

PROCESOS DE RETRACCIÓN DE LOS ACANTILADOS PATAGONICOS ENTRE LA DESEMBOCADURA DE LOS RIOS NEGRO Y CHUBUT. ARGENTINA

Roberto SCHILLIZZI,^{1,2} Edgardo M. GELOS¹ y Jorge SPAGNUOLO^{1,2}

¹ CONICET, Instituto Argentino de Oceanografía, La Carrindanga, km 7, C.C.804, (8000) Bahía Blanca.

² Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, San Juan 670, (8000) Bahía Blanca.
chilli@criba.edu.ar, jospa@criba.edu.ar

Resumen: Se analizan los procesos de retracción de los acantilados sedimentarios en el sector de costa comprendido entre Playa El Faro (provincia de Río Negro) y la desembocadura del río Chubut (provincia del Chubut). Se determinó la litología y estructura de los perfiles de los cantiles, tanto en costas expuestas como protegidas de la acción marina. Analizados los distintos criterios de clasificación de los procesos intervinientes se estableció que los frentes acantilados y sus pendientes varían según mecanismos provocados por movimientos de partículas y bloques; de masas y complejos. Por su parte, los factores que controlan a los procesos son estáticos y dinámicos. El retroceso de los acantilados se relaciona, en forma directa, con sus características litológicas y estructurales que actúan de modo diferencial frente a los agentes exógenos. Estos ocasionan, en la base del acantilado, por acción hidráulica marina, la formación de medias cañas y caída de bloques entre otros. Sólo en casos excepcionales la erosión marina es ineficaz como agente erosivo de los acantilados.

Zenkovich, (1967) clasificó los tipos de acantilados y los movimientos de sus escarpas. Basado en la experiencias de Sanders (1981) y Sunamura (1983), Carter (1991) estableció modelos experimentales de los procesos erosivos que afectan a los frentes. Schillizzi y Gelós (1999) y Schillizzi *et al.*, (2001) analizaron la morfología costera. El área de trabajo se ubica en la región geomorfológica denominada «Golfos Norpatagónicos» (Schillizzi *et al.*, 2003). Este conjunto forma en la costa extensos frentes subverticales, con alturas que varían entre los 20 y 100 m snm.

A) Movimientos de partículas y bloques: se subdividen en dos clases. La primera corresponde a la desagregación o remoción simple. Ésta se produce tanto por zapamiento, efecto que forma las molduras de rompiente (Gelós *et al.*, 1992), Pta Hércules, como por la acción eólica combinada con el rocío o «spray marino». Debido a este proceso se producen pequeñas crestas de acumulación inconsolidadas de hasta 0.30 m, las que son redistribuidas por la acción de las olas (Barrancas Blancas). La segunda clase o «desplomes de bloques», es la acción que ocasionan las olas al erosionar las diaclasas de la base (Playa Paraná y Pta Cono). Los bancos de los techos son debilitados por lluvias y gravas transportadas, efecto cuña. (Playa El Faro).

B) Movimientos de masas. Los deslizamientos por reptación o en escalera (flujo lento), son efectivos cuando el frente está formado por materiales finos (arenas y limos) con bajo grado de consolidación. El movimiento se efectúa en varias etapas, en función de la presencia de vientos direccionales dominantes que afectan a frentes acantilados, de baja pendiente y aún en presencia de escaso desarrollo vegetal.

C) Movimientos complejos: (combinación de deslizamiento y flujo). En estos procesos interviene el particulado y traslación de los materiales. Comprende a los deslizamientos por flujos seriados y los deslizamientos de bloques seriados. La escorrentía superficial e infiltración, contribuye a degradar rápidamente los frentes al producir el movimiento diferencial de los materiales (Pta Ninfas).

Factores estáticos o condicionantes. Corresponden a la composición sedimentaria, debilidades estructurales y angularidad de los frentes. En el sector de la provincia de Río Negro los frentes costeros, con orientación E-O, están formados principalmente por areniscas azuladas de la Fm Río Negro (Andreis, 1965) y presentan niveles de Rodados Tehuelches (Weber, 1983). En el sector costero del NE de Chubut, los frentes están formados por arcilitas y areniscas de la Fm Pto Madryn (Haller, 1979). La inclinación de las escarpas varía entre 20 y 70°, Gelós *et al.*, (1992).

Factores dinámicos o desencadenantes. Señalan el tipo e intensidad de los agentes exógenos. La dinámica marina produce la formación de molduras y de material particulado al actuar en la base acantilada. En un segundo caso y frente a la estructura (alternancia de bancos arenosos y arcillosos), en combinación con plataformas de abrasión cortas y de fuerte pendiente, determina la caída de bloques. Estos protegen temporalmente la base del acantilado de la acción marina. La hidráulica continental, acción exógena muy activa, está expresada por el movimiento de aguas de escurrimiento y de infiltración que producen cárcavas y superficies lobuladas en los frentes. La acción hidráulica combinada (marina y continental) esta se produce cuando los niveles superiores son sedimentitas arenoso-calcáreas fosilíferas y bien consolidadas (Fm Pto Madryn) y los inferiores son netamente tobáceos a arenoso-tobáceos (Fm Gaiman). La acción de la humectación- desecación marina y continental; actúa principalmente en frentes con alto contenido en material pelítico y en áreas protegidas de la acción de los vientos. El proceso erosivo dominante es la alteración cutánea de los minerales. Las pendientes verticales de los acantilados adquieren inclinación y morfología lobulada.

Recibido: 11 de febrero de 2004
Aceptado: 06 de junio de 2004

Como conclusión se establece que en el sector NE de Chubut, los procesos principales que modifican las pendientes de los acantilados, a través del ensanchamiento de diaclasas, son los movimientos de masa.

La humectación marina y continental produce la alteración cutánea de los minerales arcillosos, ésto ocasiona la pérdida de cohesión por micro procesos, ayudados a su vez por el lavado superficial. Las aguas meteóricas actúan en ambos sectores, provocando el debilitamiento de los niveles elevados del acantilado, generando cárcavas y caída de bloques. Se recomienda monitorear en forma periódica los cambios producidos en los frentes acantilados.

Palabras clave: retracción, acantilados sedimentarios, costas patagónicas

Keywords: retraction, cliffs, patagonian coasts.

EXTENDED ABSTRACT

Cliff-retraction processes in the Patagonia between the mouths of the Negro and Chubut rivers, Argentina.

Retraction processes in sedimentary cliffs are studied for the first time along the coast of the Argentina Patagonia between Playa El Faro (Río Negro Province) and the mouth of the Chubut River (Chubut Province). The lithology and structure of the cliffs were determined, along both exposed and protected coasts.

Based on the various classification criteria for active processes the resulting cliff faces and slopes vary in relation with the mechanisms produced by the movement of particles and blocks. Also these processes can be also considered as static and dynamic. Cliff retreat is related to the lithologic and structural characteristics that act in a differential way against the exogenous agents. The hydraulic action of these agents produce, on the base of the cliffs, the formation of wave-cut notches and block falling, among others. Only in exceptional cases the marine erosion does not act efficiently.

Zenkovich, (1967) classified the various kinds of cliff and the scarp movements. Based on the observations by Sanders (1981) and Sunamura (1983), Carter (1991) established experimental models of the erosive processes affecting cliff faces. Schillizzi and Gelós (1999) and Schillizzi et al., (2001) analyzed the coastal morphology of the area «Golfos Norpatagónicos» (Schillizzi et al., 2003). Cliffs, in this region, have subvertical faces with heights that vary from 20 to 100 m msl.

A) Particle and block movements: they are subdivided in two classes. The former corresponds to the disaggregation or simple remotion which produces sapping and the development of notches (Gelós et al., 1992, Pta Hércules), combined with the action of the

marine spray. Due to this process, as series of small, unconsolidated accumulation ridges are formed with highs up to 0.30 m, which are redistributed by the waves (Barrancas Blancas). The latter, or block dislodge, is produced by the wave erosion of the base diaclasas (Playa Parana and Punta Cono). The top banks are debilitated by the rain and transported gravels, wedge effect (Playa El Faro).

B) Mass movements. Reptation slides or in stairs (slow flow) are effective when the cliff face is formed by fine sediments (sand and silt) with low degree of consolidation. The movement occurs in several stages as a function of the presence of dominant directional winds which attack low slope cliff faces, even with scarce vegetation.

C) Complex movements: (Slip and flow combination). In these processes participate the formation of particles and their translation. Include slipping by serial fluxes and slipping by serial blocks. The surface runoff and infiltration contribute to a fast degradation of the cliff faces inducing a differential movement of the material (Pta Ninfas).

Static or conditional factors. They are related to the sediment composition, structural weakness and face angles. Along the coast of Rio Negro Province where the faces have an E-W orientation, they are formed mainly by blue sandstones of the Río Negro Fm (Andreis, 1965) and have levels with Rodados Tehuelches (Weber, 1983). On the NE sector of the Chubut Province, the faces are constituted by limestones and sandstones of the Pto Madryn Fm (Haller, 1979). The inclination of the scarps varies between 20 and 70° (Gelós et al., 1992).

Dynamic Factors. They indicate the type and intensity of the exogenous agents. The marine dynamics acting on the base of the cliff originate notches and particulate matter. The next step with alternate sandy and clayey strata, combined with a short wave-cut platform and strong slope produce the fall of blocks. These blocks protect temporarily the base of the cliffs from marine

action. The continental hydraulic is expressed by the runoff and infiltration that originate gullies and lobulated surfaces. The combined marine and continental hydraulics occurs when the upper levels are well consolidated sandy-calcareous sedimentites with fossils (Fm Pto Madryn) and the lower ones are tuffs or sandy tuffs (Fm Gaiman). Marine and continental wetting and drying are more active on pelitic material and on areas protected from wind action. The dominant erosive process is the surficial weathering of the minerals. Vertical cliff faces acquire inclination and lobulated morphology.

In summary, in the NE sector of the Chubut Province, the main processes that modify the cliff faces are mass movements through the widening of diaclasses in clayey strata. The meteoric waters act in both sectors, inducing a weakness of the upper levels of the cliff, originating gullies and the fall of blocks.

INTRODUCCION

Los acantilados, cantiles marinos, de origen sedimentario son geformas que dominan ampliamente la morfología de las costas de la Patagonia Argentina. Cubren extensos sectores y tienen alturas variables que llegan a superar los 100 m. Están sometidos a rápidos cambios de fisonomía por la acción de los efectos erosivos. Los distintos mecanismos de retroceso de estas geformas, a pesar de su amplia distribución regional y de su elevado potencial indicador de los procesos evolutivos, no han sido aún motivo de una detallada investigación en el país. En este sentido, debe tenerse en cuenta que los acantilados se insertan en distintas regiones estructurales y se hallan sometidos a variados tipos e intensidades de agentes erosivos lo que lleva a formar modelos o perfiles de erosión distintos.

Como antecedentes de las principales investigaciones referidas a la morfología de estas formas puede citarse a Thornbury, (1966) quien fijó los caracteres condicionantes en la formación de una línea de ribera (shore). Zenkovich, (1967) clasificó los tipos de acantilados y los movimientos de sus escarpas. Basado en la experiencias de Sanders (1981) y Sunamura (1983), Carter (1991) estableció modelos experimentales de los procesos erosivos que afectan a los frentes. Cruz Colin y Capul Magaña (1997)

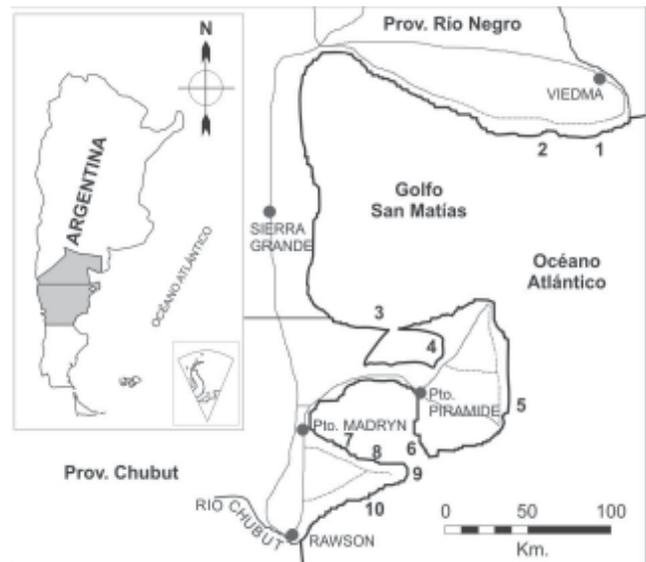


Figura 1. Área de estudio y ubicación de los perfiles: 1- Playa El Faro; 2- Bahía Creek; 3- Barrancas Blancas; 4- Punta Cono; 5- Punta Hércules; 6- Punta Cormoranes; 7- Playa Paraná; 8- El Pedral; 9- Punta Ninfas; 10- El Sombrerito

Figura 1. Study area and location of profiles. 1- Playa El Faro; 2- Bahía Creek; 3- Barrancas Blancas; 4- Punta Cono; 5- Punta Hércules; 6- Punta Cormoranes; 7- Playa Paraná; 8- El Pedral; 9- Punta Ninfas; 10- El Sombrerito.

indicaron tasas de retroceso y de aportes sedimentarios para las costas californianas.

Dentro de nuestro país los estudios referentes a las morfologías, procesos erosivos y tectónica relacionadas a estas geformas puede mencionarse a Cambra (1968), Beltramone (1981), Kostadinoff (1992), Schillizzi y Spagnuolo (1997), Gelós *et al.* (1992 y 1998), Schillizzi y Gelós (1999) y Schillizzi *et al.* (2001). Los efectos de remoción en masa y de asentamientos en acantilados fueron citados por Haller (1981), Franchi (1983), Schillizzi (1996), Kokot y Codignotto (2002), González Díaz y Tejedo (2002), entre otros. Los riesgos y/o peligrosidad de construir en los sectores acantilados fueron evaluados por Del Valle (1997), Tejedo *et al.* (1999).

El área estudiada (Fig. 1) se vincula en sus aspectos geológicos, con la Cuenca del Colorado (Zambrano, 1980). Su geografía se desarrolla en la Comarca Nordpatagónica (Stipanich y Methol, 1976). Se ubica en la región morfológica costera dominada «Golfos Norpatagónicos» (Schillizzi *et al.*, 2003). Ocupa la franja comprendida entre Playa El Faro, en la provincia de Río Negro y la desembocadura del río Chubut, en la provincia homónima. Su extensión lineal supera los 450 km. Presenta un relieve mesetiforme y escalonado, con

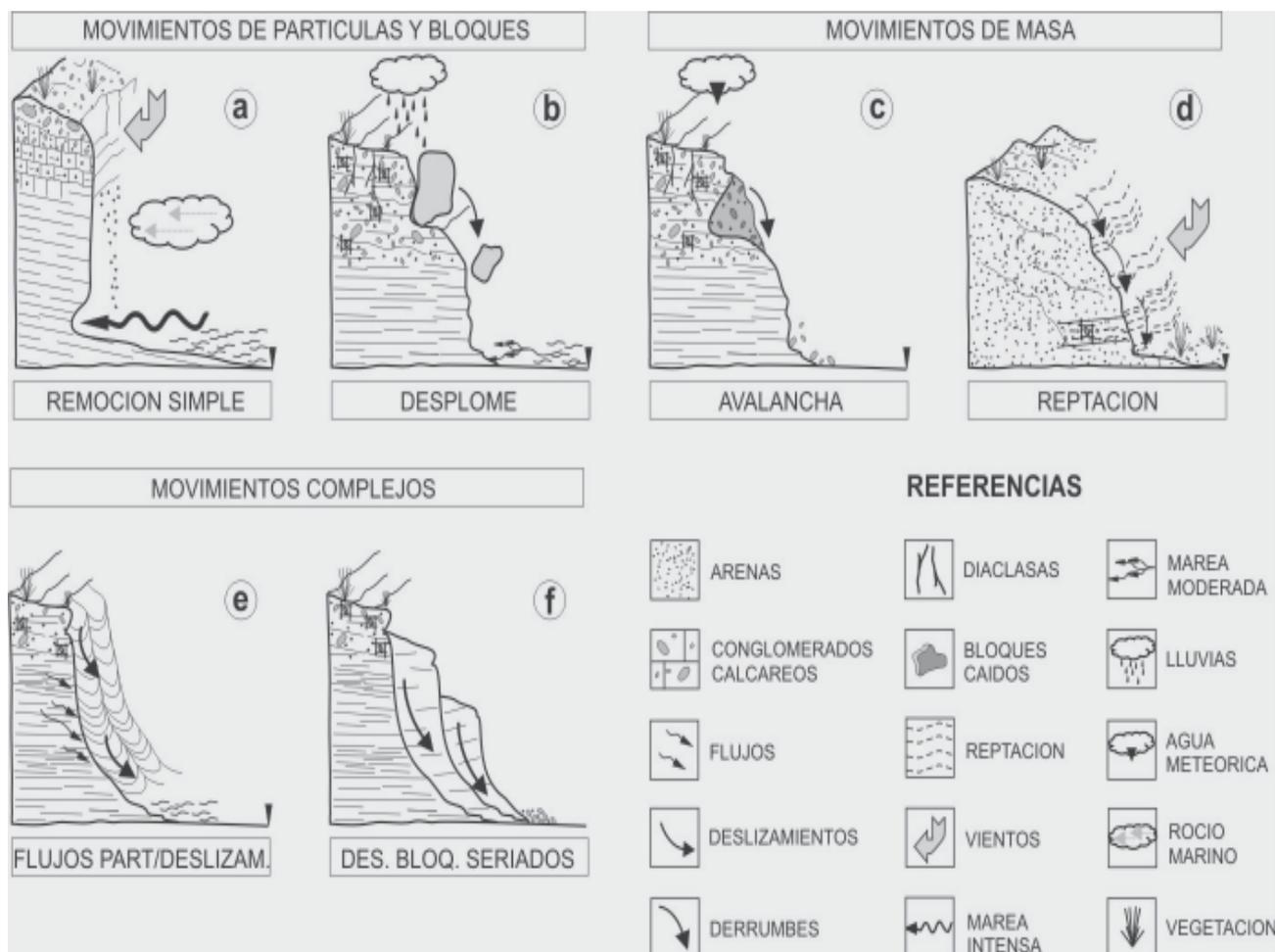


Figura 2. Factores exógenos y movimientos presentes en el sector costero NE de las provincias de Río Negro y Chubut.

Figure 2. External factors and movements present in the NE coastal sector of the Río Negro and Chubut provinces.

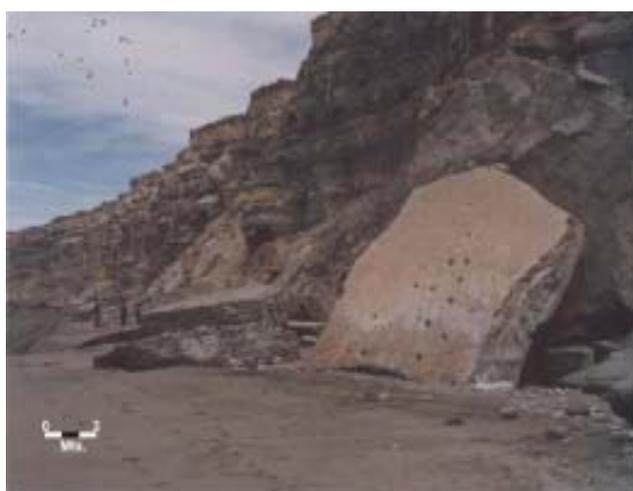


Figura 3. Bloques caídos que actúan como protección de la base acantilada. Playa el Faro. Río Negro

Figure 3. Fallen blocks acting as protection of the cliff base. Playa el Faro. Río Negro

Simpson, de los Huesos, etc. dispuestos en forma meridional y constituidos por unidades sedimentarias de origen marino y continental. Este conjunto forma en la costa extensos frentes subverticales, con alturas que varían entre los 20 y 100 m snm.

El clima es semiárido subhúmedo a seco, con precipitaciones que no exceden los 200 mm al año. Estas condiciones sólo permiten el desarrollo, sobre suelos esqueléticos, de una vegetación achaparrada y dispersa. Los vientos dominantes son del oeste en el SE en el área de Península Valdés.

El objetivo de este trabajo es describir e interpretar en un sector acantilado patagónico los mecanismos que ocasionan su destrucción. Los procesos que los afectan resistencia mecánica (flujo plástico). La escorrentía superficial e infiltración, contribuye a degradar rápidamente los frentes al producir el movimiento dife-

rencial de los materiales (Pta. Ninfas). Los procesos que los afectan llegan a traducirse en la desestabilización de los asentamientos humanos hasta ocasionar, en algunos casos, accidentes fatales

METODOLOGÍA

Para el analizar los distintos modelos de acantilados se realizaron relevamientos morfológicos y geológicos en las costas, con apoyo de fotografías aéreas del Servicio de Hidrografía Naval a escala 1:50.000 y de mapas topográficos y geológicos del Instituto Geográfico Militar escala 1: 200.000 y 1: 250.000. Se llevaron a cabo controles de campo en 10 sectores para establecer la litología y estructura de los frentes.

RESULTADOS

Para la presente investigación se adoptaron los criterios establecidos por Thornbury (1966), Bertolini (1982), Rice (1983), Pedraza (1996), Collantes (1999) y Fernández y Lutz (2003) quienes sostienen que las pendientes de los frentes son modificadas por factores gravitacionales. Estos se caracterizan por destruir la escarpa, a través de los agentes exógenos que actúan en las discontinuidades litológicas y estratigráficas facilitando el desprendimiento y caída de partículas. En consecuencia, los detritos producidos tienden a acumularse al pie del acantilado, a través de los siguientes movimientos:

A) Movimientos de partículas y bloques: se subdividen en dos clases. La primera corresponde a la desagregación o remoción simple. Esta se produce tanto por zapamiento, efecto que actúa en la base del frente formando molduras de rompiente (Gelós et al., 1992), Pta Hércules, como por la acción eólica combinada con el rocío o "spray marino" (Fig. 2a). Para estos últimos agentes se considera que su actividad es de menor magnitud y sólo conducente a la desagregación superficial de los frentes. Como consecuencia de este proceso, se producen pequeñas crestas de acumulación inconsolidadas de hasta 0.30 m en sus bases, las que son atacadas y redistribuidas por la acción de las olas y mareas. Un ejemplo lo constituye el acantilado de Barrancas Blancas.

La segunda clase o "desplomes de bloques", el proceso es ocasionado por la acción de las olas, que

socavan la base acantilada al erosionar las diaclasas (Playa Parana y Pta Cono). También, la acción combinada de lluvias torrenciales y sus gravas transportadas, al actuar como cuñas dentro de las fisuras en los techos, debilitan la estructura de los bancos (Playa El Faro) (Fig. 2b).

B) Movimientos de masas (deslizamientos). Se trata de movimientos traslacionales de características poco profundas, con planos de deslizamientos rectos, donde la «cicatriz» o superficie de arranque es de menor longitud que aquellos. Comprende a las *avalanchas* (flujo rápido) y la *reptación* (flujo lento).

El primero de los movimientos esta condicionado por la litología, grado de consolidación y selección de los materiales. Se producen cuando las paredes de las escarpas presentan pendientes de alto ángulo. El agua meteórica se infiltra en el techo de los acantilados hasta iniciar el movimiento, el cual ocurre en un único y repentino episodio (El Sombrerito) (Fig. 2c).

Los deslizamientos por reptación o en escalera (flujo lento) (Fig. 2d), son efectivos cuando el frente esta formado por materiales finos (arenas y limos) con bajo grado de consolidación. El movimiento se efectúa en varias etapas, en función de la presencia de vientos direccionales dominantes que afectan a frentes acantilados de baja pendiente y aún en presencia de escaso desarrollo vegetal. La existencia de una plataforma marina extensa, cubierta por arenas, amortigua el efecto de la marea (Gelós et al., 1988). Corresponde a los casos de Playa Unión y Bahía Rosas.

C) Movimientos complejos: (combinación de deslizamiento y flujo). En estos procesos interviene el particulado y traslación de los materiales. Los frentes están condicionados por las litologías y granulometrías heterogéneas y la disposición estructural de los materiales, todos en combinación con la pendiente. Comprende a los *deslizamientos por flujos seriados* y los *deslizamientos de bloques seriados*. En el primer caso (Fig. 2e) los frentes están dominados principalmente por niveles de arcillas, las que en presencia de agua intersticial, ven reducida su resistencia mecánica (flujo plástico). La escorrentía superficial e infiltración, contribuye a degradar rápidamente los frentes al producir el movimiento diferencial de los materiales (Pta. Ninfas).



Figura 4. Detalles de iniciación de los cárcavamientos en el techo acantilado.

Figure 4. Detail of gully initiation at the cliff top..

Los deslizamientos de bloques seriados (Fig. 2f), corresponde a una morfología casi exclusiva del perfil El Pedral. El movimiento, activado posiblemente por aguas meteóricas, se realiza siguiendo sucesivos desplazamientos de los bloques por fricción interna y basal. Hay modificación de la pendiente subvertical original, en inclinaciones de bajo ángulo, entre 15 a 20° como máximo. Además se requiere que frentes protegidos de los vientos dominantes del sector y a su vez de la existencia de una plataforma marina extensa y casi inactiva

FACTORES QUE CONTROLAN LOS PROCESOS

Ferrer Gijón (1995) determinó que los procesos que controlan los movimientos de las pendientes están regidos por factores condicionantes y desencadenantes. Entre los primeros o estáticos señala a la composición sedimentaria, la disposición de los materiales, las debilidades estructurales, la angularidad de los frentes. Entre los desencadenantes cita a factores dinámicos o exógenos que son los que tienden a modificar la estabilidad primaria de los acantilados. Este concepto coincide con lo expresado por Valoy (1982), Mossa *et al.* (1992) y Cruz Colin - Cupul Magaña (1997) quienes agregan que la acción exógena es también la proveedora de los sedimentos que alimentan a las playas.

Factores estáticos o condicionantes

En el sector de la provincia de Río Negro los frentes costeros, con orientación E-O, están formados

principalmente por areniscas azuladas de la Fm Río Negro (Andreis, 1965) y presentan niveles de Rodados Tehuelches (Weber, 1983). El conjunto formacional muestra una fuerte cementación carbonática, principalmente los rodados, con una disposición en venas tramadas que unen a las psefitas. Ambas unidades descansan sobre las sedimentitas marinas de la Fm Patagonia (De Alba, 1964). Los frentes tienen pendientes que llegan hasta la verticalidad. La disposición estructural está dada por bancos subhorizontales con inclinación de 10 a 15°, buzantes hacia el Este. Las plataformas de abrasión que protegen el pte de los acantilados no exceden los 150 m de largo, con una pendiente variable entre 1,4 al 12 %, (Gelós *et al.*, 1988).

En el sector costero del NE de Chubut, los frentes están formados por arcilitas y areniscas de la Fm Gaiman (Haller y Mendía, 1980) y por las areniscas, pelitas y coquinas de la Fm Pto. Madryn (Haller, 1979). Ambas unidades se disponen en bancos que no superan los 5 a

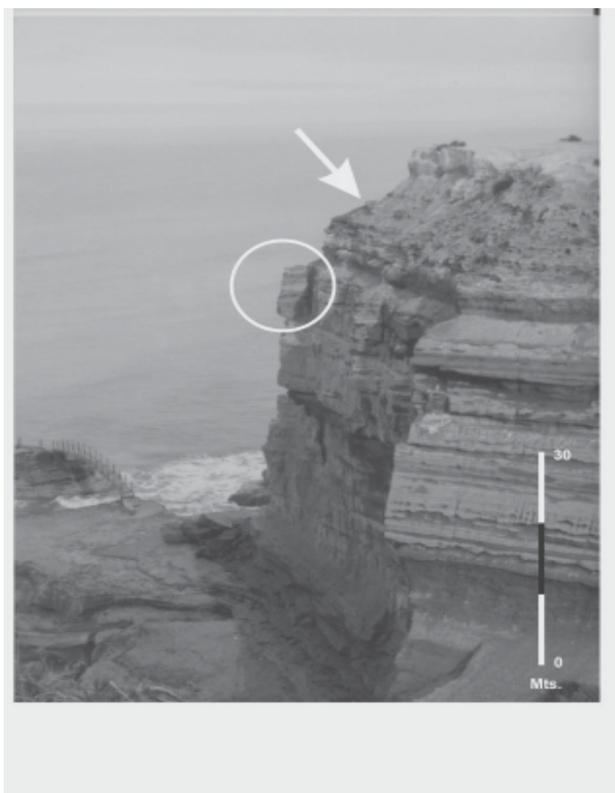


Figura 5. Desplome de bloques. En la sección superior con pendiente inclinada se observan superficies lobuladas. El Pescadero, Río Negro

Figure 5. Block collapse. In the upper section, lobate surfaces are observed. El Pescadero, Río Negro

7° de inclinación y son cubiertas por una escasa capa de gravas, en especial en la península Valdés. Las pendientes de los frentes, compuestas por uno o varios planos escalonados, alcanzan valores entre 20 y 70°. El ancho de las plataformas de abrasión varía entre los 150 a 330 m, con pendientes entre el 4 y 5 % (Gelós *et al.*, 1992).

Factores dinámicos o desencadenantes.

Señalan el tipo e intensidad de los agentes exógenos tales como la dinámica marina, la hidráulica continental, la hidráulica combinada, la humectación - desecación y la acción química

La dinámica marina es un factor de vital importancia en la retracción de los acantilados al actuar en la base del acantilado, o sobre la estructura de la geoforma o en las discontinuidades litológicas y estructurales. En el primer caso surge la formación de molduras de rompiente y de material particulado. En el segundo caso y frente a la estructura (alternancia de bancos arenosos y arcillosos), en combinación con plataformas de abrasión cortas y de fuerte pendiente, la acción marina determina la caída de bloques. Estos protegen temporalmente la base del acantilado de la acción marina (Fig. 3). Cuando los frentes presentan discontinuidades estructurales subverticales (Terzaghi, 1962; Thornbury, 1966) y bajo el efecto del pistón marino, ellas son debilitadas y ensanchadas, con la consecuente caída de bloques de los techos, sin que ellos constituyan una protección basal del acantilado.

La hidráulica continental, acción exógena muy activa, está expresada por el movimiento de aguas de escurrimiento y de infiltración. El primero se observa claramente en el sector de Playa El Faro, donde la cima del acantilado está constituida por bancos arcillo-arenosos (Zavala y Freije, 2000) con abundante cemento calcáreo, escasos rodados superficiales y algunos niveles yesíferos (Andreis, 1965). El drenaje superficial se encauza en pequeñas depresiones orientadas hacia el borde acantilado (Fig. 4). Se produce una exondación de los sectores de escorrentía que comienza a cortar el frente formando cárcavas bien marcadas y cuyo derrame hídrico cubre al frente con material fino. Este proceso determina una morfología lobulada de los bancos cuspidales al mismo tiempo que debilita a los bloques subyacentes y activa su posterior caída (Fig. 5). La presencia de médanos en la cima



Figura 6. Efecto combinado de acción hídrica: 1) continental y 2) marina. En la base (3) efecto de remoción simple de bloques.

Figure 6. Combined hydric effect: 1) continental and 2) marine. At the base (3) simple block removal.

actúa como barrera protectora al disminuir la infiltración directa.

El proceso de infiltración se ejemplifica en el sector del El Sombrerito (NE de Chubut) donde la cubierta superficial y la vegetación son muy escasas, lo que facilita la penetración hídrica. Ésta lubrica la matriz areno - limosa de los potentes bancos de rodados, afectando su estabilidad. El efecto finaliza con la caída de materiales que se acumulan caóticamente al pie del acantilado.

Cuando los frentes tienen pendientes cercanas a los 35°, con materiales finos dominantes y marcado diaclasamiento, la escorrentía superficial se encauza siguiendo al esquema estructural. Las secciones superiores muestran cárcavamientos profundos y estrechos que, al intersectar sectores inferiores más litificados y sin diaclasamientos, tienden a formar arroyadas en manto. En tales casos, estas superficies duras quedan como formas relicticas aisladas (cerro mesa), efectos que se observan en la zona de Pta. Cormoranes.

La acción hidráulica combinada (marina y continental).

En este modelo de erosión, presente en el golfo San José, juega un papel muy importante la litología de los bancos. Los niveles superiores son sedimentitas arenoso-calcáreos fosilíferos y bien consolidadas (Fm Pto. Madryn) y los inferiores son netamente tobáceos a arenoso-tobáceos (Fm Gaiman). La acción fluvial se inició formando amplias cárcavas en los techos que, en la actualidad, muestran escasa actividad erosiva. Por su parte, la base de los acantilados está sometida a la acción de las olas favorecida, a su vez, por la presencia de diaclasas (Fig. 6). La existencia de bancos calcáreos en los techos determina la formación de cornisas bien notables (Schillizzi *et al.*, 2003).

La acción de la humectación- desecación marina y continental. En los frentes con alto contenido de material pelítico, situados principalmente en áreas protegidas, se hace evidente el efecto humectación - desecación de los mismos. Los vientos provenientes del mar y la brisa marina, (Celemin, 1984) en conjunción con las mareas, producen humedad muy abundante. En consecuencia hay alteración cutánea por hidratación de los minerales arcillosos, causa que está ligada a la acción química de la disolución y cristalización de las sales marinas. El resultado final es la pérdida de cohesión de los niveles por micro procesos de contracción - expansión, ayudados a su vez, por el lavado superficial. Las pendientes verticales de los acantilados adquieren inclinación y morfología lobulada. Si los frentes presentan partículas limosas de mayor tamaño, en particular sales (cloruros y sulfatos), la remoción se ve favorecida por la deflación. Por otra parte el agua meteórica a través de la disolución contribuye a incrementar la velocidad de desagregación.

La acción química marina se vincula en variados grados con las descritas precedentemente mediante procesos como la hidratación acompañada por la hidrólisis y la disolución y recristalización de minerales (Toth, 2000), en particular cloruros, sulfatos y carbonatos (halita, yeso, calcita, etc.).

CONCLUSIONES

Se intentó en el presente trabajo una clasificación de los mecanismos de masa que afectan a los acantilados del NE de la Patagonia. Se distinguieron

dos sectores costeros según los procesos de erosión que los afectan: en la costa norte del Golfo San Matías, el principal factor de destrucción es la remoción simple focalizada en la base de los acantilados. Allí, la acción de las olas se complementa con las debilidades de la litología, la estructura y la morfología. En el sector NE de Chubut, los procesos principales que modifican las pendientes de los acantilados, a través del ensanchamiento de diaclasas en estratos arcillosos, son los movimientos de masa. Los deslizamientos por bloques seriados (movimientos complejos) se registran sólo en una única zona. Las aguas meteóricas actúan en ambos sectores, provocando el debilitamiento de los niveles elevados del acantilado, generando cárcavas y caída de bloques.

Se recomienda monitorear en forma periódica los cambios producidos en los frentes acantilados. Entre los factores condicionantes se deben incluir a las plataformas de abrasión marinas de corta extensión y de fuerte pendiente, las que potencian la actividad erosiva del mar.

Ante la falta de planes de investigación regionales sistemáticos que permitan evaluar los procesos erosivos que se desarrollan actualmente en la costa acantilada del golfo San Matías y el NE de la provincia de Chubut, se recomienda implementarlos para prevenir desastres económicos y ambientales. Esto permitirá evaluar el riesgo y establecer índices de peligrosidad ante cualquier tipo de emprendimiento relacionado con el área costera. Proyectos tales como obras viales próximas a la costa, utilización de accesos al mar en áreas acantiladas con fines recreativos o para la instalación de embarcaderos, planificación de asentamientos humanos (villas balnearias), instalaciones industriales relacionadas a la actividad pesquera o minera, etc., pueden correr riesgo (Varnes, 1984) de una rápida destrucción por erosión (Fig. 7). Además, estarían involucrados en esta situación la vida y bienes personales de quienes utilizaran estas construcciones.

Agradecimientos: El presente trabajo fue financiado con fondos del proyecto PID 647/98 CONICET. Al Dr. G.M.E. Perillo por sus valiosos aportes y sugerencias al texto, como así también a los revisores de la AAS Revista.



Figura 7. Riesgo de construir en zonas afectadas por movimientos de bloques y partículas. Balneario Las Grutas. Río Negro.

REFERENCIAS

- Andreis, R., 1965. Petrografía y paleocorrientes de la Formación Río Negro (tramo General Conesa - boca del Río Negro). *Revista del Museo de La Plata. Geología* 36: 245-310.
- Beltramone, C., 1981. Rasgos fisiográficos de Península Valdés. CONICET- CENPAT. Contribución 46, 15 pp. Chubut.
- Bertolini J., 1982. Descripción y clasificación de los movimientos de masa en las barrancas enterrianas del Río Paraná. Argentina., *V Congreso Latinoamericano de Geología*. Actas IV:37-52.
- Cambra, H., 1968. Consideraciones geográfico-geológicas del área comprendida entre Puerto Pirámides y la Punta homónima. *IDES*. 8 pp. Chubut.
- Carter, R.W. 1991. *Coastal Environments*. 2da.ed. Academic Press. 617 pp.
- Celemín, A., 1984. *Meteorología práctica*. Ed. Celemín, 284 pp. Buenos Aires. *Congreso Geológico Argentino*, Actas III: 593 - 606. Buenos Aires.
- Kokot, R. y J. Codignotto, 2002. Geomorfología de la faja litoral de la provincia de Santa Cruz. *XV Congreso Geológico Argentino*, Actas 2: 524 - 528.
- Kostadinoff, J., 1992. Estudio geofísico de la península de Valdés y los golfos Nordpatagónicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 47: 229 - 236.
- Mossa, J., E. Meisburger y A. Morang, 1992. Geomorphic variability in the coastal zone. *US Department of the Army. Coastal Geology and Geotechnical Program*. T.R. 92 - 4. 1 - 103.
- Pedraza J. de., 1996. *Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones*. Rueda, España, 414 pp.
- Rice, R. J., 1983. *Fundamentos de Geomorfología*. Paraninfo, Madrid, 392 pp.
- Sanders, J. E., 1981. *Principles of Physical Geology*. John Wiley & Sons. 624. pp.
- Schillizzi, R., 1996. *Estratigrafía y geomorfología de las formaciones cenozoicas aflorantes en el litoral patagónico, entre Punta Ninfas y Punta Lobos, prov. del Chubut*. Tesis Doctoral. Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur, 128 pp (inédito)
- Schillizzi, R. y E. Gelós, 1999. El Gran Bajo de los Huesos, su tectónica en relación con la morfología. Chubut. Argentina. *Geoacta* 24: 40-49.
- Schillizzi, R. y J. Spagnuolo, 1997. Efectos erosivos en costas acantiladas del Golfo San José. (Chubut). *X Coloquio de Oceanografía*, Actas, p. 36. Bahía Blanca.
- Schillizzi, R., E. Gelós y J. Spagnuolo, 2001. Desarrollo de la unidades morfológicas costeras durante el Holoceno en el Golfo San José. *Revista Geofísica* 54:83-99.
- Schillizzi, R., E. Gelós y J. Spagnuolo, 2003. Modelos morfológicos de los acantilados patagónicos entre Barrancas Blancas y el río Chubut, Argentina. *Actas II Congr. Argentino. de Cuaternario y Geomorfología*. 389-400. Tucumán
- Stipanovic, P. y E. Methol, 1976. Comarca Nordpatagónica. *Geología Regional Argentina*. En: Academia Nacional de Ciencias (Eds), II:1071 - 1099. Córdoba.
- Sunamura, T., 1983. Processes of Sea Cliff and Platform Erosion. En Komar CRC Press (Ed), *Handbook of Coastal Processes and Erosion*: 233-266. Londres.
- Tejedo, A., L. Pereyra, C. Anielli y M. Jones, 1999. Carta de peligrosidad 4566. III. C. Rivadavia. *SEGEMAR*. Bol. 305. Buenos Aires.
- Terzaghi, K., 1962. Stability of steep slopes on hasrd unweathered rock. *Geotechniques* 12: 251-270
- Thornbury, W., 1966. *Principios de Geomorfología*. Kapelusz. 643 pp. Buenos Aires.
- Toth, J., 2000. Las aguas subterráneas como agente geológico, causas, procesos y manifestaciones. *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 111 - (4) 9 - 26 pp. España.
- Valoy, J., 1982. Taludes y deslizamientos de rocas en rutas del norte Argentino. *IV Congreso Latinoamericano de Geología Argentina*, Actas IV:53-67. Buenos Aires.
- Varnes, T., 1984. Landslide Hazard Zonation, a review of Principles and Practice. Int. Ass. Engineering Geology Comm. UNESCO.
- Weber, E., 1983. Descripción geológica de la hoja 40 j, Cerro El Fuerte. *Servicio Geológico Nacional*. Bol. 196. Buenos Aires.
- Zambrano, J., 1980. Comarca de la Cuenca Cretácica de Colorado. En Academia Nacional de Ciencias (Ed), *Geología Regional Argentina* II:1033-1070 Córdoba.
- Zavala, C. y H. Freije, 2000. Estratigrafía secuencial del Terciario superior marino de Patagonia. ¿Un equivalente de la crisis del Messiniano? *IV Geotemas 1. Congreso del Grupo Español del Terciario*. 2: 217 - 221. España.
- Zenkovich, V. P., 1967. *Processes of coastal development*. Steers Oliver & Boyd. Londres, 738 pp.