

# CARACTERIZACIÓN TEXTURAL, COMPOSICIONAL Y ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE PLAYA DEL GOLFO NUEVO, PROVINCIA DE CHUBUT

M. Paula BUNICONTRO<sup>1</sup>, Silvia C. MARCOMINI<sup>1</sup>, Nilda E. WEILER<sup>2</sup>, Rubén A. LÓPEZ<sup>1</sup> y Sonia QUENARDELLE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA) - CONICET - Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. E-mail: paulabunicontro@hotmail.com

<sup>2</sup> Centro Nacional Patagónico (CENPAT) - CONICET, Puerto Madryn, Chubut.

## RESUMEN

Se presenta un estudio de caracterización textural y composicional de los sedimentos de playa en 17 perfiles costeros desde cerro Prismático al norte hasta cerro Avanzado al sur, en el golfo Nuevo, provincia de Chubut. Se pretende determinar la principal fuente de aporte de sedimentos al sistema litoral y los factores que controlan su textura y composición. Este trabajo profundiza y avanza sobre el conocimiento de los sedimentos actuales de la costa argentina, estableciendo un antecedente preciso y cuantitativo para futuras investigaciones. Los sedimentos del intermareal alto están compuestos por arena (62%) y grava (38%) y muestran selección pobre. Los sedimentos del intermareal bajo, playa distal y duna costera presentan sedimentos mejor seleccionados y predominantemente arenosos (más del 90% en promedio). La composición petrográfica resulta homogénea a lo largo de la costa, caracterizada mayormente y en promedio por fragmentos líticos (35%), plagioclasa (24%), cuarzo (23%), feldespato potásico (6%) y alteritas (5%). Los afloramientos rocosos costeros presentan entre un 40% y un 70% de arena, según diversos autores, y se comprueba que tanto la composición petrográfica como la proporción de sus componentes mayoritarios son equivalentes a la descrita para las arenas de playa. Además, debido al ambiente parcialmente protegido que representa el golfo Nuevo, la ausencia de evidencia de deriva litoral dentro del mismo y de cursos fluviales de alimentación alóctona que desembocan en él, se concluye que la principal fuente de arena al sistema litoral resulta de la erosión de los acantilados que dominan el paisaje costero (Formación Gaiman y Puerto Madryn).

**Palabras Clave:** *Granulometría; arenas; Patagonia; aporte; petrografía*

## ABSTRACT

*Textural and compositional characterization and provenance analysis of beach sediments in golfo Nuevo, Chubut province*

A textural and compositional characterization of beach sediments in 17 coastal profiles is presented from cerro Prismático northward to cerro Avanzado southward, in the golfo Nuevo, Chubut province. The aim of this work is to establish the main input source of sediments to the littoral system and the factors controlling their texture and composition. This work deepens and advances on sediments knowledge of Argentinean coast, establishing an accurate and quantitative background for futures researches. High intertidal sediments are composed by sand (62%) and gravel (38%), showing poor sorting. Sediments from the low intertidal, backshore and coastal dune environments show well sorted sandy sediments (more than 90% on average). Petrographic composition is homogenous along the coast, mostly characterized on average by lithic fragments (35%), plagioclase (24%), quartz (23%), feldspar (6%) and alterites (5%). The rocky coastal outcrops present up between 40% and 70% of sand, according to various authors, and it is found that both the composition and the proportion of its majority components are equivalent to that presented for beach sands. Also, due to the golfo Nuevo is a partially protected environment and the absence of evidences of littoral drift as well as the absence of allochthonous fluvial input inside it, it is concluded that the main source of sand to the littoral system results from the erosion of the cliffs that dominate the coastal landscape (Gaiman and Puerto Madryn formations).

**Keywords:** *Granulometry, Sands, Patagonia, Input, Petrography*

## INTRODUCCIÓN

El estudio de las modas detríticas proporciona valiosa información para comprender la naturaleza petrográfica de los clastos que

componen dichos sedimentos y determinar sus posibles áreas de procedencia. El objetivo de los estudios de procedencia es deducir las características de las áreas de aporte a partir de las observaciones y mediciones de

las propiedades texturales y composicionales de los sedimentos (Petrijohn *et al.* 1987). Otros objetivos de este tipo de estudios es analizar cómo el clima y el retrabajo modifican la signatura original de la roca fuente.

Las costas formadas por sedimentos no consolidados representan aproximadamente el 40% de las costas del mundo compuestas por playas de arena y grava (Bird 2000). En este sentido, los procesos marinos, eólicos y/o fluviales a los que las áreas costeras están expuestas, así como también las áreas de aporte y el clima, condicionan la composición (mineralógica y geoquímica) y el tamaño de los sedimentos que conforman las playas (Carranza-Edwards *et al.* 2009). Resulta de gran importancia considerar los procesos marinos de erosión y depositación como uno de los factores más influyentes en las características sedimentarias y en el modelado del paisaje costero. Se estima que la contribución de sedimentos a la plataforma continental como consecuencia de la erosión de los acantilados supera ampliamente el aporte por cursos fluviales (Isla y Cortizo 2014), considerando además el clima semiárido que predomina en la región patagónica.

Pese a que existen numerosas contribuciones a nivel regional de índole sedimentológico y morfodinámico a lo largo del litoral argentino patagónico (Teruggi 1964, Gelós *et al.* 1990, Gelós *et al.* 1994, Isla y Bértola 2003, Monti y Bayarsky 1996, Isla *et al.* 2000, Isla *et al.* 2002, Blanco 2012, Pirraglia 2015, Martínez 2015, entre otros) son escasos los aportes realizados en las inmediaciones de la zona de estudio. En este sentido, el más destacado corresponde a un trabajo publicado por Etchichury y Remiro (1979) quienes presentan un detallado análisis sobre la textura y la petrografía de las arenas de playas ubicadas entre las provincias de Río Negro y Chubut, siendo ésta una de las primeras y más completas contribuciones al análisis de sedimentos costeros actuales en Patagonia. Posteriormente Monti y Bayarsky (1996) analizan las características texturales y mineralógicas de los sedimentos de playa de la localidad de Puerto Madryn con el fin de determinar tendencias sobre el transporte litoral. Dicho aporte representa el estudio sedimentológico de sedimentos actuales más próximo a la zona de estudio de esta investigación. Regionalmente, Etchichury y Tófaló (1996) analizaron la mineralogía de las arenas del litoral argentino con un enfoque particular a sus áreas de aporte.

Estudios sedimentológicos y estratigráficos de detalle sobre los afloramientos terciarios del área corresponden a Spielgelman y Bus-

teros (1978), Mendía y Bayarsky (1981), Scasso y Del Río (1987), Castro (1981), Sato (1981), Vrba (1985) y más recientemente Marengo (2006 y 2015) y Cuitiño *et al.* (2017).

En sentido amplio, antecedentes de análisis de sedimentos de playa similares sobre la costa de la provincia de Buenos Aires han sido desarrollados por Teruggi (1959), Spalletti y Mazzoni (1979) e Isla *et al.* (1997) mientras que durante los últimos años se destacan los aportes de Marcomini (2002), Manograsso (2008), López (2010), Spinoglio (2010), Sitjá y Balbastro (2011), San Martín (2012) y Bunicontrol (2012) entre otros, estableciendo una importante y extensa caracterización de las arenas que conforman los ambientes litorales de dicha provincia.

A nivel internacional se destacan los estudios granulométricos de Mc Lean and Kirk (1969), Nordstrom (1977), Davis (1989), Pyökäri (1999), Carranza-Edwards (2001), Alsharhan and El-Sammak (2004) y Carranza-Edwards *et al.* (2009), quienes además de la procedencia analizan la relación entre las características sedimentológicas y la hidrodinámica de playas. Un importante trabajo a nivel regional de las arenas de ríos y playas de Sudamérica fue hecho por Potter (1994), quien asoció el clima, los paisajes y la composición de las arenas modernas para determinar distintas asociaciones minerales. El principal objetivo de este trabajo es caracterizar textural y composicionalmente los sedimentos de playa del golfo Nuevo (Chubut) y analizar el área de proveniencia local. Se pretende establecer una relación entre la composición de las arenas de playa, la geología de los afloramientos terciarios que conforman los acantilados y la geomorfología costera del golfo con el fin de establecer si la erosión de los acantilados constituye la principal fuente de aporte de los sedimentos de playa. Esto permitirá, además, comprender la dinámica morfo-sedimentaria del sistema costero. Por otra parte, resulta de interés para este trabajo contribuir a profundizar los conocimientos sedimentológicos de los materiales en tránsito que caracterizan a esta zona costera y establecer una base para futuros estudios.

Debido a los escasos antecedentes sobre la petrografía y granulometría de las arenas de las playas del golfo Nuevo, se considera que este trabajo constituye un sustancioso

aporte a las investigaciones de índole sedimentológicas e hidrodinámicas no sólo de las costas patagónicas sino también de todo el litoral de Argentina.

## MARCO GEOLÓGICO

### Área de estudio

La zona de estudio se localiza en la costa occidental del golfo Nuevo ubicada en el noreste de la provincia de Chubut, en la Patagonia argentina. Se extiende por 54,7 km de longitud desde cerro Prismático al norte (42° 34' 57,27"S - 64° 48' 31,74"O) hasta cerro Avanzado al sur (42° 50' 09,92"S - 64° 53' 06,90"O), incluyendo la ciudad de Puerto Madryn y abarcando una franja costera angosta de entre 1 y 6 km en la zona urbana (Fig. 1).

Está ubicada al este de la meseta Patagónica, dentro de un paisaje dominado por depósitos aluviales, coluviales y eólicos, resultado de la erosión de las unidades geológicas aflorantes. Está influenciada mayormente por la interacción de distintos procesos geomorfológicos tales como el proceso marino, eólico, remoción en masa y erosión hídrica (escurrimiento superficial). La superposición de éstos genera un paisaje costero compuesto por variedad de rasgos que evidencian acreción y erosión, activa e inactiva (Monti 1996). El contorno de la costa es irregular, con cabos y bahías, dominada por acantilados y playas arenosas a gravosas.

### Características ambientales

El golfo Nuevo constituye una cuenca o bahía semicerrada, que comunica al océano Atlántico a través de un estrecho de unos 17 km de ancho entre punta Ninfas y morro Nuevo (Fig. 1). El golfo posee una forma elíptica con una superficie aproximada de 2500 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima registrada en 184 m, mientras que en la zona del estrecho de entrada las profundidades son en general menores a 50 m disminuyendo hacia la costa (Mouzo y Garza 1979). Presenta unos 70 km de longitud y 48 km de ancho en su parte central, siendo considerablemente más profundo que la plataforma continental adyacente (Mazio *et al.* 2004). El clima de la región es árido a semiárido. Sin embargo, la zona se encuentra regulada por su ubicación a sotavento de la meseta patagónica y por su cercanía la mar. La temperatura media anual es 13,4°C y la hu-

medad media anual es de 68,4 %. La precipitación media ha variado apreciablemente durante las últimas décadas, y se distribuye casi uniformemente a lo largo del año con máximos relativos en los meses de abril y mayo. Según los registros, la precipitación media anual para el período 1910-1950 era de 172,8 mm mientras que para el período 1982-2001 aumentó a 235,9 mm anuales (Labraga y De Davis 2013).

La persistencia de dos grandes sistemas de alta presión durante todo el año determina una mayor proporción de vientos desde el oeste y suroeste, con una velocidad media de 16,6 km/h. En los meses de verano, el incremento de la radiación solar y la escasa disponibilidad de agua en el suelo provocan 'brisa de mar', la cual atenúa la extrema sequedad del aire y las temperaturas máximas del día (Labraga y De Davis 2013). En general, en verano y primavera, aumenta la frecuencia relativa de los vientos del sector este y noreste.

La zona presenta un régimen meso a macromareal semidiurno con desigualdades diurnas. La amplitud media de mareas es de 4,13 m, alcanzando máximas medias de 5,21 m y mínimas medias de 1,08 m (Servicio de Hidrografía Naval, 2016). No se advierte un sentido de deriva litoral neta dentro del golfo. Según Krepper y Rivas (1979) no existe una circulación definida en las aguas costeras próximas a Puerto Madryn y la misma depende en general fundamentalmente del viento. De acuerdo a Mazio *et al.* (2004) la circulación es dominada por las mareas aunque las corrientes mareales dentro del golfo son menores respecto de aquellas en la plataforma continental adyacente (posiblemente debido a la profundidad del golfo). Además, considerando el ambiente de cuenca semicerrada que constituye el golfo, la energía del oleaje es menor respecto a la que predomina en una costa expuesta a mar abierto. Con respecto a la temperatura del mar, las aguas someras del intermareal registran temperaturas de aguas superficiales de 18°C hacia el final del verano y mínimas de 8°C en primavera (Rivas y Beier 1990).

**Geología**

A lo largo de la costa en estudio afloran rocas de edad terciaria correspondientes a las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn (Fig. 2). La Formación Gaiman (Haller y Mendía 1980) corresponde a pelitas tobáceas asigna-

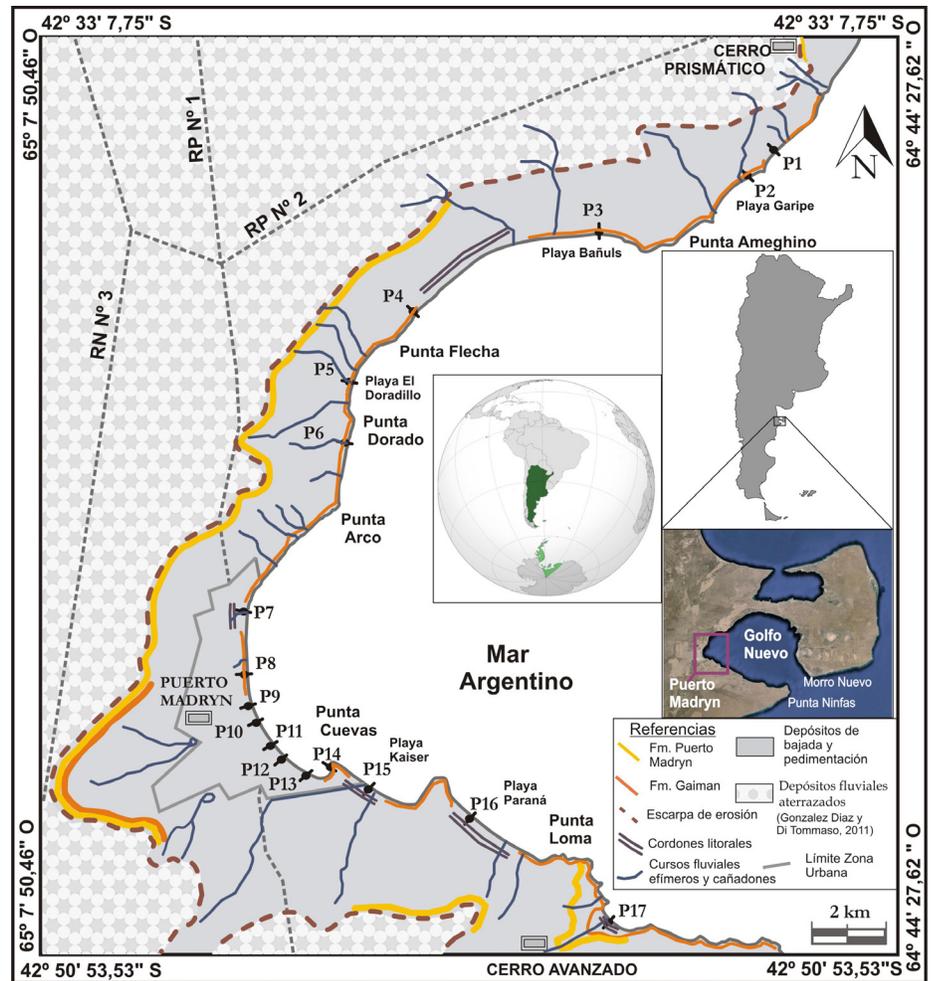


Figura 1: Ubicación de la zona de estudio.

das al ciclo marino Patagoniano o transgresión marina Patagónica del Mioceno temprano (Cuitiño *et al.* 2017) que afloran en el sector septentrional de la Patagonia. En la zona de estudio los afloramientos de la Formación Gaiman se distribuyen a lo largo de la zona costera, principalmente en el sector norte, encontrándose otros afloramientos en el sector continental adyacente al mar (Fig. 1). Se encuentra constituida por sedimentitas y piroclastitas dispuestas en bancos con estratificación de color blanquecino. Cortés (1987) distinguió dos facies: una heterogénea situada en el ambiente mesetiforme, denominada Facies Occidental, y otra con características homogéneas y composición tufítica, denominada Facies Oriental. La Facies Occidental está compuesta por tufitas blanquecinas con material psamítico y pelítico, intercaladas con bancos de calizas y arcilitas bien consolidadas. La Facies Oriental, predominantemente distribuida en la

zona de estudio, se encuentra bien expuesta en las barrancas inmediatamente al oeste de Puerto Madryn. Allí afloran 25 m de tobas de grano muy fino, bien consolidadas, macizas y de color gris amarillento. Presentan moldes mal conservados de gasterópodos y bivalvos, y concreciones de hasta 15 cm de longitud. Microscópicamente presentan textura cristalocástica, con cristaloclastos de tamaño limo-arena fina, contenidos en una matriz vítrea ligeramente alterada a material arcilloso (Haller *et al.* 2005). El contenido paleontológico es abundante aunque disperso. El pobre estado de conservación de los fósiles de invertebrados marinos no permite su completa identificación mientras que sólo los fósiles de vertebrados marinos presentan buena preservación (Cuitiño *et al.* 2017). Las sedimentitas de la Formación Gaiman fueron depositadas en un ambiente marino, costero y sublitoral, que recibió el aporte de elementos piroclásticos finos, re-

sultado de la frecuente actividad volcánica explosiva en la región occidental (Haller *et al.* 2005).

Definida por Haller (1979), la Formación Puerto Madryn (Mioceno tardío) corresponde a las areniscas y pelitas que afloran en las barrancas de los golfos San Matías, San José y Nuevo, y su depositación se asocia a la transgresión marina Entrerriense del Mioceno medio a tardío. Originalmente era considerada como una sola unidad estratigráfica que presentaba una transición facial hacia el techo (Haller 1979) mientras que recientemente Cuitiño *et al.* (2017) han definido cuatro facies relacionadas a distintos paleoambientes depositacionales. En la zona de estudio ha sido reconocida a lo largo de toda la región costera, estableciéndose un espesor de 18 m en las barrancas norte del cerro Avanzado, apoyados sobre la Formación Gaiman. Litológicamente la unidad está conformada por una sucesión horizontal de estratos constituidos predominantemente por areniscas medianas a finas, tobos y pelitas con participación de arcillas expansivas y cemento calcáreo (Scasso y del Río 1987, Monti 1996). Los restos fósiles de invertebrados y vertebrados marinos, vertebrados continentales y palinomorfos son muy abundantes y están bien conservados, a los que se asocian también variadas trazas fósiles (Cuitiño *et al.* 2017). La fauna y litología indican un paleoambiente marino somero, de plataforma y de planicie de marea, que en ocasiones podría quedar expuesto a condiciones subaéreas (Cuitiño *et al.* 2017). Los términos superiores presentan características estuáricas a continentales, con depósitos de lagunas litorales, con abundante yeso (Scasso y del Río 1987, Haller *et al.* 2005).

Cubriendo a las unidades anteriores se hallan los Rodados Patagónicos (Fidalgo y Riggi 1970) de edad Plioceno superior-Pleistoceno inferior, que coronan la superficie mesetiforme más elevada que puede observarse en la región desde la costa hacia el oeste (Haller *et al.* 2005). Estos depósitos están conformados por bancos de conglomerados, de entre 3 y 6 m de espesor, polimícticos con matriz areno-arcillo-limosa, cementados en parte por carbonato. Los clastos están bien redondeados, son predominantemente subesféricos a subelongados y están compuestos por vulcanitas félsicas, andesíticas y basálticas (Haller *et al.* 2005). Según Cortalezzi *et al.* (1965 y 1968), las gravas de los Rodados Pa-

tagónicos se depositaron en un medio ácuo (fluvial). De acuerdo a González Díaz y Di Tommaso (2011), los depósitos de los Rodados Patagónicos se encuentran restringidos a la meseta Montemayor ubicada al sur del Río Chubut, conformando una planicie estructural.

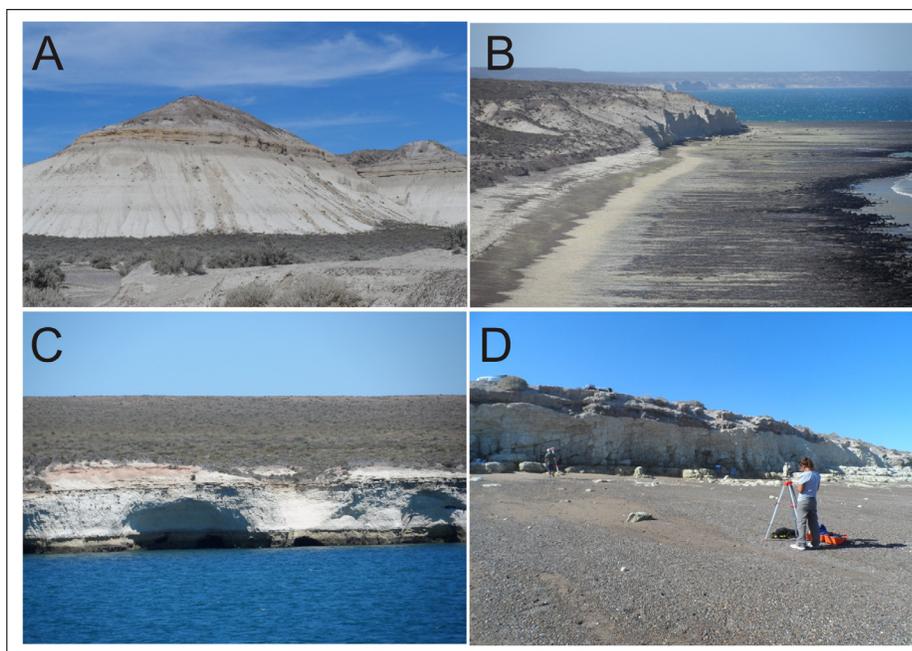
La Formación San Miguel, de edad Holocena (Haller 1979), está constituida por los depósitos de origen marino más modernos, correspondientes a gravas y arenas con abundantes fragmentos de valvas de moluscos ubicados a poca altura por encima de los depósitos de playa actuales. Esta unidad se encuentra topográficamente entre 4 y 6 m por encima de la línea de marea actual más alta. Dentro del golfo Nuevo, constituye fajas angostas de terrazas de acreción marina cercanas a la costa (Fig. 1) (Haller *et al.* 2005).

El golfo Nuevo, así como otros golfos norpatagónicos (golfo San José y San Matías), es considerado como un bajo endorreico cuyo origen resulta de la submergencia, tras el Último Máximo Glacial, de dicha depresión continental preexistente (Mouzo y Garza 1979). De acuerdo a evidencias morfológicas y sedimentológicas, estos autores proponen a la acción eólica, hídrica y a la remoción en masa como los procesos dominantes en la formación de la depresión, cuya aparición sería posterior a la depositación de

los Rodados Patagónicos y su submergencia aún más reciente (posiblemente Holocena). El modelado del golfo por parte de agentes subaéreos y su origen continental (evidenciado, por ejemplo, por la presencia de drenajes semiradiales centrípetos) también ha sido mencionado por otros autores como Palertini y Mouzo (2013) y Violante *et al.* (2014).

### Geomorfología continental

En el área continental, han sido reconocidos niveles de antiguas terrazas aluviales que corresponden a distintas posiciones que ocupaba el río Chubut cuando su curso desembocaba en el golfo San Matías en las cercanías de Puerto Lobos (unos 110 km al norte de Puerto Madryn) (González Díaz y Di Tommaso 2011). Estas terrazas están formadas por sedimentos retrabajados a partir de los Rodados Patagónicos y su altura varía de los 180 a 130 m al oeste de Puerto Madryn (Fig. 1). Según González Díaz y Di Tommaso (2011), las acumulaciones que cubren en discordancia a las sedimentitas miocenas locales corresponden a depósitos de un antiguo abanico aluvial generado por un complejo paleo-drenaje del río Chubut, planteando serias diferencias genéticas y temporales con las acumulaciones consideradas como Rodados Patagónicos. Según



**Figura 2:** Afloramientos de las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn en los acantilados del Golfo Nuevo. A) Cerro Avanzado; b) Cerro Prismático; c) Punta Loma; d) Playa Bañuls.

estos autores, se desarrollaron en la zona de estudio sucesivos niveles de terrazas de distinta cota y edad, correspondientes al nivel superior y nivel medio dejados por la antigua posición del río Chubut (en un esquema de migración del curso de norte a sur). Los autores del presente trabajo consideran a los depósitos mencionados como retrabajo de los rodados patagónicos para la zona de estudio.

Estos niveles de terraza aluvial están disectados hacia el este por una escarpa de erosión fluvial, a los 120 m de altura donde afloran principalmente las sedimentitas correspondientes a la Formación Puerto Madryn. Entre dicha escarpa y la línea de costa los rasgos morfológicos costeros son dominantes.

## METODOLOGÍA

La caracterización sedimentológica de las playas se realizó mediante el análisis granulométrico de los sedimentos superficiales, tomados sobre la traza de 17 perfiles topográficos a lo largo de la zona de estudio (Fig. 1). El muestreo consistió en la obtención de sedimentos superficiales representativos de cada subambiente, de aproximadamente 500 gramos. Las muestras se tomaron de la playa frontal (intermareal alto y bajo), duna costera y playa distal (Cuadro 1).

El procedimiento en el laboratorio consistió en el secado y cuarteo de las muestras hasta la obtención de un peso aproximado de 100 gramos. Los sedimentos fueron tamizados a escala de  $\frac{1}{2}$  phi para aquellas muestras dominadas por arena y a 1 phi para aquellas muestras dominadas por arena y grava, utilizando Ro-Tap durante 15 minutos en un rango de -2 a 4 phi (guija a arena muy fina). Se calcularon los porcentajes en peso de las clases granulométricas para luego realizar los histogramas de frecuencia porcentual y analizar la distribución granulométrica de cada muestra de sedimentos. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Gradistat versión 4.0 (Blott 2000) y se obtuvieron los parámetros de media, moda, selección, asimetría y curtosis, en base al método Folk y Ward (1957), además de los porcentajes de grava, arena y limo de cada muestra y su clasificación.

Para el estudio composicional de los sedimentos de playa, se confeccionaron preparaciones petrográficas y se hicieron cortes delgados de los granos sueltos sobre la

fracción modal (2.5 phi) de 15 muestras en 11 perfiles. Las mismas corresponden al subambiente intermareal alto (11 muestras), duna costera en 2 sitios (Playa Garipe y Punta Este), subambiente de playa distal (1 muestra) e intermareal bajo (1 muestra). Estas dos últimas se tomaron, junto al muestreo del sector intermareal alto, dentro un mismo perfil (Puerto Madryn 6) para analizar la composición en sentido transversal a la línea de costa. Se determinaron las características composicionales, identificando componentes livianos y pesados, y se calculó su porcentaje a través del conteo de aproximadamente 300 individuos por muestra, de modo de ser lo más representativa posible. Finalmente, se realizó un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en la composición de las arenas de playa y la composición petrográfica de los acantilados activos publicada por otros autores (Sato 1981, Castro 1981, Vrba 1985, Scasso y del Río 1987, Marengo 2015) a fin de establecer la principal área de aporte de los depósitos marinos.

## RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados del relevamiento geomorfológico costero, y de los análisis granulométricos y petrográficos de las arenas de playa y duna costera.

### Geomorfología costera

El paisaje costero está dominado por procesos marinos, eólicos, fluviales y de remoción en masa.

Si bien el proceso fluvial ha tenido una acción muy importante en el modelado del paisaje durante el Cuaternario, en la actualidad no hay cursos fluviales capaces de aportar importantes volúmenes de sedimentos al golfo Nuevo, ya que los mismos son de régimen efímero (debido al clima semiárido dominante), de escasa extensión (perfiles longitudinales de hasta 6 km) y presentan valles desproporcionados. El río Chubut, cuyo régimen es alóctono y permanente, desemboca fuera de la bahía, a una distancia de aproximadamente 75 km al sur de Punta Ninfas.

A partir del quiebre de pendiente, dado por la escarpa de erosión fluvial, hacia el este se reconocen distintos niveles de bajada y pedimentos litorales disectados por la acción fluvial conformando cárcavas que drenan hacia

la bahía. Las mismas presentan un diseño dendrítico y perfiles transversales bien profundizados. La erosión hídrica en ambientes áridos (eventos pluviales extraordinarios) es aquí uno de los procesos más significativos, desarrollando cárcavas que alcanzan hasta 10 m de profundidad concentradas mayormente en el sector norte de la ciudad de Puerto Madryn. Debido a la conjunción de dicha erosión hídrica intensa, los procesos de remoción en masa y la acción marina, es que la degradación del terreno y el retroceso de la línea de costa se ven favorecidas.

En las cercanías a la costa y en forma longitudinal, se reconocen niveles de terrazas marinas de acumulación ubicadas a una cota de 4 y 6 m sobre el nivel del mar, compuesta por cordones litorales paralelos a la línea de costa actual. Estas terrazas se distribuyen en forma discontinua a lo largo de la costa, preferentemente en antiguas bahías. El desarrollo de playas está mayormente condicionado a la presencia de bahías. En estos sectores es donde presentan su mayor extensión. En Playa El Doradillo y Puerto Madryn alcanzan entre 300 y 400 m de ancho y están dominadas por arenas finas a medianas. Son playas disipativas con pendientes que no superan los 2°, asociadas a la presencia de duna costera. En Playa El Doradillo, la playa distal alcanza hasta 80 m de ancho mientras que en Puerto Madryn varían entre 10 y 40 m. La presencia de bermas sobre la playa distal ha sido observada en algunas playas como Playa Garipe, El Doradillo o Puerto Madryn, siendo todas ellas de carácter transitorio o estacional. En las playas de Puerto Madryn, dentro del subambiente intermareal, es frecuente la presencia de barras submareales longitudinales y subparalelas a la costa, favoreciendo el desarrollo de un sistema multi-barras. Por otro lado, en sitios dominados por morfologías erosivas (acantilados activos) la playa (enteramente caracterizada por el subambiente de playa frontal) se distingue como una acumulación de sedimentos areno-gravosos en fajas angostas de hasta 30 m de ancho, como por ejemplo, en Playa Bañuls y Playa Manara. En las playas con mayor proporción de gravas (como en Playa Paraná y Cerro Avanzado) las pendientes varían entre 4 y 12° y son frecuentes las morfologías rítmicas (cuspilitos) denotando una característica de playas intermedias, según la clasificación de Masselink y Short (1993).

Las geoformas eólicas están determinadas por cordones de dunas costeras (mayormente desarrolladas en la ciudad de Puerto Madryn y Playa El Doradillo), dunas colgadas sobre los acantilados, rampas eólicas y mantos de arena desarrollados sobre cordones litorales. Los depósitos eólicos se encuentran mayormente degradados y vegetados, por lo que es escasa la presencia de dunas totalmente activas. Sólo se encuentra un campo de dunas colgadas activo en Punta Este, el cual también se encuentra degradado producto de la explotación de arena.

La configuración de la línea de costa actual es irregular, caracterizada por una sucesión de bahías y salientes. En general corresponde a una costa dominada por la erosión, marcada por un extenso desarrollo de acantilados activos de entre 4 y 30 m de altura labrados mayormente sobre la Formación Gaiman. Las rocas sedimentarias de esta unidad suelen estar afectadas por distintos juegos de fracturas en forma discontinua a lo largo de la costa y presentan poca consolidación. En este contexto, la erosión marina y la generación de cavernas en la base de los acantilados se ven favorecidas. Las plataformas de abrasión se encuentran asociadas a los frentes de los acantilados activos y pueden alcanzar anchos de hasta 200 m en sentido perpendicular a la costa. Se distingue además, la presencia de un paleoacantilado ubicado a la altura del Muelle Alte. Storni, altamente influenciado por la remoción en masa y la vegetación.

### Textura de los sedimentos de playa y duna costera

Los resultados de los análisis texturales de los subambientes de playa (intermareal alto, intermareal bajo, playa distal) y duna costera analizados a lo largo de la costa se exponen en el cuadro 2 y se analizan a continuación.

Los sedimentos de las dunas costeras y dunas colgadas analizados presentan distribuciones unimodales y corresponden en su totalidad a arenas finas a medianas, con escaso contenido de grava (<0,5%) y limo (<7%). Sólo las muestras de duna costera (P5, P12 y P13) son muy bien seleccionadas y un 100% de los sedimentos son arenosos. Las muestras de dunas colgadas de los P2, P3, P14 y P15 presentan una selección moderada a buena; mientras que la muestra de las dunas desarrolladas sobre los cordones lito-

**CUADRO 1:** Distribución de las muestras en los perfiles de playa y dunas costeras.

PERFILES		MUESTRAS		
1	Co Prismático		IA	
2	Playa Garipe	DUNA	IA	
3	Playa Bañuls	DUNA	IA	
4	Playa Las Canteras		IA	
5	Playa El Doradillo	DUNA	IA	
6	Playa Manara		IA	
7	Muelle Alte. Storni		IA	IB
8	PtoMadryn 1			
9	PtoMadryn 2		P DISTAL	IA
10	PtoMadryn 3		P DISTAL	IA
11	PtoMadryn 4		P DISTAL	IA
12	PtoMadryn 5	DUNA	P DISTAL	IA
13	PtoMadryn 6	DUNA	P DISTAL	IA
14	Punta Cuevas	DUNA	IA	IB
15	Playa Kaiser	DUNA	IA	IB
16	Playa Paraná		IA	
17	Cerro Avanzado	DUNA	IA	
	Punta Este	DUNA		

Las muestras resaltadas fueron analizadas petrográficamente. IB: Intermareal bajo; IA: Intermareal alto. El P8 no presenta muestra de sedimento debido a la ausencia de playa en este sector.

rales del P17 presenta mayor dispersión (pobre selección) debido a una ligera cantidad de material limoso (7%). Las distribuciones son mayormente simétricas con valores de curtosis variables y una moda promedio en 2,3 phi (arena fina).

Los sedimentos que integran la playa distal son, en su gran mayoría, arenosos con más del 85% de arena fina. Sus distribuciones son unimodales, bien seleccionados, con valores de asimetría y curtosis variables. A diferencia del resto, el P9 muestra un predominio de gravas (61%) asociado a sedimentos pobremente seleccionados y una distribución polimodal.

Los sedimentos correspondientes al sector intermareal alto han presentado dos agrupamientos. Uno de ellos tiene distribuciones unimodales (31%), bien a moderadamente bien seleccionadas, simétricas y leptocúrticas a mesocúrticas, conformadas por arena fina. Estas muestras se concentran en los P5 y P10 a P13. El otro grupo presenta distribuciones bimodales y polimodales (38% y 31% del total restante, respectivamente). Con excepción de la muestra del P4 que presenta distribución bimodal y leptocúrtica y sedimentos totalmente gravosos moderadamente seleccionados, el resto de las muestras con distribución bi y polimodales

**CUADRO 2:** Parámetros estadísticos obtenidos para cada subambiente. Aclaración: Se adjuntan referencias de abreviaturas.

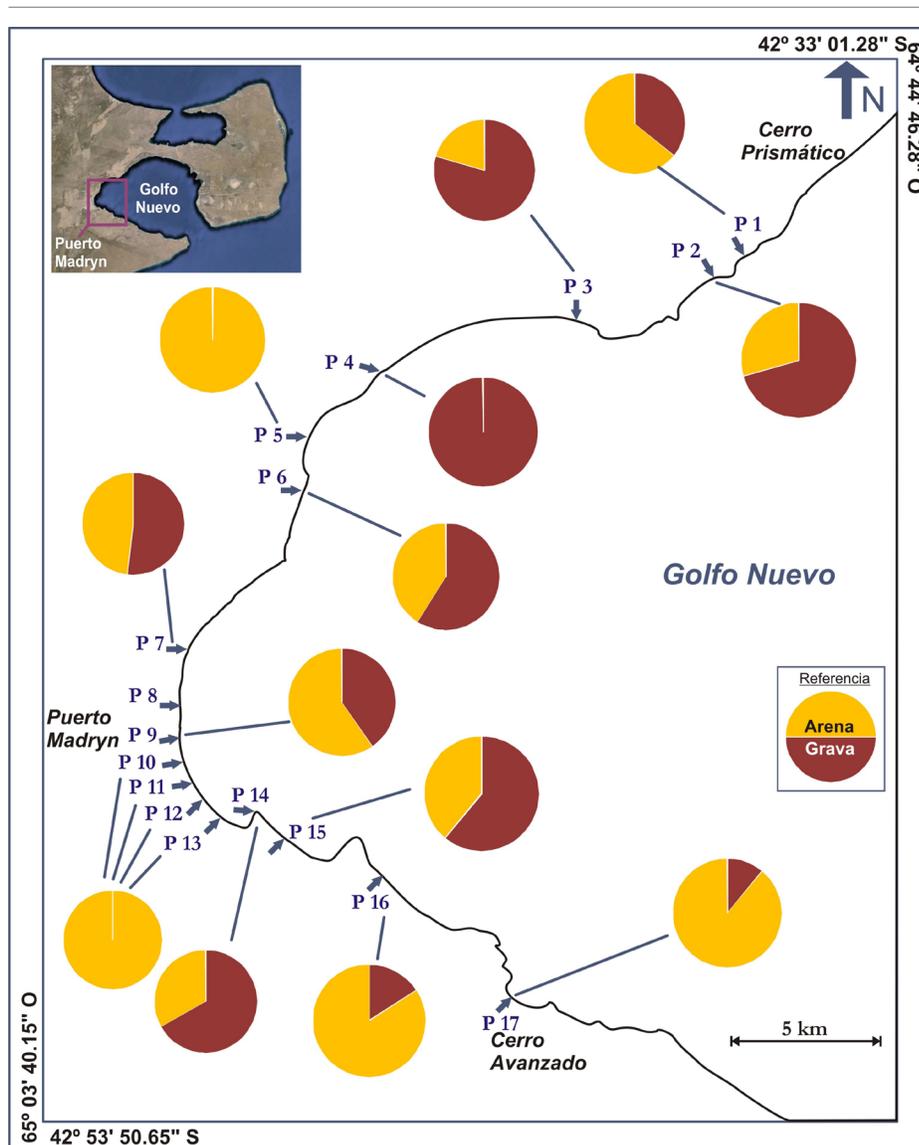
	Perfil	Tipo de Distrib.	Moda 1º (phi)	Media	Selección	Asimetría	Curtosis	Grava	Arena	Limo	Clasif.			
Internareal Alto	1	P	-2,24	0,66	2,04	MPS	-0,5	MN	0,47	MP	35,9	64	0,1	AG
	2	P	-3,24	-1,29	2,37	MPS	0,52	MP	0,68	P	70,5	29,4	0,1	GMF
	3	B	-2,24	-1,75	1,19	PS	0,57	MP	1,92	ML	79,4	20,5	0,1	GMF
	4	B	-1,24	-1,67	0,78	MDS	-0,63	MN	1,16	L	99,8	0,2	0	GMF
	5	U	2,23	2,38	0,46	BS	-0,11	N	0,92	M	0,2	99,7	0,1	AF
	6	B	-2,24	-0,84	1,65	PS	0,64	MP	0,76	P	58,9	41	0,1	GF
	7	B	-2,24	-0,71	1,89	PS	0,84	MP	0,47	MP	51,9	48,1	0	AMG
	9	B	-2,24	0,02	1,88	PS	0,04	S	0,51	MP	40,4	59,5	0,1	AG
	10	U	2,23	2,34	0,38	BS	0,08	S	1,11	L	0	100	0	AF
	11	U	1,74	1,72	0,54	MDBS	-0,08	S	0,99	M	0,9	99	0,1	AM
	12	U	2,23	2,34	0,38	BS	0,08	S	1,21	L	0	99,8	0,2	AF
	13	U	2,73	2,51	0,42	BS	-0,03	S	1,01	M	0,2	99,3	0,6	AF
	14	P	-3,24	-1,59	2,24	MPS	0,72	MP	0,57	MP	61	39	0	GF
	15	P	-3,24	-2,19	2,16	MPS	0,55	MP	0,81	P	66,8	33,1	0,1	GF
	16	P	1,74	0,77	1,34	PS	-0,23	N	1,71	ML	15,9	84,1	0	AG
	17	B	2,33	1,41	1,44	PS	-0,67	MN	1,34	L	11	88,9	0,1	AM
	Internareal Bajo	7	P	2,73	0,11	2,33	MPS	0,11	P	0,59	MP	41,7	58,3	0,1
9		P	2,73	0,82	2,35	MPS	-0,51	MN	0,68	P	32,2	64,7	3,1	AG
10		U	2,73	2,62	0,39	BS	-0,07	S	1,18	L	0	98,8	1,2	AF
11		U	2,73	2,67	0,45	BS	-0,15	N	1,48	L	0,2	99,3	0,5	AF
12		U	2,73	2,81	0,34	MBS	0,11	P	1,34	L	0	98,6	1,4	AF
13		U	2,73	2,59	0,37	BS	-0,04	S	1	MP	0	99,5	0,5	AF
14		P	2,23	0,4	2,06	MPS	-0,46	MN	0,67	P	28,2	71,7	0,1	AG
15		P	0,74	0,31	1,38	PS	-0,07	S	1,19	L	17,4	82,5	0,1	AG
Playa Distal	9	P	-3,24	-1,15	2,25	MPS	0,59	MP	0,53	MP	61,4	38,5	0,1	GMF
	10	U	2,23	2,47	0,34	MBS	0,14	P	0,76	P	0	99,9	0,1	AF
	11	U	2,23	2,28	0,34	MBS	0,07	S	1,39	L	0	100	0	AF
	12	U	2,23	2,01	1,41	PS	-0,58	MN	4,05	ML	13,1	86,9	0	AF
	13	U	2,23	2,32	0,45	BS	0	S	1,1	M	0,5	99,4	0,1	AF
Duna Costera	2	U	2,73	2,58	0,77	MDS	-0,06	S	1,3	L	0	95,5	4,5	AF
	3	U	1,74	1,92	0,55	MDBS	0,09	S	1,1	M	0	99,5	0,5	AM
	5	U	2,73	2,52	0,34	MBS	0	S	0,78	P	0	100	0	AF
	12	U	2,23	2,28	0,34	MBS	0,07	S	1,37	L	0	100	0	AF
	13	U	2,23	2,47	0,33	MBS	0,12	P	0,74	P	0	100	0	AF
	14	U	1,74	1,85	0,41	BS	0,02	S	1,03	M	0,4	99,2	0,3	AM
	15	U	2,23	2,17	0,57	MDBS	-0,14	N	1,3	L	0	99,5	0,5	AF
	17	U	3,23	2,69	1,03	PS	-0,18	N	1,04	M	0,4	92,5	7,1	AF

Selección		Asimetría		Curtosis		Clasificación			
MBS	Muy bien seleccionado	MP	Muy positiva	MP	Muy platicúrtica	GG	Grava gruesa	AG	Arena gruesa
BS	Bien seleccionado	P	Positiva	P	Platicúrtica	GM	Grava mediana	AM	Arena mediana
MDBS	Moderadamente bien seleccionado	S	Simétrica	M	Mesocúrtica	GF	Grava fina	AF	Arena fina
MDS	Moderadamente seleccionado	N	Negativa	L	Leptocúrtica	GMF	Grava muy fina		
PS	Pobrememente seleccionado	MN	Muy negativa	ML	Muy leptocúrtica	AMG	Arena muy gruesa		
MPS	Muy pobrememente seleccionado								

presentan una importante participación tanto de arenas como de gravas. Éstas últimas presentan pobre a muy pobre selección, asimetría variable entre muy positiva y muy negativa y distribución mayormente platicúrtica a muy platicúrtica (P1, P2, P6, P7, P9, P14 y P15) hasta muy leptocúrticas (P3 y P16).

En sentido amplio los sedimentos de los subambientes intermareales altos pueden dividirse entre aquellos con predominio de arena (63%) y aquellos con predominio de gravas (37%). Esta característica puede correlacionarse con una sectorización espacial a lo largo de la costa (Fig. 3), ya que las muestras con sedimentos más gruesos se ubican preferentemente en los perfiles de los extremos norte (P1 a P4) y sur (P14 y P15) mientras que los sedimentos más finos se localizan en los perfiles más internos de la bahía (P9 a P13). Esta tendencia puede observarse también en la figura 4 en la cual la moda se correlaciona directamente con la media sólo en las muestras de los P5 y P10 a P13 donde predominan los sedimentos más finos y con mayor porcentaje de arena. En aquellos perfiles de los extremos norte y sur, la moda y media junto con la selección presentan valores más variables debido a una combinación de sedimentos gravosos y arenosos.

La figura 3 muestra la variación textural a lo largo de la costa en estudio. Teniendo en cuenta las proporciones de los distintos tamaños de grano que componen el subambiente intermareal alto (arena y grava) se pretende visualizar las principales características sedimentológicas de los distintos sectores de la costa. Los perfiles centrales, P7 y P9, presentan una gran participación de gravas que se asocia a la cercanía con cordones litorales y acantilados activos que aportan material grueso. La presencia de sedimentos totalmente arenosos en el subambiente intermareal se relaciona directamente con la presencia de dunas costeras como principal geoforma costera. A su vez, esto puede relacionarse con sectores de menor energía (bahías) donde la acumulación de materiales finos es frecuente, como son Playa El Doradillo (P5) y Bahía Nueva en Puerto Madryn (P10 a P13). Algo similar ocurre en el P17 salvo que, pese a estar en una bahía, posee ligeramente mayor cantidad de gravas por estar asociado a cordones litorales. Los sedimentos que componen el interma-



**Figura 3:** Distribución textural regional del ambiente intermareal alto a lo largo de la costa. Nótese la abundancia de sedimentos arenosos sobre todo en las principales bahías.

real bajo (Cuadro 2) se dividen en dos grupos con características texturales distintas. El primero corresponde a los sedimentos correspondientes a los perfiles de los extremos norte y sur (en este caso, P7, P9 y P14 y P15, respectivamente) y el segundo, a las muestras de los perfiles centrales (P10 a P13). En el primer grupo los sedimentos del subambiente intermareal bajo tienen distribuciones polimodales, son pobre a muy pobremente seleccionados con importante participación tanto de grava como de arena. Estas muestras se clasifican en su totalidad como arena gruesa ligeramente gravosa, con una participación de grava de entre el 17 y el 41%. Las distribuciones son mayormente

platicúrticas mientras que la asimetría resulta un parámetro variable. En el segundo grupo (los perfiles centrales P10 a P13) los sedimentos son de arena fina, bien a muy bien seleccionados con distribuciones unimodales, mayormente leptocúrticas con asimetría variable. Comparando las muestras de los intermareales altos y bajos de los mismos perfiles entre sí se observan similitudes. Ambos subambientes de los perfiles extremos (P7, P9, P14 y P15) presentan sedimentos entre arenas gruesas y gravas finas mientras que en los perfiles centrales (P9 a P10) dominan las arenas finas. Además, en sentido amplio se observa que el subambiente intermareal

bajo de los perfiles de los extremos presentan mayores proporciones de arena que el subambiente intermareal alto de los mismos perfiles, lo cual podría relacionarse con la influencia que presentan las geoformas costeras (acantilados y cordones litorales) sobre este último subambiente. Esta tendencia no se observa en los perfiles centrales donde la granulometría es más homogénea entre subambientes.

**Variaciones texturales de los sedimentos a lo largo del perfil de playa**

Tras realizar el análisis a lo largo de la costa, se llevó adelante una caracterización textural en sentido transversal a la costa en aquellos perfiles donde el muestreo de todos los subambientes fue posible. Dichos perfiles (P9 a P13) comprenden la zona central de estudio y representan el sector urbano de la localidad de Puerto Madryn. Analizando la variación textural a lo largo de todos los perfiles se advierte una ligera tendencia a disminuir el tamaño de grano desde la playa distal hacia la zona de intermareal bajo. Exceptuando el P9, la correlación moda-media es buena en todos los perfiles con sedimentos de arena fina bien seleccionados en todos sus subambientes. Se observa un leve aumento de los valores de selección en la playa distal del P12 lo que se asocia a una pequeña proporción de material grueso (13%). Esta homogeneidad en el tamaño de grano desde las dunas costeras hasta los intermareales (arena fina) también se percibe en el P5 (perfil con duna costera) pese a no tener representados totalmente sus subambientes en el análisis granulométrico. A comparación de los sectores con duna costera, aquellos perfiles con desarrollo de dunas colgadas y acantilados sepultados presentan intermareales más gruesos por lo que a lo largo de sus subambientes la variación textural es más amplia.

Respecto al P9, se observa que pese a que sí existe una disminución del tamaño de grano desde la playa distal hacia el intermareal bajo, ésta variación es desde grava fina a arena gruesa, mientras que en el resto de los perfiles (P10 a P13) dicha variación se mantiene dentro del rango de arena fina. Debido a la gran dispersión de tamaños de grano la correlación moda-media no es buena y la selección es pobre. Esta diferencia textural que se registra en el P9 podría estar asociada a la influencia del muelle Luis Piedrabuena (ubicado a poco menos de 300 m al sur) y a

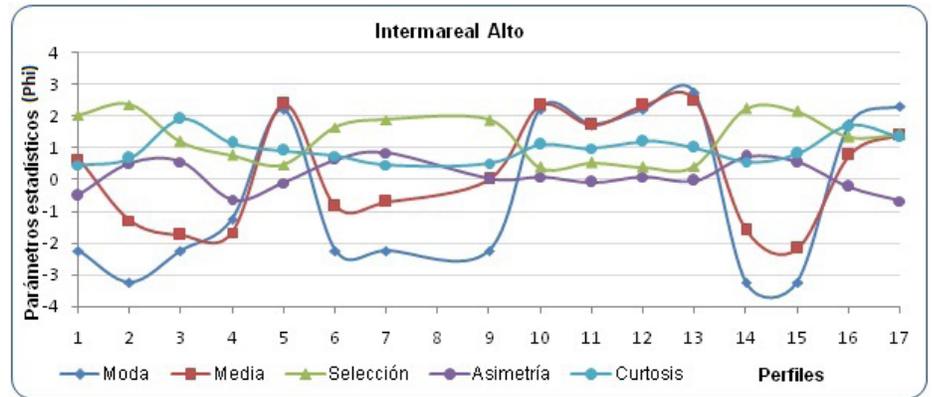


Figura 4: Variación de parámetros estadísticos del subambiente intermareal alto para todos los perfiles muestreados a lo largo de la costa.

la presencia de una desagüe pluvial (ubicado a 50 m al sur), el cual podría facilitar el lavado de los materiales más finos hacia el mar. A su vez, dentro de los perfiles centrales analizados, es aquel que se encuentra cercano al acantilado del sector norte de la ciudad cuya erosión podría aportar sedimentos gruesos a las playas de los alrededores.

Salvo por la simetría de los sedimentos eólicos, dada por la gran capacidad de transporte selectiva del viento, el resto de las arenas estudiadas presentan valores de simetría tan variables que resulta un parámetro poco útil para la discriminación de subambientes litorales. Un caso similar ocurre con el parámetro de curtosis. Incluso, tras analizar diagramas de dispersión bivariantes entre los parámetros estadísticos (asimetría vs media; selección vs asimetría y curtosis vs media) para cada subambiente no se ha obtenido un patrón de distribución definido, entendiendo que variaciones locales (de aporte o transporte) podrían alterar los valores y dificultar la presencia de una tendencia clara a lo largo de la costa.

**Composición de los sedimentos de playa y duna costera**

El análisis petrográfico (Cuadro 3), realizado sobre la fracción 2.5 phi (entre 0.250 y 0.177 mm), permitió reconocer en los subambientes de duna y playa, en sentido amplio y en orden de abundancia, a los fragmentos líticos, cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, alteritas, carbonatos, trizas y fragmentos pumíceos como componentes de la fracción liviana, y a piroxenos, anfíboles, granate, minerales opacos y epidoto como los principales componentes de la

fracción pesada (Fig. 5).

La fracción liviana de los sedimentos de playa y duna costera está integrada por fragmentos líticos (35% - entre volcánicos, 99%, y plutónicos, 1%), cuarzo (23%), plagioclasa (24%), feldespato potásico (6%), carbonatos (1%) y alteritas (5%).

Los fragmentos líticos representan un promedio de 35% del total de la fracción clásica, siendo el componente más abundante y en proporción casi constante a lo largo de la zona de estudio. La mayoría de ellos corresponden específicamente a fragmentos de origen volcánico. Pese a haber sido agrupados bajo una misma categoría a los fines cuantitativos, los fragmentos volcánicos no muestran las mismas características. A grandes rasgos se advierten tres clases de fragmentos líticos volcánicos. En la primera clase, se distinguen fragmentos subredondeados a subangulosos con texturas porfíricas (Fig. 5). En muy pocos casos se han encontrado texturas pilotácicas fluidales. En la segunda clase, se ha reconocido una abundante proporción de fragmentos líticos correspondientes a pastas de grano muy fino de tipo felsítico, donde los cristales de cuarzo y feldespato forman una agregado microcristalino característico (Fig. 5). Éstos son mayormente subredondeados y su abundancia es casi constante a lo largo de todas las muestras. Finalmente, para la tercera clase, se distinguen fragmentos líticos con texturas equigranulares de grano fino los cuales podrían asociarse a rocas hipabisales (posiblemente ácidas a intermedias). Cabe mencionar que se han reconocido además, líticos volcánicos con texturas esferulíticas y algunos con leve grado de deformación

aunque ambos en muy baja proporción. Los fragmentos pumíceos y trizas vítreas son muy escasos o nulos (1% en aquellas muestras donde es visible). El vidrio volcánico alcanza el 10% del total sólo en la muestra de duna costera de playa Garipe. En general, las trizas vítreas se presentan incoloras con formas elongadas entre curvas y angulosas, mientras que los fragmentos pumíceos son de color castaño claro y de bordes ligeramente redondeados. En sentido amplio, los fragmentos reconocidos corresponderían mayormente a rocas volcánicas félsicas e intermedias (riolitas a andesitas) a máficas. Los líticos plutónicos son muy escasos y se reconocen por su textura granosa fina (algunos de ellos con indicios de deformación). Las plagioclasas constituyen un 24% del total de las muestras con una participación homogénea y constante a lo largo de la costa. Está representada por individuos tabulares a equidimensionales y subredondeados

(Fig. 5). Presentan maclas polisintéticas y su grado de alteración es variable entre completamente bien preservados y límpidos hasta moderada e intensamente alterados a sericita o arcillas en menor proporción. La presencia de zonación es escasa. La procedencia de estas plagioclasas es variada entre rocas plutónicas y volcánicas.

La fracción cuarzosa está representada mayormente por cuarzo monocristalino (23%) y en menor medida por cuarzo policristalino (2%). Ambos se presentan en granos equidimensionales subredondeados y en menor medida subangulosos, todos límpidos (Fig. 5). En el cuarzo monocristalino la extinción relámpago es la más frecuente, siendo ocasional la presencia de extinción ondulosa. Son escasos los individuos rodeados por una ligera pátina de material arcilloso o ferruginoso. El cuarzo policristalino es muy poco frecuente y suele presentarse en agregados medianos a finos. Se advierte que, de acuer-

do a las diversas características de los clastos de cuarzo, éstos podrían presentar distinta procedencia. Los clastos más redondeados podrían indicar un aporte sedimentario, mientras que aquellos con extinción ondulosa y bordes angulosos o engolfados un origen volcánico. Además, algunos cuarzoes policristalinos presentan cierta deformidad de sus cristales lo cual podría indicar un origen metamórfico, al igual que aquellos que sólo presentan extinción ondulosa.

El feldespato potásico integra un promedio de 6% del total de las muestras. Está compuesto por granos subredondeados de ortosa con una frecuente alteración a materiales arcillosos que varía de moderada a intensa. Es dificultosa la identificación en aquellos individuos intensamente alterados. Son muy escasos (< 1%) los granos de feldespato con textura gráfica, exsoluciones peritéticas y los correspondientes a microclino. La presencia de estas características permite infe-



**Figura 5:** Microfotografías de secciones delgadas de las arenas del intermareal alto de los perfiles: Muelle Storni (a), El Doradillo (b), Playa Kaiser (c). Se muestran de izquierda a derecha las secciones con nicoles paralelos, con nicoles cruzados y la foto de campo del sitio correspondiente.

**CUADRO 3:** Composición de las arenas.

Perfil Nº	Muestras (IA)	Plagioclasa	Cuarzo (monocristalino)	Cuarzo (policristalino)	Fragmentos Líticos	Feldespato Potásico	Alteritas	Carbonatos	Hornblenda	Clinopiroxenos	Ortopiroxenos	Granate	Minerales Opacos	Trizas Vítreas	Fragmentos Pumíceos	Epidoto	Zoicita	Circón	
5	El Doradillo	22	23	1	42	2	1	1	2	2	<1	1	2			1			
6	Playa Manara	20	22	1	40	6	6	4		1			<1						
7	Muelle Storni	25	22	2	27	7	10	2	<1	2	1	1			<1				
9	Pto Madryn 2	26	22	1	32	6	7	3		2		1			<1				
10	Pto Madryn 3	26	25	2	38	6	3	<1											
11	Pto Madryn 4	26	24	1	35	9	4			<1									
12	Pto Madryn 5	28	26	2	31	6	5	1	1	<1									
13	Pto Madryn 6	28	26	2	28	9	5	<1		<1	<1					<1	<1	<1	
14	Punta Cuevas	18	20	1	26	10	8	2	1	6	2	2	3			1		<1	
15	Playa Kaiser	24	25	2	33	8	4	1	1	1	1	<1				<1			
17	Co Avanzado	25	22	1	39	3	2	3	1	<1		1	1	1		1			
Dunas																			
2	Playa Garipe	20	23	1	34	3	2		<1	1		2	1	2	10	<1			
-	Punta Este	21	23	1	44	4		2	1	2				1		1			
Pto Mad. 6																			
13	Playa Distal	26	28	2	25	7	8	<1	<1	2	<1		<1			<1		<1	
13	Inter. Alto	28	26	2	28	9	5	<1		<1	<1					<1	<1	<1	
13	Inter. Bajo	24	20	2	38	3	6		1	2	1	<1	1	2		<1			

Porcentajes de los minerales observados en cortes delgados en base a 300 individuos contabilizados. Se muestran comparativamente los subambientes de intermareal alto a lo largo de la costa de norte a sur; duna en extremo norte y sur; y subambientes transversales a la costa del Perfil Puerto Madryn 6.

rir un origen plutónico de estos clastos de feldespato.

Las alteritas, formadas por clastos intensamente alterados, presentan granos subredondeados de aspecto terroso de coloración castaña clara a oscura y rojiza. Pese a que son escasos, su presencia no es despreciable, con un promedio del 5 %.

Los fragmentos carbonáticos constituyen apenas el 1% de las muestras en aquellas donde están presentes. Se estima que corresponden mayormente a fragmentos de conchillas u organismos calcáreos. En general, suelen presentar color rosado claro y bordes

irregulares que pueden ser totalmente redondeados o angulosos.

La fracción pesada de las arenas de playa y dunas costeras es minoritaria (< 5%) y se compone de piroxenos (1-2%) y anfíboles, granate, minerales opacos, epidoto, zoicita y circón (en escasa proporción, menos del 1%). Los piroxenos son los componentes más representativos de la fracción pesada pese a que sólo alcanzan un promedio de entre 1 y 2% del total de la muestra. Están compuestos por clinopiroxenos y ortopiroxenos. Los primeros están representados por augita con tendencia a formas prismáticas a equi-

dimensionales y bordes subredondeados. Presentan un color verde pálido a incoloro, con birrefringencia moderada. La presencia de ortopiroxenos es muy escasa a nula.

La presencia de anfíboles es prácticamente despreciable siendo < 1% en aquellas muestras donde están presentes. Están representados por hornblenda en su variedad castaña a verdosa constituyendo individuos de hábito prismático y aspecto fresco. La lamprobolita, por ejemplo, fue identificada en granos elongados y redondeados de color castaño oscuro a rojizo intenso y con marcado pleocroísmo en al menos una muestra.

El resto de los minerales pesados conforman una fracción mínima de las muestras (< 1% en promedio) y están representados por escasos individuos de granate, minerales opacos, epidoto, zoicita y circón. El granate presenta granos equidimensionales de incoloros a rosado claro. Los granos de epidoto son pequeños y presentan color verde claro a amarillento. Las reducidas cantidades de minerales como granate y epidoto sugieren un escaso aporte de rocas metamórficas. Los minerales opacos son aislados con granos subredondeados y equidimensionales, y muchos de ellos se concentran dentro de los clastos de rocas volcánicas (por lo que no fueron contabilizados como clastos individuales en este caso). Su composición no fue determinada para este trabajo. Tanto la zoicita como el circón también fueron identificados en muy bajas proporciones, ambos con granos pequeños y equidimensionales.

#### **Variación espacial de la composición mineralógica de los sedimentos de playa y duna costera**

Analizando el cuadro 3 se puede ver que la composición de las arenas de los subambientes intermareales altos de los perfiles seleccionados es homogénea a lo largo de la costa y con pocas variaciones de un perfil a otro. La proporción de los componentes principales se mantiene prácticamente constante, con algunas ligeras variaciones en los componentes minoritarios o accesorios. Sólo se destaca un leve aumento de los minerales pesados (como piroxenos, opacos y granate) en la muestra correspondiente al perfil Punta Cuevas (P14). Esta pequeña diferencia podría deberse a que el subambiente intermareal alto está muy expuesto a un sector predominantemente erosivo al pie de un acantilado activo, lo cual podría favorecer la acumulación de materiales provenientes del desgaste del mismo.

La composición de los sedimentos de las dunas costeras es, a grandes rasgos, similar entre sí. Sin embargo, las arenas de Playa Garipe (P2) poseen mayor proporción de fragmentos pumíceos mientras que las arenas de Punta Este poseen ligeramente mayor proporción de fragmentos líticos. Esta diferencia podría deberse a una variación en la composición de las áreas de aporte, aunque para arribar a una conclusión certera es necesario realizar un estudio más detallado sobre la composición de las dunas costeras

en la zona.

Las muestras de playa analizadas del perfil Puerto Madryn 6 (P13), tienen variaciones composicionales importantes entre sus subambientes. Se advierte un aumento de fragmentos líticos hacia el sector intermareal bajo con una disminución de la proporción de cuarzo sobre la plagioclasa.

#### **DISCUSIÓN**

El análisis textural indica que los sedimentos que componen las playas muestran menor grado de selección hacia los extremos norte y sur mientras que los sedimentos de la bahía central (bahía Nueva) presentan mejor selección. Esta variación puede asociarse a que los materiales que conforman las playas no sólo provienen de la erosión de los acantilados activos sino que están íntimamente relacionados con las geoformas costeras que se desarrollan en cada perfil. En este sentido, se asocian playas más arenosas a sectores con desarrollo de duna costera, mientras que playas mixtas (arena y grava) se asocian a sectores con predominio de acantilados activos y cordones litorales. Según un estudio similar en costas patagónicas (Etchichury y Remiro 1979), estas diferencias granulométricas se asocian a las irregularidades de la costa y a la incidencia que tienen sobre ésta los distintos agentes de sedimentación (marino, eólico, etc.).

Pese a las variaciones texturales, los sedimentos no presentan mayores diferencias composicionales a lo largo de la costa en la fracción estudiada. Las proporciones de cuarzo, plagioclasa y fragmentos líticos son prácticamente constantes a lo largo de todos los perfiles analizados, observándose alguna pequeña diferencia en componentes minoritarios. Esta constancia en la composición permite interpretar que la principal fuente de aporte de los sedimentos costeros es local, sin alimentación alóctona (al menos en el ámbito del golfo Nuevo). Las geoformas costeras (dunas costeras, cordones litorales, plataformas de abrasión, acantilados activos) influenciadas por los procesos de erosión y sedimentación constituyen áreas de aporte directas de los sedimentos de playa. Los cursos fluviales que surcan el área de estudio son efímeros, de corta extensión y su aporte se restringe a la erosión de las sedimentitas terciarias sobre las que escurren, sólo en períodos de precipitaciones. Se esta-

blece, por otro lado, que no existe aporte de materiales por deriva litoral dentro del golfo (ya que no hay evidencias de ello) ni cursos fluviales alóctonos que alimenten el sistema costero, desarrollándose un transporte de sedimentos *onshore-offshore*.

Para constatar esta hipótesis se llevó adelante un estudio comparativo entre la petrografía de los sedimentos actuales y aquella descrita previamente en los acantilados por distintos autores. Uno de los estudios más completos es el de Castro (1981) sobre los afloramientos de la Formación Puerto Madryn en península de Valdés. En su trabajo, las muestras presentan hasta 95% de arena aunque algunas alcanzan hasta un 20% de limo, correspondiendo mayormente a areniscas volcánicas de grano fino a medio. La fracción liviana alcanza hasta el 98% de abundancia siendo minoritarios la fracción pesada y los minerales magnéticos. Analizando numerosas muestras se describe en promedio una abundancia de plagioclasa del 35%, fragmentos líticos del 30% (mayormente de origen volcánico), cuarzo del 20% y feldespato potásico del 5%. Las asociaciones mineralógicas sugieren una procedencia de rocas volcánicas y en menor proporción de rocas metamórficas, sedimentarias y plutónicas (Castro 1981). Según un estudio de Sato (1981) sobre las sedimentitas de la Formación Puerto Madryn, domina la presencia de areniscas tobáceas con un contenido de material arenoso que varía entre el 50 y 70%, con predominio de arena fina a mediana (135 a 260 micrones). En general, se registra una proporción de minerales livianos de hasta 96% y de minerales pesados de menos 5% en promedio. La presencia de plagioclasa y fragmentos líticos (30%) dominan en promedio por sobre los demás componentes como cuarzo (15%) y feldespato potásico (10%) (Sato 1981). Otro aporte (Vrba 1985) muestra areniscas líticas compuestas principalmente por arenas medianas (0,27 mm) en un 90% y con abundancia de minerales mayoritarios muy similares. Según resultados de Scasso y del Río (1987) sobre la petrografía de las sedimentitas Miocenas aflorantes en la zona (Formaciones Gaiman y Puerto Madryn) la composición promedio de los componentes dominantes es: plagioclasa (29%), fragmentos líticos (27%), vidrio (27%) y cuarzo (12%), destacándose una importante cantidad de vidrio y la inmadurez mine-

ralógica de los sedimentos. Las facies más arenosas descriptas alcanzan entre 41 y 85% de arena, mientras que en las facies más finas domina la fracción arcillosa hasta un 55%. En su trabajo, estos autores postulan un origen volcánico como fuente de aporte principal a la formación de la secuencia sedimentaria, un aporte piroclástico directo y otro por erosión de volcanitas y piroclastitas previas de naturaleza variada entre mesosilícicas a básicas, con escaso aporte de rocas metamórficas y plutónicas (Scasso y del Río 1987). Cabe mencionar que, pese a que las arenas de playa analizadas son consideradas sedimentos mineralógicamente muy inmaduros (Etchichury y Remiro 1979), presentan ligeramente mayor madurez mineralógica en comparación con las sedimentitas descriptas por Sato (1981) y por Scasso y del Río (1987) debido al aumento de cuarzo (de 15% y 12% respectivamente, a 23%) y a la disminución notable del vidrio. Esta relación se debe a que las arenas de playa poseen un retrabajo por oleaje que permite la destrucción de materiales lábiles como el vidrio y el aumento relativo de cuarzo. Más recientemente se destaca la contribución de Marengo (2015) quien realizó análisis petrográficos de tres perfiles (dos en Península Valdés y uno en Playa El Doradillo) y determinó que el material clástico de las sedimentitas Miocenas fue mayormente aportado por actividad volcánica y sedimentación con poco aporte de origen plutónico y metamórfico.

La comparación entre los análisis petrográficos realizados en este trabajo sobre las arenas de playa actuales y aquellos presentados por Castro (1981), Vrba (1985), Sato (1981), Scasso y del Río (1987) y Marengo (2015) sobre los afloramientos terciarios que rodean al golfo Nuevo permite establecer una relación directa entre ellos. La cantidad de arena de los afloramientos descrita por dichos autores, principalmente sobre la Formación Puerto Madryn (que en promedio alcanza entre un 40 y 70%) resulta una fuente de material directa al sistema costero, mientras que la composición petrográfica y la abundancia de los componentes mayoritarios (livianos) es equivalente a los descriptos en las muestras analizadas en el presente trabajo. Esto denota que más allá de la naturaleza original de los materiales, el área de proveniencia más importante de los sedimentos actuales de las playas lo constituyen los

acantilados labrados sobre las Formaciones Puerto Madryn y Gaiman que dominan el paisaje costero a lo largo de la zona de estudio y todo el golfo Nuevo (Fig. 2). Sin embargo, es sabido que no sólo las rocas fuente controlan la composición de los sedimentos. Por lo que debe considerarse también, como parte de esta discusión, que el clima (árido en esta región) y el tiempo de retrabajo (corto debido a la joven edad del golfo Nuevo) son dos factores importantes.

Por otro lado, en comparación con las arenas del litoral bonaerense, los sedimentos de la costa norpatagónica estudiada son gruesos y pobremente seleccionados, pero según Etchichury y Remiro (1979) y Etchichury y Tófaló (1996) resultan más finos que los del sur (Santa Cruz y Tierra del Fuego). Es decir que, por sus caracteres texturales los sedimentos de este tramo representan una zona de transición entre aquellos de la porción austral de Santa Cruz y los de la costa bonaerense (Etchichury y Remiro 1979). Además, estos autores encuentran los sedimentos de las playas norpatagónicas mineralógicamente inmaduros, lo cual se acentúa desde Bahía Blanca hacia el sur, mientras que sin embargo, sí presentan madurez textural (Etchichury y Remiro 1979). De acuerdo a los trabajos en la costa de Buenos Aires de Marcomini (2002), López (2010) y Buniconro (2012), entre muchos otros, las arenas de dichas playas presentan cantidades más altas de feldespato potásico en relación a la plagioclasa, valores similares de cuarzo y menor cantidad de fragmentos líticos. Se observa, entonces, que existe un aumento progresivo de componentes líticos, especialmente volcánicos, desde el litoral bonaerense hacia el sur, en tanto que el cuarzo y el feldespato alcalino se reducen débilmente en igual sentido (Etchichury y Remiro 1979 y Etchichury y Tófaló 1996).

En sentido regional, Potter (1994) determinó una asociación composicional para las arenas de playas y ríos de Argentina con una relación promedio de cuarzo-feldespato-fragmentos líticos de 26:18:56, con una dominancia clara de fragmentos líticos volcánicos, provenientes de la Cordillera de los Andes. Esta contrariedad de hallar una asociación composicional de margen activo en las arenas del margen pasivo del litoral argentino fue también analizada por Etchichury y Tófaló (1996), entendiendo que factores como la geografía de Sudamérica,

las direcciones de drenaje y vientos, el clima y los relictos del paisaje Pleistoceno podrían ser la causa de esta diferencia. Más recientemente, Etchichury y Tófaló (2004) establecieron para el sector austral de la cuenca Chacoparanense dos asociaciones mineralógicas que permiten sectorizar dos regiones definidas en base a su composición y área de aporte dominante. La metodología específica considerada por estas autoras podría aplicarse en futuros estudios para la sectorización regional de los sedimentos litorales patagónicos analizados en este trabajo.

## CONCLUSIONES

El relevamiento y análisis de las muestras de sedimentos de playas distribuidos en 17 perfiles transversales a la línea de costa, en la región occidental del golfo Nuevo (Chubut), permitió caracterizar en detalle la textura y composición de los materiales que los componen.

Los sedimentos del subambiente intermareal alto son los que muestran menor selección con texturas variables (arena: 62% y grava: 38%). Los intermareales bajos presentan sedimentos mejor seleccionados y mayormente arenosos. Las playas distales (sólo presentes en los perfiles centrales del área de estudio P9 a P13) presentan menor variación textural y dominancia de arena por encima del 90%. Los sedimentos que componen las dunas costeras son homogéneos, mayormente constituidos por arena fina bien seleccionada.

A diferencia de la textura, la composición de las muestras analizadas no muestra grandes variaciones, con una dominancia notable de la fracción liviana (95%) por sobre la fracción pesada (5%). Los sedimentos están caracterizados mayormente y en promedio por fragmentos líticos (35%), plagioclasa (24%), cuarzo (23%), y feldespato potásico (6%) siendo el resto de sus componentes minoritarios.

Tras el análisis se puede observar que las mayores variaciones son texturales y no composicionales y que debido a la falta de aporte de materiales alóctonos al sistema costero (ausencia de deriva litoral y cursos fluviales de alimentación alóctona) la principal fuente de aporte de material a las playas es local y reside mayormente en la erosión de las geoformas costeras dentro del golfo. Por ello, y luego de la comparación entre la

composición y abundancia de los materiales que componen los afloramientos terciarios de la zona y los sedimentos de playa estudiados, se establece que la principal fuente de aporte de dichos materiales en tránsito corresponde a la erosión de los acantilados que rodean todo el golfo Nuevo correspondientes a las Formaciones Gaiman y Puerto Madryn. La erosión de estas geoformas estaría aportando en promedio entre un 40 y un 70% de material arenoso (arena mediana a fina) que en algunos casos podría alcanzar el 90% (de acuerdo con estudios petrográficos de distintos autores). En menor proporción, pero no menos importante, el transporte de arena también está asociado al desarrollo de las dunas costeras, mientras que el material más grueso (gravas y arenas gruesas) podría provenir de la erosión hídrica de los cordones litorales, depósitos de bajadas y terrazas fluviales presentes en las cercanías del área costera. La proveniencia local de sedimentos y el análisis hidrodinámico de los mismos dentro del golfo, permite establecer un sistema de transporte *onshore-offshore* de los materiales en tránsito, además de un sistema de corrientes locales desde los cabos (erosión) hacia las bahías (acumulación). Se considera entonces, que este estudio constituye un aporte sustancial para profundizar los conocimientos sedimentológicos de la zona y sienta un antecedente preciso para futuras investigaciones sobre sedimentos actuales en zonas costeras de Argentina.

## AGRADECIMIENTOS

La presente contribución fue financiada a través de los subsidios otorgados por la Universidad de Buenos Aires. Se agradece a los evaluadores, Dra. Rita Tófaló y Dr. Jose Cuitiño, por sus valiosas observaciones y sugerencias que contribuyeron a mejorar este trabajo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Alsharhan, A. y El-Sammak, A. 2004. Grain-size analysis and characterization of sedimentary environments of The United Arab Emirates coastal area. *Journal of Coastal Research* 20: 464-477.
- Bird, E. 2000. *Coastal Geomorphology: an introduction*. John Wiley & Sons, 322 p., Oxford.
- Blanco, B. 2012. Geomorfología costera y evolución de la Isla Jabalí y alrededores. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 162 p., Buenos Aires.
- Blott, S. 2000. GRADISTAT version 4.0. A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments by sieving or laser granulometer. Surfer processes and modern environments research group. University of London.
- Bunicontro, M.P. 2012. Geología, dinámica costera y ordenamiento territorial en Santa Clara del Mar, municipio de Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 158 p., Buenos Aires.
- Carranza-Edwards, A. 2001. Grain size and sorting in modern beach sands. *Journal of Coastal Research* 17: 38-52.
- Carranza-Edwards, A., Kasper-Zubillaga, J.J., Rosales-Hoz, L., Morales-de la Garza, E.A. y Lozano-Santa Cruz, R. 2009. Beach sand composition and provenance in a sector of the southwestern Mexican Pacific. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26: 433-447.
- Castro, L. 1981. Estudio sedimentológico de las psamitas, pelitas y calizas de la Formación Puerto Madryn correspondiente a las localidades de Puerto Pirámides y Punta Delgada, Península Valdés, provincia de Chubut. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 135 p., Buenos Aires.
- Cortelezzi, C., De Salvo, O. y De Francesco, F. 1965. Estudio de las gravas tehuelches de la región comprendida entre el río Colorado y el Río Negro, desde la costa de la provincia de Buenos Aires hasta Choele Choel. *Acta Geológica Lilloana* 6: 65-85, San Miguel de Tucumán.
- Cortelezzi, C., De Salvo, O. y De Francesco, F. 1968. Estudio de las gravas tehuelches de la región comprendida entre el río Colorado y el Río Negro, desde la costa atlántica hasta la cordillera. 3º Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 3: 123-145, Buenos Aires.
- Cortés, J.M. 1987. Descripción geológica de la Hoja 42h, Puerto Lobos, provincia de Chubut. Dirección Nacional de Minería y Geología. Boletín 97, 68 p. Buenos Aires.
- Cuitiño, J.I., Dozo, M.T., del Río, C.J., Buono, M.R., Palazzesi, L., Fuentes, S. y Scasso, R.A., 2017. Miocene marine transgressions: paleoenvironments and paleobiodiversity. En: Bouza, P.J. y Bilmes, A. (eds.), *Late Cenozoic of Península de Valdés, Patagonia Argentina: an interdisciplinary approach*. Springer Earth Systems Series, p. 47-84.
- Davis, R. 1989. Texture, composition and provenance of beach sands, Victoria, Australia. *Journal of Coastal Research* 5: 37-47.
- del Río, C. 1988. Bioestratigrafía y cronoestratigrafía de la Formación Puerto Madryn (Mioceno medio) – provincia de Chubut – Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 40: 231-254, Buenos Aires.
- Etchichury, M.C. y Remiro, J.R. 1979. Sedimentos de playa de la zona comprendida entre Balneario El Cóndor (provincia de Río Negro) y Puerto Madryn (provincia de Chubut). VI Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 281-302, Bahía Blanca.
- Etchichury M. C. y Tófaló, O. R. 1996. Un margen pasivo con mineralogía contradictoria: litoral argentino. 6º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 49-54, San Juan.
- Etchichury M. C. y Tófaló O. R. 2004. Mineralogía de arenas y limos en suelos, sedimentos fluviales y eólicos actuales del sector austral de la cuenca Chacoparanense. Regionalización y áreas de aporte. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 317-329.
- Fidalgo, F. y Riggi, J. 1970. Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los Rodados Patagónicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 430-443.
- Folk, R. y Ward, W. 1957. Brazos river bar: a study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 25: 297-301.
- Gelós, E., Spagnuolo, J. y Schillizzi, R. 1990. Caracteres texturales y mineralógicos de sedimentos de playa de la costa norte del golfo San Matías. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología* 21: 41-52.
- Gelós, E., Spagnuolo, J., Schillizzi, R. y Gómez, E. 1994. Mineralogía de los sedimentos de playa entre San Antonio Oeste (Río Negro) y Puerto Lobos (Chubut). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49: 85-92.
- González Díaz, E. y Di Tommaso, I. 2011. Evolución geomorfológica y cronología relativa de los niveles aterrazados del área adyacente a la desembocadura del río Chubut al Atlántico (Provincia del Chubut). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68: 507-525.
- Haller, M. 1979. Estratigrafía de la región al poniente de Puerto Madryn, provincia del Chubut, República Argentina. 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 285-297, Buenos Aires.
- Haller, M. y Mendía, J. 1980. Las sedimentitas del ciclo Patagoniano en el litoral atlántico norpatagónico. Coloquio "R. Wichmann". 8º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 593-606,

- San Luis.
- Haller, M.J., Meister, C., Monti, A.J. y Weiler, N. 2005. Hoja Geológica 4366-II, Puerto Madryn, provincia del Chubut. Dirección Nacional del Servicio Geológico, 39 p., Buenos Aires.
- Isla, F.I. y Bértola, G. 2003. Morfodinámica de las playas meso y micromareales entre Bahía Blanca y Río Negro. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 10: 65-74.
- Isla, F. y Cortizo, L. 2014. Sediment input from fluvial sources and cliff erosion to the continental shelf of Argentina. *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 14: 541-552.
- Isla, F.I., Farenga, M.O., Cortizo, L.C., Bertola, G.R. y Serra, S.B. 1997. Dinámica morfosedimentaria de playas de arena y grava: Mar del Sur, Arenas Verdes y Costa Bonita. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 4: 15-24.
- Isla, F., Iantanos, N. y Estrada, E. 2002. Playas reflectivas y disipativas macromareales del Golfo San Jorge, Chubut. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología* 9: 155-164.
- Isla, F., Spagnuolo, J. y Gelós, E. 2000. Sedimentología y mineralogía de playas de Tierra del Fuego y Sector Antártico Argentino (Arco de Scotia e islas asociadas). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55: 216-228.
- Krepper, C. y Rivas, A. 1979. Dinámica de las aguas costeras en Golfo Nuevo. Medición de corrientes en superficies derivantes. *Acta Oceanográfica Argentina* 2: 83-106.
- Labraga, J.C. y De Davies, E.C. 2013. Datos de la estación meteorológica del Centro Nacional Patagónico (CONICET), Puerto Madryn (42°46'S; 65°02'W), Chubut, Argentina. <http://200.9.244.24/fisicambien/climaPM.htm> (último acceso agosto 2016).
- López, R. 2010. Geología y dinámica costera del Cabo San Antonio, provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral., Universidad de Buenos Aires (inédita), 368 p. Buenos Aires.
- Manograsso, T. 2008. Caracterización geológico-ambiental y manejo costero del sector comprendido entre las localidades de Claromecó y Reta. Trabajo Final de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires (inédito), 158 p., Buenos Aires.
- Marcomini, S. 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 (inédita), 360 p., Buenos Aires.
- Marengo, H. 2006. Micropaleontología y estratigrafía del mioceno marino de la Argentina: las transgresiones de Laguna Paiva y del "Entre-riense-Paranense". Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédita), 123 p., Buenos Aires.
- Marengo, H. 2015. Neogene micropaleontology and stratigraphy of Argentina. The Chaco-Paranaense Basin and the Península de Valdés. Springer Briefs in Earth Systems Series, 218 p., New York.
- Martínez, F.R. 2015. Geología, dinámica y ordenamiento territorial del sector comprendido entre las localidades de Las Grutas y Piedras Coloradas, departamento de San Antonio, provincia de Río Negro. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 153 p., Buenos Aires.
- Masselink, G. y Short, A.D. 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual model. *Journal of Coastal Research* 9: 785-800.
- Mazio, C., Dragani, W., Caviglia, F. y Pousa, J. 2004. Tidal hydrodynamics in Golfo Nuevo, Argentina and the adjacent continental shelf. *Journal of Coastal Research* 20: 1000-1011.
- McLean, R. y Kirk, R. 1969. Relationship between grain-size, size-sorting and foreshore slope on mixed sand-shingle beaches. New Zealand. *Journal of Geology and Geophysics* 12: 138-155.
- Mendía, J. y Bayarsky, A. 1981. Estratigrafía del Terciario del Valle Inferior del río Chubut. 8º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 593-603, San Luis.
- Monti, A. 1996. Características geológicas, zonificación y usos de la costa en la ciudad de Puerto Madryn, Chubut. *Revista de la Asociación Argentina Aplicada a la Ingeniería* 10: 199-212.
- Monti, A. y Bayarsky, A. 1996. Tendencias generales del transporte de sedimentos en la playa de Puerto Madryn, Chubut. 6º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas: 225-230, Bahía Blanca.
- Mouzo, F. y Garza, M. 1979. Rasgos de la geología submarina del Golfo Nuevo (provincia del Chubut). 6º Congreso Geológico Argentino, Actas: 413-430, Buenos Aires.
- Nordstrom, K.F. 1977. The use of grain size statistics to distinguish between high- and moderate energy beach environments. *Journal of Sedimentary Petrology* 47: 1287-1294.
- Paterlini, C. y Mouzo, F. 2013. Exploración sísmica del Golfo Norpatagónico San José, Plataforma Continental Argentina, provincia de Chubut. *Geoacta* 38: 81-94.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. y Siever, R. 1987. Sand and Sandstone. Springer, 553 p., New York
- Pirraglia, L. 2015. Geomorfología costera e impacto ambiental del sector comprendido entre San Antonio Oeste y Los Álamos, provincia de Río Negro. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 140 p., Buenos Aires.
- Potter, P. 1994. Modern sands of South America: composition, provenance and global significance. *Geologische Rundschau* 83: 212-232.
- Pyökäri, M. 1999. Beach sediments of Crete: texture, composition, roundness, source and transport. *Journal of Coastal Research* 15: 537-553.
- Rivas, A. y Beier, E. 1990. Temperature and salinity fields in the Northpatagonic Gulfs. *Acta Oceanográfica Argentina* 13: 15-20.
- San Martín, L. 2012. Geomorfología, morfodinámica, impactos antrópicos y vulnerabilidad a la erosión del sector costero entre las localidades de Mar Chiquita y Mar de Cobo. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 278 p., Buenos Aires.
- Sato, A. 1981. Estudio sedimentológico de cuatro perfiles realizados en sedimentitas terciarias del ámbito de la Península Valdés. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 144 p., Buenos Aires.
- Scasso R. y del Río, C. 1987. Ambiente de sedimentación, estratigrafía y proveniencia de la secuencia marina el Terciario Superior de la región de la Península Valdés, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 42: 291-321.
- Servicio de Hidrografía Naval, 2016. Tablas de Mareas de Puerto Madryn. [http://www.hidro.gob.ar/oceanografia/Tmareas/Form\\_Tmareas.asp](http://www.hidro.gob.ar/oceanografia/Tmareas/Form_Tmareas.asp) (último acceso agosto de 2016).
- Sitjá y Balbastro, J.M. 2011. Geomorfología actual y evolutiva de la cuenca baja del Riachuelo y zona costera. Ciudad Autónoma y provincia de Buenos Aires, República Argentina. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 120 p., Buenos Aires.
- Spalletti, L.A. y Mazzoni, M.M. 1979. Caracteres granulométricos de arenas de playa frontal, distal y médanos del litoral Atlántico bonaerense. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 34 (1): 12-30.
- Spiegelman, A. y Busteros, A. 1978. Caracterización litoestratigráfica de las sedimentitas terciarias en las localidades de Barrancas Blancas (Puerto Madryn), Bahía Craker e Isla Escondida (Punta Lobos), Provincia del Chubut, República Argentina. 7º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 659-671, Neuquén.
- Spinoglio, B. 2010. Geomorfología costera e impacto ambiental del sector comprendido entre Quequén y el balneario Los Ángeles. Trabajo

- Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 196 p., Buenos Aires.
- Teruggi, M. 1959. Las arenas de la costa de la provincia de Buenos Aires entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca. Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigación Tecnológica. Serie 2(77): 1 -37, La Plata.
- Teruggi, M. 1964. Las arenas de la costa de la provincia de Buenos Aires, entre Bahía Blanca y Río Negro. Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigación Tecnológica, Serie 2 (81): 1-38, La Plata.
- Violante, R., Costa, I., Cavallotto, J., Paterlini, C., Marcolini, S. y Bozzano, G. 2014. Rasgos morfosedimentarios, procesos y evolución de la plataforma continental argentina desde el Último Máximo Glacial. Revista de la Asociación Geológica Argentina 71: 292-310.
- Vrba, A. 1985. Descripción geológica del terciario en los alrededores de Trelew, provincia de Chubut. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 82 p., Buenos Aires.

Recibido: 5 de julio de 2016

Aceptado: 8 de septiembre de 2016