

BALANCE DE AGUA Y SAL PARA EL SENO AYSÉN, CHILE.

Nelson Silva S., Dafne Guzmán Z. y Alexander Valdenegro M.
Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso

INTRODUCCIÓN

Chile tiene un extenso sistema estuarino en su extremo austral, el que se extiende entre Puerto Montt (42°30'S) y cabo de Hornos (55°30'S), con unos 1400 km de largo, cubierto por una miríada de islas entrelazadas por innumerables canales. Las cuencas de este sistema estuarino fueron formadas como resultado de la acción erosiva de glaciares y por el hundimiento tectónico del valle longitudinal al sur de Puerto Montt (Borgel, 1970-1971), las cuales producto de la subida post glacial del nivel del mar, se llenaron con agua conformado por un sistema mixto de valles de ríos ahogados, fiordos y mares interiores.

Producto de la alta pluviosidad de la zona (i.e. 1040 mm en Guafo, 3170 mm en Melinka, 3870 mm en puerto Puyuguapi, fide: Pickard, 1971) se generó un sistema estuarino de gran magnitud, produciéndose una zona de gran valor económico en cuanto a su cantidad y diversidad de recursos naturales y en cuanto a su utilidad para el cultivo de especies marinas. De hecho estas características han provocado un rápido crecimiento de áreas urbanas, un incremento de la población ribereña y la formación de más de 360 empresas asociadas a los cultivos. De estas empresas, 125 son centros de cría y engorda de salmones y truchas (Fundación Chile, 1996).

RESULTADOS

Aspectos Hidrográficos

El seno Aysén, es un fiordo que se ubica entre en longitud 72°50' W a 73°45' W, extendiéndose de este a oeste a lo largo de la latitud 45°30' S, con una longitud de alrededor de 73 km, una profundidad promedio de 142 m y un área de unos 420 km². Su boca se conecta con el extremo sur del canal Moraleda el que a su vez se conecta al mar en su extremo norte por la boca del Guafo (Figura 1).

En la cabeza de este fiordo desemboca el río Aysén, que a su vez tiene como tributarios principales al Mañiguales (178 m³/s), Simpson (103 m³/s) y Claro (6,5 m³/s), mientras que el río Cuervo (135 m³/s) y el Lagunillas (48,8 m³/s) desembocan directamente al fiordo (datos obtenidos del Ministerio de Obras Publicas de Chile). Además de estos ríos, existen otros más de los cuales no se tiene registros de caudales.

Producto del alto aporte de agua dulce de los ríos y pluviosidad, este seno se caracteriza por presentar una estructura de dos capas separadas por una fuerte haloclina. La capa superior de unos 25 m de espesor, presenta salinidades que fluctúan entre 0 en la cabeza y 29 psu en la boca. La capa profunda es mucho más homogénea y sus salinidades fluctúan entre 30 y 31 psu (Sievers y Prado, 1994; Silva et al, 1995; 1997).

Las aguas de la capa superficial son bien oxigenadas a lo largo de todo el seno y con concentraciones entre 5 a 7 ml/l. Sin embargo, la capa profunda presenta concentraciones mayores de 5 ml/l sólo en el primer tercio del seno para luego disminuir rápidamente hacia la cabeza donde llega a valores menores de 2,5 ml/l en las cercanías del fondo, generándose un fuerte gradiente horizontal (Silva et al, 1995; 1997). Esta situación es coincidente con las mediciones de pH en la zona en que el valor en la boca fue de 7,75 y en la cabeza de 7,35 (Silva et al, 1997).

El nitrato y el fosfato también presentan una estructura de dos capas, con menores valores en la superficial producto del aporte de ríos oligotróficos (Silva et al 1990 a; 1990 b). De este modo la capa superficial presentó concentraciones entre 0 y 1,2 μ M de fosfato y 0 y 12 μ M de nitrato, mientras que la capa profunda fue más homogénea con concentraciones entre 1,4 a 1,8 μ M de fosfato y 12 a 20 μ M de nitrato, aumentando desde a boca hacia la cabeza (Silva et al, 1997). Las relaciones promedio de Redfield, obtenidas por regresión lineal, para las aguas de seno fueron N:P = 10,6:1 con un coeficiente de determinación de 0,971 (Calvete, 1997)

La disminución del oxígeno disuelto y del pH y el aumento de los nutrientes disueltos hacia la cabeza del fiordo, denota una fuerte actividad de descomposición de materia orgánica en la cabeza de fiordo, lo cual sería, en gran medida, producto del aporte de material particulado de los ríos que desembocan en ella, asociado a una circulación restringida de la zona profunda. Mediciones químicas de los sedimentos del seno muestran altas concentraciones de materia orgánica (8 - 10 %), carbono orgánico (1,5 - 4 %) y nitrógeno Kjeldahl (0,1 - 0,3 %) característico de zonas de alta productividad (Silva et al, 1998).

Circulación General

En las cercanías del extremo sur del Moraleda, a la altura de la isla Meninea (45°16'S y 73°38'W), se presenta un umbral o constricción de unos 60 m de profundidad lo que hace que la porción sur del Moraleda y la totalidad del Seno Aysén conformen una cuenca profunda semi aislada del océano. Esta "constricción de Meninea", restringe la circulación en los niveles bajo el umbral (50 - 300 m) y provoca que las cuencas presenten características oceanográficas diferentes, siendo gran parte de la cuenca sur más cálida, menos salina y más oxigenada que la cuenca norte, que se encuentra conectada con el océano a través de la boca del Guafo.

La situación anterior, en que la cuenca aislada es más oxigenada que la cuenca con intercambio libre con el océano adyacente, se explicaría en base a un mecanismo de circulación estuarino y a la presencia de agua menos oxigenadas con características ecuatoriales subsuperficiales, en la zona más profunda de los canales (Silva et al, 1995; 1997). El agua del nivel entre unos 40 a 50 m, tiene un leve flujo neto hacia el sur, lo que permite que agua de la cuenca norte penetre hacia la cuenca sur, donde se hunde a niveles más profundos por tener mayor densidad que el agua interior. Esta agua de los 40 - 50 m llena en gran medida la porción profunda de la cuenca sur, transportando consigo las

características de este nivel y generando la situación antes descrita. Para mantener un balance de volumen, agua superficial, menos salina, de la cuenca sur tiene un flujo neto hacia el norte, saliendo hacia la zona oceánica adyacente.

Mediciones de correntimetría en la zona de Meninea han dado como resultado para la capa superficial una corriente promedio neta de 16 cm/s hacia el océano y en la capa subsuperficial una corriente promedio neta de 2 cm/s hacia el interior de la cuenca sur (Salinas y Hormazabal, 1996). Estimaciones del tiempo de residencia en base al principio de conservación de salinidad y masa permitió estimar un tiempo de residencia de 12 meses para la cuenca sur (Salinas y Hormazabal, 1996).

Balance de agua y sal

Mediante la aplicación de un modelo de cajas, dividido en dos capas, y en base a la metodología propuesta por el LOICZ (Land-Ocean Interaction Coastal Zone), se preparó un modelo de balance de agua y sal para el seno Aysén, en el cual fue necesario hacer algunos supuestos:

VG y SG (volumen y salinidad de aguas subterráneas) no se consideraron ya que no fue posible medirlo.

V0 y S0 (volumen y salinidad de aguas frescas no ribereñas) se los consideró despreciable, debido a que las mayores fuentes de ingresos de aguas frescas es por parte de los ríos y la precipitación.

VE (volumen de evaporación) no se le consideró, debido al bajo porcentaje de evaporación en relación al volumen de precipitación existente en el la zona.

VQ (volumen de agua de los ríos) se obtuvo en base a registros históricos de los caudales de los ríos Mañihuales, Simpson, Claro y Cuervo, que aportan agua dulce al sistema estuarino, a estos valores se les adicionó un 30% más, debido a que existe afluentes de los cuales no se tiene información. Debido a que se obtuvo una serie de datos mensuales el registro se dividió en dos períodos estacionales (verano e invierno).

Vp (volumen por precipitación) se estimó en base a información bibliográfica de zonas aledañas, estimándose en un total de 2,4 m/año (7 mm/día). Para efectos de cálculos se consideró que a la época invernal la pluviosidad promedio de 8 mm/día y para la época estival se estimó una precipitación líquida del orden de 6 mm/día (Dirección Meteorológica de Chile, 1983-1996).

Debido a la presencia de una haloclina alrededor de los 25 m de profundidad, se generó un modelo de balance dividido en dos capas, una sobre los 25 m y la otra bajo 25 m de profundidad.

Por otro lado, debido a la batimetría de la zona y a la existencia de la constricción de Meninea (la cual actúa como una barrera física al paso del agua hacia y desde el sistema

estuarino), se considero que la capa profunda de la caja oceánica solo abarca el trozo desde 25 m a 80 m, mientras que en el sistema estuarino, esta abarca desde 25 m hasta el fondo.

Se tomó como límite del sistema estuarino la constricción de Meninea, ya que como anteriormente se dijo representa una barrera física entre el medio oceánico y el estuarino.

En base a lo anterior y con los valores estimados para cada uno de los parámetros antes indicados (tabla 1 y 2), se procedió a realizar un balance de agua y de sal, con el fin de establecer el tiempo de residencia de las aguas en el sistema estuarino, para ello se utilizaron dos cruceros: Cimar 4 Fiordos etapa 1 efectuado en invierno de 1998 (Figura 2) y etapa 2 durante el verano de 1999 (Figura 3), para establecer de esta manera la diferencia que se produciría al considerar diferentes épocas del año.

CONSIDERACIONES FINALES

Las estimaciones del tiempo de residencia, implican que el agua en la cuenca del Aysén se renueva en un período del orden de 3 años (1666 días). Sin embargo, debido a la mayor contribución de agua dulce en invierno, en este periodo, la tasa de renovación aumenta al doble respecto al verano.

Los resultados del tiempo de residencia estimados corresponden al triple de los estimados por Salinas y Hormazábal (1996).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borgel, R. 1970-1971. Geomorfología de las regiones australes de Chile. Revista Geológica de Chile 21: 135-140.

Calvete, C. 1997. Distribución de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y nutrientes inorgánicos, en la zona de canales australes de Chile, entre Puerto Montt y Laguna San Rafael en la primavera de 1995. Tesis de Titulación de Oceanógrafo. Escuela de Ciencias del Mar. Universidad católica de Valparaíso. 136 pp.

Dirección meteorológica de Chile. 1983 1996. Anuarios meteorológicos. Santiago de Chile.

Fundación Chile. 1996. Compendio de Acuicultura.

Pickard, G. 1971. Some physical oceanographic features of inlets of Chile. J. Fish. Res. Board. Can., 28:1077-1106.

Salamanca, M. 1996. Geocronología de sedimentos marinos de la zona de fiordos de la XI región. Taller de presentación resultados del crucero CIMAR Fiordo 1. Resúmenes ampliados: 64-68.

Salinas, S. y S. Hormazábal. 1997. Circulación en la constricción de Meninea en el canal Moraleda 45° 15'S. Resultados crucero CIMAR Fiordo 1. Resúmenes ampliados. 8 - 9 Septiembre 1996.

Sievers, H. y R. Prado. 1994. Contraste de las características oceanográficas del seno Aysén, Chile, entre invierno y verano (Lat. 45° 20'S). Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 29(2):167-209.

Silva, N., S. Salinas y S. Palma. 1990 a. Informe del crucero de otoño. Proyecto: "Estudios base para la instalación de pisciculturas (muestreos estacionales)." Estud. Doc. Univ. Católica de Valparaíso, N°10\90:39pp.

Silva, N., S. Salinas y S. Palma. 1990 b. Informe del crucero de invierno. Proyecto: "Estudios base para la instalación de pisciculturas (muestreos estacionales)." Ensenada Acañilada. Seno Aysén. Estud. Doc. Univ. Católica de Valparaíso, N°14\90:41pp.

Silva, N., H. Sievers y R. Prado. 1995. Características oceanográficas y una proposición de circulación, para algunos canales australes de Chile entre 41° 20'S y 46° 40'S. Rev. Biol. Mar., Valparaíso, 30(2):207-254.

Silva, N., C. Calvete y H. Sievers. 1997. Características oceanográficas físicas y químicas de canales australes chilenos entre Puerto Montt y laguna San Rafael (Crucero Cimar Fiordo 1). Ciencia y Tecnología del Mar. 20: 23-106.

N. Silva S, J Maturana A., J. I. Sepúlveda V. y R Ahumada B. 1998. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región norte de los fiordos y canales australes de Chile (Crucero CIMAR Fiordo 1). Ciencia y Tecnología del Mar. 21: en prensa.