. (2001). *Community*

- Consultation for the Tweed River Entrance Sand Bypassing Project". Coast and Ports. Proceedings of the 15<sup>th</sup> Australasian Coastal and Ocean Engineering, Conference, the 8<sup>th</sup> Australasian Port and Harbour Conference. Barton, A.C.T: Institution of Engineers, Australia 247-252.*
- HAMM, L., CAPOBIANCO, M., DETTE, H. H., LECHUGA, A., SPANHOFF, R. y STIVE, M.J. F. (2002). A summary of European experience with shore nourishment. *Coastal Engineering* 47, 237-264.
- HANSON, H., BRAMPTON, A., CAPOBIANCO, M., DETTE, H., HAMM, L., LAUSTRUP, C., LECHUGA, A. y SPANHOFF, R. (2002). Beach nourishment projects, practices, and objectives. A European overview. *Coastal Engineering* 47, 81-111.
- ISLA, F. y SCHNACK, E. (1986). *Replamamiento artificial de playas. Sus posibilidades de aplicación en la costa marplatense, Provincia de Buenos Aires*. Noveno Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche. Actas VI, 202-217 pp.
- ISLA, F. I., (2001). *Geología del Sudeste de Buenos Aires*. En Boschi, E. (ed.) Entre Mareas. Mar del Plata, INIDEP, Capítulo 1, 19-28.
- ISLA, F.; DENEGRI, G., CERMELO, L., FARIAS, A. y CROWDER, P. (2005). *Mar del Plata fragilidad costera*. Editorial Martin. Mar del Plata, Argentina. 168 pp.
- ISLA, F.I (2010). Natural and artificial reefs at Mar del Plata, Argentina. *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 10(1):81-93.
- JUÁREZ, V.I y MANTOBANI, J.M (2006). *La costa bonaerense: un territorio particular*. En Isla y Lasta (eds). Manual de Manejo Costero para la Provincia de Buenos Aires. Mar del Plata. EUDEM, 41-69.
- KAY, R. Y ALDER, J. (2005). *Coastal management and planning*. Taylor and Francis Group, London. 376 pp.
- LAGRANGE, A. (1993). *Mar, playas y puerto*. Ed. Fundación Bolsa de Comercio. Mar del Plata, Argentina. 551 pp.
- LANFREDI ,N. W, POUSA, J.L MAZIO C.A, y DRAGANI W.C (1992). Wave-power potential along the coast of the Province of Buenos Aires, Argentina. *Energy* 17, 997-1006.
- LAZAROW, N (2010) *Managing and Valuing Coastal Resources: An Examination of the Importance of Local Knowledge and Surf Breaks to Coastal Communities*. Tesis doctoral. Australian National University. Canberra. Australia. 191 pp
- LUTEJIN, H. (2013). *Study on sedimentation and effects of mitigating measures at port of Mar del Plata, Argentina*. Tesis de maestría, Holanda. Delft University of Technology. 163 pp.
- MARCOMINI, S.C. y LOPEZ, R. A., (2006). Evolution of a beach nourishment project at Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. *Journal of Coastal Research*, SI 39, 834 - 837.
- MCILLWAIN, G. (2010). *Opciones para el sistema de bypass de sedimento*

en Argentina. Cardno, Brisbane, Queensland. 7 pp

ORTEGO VALENCIA, L. (2008). *Técnicas de dragado en ingeniería marítima*. Universidad Politécnica de Catalunya. 189 pp.

ROBERTSON, W., ZHANG, K. FINKL. CH. W. y WHITMAN, D., (2008). Hydrodynamic and geologic influence of event-dependent depth of closure along the South Florida Atlantic coast. *Marine Geology* 252, 156-165.

SCHNACK, E.J., POUSA, J.L. e ISLA, F.I., (1998). Erosive processes on the sandy coastline of Argentina. *Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regional wissenschaft*, 20:133-136.

SUNRISE TECHNICAL CONSULTANTS (1971). Estudio mediante ensayo hidráulico sobre modelo del Puerto de Mar del Plata y sus alrededores. Harmi, Chou-Ku, Tokio, Japan, 7 volumes. Universidad Nacional de Córdoba. 2008. *Asesoramiento vinculado al proyecto de Sistemas de Rompeolas Aislados al Sur de Punta Mogotes en la ciudad de Mar del Plata*. Informe Final.

VAN RIJN, L.C (2008). Coastal erosion problems in Mar del Plata, Argentina. Report of site visit and discussion of solutions. Report 2. Deltares, 31 pp.

WATERMAN, R.E (1994). Sand bypassing at Mar del Plata. A solution to coastal and port problems. Ministry of Economic Affairs. Holanda, 40 pp.