

## Morfología y procesos erosivos en los acantilados de la localidad de Las Grutas (Provincia de Río Negro)

**Sibila A. Genchi** (IADO-CCC-CONICET / Dpto. de Geografía y Turismo-UNS)

**M. Elizabeth Carbone** (IADO-CCC-CONICET / Dpto. de Geografía y Turismo-UNS)

**Alejandro J. Vitale** (IADO-CCC-CONICET / Dpto. de Ing. Eléctrica y de Computadoras-UNS)

**M. Cintia Piccolo** (IADO-CCC-CONICET / Dpto. de Geografía y Turismo-UNS)

**Gerardo M. E. Perillo** (IADO-CCC-CONICET / Dpto. de Geología-UNS)

**Resumen.** Los acantilados que bordean la localidad costera de Las Grutas (región norpatagónica) presentan rasgos morfológicos que indican erosión actual.

El objetivo propuesto en este trabajo es caracterizar la morfología e identificar los principales procesos y agentes que intervienen en el modelado de los acantilados de la mencionada localidad. Se realizaron campañas entre los años 2009 y 2011 donde se efectuaron mediciones (morfológicas, muestras de agua, etc.) y observaciones de los acantilados.

Para este estudio se diseñó una técnica inédita de medición que emplea un telémetro digital láser. Se determinó que existen múltiples procesos intervinientes de origen natural y antrópico, destacándose entre estos últimos la urbanización muy próxima a la cima del acantilado, la cual acelera el proceso erosivo.

La multiplicidad de procesos en conjunto con las propiedades de la roca implica un patrón diferencial de erosión a lo largo de la costa, con una marcada tendencia erosiva en el sector central. Este tipo de estudio resulta útil para la implementación de medidas de control adecuadas, máxime cuando el turismo, bajo la modalidad sol y playa, constituye la principal actividad económica de la localidad.

**Palabras claves:** acantilados, morfología, erosión, procesos costeros, Las Grutas.

**Morphology and erosive processes in the cliffs of Las Grutas (Río Negro Province)**

**Abstract.** The cliffs of the Patagonian town of Las Grutas present morphological features indicative of current erosion. The aim of this work is to characterize the morphology and identify the main

processes and agents  
(morphological fe  
Grutas. For this r  
This requires a di  
mm. It was deter  
urbanization that  
diversity implies a  
central sector. Thi  
especially as tour  
**Keywords:** cliffs,

### Morfología e

**Resumo.** As falésias que margeiam a localidade costeira de Las Grutas (região norpatagônica) apresentam traços morfológicos que indicam erosão atual. O objetivo proposto neste trabalho é caracterizar a morfologia e identificar os principais processos e agentes que intervêm no modelado dos acantilados da mencionada localidade. Foram realizados levantamentos entre os anos 2009 e 2011, nos quais foram realizadas medições (morfológicas, amostras de água, etc.) e observações dos acantilados. Para este estudo foi desenvolvida uma técnica inédita de medição que utiliza um telémetro digital a laser. Determinou-se que existem múltiplos processos intervinientes de origem natural e antrópica, destacando-se entre estes últimos a urbanização muito próxima à crista do acantilado, a qual acelera o processo erosivo. A multiplicidade de processos em conjunto com as propriedades da rocha implica um padrão diferencial de erosão ao longo da costa, com uma marcada tendência erosiva no setor central. Este tipo de estudo resulta útil para a implementação de medidas de controle adequadas, especialmente quando o turismo, sob a modalidade sol e praia, constitui a principal atividade econômica da localidade.

**Palavras-chave:**

### 1. Introducción

La costa es un espacio (Davidson-Arno

processes and agents involved in the development of cliffs. Between 2009 and 2011 measurements (morphological features, water quality, etc.) and observations of the cliffs were performed in Las Grutas. For this research an exceptional measurement technique of pulse laser was designed. This requires a digital laser rangefinder BOSCH DLE 50 Professional, with an accuracy of  $\pm 2.5$  mm. It was determined that there are multiple natural and human processes involved. The urbanization that is located close to the top of the cliff accelerates the erosion process. Such diversity implies a differential pattern of erosion along the coast, with a strong erosive trend in the central sector. This type of study is useful for the implementation of appropriate control measures, especially as tourism is the main economic activity of this town.

**Keywords:** *cliffs, morphology, erosion, processes, Las Grutas.*

### **Morfologia e erosão nas falésias da localidade Las Grutas (Estado de Rio Negro)**

**Resumo.** As falésias presentes na região costeira de Las Grutas (região norpatagônica) apresentam características morfológicas que indicam uma atual erosão.

O objetivo proposto neste trabalho é caracterizar a morfologia e identificar os principais processos e agentes que intervêm na estrutura das falésias da localidade mencionada.

Foram realizados trabalhos de campo entre os anos 2009 e 2011 onde foram efetuadas medições (amostras de águas, amostras morfológicas, etc) e observações das falésias.

Para este estudo foi elaborada uma técnica inédita de medição que utiliza um telêmetro digital a laser.

Determinou-se que existem múltiplos processos intervenientes de origem natural e antrópica, destacando-se entre os últimos a urbanização muito próxima à parte superior da falésia, o que acelera o processo erosivo.

A multiplicidade de processos em conjunto com as propriedades da rocha implica um padrão diferencial de erosão ao longo da costa, com uma marcada tendência erosiva no setor central.

Este tipo de estudo é útil por implementar medidas adequadas de controle, sobretudo quando o turismo na forma "sol e praia", se constitui a principal atividade econômica do lugar.

**Palavras-chave:** *falésias, morfologia, erosão, processos costeiros, Las Grutas.*

## **1. Introducción**

La costa es un sistema que envuelve complejos procesos y formas (Carter y Woodroffe, 1994) altamente variables en sus rangos dinámicos y en su respuesta a los controles de cambio (Davidson-Arnott, 2010). Los acantilados marinos conforman una de las geoformas más

habituales, ocupando aproximadamente el 80 % de las costas del mundo (Emery y Khun, 1982). Muchos de los acantilados son notablemente activos, cuya estabilidad depende de varios factores, tales como las propiedades de la roca, las características climáticas del pasado y presente, los cambios en el nivel del mar, entre otros. La continua erosión provoca el retroceso de la *geoforma*, transformándose en un problema cuando es enfocado desde una perspectiva humana. Así, a lo largo de vastas costas urbanizadas del mundo, existe una progresiva desvalorización e incluso pérdida de las propiedades (Benumof y Griggs, 1999).

Numerosos trabajos reportaron que las condiciones actuales de las geoformas en diversos sectores de la costa patagónica presentan una tendencia evolutiva hacia la erosión (p.ej., Isla *et al.*, 2004; Bonuccelli, 2005; Kokot *et al.*, 2004, 2009; Fucks *et al.*, 2009; Genchi *et al.*, 2011; Genchi, 2012; Schillizzi *et al.*, 2003). En términos generales, se manifiestan múltiples forzantes convergentes, destacándose la creciente antropización de los espacios costeros, que actúa acelerando el proceso de erosión.

Las variables intrínsecas y extrínsecas que actúan en el modelado de los acantilados plantean diferentes patrones erosivos y, en consecuencia, de vulnerabilidad a lo largo de la costa. En este contexto, resulta indispensable el conocimiento de estas variables para la implementación de medidas de control adecuadas. Por lo tanto, se propone como objetivo en este trabajo caracterizar la morfología e identificar los principales procesos y agentes que intervienen en los acantilados de la localidad patagónica de Las Grutas (Figura 1).

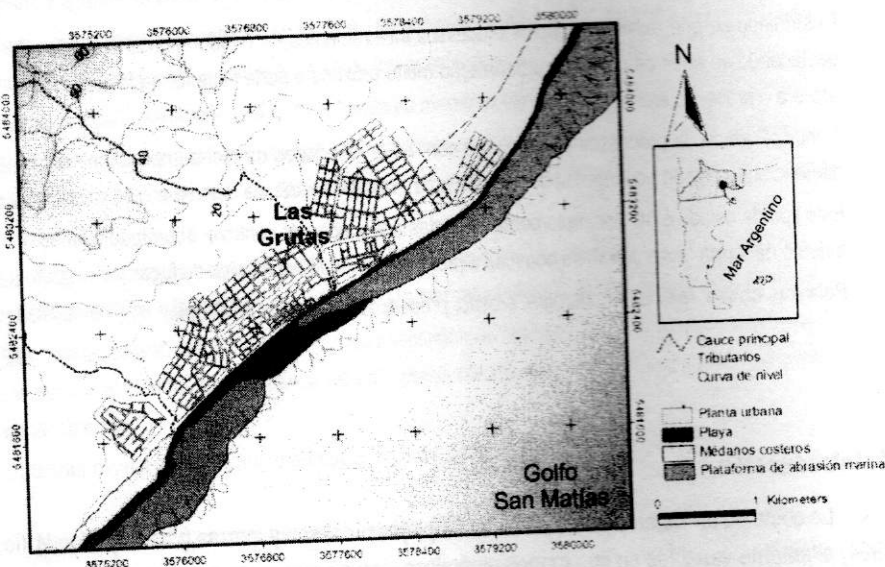


Figura 1. Localización del área de estudio.

## 2. Metodología

Se realizaron campañas a se efectuaron mediciones (morfología de los acantilados). Para este trabajo de investigación se basó en la descripción de la geoforma, para ello se empleó un telémetro digital con una precisión de orden de  $\pm 2,5$  mm. El telémetro funciona a un nivel de burbuja y un transportador de la placa (Genchi *et al.*, 2011).

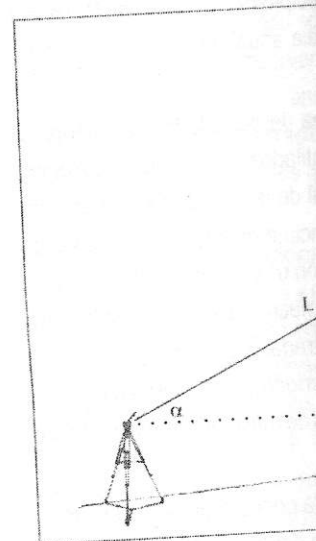


Figura 2. Esquema de las mediciones de campo.

El perfil resultante de las ecuaciones (Figura 2)

donde  $L$  es la distancia [m] y  $X_0$  y  $Y_0$  son las coordenadas del punto de partida de la medición realizada en diversas secciones de los perfiles morfológicos.



## 2. Metodología

Se realizaron campañas a la localidad de Las Grutas entre los años 2009 y 2011 donde se efectuaron mediciones (morfológicas, muestras de agua, etc.) y observaciones de los acantilados. Para este trabajo de investigación se diseñó una técnica inédita de medición, que se basa en la descripción de la geometría de cualquier objeto reflectivo mediante pulso láser. Para ello se empleó un telémetro digital láser BOSCH DLE 50 *Professional*, con una precisión del orden de  $\pm 2,5$  mm. El telémetro está montado sobre una placa en un trípode, el cual dispone de un nivel de burbuja y un transportador semicircular adherido al eje de la palanca de movimiento de la placa (Genchi *et al.*, 2011).

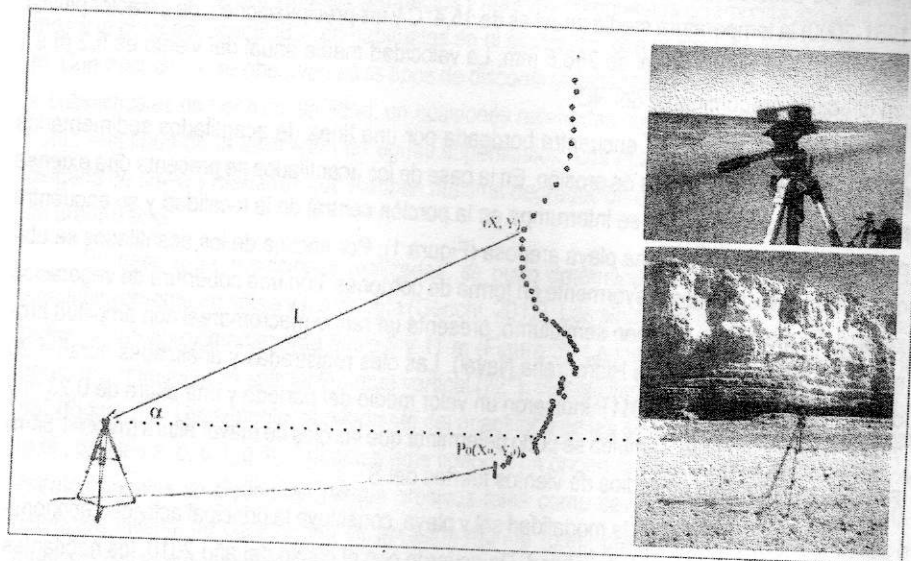


Figura 2. Esquema de las mediciones realizadas mediante telémetro láser. Fte. Genchi (2012).

El perfil resultante del acantilado empleando el instrumental láser se obtiene a partir de las ecuaciones (Figura 2)

$$X = L \cos \alpha - X_0$$

$$Y = L \sin \alpha - Y_0$$

donde  $L$  es la distancia [m] medida con el telémetro,  $\alpha$  es el ángulo medido en el transportador y  $X_0$  e  $Y_0$  son las coordenadas del punto de referencia en un plano vertical. El monitoreo se realizó en diversas secciones a lo largo de la línea de acantilados (Figura 2). Para la elaboración de los perfiles morfológicos se utilizó el programa *Grapher 6.1*.

Los acantilados poseen un claro  
nes Gran Bajo del Gualicho, la  
variación y discontinuidad a lo

Las principales estructuras de estratificación horizontal (Gendron, 1977) son: estratos horizontales, finos y usualmente orgánicos; estratos de bancos de conglomerados; estratos de estratificación grosera (gravas y arenas); estratos lenticulares. Los estratos horizontales se extienden a la cima del acantilado sobre el mar. Con frecuencia, se observan estratos subverticales de poca continuidad, usualmente como resultado de la infiltración de agua, delgada de suelo y médanos o de urbanización.

En base a las mediciones realizadas, se puede afirmar que las alturas son significativamente en altura y no en anchura. Las gradadas varían aproximadamente entre 10 y 15 m. La pared del acantilado es suficiente para sostener un ángulo de 88° (Figura 3a). Usualmente, las gradadas (p.ej., perfiles a, b, c, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z) estratos basales se distinguen por sus diferentes niveles de plataformas y por las muescas de erosión (p.ej., perfiles a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z) a la competencia del material que se encuentra en los estratos superiores del acantilado la pared del acantilado asociado a los procesos de erosión y conforma un plano de inclinación (49°) y conforma un plano de inclinación (49°) y conforma un plano de inclinación (49°).

El turismo, basado en la modalidad sol y playa, constituye la principal actividad económica y motivo de creación de la localidad. De acuerdo con el censo del año 2010, los habitantes de la localidad alcanzan 4.807. El área de estudio forma parte de un área protegida (Área Natural Protegida Bahía de San Antonio), la cual se extiende entre la línea de más baja marea hasta 50 m hacia el interior del continente desde la máxima pleamar.

En términos generales morfológicos de los acantilados bordean a la localidad en cuestión un impacto marino (abrasivo y hincado) erosión (meteorización) de origen particular de los perfiles de y de los acantilados a la desembocadura de un río.

La zona costera de la localidad de Las Grutas posee una orientación general NE-SO. Se compone de geoformas de variado origen dinámico, destacándose los acantilados. Estos se componen de rocas sedimentarias que evidencian procesos de erosión actual de carácter dife-

30

rencial y límites bien definidos debido a variaciones en la composición litológica (Genchi, 2012). Los acantilados poseen un claro desarrollo de las secuencias sedimentarias de las Formaciones Gran Bajo del Gualicho, Rodados Patagónicos y depósitos holocénicos, que muestran variación y discontinuidad a lo largo de la costa.

Las principales estructuras débiles del acantilado están dadas por las superficies de estratificación horizontales (Genchi, 2012). Los estratos basales se caracterizan por una laminación horizontal, fina y usualmente ondulítica, en la que alternan areniscas y arcillas más resistentes. Los bancos de conglomerados de rodados (Rodados Patagónicos) con matriz arenosa fina y estratificación grosera (gravas medianas a finas) poseen una ubicación aleatoria, conformando estratos lenticulares. Los estratos compactos y masivos compuestos de limonita arcillosa próximos a la cima del acantilado son habituales en el sector NE, con espesores que superan los 3 m. Con frecuencia, se observan otros tipos de discontinuidades tales como diaclasas verticales a subverticales de poca continuidad, en ocasiones rellenas con yeso o carbonato de calcio, como resultado de la infiltración de aguas superficiales. Los acantilados sustentan una capa delgada de suelo y médanos que exhiben máxima degradación en la zona de mayor densidad de urbanización.

En base a las mediciones realizadas, se pudo determinar que los acantilados varían significativamente en altura y morfología (Genchi, 2012). Las alturas de las geoformas consideradas varían aproximadamente entre 5 y 11 m (Figura 3). La inclinación general media de la pared del acantilado es suficientemente vertical ( $72^\circ$ ), con oscilaciones entre  $49^\circ$  (Figura 3d) y  $88^\circ$  (Figura 3a). Usualmente, la pendiente del acantilado en las secciones basales es cóncava (p.ej., perfiles a, b, c, f, g, h, i) directamente ligado a un origen marino. A su vez, dentro de los estratos basales se distinguen rasgos erosivos tales como cavernas (p.ej., perfiles a, b, f), diferentes niveles de plataformas de abrasión marina (p.ej., perfiles d, e) y medias cañas o muescas de erosión (p.ej., perfiles a, b, f, i), las cuales obedecen al desigual impacto marino y a la competencia del material constituyente. Por el contrario, en las secciones intermedias y superiores del acantilado la pendiente es generalmente convexa (p.ej., perfiles b, f, g, h, j, k) asociado a los procesos de erosión subaéreos. La figura 3d muestra el perfil con menor angularidad ( $49^\circ$ ) y conforma un plano de una incisión vertical o cárcava (Figura 3d,e) (Genchi, 2012).

En términos generales se manifiesta una marcada continuidad espacial de los rasgos morfológicos de los acantilados. Así, en el sector NE y centro de la línea de acantilados que bordean a la localidad en cuestión dominan los rasgos que obedecen fundamentalmente al impacto marino (abrasivo e hidráulico), mientras que al SO existe un predominio de rasgos de erosión (meteorización) de origen subaéreo, en detrimento del marino (Genchi, 2012). El caso particular de los perfiles d y e (Figura 3) con notable semejanza en altura, se localizan adyacentes a la desembocadura de un cauce efímero.



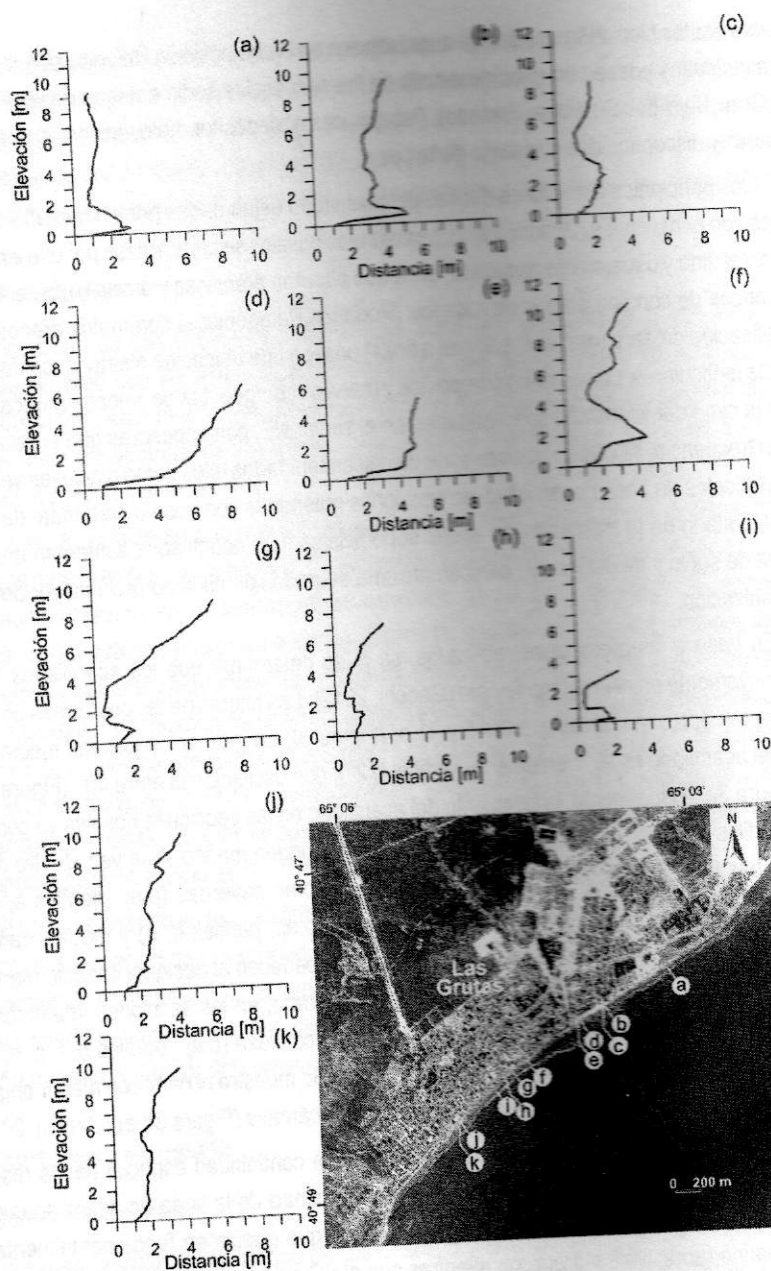


Figura 3. Perfiles morfológicos de los acantilados en varias secciones de la costa de Las Grutas y el mapa de localización -Google Earth, Image Digital Globe-. Los perfiles están orientados hacia el mar a la izquierda de los mismos. Fle. Genchi, 2012.

En la base del acantilado se ubica una zona de arena marina. El ancho de la playa es espacialmente variable, inferior a 50 m. El mayor desarrollo de la playa donde se interrumpe la plataforma de arena, donde la playa posee una pendiente suave y la zona de arena están representados por arena fina y mediana del 80 % (Genchi *et al.*, 2009).

#### 4.2. Procesos y agentes intervinientes

La dinámica erosiva del acantilado se debe a la acción de la gravedad y a la acción de las olas. Aquellos desprendimientos más importantes son los que ocurren en grandes bloques, pudiéndose observar en la zona de la playa (Genchi, 2012). Los derrumbes de detritos, asociados a los procesos de erosión, son una fuente de sedimentos importante para la playa, ya que pueden ser fragmentos de dimensiones finas hasta pequeños volúmenes.

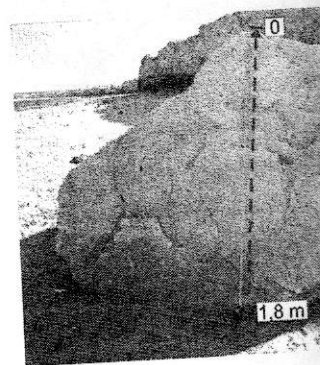


Figura 4. Ejemplos de desprendimientos de rocas en Las Grutas.

De acuerdo con Bonuccelli (2008), los derrumbes en Las Grutas para un período de 10 años, el autor considera que dicha tasa es de 1 m/año.

En la figura 5 se presentan los ejemplos de los derrumbes del acantilado en las adyacencias de la playa.

En la base del acantilado se ubica una playa que cubre en parte la plataforma de abrasión marina. El ancho de la playa es espacialmente variable, con predominio de una franja estrecha inferior a 50 m. El mayor desarrollo de la playa se localiza en el sector central del balneario, donde se interrumpe la plataforma rocosa, cuyo ancho máximo es del orden de los 250 m. La playa posee una pendiente suave a moderada ( $0,021 < \text{tg } \beta < 0,046$ ). Los sedimentos de la playa están representados por arena mediana a fina, las cuales concentran en promedio más del 80 % (Genchi *et al.*, 2009).

#### 4.2. Procesos y agentes intervinientes en el modelado del acantilado

La dinámica erosiva del acantilado está ligada a desprendimientos de fragmentos de roca debido a la acción de la gravedad en conjunto con otros procesos (p.ej., meteorización). Aquellos desprendimientos más importantes son las caídas o movimientos abruptos de bloques independientes de roca. Este tipo de desprendimientos, de carácter episódico, involucra grandes bloques, pudiéndose observar volúmenes que superaron los  $6 \text{ m}^3$  (Figura 4a) (Genchi, 2012). Los derrumbes de detritos son espacial y temporalmente habituales en el área en cuestión, asociados a los procesos de meteorización y flujos terrestres de agua, constituyendo una fuente de sedimentos importante hacia la playa (Genchi, 2012). Estos desprendimientos implican fragmentos de dimensiones menores que suelen variar desde el tamaño de una partícula fina hasta pequeños volúmenes de roca ( $\sim < 0,25 \text{ m}^3$ ) (Figura 4b).

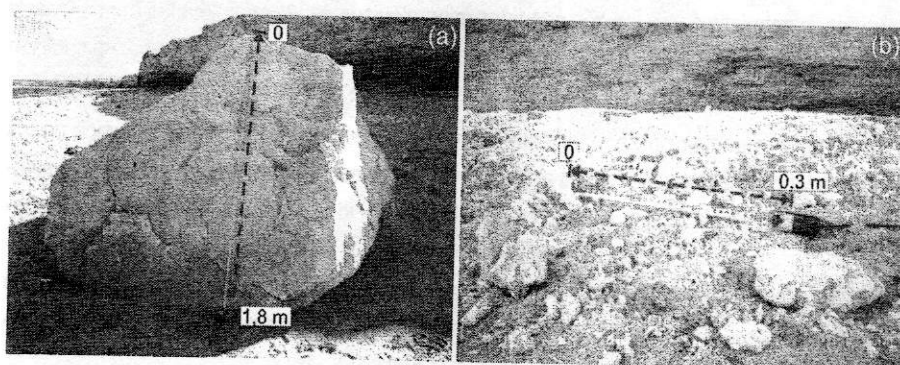


Figura 4. Ejemplos de desprendimientos de bloques grandes (a) y derrumbes de detritos (b) en la playa de Las Grutas.

De acuerdo con Bonuccelli (2005) el valor estimado de tasa de retroceso de los acantilados en Las Grutas para un periodo de 100 años ( $\sim 1900$  a  $2000$ ) varió entre 3 y 5 m; el mismo autor considera que dicha tasa podría duplicarse a largo plazo en el sector central.

En la figura 5 se presentan numerosos ejemplos de factores intervinientes en el modelado del acantilado en las adyacencias de la localidad de Las Grutas. Las olas constituyen el



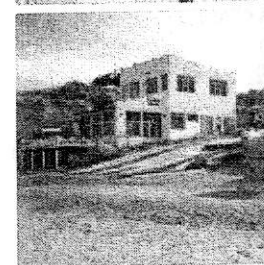
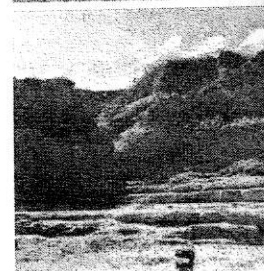
principal factor en la erosión del acantilado (Figura 5k). El impacto marino es espacialmente variable en función de la resistencia de la roca, de la orientación de la costa con respecto a las corrientes de marea y dirección de las olas y del espesor y ancho de la playa y la plataforma de abrasión. Además, la altura relativa de la base del acantilado es variable a lo largo de la costa, por lo que el nivel de la marea afecta diferentes estratos del acantilado. Así, en la porción central de la línea de acantilados que circundan a la localidad, el impacto es mayor debido a la menor altura s.n.m. (Scalise *et al.*, 2009) y a la interrupción de la plataforma de abrasión, capaz de atenuar la energía del oleaje. La marea alta alcanza diariamente una altura considerable del acantilado. En este sector el fuerte impacto marino se manifiesta en las grandes cavernas labradas, cuyas dimensiones superan los 2 m de profundidad (Figura 5f,k). En los restantes sectores, la marea alcanza el acantilado en siccigia y durante episodios de tormenta.

Entre los factores subaéreos se destacan la meteorización físico-química y la biometeorización. En el primer caso, el aerosol marino cumple un rol importante al introducir partículas de sal en los intersticios o diaclasas (haloclastia). El crecimiento de los cristales de sal ejerce presión y la consecuente disgregación de los sedimentos. El proceso de hidroclastía, dado por la alternancia de humectación (absorción) y desecación (liberación) en los materiales arcillosos y limosos, ocasiona expansión y contracción, respectivamente, y la posterior disgregación. Estos procesos están favorecidos por la acción desecante del viento y por la radiación solar. Asimismo, la amplitud térmica diaria contribuye a disgregar las arcillas. El agua de mar produce reacciones químicas sobre los componentes mineralógicos de las sedimentitas dando lugar a la formación de nuevos minerales estables a las nuevas condiciones y a la puesta en solución de numerosos compuestos (p.ej., sodio, potasio, yodo o sílice -Schillizzi, comentario personal-).

La biometeorización se manifiesta fundamentalmente por la actividad biológica de las aves que labran cavernas de formas elongadas sobre un estrato muy deleznable en proximidades de la cima (Figura 5a,b,c). Las cavernas están favorecidas por el enriquecimiento de carbonato de calcio o yeso que le otorgan mayor resistencia a la erosión. Otro rasgo de biometeorización lo constituyen los musgos, los cuales poseen estrecha relación con las filtraciones de agua subterránea (Figura 5i). Los musgos protegen el acantilado aunque alteran el sustrato debilitándolo por las sustancias corrosivas que producen.

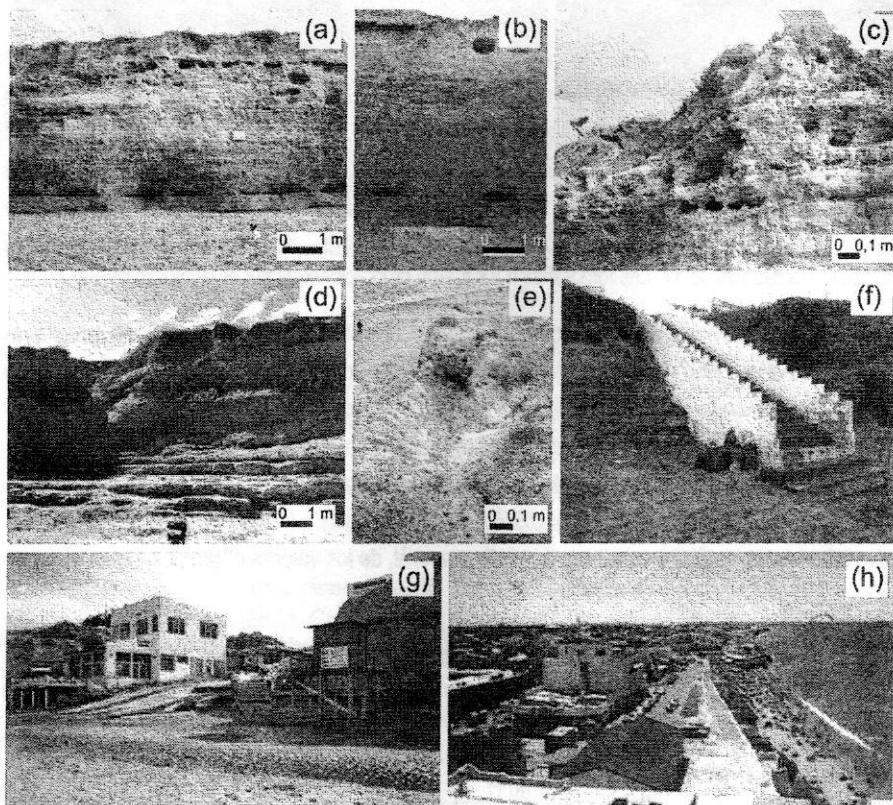
Los factores antrópicos que alteran la estabilidad del acantilado están representados por las construcciones próximas y, en ocasiones, incrustadas en la cima del acantilado (Figura 5f,g,h); invasión de vegetación introducida en la cima del acantilado, con marcado desarrollo de raíces entre discontinuidades que actúan ejerciendo presión (Figura 5f,i,j); intensos escurrimientos superficiales de aguas pluviales por impermeabilización del suelo (Figura 5d,e,i) y los efluentes líquidos subterráneos que filtran en el acantilado sobre estratos impermeables (Figura 5i). Cabe mencionar que los escurrimientos superficiales son responsables de la formación de carcava-

mientos, tal como puede verse en la morfología cóncava. Las filtraciones en la porción centro-SO de la localidad son de tipo meteórico (en estado natural) y de bacterias contaminantes de origen antrópico. Asimismo, el flujo de agua con el régimen de precipitación diaria y un sistema de erosión



<sup>2</sup> Valor estimado por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (infoagua/200911/noticias/29918)

mientos, tal como puede apreciarse en los perfiles d,e (Figura 3) dando como resultado una morfología cóncava. Las filtraciones en el frente del acantilado se concentran principalmente en la porción centro-SO de la localidad debido al plano de inclinación regional. Estas poseen un origen meteórico (en estado natural) y otro no meteórico. Esto último queda demostrado por la presencia de bacterias contaminantes (p.ej., coliformes) (Diario Río Negro, 2009) que sugieren un origen antrópico. Asimismo, el flujo constante que caracteriza a estas filtraciones no posee una relación con el régimen de precipitación. En la localidad se hallan actualmente pozos sépticos en gran cantidad y un sistema de efluentes que cubre aproximadamente el 40 % de las viviendas<sup>2</sup>.



<sup>2</sup> Valor estimado por la Secretaría de Obras Públicas Municipal (2009) en el sitio web <http://intra.ada.gba.gov.ar/intra/infoagua/200911/noticias/299184.html>



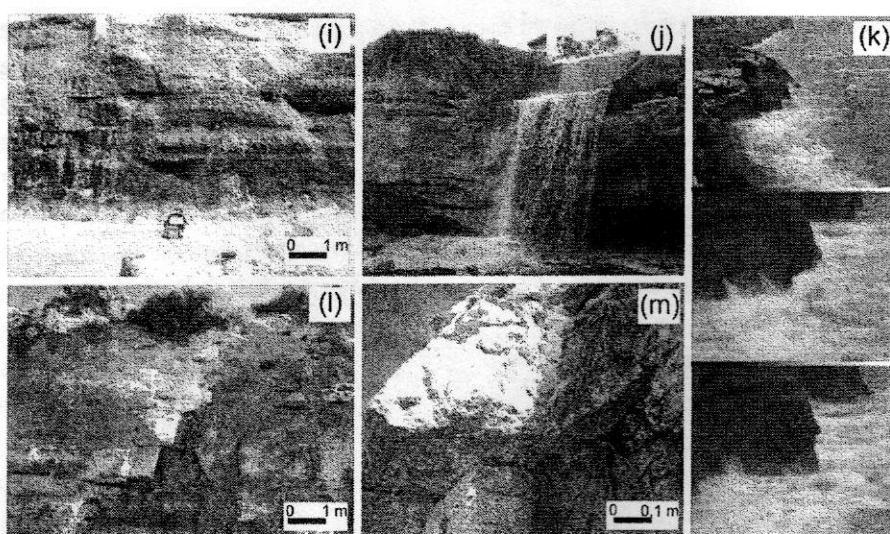


Figura 5. Principales factores naturales y antropogénicos de inestabilidad del acantilado en diferentes sectores. Fte. Genchi, 2012. Las fotografías h y k fueron proporcionadas por el Municipio de SAO.

Estudios previos detectaron contaminación en el mar adyacente a la localidad mencionada (Esteves *et al.*, 1997), así como en las filtraciones del acantilado (Scalise *et al.*, 2009). Cabe destacar la alta concentración de nitratos y fosfatos, indicadores de residuos líquidos procedentes de los usos urbanos y de la actividad agrícola intensiva desarrollada próximo a la localidad. Para el caso del nitrato, los valores hallados superaron significativamente el umbral para el consumo, establecido en  $10 \text{ mg l}^{-1}$  (USEPA, 1986) (Tabla 1). La M.O.P. se halló en proporciones variables, entre 288 y  $1.008 \text{ mg C m}^{-3}$ . En general, de los valores obtenidos, no se observa un comportamiento espacial definido.

Tabla 1. Parámetros químicos de las filtraciones en los acantilados que bordean la localidad de Las Grutas. Fte. Genchi, 2012.

N° de Muestra	M.O.P.	Nitritos	Nitratos	Fosfatos	Silicatos
	$\text{mg C m}^{-3}$	$\text{mg l}^{-1}$	$\text{mg l}^{-1}$	$\text{mg l}^{-1}$	$\text{mg l}^{-1}$
1	900	0,02	15,21	0,07	59,44
2	288	0,00	34,80	0,04	70,63
3	1.064	0,07	26,10	0,41	67,13
4	1.008	0,03	13,32	0,19	67,83
Media	815	0,032	22,357	0,177	66,259
Desv. Est	357,8	0,028	10,028	0,168	4,790

## 5. Conclusiones

Los diversos pr  
 junto con las caracter  
 largo de la costa de l  
 tendencia erosiva ma  
 erosivo de los acantila  
 Lo anterior debe ser t  
 constituye la principa

Por lo dicho, re  
 la implementación de  
 operativas y economí  
 tización de las medic  
 tal en la determinaci  
 secciones. Además,  
 oceanográficos.

## Bibliografía



## 5. Conclusiones

Los diversos procesos y agentes que intervienen en el modelado del acantilado, en conjunto con las características intrínseca del mismo, implican un patrón diferencial de erosión a lo largo de la costa de la localidad de Las Grutas. El sector central de la localidad presenta una tendencia erosiva más marcada. Se manifiestan múltiples causas que aceleran el proceso erosivo de los acantilados, destacándose la urbanización muy próxima a la cima del acantilado. Lo anterior debe ser tenido en cuenta máxime cuando el turismo, bajo la modalidad sol y playa, constituye la principal actividad económica.

Por lo dicho, resulta indispensable el conocimiento y cuantificación de las variables para la implementación de medidas de control adecuadas. El método propuesto, dadas sus ventajas operativas y económicas, permite efectuar mediciones con suficiente regularidad. La sistematización de las mediciones de los perfiles morfológicos proporciona una herramienta fundamental en la determinación de la inestabilidad (tasa de retroceso) del acantilado a lo largo de varias secciones. Además, debe complementarse con mediciones de parámetros meteorológicos y oceanográficos.

## Bibliografía

- Benumof, B. y Griggs, G. (1999). *The dependence of seaciff erosion rates on cliff material properties and physical processes: San Diego County, California*. Shore & Beach, 67: 29-41.
- Bonuccelli, R. (2005). "Los acantilados del Balneario Las Grutas. Procesos que intervienen sobre el litoral. Destrucción de los acantilados. Medidas preventivas para que se transformen en estructuras estables". En: *Las mesetas patagónicas que caen al mar: La costa rionegrina*, R. Freddy Masera, Lew, J. y Serra Pirano, G. (Eds.), Gobierno de Río Negro, pp. 221-234.
- Carter, R. W. G. y Woodroffe, C. D. (1997). "Coastal evolution: late Quaternary shoreline morphodynamics". In: *Coastal Evolution in the Quaternary*, R. W. G. Carter and C. D. Woodroffe (Eds.), IGCP Project 274, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1-32.
- Davidson-Arnott, R. (2010) *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology* Cambridge University, 442 pág.
- Diario Río Negro. Edición On Line. Disponible en: <http://www.rionegro.com.ar/diario/>
- Emery, K. O. y Khun, G. G. (1982). *Sea Cliffs their processes profiles and classifications*. Geological Society of American Bulletin 93: 644-654

- Esteves, J. L.; Solís, M.; Sastre, V.; Santinelli, N.; Gil, M.; Commendatore, M.; Raies, C.G. (1997). "Evaluación de la contaminación urbana de la bahía de San Antonio (provincia de Río Negro)". *Informes Técnicos del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica, Fundación Patagonia Natural* (Puerto Madryn, Argentina), N° 31, pp 1-32.
- Fucks, E. E., Scalise, A. H., Schnack, E. J. (2009). "Procesos que afectan la estabilidad de los acantilados en Las Grutas, provincia de Río Negro, Argentina". *IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur, La Plata, Argentina*.
- Genchi, S. A.; Carbone, M. E.; Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. (2009). "Acantilados que retroceden: El caso del Balneario Las Grutas (Río Negro)". *Boletín Electrónico del CCT-CONICET-Bahía Blanca*, N° 4.
- Genchi, S. A.; Carbone, M. E.; Piccolo, M. C.; Perillo, G. M. E. (2011). "Clasificación geomorfológica automatizada en terrazas del noreste del Macizo Norpatagónico, Argentina". *Revista GeoFocus (España)*, 11: 182-206.
- Genchi, S. A. (2012). *Geomorfología regional y dinámica costera del sector occidental del Golfo San Matías*. Tesis Inédita UNS 255 pag
- Isla, F. I.; Bujalesky, G. G.; Bértola, G. R.; Iantanos, N.; Estrada E. (2004). "Typology of Argentine Beaches: Composition, Tidal Range and Wave Energy". *Journal of Coastal Research*, 39: 375-378.
- Kokot, R. R.; Codignotto, J.; Elisondo, M. (2004). "Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de Río Negro". *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59: 477-487.
- Kokot, R. R.; Luna, F. S., Salminci, J. C. (2009). "Modelo de resistencia a la erosión costera en Buenos Aires y Río Negro". *VII Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. XV Coloquio de Oceanografía, Bahía Blanca, Argentina*, pp. 160.
- Scalise, A. H. (Coord.); Schnack, E. J. (Dir. Científico); Fucks, E. E.; Ahrendt, K.; González, R. A. C.; García, F.; Sciarrone, R.; Spagnuolo, D. (2009). *Evaluación de alternativas para la conservación y manejo del frente costero en Las Grutas*. Consejo Federal de Inversiones, Provincia de Río Negro.
- Servicio Meteorológico Nacional (1985). *Estadística Climatológica 1961-1970. Serie B, N° 35*, Comando de Regiones Aéreas, Fuerza

Aérea Argentina, Buenos Aires.

Servicio Meteorológico Nacional (1986). *Estadística Climatológica 1971-1980*. Serie B, Nº 36, Comando de Regiones Aéreas, Fuerza Aérea Argentina, Buenos Aires.

Servicio Meteorológico Nacional (1992). *Estadística Climatológica 1981-1990*. Serie B, Nº 37, Comando de Regiones Aéreas, Fuerza Aérea Argentina, Buenos Aires.

Servicio Meteorológico Nacional (2006). *Estadística Climatológica 1991-2000*. CD, Comando de Regiones Aéreas, Fuerza Aérea Argentina, Buenos Aires.

Schillizzi, R.; Gelós, E.; Spagnuolo, J. (2003). "Procesos de retracción de los acantilados patagónicos entre la desembocadura de los ríos Negro y Chubut. Argentina". *Rev. Asoc. Argent. Sedimentol.*, 11: 12-25.

---

Recepción del trabajo: 08/12/2014 / Aceptado: 10/03/2015