

# ARENA DE TRITURACIÓN CUARCÍTICA: FUENTE ALTERNATIVA PARA EL REPOBLAMIENTO DE PLAYAS

**Bértola, Germán R.<sup>1, 2</sup>; Del Río, J. Luis<sup>1</sup>; y Farenga, Marcelo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (UNMdP) y CIC - C.C. 722

Correo Central - (7600) Mar del Plata.

Tel: 0223-475-4060. gbertola@mdp.edu.ar

<sup>2</sup>IIMyC (CONICET).

*Palabras claves: repoblamiento, playas, arenas, trituración, Mar del Plata.*

## Resumen

En la ciudad de Mar del Plata se verifican fenómenos de erosión de playas que se incrementaron desde la construcción de su puerto local en 1919. Por ello, a lo largo de los años se fueron ensayando soluciones tanto estructurales como no estructurales.

En la alimentación artificial de playas, uno de los principales problemas a resolver es la fuente del material de préstamo. Este material debe cumplir con estrictas condiciones granulométricas, mineralógicas, de yacimiento, económicas y ambientales para ser considerado apto, ya que estos factores definen el éxito o fracaso de la estabilidad en la playa.

En el 2014 se realizó una experiencia de alimentación de la playa frontal en el balneario Honu Beach, al que se le agregó arenas trituradas de canteras de la zona, a partir de ortocuarcitas ordovícicas. La experiencia evidenció una buena resistencia de los materiales aportados a la degradación tanto en ancho como en alto, y una natural integración del material a la deriva natural.

El uso de arenas de trituración para la alimentación de playas es una buena solución al proceso de erosión, así como un aporte a la sustentabilidad ambiental, al dar utilidad pública a un recurso obtenido en el marco de la legislación minera y ambiental vigente.

## 1.Introducción

En la provincia de Buenos Aires se verifica desde hace años procesos de erosión de playas de origen multicausal, debido principalmente a la insuficiente cantidad de arena aportada por procesos naturales, el impacto de tormentas o fenómenos de origen antrópico vinculados con acciones de desarrollo urbano, espigones, forestaciones y eliminación de dunas, entre otros. Particularmente la ciudad de Mar del Plata (Fig.1) se encuentra bajo un continuo proceso erosivo medido por distintos autores desde hace décadas [1; 2; 3; 4; 5 y 6]. Pero es un fenómeno que se aceleró desde la construcción del puerto local en 1919 [7]. En vista a ello, y a lo largo de los años se han ensayado infinidad de soluciones estructurales de control de la erosión, e inclusive, relleno de playas con arenas de dragado del puerto Mar del Plata [5].

Al extraer arena para el relleno desde otros sitios, uno de los principales problemas a resolver es la fuente del material de préstamo. Este material debe cumplir con estrictas condiciones granulométricas, mineralógicas, de yacimiento, económicas y ambientales para ser considerado apto, ya que estos factores definen el éxito o fracaso de la estabilidad en la playa [8]. Estudios realizados en la zona de la plataforma [9 y 10] evidencian que no existen fuentes cercanas de arenas en cantidad y calidad necesarias. En Argentina no hay tradición y experiencia estatal o privada de explotaciones mineras off-shore, lo que condiciona el abastecimiento en tiempo y forma de materiales adecuados. Además, por los decretos Ley 8758/77, 5657/85 y 10392/87 no se permite la extracción de arena de la playa en toda la provincia de Buenos Aires, aunque sí en los médanos fijos colindantes. Una fuente alternativa, y hasta el 2014 poco considerada, es la alimentación artificial de las playas mediante arenas de trituración producidas en canteras de áridos locales. Para evaluar esta metodología, se realizó una experiencia piloto en el Balneario Honu Beach ( $38^{\circ}05'21,60''S-57^{\circ}32'30,94''O$ , Fig.1), donde se había verificado un agudo proceso erosivo que afectaba a la playa frontal y generaba escarpas de casi un metro de altura. Por sus características e idiosincrasia, siempre se descartaron las estructuras rígidas de defensa costera en este balneario [11].

## 2.Materiales y Métodos

Honu Beach es una playa micromareal y disipativa. Las olas son de volteo con altura significativa de 0,91 m, máximos de 2,3 m y período de 9,5 s [6]. Isla [2] observó que durante el verano/otoño la playa presenta características acumulativas, mientras que en invierno/primavera son erosivas.

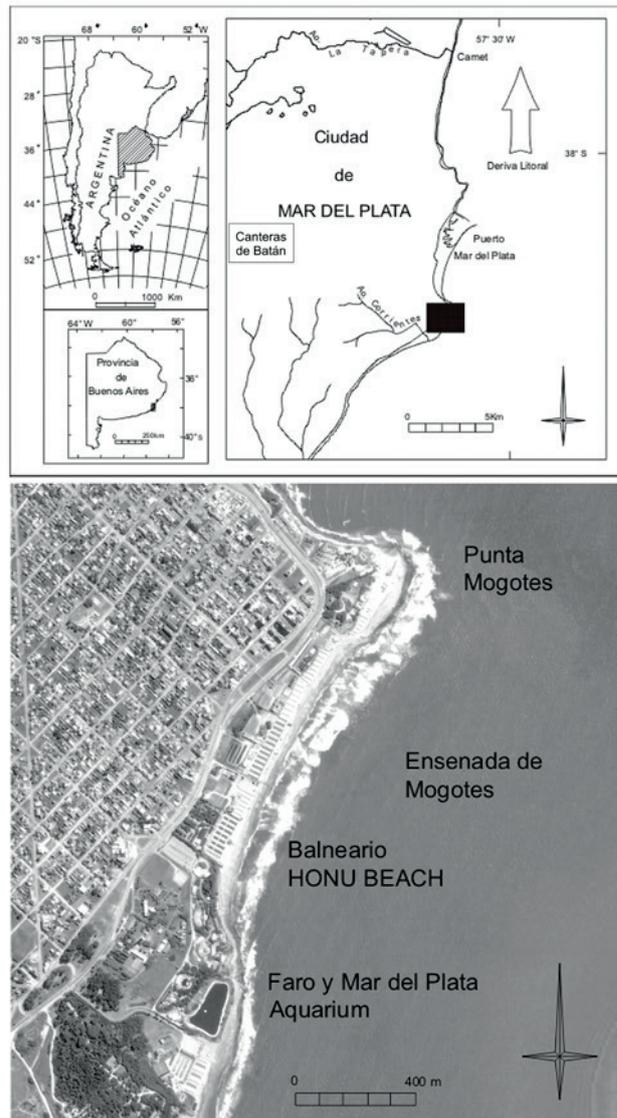


Figura 1: Mapa de ubicación del Balneario Honu Beach y la cantera fuente de sedimentos

En noviembre del 2014 se realizó la alimentación de la playa frontal del balneario, con arenas trituradas mediante trituradora a mandíbulas, que provenían de canteras de la localidad de Batán formadas por ortocuarcitas ordovícicas de la Formación Balcarce [12]. Se obtuvieron muestras subsuperficiales de las arenas naturales del balneario e inmediatamente de ser ubicadas las nuevas arenas. Finalmente, y luego de cuatro y siete meses de haberse realizado la obra, también se realizó el análisis granulométrico. En todos los casos las muestras fueron referenciadas con GPS (+- 3 m), cuarteadas y tamizadas [13] y finalmente analizadas con el software Gradistat® [14]. El relleno consistió en el transporte terrestre de 1200 toneladas de arena triturada desde el yacimiento hasta la playa Honu Beach. El material se ubicó sobre la playa frontal (entre la línea de alta marea de sicigias, hasta la orilla en bajamar). Lateralmente se extendió desde el Bar de Playa hasta la Escuela de Surf (Fig.2). El material fue dispuesto mediante pala frontal y ubicado en un frente de 80 m. Posteriormente fue alisada y rastrillada, mezclándose los primeros 10 cm superiores, con parte de la arena natural.

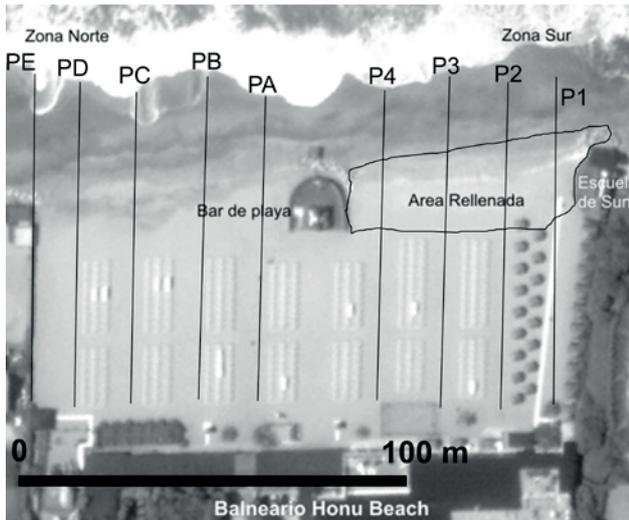


Figura 2: Balneario Honu Beach. Instalaciones, área de relleno y ubicación de los perfiles planialtimétricos (P1 a P4 y PA a PE).

Los estudios planialtimétricos fueron realizados mediante Estación Total Leica TC403L desde un punto georeferenciado y perfiles equidistantes, permitiendo reconocer áreas de estabilidad y áreas de mayor movilidad sedimentaria (Fig.2).

Para estimar el tiempo de residencia de la arena de relleno y la factibilidad de la misma, se aplicó la metodología propuesta por James [8] usando los valores de media y desvío estándar de la distribución granulométrica del ambiente de playa distal y frontal, en relación con el material de aporte. Los valores obtenidos fueron compatibles con una baja pérdida y baja tasa de reposición [15].

### 3. Resultados

Mediante comparación de fotos y visitas al balneario que cubren un lapso de tres años, en Honu Beach se viene registrando un importante proceso de erosión costera. Esto implica una merma ostensible y tendencial de la cantidad de arena depositada en el sector de playa (tanto en la frontal como en la distal). Es el resultado directo de cambios negativos (o disminución) en el aporte y estabilidad de los sedimentos disponibles ante los agentes sedimentarios dominantes. Lo que no se registró en ese lapso, es retroceso de la línea de costa.

La morfología de esta playa presentaba originalmente un amplio desarrollo de la playa distal de más de 80 m de arenas gruesas a medianas, y una playa frontal con una pendiente de 10% y extensión del orden de los 25 a 30 m. Existían bermas bien desarrolladas a expensas de la acreción de barras intermareales movilizadas en los meses de verano por las olas de la contraderiva del Noreste y el desarrollo de cuspitos (o cuspbeach) con una longitud de onda de entre 15 y 30 m.

- Muestras de arena naturales de la playa Honu Beach.

De las arenas naturales del Balneario Honu Beach se extrajeron 2 muestras el 19/04/2014. Ambas eran

unimodales, con predominio de la fracción arena mediana (en la playa frontal) y gruesa (en la playa distal). La de playa distal (coincidente con S1) poseía una media situada en 1,1 phi y desvío estándar en 1,01 -pobre selección-. Con respecto a su asimetría y curtosis, la distribución fue casi simétrica y leptocúrtica. Aproximadamente un 3,5% correspondió a sedimentos gruesos (-1,5 phi), en su mayor parte formados por restos angulosos de conchillas. La de Playa Frontal (coincidente con S5) estaba ubicada por debajo de una pequeña escarpa de erosión, sus arenas eran mucho más finas, con una media en 3 phi, buena selección (0,37), asimetría negativa y muy leptocúrticas.

- Muestreo de arena de trituración empleada como relleno.

El 18/11/2014 se obtuvo dos muestras: la RM1 de la pila de acopio de la Cantera La Florida, perteneciente a Canteras Yaraví S.A. (la arena que se empleó en la experiencia), y la RM2 de la playa, una vez que el camión arrojó la arena en el balneario y fue distribuida mediante pala frontal. Se observó que se incorporaron a la playa aproximadamente un 65% de psamitas, 33% de psefitas y un 1% de pelitas. El material era bimodal, con sus modas principales en arena muy gruesa y arena mediana.

- Muestreo diacrónico de arena de la playa: 4 y 7 meses después de la alimentación con la arena de trituración.

Se obtuvieron 4 muestras el 31/03/2015 (Fig.3). Las mismas fueron extraídas en orden consecutivo desde la playa distal media (1) hasta la playa frontal inferior (4).

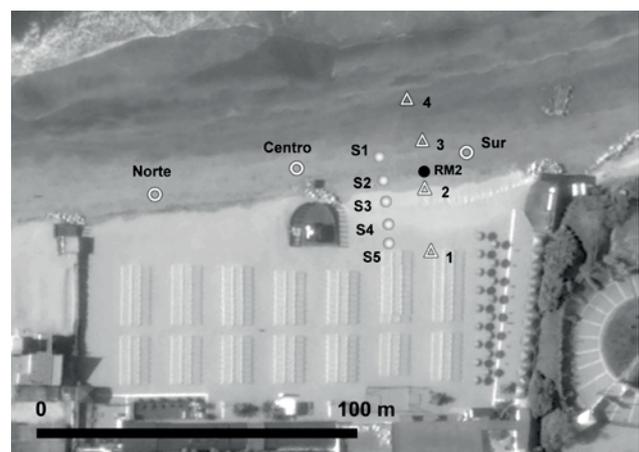


Figura 3: Ubicación de las muestras RM2, 1, 2, 3 y 4, Norte, Centro, Sur y S1, S2, S3, S4 y S5.

Las muestras 1 y 2 tenían una selección pobre. Si bien predominaba la arena mediana y fina, también había porcentajes significativos de arena gruesa y muy gruesa. La media de ambas muestras fue de 0,519 mm. Las muestras 3 y 4 presentaban una selección moderada, perteneciendo los mayores porcentajes a la arena mediana y fina. La media de ambas muestras fue de 0,253 mm. El análisis comparativo cuatro meses después de la alimentación, y con respecto a la playa distal, se aprecia una mayor cantidad de sedimentos gruesos, por lo que

se deduce que se produjo mezcla de arena natural con arena de relleno. En relación a la playa frontal, también existieron modificaciones: si bien siguen siendo arenas finas las predominantes, hay presencia de sedimentos de mayor diámetro. Se deduce que también aquí se produjo el aporte de la arena artificial en la playa frontal. Se observó que las pelitas se lavaron entre un 40 a 60%, y que la arena artificial se integró de una manera aceptable al ambiente.

El 18/06/2015, se obtuvieron 8 muestras (Fig.3): Norte, Centro y Sur sobre la playa frontal superior, y S1 a S5 consecutivamente desde la playa frontal superior hasta la playa distal inferior.

Las muestras del Sur, Centro y Norte evidenciaron un tamaño de sedimento que aumenta hacia el sector norte de la playa. Todas poseían una selección moderadamente buena y eran mesocúrticas. La asimetría fue negativa en la Sur y Centro (indicando una mezcla de arenas naturales y de relleno), y casi simétrica en la Norte.

Se observó, en concordancia con cambios en la morfología de playa, que se perdió casi un 20% de la arena gruesa original, que presumiblemente fue transportada hacia el norte. Por otro lado se ha incorporado un 3% de arena gruesa natural, hasta un 10% de arena mediana desde la playa distal natural y un 5% de arena fina. La arena muy fina permaneció en una proporción casi igual a la original.

Las muestras S (1 a 5) evidenciaron un aumento del tamaño de grano hacia la S2 y S3 (que coinciden con la escarpa de playa), y fueron más finas hacia la playa distal y hacia la orilla. Las S5 y S4 (de la playa distal) arrojaron una mejor selección que las restantes, que es pobre. Finalmente la asimetría va aumentando desde la playa distal hacia el mar, pasando de negativa a muy negativa en la playa frontal.

El análisis comparativo siete meses después de la alimentación, evidencia dos hechos concretos: la arena de relleno que se fue erosionando de la zona sur, ha ido migrando siguiendo la deriva litoral hacia la zona norte, área que no fue rellenada anteriormente, y modificando parcialmente su naturaleza granométrica. Con respecto al eje transversal playa distal a playa frontal, se apreció la formación de un núcleo de sedimentos gruesos, estable, que conformó una escarpa de playa, y una migración de las partículas que se erosionaron, hacia los niveles topográficamente inferiores, con mezcla de arena natural/alimentación. La arena de relleno formó un núcleo más resistente que la arena natural, debido principalmente a su textura y formato subanguloso, que permite un empaquetamiento mecánicamente más estable de las partículas.

- Morfología de la playa

Los estudios planialtimétricos permitieron reconocer áreas de estabilidad y áreas de mayor movilidad sedimentaria. El sector sur de Honu Beach está ubicado a pocos metros de afloramientos de ortocuarcitas de Punta Canteras y las dunas fijadas en la zona del Faro, por lo que su configuración estará ligada a ese accidente geográfico

y la acción antrópica. Analizando las variaciones en la playa, se apreció que desde que la misma fue rellenada, alcanzó su máximo desarrollo al fin del verano (marzo del 2015), con un volumen 10% mayor de arena que antes de la alimentación (Fig.4).

Un hecho a considerar, es que mediante el relleno se ha logrado modificar el perfil original (y natural) de la playa, pero no así el clima de olas que sigue su incesante ataque sobre la costa. Efectivamente, luego de marzo del 2015, el volumen de arena de la playa empieza nuevamente a perderse, alcanzando los niveles más críticos a fin del invierno, en septiembre del 2015. Aun así, para el último relevamiento (noviembre del 2015) aún quedaba un 2% más de arena que antes del relleno. Ya para el 2016 (19 meses del relleno) había desaparecido toda la arena artificialmente aportada.

La playa frontal y la cresta de berma fueron las morfologías que más se modificaron a lo largo de los relevamientos. En el total de longitud de playa, un 70% pertenece a playa distal y un 30% a frontal, porcentajes que han ido variando a lo largo del tiempo.

Si tomamos como punto de partida las construcciones balnearias (Fig.2), las mayores variabilidades se dieron a partir de los 74 m del comienzo de los perfiles para los perfiles analizados en el sector rellenado. Pero en las zonas que no fueron alcanzadas por la obra de alimentación (sector norte de Honu Beach, perfiles A hasta el E) estos cambios se evidenciaron a 62 m del comienzo de los perfiles.

En promedio, el balneario posee un área de arena utilizable (sin considerar construcciones o estructuras fijas) de aproximadamente 1,6 hectáreas. Antes del relleno era de 1,53 has, llegó a tener 1,8 has (2 meses después), 1,7 has (7 meses después) y 1,5 has (agosto del 2016).

Antes del relleno, la pendiente de la playa total (desde las construcciones balnearias hasta el mar), era de aproximadamente un 6,1% para todos los perfiles. Específicamente la playa frontal poseía una pendiente de un 10,5% (perfiles 1 a 4) y 8,2% (perfiles A a E). Posteriormente al relleno, la pendiente total disminuyó en los perfiles 1 a 4, a un 5,5%, y la pendiente de la playa frontal disminuyó a 9,5%, en esos mismos perfiles. No se registraron cambios en la pendiente de los perfiles A al E después del relleno.

Entre la playa frontal y distal hay, para agosto del 2016, una escarpa de erosión de casi 1,8 m, morfología que empezó a aparecer en julio del 2015 y continuó creciendo hasta su máxima expresión actual.

## 4. Discusión

Durante el año de monitoreo, y a pesar de lo surgido del esquema de James [8 y 15], se perdió un 98% de la arena rellenada. El material no se comportó en forma tan estable como el esperado.

Los estudios de los perfiles topo-altimétricos y muestreo sistemático de la playa, han evidenciado una buena resistencia de la misma a la degradación tanto en ancho como en alto (Fig.4).



Figura 4: Evolución de la playa de Honu Beach. Obsérvese que a partir del 2009, la escarpa de playa se mantiene a los pies de las carpas. La solución, por parte del balneario, fue modificar el perfil de playa para adaptarlo a las exigencias del turismo. A partir del 2014 se observa, a la derecha del bar de playa, la arena de relleno (en un tono más claro). Para el 2016, la arena de relleno había sido erosionada en su totalidad.

Cuatro meses después de la alimentación se apreció una mayor cantidad de sedimentos gruesos, por lo que se deduce que se produjo mezcla de arena natural con arena de relleno y que la arena artificial se integró de una manera aceptable al ambiente.

Siete meses después de la alimentación, se perdió casi un 20% de la arena de relleno, material que fue migrando hacia el norte siguiendo la deriva litoral, zona que no había sido rellenada anteriormente. Por otro lado se formó un núcleo estable de sedimentos gruesos -debido principalmente a su textura y formato subanguloso, que permite un empaquetamiento mecánico más estable de las partículas-, que conformó una escarpa de playa y una migración de las partículas hacia niveles topográficamente inferiores, con mezcla de arena natural/alimentación.

Once meses después de la experiencia aún quedaba un 2% más de arena que antes del relleno. A los 19 meses de la obra, había desaparecido el 100% de toda la arena artificialmente aportada.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

El uso de arenas de trituración para la alimentación de playas fuertemente degradadas puede ser una solución o un importante paliativo del proceso de erosión. Es un aporte a la sustentabilidad ambiental, al dar utilidad pública a un recurso obtenido en el marco de la legislación minera y ambiental vigentes, cuya existencia y uso no implican la apertura de nuevos escenarios de explotación minera continental o submarina, y por ello, no genera nuevos impactos ambientales sobre los ambientes naturales provinciales. Esta aproximación metodológica no implica la transferencia o inducción de procesos erosivos aguas abajo de la deriva litoral, aunque es importante saber que mediante el relleno se logra modificar el perfil original (y natural) de la playa, pero no así el clima de olas. La erosión no se detendrá, sólo es contenida por un tiempo.

En Mar del Plata, el material que puede ser empleado, existe en volúmenes importantes en canteras debidamente habilitadas y rigurosamente controladas en materia ambiental en la zona minera de Batán. De modo que la utilización de estas arenas de trituración no incrementa los impactos ambientales ya declarados y aprobados por los órganos pertinentes. Incluso, su utilización puede en algunos casos disminuir estos stocks de arenas de trituración, disminuyendo los impactos visuales que los mismos generan en los paisajes periurbanos. La calidad y aceptación del material puede ser mejorada en caso de efectuarse una mejor selección granulométrica en la cantera, más compatible con las arenas de playa natural. El material es susceptible de ser tamizado adecuadamente, desarrollándose una selección de arenas unimodales y con rangos acotados de tamaño. Se espera que la utilización de las arenas de trituración genere playas de uso público estables, con bajas tasas de realimentación y con alto grado de amenidad.

Es posible mejorar el método de vertido, utilizando las arenas de trituración como un núcleo de material que sirva de base a una cobertura de arenas naturales. Quizás esta aplicación pueda realizarse con una geometría o diseño especial, que favorezca incluso la retención de arenas transportadas naturalmente, retrasando así las pérdidas. Se recomienda en el caso de Honu Beach repetir el relleno cada dos años, ya que ese es el lapso en que la playa volvería a tener holgadamente las condiciones iniciales (pre-relleno) de volúmenes de arena sobre ella. Asimismo se recomienda realizar experiencias de relleno en volúmenes más compatibles con la dinámica costera local.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su reconocimiento a Canteras Yaravi S.A., en el nombre de su presidente Arq. Javier Leggiero, por la confianza depositada en el IGCyC para realizar esta investigación aplicada.

## Referencias

- [1] E. Schnack E., J. Álvarez J. y J. Cionchi, 1983. El carácter erosivo de la línea de costa entre Mar Chiquita y Miramar, Provincia de Buenos Aires. Simposio Oscilaciones del Nivel del Mar durante el último ciclo deglacial en la Argentina. Mar del Plata (IUGS-UNESCO). Actas:118-130.
- [2] F. Isla, 1992. Balance Sedimentario y estacionalidad en 8 playas de Mar del Plata. Revista Thalassas (España) Vol.11:11-21.
- [3] J. Cionchi, J. Alvarez, J.L. del Río y A. Ferrante, 1993. El efecto antrópico en el retroceso de la línea de costa del Partido de General Pueyrredon (Provincia de Buenos Aires). XII Congreso Geológico Argentino. Actas. Tomo VI: 318-322.
- [4] A. Ferrante y J. Alvarez, 1999. Quantification of the coastal marine erosion, between 1970-1998 on General Pueyrredon, Buenos Aires Province. IVth Open Science Meeting, Loicz, Bahía Blanca, Argentina. Actas: 56.
- [5] G. Bértola, 2001. 21 years of morphological modifications in an urbanised beach (Playa Grande, Mar del Plata), Argentina. Revista Thalassas (España) Vol. 17(2):21-36.
- [6] G. Bértola, 2006. Morfodinámica de playas del sudeste de la provincia de Buenos Aires. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis. Vol. 13(1):31-57.
- [7] A. Lagrange, 1993. Mar, playas y puerto. Fundación Bolsa de Comercio de Mar del Plata. Mar del Plata. 556 pp.
- [8] R. James, 1975. Manual of Artificial Beach Nourishment. Delft Hydraulics Laboratory. Centre for Civil Engineering. Research Codes and Specifications, Report N°130. 195 pp.
- [9] F. Isla, 2003. Disponibilidad de arena para el refulado de las playas de Miramar y Chapadmalal, Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina Vol. 58(3):56-78.
- [10] F. Isla, G. Bértola, A. Merlotto, A. Ferrante y L. Cortizo, 2009. Requerimientos y disponibilidad de arenas para la defensa costera de las playas de Necochea y Lobería. Revista de la Asociación Geológica Argentina Vol. 65(3):446-456.
- [11] G. Bértola, J.L. del Río y M. Farenga, 2016. Relleno de playa en Honu Beach (Mar del Plata, Argentina). Revista ASAGAI 37:1-11. ISSN 1851-7838
- [12] M. Teruggi y J. Kilmurray, 1975. Tandilia. VI Congreso Geológico Argentino. Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires:55-77.
- [13] R. Carver, 1971. Procedures in Sedimentary Petrology. John Wiley, New York, 653 pp.
- [14] S. Blott y K. Pye, 2001. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surface Processes and Landforms 26:1237-1248.
- [15] J. Leggiero, J.L. del Río y G. Mondo, 2014. Primera experiencia de recuperación de playas turísticas erosionadas mediante alimentación con arenas cuarcíticas: Proyecto Honu Beach - Canteras Yaraví S.A. Actas II Congreso Argentino de Áridos, Argentina: 575-584.