

GEOFORMAS, MALACOFAUNA Y EVOLUCIÓN COSTERA DURANTE EL HOLOCENO EN ENSENADA FERRER (SANTA CRUZ, PATAGONIA, ARGENTINA)

Rubén A. MEDINA^{1,2}, Marina L. AGUIRRE^{3,4}, Jorge O. CODIGNOTTO^{3,5}, Sebastián M. RICHIANO^{3,6} y Liliana MORMENEO⁷

¹ Depto. de Ciencias Geológicas, FCEyN, Universidad de Buenos Aires. E-mail: medinaruben01@yahoo.com.ar

² Depto. de Agrimensura, FI, Universidad de Buenos Aires.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

⁴ Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

⁵ Servicio Geológico Minero Argentino.

⁶ Centro de Investigaciones Geológicas, La Plata.

⁷ Instituto de Geomorfología y Suelos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

RESUMEN

En este trabajo se propone un esquema evolutivo desde el Holoceno medio hasta el Presente del área costera de Ensenada Ferrer, ubicada al noreste de la Provincia de Santa Cruz, Argentina. Se aplicó el método morfocronológico para la definición de secuencias deposicionales cordoniformes, distinguiéndose dos sistemas y tres grupos, división que está avalada además por el contenido malacológico y características paleoambientales. Estos sistemas están separados entre sí por una superficie de truncamiento y desnivel asociado de 1,5 a 3 m. A su vez, se separan de un sistema más antiguo (Pleistoceno tardío?) por otra superficie de truncamiento con un desnivel asociado de 4 a 6 m. Se propone que estas discontinuidades se habrían originado entre ca. 6.000 y 1.000 años A.P. En relación con los sistemas de cordones identificados, se esboza un esquema evolutivo en tres fases, pasando el sector de ser una bahía abierta hacia el mar circundante (Fase 1), a una bahía semiprottegida (Fase 2), para finalmente alcanzar un alto grado de protección evidenciado por la conformación de la actual planicie de marea parcialmente ascendida (Fase 3).

Palabras clave: Nivel del mar, paleoambientes, Holoceno, Santa Cruz, Patagonia

ABSTRACT

Landforms, molluscan and coastal evolution during the Holocene at Ensenada Ferrer (Santa Cruz, Patagonia, Argentine)

In this paper we attempt an interpretation of the geomorphological evolution since the Mid-Holocene of the coastal area of Ensenada Ferrer, located in the northeastern coastal area of Santa Cruz province, Argentina. The chronostratigraphical method was applied to distinguish between different beach ridges, discriminating between two beach ridge systems including one and two groups, respectively, supported by the molluscan content and palaeoenvironmental conditions. These systems are separated by a truncation surface and an associated slope of ca. 1.5 to 3 m. In turn, they are separated from innermost older (Late Pleistocene?) systems by another truncation surface and associated slope of ca. 4 to 6 m. These discontinuities are suggested to have been formed between ca. 6000 and 1000 years B. P. Regarding the beach ridge systems identified a three phases evolutionary pattern is proposed, from an open-sea bay environment (Phase 1) to a semiprotected bay (Phase 2) and finally reaching a high grade of protection as evidenced by the genesis of the modern and partially raised tidal flat (Phase 3).

Keywords: Sea level, palaeoenvironments, Holocene, Santa Cruz, Patagonia

INTRODUCCIÓN

El área costera de Ensenada Ferrer, ubicada aproximadamente 35 km al sur de la ciudad de Puerto Deseado (costa norte de la Provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina), representa un área de vacancia en cuanto a estudios sobre evolución y contenido macrofaunístico de las geofformas marinas cuaternarias. Se compo-

ne de una morfología conformada por depósitos del Holoceno flanqueados por depósitos del Pleistoceno, de gran similitud morfológica con los afloramientos del área de bahía Bustamante (Codignotto 1983). Específicamente está compuesta por una planicie de marea parcialmente ascendida que posee hacia el este una entrada de mar restringida a un canal estrecho y profundo, de aproximadamente 375

m de anchura, mientras que hacia el oeste está rodeada por varios sistemas de cordones litorales originados durante el Cuaternario tardío (Fig. 1). La ensenada presenta un diseño semicircular de alrededor de 5,7 km², cuyo contorno está determinado por depósitos cordoniformes de edad holocena, con alturas variables entre 3 y 10 m s.n.m. actual, ricos en conchillas de moluscos asociados con esqueletos de

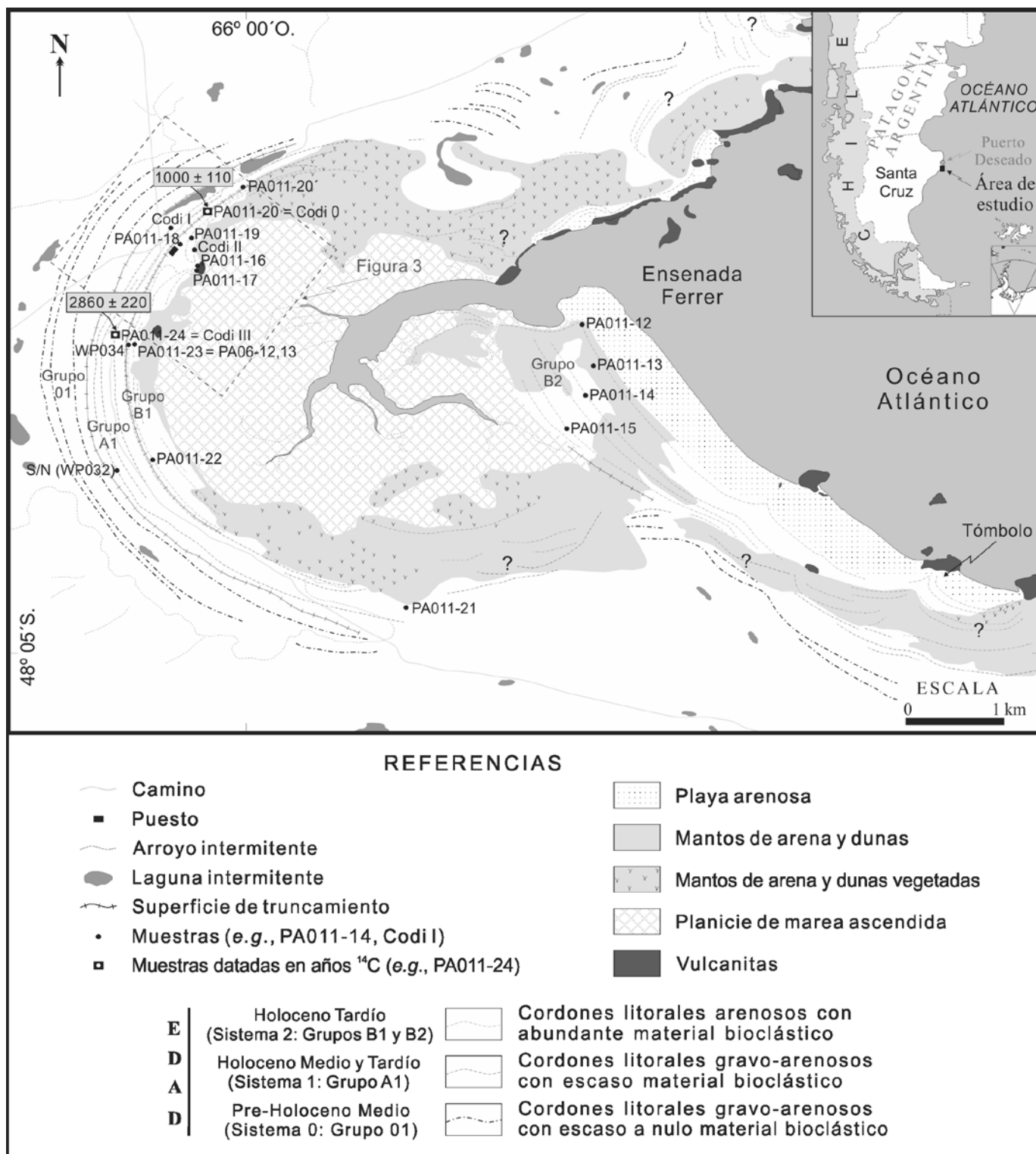


Figura 1: Ubicación del área de estudio: Ensenada Ferrer (48°03'00"S.-65°58'25"O.; Provincia de Santa Cruz, Argentina). Mapa geomorfológico señalando los sistemas cordóniformes holocenos estudiados y mencionados en el texto: Grupo 01 (48°03'20"S.-66°00'54"O.), Grupo A1 (48°03'17"S.-66°00'44"O.), Grupo B1 (48°02'38"S.-66°00'12"O.), Grupo B2 (48°03'37"S.-65°58'10"O.), muestras malacológicas (e.g., PA011-22, CODI II) y edades radiocarbónicas obtenidas (PA011-20, PA011-24). Modificado de M. Constante (2001).

otros macroinvertebrados (e.g., balánidos). A mayor altura (ca. 12-50 m s.n.m.) y hacia el interior del continente, los depósi-

tos holocenos se encuentran flanqueados por cordones más antiguos de edad al menos pleistoceno tardía. Al norte y al sur

los cordones se encuentran parcialmente cubiertos por mantos de arena y algunos están parcialmente vegetados. Saltuaria-

mente afloran en esta planicie vulcanitas ácidas jurásicas, correspondientes al Grupo Bahía Laura, las cuales son más abundantes en el sector de playa propiamente dicha (Fig. 1).

Esta región fue mencionada por otros autores en relación con estudios geológicos generales del área costera de Patagonia (Feruglio 1933, 1950, Constante 2001), a los que se suman investigaciones sobre sitios arqueológicos de áreas cercanas (Zubimendi *et al.* 2005, Castro *et al.* 2011, Moreno *et al.* 2011).

En este trabajo se profundizan aspectos geomorfológicos para el Holoceno y se da a conocer el contenido malacológico de los cordones identificados, registrándose un interesante caso de estudio en uno de los pocos lugares de la costa patagónica y de la Argentina donde se observa una rápida evolución costera corroborada por la malacofauna, siendo además uno de los pocos sectores de la costa patagónica que evidencia procesos de progradación durante el Holoceno. Por otra parte, la importancia del área radica también en su ubicación en el hemisferio sur, dada su proximidad con el cono sur de América del Sur, Antártida y Océano Austral, región que ejerce un importante control sobre la circulación oceánico-atmosférica de influencia sobre el clima global (Hodell *et al.* 2002, Compagnucci 2011, Ponce *et al.* 2011, Escutia *et al.* 2012).

El objetivo de este trabajo es elaborar un esquema evolutivo preliminar del sector costero de Ensenada Ferrer desde el Holoceno medio hasta el Presente, vinculando los cambios geomorfológicos observados con el contenido malacológico y con posibles variaciones del nivel medio del mar local.

Antecedentes sobre el área de estudio

Feruglio (1950), en su clásica descripción geológica de la Patagonia, fue el primer autor que describió, en las cercanías del área de estudio, depósitos cordoniformes recientes a una altura de 10 a 11 m s.n.m. actual. Posteriormente, Panza *et al.* (1994) mencionaron el área en su descripción geológica y geomorfológica del sector costero entre el sur de Puerto Deseado

y Bahía Laura. Sobre esa base, Constante (2001) realizó una nueva descripción para el área Punta Medanosa - Ensenada Ferrer. Por otro lado, Codignotto y Herrera (2000) estudiaron la vulnerabilidad de Ensenada Ferrer ante los efectos de la tendencia actual de calentamiento global. Estudios geocronológicos por métodos modernos (edades por racemización de aminoácidos, U/Th, resonancia del electrosproín) se llevaron a cabo sobre cordones litorales en localidades patagónicas cercanas, al norte y al sur de Ensenada Ferrer (Caleta Olivia - Puerto Deseado, Puerto San Julián) (Rutter *et al.* 1990, Rostami *et al.* 2000, Schellmann y Radtke 2000, 2003, 2007, Schellmann 2007), pero no se han efectuado aún para el área de estudio. Por otro lado, estudios referidos a neotectonismo durante el Cuaternario en Patagonia, con observaciones que incluyen el área estudiada, fueron llevados a cabo por Codignotto *et al.* (1992, 1994), Rostami *et al.* (2000) y más recientemente por Pedoja *et al.* (2008, 2011). Por último, Ponce *et al.* (2011) propusieron un modelo sobre la probable evolución paleogeográfica de la costa atlántica argentina, con posterioridad al Máximo de la Última Glaciación y hasta el Holoceno medio, incluyendo este sector de la costa patagónica. En tanto que Cavallotto *et al.* (2011) analizaron y describieron aspectos geológicos sobre la evolución del margen continental patagónico.

Desde el punto de vista del contenido paleontológico de los cordones, Feruglio (1950) mencionó listas de especies identificadas en el camino costero de Santa Cruz entre Bahía Laura y Puerto Deseado, sin ilustrarlas. Aguirre *et al.* (2011a y b, 2012) describieron el contenido macrofaunístico con énfasis en la malacofauna de geoformas holocenas y la compararon con otros registros holocenos e interglaciales anteriores (MIS11, 9, 7, 5) registrados a lo largo de la costa patagónica y bonaerense (Schellmann y Radtke 2007, 2010). Los moluscos holocenos también fueron mencionados en estudios de contextos arqueológicos entre Caleta Olivia y Punta Buque/Medanosa y analizados desde el punto de vista de su uso como recur-

sos de consumo (Castro *et al.* 2001, 2011, Zubimendi *et al.* 2005, Moreno *et al.* 2011).

Litoral moderno

Según el Servicio de Hidrografía Naval (2013) el área presenta un régimen de marea semidiurno, con una amplitud de marea máxima de 5,75 m y una amplitud media de 3,84 m (puerto patrón Puerto Deseado). En general, en el sector no existen evidencias de geoformas originadas por corrientes de deriva. Esto se confirma al observar en la playa actual pequeños tómbolos no derivados producto de la predominancia de trenes de olas paralelos a la costa.

Los principales parámetros físicos de la plataforma continental adyacente a la ensenada han sido tratados por otros autores desde diferentes puntos de vista (*e.g.*, Podestá 1997, Hoffman *et al.* 1997, Acha *et al.* 2004, 2008, Palma *et al.* 2004, 2008, Bogazzi *et al.* 2005, Lucas *et al.* 2005, Boltovskoy 2007, Balech y Ehrlich 2008, Piola *et al.* 2008, 2010, Paparazzo *et al.* 2010, Aguirre *et al.* 2013 y otras referencias citadas allí). En el margen patagónico correspondiente al área de estudio se ubica la denominada *Zona Patagónica Fría Estuarina* y en proximidades de la costa la *Zona Mareal Patagónica*, mientras que al norte de Ensenada Ferrer, en proximidades de Puerto Deseado, se ubica el *Sistema Frontal Sudpatagónico* y el *Frente Mareal del Sur del Golfo San Jorge* (Acha *et al.* 2004, Bogazzi *et al.* 2005).

Los vientos y corrientes marinas controlan la distribución latitudinal de las masas de agua oceánica superficial, así como el límite entre las provincias malacológicas marinas y el patrón de los rangos extremos de distribución de las especies para muchos grupos taxonómicos marinos, incluyendo los moluscos. En términos generales, la Provincia Zoogeográfica Magallánica se extiende desde Península Valdés - Golfo Nuevo hasta el extremo sur del continente (Cabo de Hornos, 55° S.), y está influenciada por la Corriente Fría de Malvinas y una rama menos extensa y más costera, la Corriente Patagónica, fluyendo ambas en dirección norte a lo largo del margen patagónico.

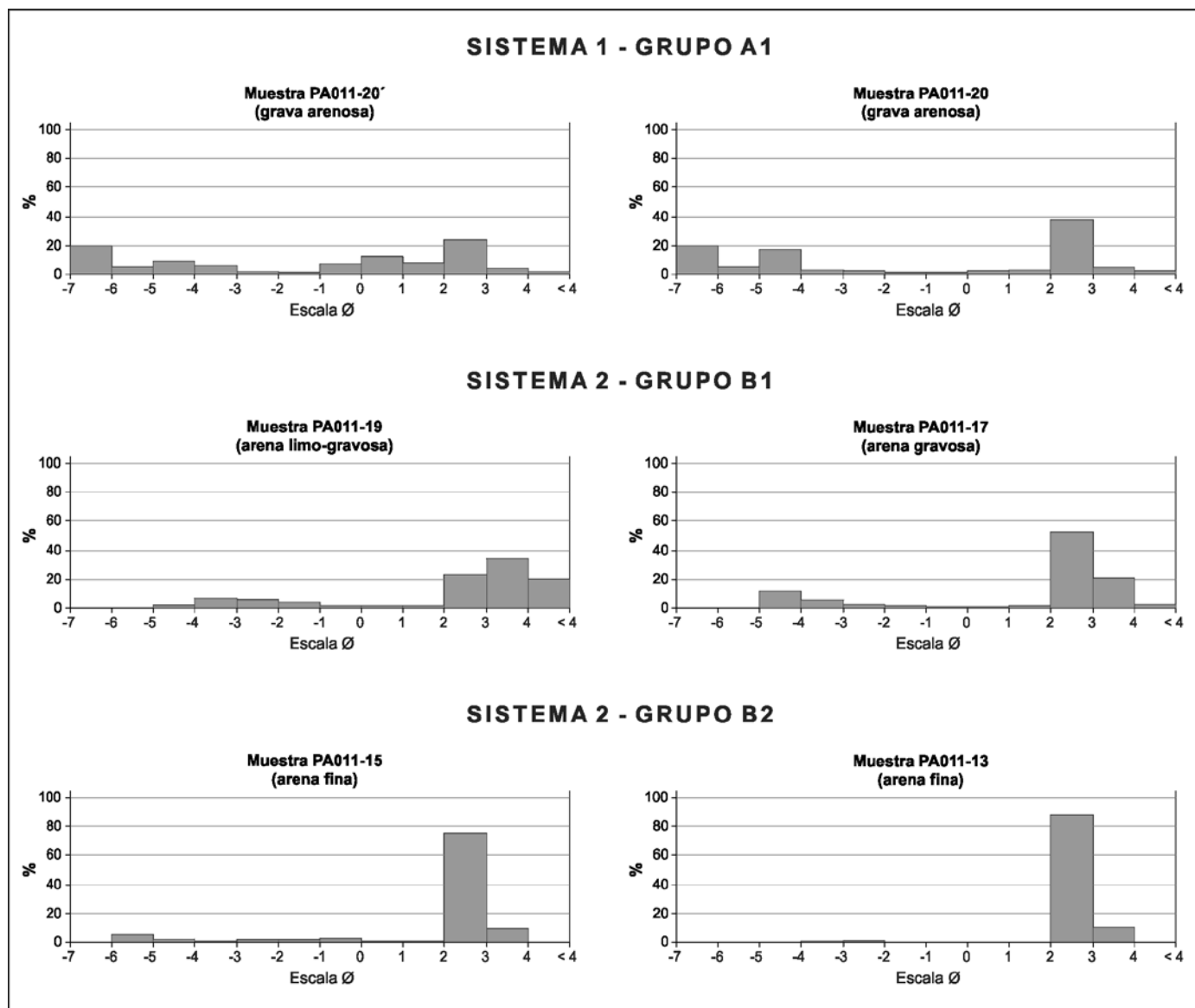


Figura 2: Análisis granulométrico de las muestras más representativas de cada uno de los grupos analizados. Véase ubicación de las muestras en la Figura 1.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuaron estudios geomorfológicos descriptivos, síntesis de datos topográficos con controles de campo, muestreos de las geoformas identificadas (muestras sedimentológicas y malacológicas), interpretación de imágenes satelitales y fotointerpretación a escala 1: 20.000, y dataciones radiocarbónicas sobre conchillas de moluscos (*Adelomelon* sp., *Buccinanops* sp.) obtenidas previamente (J.O. Codignotto, no publicadas). Dado que no existen para el área dataciones por métodos modernos de alta resolución para depósitos de más de 30.000 años, no fue posible corroborar

la edad pleistocena (Pleistoceno medio-tardío?) y/o pliocena de los sistemas de cordones más internos, por lo que se puso énfasis únicamente en la descripción y análisis de las geoformas holocenas.

La caracterización de los cordones litorales se efectuó aplicando el método morfocronológico en secuencias deposicionales cordoniformes (Codignotto *et al.* 1987), según el cual una sucesión continua de crestas de playa limitadas por superficies de truncamiento constituye un grupo, un grupo o varios grupos limitados por superficies de truncamiento coincidentes con desniveles constituyen un sistema, cada cresta de playa corresponde a una iso-

crona y cada grupo se genera en condiciones hidrodinámicas similares (Codignotto *et al.* 1990). Complementariamente, se obtuvieron muestras sedimentológicas de los primeros 30 cm de cada cresta de playa identificada, y se emplearon técnicas de tamizado en seco con intervalos de 1ϕ a fin de obtener las respectivas distribuciones granulométricas. Se utilizaron también dos edades radiocarbónicas sobre conchillas de moluscos bien preservadas (Muestras AC N° 1.520 y 1.555, INGEIS 1999a y b) recuperadas del sistema de cordones litorales holocenos más antiguo (véase Grupo A1 más abajo). Con el propósito de establecer edades relativas se consideró el

grado de desarrollo relativo de diferentes perfiles de suelo.

El análisis malacológico se efectuó mediante el muestreo de 2.000 cc de material (sedimento y contenido biogénico) de cada una de las geoformas reconocidas, para las cuales se discriminó el contenido inorgánico/orgánico y el contenido malacológico por fracción sedimentaria. Los ejemplares de gasterópodos y bivalvos recuperados se limpiaron mediante vibrador ultrasónico (Lilis 3.8) y se fotografiaron mediante cámara digital Nikon D-3100 y Nikon Coolpix S10 VR adosada a lupa binocular Nikon SMZ1000. Se efectuó el estudio sistemático, incluyendo aspectos de distribución (rango estratigráfico y distribución geográfica moderna) y los requerimientos ecológicos de representantes modernos para cada uno de los taxones identificados, así como comparaciones con la malacofauna preservada en otros sectores costeros de Patagonia (Carcelles 1950, Carcelles y Williamson 1951, Núñez Cortés y Narosky 1997, Forcelli 2000, Aguirre 2003, Aguirre *et al.* 2009).

RESULTADOS

Geoformas identificadas

En Ensenada Ferrer se reconocieron dos sistemas de cordones litorales holocenos (Sistemas 1 y 2) y al menos un sistema preholoceno (Sistema 0), no descrito este último en detalle por las consideraciones arriba mencionadas. De los sistemas holocenos, el Sistema 1 es el más antiguo y está constituido por un solo grupo (A1), conformado por al menos cuatro cordones litorales semicirculares ubicados al oeste del área de estudio (Fig. 1). Estos cordones presentan una anchura variable entre 10 y 60 m, ocupando el conjunto una anchura máxima de aproximadamente 240 m. Se encuentran entre 7 y 10 m s.n.m. actual, siendo la altura entre cresta y seno de 20 a 30 cm. Están compuestos por un 20-25% de clastos prolados a laminares de 7 a 13 cm de longitud máxima, subangulosos a subredondeados, en su mayoría procedentes de las vulcanitas ácidas del sector. El material restante está compuesto principalmente por arena fina a gruesa (Fig.

2), mientras que la escasa fauna preservada corresponde a fragmentos fundamentalmente de *Adelomelon* spp y *Buccinanops* spp (Gastropoda), además de *Eurhormalea exalbida* (Bivalvia) y otros invertebrados (Balanidos) de esqueletos robustos y resistentes a la destrucción mecánica (muestras PA011-20'', PA011-20, PA011-24 y S/N WP032; cuadros 1, 2a y b).

La velocidad de progradación estimada para este grupo varía entre 1,5 y 4,0 cm/año según las edades radiocarbónicas obtenidas (Muestras AC N° 1.555 y 1.520). Estas velocidades dependen del área analizada, presentándose los menores valores en el sector ubicado al noroeste de la planicie de marea donde las crestas de playa tienden a acuñarse (Fig. 1).

Las edades para los límites del Grupo A1 corresponden a 5.700 ± 500 ka ^{14}C A.P. (estimada) y 1.000 ± 110 ka ^{14}C A.P. (edad radiocarbónica). La primera edad se obtuvo extrapolando las velocidades obtenidas y considerando constantes dichos valores de progradación durante la deposición de toda la secuencia (concepto implícito en la definición de grupo). Para ello se utilizaron las edades radiocarbónicas de 2.860 ± 220 ka ^{14}C A.P. y 1.000 ± 110 ka ^{14}C A.P. (Muestras AC N° 1.555 y 1.520, respectivamente) obtenidas en cordones contiguos (Fig. 1), en tanto que la tolerancia de ± 500 años corresponde al error cartográfico ($0,2 \times D$, siendo D el denominador de la escala). En tanto la edad del segundo límite corresponde directamente a una datación radimétrica (Muestra AC N° 1.520).

Una superficie de truncamiento asociada a un desnivel de 4 a 6 m, separa el Sistema 1 del Sistema 0 (Grupo 01), más antiguo y ubicado hacia el oeste (control cronológico no disponible a la fecha); mientras que hacia el este otra superficie de truncamiento asociada a un desnivel de 1,5 a 3 m, separa los Sistemas 1 y 2 (Figs. 3 y 4). El Sistema 2 está compuesto por dos grupos: B1 y B2. El Grupo B1 está conformado al menos por tres cordones litorales moderadamente edafizados, semicirculares, ubicados al este del Grupo A1 y al oeste de la planicie de marea (Figs. 1 y 3). Estos cordones presentan una anchura va-

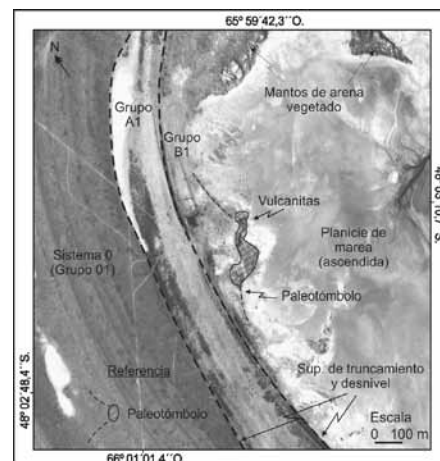


Figura 3: Detalle de los sistemas cordoniformes al oeste del área analizada. Se puede apreciar en el centro de la imagen un paleotómbolo no derivado, indicando la ausencia de una paleoderiva litoral. Fotografía aérea tomada por el Servicio de Hidrografía Naval.

riable entre 10 y 60 m, ocupando el conjunto una anchura máxima de aproximadamente 180 m, con cota entre 3 y 7 m s.n.m. actual, siendo la diferencia de altura entre cresta y seno de 20 a 30 cm. Están compuestos principalmente por conchillas de moluscos fragmentadas y material silicoclástico de tamaño arena fina a limo mediano a grueso, con bioclastos parcialmente fragmentados de 3 cm de longitud máxima (Fig. 2). La fauna exhibe mayor diversidad taxonómica, con predominio de *Buccinanops* spp. (Gastropoda) y *Ensis macha* y *Macra* cf. *fueguensis* (Bivalvia) (muestras PA011-16, PA011-17, PA011-18, PA011-19, PA011-21, PA011-22, PA011-23 y WP034; cuadros 1, 2a y b). En su conjunto la malacofauna es típica de ambientes litorales fundamentalmente protegidos y de fondos inconsolidados finos.

El Grupo B2 está compuesto por al menos cinco cordones litorales levemente edafizados, con una orientación nor-noroeste, ubicados al este de la planicie de marea (Fig. 1). Presentan una anchura variable entre 40 y 135 m, ocupando el conjunto una anchura máxima de aproximadamente 670 m. Estos depósitos se encuentran entre 3 y 4 m s.n.m. actual, siendo la diferencia de altura entre cresta y seno de 30 a 40 cm. Están compuestos principalmente por conchillas fragmentadas y material silicoclástico tamaño arena fina a muy fi-

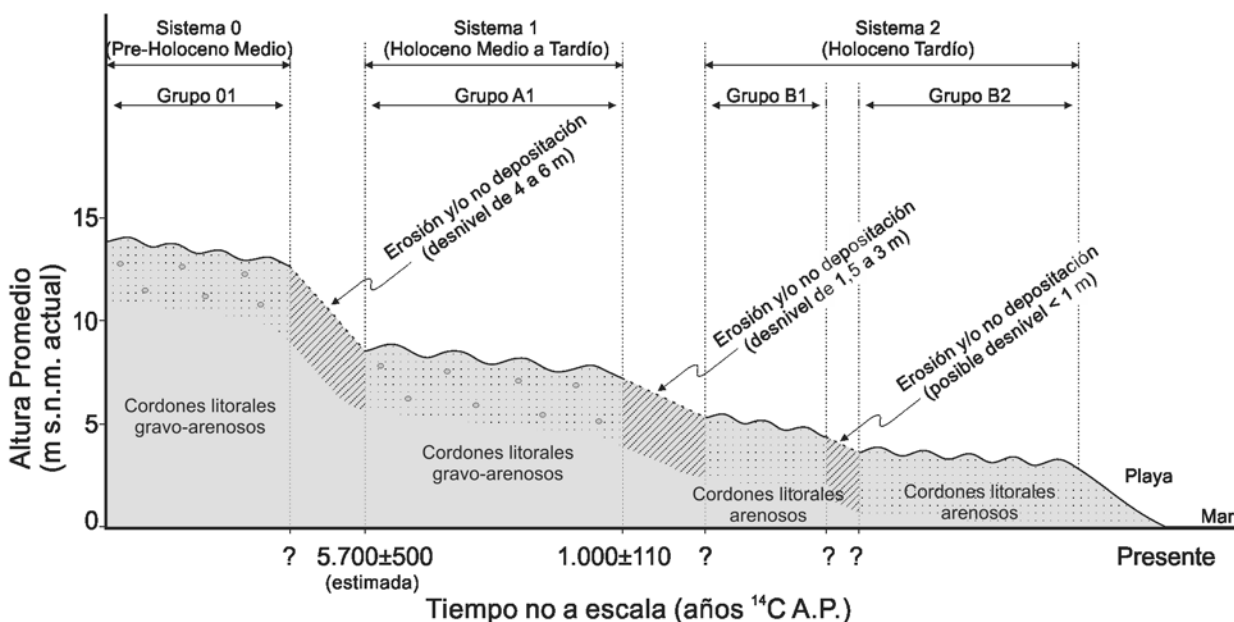


Figura 4: Perfil idealizado del área de estudio en Ensenada Ferrer. Se aprecian los diferentes sistemas de cordones litorales con las respectivas superficies de truncamiento y desniveles asociados.

na, con bioclastos parcialmente fragmentados de 6 cm de longitud máxima (Fig. 2). La malacofauna exhibe mayor riqueza específica y es muy similar a la moderna vecina (Provincia Biogeográfica Magallánica) (muestras PA011-12, PA011-13, PA011-14 y PA011-15; cuadros 1, 2a y b). El Grupo B1 está separado del Grupo B2 por una superficie de truncamiento y un posible desnivel que sería inferior a 1 m. La superficie de truncamiento se evidencia por la diferente forma geométrica que presentan los cordones litorales vistos en planta, siendo curvilíneos los primeros (B1) y rectilíneos los segundos (B2) (Fig. 1). Dado que el sector en donde ambos grupos se ponen en contacto está cubierto por mantos de arena, se hace difícil confirmar la existencia del mencionado desnivel. No obstante, si éste se registrara, estaría probablemente asociado con un descenso relativo del nivel medio del mar, y en consecuencia, el Grupo B2 conformaría, por definición, un sistema independiente.

Composición biogénica de las geofor-mas

En las muestras analizadas el contenido de litoclastos es superior al de bioclastos, mayormente moluscos, entre los que se identificaron 25 taxa: 16 gastrópodos, 9

bivalvos, y otros macroinvertebrados como *Balanus* (Cirripedia) (Fig. 5; cuadros 1, 2a y b). Todos los taxones cuentan con representantes vivientes en el Atlántico Sudoccidental y en su mayoría son típicos de la Provincia Malacológica Magallánica (43° S. - 55° S. en el Atlántico Sudoccidental) (Carcelles 1950, Carcelles y Williamson 1951, Castellanos y Landoni 1988-1993, Núñez Cortés y Narosky 1997, Valdovinos 1999, Forcelli 2000, Aldea y Valdovinos 2005, Cárdenas Mancilla *et al.* 2008, entre otros). Se reconocieron para el Holoceno del área los primeros registros de los siguientes taxones: *Tegula* sp., *Natica* sp., *Crepidula protea*, *Crepidula aculeata*, *Xyменopsis muriciformis* (Gastropoda) y *Mytilus edulis*, *Brachidontes rodriguezii*, *Brachidontes* cf. *darwinianus*, *Protothaca antiqua*, *Maetra* cf. *fueguensis*, *Macoma* sp.

Los sistemas de cordones holocenos están caracterizados en su conjunto por la asociación: *Buccinanops globulosus*, *Eurhombalea exalbida*-*Mulinia edulis*-*Ensis macha*, en contraste con los del Pleistoceno, más internos (Grupo 01, Figs. 1 y 3), que son estériles o con muy escaso contenido biogénico, en su mayoría conchillas muy fragmentadas que imposibilitan su identificación taxonómica.

Se destaca la dominancia de *B. globulosus* y

E. macha, típicos de fondos muy finos y baja energía, tolerantes de fluctuaciones de salinidad típicas de ambientes marginales marinos. Por otro lado, el litoral moderno está caracterizado por una asociación similar, a la que se agrega la abundancia de *Macoma* sp. y *Maetra* cf. *fueguensis*.

Existen escasas variaciones composicionales entre los cordones holocenos y el litoral moderno vecino. Los paleoambientes (litorales someros, de fondos fundamentalmente blandos, aguas frías de baja energía) inferidos para el lapso Holoceno medio-tardío no difieren mayormente del litoral moderno adyacente, sugiriendo una rápida transición hasta el presente y con escasos cambios desde ca. 5-6 ka A.P.

Por otro lado, existe diferenciación composicional con respecto a la malacofauna preservada en otros depósitos holocenos del sector costero norte de Santa Cruz (Aguirre 2003, Aguirre *et al.* 2009). La ausencia de taxones hoy desplazados al norte y la escasez de *Protothaca antiqua* contrasta con registros de latitudes más bajas en Patagonia (Golfo San Jorge, centro-norte de Chubut, Río Negro) y del sector bonaerense (Bahía Blanca - Punta Indio) (Aguirre *et al.* 2011b).

La discriminación de los cordones holo-

CUADRO 1: Taxones característicos de cordones holocenos y litoral moderno del área costera de Ensenada Ferrer. Se identificaron 25 taxa de moluscos, de los cuales 16 pertenecen a Gastropoda, 9 a Bivalvia y 1 (*Balanus*) a Cirripedia (Crustacea).

Malacofauna de Ensenada Ferrer	PL		Holoceno																Viviente en litoral vecino		
	PA011-S/N	PA06-14	Puesto de la Costa					Al sur del Puesto de la Costa					Sector Central			F	A	O			
			PA011-10	PA011-12	PA011-13	PA011-14	PA011-15	PA011-16	PA011-17	PA011-18	PA011-19	PA011-20	PA011-20	PA011-21	PA011-22					PA011-23	PA011-24
Gastropoda																					
<i>Nacella</i> (P.) <i>magellanica</i> (Gmelin)																					
<i>Tegula</i> sp.																					
<i>Crepidula protea</i> d' Orbigny																					
<i>Crepidula dilatata</i> Lamarck																					
<i>Crepidula cf. dilatata</i> Lamarck																					
<i>Crepidula aculeata</i> (Gmelin)																					
<i>Trophon geversianus</i> (Pallas)																					
<i>Xymenopsis muriciformis</i> (King & Broderip)																					
<i>Adelomelon ferussaci</i> (Donovan)																					
<i>Adelomelon</i> sp.																					
<i>Odontocymbiola magellanica</i> (Gmelin)																					
<i>Pareuthria plumbea</i> (Philippi)																					
<i>Buccinanops globulosus</i> (Kiener)																					
<i>Buccinanops cf. cochlidium</i> (Dillwyn)																					
<i>Siphonaria lessoni</i> (Blainville)																					
<i>Volutidae</i> indet.																					
Bivalvia																					
<i>Mytilus edulis</i> Linné																					
<i>Brachidontes</i> (B.) cf. <i>rodriguezii</i> (d' Orb.)																					
<i>Brachidontes</i> (B.) <i>purpuratus</i> (Lam.)																					
<i>Brachidontes</i> (B.) cf. <i>darwinianus</i> (d' Orb.)																					
<i>Aulacomya atra</i> (Molina)																					
<i>Eurhomalea exalbida</i> (Dilwyn) *																					
<i>Protothaca antiqua</i> (King) *																					
<i>Clausinella gayi</i> (Hupé)																					
<i>Mactra</i> cf. <i>fueguensis</i> Smith																					
<i>Mulinia edulis</i> (King & Broderip)																					
<i>Macoma</i> sp.																					
<i>Ensis macha</i> (Molina)																					
Otros invertebrados																					
<i>Balanus</i> sp.																					

I: sistema de cordones PLEISTOCENOS INTERNOS (+ 25-50 m s.n.m.)

II: sistema de cordones PLEISTOCENOS EXTERNOS (+12-30 m s.n.m.)

III: sistema de cordones HOLOCENOS (+7-11 m s.n.m.)

Muestras de cordones holocenos (+ 7-11 m s.n.m. actual):

PA011-12-24; CODI I, CODI II, CODI III; CODI-0; PA06-12, PA06-13

F: taxones citados por Feruglio (1950) en el Holoceno vecino al área.

Registros en el Holoceno de otras áreas de Santa Cruz: A, costa norte de Santa Cruz (entre Caleta Olivia y Puerto Deseado) (Aguirre *et al.* 2009); O, costa sur de Santa Cruz (San Julián, Rincón del Buque = P. Coig); Litoral vecino: Provincia Malacológica Magallánica

PL: Pleistoceno. *: por otros asignadas a otros géneros (*Retrotapes*, *Ameghinomya*).

cenos más internos de los intermedios y externos (más jóvenes) está avalada por los resultados de los análisis multivariados (APC y CA; Fig. 6). Tanto APC como CA aplicados a la malacofauna y comparaciones de paleobiodiversidad

confirman la diferenciación geomorfológica establecida. Los diferentes sistemas de cordones con sus respectivas superficies de truncamiento y desniveles asociados, en términos generales concuerdan con los tres grupos mayores de unidades

diferenciadas sobre la base de los moluscos presentes, discriminando de esta manera tres grupos principales de unidades, aunque con poca diferenciación paleoambiental: 1, cordones más internos con bajo contenido fosilífero (equivalente al



Figura 5: Taxones más representativos de los sistemas de cordones litorales holocenos y litoral moderno del área de Ensenada Ferrer. Mollusca Gastropoda (1-17); *Balanus* (Crustacea, Cirripedia; 18) y Mollusca Bivalvia (19-30). Escala en blanco: 1 cm. Véase también Cuadros 1 y 2. 1, 2. *Nacella* (P.) *magellanica* (Gmelin). Vista adaptural (1) y apertural (2). Muestra PA011- 20'. 3, 4. *Crepidula protea* d'Orb. Vista exterior. Muestra PA011-12. 5, 6. *Trochon geversianus* (Pallas). Vista adaptural (5) y apertural (6). Muestra PA011-14. 7, 8. *Xymenopsis muriciformis* (King & Broderip). Muestra PA011-24. 9. *Adelomelon ferussaci* (Donovan). Vista apertural. Muestra CODI I. 10, 11. *Odontocymbiola magellanica* (Gmelin). Vista apertural (10) y adaptural (11). Muestra PA011-13. 12, 13. *Pareuthria plumbea* (Philippi). Vista adaptural (12) y apertural (13). Muestra PA011-14. 14, 15. *Buccinanops globulosus* (Kiener). Vista adaptural (14) y apertural (15). Muestra PA011-22. 16, 17. *Siphonaria lessoni* (Blainville). Vista apical (16) y lateral (17). Muestra PA011-17. 18. *Balanus* sp. Vista del exosqueleto de varios individuos agregados. Muestra CODI I. 19. *Anlacomya atra* (Molina). Vista exterior de la valva derecha. Muestra PA011-21. 20, 21. *Eurhormalea exalbida* (Dilwyn). Vista exterior de la valva izquierda (20). Vista interior de la valva izquierda (21). Muestra PA011-12. 22, 23. *Clausinella gayi* (Hupé). Vista exterior de la valva derecha (22). Vista interior de la valva derecha (23). Muestra PA011-18. 24, 25. *Macra* cf. *fueguensis* Smith. Vista exterior de la valva izquierda (24). Vista interior de la valva izquierda (25). Muestra PA011-18. 26, 27. *Mulinia edulis* (King & Broderip). Vista exterior de la valva izquierda (26). Vista interior de la valva izquierda (27). Muestra PA011-23. 28, 29. *Mulinia edulis* (King & Broderip). Vista exterior de la valva derecha (28). Vista interior de la valva derecha (29). Muestra PA011-12. 30. *Ensis macha* (Molina). Vista interior de la valva fragmentada derecha. Muestra PA011-12.

CUADRO 2a: Síntesis de requerimientos ecológicos de los taxones de moluscos identificados (Gastropoda).

Requerimientos ecológicos de los taxones de moluscos identificados											
Gastropoda	Zonación			Sustrato		Hábito		Tipo Trófico			
	Supralit.	Intert.	Sublit.	Blando	Duro	Libre	Sésil	Carnív.	Herbív.	Filtr.	
<i>Nacella (P.) magellanica</i> (Gmelin)											
<i>Tegula</i> sp.											
<i>Crepidula protea</i> d' Orbigny											
<i>Crepidula dilatata</i> Lamarck											
<i>Crepidula cf. dilatata</i> Lamarck											
<i>Crepidula aculeata</i> (Gmelin)											
<i>Trochon geversianus</i> (Pallas)											
<i>Xymenopsis muriciformis</i> (King & Broderip)											
<i>Adelomelon ferussaci</i> (Donovan)											
<i>Adelomelon</i> sp.											
<i>Odontocymbiola magellanica</i> (Gmelin)											
<i>Pareuthria plumbea</i> (Philippi)											
<i>Buccinanops globulosus</i> (Kiener)											
<i>Buccinanops cf. cochlidium</i> (Dillwyn)											
<i>Siphonaria lessoni</i> (Blainville)											

CUADRO 2b: Síntesis de requerimientos ecológicos de los taxones de moluscos identificados (Bivalvia).

Requerimientos ecológicos de los taxones de moluscos identificados											
Bivalvia	Zonación			Sustrato		Hábito			Tipo Trófico		
	Supralit.	Intert.	Sublit.	Blando	Duro	Epibis.	Inf. Sup.	Inf. Prof.	Susp.	Detrit.	
<i>Mytilus edulis</i> Linné											
<i>Brachidontes (B.) cf. rodriguezii</i> (d' Orb.)											
<i>Brachidontes (B.) purpuratus</i> (Lam.)											
<i>Brachidontes (B.) cf. darwinianus</i> (d' Orb.)											
<i>Aulacomya atra</i> (Molina)											
<i>Eurhomalea exalbida</i> (Dillwyn)											
<i>Protothaca antiqua</i> (King)											
<i>Clausinella gayi</i> (Hupé)											
<i>Mactra cf. fueguensis</i> Smith											
<i>Mulinia edulis</i> (King & Broderip)											
<i>Macoma</i> sp.											
<i>Ensis macha</i> (Molina)											

Grupo A1); 2, intermedios con moluscos abundantes (equivalente al Grupo B1); 3, externos muy modernos con composición casi idéntica a la del mar vecino (equivalente al Grupo B2).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En relación con los modelos sobre respuestas de la línea de costa a los cambios del nivel del mar, tema crítico y de debate científico vigente, no existe consenso entre las diferentes premisas utilizadas durante los últimos 50 años. Las relaciones entre el ascenso eustático y la respuesta de la línea de costa son extremadamente complejas, no unilaterales (*e.g.*, Cooper y Pilkey 2004), a lo que se suma

que ningún modelo universal aplicable inequívocamente a áreas geográficas del Atlántico Sur ha sido desarrollado y contrastado hasta la fecha (entre otros, Pirazzoli 1991, Schnack *et al.* 2005, Angulo *et al.* 2006, 2013, Ivins *et al.* 2007, Smith *et al.* 2011, Cronin 2012, Gehrels y Woodworth 2012, Meyssignac y Cazenave 2012, Woodroffe y Murray-Wallace 2012, Zecca y Chiari 2012, Pappalardo *et al.* en prensa). Se ha postulado que en Patagonia, como consecuencia del derretimiento de los grandes glaciares posterior al Máximo de la Última Glaciación (*ca.* 25 ka, Rabassa *et al.* 2011), el patrón de drenaje cambió drásticamente (Sudgen *et al.* 2005, Glasser *et al.* 2008, Rabassa *et al.* 2011). En el área de Ensenada Ferrer, el origen de los cordones holocenos más internos (Grupo A1), muy

ricos en gravas y muy pobres en contenido malacológico, con predominio de escasas conchillas gruesas de Volutidos, muy erosionadas (mientras que prácticamente no se identificaron ejemplares de especies con conchillas finas, más frágiles), podría ser una consecuencia del drástico cambio climático y el gran volumen de agua descargado al margen atlántico patagónico. Cabe mencionar que este tipo de cordones, prácticamente estériles en términos de contenido malacológico y con abundantes gravas, se identifican a lo largo de varias áreas costeras de Patagonia, por ejemplo en el área vecina de Bahía Laura. Según Codignotto *et al.* (1992, 1994) el máximo nivel del mar durante el Holoceno tuvo lugar en el lapso de 6.500-4.000 años A.P., estando la costa argentina en

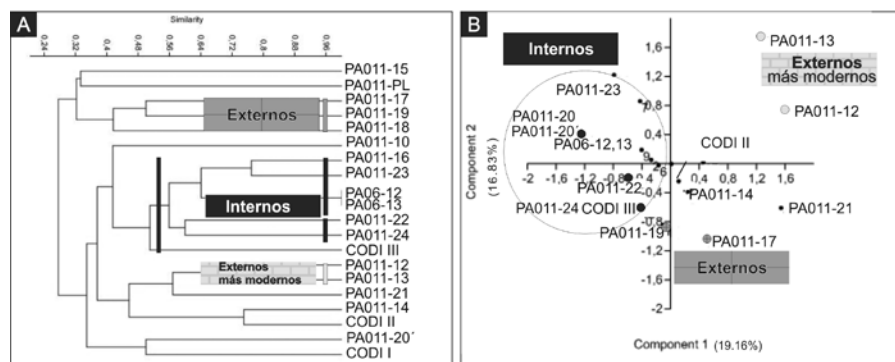


Figura 6: Análisis multivariados aplicados a una matriz de similitud construida a partir de los taxones de Gastropoda y Bivalvia presentes en las muestras malacológicas de los sistemas de cordones holocenos del área de estudio. A, Cluster analysis (Coeficiente Dice); B, Análisis de Componentes Principales (Var-Cov.; CC: > 0.7). Ambas técnicas arrojaron resultados similares, discriminando entre muestras de cordones internos más antiguos (Grupo A1), externos intermedios (Grupo B1) y externos modernos (Grupo B2), confirmando la interpretación geomorfológica propuesta (véanse Figuras 1, 3, 4 y 5).

continuo ascenso debido a procesos neotectónicos e hidroisostáticos (promedio de 0,12 a 1,63 m cada mil años, según el sector analizado). Considerando las estimaciones de estos autores, se asume que el área de estudio ascendería alrededor de 1,623 m cada 1.000 años, representando el sector con mayor velocidad de ascenso relativo de toda la costa argentina, lo cual explicaría la cantidad de sistemas de cordones observados en contraposición con sectores ubicados a menores latitudes (en orden decreciente en las provincias de Chubut, Río Negro y Buenos Aires). Por su parte, para el sector de Patagonia, Rostami *et al.* (2000) estimaron un ascenso de 0,09 m cada 1.000 años desde el Pleistoceno medio, en tanto que Pedoja *et al.* (2011) propusieron un modelo de levantamiento de la costa patagónica estimando un ascenso promedio de $0,12 \pm 0,04$ mm/año desde el Piso Isotópico Marino 11 (*ca.* 440 ka A.P.), que podría explicarse por la subducción de la dorsal de Chile asociada a la dinámica de levantamiento.

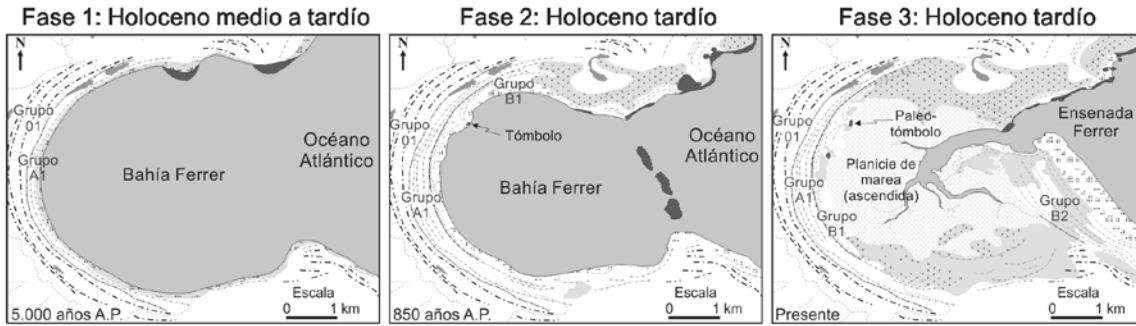
De los tipos de marcadores confiables comúnmente utilizados para determinar el nivel medio del mar (*e.g.*, arrecifes de algas, playas antiguas, cuevas) (Wolf *et al.* 2006, Angulo *et al.* 2013), no se dispone de ninguno en el área de estudio. No obstante, con la información disponible, basada en las observaciones de campo, en la geomorfología, en las inferencias paleoambientales brindadas por la malacofauna y la sedimentología, y en las exiguas

dataciones radiocarbónicas (que por otra parte indican sólo edades aproximadas al estar basadas en material de cordones conchiles), se puede interpretar preliminarmente que en el área se produjeron al menos dos rápidos descensos del nivel medio del mar (hace aproximadamente 5.700 ± 500 ka ^{14}C A.P. y 1.000 ± 110 ka ^{14}C A.P., coincidente con los desniveles topográficos observados) que, aunado a lo anterior, permite el reconocimiento de tres fases en la evolución costera de Ensenada Ferrer durante el Holoceno (Fig. 7): **FASE 1:** corresponde a la conformación de los cordones litorales pertenecientes al Grupo A1 durante el Holoceno medio y tardío (entre 5.700 ± 500 ka ^{14}C A.P. y 1.000 ± 110 ka ^{14}C A.P.). La composición sedimentológica gravo-arenosa de estos cordones, conjuntamente con el estado fragmentario y composición de la fauna asociada, indican una energía en el sistema mayor a la actual (Fig. 2). Durante esta fase, Ensenada Ferrer se presenta como una bahía abierta hacia el mar circundante. Una superficie de truncamiento coincidente con un desnivel de 4 a 6 m (indicativo de un período de erosión y/o no depositación), separa la Fase 1 de otra más antigua, previa al Holoceno medio, conformada también por cordones gravo-arenosos similares a la presente fase (Fig. 4). El cambio entre ambos estadios estaría vinculado principalmente a un descenso relativo del nivel medio del mar.

FASE 2: corresponde a la conformación

durante el Holoceno tardío de los cordones litorales pertenecientes al Grupo B1. La composición sedimentológica arenosa fina a limosa mediana a gruesa de estas crestas de playa, conjuntamente con la composición y estado parcialmente fragmentario de la fauna asociada, indican una energía en el sistema menor a la fase anterior (Fig. 2). Una superficie de truncamiento asociada con un desnivel de 1,5 a 3 m (indicativo de un período de erosión y/o no depositación), separa la Fase 2 de la Fase 1. Este cambio probablemente está vinculado a un descenso relativo del nivel medio del mar. De la siguiente fase la separa otra superficie de truncamiento y un posible desnivel inferior a 1 m (Fig. 4). Durante la Fase 2, Ensenada Ferrer continúa siendo una bahía abierta, si bien es probable que la presencia de vulcanitas parcialmente sumergidas presentes en la boca de la bahía haya restringido la comunicación con el mar circundante, reduciendo de esta manera la energía de ola al interior de la bahía, reflejándose esto en el menor tamaño granulométrico de los cordones litorales allí formados y en la dominancia de *Buccinanops-Ensis*. Hacia el final de esta fase, una relativa estabilidad en los procesos de erosión y acumulación en la bahía, se vio reflejada en la conformación de al menos un tómbolo doble (no derivado), geoforma que es indicativa, según Thom (1978), de una costa de tipo estacionario (Figs. 3 y 7). **FASE 3:** corresponde a la conformación durante el Holoceno tardío de los cordones litorales pertenecientes al Grupo B2. Éstos se establecieron en la boca de la bahía al quedar favorecidos, desde el punto de vista hidráulico, por los bajofondos rocosos producto de las posibles vulcanitas presentes en ese sector, muy abundantes éstas en las zonas circundantes. De acuerdo a su posición geográfica (lindante con la playa actual), a su menor cota respecto al nivel medio del mar y a su menor grado de edafización, se infiere que los cordones del Grupo B2 son más recientes que los del Grupo B1, si bien en parte podrían llegar a ser coetáneos (*e.g.* durante la etapa final de la fase anterior). En esta fase, al quedar parcialmente cerrada la antigua

EVOLUCIÓN DE ENSENADA FERRER



REFERENCIAS



Figura 7: Interpretación de la evolución del área costera de Ensenada Ferrer durante el Holoceno medio y tardío.

bahía, la energía en el sistema disminuyó aún más dando lugar a la conformación de una planicie de marea, parcialmente ascendida en la actualidad por los movimientos neotectónicos prevalecientes en el sector. La malacofauna, prácticamente idéntica a la moderna de ambientes protegidos, avala esta interpretación. Al igual que en la fase anterior, la presencia en la playa actual de pequeños tómbolos no derivados indicaría la ausencia de deriva litoral en el área.

Si bien estas interpretaciones son preliminares, ya que aún es necesario ajustar el modelo a una mayor precisión topográfica y al aporte de nuevas dataciones radiocarbónicas, preferentemente basadas en un mismo taxón y por AMS, junto con la definición de algún marcador del nivel del mar independiente (macroalgas?, plataformas de abrasión con bioerosión?, cuevas?), puede afirmarse que los datos geomorfológicos, sedimentológicos y malacológicos reunidos son coincidentes y avalan conjuntamente el modelo evolutivo propuesto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al editor y a dos revisores por sus sugerencias, comentarios

y críticas, que han enriquecido ampliamente lo expresado en el trabajo. A la Lic. Mariana Constante, cuyo Trabajo Final de Licenciatura constituyó un importante sustento a partir del cual se elaboró el presente trabajo, y al Dr. Roberto Kokot por su colaboración en tareas de campo. El trabajo fue financiado por subsidios de la ANPCYT (PICT 468), CONICET (PIP0080, PIP 00372 (2013-2015), y CONICET-DFG) y Universidad Nacional de La Plata (PI 11/N587).

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Acha, M., Mianzan, H., Guerrero, R., Favero, M. y Bava, J. 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America. Physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems* 44: 83-105.

Acha, M., Mianzan, H., Guerrero, R., Carreto, J., Giberto, D., Montoya, N. y Carignano, M. 2008. An overview of physical and ecological processes in the Río de la Plata Estuary. *Continental Shelf Research* 28: 1579-1588.

Aguirre, M.L. 2003. Late Pleistocene and Holocene palaeoenvironments in Golfo San Jorge, Patagonia: molluscan evidence. *Marine Geology* 194: 3-30.

Aguirre, M.L., Richiano, S.M., Álvarez, M.F. y Eastoe, C. 2009. Malacofauna Cuaternaria del

litoral norte de Santa Cruz (Patagonia, Argentina). *Geobios* 42: 411-434.

Aguirre, M.L., Codignotto, J.O., Medina, R.A., Richiano, S.M. y Farinati, E.A. 2011a. Malacofauna y niveles marinos del Pleistoceno y Holoceno en el área costera de Ensenada Ferrer (Santa Cruz, Patagonia, Argentina). 8° Congreso Latinoamericano de Malacología (CLAMA), Actas: 73, Puerto Madryn, Chubut.

Aguirre, M.L., Donato, M., Richiano, S.M. y Farinati, E.A. 2011b. Pleistocene and Holocene interglacial molluscan assemblages from Patagonian and Bonaerensian littoral (Argentina, SW Atlantic): Palaeobiodiversity and palaeobiogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 308: 277-292.

Aguirre, M.L., Codignotto, J.O., Medina, R.A., Mormeneo, L., Richiano, S.M. y Farinati, E.A. 2012. Malacofauna y evolución costera del Holoceno marino en Ensenada Ferrer (Santa Cruz, Patagonia, Argentina). 5° Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Actas: 43-44, Río Cuarto, Córdoba.

Aguirre, M.L., Richiano, S.M., Donato, M. y Farinati, E.A. 2013. *Tegula atra* (Lesson, 1830) (Mollusca, Gastropoda) in the marine Quaternary of Patagonia (Argentina, SW Atlantic): biostratigraphical tool and palaeoclimate-palaeoceanographical signal. *Quaternary International* 305: 163-187.

Aldea, C. y Valdovinos, C. 2005. Moluscos del

- intermareal rocoso del Centro - Sur de Chile (36°-38° S): Taxonomía y clave de identificación. *Gayana* 69: 364-396.
- Angulo, R., Lessa, G. y de Souza, M. 2006. A critical review of Mid-to Late Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews* 25: 486-506.
- Angulo, R., de Souza, M., Fernandes, L. y Disaró, S. 2013. Quaternary sea-level changes and aeolianites in the Fernando de Noronha archipelago, northeastern Brazil. *Quaternary International* 305: 15-30.
- Balech, E. y Ehrlich, M. 2008. Esquema biogeográfico del Mar Argentino. *Revista Investigación y Desarrollo Pesquero* 19: 45-75.
- Bogazzi, E., Baldoni, A., Rivas, A., Martos, P., Reta, R., Orensanz, J., Lasta, M., Dell'Arciprete, P. y Werner, F. 2005. Spatial correspondence between areas of concentration of Patagonian scallop (*Zygochlamys patagonica*) and frontal systems in the southwestern Atlantic Fish. *Oceanographica* 14: 359-376.
- Boltovskoy, D. (ed.). 2007. Atlas de sensibilidad ambiental de la costa y el Mar Argentino. <http://www.atlas.ambiente.gov.ar>
- Carcelles, A. 1950. Catálogo de los moluscos marinos de la Patagonia. *Anales Museo Nacional Nahuel Huapí Perito Dr. Francisco P. Moreno* 2: 41-100.
- Carcelles, A. y Williamson, S. 1951. Catálogo de los moluscos marinos de la Provincia Magallánica. *Revista Museo Argentino Ciencias Naturales* 2: 225-383, Buenos Aires.
- Cárdenas Mancilla, J., Aldea, C. y Valdovinos, C. 2008. Chilean marine mollusca of Northern Patagonia collected during the Cimar-10 Fjords Cruise. *Gayana* 72: 202-240.
- Castellanos, Z.A. y Landoni, N. 1988-1993. Catálogo descriptivo de la malacofauna marina magallánica. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, La Plata.
- Castro, A.S., Moreno, J.E., Andolfo, M. y Zubimendi, M.A. 2001. Distribución espacial de sitios en la localidad de Punta Medanos, Santa Cruz (Argentina). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 26: 303-321, Buenos Aires.
- Castro, A.S., Zubimendi, M.A. y Ambrústolo, P. 2011. Archaeological littoral sites on the northern coast of Santa Cruz: Valuable evidence of sea level changes on the continental Patagonian coasts (Argentina). *Quaternary International* 245: 111-121.
- Cavallotto, J.L., Violante, R.A., Hernández-Molina, F.J. 2011. Geological aspects and evolution of the Patagonian Continental Margin. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 346-362.
- Codignotto, J.O. 1983. Depósitos elevados y/o de acreción Pleistoceno Holoceno en la costa Fueguino-Patagónica. Simposio oscilaciones del nivel del mar durante el último hemisiciclo deglacial en la Argentina. (IGCP), Actas: 12-26, Mar del Plata, Buenos Aires.
- Codignotto, J.O. y Herrera, C.L. 2000. Indicios de vulnerabilidad en Ensenada Ferrer, Santa Cruz. 4° Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, Actas: 52, Puerto Madryn, Chubut.
- Codignotto, J.O., Beros, C.A. y Trebino, L.G. 1987. Morfocronología secuencial evolutiva holocena, en Bahía Solano, Chubut. *Revista Asociación Geológica Argentina* 45: 205-212, Buenos Aires.
- Codignotto, J.O., Césari, O. y Beros, C.A. 1990. Morfocronología en secuencia deposicional cordoniforme. *Revista Asociación Geológica Argentina* 42: 462-468, Buenos Aires.
- Codignotto, J.O., Kokot, R.R. y Marcomini, S.C. 1992. Neotectonism and sea level changes in the coastal zone of Argentina. *Journal of Coastal Research* 8: 125-133.
- Codignotto, J.O., Kokot, R.R. y Marcomini, S.C. 1994. Desplazamientos verticales y horizontales de la costa argentina en el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48: 125-132, Buenos Aires.
- Compagnucci, R.H. 2011. Atmospheric circulation over Patagonia from the Jurassic to present: a review through proxy data and climatic modelling scenarios. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 229-249.
- Constante, M. 2001. Geomorfología y geología de Ensenada Ferrer, Provincia de Santa Cruz. Tesis final de licenciatura, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (inédita), 75 p., Buenos Aires.
- Cooper, J.A. y Pilkey, O.H. 2004. Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global and Planetary Change* 43:157-171.
- Cronin, T.M. 2012. Rapid sea-level rise. *Quaternary Science Reviews* 56: 11-30.
- Escutia, C., Florindo, F., Bentley, M. y DeConto, R. 2012. Cenozoic evolution of antarctic climates, oceans and ice sheets: An introduction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 335-336: 1-3.
- Feruglio, E. 1933. Nuevos datos sobre las terrazas marinas de Patagonia. *Boletín de Informaciones Petroleras* 102: 87-111, Buenos Aires.
- Feruglio, E. 1950. Descripción geológica de la Patagonia. Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Tomo 3, 432 p., Buenos Aires.
- Forcelli, D.O. 2000. Moluscos magallánicos: guía de moluscos de Patagonia y sur de Chile. Vázquez Mazzini Editores, 200 p., Buenos Aires.
- Gehrels, W.R. y Woodworth, P.L. 2012. When did modern rates of sea-level rise start? *Global and Planetary Change* 100: 263-277.
- Glasser, N., Jansson, K., Harrison, S. y Kleman, J. 2008. The glacial geomorphology and Pleistocene history of South America between 38° S. and 56° S. *Quaternary Science Reviews* 27: 365-390.
- Hodell, D., Gersonde, R. y Blum, P. 2002. Leg 177 Synthesis: Insights into southern ocean paleoceanography on tectonic to millennial timescales. En Gersonde, R., Hodell, D. y Blum, P. (eds.) *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results Volume 177*: 1-54.
- Hoffman, J.A.J., Núñez, M.N. y Piccolo, M.C. 1997. Características climáticas del Océano Atlántico Sudoccidental. En Boschi, E.E. (ed.) *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Tomo 1: 163-193, Mar del Plata, Buenos Aires.
- Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS). 1999a. Informe N° 4.294 de Datación Radimétrica Carbono-14, Muestra AC N° 1.520, Buenos Aires.
- Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS). 1999b. Informe N° 4.390 de Datación Radimétrica Carbono-14, Muestra AC N° 1.555, Buenos Aires.
- Ivins, E.R., Dokka, R.K. y Blom, R.G. 2007. Post-glacial sediment load and subsidence in coastal Louisiana. *Geophysical Research Letters* 34: L16303.
- Lucas, A., Guerrero, R., Mianzan, H., Acha, M. y Lasta, C. 2005. Coastal oceanographic regimes of the Northern Argentine Continental Shelf (34-43° S). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 65: 405-420.
- Meyssignac, B. y Cazenave, A. 2012. Sea level: A review of present-day and recent-past changes and variability. *Journal of Geodynamics*

- 58: 96-109.
- Moreno, E., Zangrando, A., Tessone, A., Castro, A. y Panarello, H. 2011. Isótopos estables, fauna y tecnología en el estudio de los cazadores-recolectores de la costa norte de Santa Cruz. *Magallania* 39: 265-276.
- Núñez Cortés, C. y Narosky, T. 1997. Cien Caracoles Argentinos. Editorial Albatros, 158 p., Buenos Aires.
- Palma, E.D., Matano, R.P., Piola, A.R. y Sitz, L.E. 2004. A comparison of the circulation patterns over the Southwestern Atlantic Shelf driven by different wind climatologies. *Geophysical Research Letters* 31: L24303.
- Palma, E.D., Matano, R.P. y Piola, A.R. 2008. A numerical study of the Southwestern Atlantic Shelf circulation: Stratified ocean response to local and offshore forcing. *Journal of Geophysical Research*, 113: C11010.
- Panza, J.L., Márquez, M. y Godeas, M. 1994. Hoja Geológica 4966 - I y II, Bahía Laura (escala 1: 250.000), Provincia de Santa Cruz. Dirección Nacional del Servicio Geológico, Boletín 214, 83 p., Buenos Aires.
- Paparazzo, F., Bianucci, L., Schloss, I., Almandoz, G., Solís, M. y Esteves, J. 2010. Cross-frontal distribution of inorganic nutrients and chlorophyll-a on the Patagonian Continental Shelf of Argentina during summer and fall. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45: 107-119.
- Pappalardo, M., Aguirre, M., Bini, M., Consoloni, I., Fucks, E., Isola, I., Ragaini, L., Ribolini, A. y Zanchetta, G. 2013. Coastal landscape evolution and sea-level change: a case study from Central Patagonia (Argentina). *Zeitschrift für Geomorphologie*. En prensa.
- Pedoja, K., Regard, V., Husson, L., Martinod, J. y Iglesias, M. 2008. Why is the passive margin of Argentinean Patagonia uplifting?: An insight by marine terrace and tidal notches sequences. *Seventh International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG)*.
- Pedoja, K., Regard, V., Husson, L., Martinod, J., Guillaume, B., Fucks, E., Iglesias, M. y Weill, P. 2011. Uplift of Quaternary shorelines in eastern Patagonia: Darwin revisited. *Geomorphology* 127: 121-142.
- Piola, A., Romero, S. y Zajaczkowski, U. 2008. Space-time variability of the Plata pluma inferred from ocean color. *Continental Shelf Research* 28: 1556-1567.
- Piola, A., Martínez Avellaneda, N., Guerrero, R., Jardón, F., Palma, E. y Romero, S. 2010. Malvinas slope water intrusions on the Northern Patagonia Continental Shelf. *Ocean Science* 6: 345-359.
- Pirazzoli, P. 1991. World atlas of Holocene sea-level change, Elsevier Oceanography Series 58, 300 p., Amsterdam.
- Podestá, G.P. 1997. Utilización de datos satelitarios en investigaciones oceanográficas y pesqueras en el Océano Atlántico Sudoccidental. En Boschi, E.E. (ed.) *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Tomo 1: 195-222, Mar del Plata, Buenos Aires.
- Ponce, J., Rabassa, J., Coronato, A. y Borromei, A. 2011. Palaeogeographical evolution of the Atlantic coast of Pampa and Patagonia from the last glacial maximum to the Middle Holocene. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 363-379.
- Rabassa, J., Coronato, A. y Martínez, O. 2011. Late Cenozoic glaciations in Patagonia and Tierra del Fuego: an updated review. *Biological Journal of the Linnean Society* 103: 316-335.
- Rostami, K., Peltier, W.R. y Mangini, A. 2000. Quaternary marine terraces, sea-level changes and uplift history of Patagonia, Argentina: comparisons with predictions of the ICE-4G (VM2) model of the global process of glacial isostatic adjustment. *Quaternary Science Reviews* 19: 1495-1525.
- Rutter, N., Radtke, U. y Schnack, E. 1990. Comparison of ESR and amino acid data in correlating and dating Quaternary shorelines along the Patagonian coast, Argentina. *Journal of Coastal Research* 6: 391-411.
- Schellmann, G. 2007. Holozäne Meeresspiegelveränderungen - ESR Datierungen aragonitischer Muschelschalen - Paläotsunamis. Institut für Geographie an der Universität Bamberg im Selbstverlag 199: 983-996.
- Schellmann, G. y Radtke, U. 2000. ESR dating of stratigraphically well-constrained marine terraces along the Patagonian Atlantic coast (Argentina). *Quaternary International* 68-71: 261-273.
- Schellmann, G. y Radtke, U. 2003. Coastal terraces and Holocene sea level changes along the Patagonian Atlantic coast. *Journal of Coastal Research* 19: 983-996.
- Schellmann, G. y Radtke, U. 2007. Neue Befunde zur Verbreitung und chronostratigraphischen Gliederung holozäner Küstenterrassen an der mittel- und südpatagonischen Atlantikküste (Argentinien) - Zeugnisse holozäner Meeresspiegelveränderungen. *Bamberger Geographische Schriften* 22: 1-91.
- Schellmann, G. y Radtke, U. 2010. Timing and magnitude of Holocene sea-level changes along the middle and south Patagonian Atlantic coast derived from beach ridge systems, littoral terraces and valley-mouth terraces. *Earth Science Review* 103: 1-30.
- Schnack, E., Isla, F., De Francesco, F. y Fucks, E. 2005. Estratigrafía del Cuaternario marino tardío en la Provincia de Buenos Aires. *Relatorio 16 Congreso Geológico Argentino*: 158-181.
- Servicio de Hidrografía Naval. 2013. Tablas de Marea. <http://www.hidro.gov.ar>
- Smith, D.E., Harrison, S., Firth, C.R. y Jordan, J.T. 2011. The early Holocene sea level rise. *Quaternary Science Reviews* 30: 1846-1860.
- Sudgen, D., Bentley, M., Fogwill, C., Hulton, N., MacCulloch, R. y Purves, R. 2005. Late-glacial glacier events in Southernmost South America: a blend of 'Northern' and 'Southern' hemispheric climatic signals? *Geographiska Annaler* 87: 273-288.
- Thom, B.G. 1978. Coastal sand deposition in southeast Australia during the Holocene. En Davis J.L. y Williams M.A.G. (eds.) *Landform evolution in Australasia*, A.N.U. Press: 197-214, Canberra.
- Valdovinos, C. 1999. Biodiversidad de moluscos chilenos: base de datos taxonómica y distribucional. *Gayana* 63: 111-164.
- Wolf, D., Klemann, V., Wunsch, J. y Zhang, F. 2006. A reanalysis and reinterpretation of geodetic and geological evidence of glacial-isostatic adjustment in the Churchill region, Hudson Bay. *Surveys in Geophysics* 27: 19-61.
- Woodroffe, C.D. y Murray-Wallace, C.V. 2012. Sea-level rise and coastal change: the past as a guide to the future. *Quaternary Science Reviews* 54: 4-11.
- Zecca, A. y Chiari, L. 2012. Lower bounds to future sea-level rise. *Global and Planetary Change* 98-99: 1-5.
- Zubimendi, M.A., Castro, A.S. y Moreno, J.E. 2005. El consumo de moluscos en la costa norte de Santa Cruz. *Intersecciones en Antropología* 6: 121-137, Olavarría, Buenos Aires.

Recibido: 16 de mayo, 2013

Aceptado: 25 de octubre, 2013