

# RETROCESO DE LA LÍNEA DE COSTA EN LAS GRUTAS, PROVINCIA DE RÍO NEGRO

Roberto R. KOKOT<sup>1,2,3</sup>, Florencia CHOMNALEZ<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Geológicas, FCE y N, UBA. E-mail: rkokot@gl.fcen.uba.ar

<sup>2</sup> IGEBA - CONICET.

<sup>3</sup> Facultad de Filosofía y Letras, UBA

<sup>4</sup> Instituto Geográfico Nacional

## RESUMEN

La localidad de Las Grutas, ubicada en la provincia de Río Negro, presenta una costa acantilada con una extensa plataforma litoral. Estas geoformas están constituidas por sedimentitas paleógenas correspondientes a la Formación Gran Bajo del Gualicho. Sobre las mismas se apoyan en discordancia erosiva depósitos de cordones litorales pleistocenos y la secuencia culmina con depósitos de dunas holocenos.

Mediante la comparación de fotografías aéreas e imágenes satelitales, se determinó el grado de erosión entre los años 1969 y 2008. El retroceso fue estudiado a través de la comparación de fotografías aéreas e imágenes satelitales georreferenciadas. Los resultados muestran una tendencia a la reducción de los campos de dunas, al retroceso de las plataformas litorales y de la línea de costa. Esta última presenta una tasa de erosión media de 1,50 m en el lapso de 39 años. Sin embargo, los sectores céntricos y septentrionales fueron más afectados alcanzando hasta 3 m de retroceso en ese período. La erosión y los consecuentes procesos de remoción en masa responden principalmente a la intensa acción del oleaje sobre los afloramientos costeros, especialmente en los sectores de costa más expuestos a las rompientes, así como a los condicionantes geológico/estructurales de los afloramientos expuestos. El escenario de peligrosidad es acentuado por la acción antrópica que contribuye con la aceleración de los procesos naturales.

**Palabras clave:** *Erosión costera, plataforma litoral, cordones litorales pleistocenos, descenso del nivel del mar.*

## ABSTRACT

*Retreat of the line of coast in Las Grutas, Río Negro province.*

The town of Las Grutas, province of Río Negro, has a cliffed coastline with an extensive coastal platform. Mentioned landforms are formed above Paleogene sedimentary rocks for the Gran Bajo del Gualicho Formation. Rely on them in erosive unconformity Pleistocene beach ridges deposits and the sequence ends with Holocene dune deposits.

By comparing aerial photographs and satellite images, it was determined that the coast was eroded from 1969 to nowadays. The retreat was studied by comparing aerial photographs and georeferenced satellite imagery. The results show a downward trend of the dunes, the retreat of shore platforms and coastal shoreline. The latter has an average erosion rate of 1.50 m in 39 years. However, the central and northern sectors are most affected reaching up to 3 m setback in the same period. These erosion and resulting mass movement processes respond mainly to intense wave action on coastal outcrops, especially in coastal areas most exposed to the breakers, as well as the determining geological/structural outcrops exposed. The dangerous scenario is exacerbated by human action that contributes to the acceleration of the natural processes.

**Keywords:** *Coastal erosion, shore platform, pleistocene beach ridges, sea level fall .*

## INTRODUCCIÓN

El área de estudio comprende la franja costera del balneario Las Grutas, localizada en el Golfo San Matías sobre la costa del Océano Atlántico, al noreste de la Provincia de Río Negro en la Patagonia Argentina. Las coordenadas geográficas

S 40° 48' y O 65° 04' se intersectan en esta localidad (Fig. 1).

El objetivo principal del estudio consiste en la cuantificación de la erosión costera a partir de la reconstrucción histórica de la línea de costa. Los relevamientos, geológico y geomorfológico, del área forman parte de este trabajo pudiendo conside-

rarse a los mismos como parte de los objetivos particulares.

El interés del estudio radica en que el balneario Las Grutas constituye uno de los principales centros turísticos de la costa patagónica por el gran atractivo que presenta en materia de recursos naturales. Consiste en una costa acantilada que se

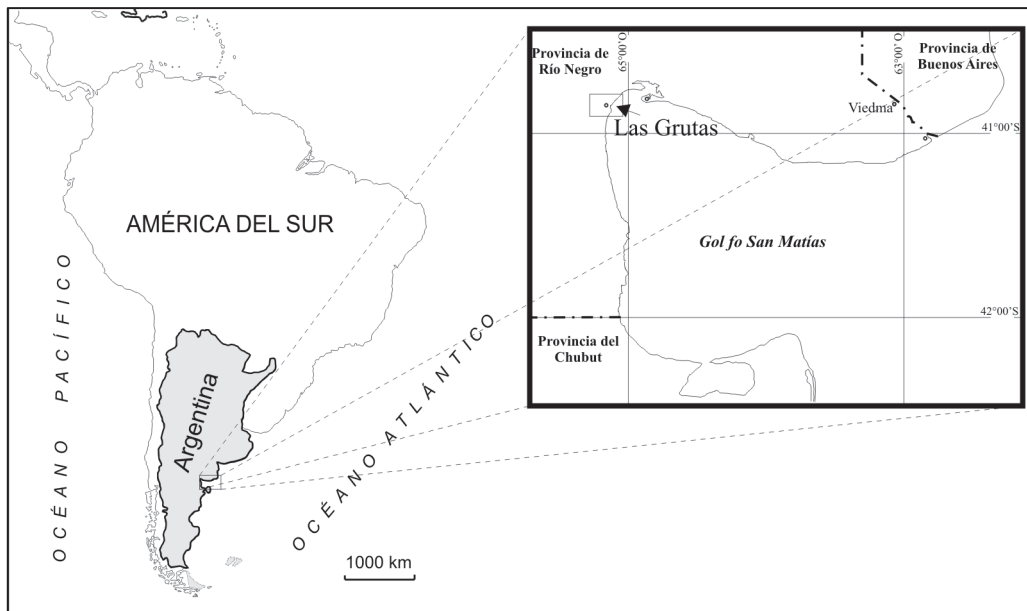


Figura 1: Mapa de ubicación.

destaca por la existencia de amplias playas expuestas durante bajamar y por la presencia de gran cantidad de cuevas marinas, popularmente conocidas como “grutas”, término que da origen al nombre de la localidad.

El lugar constituye un buen ejemplo de costa en retroceso, en relación con la posible incidencia de la acción antrópica como factor coadyuvante. En los últimos treinta años se expandió vertiginosamente la superficie del área urbana de la localidad. Este hecho dio lugar a la necesidad actual de considerar el fortalecimiento en las medidas de planificación futuras, para que las mismas orienten la gestión y el ordenamiento territorial. Esto se inscribe en un contexto en el que el espacio presenta una alta vulnerabilidad natural que es susceptible de ser incrementada por los efectos antrópicos. Cabe agregar que el sector está en un área natural protegida reconocida como “Sitio Internacional de la Red Hemisférica de Aves Playeras”.

A través de la reconstrucción histórica de la línea de costa en distintos períodos, se dan a conocer las tendencias a la erosión costera en el área de estudio. Los resultados son de especial interés para posibilitar un adecuado manejo costero en un escenario de peligrosidad. Se ha efectuado la caracterización del área, en relación con la erosión costera, a partir del proce-

samiento de fotografías aéreas de los años 1969, 1986 y de imágenes satelitales de alta resolución de los años 2003 y 2008. Parte de los resultados corresponden al trabajo final de licenciatura de Chomnalez (2010).

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada consistió en la determinación de la línea de costa en distintos períodos, a partir de la disponibilidad de fotografías aéreas e imágenes satelitales de años anteriores. La línea de costa constituye el límite entre la costa y la ribera y queda conformada al pie de los acantilados activos, pie de dunas y borde hacia el continente de las planicies de mareas y marismas actuales (*U.S. Army Corps of Engineers*, 2002 y *Kokot et al.*, 2011, entre otros).

También se mapeó el límite de la plataforma litoral para los distintos períodos a partir del reconocimiento del pie del acantilado activo presente en el área, hasta su límite externo en baja marea. Respecto al acantilado en su actual posición, se efectuaron reconocimientos de campo, registrando litología, altura, pendientes, estructuras y evaluaciones in situ de la resistencia de los afloramientos. Para ello se realizaron tareas de gabinete y de campo.

La reconstrucción de la línea de costa re-

quirió el procesamiento de fotografías aéreas y de imágenes satelitales de alta resolución.

Se efectuó la planificación de campo para obtener el apoyo necesario para la corrección geométrica de las imágenes, determinando la cantidad de puntos de apoyo a capturar y su distribución específica. Se obtuvieron recorridos del área de utilidad para el posterior control de la calidad de la georreferenciación.

La corrección geométrica de las imágenes se efectuó con el uso de los puntos de apoyo tomados en campo a través de un GPS. Para realizar la georreferenciación, el modelo geométrico elegido fue el Polinomial 2°. Durante el proceso de georreferenciación el error cuadrático medio (RMS) fue inferior a los 0,5 m.

El sistema de referencia seleccionado fue la proyección Conforme Cilíndrico Gauss Krugger con Datum WGS84. Se definió una categoría de proyección propia al re-proyectar las escenas al meridiano central de la zona de estudio.

Efectuada la corrección geométrica se procedió a realizar la corrección radiométrica (ajuste en los niveles de color, brillo y saturación mediante el trabajo con los histogramas) para visualizar mejor los resultados.

Se efectuaron mosaicos de imágenes para obtener una sola imagen multiespectral

de alta resolución espacial (1 m) de toda el área de interés con una radiometría homogénea.

Se integran los archivos raster a una base de datos geográfica para obtener por medio de ésta, información de tipo vectorial mediante la interpretación digital de imágenes.

En base a las imágenes y fotogramas georreferenciados, integradas a la base de datos geográfica, se capturó información de interés para efectuar su representación cartográfica, posibilitando el análisis multitemporal de las imágenes a partir de su superposición y de la captura de información vectorial por medio de Sistemas de Información Geográfica.

Sobre la base de recopilación de esta información integrada a la labor de campo, se obtuvieron los resultados necesarios para la aplicación de la metodología propuesta. En relación con las tareas de reconocimiento del área, se tomaron muestras de rocas para ser analizadas y de material fosilífero para ser datadas por el método C<sub>14</sub>.

## MARCO GEOLÓGICO

Regionalmente, el área de estudio forma parte de la provincia geológica del “Macizo Norpatagónico” (Harrington 1962) también denominado como ‘Macizo de Somuncurá’ (Ramos 2000), donde el relieve característico es una altiplanicie basáltica, en la cual se destacan los conos volcánicos, sierras y cerros que alcanzan los 1900 msnm, descendiendo de manera escalonada hacia el mar en donde la costa se caracteriza por ser acantilada.

La franja litoral presenta un relieve que en general es de poca altitud y las zonas más altas se evidencian en los acantilados marinos, que alcanzan en el área unos 10m de altura.

Las principales unidades geológicas que afloran en el área fueron descritas por Gelós *et al.* (1993), Martínez *et al.* (2001) y Kokot *et al.* (2004). La Formación Gran Bajo del Gualicho (Lizuiain y Sepúlveda 1978) constituye el principal afloramiento del área, expresándose en el frente acan-

tilado y en la plataforma litoral, donde se reconocen areniscas coquinoideas, arcillosas y calcáreas, siendo importante la presencia de material tobáceo y la abundancia de niveles con yeso, cristalizado o pulverulento. Es notable también la presencia de ondulitas y abundantes signos de bioturbación. Los colores varían entre castaño amarillento y castaño grisáceo, con tonalidades blanquecinas y verdosas. La unidad es de edad oligocena superior-miocena y su espesor, sólo expuesto parcialmente en el área, supera los 200 m (Ramos 2000).

La Formación Baliza San Matías (Angulo *et al.* 1978) se apoya en discordancia erosiva sobre la Formación Gran Bajo del Gualicho y está cubierta por depósitos marinos actuales. Estos depósitos están compuestos por conglomerados con matriz arenosa, con clastos de rodados y valvas de moluscos, con estratificación entrecruzada. Corresponde al Pleistoceno inferior-medio (Porro y Fidalgo 1981) y los afloramientos de esta unidad se pueden encontrar en parte de la plataforma litoral frente a Las Grutas (Martínez *et al.* 2001).

Sobre los acantilados marinos y en discordancia erosiva se hallan depósitos de cordones litorales. Corresponden a depósitos de arenas y gravas con estratificación entrecruzada y donde es notable la presencia de bivalvos, siendo abundantes las valvas de *Amiantis* sp., encontrándose ejemplares en posición de vida. Se hallan a una altura variable (entre 8 y 12 msnm) y se corresponden con los depósitos de cordones litorales pleistocenos ubicados en San Antonio Oeste descritos por Kokot y Favier Dubois (2009). Cabe aclarar que Porro y Fidalgo (1981) los describen como holocenos a pesar de que las dataciones les dieron valores comprendidos entre los 28.000 y 40.000 años AP, argumentando una gran contaminación ambiental, criterio compartido por Martínez *et al.* (2001). A estos depósitos se los considera pleistocenos por el resultado de la datación radiométrica efectuada para este trabajo y también por correlación geomorfológica y altimétrica con los cordones litorales de San Antonio Oeste cuya

edad fue estudiada por Kokot y Favier Dubois (2009). El espesor de esta unidad, supera los 2 m y se expone sobre los acantilados. No se la describe como parte de la Formación Baliza San Matías por diferencias faciales observadas y por no presentar continuidad en los afloramientos.

Los depósitos de cordones litorales están casi totalmente cubiertos por depósitos eólicos holocenos, compuestos por arenas finas y medianas. Estos depósitos se exponen en continuidad hacia la bahía de San Antonio y por varios kilómetros hacia el sur de Las Grutas.

Parte del área está cubierta por depósitos coluviales, constituidos por gravas de rocas ígneas que cubren los pedimentos y a su vez procedentes de las áreas más altas de “Rodados Patagónicos”. Estos depósitos también están constituidos por clastos de las unidades adyacentes y por sedimentitas marinas y fluviales terciarias. Son limos, arenas, arcillas y gravas poco consolidadas. Al pie del acantilado y en forma discontinua se hallan depósitos de arena de playa.

## RESULTADOS

### Geomorfología

Debido a la orientación de la línea de costa, la zona está principalmente expuesta a la acción de olas provenientes del este y del sudeste, predominando netamente las segundas. Estas olas son las que configuran el patrón de la deriva litoral predominante hacia el norte, que en el punto de inflexión de la costa en proximidad de San Antonio Oeste se orienta hacia el este en relación con la espiga de Punta Delgado. Los datos de marea astronómica son de fundamental importancia para caracterizar la dinámica del ambiente costero, ya que la gran altura alcanzada por las mismas incrementa la exposición de los acantilados a la acción del oleaje. Los valores de marea pronosticados para el puerto patrón más cercano, San Antonio (Muelle Este), corresponden a un régimen mareal semidiurno y a un ambiente macromareal, siendo las pleamares máximas registradas de 9,63 m y las mínimas

bajamares de 0,16 m (Servicio de Hidrografía Naval 2011).

La costa se caracteriza por la presencia de acantilados marinos activos cuyas alturas alcanzan unos 10 m respecto al pie del acantilado. En los mismos es común la presencia de cuevas marinas cuya existencia se debe a condiciones estructurales, tales como el cruce de diaclasas y planos de estratificación que configuran condiciones de debilidad ante el ataque directo de las olas (Fig. 2). Los acantilados marinos son geoformas de génesis compuesta, acción marina más remoción en masa que encuentra condiciones favorables a partir de las mencionadas condiciones estructurales. Debe sumarse a estas condiciones naturales la acción antrópica a través del aumento de carga en el tope de los acantilados por construcciones y por aporte de agua. En el frente acantilado, esta unidad presenta signos de escurrimiento subterráneo que se concentra sobre las capas más impermeables del paquete sedimentario. Esta situación es especialmente notable en la zona urbana, donde la presencia de algas, en relación con este escurrimiento, denota la presencia de materia orgánica, posiblemente por el aporte de aguas servidas. En relación con estas condiciones estructurales favorables es común la caída de rocas. El disparador principal de estos eventos es el impacto de las olas sobre el frente acantilado, pero por tratarse de un área urbana el paso de vehículos también puede ser importante.

Al pie de los acantilados se halla una extensa plataforma litoral que por tramos es cubierta por una playa de arena. En la figura 3 se presenta un perfil del acantilado con las unidades geológicas y geomorfológicas.

El análisis del área permitió determinar que la erosión se desarrolla sobre afloramientos de la Formación Gran Bajo del Gualicho, muy meteorizada en la zona más alta, y que además presenta dos zonas claramente diferenciadas en el perfil analizado, una relativamente homogénea de aproximadamente 7 m de espesor con algunos horizontes tobáceos y por debajo un horizonte fosilífero con abundantes



Figura 2: Cuevas marinas controladas por diaclasas y estratificación.

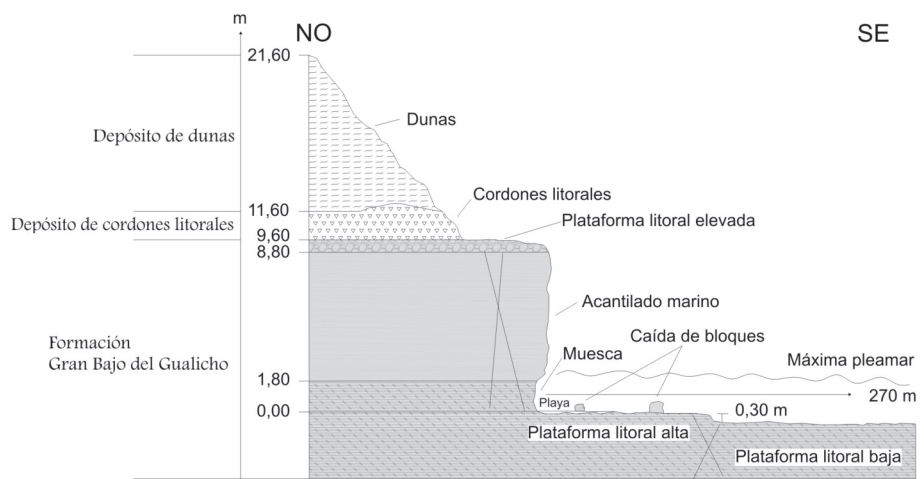


Figura 3: Perfil geológico/geomorfológico del acantilado en S40 48,078 O65 03,971.

trazas. Este horizonte tiene un comportamiento mecánico distinto y es más susceptible a la erosión que el que se encuentra por encima. La plataforma litoral fue labrada sobre este horizonte fosilífero. Al pie, el acantilado presenta una muesca que tiene unos 2,00 m de altura e indica hasta donde llega la erosión marina. La plataforma litoral actual presenta dos niveles, el más alto ubicado al pie del acantilado tiene unos 50 m de ancho, y el ubi-

cado a unos 30 cm más abajo completa un ancho total de unos 270 metros (Fig. 4). Como rasgos distintivos, presenta canales de erosión perpendiculares a la línea de costa y resaltos debidos al control estructural que ejercen algunos bancos más duros. Sobre la misma se hallan bloques, producto de la caída en relación con los procesos erosivos y algunos pilares marinos. El acantilado culmina en su parte superior con una superficie fracturada y meteoriza-



da en relación con la presencia de una plataforma litoral elevada que aún conserva rasgos pertenecientes a hoyos de marmita y canales. Sobre la misma se hallan cordones litorales areno gravosos con presencia de moluscos fósiles en buen estado de conservación. Un ejemplar de *Amiantis* sp., extraído en S40 48,233 O65 04,307 dio una edad radiocarbónica convencional, determinada por Latyr, mayor a 40.000 años AP (edad que supera el límite de detección del método), por lo tanto se adjudica esta unidad ubicada a unos 10 m por encima del pie del acantilado, al Pleistoceno. La misma tiene continuidad con la terraza de San Antonio Oeste que también fue adjudicada al Pleistoceno por Kokot y Favier Dubois (2009).

Los cordones litorales se hallan cubiertos por dunas que marcan el límite, con el área urbana.

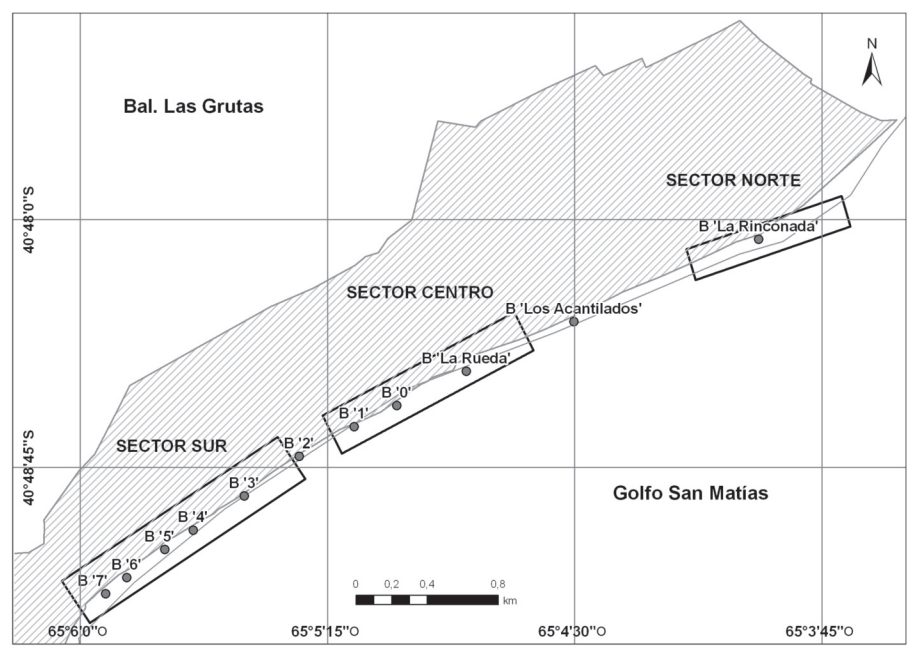
Rutter *et al.* (1990) comparando distintas localidades de la costa argentina indican que los depósitos encontrados entre los 20 y 28 m.s.n.m. pueden adjudicarse al último período interglacial (MIS 5e) y que los encontrados entre 8 y 12 m corresponden al Holoceno. Los datos obtenidos por estos autores resultan de la comparación según la aplicación de la técnica ESR (Electron Spin Resonance) con datos basados en racemización de aminoácidos. Los resultados de este trabajo no coinciden con los de estos autores.

**Tendencia evolutiva**

Comparando la posición de la línea de costa de Las Grutas entre los años 1969 y 2008 se verificó que la misma tuvo un retroceso estimado entre 1,00 m y más de 3,00 m en 39 años. Entre 1969 y 1986 la costa retrocedió en ciertos sectores hasta 1,5 m, superando los 3 m en 2008. Estos valores indican velocidades de retroceso de la línea de costa de 2,5 cm/año hasta 7,7 cm/año para ese período. En las figuras 5 y 6 se muestra la reconstrucción de la línea de costa para los años 1969 y 1986 en relación con el escenario del año 2008. En la zona céntrica de Las Grutas, el sector comprendido entre la Bajada 1 y la Bajada 0, es el que más se vio afectado



**Figura 4:** Acantilado en Las Grutas, dos niveles de plataforma litoral y caída de rocas. Cordones litorales y dunas sobrepuestas.

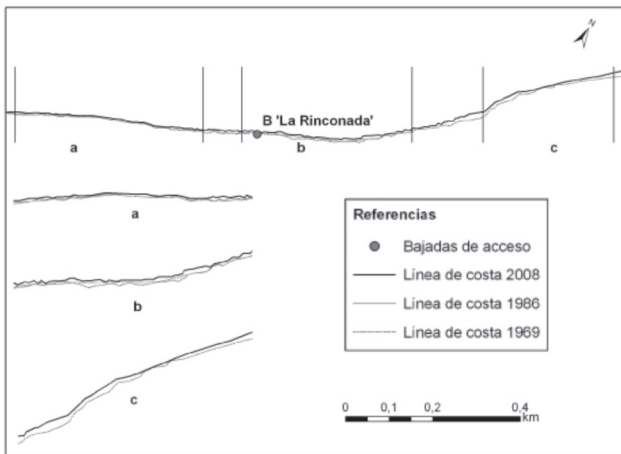


**Figura 5:** Situación relativa de los tres lugares donde se midió la variación de la línea de costa.

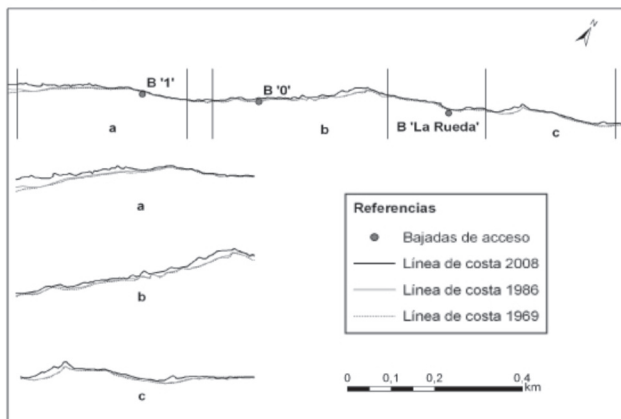
por procesos erosivos, asimismo en la Bajada 2 el retroceso también fue importante (Fig. 7). También la erosión fue mayor en relación con la presencia de las piletas que se efectuaron sobre la plataforma litoral. Asimismo, el frente de las platafor-

mas litorales retrocedió en forma no homogénea, pero superando la velocidad de retroceso del acantilado ya que en sectores de la zona céntrica retrocedió más de 8 m en los últimos 39 años a una velocidad promedio de unos 20 cm/año.

Sector norte



Sector centro



Sector sur

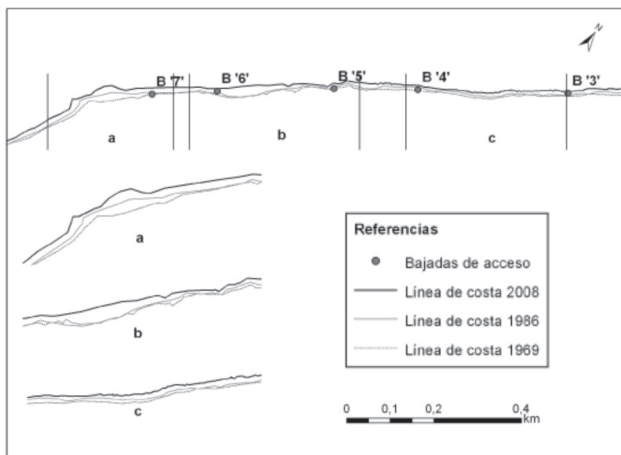


Figura 6: Retroceso de la línea de costa entre 1969 - 1986 - 2008.

En cuanto a las geoformas eólicas, la superficie del sector de médanos ubicado al norte del balneario se redujo ampliamente entre 1986 y 2008 (Fig. 8), debido a la extracción de arena para diversos fines. En cambio, al sur del balneario hay una ma-

yor conservación de estas geoformas. Respecto a la evolución de los acantilados, la comparación de los registros fotográficos y satelitales evidencian el retroceso de la línea de costa. El incremento de la erosión para el período 1986-2008, respecto

al período 1969-1986 plantea dudas respecto a las causas posibles. Si las condiciones geológicas/oceanográficas permanecieran constantes debiera haberse reducido la tasa de erosión en los acantilados, al consumirse parte de la energía de olas sobre la plataforma litoral. Sin embargo la erosión se incrementó, por lo tanto pueden haber cambiado las condiciones geológicas y/o oceanográficas. Las condiciones geológicas pueden cambiar por cambios en el macizo rocoso: fatiga de materiales, meteorización incrementada por repetición de la humectación y secado de las rocas, incremento de agua en el mismo por aporte urbano. En suma, cambios que debiliten el acantilado facilitando el ataque de olas. Asimismo, la variación en las olas, aumento de altura y/o disminución del período de las mismas pueden hacer más eficiente el ataque.

La erosión de las plataformas litorales, ocurrente en la zona intermareal, involucra múltiples factores. Está determinada por la intensidad relativa de dos fuerzas, la fuerza de ataque  $F_w$ , inducida por las olas y la fuerza de resistencia  $F_r$ , relacionada con la litología de los afloramientos (Sunamura 1991). La fuerza de ataque responsable de la erosión depende de la energía de olas y de la profundidad del agua. El movimiento oscilatorio del agua en la zona sumergida, se extiende desde el pie de los acantilados hasta una cierta profundidad más allá de la zona de rompiente. Si la plataforma litoral no está cubierta por sedimentos, entonces el movimiento oscilatorio del agua está directamente relacionado a la fuerza de ataque  $F_w$ , el cual puede producir repetidamente esfuerzos de corte en la porción superior de los afloramientos. Si las rocas están cubiertas por sedimentos las olas pueden mover las capas de sedimentos sobre la superficie, entonces la fuerza de ataque es mayor porque se combinan los esfuerzos de la fuerza de corte y la acción abrasiva de los sedimentos (Robinson 1977).

El principal efecto sobre los afloramientos de una plataforma litoral es el esfuerzo de corte, por lo tanto el parámetro más apropiado para expresar la fuerza de

resistencia de las plataformas litorales es la resistencia al corte, si este dato no está disponible podría usarse la resistencia a la compresión (Sunamura 1992). Debe tenerse en cuenta también la meteorización (Emery 1946) y la actividad de los organismos marinos (Spencer 1988).

Según Sunamura (1992) el problema no tiene una única solución, pero debido a que la erosión de los afloramientos submarinos es causada por la acción de olas, el problema debiera considerarse en términos de parámetros de estas. El resultado de sus investigaciones indica que en relación con la profundidad, a escasa profundidad se da una gran erosión que disminuye muy rápido hasta la base de *surf*, según una función exponencial y luego disminuye lentamente según una función lineal.

En la figura 9 se observa la distribución vertical de las dos fuerzas, donde no hay erosión en la zona donde la fuerza de resistencia es mayor que la fuerza de ataque. En la profundidad indicada como  $Z_c$  se igualan las fuerzas de ataque y de resistencia. La interpretación de esta figura nos permite explicar el porqué de las diferentes alturas de las plataformas litorales. Esta depende de múltiples factores, pero es evidente que a igual régimen de olas las rocas más resistentes presentarán plataformas litorales más altas, si se hallan en proceso evolutivo.

También depende de la magnitud relativa de la fuerza de ataque de las olas a distinta profundidad, por lo tanto al variar el tipo de olas, por variación en las condiciones de marea o por condiciones de olas de mar de fondo/olas de tormenta, podrán hallarse niveles activos distintos.

Los factores que controlan la altura de la plataforma litoral según Sunamura (1992) son:

Altura de las olas, nivel de mareas, tipo de roca, estructuras (tales como diaclasas, fallas y planos de estratificación), susceptibilidad a la meteorización y disponibilidad de herramientas abrasivas.

Dietz y Fairbridge (1968) presentan ejemplos de diferentes alturas en plataformas litorales, indicando que plataformas corta-

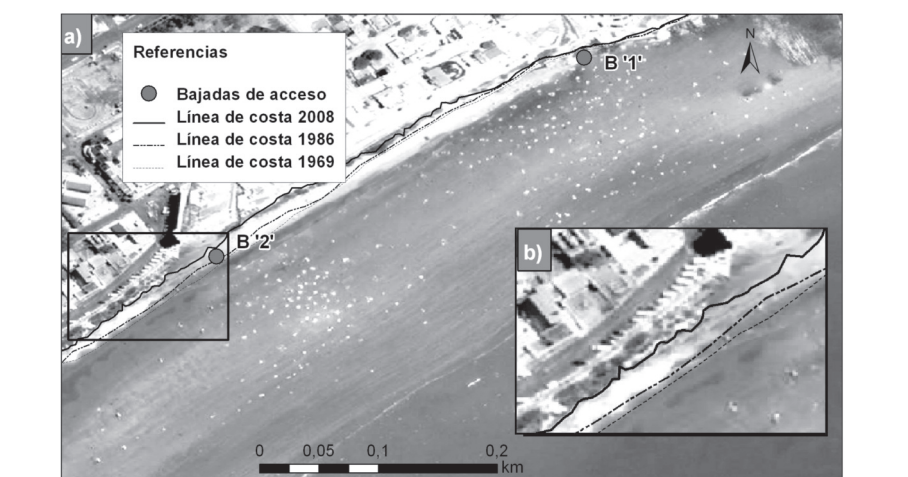


Figura 7: Fotografía aérea mostrando el retroceso de la línea de costa en zona de las Bajadas 1 y 2. b) vista en mayor altura.

das en rocas poco diagenizadas como aeolinanitas están localizadas alrededor del nivel de baja marea, mientras que las elaboradas en rocas duras están en la zona de marea alta. Las variaciones del nivel del mar durante el Holoceno tardío y los movimientos tectónicos locales complican esta evaluación.

Sunamura (1991) realizan experimentos variando el tipo de olas y el tipo de rocas indicando que la erosión no progresa más allá de determinado nivel dado por la magnitud relativa entre la fuerza de ataque y la fuerza de resistencia de las rocas. La condición crítica se da cuando la fuerza de ataque es igual a la de resistencia ( $F_w = F_r$ ). En función de lo anterior surge una posible doble explicación al retroceso de la plataforma litoral baja. Dicho fenómeno se explica en relación con la erosión actual de ola a un nivel más bajo. Esto podría explicarse de dos maneras: por un posible descenso relativo del nivel del mar o por la existencia de olas más grandes que estén erosionando a un nivel más bajo.

### Vulnerabilidad

El Balneario Las Grutas constituye un ambiente costero vulnerable. Dicha vulnerabilidad es inherente al propio sistema natural y en parte acelerada por la acción antrópica. En espacios litorales de estas características, la magnitud e intensidad de los procesos naturales activos se combinan con el uso que realiza el hombre, so-

brepresionando las funciones del ambiente como fuente, sumidero y soporte de actividades (Monti y Escofet, 2008).

Partiendo de las consideraciones del concepto de vulnerabilidad global establecido por Wilches-Chaux (1993), en este sector costero se evidencian distintos tipos de vulnerabilidad.

Por un lado, la vulnerabilidad natural constituida por la interacción de los diferentes elementos del medio físico que convierten a los procesos erosivos en una amenaza, es decir, en un área sujeta a la peligrosidad y con ello a un riesgo ante las condiciones del contexto expuesto. Esta amenaza puede atentar contra el desarrollo social y económico del área puesto que puede producir efectos adversos en las personas, bienes y/o en el propio ambiente. Además, se puede detectar la existencia de vulnerabilidad física puesto que las construcciones edilicias emplazadas en la primera fila costera, así como los muros de los paseos de la avenida costanera, presentan evidencias de debilidad para absorber los efectos de la erosión marina.

La vulnerabilidad del área costera de Las Grutas se debe esencialmente a la dinámica natural del propio sistema (vulnerabilidad natural); sin embargo ocurre que en los últimos años aumentó la presión sobre este medio acelerándose la influencia de los procesos erosivos que traen como consecuencia el retroceso de los acantilados.



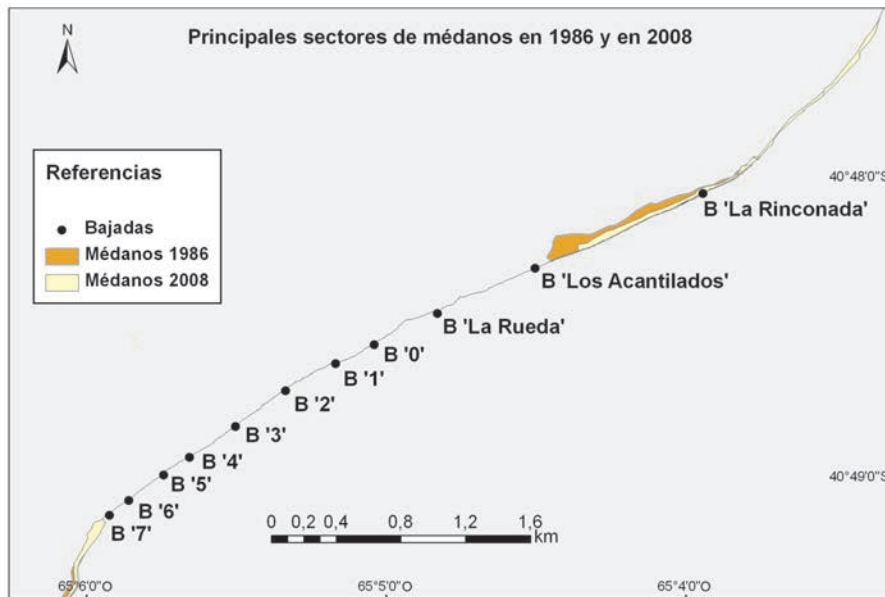


Figura 8: Variación del área de dunas entre 1986 y 2008.

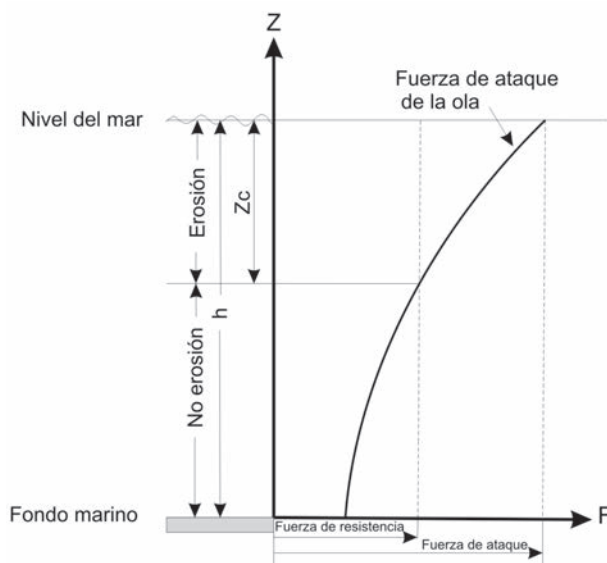


Figura 9: Distribución vertical de la Fuerza de Ataque en relación con la Fuerza de Resistencia en una plataforma litoral, modificado de Sunamura (1991).

Analizando el crecimiento urbano en el área, en los últimos 39 años, se observa un gran avance del ejido urbano y su fuerte consolidación con el correr de los años. Estos avances son notorios a partir de los años 80, coincidiendo con el retroceso del contorno costero que supera el valor de un metro en los sectores más afectados. Los efectos erosivos fueron superiores entre 1986 y 2008 que entre 1969 y 1986, de aquí se puede inferir que la acción antrópica sobre el medio repercutió sobre el mismo.

Existe una correlación con el estallido inmobiliario en Las Grutas (cuando comienza a consolidarse como localidad independiente, en la que se fomenta la actividad turística que aún continúa en aumento) con las mayores repercusiones sobre la morfología costera para el segundo intervalo analizado.

Analizando los cambios geomorfológicos para el período considerado, se observa que existen sectores de la costa más afectados que otros, tal es el caso del sector céntrico del balneario y de algunos sitios

del sector sur. En el norte el comportamiento es más homogéneo.

Sobre la base de dichas mediciones y en relación con la intervención antrópica sobre cada zona en particular, se puede asignar a cada sector un grado de vulnerabilidad. De este modo, se le asignan los valores de alto, medio y bajo.

El sector céntrico y el sector sur presentan una vulnerabilidad de alta a media. Si bien en el sector norte el retroceso es menor que en sur, la misma es una zona de alta presión antrópica y de saturación en época estival. Las construcciones se encuentran muy próximas a la línea de costa a diferencia del sector sur y más aún del sector norte. El sector sur es un área prístina en ese sentido.

Debiera considerarse desalentar la ocupación del sector céntrico para disminuir el grado de vulnerabilidad presente, evitando allí la concentración de usos del recurso costero.

El sector norte presenta una vulnerabilidad media a baja. Si bien el retroceso en este sector existe, la presión antrópica sobre el mismo está dada especialmente por la actividad turística que interfiere de manera directa acrecentando la vulnerabilidad ecológica del área. Pues se encuentran allí apostaderos de aves migrantes cuyo hábitat peligra.

Estos grados de vulnerabilidad sumada a la peligrosidad constituida por la amenaza de los procesos erosivos, podrían dar cuenta de los riesgos esperados y de las prioridades de actuación en zonas concretas de acuerdo al orden de importancia.

Cabe mencionar que en la plataforma litoral se efectuaron excavaciones destinadas al uso recreativo (piletas de natación). Dichas excavaciones eliminaron las rocas que hasta entonces disipaban en parte la energía de las olas que llegaban al acantilado, esto influirá en mayor erosión del área.

## CONCLUSIONES

1. La línea de costa de Las Grutas sufrió un retroceso estimado entre 1 m y más de 3 m en 39 años. Entre 1969 y 1986 la costa retrocedió 1,5 m, alcanzando los 3 m



en 2008. Equivale a una velocidad de retroceso que pasó de los 2,5 cm/año a los 7,7 cm/año, indicando un incremento en la tasa de erosión.

2. Ciertas actividades antrópicas podrían acelerar este retroceso. Esto se evidencia por la coincidencia entre la mayor magnitud del retroceso con la ubicación de las piletas oceánicas artificiales construidas sobre las plataformas litorales y por su correspondencia con las zonas donde los acantilados presentan mayor escurrimiento subterráneo.

3. El frente de la plataforma litoral baja retrocedió hasta 8 m en la zona próxima a la "Bajada 0" en estos últimos 39 años.

3. El retroceso de la plataforma litoral indica una situación de posible descenso relativo del nivel del mar para la localidad o la posible situación de incidencia de olas de mayor energía.

4. El sector céntrico (comprendido entre la Bajada 0 y la Bajada 1) presenta una alta vulnerabilidad ya que es el más comprometido por el retroceso costero. En el sector sur la vulnerabilidad a la erosión es de media a alta y el sector norte presenta una vulnerabilidad de media a baja.

5. La superficie del sector de médanos ubicado al norte del balneario, sobre el acantilado, se redujo ampliamente entre 1986 y 2008, debido a la extracción de arena para construcción. Al sur del balneario hay una mayor conservación de los médanos.

6. Los cordones litorales ubicados en el tope del acantilado son pleistocenos.

#### AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los árbitros que permitieron mejorar el presente trabajo. Parte del trabajo fue financiado con fondos de los proyectos Ubacyt X110 y 20 020100100765.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Angulo, R., Fidalgo, F., Gómez Peral, M., y Schnack, E. 1978. Las ingresiones marinas Cuaternarias en la Bahía de San Antonio y sus vecindades, provincia de Río Negro. *Actas 7º Congreso Geológico Argentino* 271-283. Buenos Aires.

Chomnalez, F. 2010. El área costera de Las Grutas, provincia de Río Negro. "Análisis de los Cambios Geomorfológicos (1969-2008)". Tesis de licenciatura Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, inédita. 270 p.

Dietz, R. y Fairbridge, R. 1968. Wave base: en Fairbridge, R.S., ed., *Encyclopedia of Geomorphology*, p. 1224-1228. Reinhold Pub. Co., New York.

Emery, K., 1946. Marine solution basins. *Journal of Geology* 54: 209-228.

Gelós, E., Schillizzi, R., y Spagnuolo, J. 1993. El Cenozoico de la costa norte del Golfo San Matías, Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 47: 135-140.

Harrington, H. 1962. Paleogeographic development of South America. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin* 46: 1773-1814.

Kokot, R., y Favier Dubois, C. 2009. Evolución geomorfológica de la Bahía San Antonio. Río Negro, Argentina. Su importancia para el registro de ocupaciones humanas. 4º Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología. 12º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 2º Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur: 125. La Plata.

Kokot, R., Codignotto, J. y Elissondo, M. 2004. Vulnerabilidad de la Costa de la Provincia de Río Negro al Ascenso del Nivel del Mar. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 477-487.

Kokot, R., Angaramo, D. y Valladares, A., 2011. Costa y ribera en Claromecó. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68: 71-83.

Lizuain, A., y Sepúlveda, E. 1978. Geología del Gran Bajo del Gualicho, Provincia de Río Negro. *Actas 7º Congreso Geológico Argentino*. Actas: 407- 422. Bariloche.

Martínez, H., Nández, C., Lizuain, A., Dal Molin, C. y Turel, A. 2001. Hoja Geológica 4166-II, San Antonio Oeste. Provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. *Boletín* 254, 32 p., Buenos Aires.

Monti, A., J. y Escofet, A. 2008. Ocupación urbana de espacios litorales: Gestión de Riesgos e Iniciativas de Manejo en una comunidad patagónica automotivada (Playa Magagna, Chubut, Argentina). *Revista Investigaciones Geográficas* 67: 113-129 (Instituto de Geografía, UNAM). México.

Porro, N., y Fidalgo, F. 1981. Descripción geológica de la Hoja 39j, San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional (inédito), 542 p., Buenos Aires.

Ramos, V. 2000. Las provincias geológicas del territorio argentino. *Geología Argentina*. Buenos Aires, SEGEMAR (ed) *Anales* 29: 42-96.

Robinson, L. 1977. Erosive processes on the shore platform of northeast Yorkshire, England. *Marine Geology* 23:339-361.

Rutter, N., Radtke, U y Schnack, E. 1990. Comparison of ESR and amino acid data in correlating and dating quaternary shorelines along the Patagonian coast, Argentina. *Journal of Coastal Research* 6: 391-411.

Servicio de Hidrología Naval. 2011. Tablas de Marea. Servicio de Hidrografía Naval. En: <http://www.hidro.gobar/Oceanografia/Tmareas>

Spencer, T. 1988. Coastal biogeomorphology. H.A. Viles, *Biogeomorphology*, Basil Blackwell, p. 255-318, Oxford.

Sunamura, T. 1991. The elevation of shore platforms: a laboratory approach to the unsolved problem 99: 761-766.

Sunamura, T. 1992. *Geomorphology of Rocky Coasts*. John Wiley & Sons, 302 p. Chichester.

U.S. Army Corps of Engineers, 2002. *Coastal Engineering Manual (CEM)*, (6 Vols.). Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.

Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad global. En: Andrew Maskrey. *Los desastres no son naturales*. La Red de estudios sociales 167 p., Bogotá.

Recibido: 29 de junio, 2011.

Aceptado: 28 de febrero, 2012.