

Origen de una roca de playa en la región costera de Bahía Blanca, Argentina

Salvador ALIOTTA^{1,2}, Jorge O. SPAGNUOLO^{1,2} & Ester A. FARINATI²

1. Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET-UNS). Camino La Carrindanga, Km 7, C.C. 804 (8000), Bahía Blanca, Argentina. E-mail: gmaliott@criba.edu.ar

2. Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur. San Juan 670 (8000), Bahía Blanca, Argentina.

Recebido em 08/2008. Aceito para publicação em 05/2009.

Resumen - Se realizaron análisis sedimentológicos y estratigráficos con el objeto de establecer las condiciones que originaron un gran afloramiento de una roca de playa en la costa norte del estuario de Bahía Blanca, Argentina. Dicha roca aflora sobre una planicie intermareal fangosa a lo largo de 2,5 km y presenta una suave pendiente hacia el mar (SE). Su matriz (arena gruesa-muy gruesa, grava y escasos fragmentos de moluscos) se halla fuertemente cementada por carbonato de calcio. Los datos sismoacústicos revelan la continuidad submarina de los sedimentos arenosos que constituyen la roca de playa. Aquí, se observa una configuración sismoestratigráfica progradante apoyada sobre materiales de edad pleistocena. La grava de cuarcita en la beachrock señala el aporte de un antiguo curso del río Napostá Chico, el cual durante la transgresión holocena habría sufrido retracción de su nivel de base, disminución de volumen y pérdida de competencia. La posterior deriva litoral redistribuyó el material gravoso e incorporó los restos biogénicos. Estos sedimentos, enterrados por el proceso transgresivo, alcanzaron su estabilidad sedimentaria, favoreciendo la cementación. La alta porosidad de los materiales facilitó la circulación en la capa freática de soluciones saturadas, provenientes de los sedimentos carbonatados pleistocenos. La mezcla subterránea de aguas continentales y marinas provocó la consolidación del sedimento. La posterior somerización de esta plataforma rocosa litificada, junto a la acción de olas y al bajo grado de sedimentación, produjo erosión y exposición de la roca. La presencia de fango en la planicie intermareal, el cual cubre parcialmente a la roca de playa, es indicativa de actuales condiciones sedimentarias de baja energía.

Palabras-clave: roca de playa, Holoceno, Estuario de Bahía Blanca.

Abstract - ORIGIN OF A BEACHROCK IN THE COASTAL REGION OF BAHÍA BLANCA, ARGENTINA. Sedimentological and stratigraphical analysis were carried out in order to determine the paleoenvironmental conditions that originated a large beachrock outcrop in the northern coast of the Bahía Blanca estuary, Buenos Aires province, Argentina. This beachrock outcrops along a 2.5-km-long intertidal, muddy plain with a slight inclination towards the sea (SE). Its calcite-cemented matrix is composed of coarse to very coarse sand and gravel with scarce fragments of molluscs. Acoustic data reveal a submarine continuity of the sandy sediment forming this beachrock outcrop. A progradational seismic stratigraphic configuration can be observed at the subbottom, on Pleistocene materials. The quartzitic gravel of this beachrock evidences the contribution of the Napostá Chico River, which retracted its base level and reduced its volume and competency during the Holocene transgression. Littoral drift subsequently redistributed the material incorporating biogenic remains. This sediment had been buried during transgression, reached sediment stability. Its porosity favoured the phreatic circulation of saturated solutions coming from Pleistocene carbonatic sediments. The mixture of continental and marine groundwaters consolidated the material. Subsequent shallowing of the lithified platform, wave action and low sedimentation rate left the rock exposed as a result of erosion. The presence of mud on the intertidal flat, partially covering this beachrock, is indicative of current low-energy sedimentary conditions.

Keywords: beachrock, Holocene, Bahía Blanca Estuary.

1. Introducción

Las rocas de playa o *beachrocks* son formaciones sedimentológicas relativamente comunes y revisten especial interés geológico-ambiental, dado que constituyen evidencia de un proceso erosivo litoral. Además de permitir inferir condiciones hidrosedimentológicas, su formación se encuentra estrictamente vinculada al ambiente geoquímico prevaeciente en la zona costera, durante y a posteriori de la sedimentación marina. Dalongeville & Sanlaville (1984) definen una roca de playa como un depósito sedimentario con capas inclinadas hacia el mar, formado en la zona intermareal, y cuyo endurecimiento se debe a la formación de un cemento carbonático (aragonita o calcita magnesiana). Se han propuesto diversas teorías para explicar la génesis de las *beachrocks*, y esto es debido, tal vez, a que una única teoría general no resulta suficiente, dada la gran variabilidad de sedimentos y procesos geológico-hidrodinámicos involucrados en cada una de las áreas costeras estudiadas (Kneale & Viles, 2000). Desde la aparición del trabajo pionero de Ginsburg (1953), a lo largo de las costas del mundo, se han realizado muchos estudios sobre rocas de playa, entre los que pueden citarse, en especial en ambientes tropicales a subtropicales (Ginsburg, 1953; Taylor & Illing, 1969; Bricker, 1971; Beier, 1985; Neumeier, 1999). Aunque también se las reconoce en áreas de climas templados (Friedman & Gavish, 1971; Holail & Rashed, 1992; Calvet *et al.*, 2003, 2005). En contraposición, en Argentina son escasas las investigaciones geológicas cuyo objetivo principal es el estudio de este tipo de depósitos litorales. Particularmente, al sur de la provincia de Buenos Aires, en cercanías del balneario Pehuén C6, se mencionan los trabajos de Mouzo *et al.* (1975), Mouzo *et al.* (1989), Vega *et al.* (1989) y González (1996).

El presente trabajo se desarrolla al suroeste de la provincia de Buenos Aires, en la regi6n costera que conforma el sector externo del Estuario de Bahía Blanca (Fig. 1). Sobre la amplia zona intermareal se localiza el afloramiento de una roca de playa, el cual constituye el primer hallazgo de este tipo de depósito en la costa de Bahía Blanca. Es por ello, que el objetivo del presente estudio consiste en la determinaci6n y análisis de las características sedimentológicas y estratigráficas del "*beachrock*", tendiente a establecer las condiciones paleoambientales que rigieron los procesos de su formaci6n.

2. Métodos

El trabajo de campo incluy6 tareas en el sector supra-intermareal y submareal, hasta una profundidad mayor a los 18 m, a lo largo de una franja costera de aproximadamente 2.500 m de extensi6n. En el sector emergido se realiz6 un relevamiento topográfico con teodolito y se vincularon las cotas altimétricas a puntos trigonométricos del Instituto Geográfico Militar (IGM). Por otro lado, se tomaron muestras superficiales y subsuperficiales de sedimento y material rocoso, mediante calicatas y extracci6n de testigos verticales. Asimismo, se midieron rumbos y buzamientos para determinar la disposici6n del "*beachrock*" y establecer sus características geométricas. Las muestras de la roca de playa fueron observadas bajo lupa binocular y posteriormente tratadas con HCl diluido, para determinar el porcentaje de carbonato cementante (Carver, 1971). Una vez disuelto el aglutinante, el material remanente, al igual que todas las muestras de sedimento obtenidas, se analizaron texturalmente a trav6s de tamizado con un intervalo de 0,5 phi. Los resultados granulométricos fueron procesados, obteniéndose parámetros estadísticos y curvas de frecuencias representativas.

El material cementante de la roca de playa fue investigado por difracci6n de rayos X. Dicho análisis se efectu6 con un equipo "Rigaku D Max III C" bajo las siguientes condiciones: radiaci6n de CU Ka1, monocromador de grafito, 35 KV; 15 mA. El material de tamaño grava fue clasificado segun sus características litológicas. De los restos biogénicos se reconocieron los taxa, siempre que sus estados de preservaci6n lo permitiesen. Asimismo, para la determinaci6n de edades radimétricas se extrajeron muestras monoespecíficas de gastr6podos y bivalvos. Las dataciones ¹⁴C (Laboratorio de Tritio y Radiocarbono de la ciudad de La Plata), realizadas en el período 1999-2000, no fueron corregidas por efecto reservorio y fraccionamiento isot6pico. Ante esta carencia, y frente al hecho de que aun no existen curvas de calibraci6n suficientemente confiables para el hemisferio sur (Figini, 2005), en el presente trabajo se opt6 por usar la edad ¹⁴C convencional (Stuiver & Polach, 1977). Por otra parte, en continuidad con el área emergida, en la zona submarina se realiz6 un relevamiento batimétrico con ecosonda de 200 kHz. Los rasgos morfol6gicos de fondo fueron determinados por medio de un sonar de barrido lateral, con un

rango de barrido de 100 m y una frecuencia de operación de 100 kHz. La estratigrafía del subsuelo marino se estudió con un perfilador sísmico de 3,5 kHz, lográndose, con un arreglo de

cuatro transductores, una potencia máxima de 10 kw. Ambos sistemas mencionados son de adquisición y procesamiento digital.

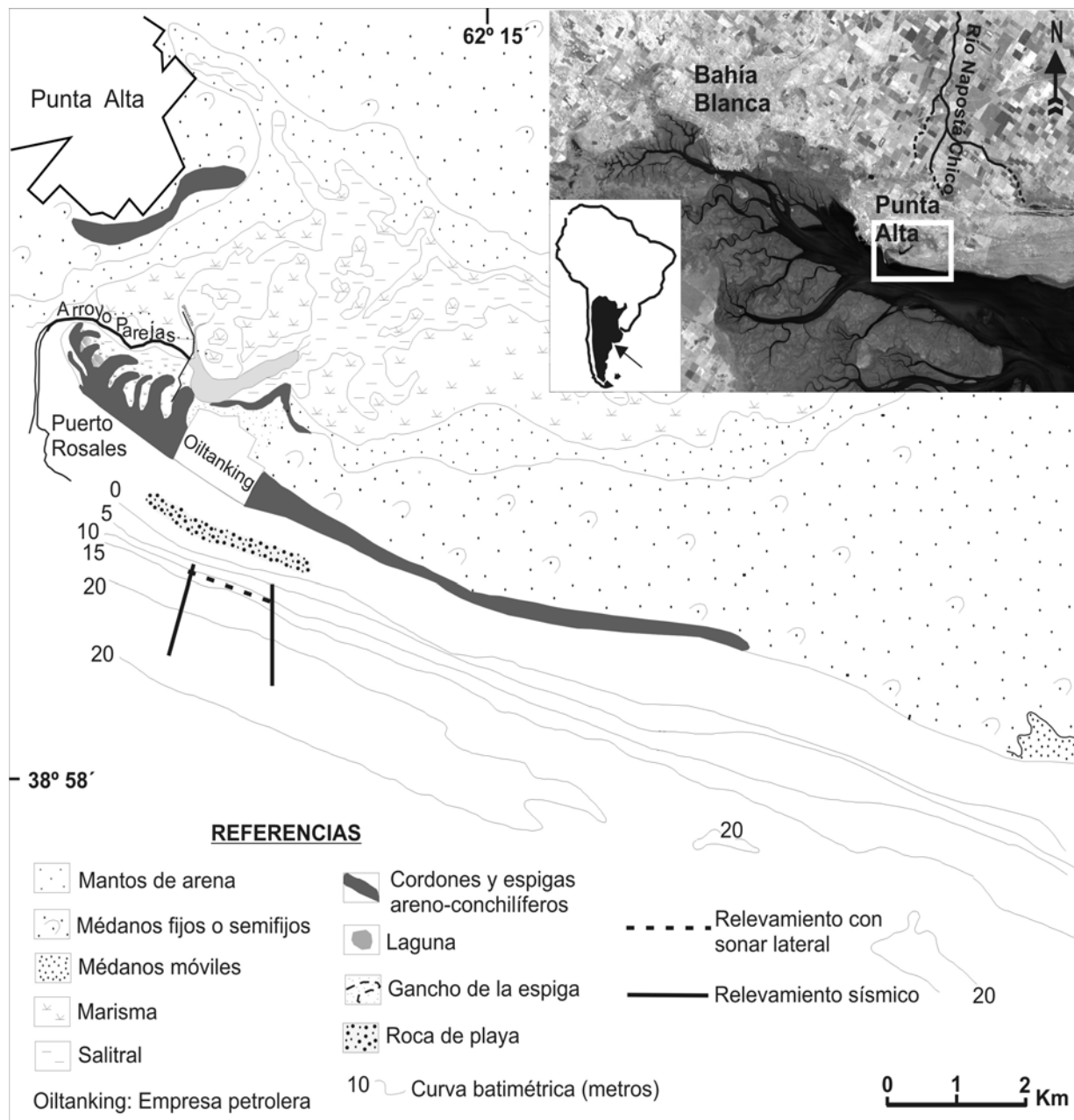


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

3. Resultados

3.1. Características del sector supra-intermareal

En la franja costera estudiada, en cotas sobre el nivel de pleamar actual, se distinguen antiguas crestas de playa que configuran una sucesión de cordones litorales. Estos depósitos

areno conchilíferos, identificados como I, II y III (Fig. 2A), fueron objeto de dataciones por medio de carbono 14 (Spagnuolo, 2005). Así, en el cordón "I" una datación realizada sobre valvas de *Tegula patagonica* definió una edad de 1890 ± 100 años A.P. Para el cordón "II", la muestra constituida por ejemplares enteros de *Crepidula aculeta*, determinó una edad de 1.740 ± 120 años

A.P. Finalmente, en el cordón más cercano a la costa (cordón "III") una muestra monoespecífica (valvas enteras y fragmentadas de *Ostrea spreta*), estableció una edad de 1.430 ± 55 años A.P. Las crestas, integradas por arena gruesa a mediana con rodados y conchilla, de gran continuidad morfológica a lo largo del tramo costero, se disponen aproximadamente entre los 3,5 y 5 m por encima del n.m.m. Estos depósitos marinos, se presentan total o parcialmente cubiertos por unidades medianosas escasamente vegetadas constituidas por arena mediana a fina.

Hacia el mar, se desarrolla la playa posterior, que configura un berma integrado por arena mediana a gruesa, con pendiente de 2 a 3 grados; el mismo da paso a un sector con declive más suave (inicio del "tidal flat"), de composición areno limo arcillosa, de color castaño oscuro y abundante presencia de materia orgánica. En la zona intermareal se observan áreas vegetadas con *Spartina densiflora*, que se densifican hacia el oeste y donde algunos ejemplares llegan a superar el metro de altura. Este ambiente vegetado es la base de grandes concentraciones de cuevas de cangrejos (*Chasmagnathus granulatus*).

En el nivel medio de la zona intermareal, aproximadamente a lo largo de una franja de 2.500 m se presenta la roca de playa, de composición areno conglomerádica con cementación calcárea. Dicho material constituye afloramientos de hasta 5 m de ancho, dispuestos en franjas subparalelas a la línea de costa actual (Fig. 2B). Las mismas se ubican en sucesivas crestas elongadas, separadas entre sí por llanos fangosos de 7 a 20 m de ancho. Los afloramientos adquieren diferentes alturas y en algunos sectores aparecen relictos que alcanzan hasta 0,5 m de desnivel. Asimismo, cabe destacar que los planchones que constituyen la roca de playa, manifiestan un suave buzamiento de hasta 5° en dirección al mar (hacia el sur). Este "beachrock" presenta cierta continuidad lateral en dirección al oeste, hasta cercanías de la desembocadura del arroyo Parejas (Puerto Rosales), donde desaparece bajo el sedimento fangoso.

Con referencia a las características litológicas de la roca de playa, la misma se halla integrada por una matriz areno-gravosa fuerte-

mente litificada por cemento calcáreo de tipo micrítico. Texturalmente está constituida por 98 % de fracción gruesa y 2% de fracción fina. La fracción psamítica está integrada por arena de diferentes granulometrías entre las que predomina la arena gruesa a muy gruesa. La grava se presenta en diferentes tamaños, desde sabulítica, hasta rodados que superan los 10 cm de eje mayor. La característica petrográfica de los clastos terrígenos se corresponde con las cuarcitas del área de Sierra de la Ventana, distante 100 km al norte del área de estudio. La fracción de origen biogénico está constituida por fragmentos de conchilla que han sufrido un elevado proceso de disolución. Las valvas se presentan pulverulentas y con gran desgaste de su arquitectura original. Entre los restos encontrados, se presenta *Tegula patagonica* fuertemente desgastada y fragmentada, además de restos no identificables de diversos bivalvos. El cemento de esta roca es masivo, de tipo microcristalino y constituye una pasta que liga, en algunos sectores, muy fuertemente los espacios porales. El material cementante llega a constituir hasta un 30 % en peso de la totalidad de la muestra.

Los análisis por difracción de rayos X (Fig. 2C) confirman que el cemento está constituido exclusivamente por calcita, no identificándose reflexiones de aragonita, dolomita, ni de otros carbonatos. Asimismo, conjuntamente con la calcita se producen, en forma subordinada, las reflexiones correspondientes a cuarzo, feldespato, hematita y entre los minerales arcillosos se distinguen las reflexiones más intensas de illita y esmectita (Spagnuolo, 2005). La presencia de hematita se debería a la formación de un producto de alteración de los feldespatos que se manifiesta en bandas de coloración rojiza que pueden percibirse a simple vista en algunos sectores de las muestras de mano.

Por debajo de la roca continúa el mismo material (arena gruesa gravosa), aunque sin cementación y con características granulométricas semejantes a aquellas de la roca de playa. Este tipo de sedimento, se intercala con arena fina con niveles de conchilla hacia la base del testigo extraído en este estudio (Fig. 2D).

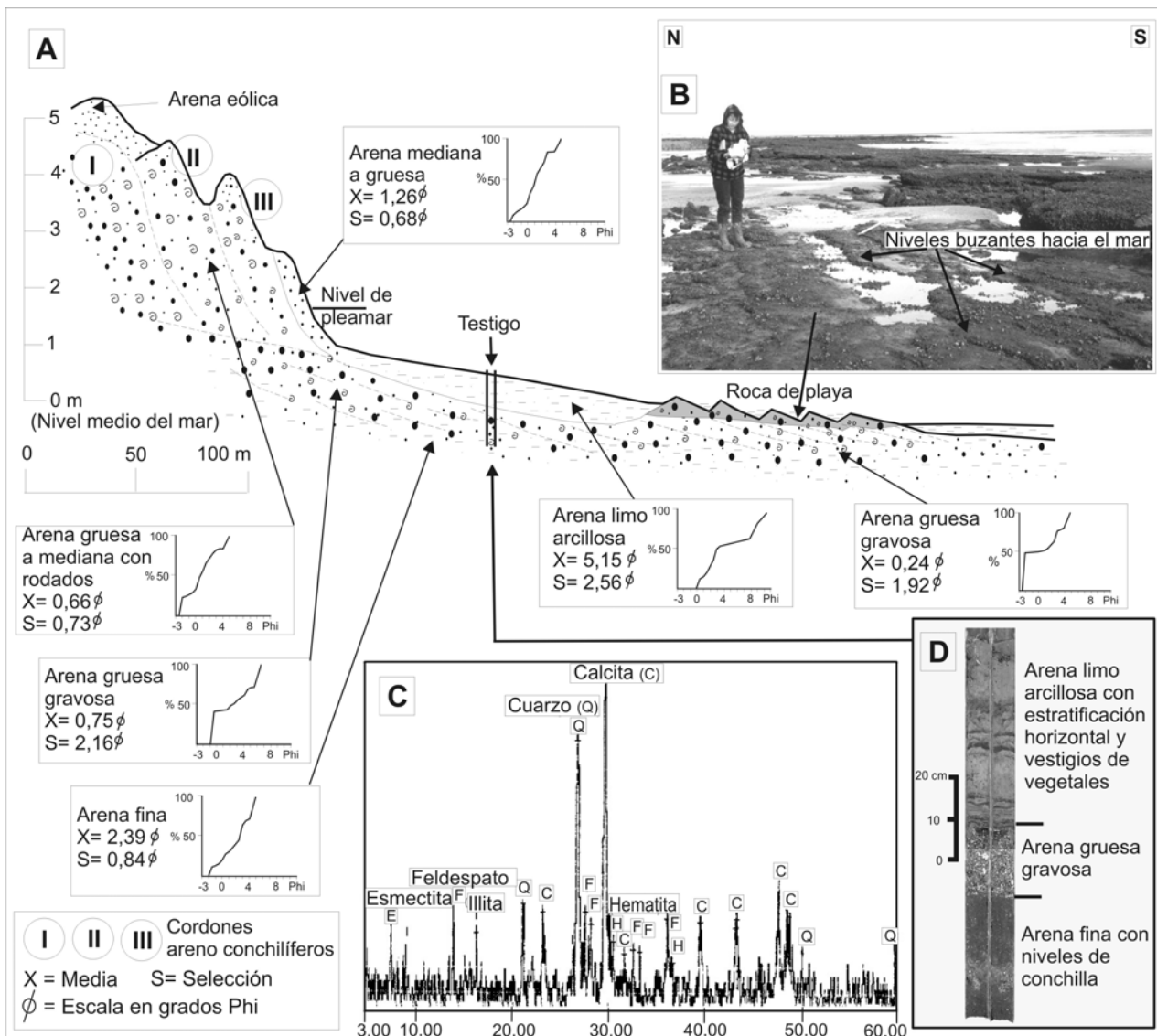


Figura 2. Esquema estratigráfico-geomorfológico. A. Detalle del perfil sedimentológico con la roca de playa. B. Vista panorámica del sector de la roca de playa. C. Difractograma de rayos X del cemento de la roca de playa. D. Testigo vertical extraído en la planicie de mareas.

3.2. Características del sector submareal

La plataforma submarina contigua al sector de afloramiento de la roca de playa se extiende con una pendiente suave, presentando un fondo relativamente plano. El relevamiento con sonar lateral (Fig. 3A) establece la existencia de una capa de sedimento arenoso, el cual es movilizado por las corrientes de marea. La generación de dunas pequeñas, sobrepuestas a un material compactado, de alta reflectividad acústica (tono oscuro en los sonogramas), confirma la migración sedimentaria (Fig. 3B). Hacia la zona más somera, el material antiguo compactado es recubierto por sedimentos que exhiben, de manera saltuaria, algunos estratos aflorantes sobre el fondo (Fig. 3B).

La prospección sísmica (Fig. 3A) define que los estratos mencionados conforman una secuencia superficial, caracterizada sismoestratigráficamente por reflectores oblicuos, progradantes hacia el mar (Fig. 3C). Sus terminaciones son "downlap" sobre una discontinuidad acústica notable, la cual constituye el techo de materiales sedimentarios compactados más antiguos. Estos materiales, según evaluaciones litológicas de perforaciones realizadas en el área corresponden a un limo arenoso, con cementación variable de carbonato de calcio, correlacionable geológicamente con las formaciones Arroyo Chasicó (Mioceno superior-Plioceno) y Pampiano (Plio-Pleistoceno). Sobre este basamento, se apoyan en discontinuidad estratigráfica sedimentos marinos estratificados, producto del último ascenso

marino Holoceno (Spagnuolo, 2005).

Los registros del subfondo denotan que la secuencia sedimentaria superficial aumenta su espesor en dirección a la costa, acuñándose hacia profundidades mayores. Sobre el sector oriental de la franja costera estudiada, se observa que la cubierta de sedimentos estratificados progradan-

tes se adelgaza, llegando a aflorar en el borde de la plataforma los sedimentos compactados antiguos (Fig. 3D). Estos materiales, hacia profundidades mayores, constituyen un importante talud de 8 m de desnivel, sobre el cual se presentan algunos escalones, producto del deslizamiento de materiales.

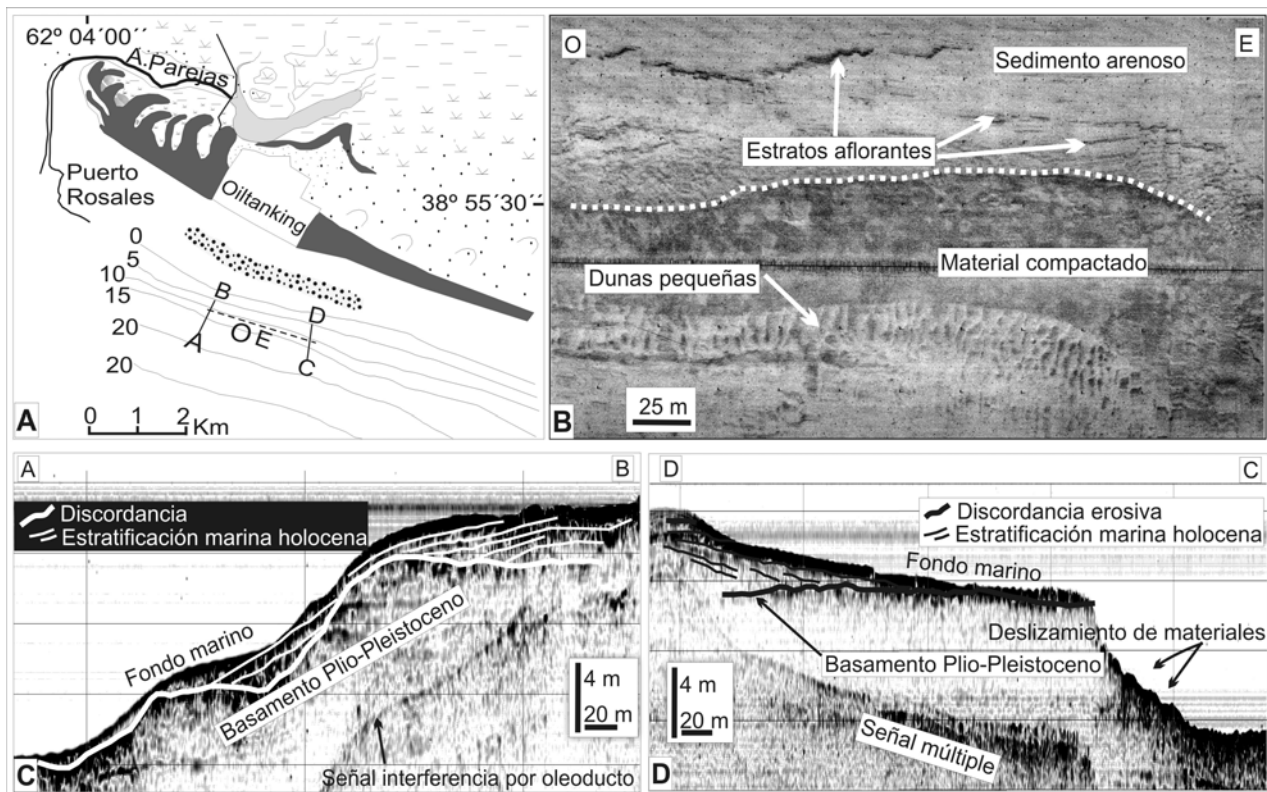


Figura 3. A. Ubicación del perfil realizado con sonar lateral y de los perfiles sísmicos de 3,5 kHz. B. Sonograma con los principales rasgos morfológicos del fondo marino. C y D. Sismogramas que detallan dos cortes verticales del fondo y subfondo marino.

4. Discusión

En el sector de playa estudiado, la presencia de un “beachrock” en la llanura intermareal (Fig. 4), conformando una amplia plataforma rocosa, resulta una característica geológica relevante, debido a que su génesis se vincula con la evolución morfosedimentológica costera. El proceso de cementación de un sedimento de playa es originado por la coexistencia de tres condiciones principales: estabilidad sedimentaria, mantenimiento de la supersaturación en los espacios porales y provisión continua de un adecuado aporte de

material en solución (Taylor & Illing, 1969). Asimismo, Russell (1962), basado en conceptos fisicoquímicos y geológicos sustenta la importancia de la combinación de aguas continentales y marinas para la formación de una roca de playa. Por su parte, Tucker & Wright (1990) establecen que la cementación se asocia a la acción de la capa freática en los niveles superiores de la zona intermareal. Si bien, en general, esta cementación ocurre en el sector intermareal de la playa (Neumeier, 1999), también se manifiesta en la parte más somera de la zona submareal (Alexandersson, 1972) y en las cotas más bajas del sector supramareal (Holail & Rashed, 1992).

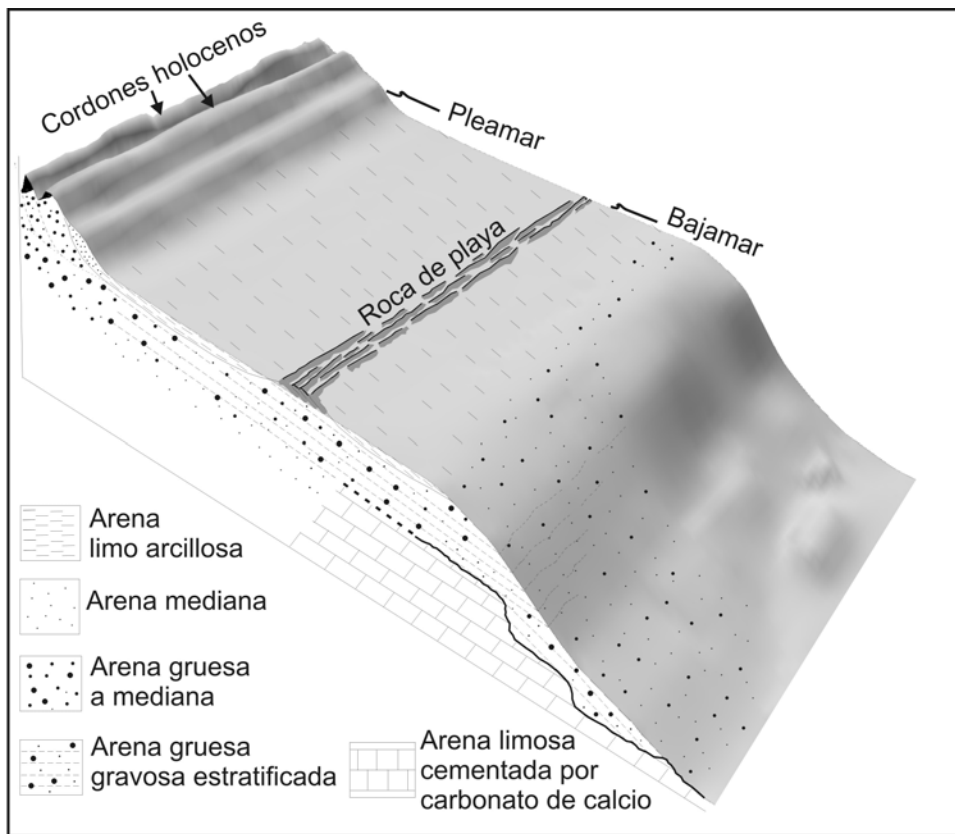


Figura 4. Esquema topográfico que señala el emplazamiento de la roca de playa.

Existen dos hipótesis referidas al origen del cemento de las *beachrocks*: la que involucra precipitación del carbonato proveniente del agua marina (Turner, 1999) o bien la vinculada con la circulación de agua dulce subterránea (Komar, 1976). Al respecto, en su estudio pionero, Field (1919) establece que las rocas cementadas en las playas pueden generarse por la acción de agua dulce freática con capacidad de transportar importantes concentraciones de carbonato de calcio hasta la playa durante los períodos de bajamar. Por otra parte, Illing (1954) diferencia el mineral cementante, determinando que cuando el cemento es calcita, la génesis de la roca de playa puede hallarse en aguas continentales, mientras que cuando predomina la aragonita su origen se relacionaría con aguas marinas.

El material gravoso de tipo cuarcítico, que caracteriza petrológicamente a la roca de playa de la presente investigación, evidencia su indudable procedencia desde el área serrana de Sierra de la Ventana (100 km al norte). El transporte fluvial hacia el medio marino, se habría realizado bajo condiciones de elevada competencia, puesta de manifiesto por el tamaño de los rodados de hasta 10 cm de diámetro. Estos materiales, en conjunto con la fracción arenosa,

habrían sido transportados por el antiguo curso del río Napostá Chico, el cual actualmente no desagua sobre el litoral y constituye una cuenca endorreica. Su paleocauce fue determinado en el subsuelo marino por sismica de alta resolución, aproximadamente 2 km al oeste del afloramiento rocoso motivo de este estudio (Spagnuolo, 2005). Este curso fluvial, activo durante el Pleistoceno y Holoceno temprano fue paulatinamente y con el avance del proceso transgresivo marino, disminuyendo su competencia y capacidad de transporte, retrotrayendo su nivel de base. La acción de las olas y corrientes litorales, habría producido la dispersión de los rodados hacia cotas superiores durante el ascenso del nivel del mar. También por efecto de dichos agentes marinos, se habrían mezclado los materiales líticos con una fracción minoritaria de restos de moluscos. La elevada fragmentación que presentan las valvas, manifiesta alta energía imperante en el ambiente (Fig. 5, Etapa I). Este material, que configura la matriz de la roca de playa, se dispone con estratificación levemente inclinada hacia el mar en la zona supra e intermareal (Figs. 2A-B), presentando configuración sísmica progradante en el sector submarino del frente de playa estudiado (Figs. 3C-D).

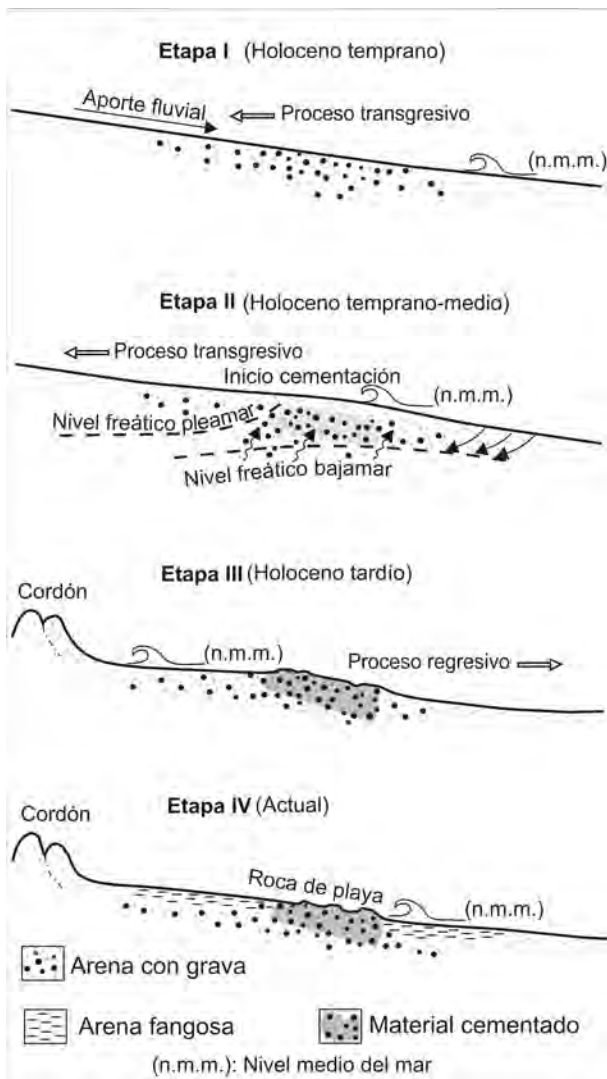


Figura 5. Etapas evolutivas en la formación de la roca de playa.

El máximo ascenso del nivel del mar durante el Holoceno medio que se ubica en la zona de estudio entorno a los 4 m sobre el nivel actual (Spagnuolo, 2005), produjo el enterramiento total o parcial de la arena gravosa que conforma la roca de playa (Fig. 5, Etapa II). Así, se alcanzó la inmovilidad del material y estabilidad sedimentaria del depósito, condición fundamental para la generación del proceso de cementación (Taylor & Illing, 1969). Indudablemente, la textura del sedimento, caracterizado por una muy pobre selección, generó la porosidad suficiente como para permitir la libre circulación de soluciones carbonáticas (Moore, 1989).

Estudios hidrogeológicos que involucran el área de este trabajo determinan un importante movimiento de aguas subterráneas en cotas muy superficiales y/o aflorantes en el sector costero (Carrica, 1998). Durante el Holoceno, el agua

freática discurrió sobre sedimentos arenos limosos cementados con carbonato de calcio plio-pleistocenos de la Fm. Pampiano (Fidalgo *et al.*, 1975). Estos materiales conforman, hacia el interior del Estuario de Bahía Blanca, una amplia plataforma rocosa de distribución regional sobre la cual se depositaron sedimentos de los antiguos paleoambientes (fluvio-deltaico, estuarino, marino) relacionados a las variaciones cuaternarias del nivel del mar (Aliotta & Farinati 1990; Aliotta *et al.*, 1996; 2001; 2004; Lizasoain, 2007). Es así que los perfiles sísmicos realizados en el área de estudio (Figs. 3C-D) establecen que las arenas marinas se apoyan en discontinuidad erosiva sobre el mencionado basamento rocoso. De esta forma, el nivel freático superficial se enriqueció en carbonato de calcio, formándose las soluciones saturadas que anteceden al proceso de cementación. Si se considera el modelo genético definido por Turner (1999), en la zona de mezcla entre aguas continentales y las de infiltración marina (playa intermareal), se originarían, particularmente entre el nivel freático de pleamar y de bajamar, condiciones químicas de pH que promoverían la precipitación del carbonato y el inicio de la cementación de la roca de playa (Fig. 5, Etapa II). Asimismo, la composición calcítica del elemento cementante, determinado por difracción de rayos X (Fig. 2C), es concordante con una procedencia continental del carbonato a través de la capa freática.

Con respecto a la edad absoluta de la roca de playa, el reducido tamaño y el alto grado de descalcificación de los restos biogénicos no permitieron una adecuada recolección de materiales para ser datados por el método de ^{14}C . En tal sentido, y a los efectos de estimar una edad del depósito, a la roca de playa estudiada se la puede correlacionar con la descrita en la costa de Pehuen-Có (distante 50 km), la cual se atribuye al Holoceno medio (Mouzo *et al.*, 1975, 1989; Vega *et al.*, 1989; González, 1996).

A partir de aproximadamente 6.000 años A.P., momento en el cual las evidencias morfosedimentológicas costeras indican el máximo nivel del mar (4 m) alcanzado durante el Holoceno (Spagnuolo, 2005), comienza el proceso de regresión marina. Particularmente, en el área de estudio se genera una sucesión de depósitos cordoniformes arena conchilíferos. Las características estratigráficas de los cordones (Aliotta *et al.*, 2003; Spagnuolo, 2005) y los parámetros sedimento-tafonómicos (Aliotta *et al.*, 2006) indican una sedimentación compuesta por

múltiples eventos de tormenta. Los mapeos y análisis realizados señalan que entorno a los 1500 años A.P. se produjo la formación del último cordón holoceno. Durante esta etapa regresiva el techo del *beachrock*, ya consolidado, habría sido afectado por erosión. Así, la somerización de la plataforma litificada, con mayor acción de olas y una notable disminución de aporte sedimentario arenoso, generó un ambiente predominantemente erosivo, el cual habría producido el afloramiento de la roca de playa en la zona litoral (Fig. 5, Etapa III).

Finalmente, en la última fase del proceso evolutivo aquí planteado (Fig. 5, Etapa IV), se evidencia una disminución en la energía de sedimentación, concordante con el descenso del mar y con una región marina más restringida y protegida de la acción de las tormentas. La capa superficial de material areno limo arcilloso que conforma la mayor parte del sector intermareal y tiende a cubrir parcialmente la roca de playa, señala al ambiente sedimentario actual caracterizado por una moderada a baja energía de ola, con el predominio de depositación de material fino, transportado principalmente en suspensión.

5. Conclusión

El origen y la evolución geológica de la roca de playa presente en la costa norte del Estuario de Bahía Blanca puede resumirse en cuatro etapas temporales: en el Holoceno temprano, durante el proceso transgresivo marino (Etapa I) se depositaron, junto a fragmentos de moluscos, materiales líticos asociados a un paleocauce, para ese momento ya inactivo. Posteriormente, durante el Holoceno medio, el avance del mar habría producido el enterramiento de dichos materiales, los cuales, debido a su elevada porosidad y permeabilidad comenzaron a cementarse por medio de la circulación de aguas freáticas saturadas en carbonato de calcio (Etapa II). Durante el Holoceno tardío, iniciada la regresión, la somerización de la plataforma litificada, la acción de olas y la baja tasa de sedimentación produjeron la erosión que descubrió la roca (Etapa III). En la actualidad (Etapa IV), una fina capa de fango que cubre parcialmente al *beachrock* evidencia la disminución en las condiciones energéticas de sedimentación.

Agradecimientos - Al Ing. Vallasciani de la empresa petrolera Oiltanking que facilitó el ingreso al predio donde se presentan los afloramientos rocosos. Al Sr. Hugo Pellegrini que participó de las tareas de campaña. Los siguientes proyectos contribuyeron a la financiación de este trabajo: PGI 24/H077 y 24/H084 (SECYT de la UNS); Proyecto PIP 5538 (CONICET) y PICT 7-31666 (ANCYPT).

Referencias

- Alexandersson, T. 1972. Mediterranean Beachrock Cementation: Marine Precipitation of Mg-Calcite. In: Stanley, D.J. (Ed.). *The Mediterranean Sea*. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., Stroudsburg, Pa. p. 203-223.
- Aliotta, S. & Farinati, E.A. 1990. Stratigraphy of Holocene sand-shell ridges in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Marine Geology*, **94**:353-360.
- Aliotta, S., Lizasoain, G.O., Lizasoain, W. & Ginsberg, S.S. 1996. Late Quaternary sedimentary sequence in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Journal of Coastal Research*, **12**(4):875-882.
- Aliotta, S., Farinati, E.A. & Spagnuolo, J.O. 2001. Sedimentological and taphonomical differentiation of Quaternary marine deposits, Bahía Blanca, Argentina. *Journal of Coastal Research*, **17**(4):792-801.
- Aliotta, S., Spagnuolo, J.O. & Farinati, E.A. 2003. Evidencias geológicas del proceso transgresivo-regresivo holoceno en la entrada del Estuario de Bahía Blanca, Argentina. In: CONGRESSO DO ASSOCIÇÃO BRASILEIRA DO ESTUDOS DO QUATERNARIO, 9., (ABEQUA), CD-ROM, PDF 185, 2003, Recife, *Actas...*, Recife, 5p.
- Aliotta, S., Lizasoain, G.O. & Ginsberg, S.S. 2004. Dinámica sedimentaria y evolución morfológica de un profundo canal del estuario de Bahía Blanca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **59**(1):14-28.
- Aliotta, S., Spagnuolo, J.O. & Farinati, E.A. 2006. Evaluación de parámetros tafonómicos y sedimentológicos asociados al proceso marino transgresivo-regresivo Holoceno, estuario de Bahía Blanca. In: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 9., 2006, Córdoba. *Actas...*, Córdoba, p. 239.
- Beier, J.A. 1985. Diagenesis of Quaternary Bahamian beachrock: Petrographic and isotopic evidence. *Journal of Sedimentary Petrology*, **55**:755-761.
- Bricker, O.P. 1971. Beachrock and intertidal cement. In: Bricker O.P. (Ed.). *Carbonate Cements*. Baltimore Johns Hopkins Press. p. 1-3.
- Calvet, F., Cabrera, M.C., Carracedo, J.C., Mangas, J., Pérez Torrado, F.J., Recio, C. & Travé, A. 2003. Beachrocks from the island of La Palma (Canary

- Islands, Spain). *Marine Geology*, **197**:75-93.
- Calvet, F., Pérez Torrado, F.J., Travé, A., Recio, C., Cabrera, M.C., Carracedo, J.C. & Mangas, J. 2005. Origen de los "Beachrocks" de la Isla de La Palma, Islas Canarias. *Vector Plus*, **25**:73-84.
- Carrica, J. 1998. *Hidrología de la cuenca del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires*. Bahía Blanca. 215p. Tesis de Doctorado en Geología, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur.
- Carver, R.E. 1971. *Procedures in sedimentary petrology*. New York, Wiley-Interscience, 653p.
- Dalongeville, R. & Sanlaville, P. 1984. Essai de synthèse sur le beach-rock. In: Dalongeville, R. & Sanlaville, P. (Ed.). *Le beach-rock*. Paris, Travaux de la maison de l'Orient 8. Groupement d'Interet scientifique. p. 41-50.
- Fidalgo, F., de Francesco, F.D. & Pascual, R. 1975. Geología superficial de la llanura bonaerense. In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 6., Bahía Blanca. *Actas...*, Bahía Blanca, 1975, p. 103-138.
- Field, R.M. 1919. *Remarks on beachrocks in Dry Tortugas*. Pittsburgh, Carnegie Institut yearbook, 18, 198p.
- Figini, A. 2005 *Datación radiocarbónica. Teoría, método, práctica y limitaciones: para arqueólogos y geocientíficos*. La Plata, Publicación Científica n° 4, Laboratorio de Tritio y Radiocarbono, 34p.
- Friedman, G.M. & Gavish, E. 1971. Mediterranean and Red Sea (Gulf of Aqaba) beachrocks. In: Bricker O.P. (Ed.). *Carbonate Cements*, Baltimore, Johns Hopkins Press. p. 13-16.
- Ginsburg, R.N. 1953. Beachrock in South Florida. *Journal of Sedimentary Petrology*, **23**(2):85-92.
- González, M.A. 1996. Mid-Holocene Littoral deposits at Pehuen-Có Beach (38° 30'S, 61° 34' W, Buenos Aires Province). Geochronology and correlations. In: BAHÍA BLANCA INTERNATIONAL COASTAL SYMPOSIUM, 1996, Bahía Blanca. *Proceedings...*, Bahía Blanca, p. 265-271.
- Holail, H. & Rashed, M. 1992. Stable isotopic composition of carbonate-cemented recent beachrock along the Mediterranean and the Red Sea coasts of Egypt. *Marine Geology*, **106**:141-148.
- Illing, L. V. 1954. Bahaman calcareous sands. *American Association Petroleum Geologist Bulletin*, **38**: 1-95.
- Kneale, D. & Viles, H.A. 2000. Beach cement: incipient CaCO₃- cemented beachrock development in the upper intertidal zone, North Uist, Scotland. *Sedimentary Geology*, **132** (3-4):165-170.
- Komar, P. D. 1976. *Beach processes and sedimentation*. New Jersey, Prentice-Hall, 429p.
- Lizasoain, G. O. 2007. *Estudio geomorfológico submarino en un ambiente estuarial mediante sistemas acústicos*. Bahía Blanca. 245p. Tesis de Doctorado en Geología, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur.
- Moore, C.H. 1989. Carbonate Diagenesis and Porosity. In: Elsevier Science Publ. (Ed.). *Developments in Sedimentology*. Amsterdam, 338p. (Special Publication, n. 46).
- Mouzo, F., Garza, M., Izquierdo, J. & Zibecchi, R. 1975. Beachrock occurrence and some associated structures at Pehuen-Có beach, Argentina. In: J. Bigarella & R. Becker, (Ed.). *International Symposium on the Quaternary, Southern Brazil*. Curitiba, p. 33-60. (Boletim Paranaense de Geociências).
- Mouzo, F., Farinati, E. & Espósito, G. 1989. Tubos fósiles de Callianassidos en la playa de Pehuen-Có, Provincia de Buenos Aires. In: JORNADAS GEOLÓGICAS BONAERENSES, 1., 1989., Tandil. *Actas...* p.263-274.
- Neumeier, U. 1999. Experimental modelling of beachrock cementation under microbial influence. *Sedimentary Geology*, **126**(1-4):35-46.
- Russell, R.J. 1962. Origin of beach rock. *Geomorphology*, **6**:1-16.
- Spagnuolo, J.O. 2005. *Evolución geológica de la región costera-marina de Punta Alta, provincia de Buenos Aires*. Bahía Blanca. 269p. Tesis de Doctorado en Geología, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur.
- Stuiver, M. & Polach, H.A. 1977. Discussion: Reporting of ¹⁴C data. *Radiocarbon*, **19**:355-363.
- Taylor, J.C.M. & Illing, L.V. 1969. Holocene intertidal calcium carbonate cementation, Qatar Persian Gulf. *Sedimentology*, **12**:69-107.
- Tucker, M.E. & Wright, P.V. 1990. *Carbonate Sedimentology*. Oxford, Blackwell Scientific, 482p.
- Turner, R.J. 1999. The evolution of beachrock morphology and its influence on beach morphodynamics. In: THE NON-STEADY-STATE OF THE INNER SHELF AND SHORELINE: COASTAL CHANGE ON THE TIME SCALE OF DECADES TO MILLENNIA IN THE LATE QUATERNARY, 1999., Honolulu. *Abstracts...* Honolulu, p. 249.
- Vega, V., Valente, M. & Rodriguez, S. 1989. Shallow marine and fluvial environments of Quaternary deposits in Pehuen-Có beach, Buenos Aires, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, **7**:51-80.