

DINAMICA ANUAL DEL SESTON EN EL ESTUARIO DEL RIO QUEULE, IX REGION

Carlos F. Rojas*

ABSTRACT. Annual dynamic of seston at Queule River Estuary, IX Region.

In order to obtain basic information about the seston at the Queule River Estuary (IX Region, Chile), twelve monthly samplings were carried out in an area between the mouth and 3.0 km upstream.

Water samples were taken with a Van Dorn bottle at six stations and three depths: surface, intermediate depth and maximum depth. They were filtered through a glass fiber filter.

The results which have been obtained allow us to conclude that, on an annual basis, the suspended matter is fundamentally inorganic and that it is transported in greater concentrations near the bottom. The amount of organic matter shows an increase both on the surface and at intermediate depth in spring and summer. During ebb tides, a sedimentation of organic seston takes place in the middle estuary, while at high tide the suspended matter is transported uniformly along the estuary.

Results are discussed in relation to the bottom sediment distribution and water circulation.

Keys words: microtidal estuary, seston, monthly variation, composition.

INTRODUCCION

En un estuario, como en todo ambiente sedimentario, la distribución espacial y temporal de los sedimentos requiere una interpretación en función de los procesos que están activos en el lugar (Mc Manus et al. 1980). Entre estos últimos, el

* Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile. Casilla 614. Valdivia, Chile.

transporte de material en suspensión tiene una gran importancia. Procesos asociados a él, tales como depositación gravitacional y resuspensión de sedimentos por efectos de las corrientes de marea, y aglomeración, floculación y biodepositación de partículas finas en la columna de agua, constituyen rasgos característicos de los estuarios (Ottmann 1967, Olsen et al. 1978, Dyer 1979) y a ellos se les atribuye en parte el atrapamiento de sedimentos en estos ambientes (Einstein & Krone 1962, Krone 1978, Allen et al. 1980, Castaing & Allen 1981).

El estuario del río Queule (Fig. 1), es uno de los ambientes costeros del sur de Chile donde en los últimos años se han intensificado estudios biológicos y sedimentológicos. La macroinfauna de sus fondos blandos ha sido estudiada, entre otros, por Bravo (1984), Jaramillo et al. (1984) y Turner (1984). Pino & Mulsow (1983) caracterizaron la distribución de las principales facies sedimentarias. Las relaciones entre esta distribución espacial y la de la macroinfauna han sido

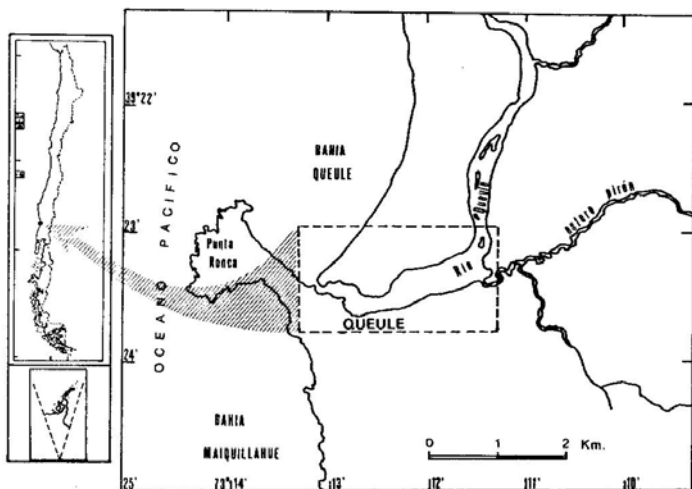


Fig. 1. Mapa de ubicación del área estudiada.

analizadas en detalle por Jaramillo et al. (1984). En el estuario Queule, las investigaciones han considerado asimismo la dinámica de los sedimentos de fondo, siendo esta última, analizada desde el punto de vista granulométrico por Rojas (1984).

La presente investigación se llevó a cabo como una forma de contribuir al conocimiento de este ambiente costero y a fin de evaluar la importancia que, desde el punto de vista dinámico, tiene el transporte de material en suspensión en el origen y distribución actual de los sedimentos de fondo del estuario Queule.

Los objetivos específicos son:

Estudiar las variaciones mensuales del material en suspensión a diferentes profundidades.

Caracterizar el material en suspensión en términos de su composición inorgánica (abioseston) y orgánica (bioseston).

Determinar las características generales del seston en relación al régimen de mareas imperantes en el estuario.

MATERIALES Y METODOS

Area de estudio

El estuario del río Queule se ubica en la provincia de Cautín, IX Región, a los $39^{\circ}23'30''S$ y $73^{\circ}12'45''W$ (Fig. 1). La hoya hidrográfica del río Queule (674 km^2), circunscrita a la Cordillera de la Costa, posee un régimen exclusivamente pluvioso. El río desemboca en el extremo S de la bahía Queule, originando un estuario cuya desembocadura está limitada por una barra arenosa. La amplitud varía entre 80 m en la boca y 450 m en la parte media (Fig. 2). La profundidad máxima durante la marea alta es de 8 m; es afectado por mareas semi-diurnas con una amplitud en sicigias menor a 2 m. No existen estudios acerca de las características hidrológicas del estuario; observaciones ocasionales realizadas durante el período de estudio, permitieron constatar la ocurrencia de velocidades superficiales máximas de hasta 1,7 m/s durante el reflujo en la desembocadura. Para el estuario medio y superior

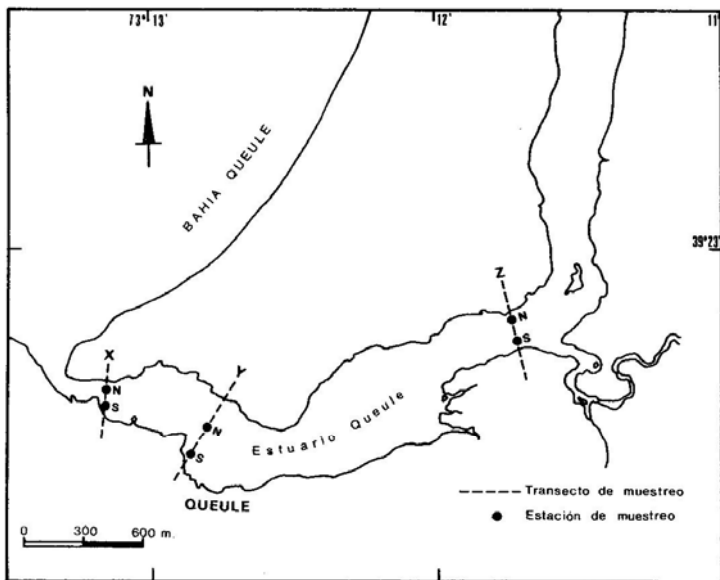


Fig. 2. Ubicación de los transectos y estaciones de muestreo en el área de estudio.

son frecuentes valores del orden de 0,5 m/s, aminorándose notoriamente en las zonas más protegidas y algo apartadas del canal de reflujó.

Las características geológicas y geomorfológicas de sus riberas se indican en la figura 3 (Pino & Mulsow 1983), y la distribución de las facies granulométricas y contenido de materia orgánica total de sus sedimentos de fondo se muestran en la figura 4 (Pino & Mulsow 1983).

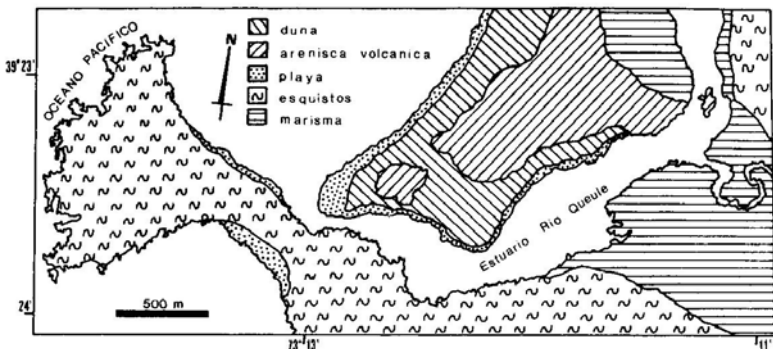


Fig. 3. Mapa geológico-geomorfológico del estuario del río Queule, según Pino & Mulsow (1983).

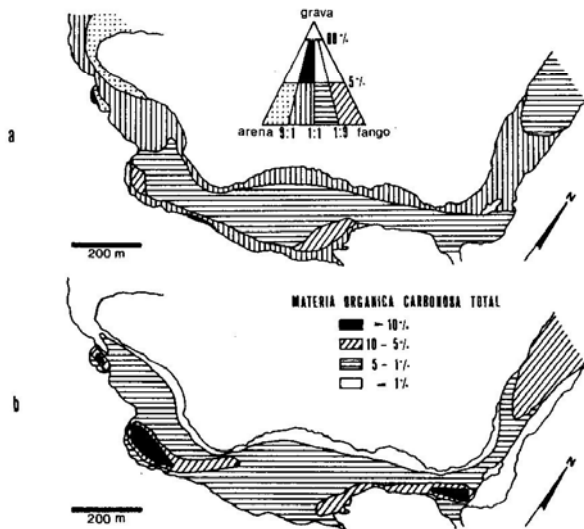


Fig. 4. Distribución de facies granulométricas (a) y contenido de materia orgánica total (b) de los sedimentos de fondo del estuario del río Queule, según Pino & Mulsow (1983).

Métodos de análisis

Se llevaron a cabo muestreos mensuales durante 12 meses consecutivos (febrero 1981 a enero 1982) en períodos de mareas de sicigia. En cada oportunidad se obtuvieron muestras de agua en tres transectos, "X" en el estuario inferior, "Y" en el comienzo del estuario medio y "Z" en el comienzo del estuario superior, con dos estaciones cada uno denominadas "N" y "S" por su posición Norte o Sur (Fig. 2). En cada estación, las muestras se obtuvieron a tres profundidades: superficie, profundidad intermedia y a la máxima profundidad encontrada (siempre unos 30 cm sobre el fondo propiamente tal). Estos muestreos se realizaban en marea alta y se repetían en la marea baja siguiente, en cada ocasión. Las muestras se recolectaron mediante una botella Van Dorn de 2 litros, analizándose submuestras de 1 litro. Cada muestra se filtró a través de un filtro de fibra de vidrio Millipore AP 40-047-05 (Prefilter), previamente pesado con precisión de 0,0001 g. Posteriormente, se hizo pasar 250 ml de agua destilada por el filtro a fin de eliminar las sales. En el laboratorio se secaron a 105°C durante 24 horas y se pesaron para determinar el contenido total de material en suspensión (seston) por litro de muestra. El contenido de materia orgánica total se obtuvo incinerando cada muestra a 550°C durante 30 minutos y volviendo a pesar cada una con la misma precisión.

Los datos se agruparon según la profundidad a la cual se tomaba la muestra, incluyéndose en cada grupo las 6 estaciones de muestreo. Para cada profundidad se computó el promedio mensual de la cantidad de seston inorgánico y seston orgánico en el estuario. Esto se efectuó para marea alta y para marea baja. También fueron agrupados según estación de muestreo, incluyendo los valores de todas las muestras de superficie, de profundidad intermedia y profundidad máxima, y se calculó para cada estación el promedio anual de la cantidad de seston inorgánico y orgánico para marea alta y para marea baja.

RESULTADOS

Las variaciones mensuales del seston por profundidades durante marea alta y marea baja se presentan en las figuras 5 y 6,

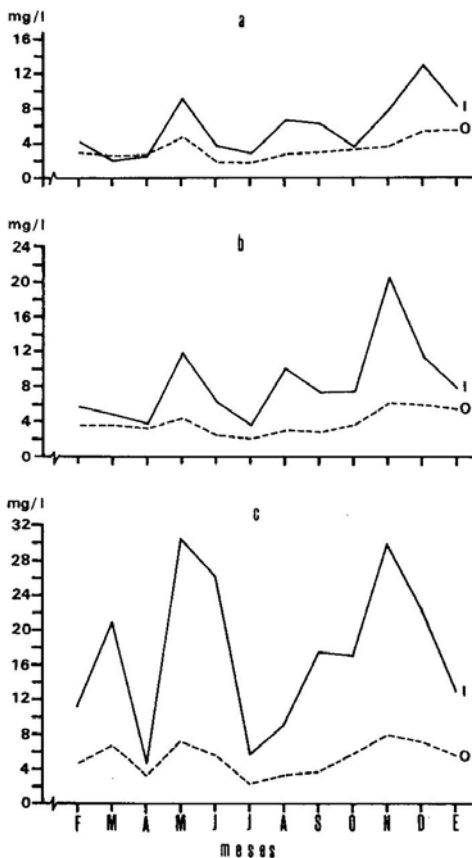


Fig. 5. Variación mensual del seston inorgánico y orgánico promedio de todas las muestras de superficie (a), profundidad intermedia (b) y profundidad máxima (c) en marea alta. I = seston inorgánico; O = seston orgánico.

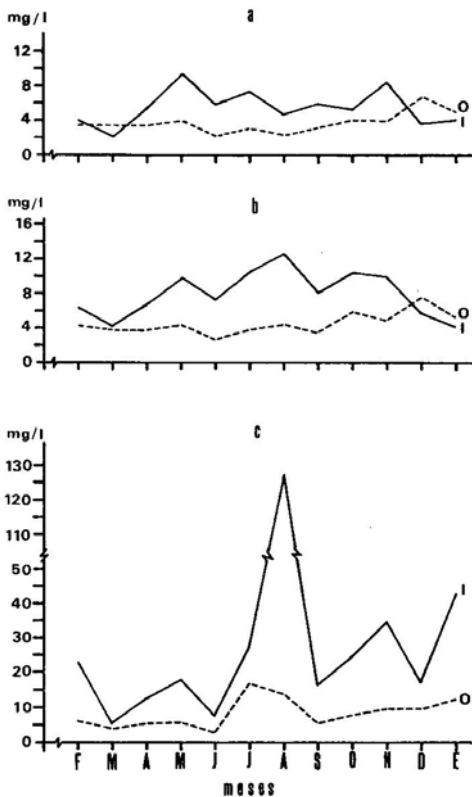


Fig. 6. Variación mensual del seston inorgánico y orgánico promedio de todas las muestras de superficie (a), profundidad intermedia (b) y profundidad máxima (c) en marea baja. I = seston inorgánico; O = seston orgánico.

respectivamente. Al correlacionar los promedios mensuales del seston inorgánico con aquellos del seston orgánico, en marea alta se obtuvieron coeficientes de correlación lineal de $r = 0,8700$, $r = 0,7311$ y $r = 0,8753$ para las profundidades de agua superficial, intermedia y de fondo, respectivamente. En marea baja sólo para el caso de profundidad máxima se obtuvo un coeficiente de correlación positivo y significativo: $r = 0,6167$.

Al correlacionar los promedios mensuales del seston inorgánico u orgánico de una profundidad de muestreo con aquellos promedios de otra profundidad, se produjo la siguiente situación:

a) marea alta: En la correlación entre los promedios mensuales de seston inorgánico de superficie con los de inorgánico de profundidad intermedia, el coeficiente de correlación lineal resultó $r = 0,6567$ ($n = 12$; nivel de significación = 5%). La correlación entre los promedios mensuales del seston inorgánico de profundidad intermedia y aquellos de profundidad máxima dio $r = 0,6555$ (nivel de significación = 5%). No hubo significancia para la correlación entre los promedios de superficie y profundidad máxima. Al correlacionar el seston orgánico de superficie con aquel de profundidad intermedia, la correlación fue positiva con $r = 0,8359$ (nivel de significación = 1%). Se correlacionan significativamente también los promedios de superficie y profundidad máxima ($r = 0,5874$; nivel de significación = 5%) y los de profundidad intermedia y profundidad máxima ($r = 0,7632$; nivel de significación = 1%).

b) Marea baja: Al correlacionar los promedios mensuales del seston inorgánico de superficie con aquellos de profundidad intermedia, se obtuvo un coeficiente de correlación lineal de $r = 0,6158$ (nivel de significación = 5%). Los promedios mensuales de seston inorgánico de profundidad intermedia y profundidad máxima, y los de superficie y profundidad máxima, no se correlacionan significativamente entre sí. Sucede lo mismo para el seston orgánico, donde solamente los promedios de superficie y profundidad intermedia se correlacionan positiva y significativamente ($r = 0,8928$; nivel de significación = 1%).

La tabla 1 resume las características anuales del seston, indicando los valores máximos y mínimos, y el valor promedio, para las distintas profundidades y condiciones del mar durante el período de estudio. Los promedios anuales fueron utilizados para comparar el material transportado en suspensión desde

los puntos de vista de tres variables: la profundidad a que se tomaban las muestras, la composición del seston (inorgánico - orgánico) y la marea. Para ello se aplicó un Test *t* de Student con un nivel de significación de 5%. La tabla 2 resume los resultados obtenidos, señalando para cada caso si las diferencias observadas entre los promedios comparados fueron significativas o no. Los resultados indican que el promedio anual del seston inorgánico difiere significativamente de aquel del seston orgánico en todas las profundidades, tanto en marea alta como en marea baja (tabla 2). Al comparar los promedios de seston de marea alta con aquellos de marea baja, solamente resultaron significativamente diferentes los correspondientes al bioseston de profundidad máxima. Desde el punto de vista de la profundidad de las muestras, no difieren significativamente los promedios de profundidad intermedia y superficie para seston inorgánico y orgánico en marea alta, y para seston orgánico en marea baja (tabla 2).

Las tablas 3 y 4 presentan los valores promedios anuales de la cantidad de seston inorgánico y orgánico para cada estación de muestreo y para cada transecto, en marea alta y marea baja, respectivamente. Para ambas mareas, los valores promedios de seston inorgánico y orgánico en las dos estaciones de cada transecto fueron comparados mediante un Test *t* de Student. Efectuado éste se observó que en ningún transecto existen diferencias significativas al nivel del 5% entre los promedios de las estaciones N y S. No obstante que en la tabla 3 se observa que los promedios del seston inorgánico disminuyen hacia el cabezal y aquellos del orgánico aumentan hacia él, mediante el mismo Test se determinó que tales diferencias no son significativas al nivel del 5%. En cuanto a la marea baja (tabla 4), los promedios de seston inorgánico por transecto no difieren significativamente entre sí. En el caso del seston orgánico, existen diferencias significativas al 5% entre los transectos Y y Z, y entre X y Z.

TABLA 1. Características anuales del seston del estuario del río Queule desde febrero 1981 a enero 1982.

PROFUNDIDAD DE LAS MUESTRAS	CONDICION DEL MAR	TIPO DE SESTON	SESTON EN mg/litro			MES
			MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	
MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIE	Marea Alta	Inorgánico	2,05	5,82 ± 3,27	12,87	Diciembre
	Marea Baja	Orgánico	1,73	3,31 ± 1,23	5,37	Enero
MUESTRAS DE AGUA INTERMEDIA	Marea Alta	Inorgánico	2,07	5,49 ± 2,07	9,33	Mayo
	Marea Baja	Orgánico	6,57	3,71 ± 1,17	2,22	Junio
MUESTRAS DE AGUA DEL FONDO	Marea Alta	Inorgánico	3,67	8,38 ± 4,67	20,47	Noviembre
	Marea Baja	Orgánico	2,03	3,81 ± 1,33	6,10	Noviembre
MUESTRAS DE AGUA DEL FONDO	Marea Alta	Inorgánico	4,13	7,97 ± 2,70	12,60	Agosto
	Marea Baja	Orgánico	2,60	4,50 ± 1,27	7,50	Diciembre
MUESTRAS DE AGUA DEL FONDO	Marea Alta	Inorgánico	4,68	17,30 ± 8,84	30,33	Mayo
	Marea Baja	Orgánico	2,20	5,22 ± 1,86	7,90	Noviembre
MUESTRAS DE AGUA DEL FONDO	Marea Alta	Inorgánico	5,37	29,86 ± 32,66	127,68	Agosto
	Marea Baja	Orgánico	2,75	8,20 ± 4,32	16,80	Julio

TABLA 2. Diferencias significativas (Test t de Student) entre los promedios anuales del seston para las variables: profundidad de las muestras, composición del seston y condición del mar. MA = marea alta; MB = marea baja; SI = seston inorgánico; SO = seston orgánico; S = superficie; PI = profundidad intermedia; PM = profundidad máxima; d.s. = diferencias significativas ($P < 0,05$); n.s. = diferencias no significativas.

VARIABLE	PROMEDIOS ANUALES COMPARADOS	CONDICION	TEST t DE STUDENT	
Profundidad de las muestras	Superficie - Profundidad intermedia	Seston inorgánico	MA = n.s. MB = d.s.	
	Superficie - Profundidad máxima	Seston orgánico	MA = n.s. MB = n.s.	
	Profundidad - Profundidad intermedia máxima	Superficie - Profundidad máxima	Seston inorgánico	MA = d.s. MB = d.s.
		Superficie - Profundidad intermedia	Seston orgánico	MA = d.s. MB = d.s.
		Profundidad - Profundidad máxima	Seston inorgánico	MA = d.s. MB = d.s.
		Profundidad - Profundidad intermedia	Seston orgánico	MA = d.s. MB = d.s.
Composición del seston	Seston inorgánico	Marea alta	S = d.s. PI = d.s. PM = d.s.	
	Seston orgánico	Marea baja	S = d.s. PI = d.s. PM = d.s.	
Condición del mar	Marea alta - Marea baja	Superficie	SI = n.s. SO = n.s.	
		Profundidad intermedia	SI = n.s. SO = n.s.	
		Profundidad máxima	SI = n.s. SO = d.s.	

TABLA 3. Promedio anual de seston inorgánico y orgánico (mg/l) para las muestras de superficie, profundidad intermedia y profundidad máxima agrupadas según estaciones de muestreo y transecto en marea alta. St = estación de muestreo; \bar{X} = promedio; D.S. = desviación estándar; N = número de muestras; I = transecto.

INORGANICO							
St.	\bar{X} (mg/l)	D.S. (mg/l)	N	I	\bar{X} (mg/l)	D.S. (mg/l)	N
XN	11,85	10,75	35	X	11,41	10,60	71
XS	10,97	10,58	36				
YN	13,04	15,93	36				
YS	8,57	6,62	36	Y	10,81	12,32	72
ZN	9,07	11,47	36				
ZS	9,50	10,84	36	Z	9,29	11,09	72
ORGANICO							
XN	4,02	1,65	35	X	3,99	1,75	71
XS	3,96	1,86	36				
YN	4,03	2,56	36				
YS	3,97	1,56	36	Y	4,00	2,10	72
ZN	4,40	2,93	36				
ZS	4,30	2,60	36	Z	4,35	2,75	72

TABLA 4. Promedio anual de seston inorgánico y orgánico (mg/l) para las muestras de superficie, profundidad intermedia y profundidad máxima agrupadas según estaciones de muestreo y transecto en marea baja. St = estación de muestreo; \bar{X} = promedio; D.S. = desviación estándar; N = número de muestras; I = transecto.

INORGANICO							
St.	\bar{X} (mg/l)	D.S. (mg/l)	N	I	\bar{X} (mg/l)	D.S. (mg/l)	N
XN	10,31	8,95	36	X	11,56	22,36	72
XS	12,81	30,52	36				
YN	8,73	10,10	35				
YS	9,08	16,54	36	Y	8,91	13,65	71
ZN	18,95	33,78	36				
ZS	24,01	65,49	35	Z	21,45	51,58	71
ORGANICO							
XN	4,46	2,13	36	X	4,38	1,94	72
XS	4,29	1,76	36				
YN	4,44	2,42	35				
YS	4,08	3,12	36	Y	4,26	2,78	71
ZN	8,60	14,01	36				
ZS	6,07	4,57	35	Z	7,35	10,49	71

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El análisis de los promedios anuales de las concentraciones del seston por estaciones de muestreo y por transectos, permite concluir que, en una base anual, durante la marea alta se produce un arrastre uniforme del seston a lo largo de toda el área estudiada. Durante la marea baja, en cambio, material orgánico en suspensión se encuentran en mayor concentración en la zona del cabezal que en los sectores medio e inferior del estuario. Esta alta concentración se explica por un transporte proveniente de río arriba. La disminución del componente orgánico hacia los transectos Y y X puede deberse a que se ha sedimentado en los fondos del estuario medio, donde contribuye al mantenimiento de los sedimentos de fondo con alto contenido orgánico. El sector medio del estuario se caracteriza asimismo por una abundancia de sedimentos de textura fina (Pino & Mulsow 1983, Rojas 1984). En este ambiente sedimentario son de esperarse, por lo tanto, niveles de energía bajos, tales que permitan la depositación de este material en suspensión. Esta depositación se favorece por la floculación de las partículas, fenómeno citado en numerosas publicaciones como típico de estuarios (Emery & Stevenson 1957, Van Straaten & Kuenen 1958, Postma 1967, Dyer 1979, Al-Jabbary et al. 1980) y constatado reiteradamente en este sector del estuario del río Queule. El proceso de atrapamiento de sedimentos es frecuente en estuarios micromareales (Allen et al. 1980), pero antes de sedimentarse definitivamente los sedimentos pueden sufrir varios ciclos de erosión-depositación.

De la comparación de los promedios anuales del seston entre marea alta y marea baja se deduce que, como promedio anual, el material en suspensión de tipo inorgánico estaría presente en ambas mareas en una concentración similar, es decir, existiría un cierto equilibrio entre el flujo y el reflujo en el transporte de este constituyente del seston. En tanto, el material orgánico parece ser transportado hacia el estuario preferentemente desde lugares situados río arriba, en grandes cantidades durante el reflujo.

Las correlaciones efectuadas entre el material en suspensión a distintas profundidades indican que para marea alta tanto en material inorgánico como el orgánico de una profundidad determinada se correlacionan positiva y significativamente con aquel de una profundidad contigua, éste es, presentan

una variación en el mismo sentido. En la marea baja, solamente existe una correlación significativa entre el seston inorgánico y orgánico de superficie y el de profundidad intermedia. Esto puede significar que los materiales transportados en profundidad intermedia y máxima presentan fluctuaciones más o menos independientes en magnitud durante el reflujó.

En relación a la variación mensual del seston, es posible deducir que los máximos que se producen en agosto y julio son predominantes en la marea baja y, por lo tanto, pueden estar relacionados a un probable aumento del caudal por las precipitaciones en la hoya hidrográfica en estos meses invernales. Los máximos de mayo y noviembre son coincidentes en ambas mareas. Los de mayo podrían explicarse por producirse en la época en que se inician las abundantes lluvias invernales, considerando además que éste fue el mes más lluvioso de 1981 de acuerdo a registros de la estación meteorológica de Mehuín, ubicada a 8 km al S de Queule. Al respecto cabe mencionar que bajo condiciones normales de flujo, un alza en la descarga de agua es acompañada por un incremento en las concentraciones de sedimento en suspensión. La descarga máxima puede preceder o ser coincidente con la máxima concentración de seston. En las primeras lluvias de otoño o invierno, el máximo de sedimento ocurre a menudo antes del máximo de flujo, pero más tarde en el año, una vez que la mayor parte del material fácilmente disponible ha sido eliminado de la cuenca, el máximo de sedimento en suspensión ocurre después de la mayor descarga (Al-Ansari et al. 1977).

Al comparar las variaciones del seston inorgánico con aquellas del orgánico es posible deducir que en marea alta éstas tienen una cierta correspondencia, indicando que las variaciones del seston orgánico no ocurren independientemente de aquellas del inorgánico y se producen en el mismo sentido (aún cuando no en la misma magnitud). Esto se confirma con los resultados de las correlaciones efectuadas entre ambos componentes para cada profundidad, pudiendo significar que en marea alta el abioseston y el bioseston poseen un origen más o menos común. En la marea baja, en cambio, las variaciones de un componente no siempre van aparejadas con variaciones en el mismo sentido del otro (Fig. 6). Estas consideraciones se basan en la ausencia de una buena correlación entre los promedios mensuales.

En general el seston orgánico muestra variaciones de menor

magnitud que el inorgánico (figuras 5 y 6) y tiene una tendencia a presentar incrementos en los meses de primavera y verano, y concentraciones menores en los meses invernales; ésto es especialmente válido para las muestras de profundidad intermedia y superficie, y puede interpretarse, en parte, como debido al florecimiento del plancton en el estuario.

La comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con otros de estuarios chilenos de características similares no ha sido posible debido a la inexistencia de datos o informes similares publicados. Un aumento en el contenido orgánico del material en suspensión en mareas bajas ha sido reportado por Jones & Jordan (1979) para un estuario del hemisferio Norte, y aún cuando en el estuario del río Queule el porcentaje de seston orgánico no alcanza los valores encontrados por esos autores, se observa una misma tendencia. En cuanto a la concentración del material en suspensión, los promedios de seston total encontrados en Queule son más bajos que los reportados por Millimann (1980) para un estuario canadiense.

Las principales conclusiones obtenidas en la presente investigación pueden resumirse en los siguientes puntos.

En el transporte de material en suspensión en el estuario del río Queule, es probable que durante la marea alta se produzca un arrastre uniforme a lo largo de toda el área estudiada. En esta marea las fluctuaciones del seston orgánico ocurren en el mismo sentido que aquellas del seston inorgánico, pudiendo ésto significar que ambos componentes tienen un origen más o menos común.

Considerando los promedios anuales, existiría un cierto equilibrio entre el flujo y el refluo en el transporte del seston inorgánico. Durante la marea baja se produce una sedimentación de seston orgánico en el estuario medio, favorecido ésto por la floculación de las partículas. Los altos niveles de seston orgánico en el cabezal del estuario durante la marea baja se deben a un transporte desde río arriba.

El material en suspensión en el estuario del río Queule es predominantemente de tipo inorgánico, y es transportado en mayores concentraciones cerca del fondo.

En la superficie y a profundidad intermedia, el material orgánico muestra incrementos en su concentración en los períodos de primavera y verano.

La inexistencia de estudios acerca del régimen hidráulico del río Queule tanto en la forma de antecedentes previos como durante el período de trabajo en terreno, determina limitaciones que forzosamente impiden un análisis profundo de los procesos involucrados en el transporte de sedimentos. A pesar de la imposibilidad de efectuar así correlaciones con las variables que tienen mayor influencia sobre el material en suspensión (Al-Ansari et al. 1977, Al-Jabbari et al. 1980, Allen et al. 1980, Castaing & Allen 1981), se espera que la información aquí proporcionada sea de utilidad a quienes realicen estudios biológicos y constituya una base para futuras investigaciones de aspectos cuantitativos del transporte y depósito de sedimentos en este estuario.

AGRADECIMIENTOS. Agradezco al profesor Mario Pino O. (Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile) por las valiosas sugerencias en el análisis de los datos. Mi reconocimiento a los estudiantes de Magister en Zoología: Alice Turner, Gonzalo Aguilar y Alejandro Bravo por su colaboración en el trabajo de terreno.

LITERATURA CITADA

- Al-Ansari, N.; Al-Jabbari, M. & J. Mc Manus. 1977. The effect of farming upon solid transport in the river Almond, Scotland. Proceedings of the Symposium of Erosion and Solid Matter Transport in Inland Waters. International Association for Scientific Hydrology, Publication Nº 122: 118-125.
- Al-Jabbari, M.; Mc Manus, J. & N. Al-Ansari. 1980. Sediment and solute discharge into the Tay Estuary from the river system. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 78: 15-32.
- Allen, G.; Salomon, J.; Basoullet, P.; DuPenhoat, Y. & C. DeGrandpré. 1980. Effects of tides on mixing and suspended sediment transport in macrotidal estuaries. Sedimentary Geology, 26: 69-90.
- Bravo, A. 1984. Distribución de la macroinfauna submareal en los fondos blandos de la bahía Queule y estuario del río Queule. Medio Ambiente (en prensa).

- Castaing, P. & G. Allen. 1981. Mechanisms controlling seaward escape of suspended sediment from the Gironde: a macrotidal estuary in France. *Marine Geology*, 40: 101-118.
- Dyer, K. 1979. Estuaries and estuarine sedimentation. In: Dyer, K.R. (ed), *Estuarine Hydrography and Sedimentation*. Cambridge University Press. Taunton, England, 230 p.
- Einstein, H. & R.B. Krone. 1962. Experiment to determine modes of cohesive sediment transport in salt water. *Journal of Geophysical Research*, 67: 1451-1464.
- Emery, K. & R. Stevenson. 1957. Sedimentation in estuaries, tidal flats and Marshes. In: Hedgpeth, J. (ed), *Treatise on Marine Ecology and Paleocology*. Geological Society of America Memoir, 67: 729-736.
- Jaramillo, E.; Mulsow, S.; Pino, M. & H. Figueroa. 1984. Subtidal benthic macroinfauna in an estuary of south of Chile: Distribution pattern in relation to sediment types. *Marine Ecology* (en prensa).
- Jones, G. & M. Jordan. 1979. The distribution of organic material and trace metals in sediments from the river Liffey estuary, Dublin. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 8: 37-47.
- Krone, R.B. 1978. Aggregation of suspended particles in estuaries. In: Kjerfve, B. (ed), *Estuarine transport Processes*. Belle W. Baruch Library in Marine Science Nº 7. U. South Carolina Press: 177-190.
- Mc Manus, J.; Buller, A. & C. Green. 1980. Sediments of the Tay Estuary. VI. Sediments of the lower and outer reaches. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 78 B: 133-153.
- Millimann, J. 1980. Sedimentation in the Fraser river and its estuary, Southwestern British Columbia (Canada). *Estuarine and Coastal Marine Science*, 10: 609-633.
- Olsen, C.; Simpson, H.; Bopp, R.; Williams, S.; Peng, T. & B. Deck. 1978. A geochemical analysis of the sediments and sedimentation in the Hudson estuary. *Journal of Sedimentary Petrology*, 48: 401-418.
- Ottmann, F. 1967. *Introducción a la Geología Marina y Litoral*. I edición. Editorial Universitaria de Buenos Aires, 287 p.
- Pino, M. & S. Mulsow. 1983. Distribución de facies granulométricas en el estuario del río Queule, IX Región: Un análisis de componentes principales. *Revista Geológica de Chile*, 18: 77-85.
- Postma, H. 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: Lauff, G.H. (ed), *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science, Publication 83: 158-179.

- Rojas, C. 1984. Características granulométricas estacionales de los sedimentos del estuario del río Queule, IX Región. Revista Geográfica de Chile "Terra Australis". (en prensa).
- Turner, A. 1984. Zonación y estratificación de la macroinfauna intermareal del estuario del río Queule (IX Región, Chile). Medio Ambiente. (en prensa).
- Van Straaten, L. & P. Kuenen. 1958. Tidal action as a cause of clay accumulation. Journal of Sedimentary Petrology, 28 (4): 406-413.