

La laguna de Cahuil, un ejemplo de estuario estacional en Chile central¹

BELISARIO ANDRADE², SEBASTIÁN GRAU²

RESUMEN

Se exponen las características hidrológicas y sedimentológicas del sector de la desembocadura del Estero Nilahue, cuerpo de agua conocido como la laguna de Cahuil, en la costa de la VI Región, en Chile central. La marcada variabilidad estacional propia de las condiciones climáticas mediterráneas se refleja en las variaciones del gasto del estero, el que al desembocar en una costa dominada por el oleaje, con fuerte transporte sedimentario por la deriva litoral, es cerrado por una barra arenosa durante los meses de verano. Las precipitaciones invernales aumentan el caudal y el estero rompe la barra, comunicándose con el mar, permitiendo el ingreso de la marea dinámica y de salinidad.

Durante el período de estuario abierto, la distribución de la salinidad se comporta como la de un estuario fuertemente estratificado. Durante el período de bajos caudales estivales se forma la laguna, la cual presenta una salinidad homogénea con aguas salobres.

La distribución de los sedimentos durante el período invernal presenta tres ambientes de depositación diferentes, una con predominio de sedimentos marinos arenosos en la boca, otra con dominio de sedimentos pelíticos en el curso medio del estuario y finalmente depósitos con características fluviales en el curso superior, situación que permite catalogarlo como un estuario dominado por las mareas.

ABSTRACT

The hydrological and sedimentological characteristics of the mouth of the Nilahue creek, a body of water known as the Cahuil lagoon, on the coast of the Region VI in Central Chile, are presented. The marked seasonal variability of the mediterranean climatic conditions is demonstrated in the variations of the creek's runoff, which, upon flowing into the ocean along a wave dominated coast with a high sedimentary transport by the littoral drift, is closed by a sand bar during the summer months. During winter rains the flow increases and the estuary breaks through the bar, connecting it to the ocean, allowing the entrance of the dynamic and salinity tide.

During the period with the estuary open to the sea, the salinity distribution behaves like a highly stratified estuary. During the period with low seasonal flow, the lagoon is formed which presents a homogenous salinity with brackish water.

The distribution of the sediments during the winter season presents three different depositional environments, one at the mouth of the estuary with a predominance of sandy marine sediments, another in the middle with a predominance of pelitic sediments, and, finally in the upper part, deposits with fluvial characteristics, thereby allowing it to be catalogued as a tide-dominated estuary.

Palabras clave: estuario, salinidad, sedimentos, micromareal

Key words: estuary, salinity, sediments, microtidal

¹ Investigación financiada por FONDECYT, Proyecto N° 1020879: *Valoración ambiental de la zona costera aplicada al ordenamiento territorial: litoral del Chile central, entre La Boca y Boyeruca (entre los 33° 56' S y los 34° 41' S)*

² Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. E-mail: bandrade@uc.cl; sagrau@uc.cl

Introducción

El conocimiento sobre el comportamiento hidrológico y sedimentológico de las entrantes costeras (*inlets*) de Chile central es reducido; la costa de la VI Región presenta numerosos ejemplos de este tipo de ambientes y la revisión de la bibliografía no ha permitido encontrar información sobre estos aspectos. Esta comunicación expone información sobre las características hidrológicas y sedimentológicas de la laguna de Cahuil, en la desembocadura del estero Nilahue (34° 27' S – 72° 00' W).

En Chile, los estudios sedimentológicos en medios de desembocadura también son poco frecuentes, algunos trabajos son los de Rojas (1984), quien realizó un estudio de la distribución estacional de los sedimentos del estuario del Queule en la IX Región de La Araucanía, donde se analiza detalladamente la distribución de las facies texturales y el contenido de materia orgánica de los sedimentos del estuario mencionado; Andrade (1985) estudió las características morfosedimentológicas de marismas en el Golfo de Ancud; Urrutia *et al.* (2000) desarrollaron una investigación de las características sedimentológicas de cinco lagos costeros en la VII Región del Maule; Stuardo *et al.* (1993) precisaron los parámetros bióticos y abióticos de los estuarios de Lengua, Tabul-Raqui y Lago Budi, especialmente salinidad, temperatura, oxígeno, granulometría de los sedimentos y contenido de materia orgánica, nutrientes, PH y turbidez, entre otros.

Existen numerosas variedades de lagunas costeras, tanto en su forma como tamaño, dependiendo estos de la importancia relativa de las acciones fluviales y marinas (Davies, 1980; Paskoff, 1993). Diversos autores muestran una amplia gama de definiciones y descripciones sobre estos cuerpos de agua, tales como Nichols & Allen (1981), Phleger (1981), Zimmermann (1981), Cooper (2001), y Kirk & Lauder (2000); particularmente estos últimos, señalan que existen dos grandes problemas de definición; el primero, se refiere a la

falta de claridad sobre cómo puede definirse a las lagunas y el segundo, es que el término es usado para diversos sistemas costeros sumamente variados, sin haberse establecido aún cuáles características permiten clasificarlos como lagunas costeras propiamente tales.

En efecto, a menudo surge en la literatura la confusión entre los términos laguna y estuario. Esta confusión se debe al hecho que el concepto estuario proviene del término latino "Æestus", que significa marea (Guilcher, 1954), este es un fenómeno hidrológico. Se considera igualmente que el fenómeno de mezcla de aguas dulces provenientes de las tierras emergidas con el agua salada de origen marino es propia de los estuarios y este también es un fenómeno hidrológico. Tratar de describir una geomorfología a través de criterios hidrológicos es difícil. Tanto en las rías, fiordos, deltas, lagunas e incluso algunos fondos de bahías se producen fenómenos estuariales. Paskoff (1993) define el término estuario desde el punto de vista geomorfológico, señalando que esta entidad corresponde a una desembocadura de un curso de agua importante que se ensancha aguas abajo y en la cual penetra ampliamente la marea, la apertura hacia el mar no debe estar obstruida. Por otra parte, Cooper (2001) cataloga a algunos estuarios en la costa de Sudáfrica como estuarios cerrados, es decir, se encuentran estacionalmente cerrados por una barra de arenas y/o rodados, transportados por la deriva litoral. Como puede constatarse, estas dos visiones se contraponen.

La laguna de Cahuil, nuestro sujeto de estudio, corresponde a un caso con fuertes similitudes a los ejemplos sudafricanos, señalados por Cooper (2001).

El área de estudio

Tal como se indicó en la introducción, el área de estudio corresponde a la desembocadura del estero Nilahue (34° 27' S – 72° 00' W), la que al encontrarse cerrada durante varios meses del año da origen a la llamada laguna de Cahuil (ver figura N° 1).

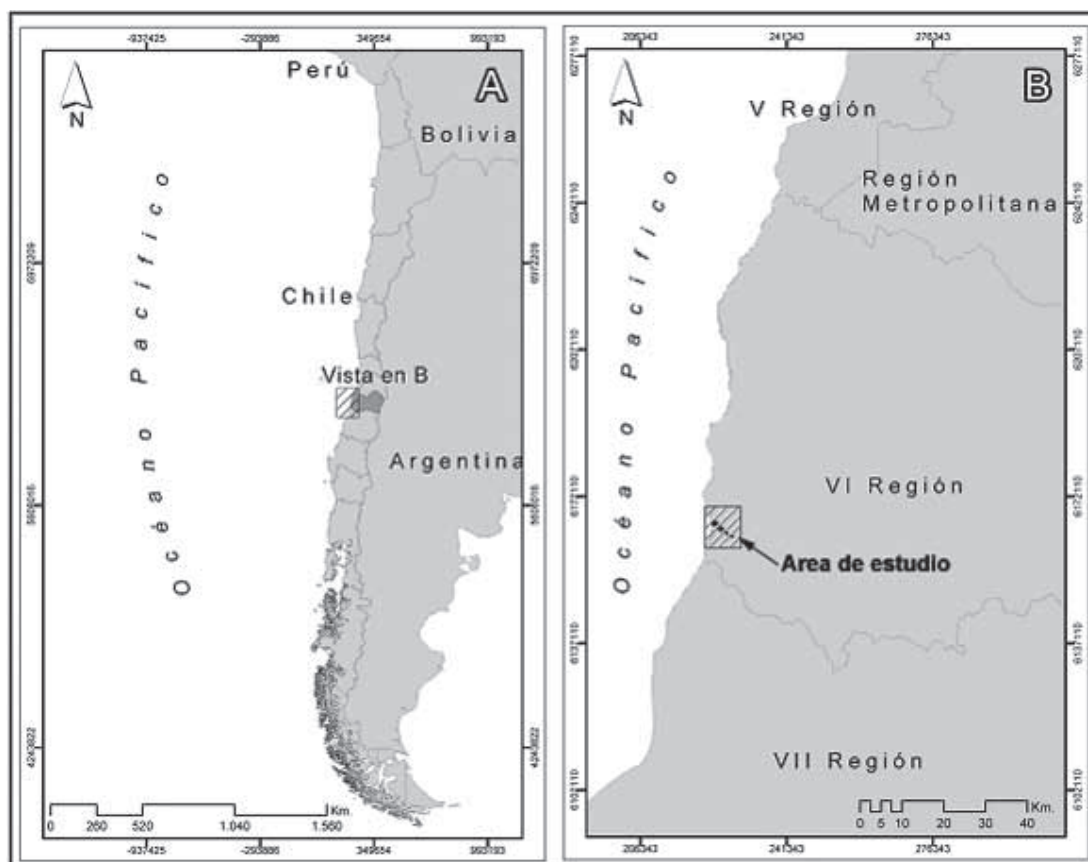
El sector estudiado se extiende aproximadamente 8,5 km a lo largo del curso del estero, desde la barrera litoral hacia aguas arriba. El curso del estero en este sector parece tener un marcado control tectónico con tramos orientados en dirección NW-SE y NE- SW. De acuerdo a la Hoja Rancagua de la carta Hidrogeológica de Chile (Hauer, 1990), la litología de la cuenca corresponde, principalmente, a rocas del basamento metamórfico y batolito de la costa, sobre los cuales se sitúan, en posición discordante, depósitos de terrazas marinas cuaternarias. Las rocas del basamento y el batolito están profundamente alteradas, entregando potentes mantos de maicillo (grus).

De acuerdo a la información del SHOA (2005), la altura máxima de las de mareas

en este sector de la costa es de 1,85 m, lo que sumado a la baja pendiente del trayecto inferior del estero (aproximadamente 0,40/1.000) permite que la marea remonte aguas arriba por lo menos 7 km, sector hasta donde se encuentran piscinas para la extracción de sal.

Climáticamente, la zona de estudio corresponde al límite sur de la faja costera con clima templado cálido con lluvias invernales, estación seca prolongada y gran nubosidad o Csbn (Fuenzalida, 1971) y forma parte del secano costero. Las precipitaciones registradas en la estación pluviométrica de Pichilemu, proporcionados por la DGA del MOP para el período 1981-2002 acumulan un total anual de 534,3 mm, de este monto, aproximadamente el 78% se concentra entre los meses de mayo a agosto.

FIGURA N° 1
ÁREA DE ESTUDIO



to, disminuyendo notoriamente durante los meses estivales.

Esta situación pluviométrica se refleja en el régimen fluvial del estero Nilahue, así, la estación pluviométrica de Santa Teresa, 27 km aguas arriba de la laguna de Cahuil, registra gastos inferiores a $1 \text{ m}^3/\text{s}$, entre los meses de noviembre a abril, presentando un máximo invernal en el mes de julio con un caudal de $38,4 \text{ m}^3/\text{s}$, esto para el período 1985 - 2004 (ver figura N° 2).

La situación antes descrita permite que la acción del oleaje y la deriva litoral, construyan una barra arenosa que cierra completamente la boca del estero durante el período de aguas bajas (ver figura N° 3), la que se abre cuando los caudales aumentan (ver figura N° 4).

Las condiciones indicadas más arriba generan entonces variaciones estacionales que se reflejan en el comportamiento hidrológico, actuando la desembocadura

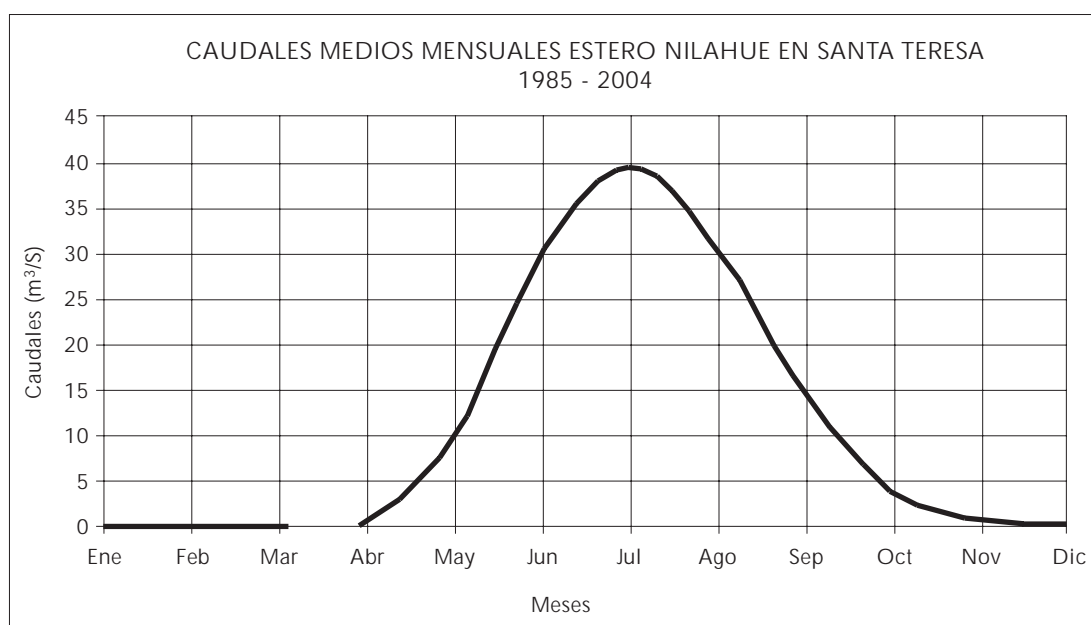
como un estuario, cuando la boca permanece abierta y como una laguna, cuando la barra cierra su comunicación con el mar.

Metodología

La metodología empleada en este estudio consistió en la recolección de datos hidrológicos (salinidad, temperatura) y la recolección de sedimentos. Los datos hidrológicos fueron obtenidos en campañas realizadas el 4 de mayo, 17 de julio, 24 de julio, durante el año 2004 y el 28 de enero de 2005. Las muestras sedimentológicas fueron obtenidas entre el 28 y 30 de agosto de 2004.

Los datos hidrológicos fueron tomados directamente en terreno mediante un conductivímetro digital modelo "YSI Model 85". Se realizaron 27 estaciones de medición cada 300 metros partiendo desde la barra de arena en el exutorio hacia el interior (ver figura N° 5). La localización de cada estación de muestreo se estableció mediante un GPS navegador (Garmin

FIGURA N° 2
GASTOS MEDIOS MENSUALES DEL ESTERO NILAHUE



Fuente: DGA-MOP.

FIGURA N° 3
LA DESEMBOCADURA DEL ESTERO NILAHUE CERRADA POR LA BARRA, EL 16 DE DICIEMBRE



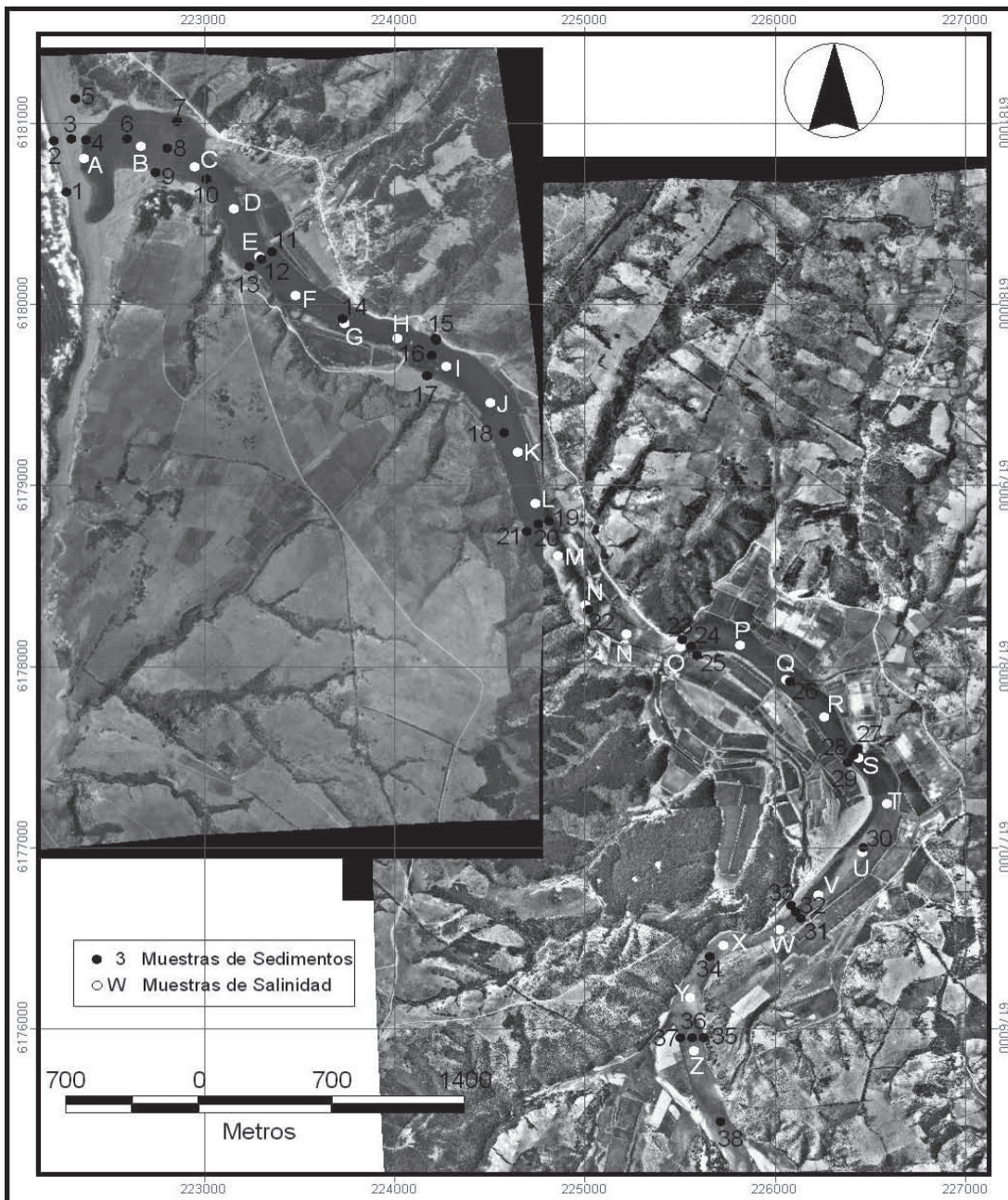
Fuente: SAF, 1998.

FIGURA N° 4
LA DESEMBOCADURA DEL ESTERO NILAHUE ABIERTA EN JULIO DE 2004



Foto de S. Grau.

FIGURA N° 5
LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO HIDROLÓGICOS Y SEDIMENTOLÓGICOS



“etrex”). En cada una de las estaciones se tomaron datos cada 1 metro de profundidad desde la superficie hasta el fondo. La profundidad se midió con una sonda tipo escandallo. Las muestras de agua en profundidad fueron obtenidas mediante una botella “Kemmerer Water Sampler, de Wilco”.

La recolección de muestras sedimentarias se llevó a cabo mediante una espátula en los sectores emergidos y, en el caso de las muestras subacuáticas, fueron extraídas mediante dragado con un cono de Berthois y un tubo portatestigo modelo *Gravity-Stratification Core Sampler, de Wilco*. Se extrajeron en total 42 muestras sedimentarias.

Las muestras sedimentológicas fueron tratadas en laboratorio, determinando su granulometría mediante tamizaje para los materiales psamíticos y el método de Bouyocous para los pelíticos. Para cada muestra se realizó igualmente el estudio morfo-cópico de granos de cuarzo (forma, redondez y estado de superficie) por medio de una lupa binocular al material del tamiz 0,25 mm.

Finalmente, los datos georreferenciados obtenidos en los pasos metodológicos anteriores fueron cartografiados por medio del SIG ArcView GIS 3.2, a escala 1:30.000 usando como base el vuelo FONDEF SAF 94 y la cartografía regular IGM 1:50000, permitiendo la elaboración de cartas de síntesis.

Resultados

Hidrología

Las salinidades dentro de la laguna de Cahuil fueron medidas en invierno, durante el ciclo de marea ascendente, en un período en el cual la barra del exutorio se encontraba abierta (julio de 2004) y en verano (enero de 2005), lamentablemente con la barra también abierta por acción antrópica, ligada a las actividades de extracción de sal en los márgenes del estero, pero con penetración intermitente de aguas marinas.

La situación de la distribución de la salinidad en el mes de julio, período en el cual el río posee un caudal promedio de 39,4 m³/s, muestra que el cuerpo de agua presenta un comportamiento de estuario fuertemente estratificado o estuario parcialmente mezclado, en el cual la salinidad de las capas superficiales aumenta en dirección al océano (ver figura N° 6). La interfase entre el agua dulce y el agua marina es muy marcada, de esta manera, durante la toma de muestras, el agua dulce presentaba una turbidez notable, mientras que el de fondo (salada) era cristalina. En los sectores más profundos se obtuvieron los valores máximos de salinidad, llegando a los 33,8%; en cambio, los valores más altos

obtenidos en superficie fueron de tan solo 3,1%. En la figura N° 6, se aprecia que la topografía del lecho influye fuertemente en la distribución vertical de la salinidad.

La distribución de la salinidad cambia fuertemente en verano, período en el cual la desembocadura permanece cerrada y el caudal del estero disminuye a 0,06 m³/s en promedio. En esta situación desaparecen las condiciones propiamente estuariales y se produce un patrón de distribución mucho más homogéneo, en el cual se puede apreciar un aumento general de la salinidad del cuerpo de agua con predominio de salinidades de alrededor de 24%, con una ligera disminución aguas arriba de la laguna de hasta 21,5% y con una distribución vertical que aumenta desde la superficie hasta el fondo, presentándose las mayores salinidades a los 5 m de profundidad, en las cercanías de la barra obturante (32,3%) (ver figura N° 7).

Esta distribución de salinidad puede verse afectada igualmente por las actividades ligadas a la explotación de las salinas, las que se sitúan a lo largo de grandes tramos de las riberas durante varios kilómetros aguas arriba de la desembocadura.

Las temperaturas del agua registradas en las dos estaciones también muestran patrones diferentes. En efecto, a 300 m aguas arriba de la desembocadura, en la fase de estuario (invierno) se registraron temperaturas superficiales de 10,5°C y en profundidad (5 m) de 12°C; la temperatura en el mar, fuera del estuario, fue de 12°C. En verano la temperatura superficial en la laguna fue de 22,1°C y 20,3°C en profundidad (ver figura N° 8). Esta distribución sugiere la influencia de la penetración del agua marina en julio y un gradiente vertical controlado por la absorción de la radiación solar en enero.

Las observaciones realizadas durante el invierno de 2004 y el verano de 2005 muestran que el comportamiento hidrológico

FIGURA N° 6
PERFIL DE DISTRIBUCIÓN DE SALINIDADES EN EL MES DE JULIO 2004 EN LA
DESEMBOCADURA DEL ESTERO NILAHUE

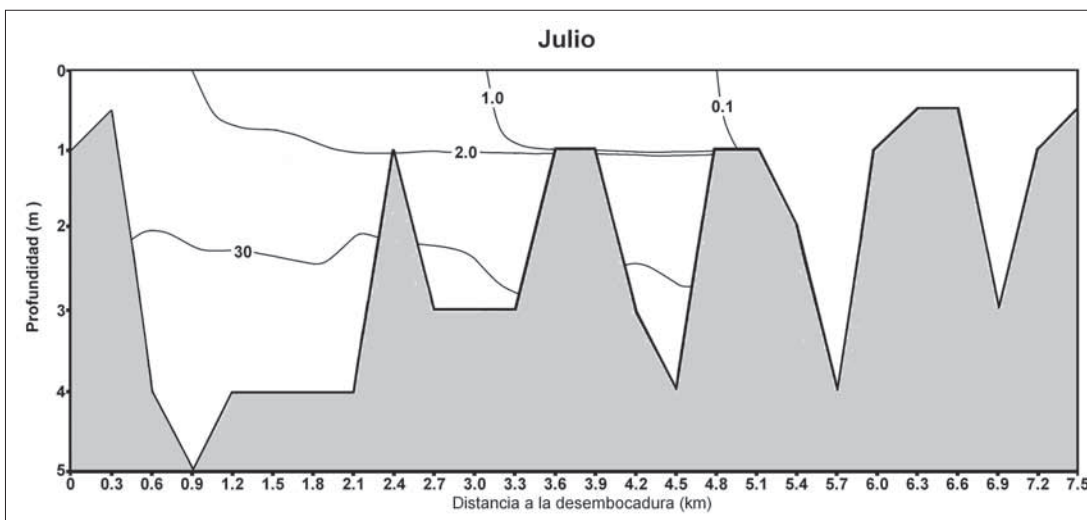
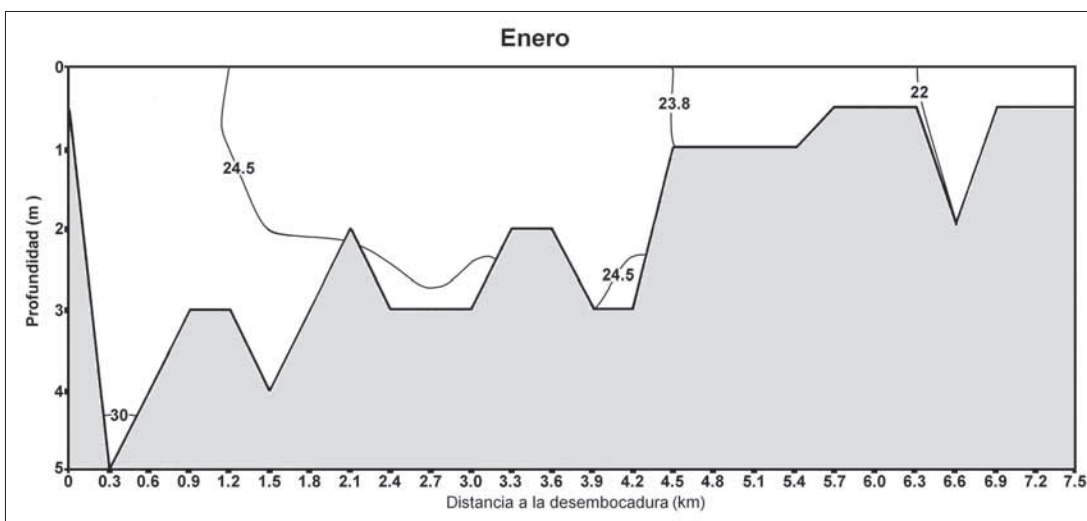


FIGURA N° 7
PERFIL DE DISTRIBUCIÓN DE SALINIDADES EN EL MES DE ENERO DE 2005 EN LA
DESEMBOCADURA DEL ESTERO NILAHUE

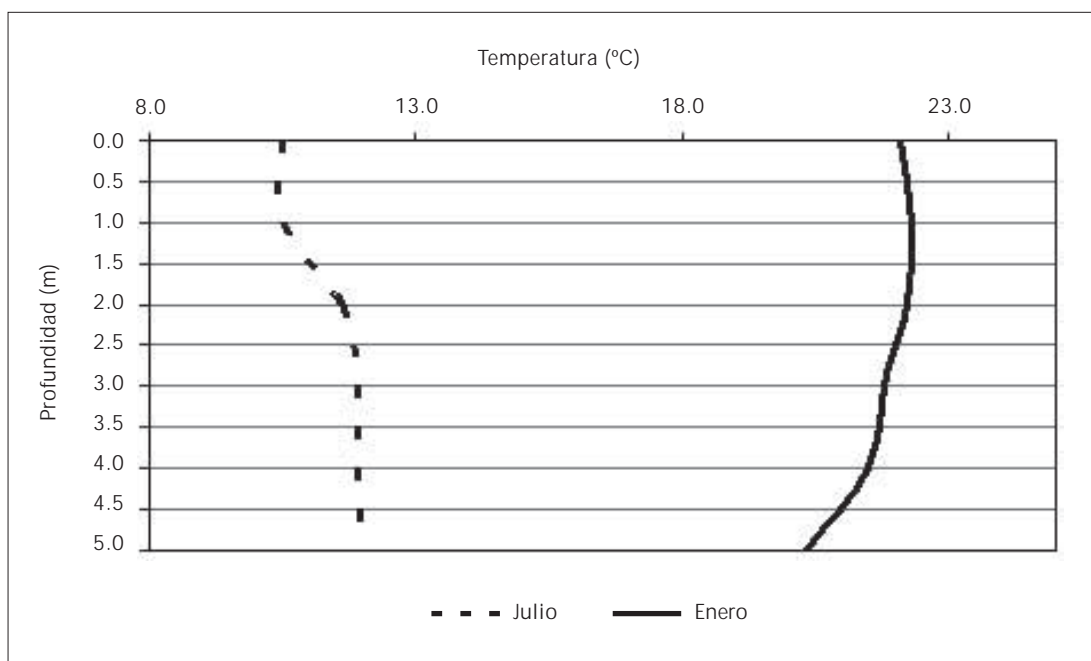


gico de la laguna de Cahuil presenta a lo menos dos estilos diferentes en estas estaciones extremas; el primero, de carácter estuarial con penetración de la marea dinámica y de salinidad durante varios kilómetros aguas arriba de la desembocadura, en el momento en que la barra de arenas se rompe, y el segundo, con comportamiento de una laguna de aguas salobres, débilmente estratificada e uniforme.

Sedimentología

La distribución espacial de los sedimentos fue observada solamente durante la etapa de comportamiento "estuarial", durante la campaña del mes de julio de 2004. Los análisis granulométricos y morfoscópicos permitieron distinguir tres sectores bien diferenciados; el primero, cercano a la desembocadura, muestra un predominio de in-

FIGURA N° 8
PERFILES DE TEMPERATURA PARA LOS MESES DE ENERO Y JULIO A 300 M DE LA
DESEMBOCADURA



fluencias marinas; el segundo, en el curso superior expone características fluviales y el tercero, en el curso medio, se comporta como una zona mixta con rasgos estuariales (ver figura N° 9).

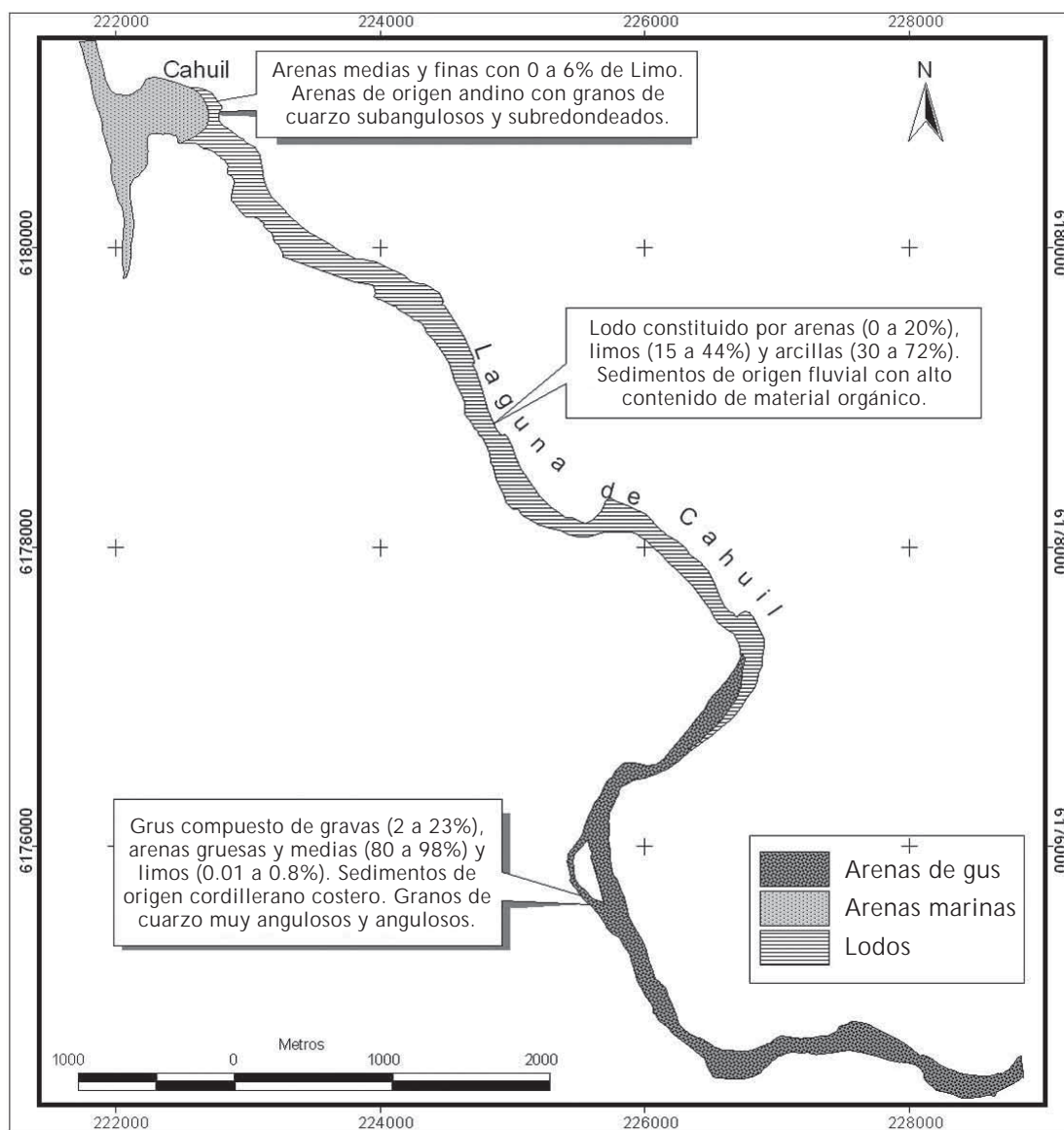
El sector con clara influencia marina corresponde a la barra y a los primeros 600 m aguas arriba, presenta sedimentos con medianas cercanas a los 270μ , bien seleccionados, con un S_o de Trask que varían entre 1,17 a 1,3. Estos sedimentos de color gris oscuro aparecen limpios con una fracción muy pequeña de limos y arcillas (ver figura N° 10).

La morfoscopía de los granos de cuarzo presenta un valor promedio en cuanto a su forma, según la escala de circularidad de Rittenhouse, de 0,78, indicando una circularidad intermedia. En relación al grado de redondez, según la escala de Powers, se aprecia que en general los granos de cuarzo son de tipo anguloso y muy anguloso, solo en el 2% de los casos se presentaron granos redondeados. El estado de superficie de los granos de cuarzo presenta una

superficie más bien lustrada, brillante y lisa. El análisis somero de los sedimentos frente a la lupa binocular muestra un alto contenido de minerales oscuros y un bajo contenido de cuarzo, indicando un origen en cuencas hidrográficas andinas, composición característica de las playas a escala regional (ver figura N° 11).

Un segundo sector que se establece entre los 600 m hasta 5,5 km aguas arriba, predominan sedimentos muy finos, en los cuales el contenido de arcillas fluctúa entre un 34% y un 71%, con un alto contenido de material orgánico. Es en este sector, donde ocurren las mayores profundidades del estero. Las muestras fueron analizadas por el método de Boyoucos, dado su alto contenido de limos y arcillas; ellas presentan medianas que se encuentran en el ámbito de las arcillas o de los limos y muestran una selección pobre en relación a los sedimentos del primer sector, señalado anteriormente. El método de análisis granulométrico (Boyoucos) no permitió la construcción de curvas acumulativas, como tampoco fue-

FIGURA N° 9
MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE FACIES SEDIMENTARIAS

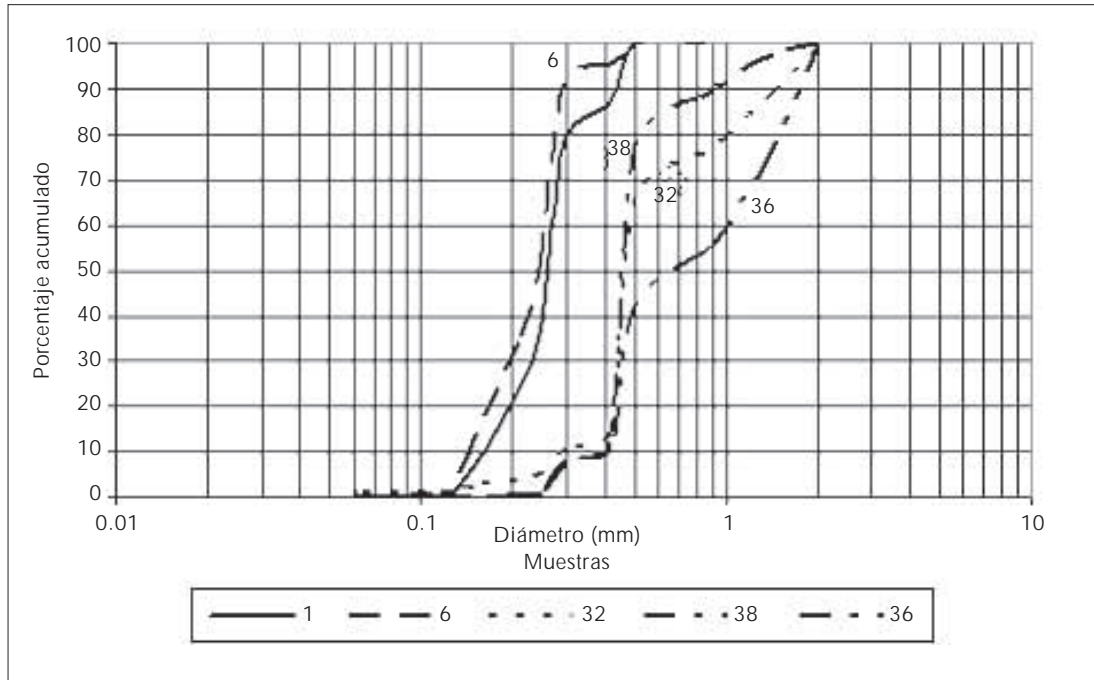


ron sometidas a análisis morfooscópico. La figura N° 12 muestra ejemplos de este tipo de sedimentos.

Durante los últimos 1.500 m, este sector presenta una zona de transición; en el cual, los sedimentos finos se intercalan con bancos arenosos, en esta área se observan condiciones muy variadas en relación a la granulometría de los sedimentos encontrados en las diferentes estaciones de muestreo.

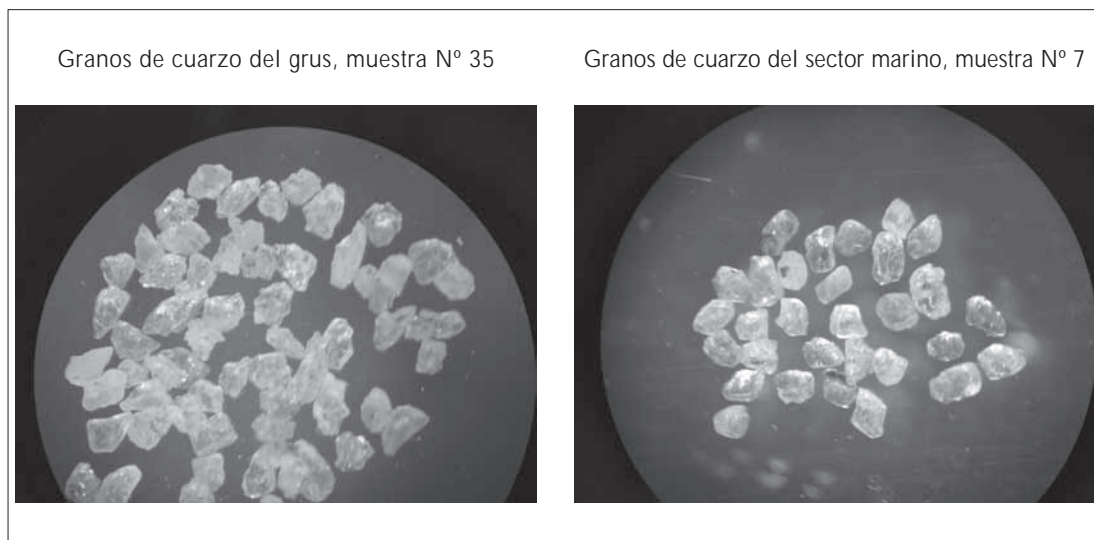
Finalmente, los últimos 2,5 km del área de estudio corresponden al ámbito fluvial del estero Nilahue, este se caracteriza por presentar bancos de arenas gruesas, medias y gravas. La granulometría de las muestras presenta medianas cercanas a los 500 μ , bastante más gruesas que las de los sectores aguas abajo. La selección granulométrica de los sedimentos es buena con S_o de Trask entre 1,1 y 1,3. Predominan en este ambiente las arenas medias y gruesas y no es extraño encontrar porcentajes de gravas

FIGURA N° 10
CURVAS GRANULOMÉTRICAS EN PORCENTAJES ACUMULADOS DE SEDIMENTOS DEL ESTERO NILAHUE



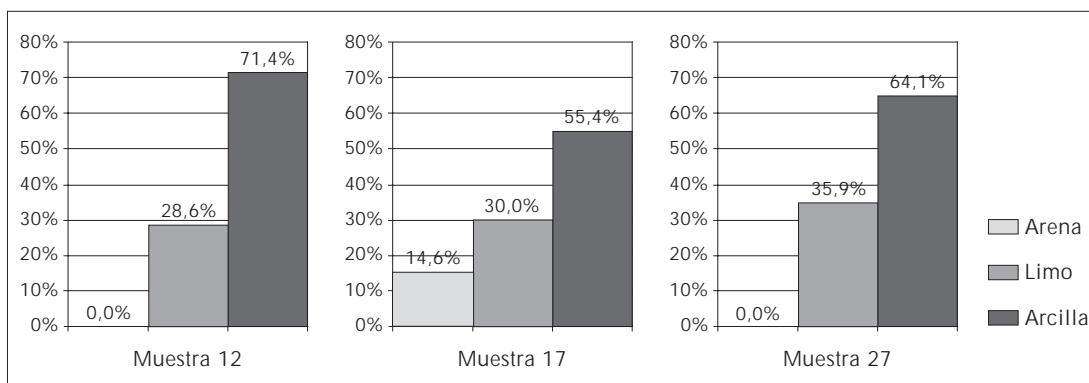
Fotos de S. Grau

FIGURA N° 11
ASPECTO DE LOS GRANOS DE CUARZO (250 μ) DEL SECTOR FLUVIAL Y EL SECTOR MARINO VISTOS A LA LUPA BINOCULAR



Fotos de S. Grau

FIGURA N° 12
GRANULOMETRÍA DE SEDIMENTOS DEL SECTOR ESTUARIAL



cercanos al 10% en las muestras (ver figura N° 10).

La inspección mediante la lupa binocular permite apreciar que ellos están constituidos en su mayoría por minerales claros (feldespatos y cuarzo), fuertemente relacionados con los espesos mantos de grus (maicillo) de la cuenca superior desarrollada esencialmente en la Cordillera de la Costa.

Las características morfoscópias de los granos de cuarzo, muestran un predominio de los granos muy angulosos y angulosos, lo que indica un bajo desgaste de las partículas debido a la relativa cercanía de su fuente de origen (ver figura N° 11).

El grado de circularidad del grus es del orden de 0,76 en la escala de Rittenhouse, comparativamente menor al de los sedimentos que ocurren en el ámbito de influencia marina. El estado de superficie de los granos de cuarzo provenientes del maicillo se caracterizan por ser brillantes, con superficies fracturadas agudas, sin mayor desgaste o lustre.

Discusión y conclusiones

Los resultados expuestos muestran el comportamiento hidrológico y la distribución sedimentológica correspondientes a un período restringido; sin embargo, se debe considerar que estos sistemas fluvio-marinos presentan diferencias estacionales

e interanuales muy marcadas, cuando ellos se sitúan bajo el dominio del clima mediterráneo. Esta limitante se debe a que las campañas de terreno se restringieron a los tiempos propios del desarrollo de un seminario de grado de dos semestres de duración (Grau, 2004). No obstante esta restricción, es posible comparar los resultados expuestos con casos similares en otras costas del mundo.

Kirk y Lauder (2000), estudiando casos en South Island, Nueva Zelandia, señalan que es común la existencia de lagunas costeras de latitudes medias, desarrolladas en la desembocadura de valles fluviales hundidos, detrás de una barra arenosa, en costas micromareales, con una alta energía del oleaje y fuerte transporte de sedimentos por corrientes de deriva litoral. Estas condiciones se cumplen en el caso de la laguna de Cahuil, los tipos lagunares señalados por este autor se refieren a casos en costas en retroceso; en cambio, la costa de la VI Región y en particular, en la bahía de Cahuil, se encuentra en equilibrio.

Cooper (2002), en las costas de Sudáfrica, reconoce mediante el análisis de las facies sedimentarias, dos tipos de estuarios micromareales. Un primer tipo corresponde a "sistemas dominados por ríos" o *River-dominated systems*, con predominio de sedimentos fluviales a lo largo de todo el estuario. El segundo tipo, denominado "sistema dominado por la marea" o en inglés

Tide-dominated system, se caracteriza por presentar sedimentos fluviales en el extremo superior, existiendo una disminución de estos corriente abajo, pasando luego a una sección central o intermedia más profunda donde predominan los materiales finos o lodosos, llegando a una barra arenosa controlada por las fuerzas marinas. Como se señaló en los resultados, los sedimentos presentes en el lecho del estero Nilahue permiten distinguir tres zonas o ambientes bien definidos: una primera zona interior, donde se encontraron depósitos sedimentarios fluviales gruesos, compuestos por grus proveniente de la Cordillera de la Costa, una segunda zona intermedia, dominada por depósitos sedimentarios finos con un alto contenido de material orgánico y una tercera zona externa, cercana a la desembocadura del estero, con predominio de sedimentos arenosos similares a los existentes en la barra litoral, esta distribución es sensiblemente similar a los *tide dominated system*.

Hidrológicamente, los estuarios señalados por Cooper (2002) son altamente estratificados, con una masa de agua de origen fluvial que mana hacia el mar por encima de una masa de agua salada más densa de origen marino, comportamiento muy similar a la laguna de Cahuil durante el período en que la barra arenosa permanece abierta en invierno, lo que permite una influencia mareal dentro de ella. En el estero Nilahue, durante el mes de julio del 2004, se observó la existencia de una estratificación con una masa superficial de baja salinidad de origen fluvial y otra en profundidad más densa y salina, de origen marino. Se observó un aumento de la salinidad en sectores cercanos a la costa. Por lo tanto, la laguna de Cahuil posee características estuariales durante el período en que la barra arenosa permanece abierta, permitiendo la circulación de agua entre el mar y la laguna. Las condiciones hidrológicas cambian drásticamente en verano, con el exutorio cerrado, momento en el cual la distribución de las salinidad en el cuerpo de agua se hace homogénea y pierde el patrón típicamente estuarial, es por ello que se propone definir

este sistema como estuario temporal o estuario estacional.

Bibliografía

ANDRADE, B. Estudio morfosedimentológico de Marismas del Golfo de Ancud, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 1985, N° 12, p. 27-33.

COOPER, J. Geomorphological variability among microtidal estuaries from the wave-dominated South African coast. *Geomorphology*, 2001, N° 40, p. 99-122.

COOPER, J. The role of extreme floods in estuary-coastal behaviour: contrasts between river -and tide- dominated microtidal estuaries. *Sedimentary Geology*, 2002, N° 150, p. 123-137.

DAVIES, J. *Geographical Variation in Coastal Development*. Londres & New York: Longman, 1980.

FUENZALIDA, H. *Climatología de Chile*. Santiago: Departamento de Geofísica y Geodesia, Universidad de Chile, 1971.

GRAU, S. *Caracterización hidrológica y sedimentológica de la laguna de Cahuil, desembocadura del estero Nilahue, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins*. Santiago: Seminario de Grado, Instituto de Geografía, PUC, 2004.

GUILCHER, A. *Morphologie littorale et sous-marine*. Paris: Orbis, 1954.

HAUSER, A. *Hoja Rancagua, Carta Hidrogeológica de Chile 1:250.000*. Santiago: SERNAGEOMIN, 1990.

KIRK, R. & LAUDER, G. Significant coastal lagoon systems in the South Island, New Zeland, Coastal processes and lagoon mouth closure. *Science for Conservation*; N° 146, 2000.

NICHOLS, M. & ALLEN G. Suspended sediment transport in coastal lagoons and

- estuarios. *UNESCO technical papers in marine science*, 1981, N° 33, p. 27- 80.
- PASKOFF, R. *Les littoraux. Impacts des aménagements sur leur évolution*. Paris: Masson, 1993.
- PHLEGER, F. A review of some general features of coastal lagoons. *UNESCO technical papers in marine science*, 1981, N° 33, p.7 -14.
- ROJAS, C. Estudio Estacional de los Sedimentos del estuario del Queule, IX Región. *Informaciones Geográficas*, 1984, N° 31, p. 55-65.
- SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA DE CHILE (SHOA). *Tablas de marea de la costa de Chile*. Valparaíso: SHOA, 2005.
- STUARDO, J.; VALDOVINOS, C.; FIGUEROA, R. y OCCHIPINTI, A. Los ambientes costeros del Golfo de Arauco y áreas adyacentes. Concepción: EULA, 1993.
- URRUTIA, R.; CISTERNAS, M.; ARANEDA, A.; RETAMAL, O. y PARRA, O. Caracterización Morfométrica y Sedimentológica de Cinco Lagos Costeros de la VII Región, Chile. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 2000, N° 45, p. 7-24.
- ZIMMERMANN, J. The flushing of well – mixed tidal lagoons and its seasonal fluctuations. *UNESCO technical papers in marine science*, 1981, N° 33, p.15 -26.