

## Cambios rápidos en la costa de caleta Valdés, Chubut

Jorge O. CODIGNOTTO<sup>1,2</sup>, Roberto R. KOKOT<sup>1,2</sup> y Alejandro J.A. MONTI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento Ciencias Geológicas, F.C.E.yN., UBA

<sup>2</sup>CONICET, Museo Argentino de Ciencias Naturales, Av. Angel Gallardo 470, (1405) Buenos Aires

<sup>3</sup>Universidad Nacional San Juan Bosco, CENPAT, Boulevard Brown S/N. Puerto Madryn

E-mail: barnes@gl.fcen.uba.ar

**RESUMEN.** La caleta Valdés está representada por un cuerpo de agua longilíneo de rumbo N-S, tiene aproximadamente 30 km de largo y 3 km de anchura máxima. Se encuentra flanqueada por una espiga de barrera que presenta un notable crecimiento hacia el sur. Este crecimiento es acelerado e importante, ya que entre 1971 y 1987, o sea en 16 años, la espiga creció 400 m, unos 25 m por año. Entre 1987 y 1996 creció 800 m, o sea 90 m por año, y entre 1996 y 1999, creció 500 m, aproximadamente 170 m por año. Este fenómeno de crecimiento acelerado, implica el transporte promedio durante los últimos tres años, de unas 1400 ton de grava por día. Se representa la tendencia en el crecimiento por una ecuación polinomial de tercer orden. A partir de ella, se obtuvo que la fecha del cierre de la caleta Valdés ocurrirá antes del año 2002, convirtiéndose a partir de ese momento en una laguna marginal. Este cambio morfológico también implica cambios drásticos en la hidrodinámica así como en las condiciones ecológicas por modificaciones en la salinidad y temperatura del agua. Se confirma la tendencia general de deriva litoral hacia el sur en el área de estudio.

**Palabras clave:** *Deriva litoral, Cambios rápidos, Patagonia, Argentina*

**ABSTRACT.** *Rapid changes in Caleta Valdés, Chubut.* Caleta Valdés is a N-S oriented elongated arm of the sea, which is approximately 30 km long and 3 km wide at its widest point. Caleta Valdés is flanked by a barrier spit with a remarkable rate of growth toward the south. This growing process is both accelerated and important inasmuch as, between 1971 and 1987 (i.e. within a 16-year time span), the spit grew by 400 m, i.e. at a rate of 25 m per annum. Between 1987 and 1996, the spit increased by a further 800 m (90-m per annum), and between 1996 and 1999, the spit has increased by 500 m more, i.e. at a rate of 170 m per annum. Such an accelerated growth phenomenon implies that an average of 1,400 tons of gravel a day have been accumulating at the end of the spit for the last three years. Representation of this growth rate by means of a third-order polynomial equation suggests that Caleta Valdés will be closed by 2002 and thus become a marginal lagoon. Such a morphological change also implies drastic changes in hydrodynamics on the one hand, and changes in ecological conditions due to modifications in both water salinity and temperature on the other. Studies in progress suggest there is a general tendency for a southerly coastal drift in this area.

**Key words:** *Littoral drift, Rapid changes, Patagonia, Argentina*

### Introducción

La caleta Valdés se encuentra situada en el extremo NE de la península homónima. Posee una disposición aproximadamente meridiana. Al norte limita con la punta Norte, y en el sur con los acantilados de la punta Cantor (Fig. 1).

Es una albufera, delimitada en el oriente por espigas de barrera orientadas en dirección norte-sur. La caleta presenta un desarrollo paralelo a la línea de costa, con una elongación aproximada de 30 kilómetros. Su anchura varía desde los 3.000 m, en el ambiente de islas desarrollado en el extremo norte de la albufera, hasta los 200 m en las proximidades de la desembocadura, donde se encuentra un canal (estrecho de mareas) que permite una restringida comunicación con el mar abierto.

La dinámica dominante en el Holoceno condicio-

no la formación de las espigas que flanquean la caleta Valdés. Esta situación ha suscitado distintas opiniones en las últimas décadas, particularmente vinculadas con los sentidos de transporte y permanencia de las corrientes de deriva litoral, responsables de las modificaciones registradas en las mencionadas geoformas.

El Proyecto 367 del *International Geological Correlation Program*, denominado «Registros Costeros de Cambios Rápidos en el Cuaternario Tardío», se encargó de documentar y explicar los cambios rápidos (eventos que ocurren en la escala de segundos a miles de años) en zonas costeras durante el Cuaternario tardío.

El presente trabajo está estrechamente vinculado con los conceptos del proyecto precitado. El concepto de «cambios rápidos», según Mörner (1996), es aplicado a aquéllos que ocurren en períodos de

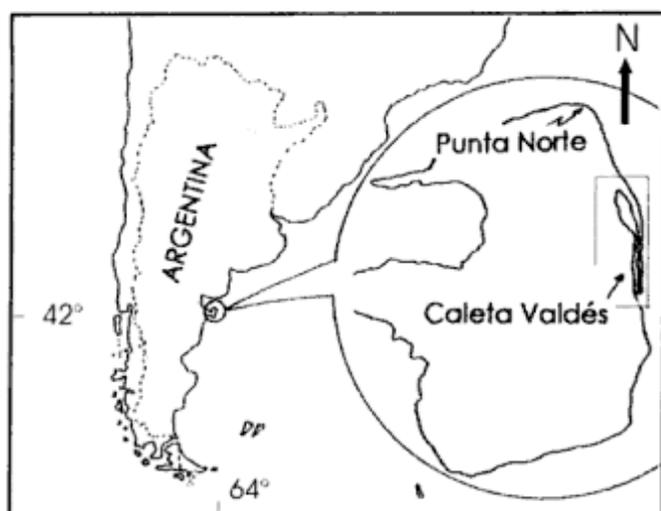


Figura 1: Mapa de ubicación.

una centuria o menos, incluyendo en ellos los cambios «instantáneos, tales como los producidos por olas de tormenta y tsunamis en el mar y por un sismo tectónico en tierra».

Por otra parte, Barousseau y Radakovitch (1996) atribuyen los cambios rápidos a las fluctuaciones en el volumen de los sedimentos aportados y a las condiciones hidrodinámicas imperantes.

También Goodfriend y Stanley (1999) mencionan cambios rápidos en la configuración costera debidos a gran aporte de sedimentos.

En numerosos lugares de la costa atlántica argentina ocurren fenómenos evolutivos naturales que implican un rápido cambio morfológico. En el ámbito internacional han sido descriptos numerosos fenómenos de este tipo. Sin embargo, en el nivel nacional, estos rasgos evolutivos son casi desconocidos.

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer los resultados de monitoreos recientes y de estudios geomorfológicos efectuados sobre los cambios morfodinámicos ocurridos en las espigas de la caleta Valdés durante los últimos 28 años. Las mediciones se hicieron en forma directa, mediante un distanciómetro y comparación de fotografías aéreas.

Se considera importante el conocimiento pleno del fenómeno que ocurre en la caleta Valdés, ya que influirá notoriamente en el manejo del turismo ecológico que se lleva a cabo en el área. Asimismo permitirá investigaciones biológicas naturalmente concatenadas con las predicciones geomorfológicas.

## Antecedentes

La génesis de la caleta Valdés fue interpretada por Rovereto (1921), quien propuso entre otros conceptos un origen tectónico por fallamiento. Posteriormente, fue estudiada por Codignotto (1983), quien

señala edades pleistocenas y holocenas para los depósitos cordoniformes aflorantes.

Fasano *et al.* (1983) aportan edades pleistocenas coincidentes con el autor anterior y mencionan una inversión de deriva en el Holoceno, la que de un sentido norte a sur, en un principio, cambió de sur a norte en la actualidad, evidenciado esto a partir del desarrollo de una espiga menor, progradante hacia el norte. Ellos señalan que los diseños de los cordones litorales regresivos holocénicos indican una deriva litoral neta de N a S durante su formación.

Codignotto y Kokot (1988) caracterizan a la caleta Valdés como una albufera enmarcada por un sistema de espigas dobles. Asimismo, prueban que la inversión de deriva sostenida por Fasano *et al.* (1983), ocurrida en algún momento del Holoceno, no se mantiene en la actualidad. Sobre la base de reconocimientos fotográficos aéreos del sector, establecen una notable progradación de la espiga norte hacia el sur, ocurrida entre los años 1971 y 1987. Señalan que la espiga norte ha progradado en los últimos 16 años unos 400 m indicando una deriva neta de norte a sur, tanto en el pasado como en la actualidad, en oposición a Fasano *et al.* (1983), que indican una inversión en la deriva litoral. Luego, Codignotto *et al.* (1993) lo reafirman en un trabajo general de la costa argentina donde expresan que a partir de estudios geomorfológicos se determinó que aproximadamente al sur del paralelo 42°S, la corriente de deriva predominante es hacia el sur, incluyendo la caleta Valdés, bahía Engaño y bahía Solano.

Codignotto *et al.* (1995) realizan nuevos vuelos de reconocimiento fotográfico y determinan un aumento en la velocidad de progradación de la espiga norte hacia el sur, expresando que el control de las geformas durante los últimos 24 años permitió detectar un pulso de crecimiento reciente que permite confirmar las tendencias evolutivas previstas, pero evidenciando una aceleración que duplica la velocidad de progradación en los últimos ocho años. También señalan que en períodos de tiempo relativamente cortos se producirán variaciones en la conformación de la costa, que conducirán a la desactivación de la caleta Valdés.

Contemporáneamente, Isla y Bujalesky (1995) afirman que la desembocadura de la caleta Valdés está formada por espigas complejas canibalizadas y que la existencia de dos espigas complejas (norte y sur) indica una inversión de la deriva. La interpretación morfológica de los citados autores (página 83) fue realizada sobre una fotografía aérea del Servicio de Hidrografía Naval obtenida en 1971. También indican una deriva actual de sur a norte sobre la base de un trabajo de Schnack *et al.* (1982). Asimismo, mencionan una deriva actual de sur a norte, expresando que el traslape de playas, progradación de ambientes mareales o el grado de vegetación de las dunas indica deriva de norte a sur, sobre la base del trabajo de Schnack *et al.* (1982). El llamado «tras-

lape de playas» fue mostrado en Codignotto y Kokot (1988), como inverso al señalado por Schnack *et al.* (1982).

Relacionado con esto último, cabe destacar que Codignotto y Kokot (1988) publicaron la misma fotografía, precisamente para documentar los cambios morfológicos ocurridos en las espigas de la caleta Valdés entre 1971 y 1987; y posteriormente integraron la misma con nuevas fotografías aéreas y controles de campo para obtener las conclusiones expuestas por Codignotto *et al.* (1995).

Monti (1997) estudió la Caleta Valdés y determinó las secuencias de los depósitos marinos pleistocenos y holocenos, determinando una deriva litoral hacia el sur.

Kokot (1999), en un trabajo de evolución costera, también señala la tendencia hacia el sur en la deriva litoral para el área de la caleta Valdés.

## Resultados

Las mediciones del crecimiento de la espiga norte se realizaron a través de la comparación de fotografías aéreas de distintos años y mediciones en el terreno efectuadas con un distanciómetro. El método de comparación de fotografías aéreas fue utilizado por numerosos autores en diversas localidades; entre ellos, Fox *et al.* (1995) determinaron velocidades de depositación y erosión en la bahía Gasé (Canadá), a partir de mapas y fotos aéreas de crestas de playa con datos desde 1765 a 1981, indicando las velocidades de crecimiento de la espiga Penouille.

Binderup (1997) estudia la evolución de una espiga en Vejro Island (Dinamarca), a partir del análisis de fotografías aéreas de 34 años, pudiendo determinar cambios en la configuración de la línea de costa.

El crecimiento de la espiga norte fue verificado

por medio de mediciones realizadas durante veintiocho años (Codignotto y Kokot 1988; Codignotto *et al.* 1995; Monti 1997; Kokot 1999). Con los datos obtenidos, y tomando como punto de partida el año 1971, se determinaron los valores de crecimiento y las velocidades correspondientes.

Los resultados obtenidos, según mediciones realizadas en distintos períodos, indican una importante aceleración que puede ser representada por una curva (Fig. 2). La misma se aproxima a una curva de tendencia polinomial de tercer orden. En la figura se observa una superposición casi total entre ambas curvas.

Para determinar el volumen de gravas transportadas a lo largo de la costa es necesario calcular la sección de la espiga norte en el sector distal. Ella se asemeja a un trapecio, cuyo techo corresponde a la anchura de la espiga, siendo aproximadamente de 100 metros. Las playas aledañas tienen una pendiente de aproximadamente 10°. Con estos datos se obtiene la anchura de la base del trapecio, 230 m aproximadamente. La altura del mismo, 12 m, surge de considerar la profundidad de la boca de entrada de la caleta, 5 m según Servicio de Hidrografía Naval (1962), y el promedio en altura de las crestas litorales, aproximadamente 7 metros sobre el nivel del mar. Con los datos anteriores, se deduce que la sección de la espiga es de aproximadamente 2.000 metros cuadrados. Ello significa que 100 m de avance de la espiga norte, equivalen al transporte de 200.000 m<sup>3</sup> de gravas (Cuadro 1). El depósito está constituido por gravas caladas con escasa matriz arenosa, con clastos de volcanitas discoidales, y ocasionalmente proladas de tamaño promedio (según eje b) de 10 centímetros. El peso específico del depósito de gravas tiene un valor promedio de 1,6 ton/m<sup>3</sup>.

A fin de visualizar los volúmenes involucrados, se realiza una analogía con el número de camiones necesarios para movilizar los volúmenes calculados, suponiendo cajas con capacidad de carga de 7 metros cúbicos.

Analizando el cuadro 1 y la figura 2, es factible estimar el año en el cual, según la tendencia registrada, la espiga crecerá los 700 m que restan para alcanzar los depósitos litorales aledaños a la punta Cantor y así cerrar la caleta Valdés.

De acuerdo a la figura 2 y con la tendencia señalada, el cierre se producirá en el año 2002, sin descartar por ello una mayor aceleración del proceso y el consecuente cierre, en fecha anterior a la calculada.

## Dinámica costera

El crecimiento de la espiga norte implica dos etapas. La primera etapa fue lenta, debido al gran volumen de gravas necesario para lograr un crecimiento subácueo. En la segunda (más rápida), se generó

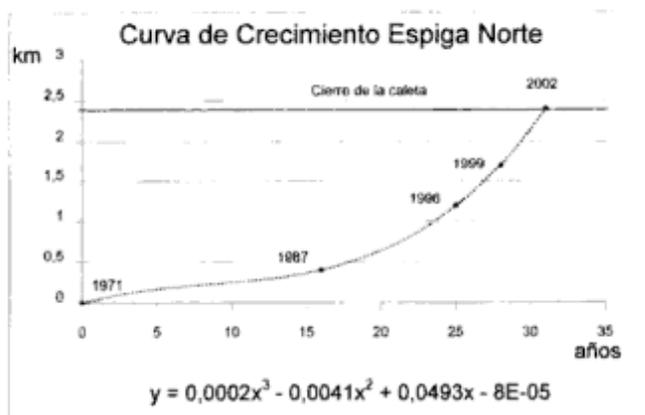


Figura 2: Curva de tendencia polinomial y curva de crecimiento de la espiga de la caleta Valdés, donde se puede apreciar la superposición casi total de ambas.

**Cuadro 1:** Cuadro comparativo entre velocidad de crecimiento de la espiga norte y volumen de sedimentos transportados.

Año	Período (años)	Crecimiento (km)	Velocidad (m/año)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (ton)	Velocidad (ton/día)	Camiones diarios
1971	0	0	0	0	0	0	0
1987	16	0,4	25	800.000	1.280.000	220	20
1996	9	0,8	89	1.600.000	2.560.000	780	70
1999	3	0,5	167	1.000.000	1.600.000	1.460	130

la espiga (en ámbito subaéreo), permitiendo la consolidación y crecimiento visible de la geoforma.

Esto explica la aceleración de crecimiento observada durante los últimos años y permite predecir el cierre de la boca de la caleta Valdés, aún sin considerar la existencia de los depósitos sumergidos (visibles por rompiente de olas en baja marea).

La velocidad de los cambios descritos, permite encuadrar el proceso dentro de los denominados «cambios rápidos».

Debido a que el cierre predicho de la caleta Valdés involucra cambios en el área del estrecho de mareas, se considera conveniente señalar las condiciones morfodinámicas que favorecieron la conformación de la espiga sur.

Durante el inicio del Holoceno, la punta Cantor se proyectaba varios centenares de metros hacia el mar, lo cual está evidenciado por la extensión actual de la plataforma de abrasión marina. Dicha protopunta configuraba el extremo sur de una paleobahía muy abierta, hoy rectificada por el retroceso de los acantilados de la punta Cantor y por el crecimiento del sistema de espigas de barrera (Codignotto y Kokot 1988).

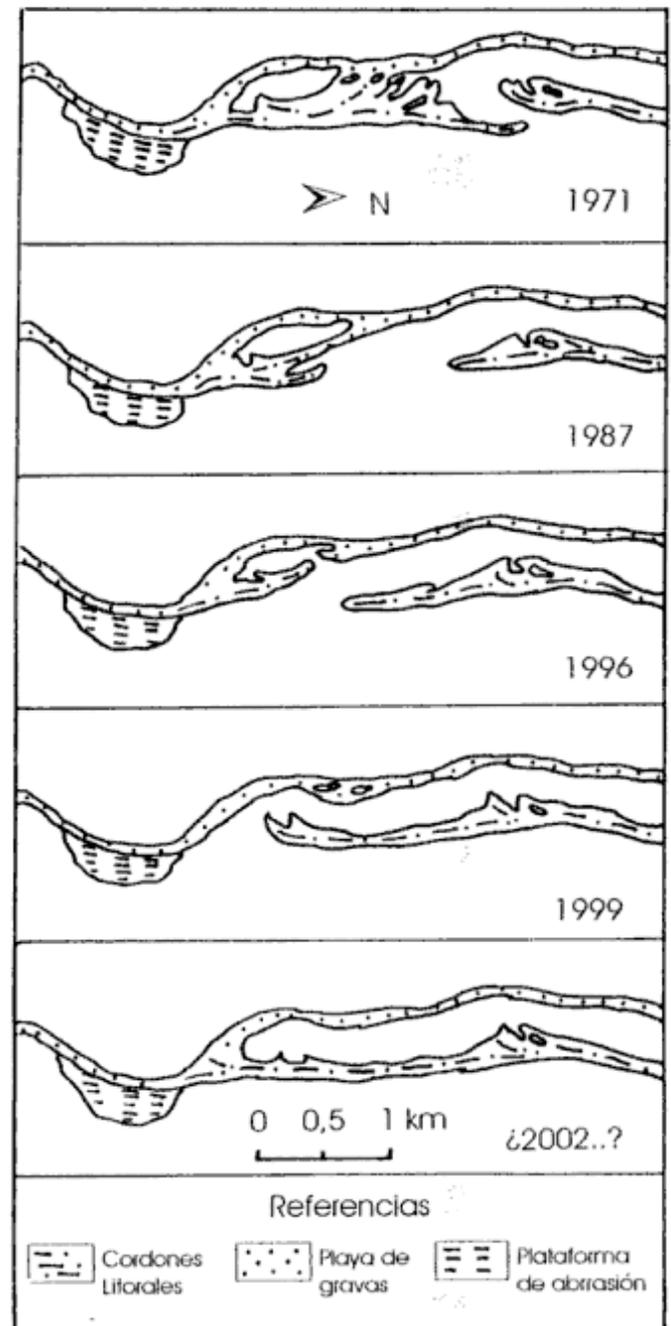
La configuración relíctica de la protopunta permite inferir un diseño asimétrico evidenciando una mayor rectitud del flanco sur, con una alineación aproximada norte-sur y un flanco norte más curvo, con una alineación aproximada oeste-este.

La coincidencia en la dirección del flanco sur con la de la corriente de deriva, imposibilitó la acumulación de material en ese sector. Como contrapartida, el ángulo conformado entre el flanco norte del cabo y la corriente de deriva, favoreció el crecimiento de una espiga de barrera hacia el norte (visible en la fotografía del Servicio de Hidrografía Naval tomada en el año 1971) (Fig. 3), aún cuando la tendencia general de la deriva litoral, como lo indica el crecimiento de la espiga norte, fue hacia el sur durante el Holoceno. Lo mencionado coincide con el modelo de evolución de cabos y bahías según Zenkovich (1967).

La espiga sur actualmente constituye un relicto de escasas dimensiones, respecto de la espiga del año 1971.

## Discusión

El proceso de destrucción de la espiga sur resulta de la combinación de la dinámica del estrecho de



**Figura 3:** Evolución de la Espiga Norte, entre 1971 y 1999. Cierre previsto no más allá del año 2002.

marea y deriva litoral dominante con sentido nort-sur.

La dinámica de los estrechos de marea pone en juego diversas variables, entre ellas, las corrientes de marea, corrientes litorales y aporte de sedimentos (Leatherman 1980).

En la región costera ubicada al sur del estado de San Pablo (Brasil), Tessler y de Mahiques (1993) indican que el crecimiento de las formas predominantes (espigas y bancos de arena) está relacionado no solamente a la deriva litoral, sino también a la interacción entre estos procesos y la dinámica interna, condicionada fuertemente por la acción de mareas. Esta intensa interacción toma lugar especialmente en las proximidades de la boca de la albufera.

En la desembocadura de la caleta Valdés, el gran aporte de sedimentos desde el norte obliga a la migración del estrecho de mareas hacia el sur. Debido a las importantes corrientes de flujo y reflujo de mareas en la boca (Servicio de Hidrografía Naval 1962), la migración de la boca de la caleta ocurre a costa de la erosión de la espiga sur. De no ser así, se produciría cierre de la caleta durante el crecimiento de la espiga, sin erosionar la espiga sur.

La anterior existencia de una espiga que creció hacia el norte, indica que hubo una célula de circulación local por refracción de olas sobre la punta Cerro (en erosión), que dio origen a una deriva en igual sentido.

Si se destruye la espiga sur, es porque la deriva hacia el sur hizo que la espiga norte migrara notoriamente y con ella también migró y se concentró en igual dirección el flujo y reflujo de marea ubicado en la boca, confirmando la deriva litoral hacia el sur. La espiga norte crece y se aproxima a la espiga sur; ello hace que el estrecho de marea sea cada vez más angosto. Esto provoca la aceleración del flujo y reflujo de marea, con la consecuente erosión del extremo de la espiga sur.

El aumento de velocidad en el crecimiento de la espiga norte, no es el resultado de un aumento de la velocidad de la corriente de deriva litoral, sino de un balance de energía entre corriente de deriva y corrientes de flujo/reflujo de mareas. En consecuencia, dicha aceleración tiene su causa en la disminución progresiva del volumen que resta colmatar.

El cierre de la caleta Valdés, impedirá el acceso de fauna, como peces y cetáceos. El ingreso de agua va a ser restringido y se producirá sólo por filtración a través de los rodados de la espiga. Al cambiar las condiciones en la dinámica litoral del interior de la caleta, se acelerará el crecimiento de las espigas cuspidadas (Codignotto y Kokot 1988). Esto conducirá indefectiblemente a la segmentación de la laguna, constituyendo grupos de lagunas litorales menores. Asimismo ocurrirán cambios en las condiciones ecológicas por variación en los parámetros

físicos y químicos del agua y por cambios en la sedimentación.

## Conclusiones

El proceso de avance confirmado de la espiga norte, hacia el sur, en los últimos 28 años, involucró la movilización de más de 5.000.000 ton de gravas, ratificando la tendencia general hacia el sur de la deriva litoral.

El cierre previsto de la caleta Valdés calculado como máximo para el año 2002, convertirá la albufera en una laguna litoral, con los consecuentes cambios ecológicos por modificaciones en la salinidad del agua, temperatura y también en la hidrodinámica.

## Agradecimientos

El presente trabajo fue parcialmente subvencionado por el subsidio UBACYT TW-96.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Barusseau, J.P. and Radakovitch, O., 1996. Geological record of littoral sedimentary processes at short time scales. *Journal of Coastal Research*, 12(4): 801-810.
- Binderup, M., 1997. Recent changes of the coastline and nearshore zone. Vejro Island, Denmark: possible consequences for future development. *Journal of Coastal Research*, 13(2): 417-420.
- Codignotto, J.O., 1983. Depósitos elevados y/o de acreción Pleistoceno-Holoceno en la costa fueguino-patagónica. *Actas Simposio Oscilaciones del nivel del mar durante el Último Hemisiciclo Deglacial en la Argentina (IGCP): 12-26*. Mar del Plata.
- Codignotto, J.O. y Kokot, R.R., 1988. Evolución geomorfológica holocena en Caleta Valdés. Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 43 (4): 474-481. Buenos Aires.
- Codignotto, J.O., Kokot, R.R. y Marcomini, S.C., 1993. Desplazamientos verticales y horizontales de la costa argentina en el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 48 (2): 125-132. Buenos Aires.
- Codignotto, J.O., Kokot, R.R. y Monti, A.J.A., 1995. Formas de acreción aceleradas. Caleta Valdés, Chubut. *Actas 6º Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar: 53*. Mar del Plata.
- Fasano, J.L., Isla, F.T. y Schnack, E.J., 1983. Un análisis comparativo sobre la evolución de ambientes litorales durante el Pleistoceno tardío-Holoceno: Laguna Mar Chiquita (Buenos Aires)-Caleta Valdés (Chubut). *Actas Simposio Oscilaciones del nivel del mar durante el Último Hemisiciclo Deglacial en la Argentina (IGCP): 27-47*. Mar del Plata.
- Fox, W.T., Haney, R.L. and Allen Curran, H., 1995. Penouille Spit, evolution of a complex spit, Gaspé, Quebec, Canadá. *Journal of Coastal Research*, 11(2): 478-493.
- Goodfriend, G.A. and Stanley, D.J., 1999. Rapid strand-plain accretion in the Northeastern Nile Delta in the 9th Century A.D. and the Demise of the Port of Pelusium. *Geology*, 27(2): 147-150.
- Isla, F.I. y Bujalesky, G.G., 1995. Tendencias evolutivas y disponi-

- bilidad de sedimentos en la interpretación de formas costeras. Casos de estudio de la costa argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 2 (1-2): 75-89.
- Kokot, R.R., 1999. Cambio climático y evolución costera en Argentina. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 254 p. (Inédito).
- Leatherman, S.P., 1980. *Barrier Island Handbook*. National Park Service, Cooperative Research Unit. The Environmental Institute. University of Massachusetts at Amherst, 101 p.
- Monti, A.J.A. 1997. Morfodinámica y ciclicidad de acreción en el Holoceno costero. Chubut, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 160 p. (Inédito).
- Mörner, N.-A., 1996. Rapid changes in coastal sea level. *Journal of Coastal Research*, 12(4): 797-800.
- Rovereto, G., 1921. Studi di Geomorfologia Argentina. *Bolletino della Societa Geologica Italiana*, 40 (5): 1-47.
- Schnack, E.J., Fasano, J.L. and Isla, F.I., 1982. The evolution of Mar Chiquita lagoon, Province of Buenos Aires, Argentina. In: Colquhoun, D. J. (Ed.): *Holocene Sea-level Fluctuations: Magnitudes and causes*. IGCP 61, p. 143-155. University of South Carolina, Columbia.
- Servicio de Hidrografía Naval, 1962. *Derrotero Argentino, Parte II. Costa del Atlántico*. Publicación H202. 435p.
- Tessler, M.G. and de Mahiques, M.M., 1993. Utilization of coastal geomorphic features as indicators of longshore transport: Examples of the southern coastal region of the State of Sao Paulo, Brasil. *Journal of Coastal Research*, 9(3): 823-830.
- Zenkovich, V.P., 1967. *Processes of Coastal Development*. Oliver & Boyd, 783 p., Edinburgh and London.

**Recibido:** 28 de octubre, 1999

**Aceptado:** 31 de octubre, 2000