

# DISTRIBUCION DE FACIES GRANULOMETRICAS EN EL ESTUARIO DEL RIO QUEULE, IX REGION: UN ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

MARIO PINO Q.  
SANDOR MULSOW F.

Univ. Austral de Chile, Inst. Geociencias, Casilla 1020, Valdivia.

Univ. Austral de Chile, Inst. Zoología, Casilla 567, Valdivia.

## RESUMEN

Los estuarios forman numerosas cuencas de sedimentación reciente en el sur de Chile, aunque son escasamente conocidos en tales cuerpos de agua los procesos físicos, químicos y biológicos, que se conjugan en la deposición de sedimentos.

Se analizan aquí la granulometría, mineralogía y contenido de materia orgánica carbonosa de los fondos blandos del estuario del río Queule (39°24' Lat. S, 73°13' Long. W), en relación con algunos procesos físicos y biológicos, interpretándose los datos obtenidos por medio de un análisis multivariado de Componentes Principales.

Las facies granulométricas establecidas se aproximan a los patrones de distribución textural conocidos para los estuarios micromareales, determinándose que en este ambiente de sedimentación en particular, las facies granulométricas están fuertemente influenciadas por el origen de los sedimentos.

## ABSTRACT

In southern Chile, a number of recent sedimentation basins are developed in estuaries. The physical, chemical and biological processes controlling this estuarine sedimentation are poorly known.

In relation with some physical and biological factors, the granulometry, mineralogy and organic carbon content of the Queule estuary (39°24'S, 73°13'W) soft bottom are analyzed. The information obtained is interpreted by means of a Principal Component Analysis.

The textural pattern established in the Queule estuary is similar to other microtidal estuaries. However, in this basin the granulometric facies is strongly determined by the sediment sources.

## INTRODUCCION

Una de las características más distintivas de la costa chilena del Océano Pacífico la constituye la presencia de una gran cantidad de estuarios al sur de los 28° de latitud. Las características texturales de los sedimentos en estos estuarios, son poco conocidas, como asimismo los complejos procesos físicos, químicos y biológicos que controlan la sedimentación estuarial. Especialmente importante, dentro de los procesos físicos, parece ser la fuerte sismicidad de esta región, ya que, en los últimos 400 años, por lo menos tres terremotos causaron importantes alzamientos o descensos del borde continental (Saint Amand, 1961).

Se agrega a estos procesos naturales la influencia de la actividad humana, representada en la zona por pequeñas poblaciones de pescadores, los que, por una parte, aportan a los estuarios desechos orgánicos de peces y moluscos, a lo que se suma la biodeposición de fecas de bivalvos (*Choromytilus chorus*) cultivados artificialmente en el estuario.

El estuario del río Queule (Fig. 1), cuyos fondos blandos constituyen el objeto del presente estudio, es un buen representante de los estuarios del sur de Chile y fue elegido por su fácil acceso. Ocupa los 4.000 m exteriores del valle del río del mis-

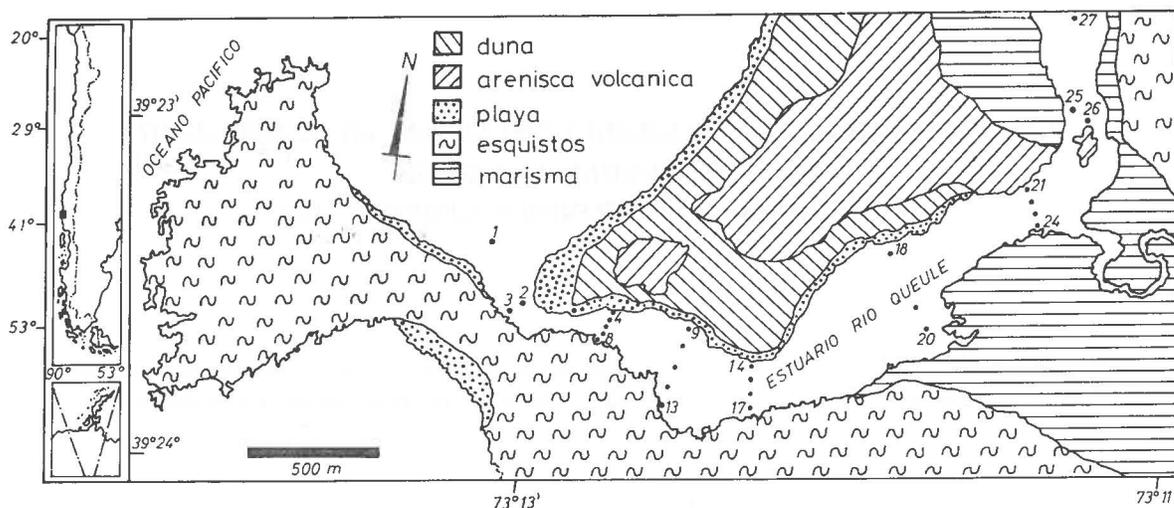


FIG. 1. Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo y entorno geológico-geomorfológico del estuario del río Queule.

mo nombre, el que nace en la Cordillera de la Costa.

La boca del estuario está limitada por una barra que lo separa de la bahía Queule, cuya profundidad máxima alcanza a 30 m. El ancho del estuario fluctúa entre 80 y 400 m, en sus partes externa y media, respectivamente, mientras que la profundidad máxima promedio alcanza a 6 m, en el canal de reflujo. Es afectado por mareas semidiurnas, produciéndose, en la parte media de él, una diferencia de mareas extremas de 1,5 m.

No se dispone de estudios acerca del régimen

hidráulico del estuario y sólo existen observaciones puntuales realizadas por los autores.

Este estudio tiene por objetivo proveer información básica acerca del patrón de distribución de los sedimentos submareales del estuario del río Queule, bajo un punto de vista textural, y se enmarca dentro de un programa de investigación tendiente al conocimiento de la estructura, funcionalidad y relación de la macrofauna, con los tipos de sedimentos presentes en un estuario micromareal temperado.

## MATERIAL Y METODO

Durante el mes de enero de 1980 se muestrearon los fondos blandos del estuario del río Queule en siete transectos, espaciados arbitrariamente, perpendiculares al eje del canal de desagüe (25 muestras), a las que se agregaron otras dos muestras obtenidas en el cabezal del estuario y en la bahía, respectivamente (Fig. 1). Las muestras fueron recolectadas con una draga Emery modificada de 0,025 m<sup>2</sup>.

La mineralogía de sedimentos tipos (fracciones arena y grava) y de las rocas que afloran en los márgenes del estuario, se determinó al binocular y en secciones delgadas.

La granulometría de los sedimentos se hizo pretamizando en húmedo sobre una malla de 4 $\phi$  de abertura y tamizando en seco, posteriormente, la fracción arena con un conjunto de tamices de intervalo 0,5 $\phi$ . La granulometría del fango fue calculada por el método de la pipeta (Folk, 1974),

cuando este componente fue mayor que el 5% del peso total de la muestra.

Se utilizó el método gráfico de percentiles de Folk (1974) para calcular el valor de la media gráfica inclusiva ( $Mz$ ), desviación estándar gráfica inclusiva ( $\sigma_1$ ) y asimetría gráfica inclusiva ( $Sk_1$ ), obteniéndose, además de estas curvas acumulativas, los porcentajes de grava, arena y fango inorgánico.

La materia orgánica carbonosa total se determinó por diferencia de peso, después de ignición a 500°C (Mills, 1978). Se utilizaron mapas de facies para mostrar la distribución de grava, arena y fango, así como la distribución de la materia orgánica carbonosa total.

Finalmente, se separaron grupos de observaciones (muestras) y se determinó cuáles de las variables utilizadas tenían real significancia, para separar tales grupos por medio de un programa de Componentes Principales modificado e implementado

por Fernández de la Reguera (1983), utilizando un computador DEC SYSTEM 2020 del Centro de Computación e Informática de la Universidad Austral de Chile.

El análisis de Componentes Principales es una herramienta estadística, que pertenece al grupo de los análisis multivariados. En base a los valores que presentan las observaciones (muestras) en las variables elegidas, este análisis efectúa combinaciones lineales entre variables, definiendo vectores o

componentes que explican un determinado porcentaje de la varianza de las observaciones. Dentro de cada componente o vector, el programa asigna "pesos" o "cargas" a cada una de las variables.

El análisis de Componentes Principales permite agrupar las observaciones, en base a las mejores combinaciones lineales de variables y, por otro lado, permite eliminar variables que no tienen importancia en la agrupación de las observaciones.

## MARCO GEOLOGICO

Un reconocimiento geológico realizado en la zona permitió la identificación de las siguientes unidades geológico-geomorfológicas (Fig. 1): en el margen del estuario, en sus partes media y externa, afloran esquistos micáceos, asignados al Paleozoico inferior (Illies, 1970), los que constituyen colinas de 100 m de altura promedio. En su parte suroccidental, el estuario está limitado por marismas, desarrolladas después del sismo de 1960. En el margen norte del estuario, en los sectores interno y medio, aflora una terraza marina pleistocénica (50 m s.n.m.), compuesta por areniscas volcánicas

poco consolidadas. Esta terraza, muy erosionada, está cubierta, en parte por dunas y rodeada, al oeste, por una playa expuesta la que, hacia el sur, se transforma en la barra del estuario.

Los esquistos que afloran en el área están compuestos, principalmente, por la asociación cuarzo-albita-muscovita y, ocasionalmente, biotita, mientras que las areniscas volcánicas del margen norte del estuario están compuestas, fundamentalmente, por fragmentos de andesitas, encontrándose plagioclasa, piroxeno y cuarzo, en menores cantidades.

## RESULTADOS

Análisis realizados en ocho muestras representativas de los tipos de sedimentos del estuario (fracción arena) indican uniformidad en la composición mineralógica. Todas las muestras poseen entre un 76% y un 88% de fragmentos de andesita y minerales ferromagnesianos, entre un 4 y un 10% de plagioclasa y menos de un 15% de cuarzo. Se exceptúan los sedimentos fangoarenosos, que existen en el margen sur de la parte media (Fig. 2), los que contienen alrededor de un 20% de muscovita. Las gravas corresponden a fragmentos de esquistos, en el margen sur, y fragmentos de areniscas volcánicas, en el margen norte.

Los resultados de los análisis granulométricos se resumen en la Tabla 1. La media gráfica inclusiva varía ampliamente entre  $-1,57\phi$  y  $4,95\phi$ , presentando los sedimentos con medias más altas que  $2,93\phi$  un porcentaje de fango superior al 9% y selección pobre o muy pobre (Folk, 1974). Por

otra parte, los sedimentos con valores de media gráfica inclusiva más bajos (sedimentos más gruesos), presentan un porcentaje de grava superior al 20,8% y también una selección pobre o muy pobre. Predominan, en general, arenas y arenas fangosas, bien seleccionadas o moderadamente bien seleccionadas (Folk, 1974).

Los valores de materia orgánica carbonosa varían entre un 0,27% y un 29,20% del peso seco total, encontrándose los valores más altos de esta variable asociados a sedimentos, que contienen más de un 20,06% de fango. No existe, sin embargo, una buena correlación directa entre los porcentajes de fango y la materia orgánica carbonosa total ( $R^2 = 0,197$ ).

En la figura 2, se puede observar la distribución de los sedimentos, desde un punto de vista granulométrico. El mapa de facies fue construido utilizando una simplificación de la clasificación

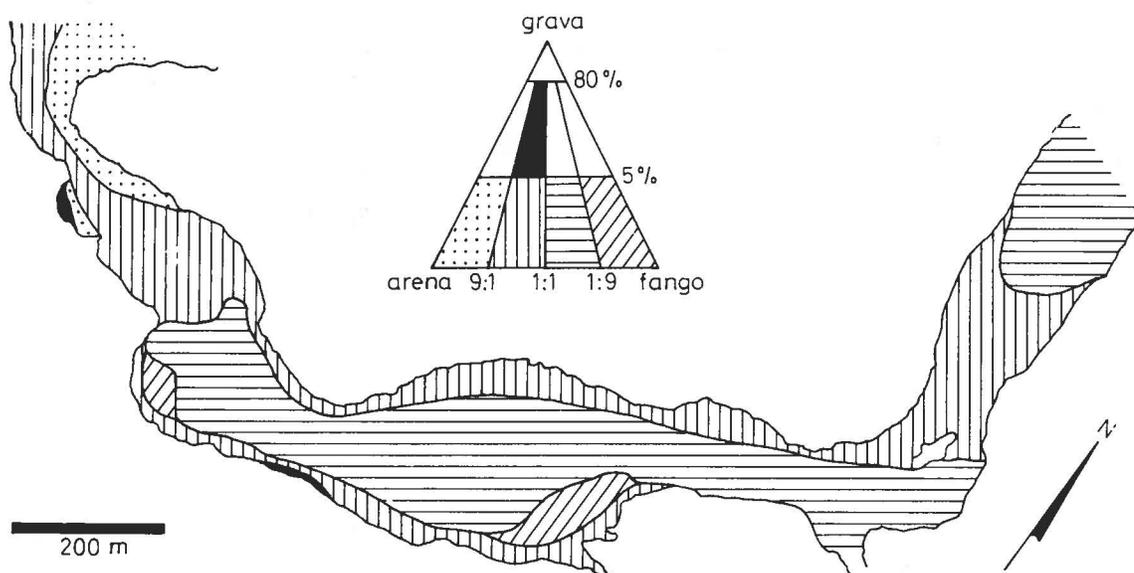


FIG. 2. Distribución granulométrica de los sedimentos del estuario del río Queule, utilizando una simplificación de la clasificación propuesta por Folk (1974).

TABLA 1. VARIABLES GRANULOMETRICAS (FOLK, 1974), PORCENTAJES DE CLASES TEXTURALES MAYORES Y PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA CARBONOSA TOTAL, PARA LAS 27 ESTACIONES DE MUESTREO

Estación	$M_z$	$\sigma_I$	$SK_I$	% Grava	% Arena	% Fango	% Mat. Org. Carbonosa
1	2,30 $\phi$	0,38 $\phi$	- 0,14	0,00	99,91	0,09	0,91
2	1,97 $\phi$	0,43 $\phi$	- 0,29	0,00	100,00	0,00	0,00
3	2,13 $\phi$	0,33 $\phi$	- 0,07	0,00	99,99	0,01	0,42
4	2,20 $\phi$	0,41 $\phi$	- 0,28	0,51	99,49	0,00	0,59
5	2,52 $\phi$	0,25 $\phi$	+ 0,06	0,00	99,60	0,40	1,36
6	1,76 $\phi$	0,64 $\phi$	- 0,13	0,00	99,76	0,24	0,58
7	2,66 $\phi$	0,31 $\phi$	+ 0,15	0,00	97,69	2,31	10,89
8	0,65 $\phi$	2,70 $\phi$	- 0,86	21,14	78,86	0,00	1,35
9	2,17 $\phi$	0,57 $\phi$	- 0,22	0,00	97,15	2,85	0,39
10	2,65 $\phi$	0,51 $\phi$	+ 0,49	0,00	97,31	2,69	2,53
11	2,55 $\phi$	0,39 $\phi$	+ 0,08	0,00	98,97	1,03	1,21
12	4,95 $\phi$	1,79 $\phi$	+ 0,08	0,00	26,09	73,91	12,91
13	2,93 $\phi$	2,19 $\phi$	- 0,29	10,25	75,26	14,49	3,50
14	2,20 $\phi$	0,51 $\phi$	- 0,24	0,05	98,84	1,11	0,87
15	3,22 $\phi$	1,60 $\phi$	+ 0,64	0,00	83,19	16,82	5,38
16	3,09 $\phi$	1,66 $\phi$	+ 0,58	0,00	90,09	9,91	2,75
17	- 1,57 $\phi$	3,14 $\phi$	- 0,18	34,41	64,53	1,06	1,18
18	2,15 $\phi$	0,52 $\phi$	- 0,15	0,00	98,49	1,51	0,87
19	3,16 $\phi$	2,08 $\phi$	+ 0,71	0,00	89,48	10,52	2,94
20	1,40 $\phi$	2,85 $\phi$	- 0,01	65,78	31,50	2,72	8,16
21	1,97 $\phi$	0,96 $\phi$	- 0,28	0,96	97,82	1,23	0,62
22	3,53 $\phi$	2,25 $\phi$	+ 0,79	0,00	88,02	11,98	3,58
23	3,53 $\phi$	2,10 $\phi$	+ 0,59	0,00	85,64	14,36	29,30
24	3,85 $\phi$	0,97 $\phi$	+ 0,49	0,00	89,42	10,58	2,90
25	2,81 $\phi$	0,68 $\phi$	+ 0,19	1,12	97,27	1,60	0,27
26	1,66 $\phi$	0,95 $\phi$	+ 0,26	0,00	98,54	1,46	1,16
27	3,82 $\phi$	2,13 $\phi$	+ 0,86	0,00	87,83	12,17	8,03

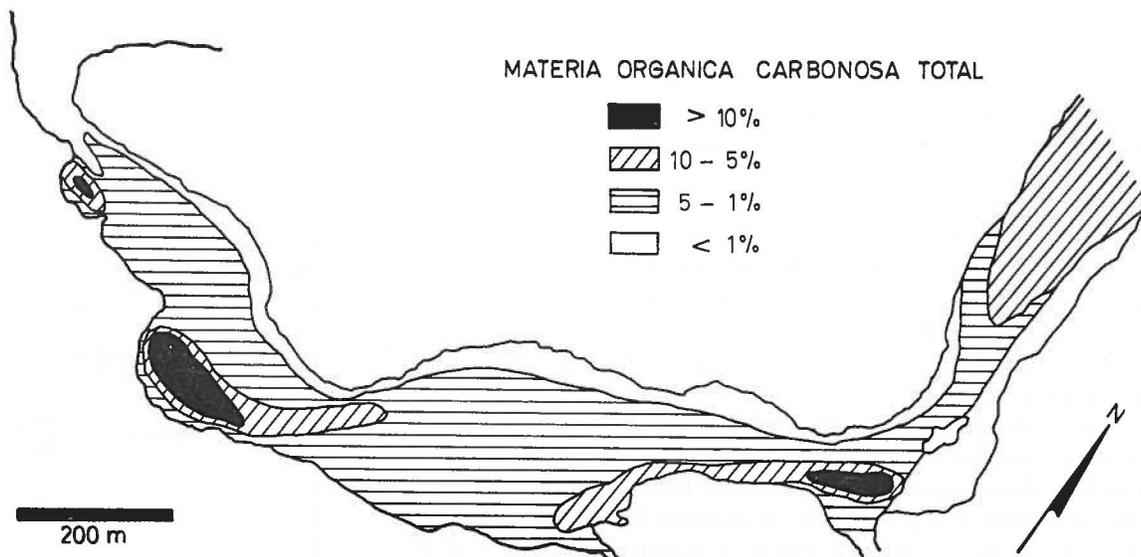


FIG. 3. Distribución de la materia orgánica carbonosa total en los sedimentos del estuario del río Queule.

propuesta por Folk (1974). Predominan, en la parte externa, sedimentos arenosos (margen norte), mientras que en el borde opuesto existen arenas fangosas. En la parte media del estuario se distingue la presencia de un sector central, constituido por fangos arenosos, rodeados, al norte y al sur, por arena fangosa. En esta parte media del estuario, destaca la existencia de dos sectores donde predomina el fango, en las cercanías del margen sur, así como un área, restringida a la parte central del margen sur, ocupada por gravas arenofangosas. La parte interna, ubicada aguas arriba del pequeño islote, presenta un sector constituido por arena fangosa el que, hacia la parte más interior del estuario, grada a fango arenoso.

La materia orgánica carbonosa total se distribuye de manera coincidente con las facies granulométricas (Fig. 3). Los valores más bajos están restringidos a la parte externa y borde norte de

la parte media. Los valores más altos de tal parámetro se encuentran en la parte media del estuario, donde predomina el fango, esto es, cerca del margen sur (más de 10% de materia orgánica carbonosa total), rodeada por arenas que gradan hacia los valores más frecuentes (entre 1% y 5%) y que corresponden a la mayor parte de los fondos estuarinos del sector medio. En el sector interno, se reconoce una zona que presenta un porcentaje un poco más alto de materia orgánica carbonosa, que el mencionado recientemente, esto es, entre un 5% y 10%.

La aplicación del análisis multivariado de Componentes Principales, utilizando las seis variables y las 27 observaciones indicadas en la Tabla 1, dio origen a la matriz de carga de los vectores, presentada en la Tabla 2.

Los vectores I, II y III, calculados por el programa de Componentes Principales, expli-

TABLA 2. MATRIZ DE LAS CARGAS (VALORES MAYORES LLEVADOS A LA UNIDAD) DE LOS VECTORES DEFINIDOS POR C.P. Y PORCENTAJE ACUMULADO DE LA VARIANZA TOTAL

	$M_z$	$\sigma_I$	$SK_I$	% Grava	% Arena	% Fango	CUM P.C.
Vector I	- 0,208	0,918	- 0,064	0,864	- 1,000	0,469	41,92%
Vector II	1,000	0,061	0,768	- 0,513	- 0,243	0,837	79,22%
Vector III	- 0,104	0,508	1,000	0,205	0,311	- 0,619	92,81%
Vector IV	- 0,504	1,000	- 0,287	- 0,913	0,418	0,355	97,57%
Vector V	1,000	0,551	- 0,605	0,171	0,249	- 0,502	100,00%

can un 92,81% de la varianza de las observaciones (Tabla 2). Se observa en ella que, en el vector I, las variables con más peso corresponden al porcentaje de arena y desviación estándar gráfica inclusiva ( $\sigma_1$ ), en el vector II lo hacen la media gráfica inclusiva ( $Mz$ ) y el porcentaje de fango, mientras que en el tercer vector, las variables con más importancia son la asimetría gráfica ( $Sk_1$ ) y el porcentaje de fango.

Tanto al graficar las asociaciones (correlaciones) entre componentes y observaciones (Fig. 4), como los valores estandarizados de los componentes, se observa la formación de cuatro grupos y la existencia de tres observaciones aisladas (muestras 12, 23 y 24). El Grupo 1 (Fig. 4) reúne las muestras 1, 2, 3, 4, 9, 14, 18 y 21; éstas se ubican en la parte externa y en el margen norte del sector medio del estuario (Figs. 1 y 5). El grupo 2 (muestras 5, 6, 7, 10, 11, 25 y 26) reúne observaciones que se ubican en la parte central del sector externo del estuario y aquéllas ubicadas inmediatamente al norte de la pequeña isla del sector interno (Figs. 1 y 5).

Las muestras del Grupo 1 corresponden a sedimentos arenosos con menos de 1% de grava y 2,85% de fango; el valor de la media gráfica inclusiva fluctúa entre  $1,97\phi$  y  $2,3\phi$  y la desviación estándar inclusiva varía entre valores correspondientes a sedimentos muy bien sorteados y moderadamente bien sorteados (Folk, 1974, Tabla 3).

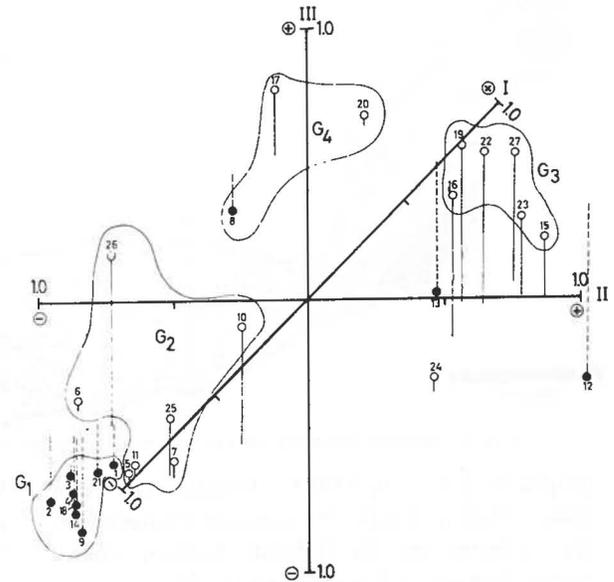


FIG. 4. Grupo de muestras agrupadas por las correlaciones entre componentes y observaciones, entregadas por el programa de Componentes Principales. Los vectores I, II y III explican un 92,81% de la varianza de las observaciones (muestras).

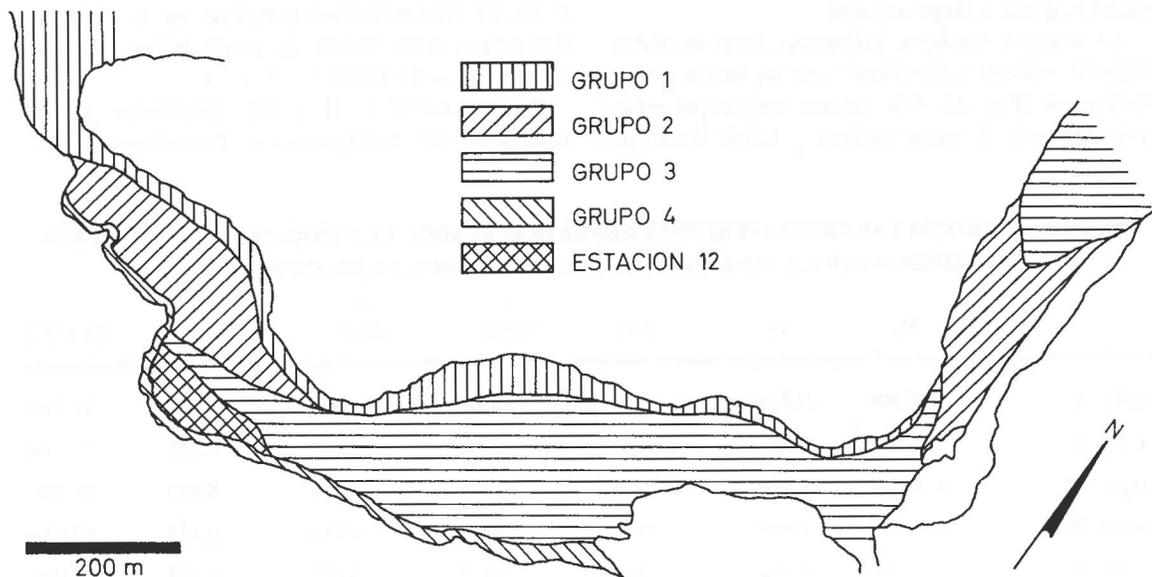


FIG. 5. Facies granulométricas definidas por Componentes Principales.

TABLA 3. MEDIA Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LAS OBSERVACIONES (MUESTRAS), AGRUPADAS POR EL ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	
$M_z$	2,14 $\phi$	2,37 $\phi$	3,39 $\phi$	0,16 $\phi$	$\bar{X}$
	0,11 $\phi$	0,46 $\phi$	0,28 $\phi$	1,54 $\phi$	D.S.
$\sigma_I$	0,51 $\phi$	0,53 $\phi$	1,97 $\phi$	2,90 $\phi$	$\bar{X}$
	0,20 $\phi$	0,24 $\phi$	0,27 $\phi$	0,22 $\phi$	D.S.
$SK_I$	- 0,21	+ 0,16	+ 0,70	- 0,35	$\bar{X}$
	0,08	0,19	0,11	0,45	D.S.
Grava	0,19%	0,16%	0,00%	40,44%	$\bar{X}$
	0,36%	0,42%	0,00%	22,92%	D.S.
Arena	98,96%	98,45%	87,38%	58,30%	$\bar{X}$
	1,08%	1,05%	2,57%	24,21%	D.S.
Fango	0,85%	1,39%	12,63%	1,26%	$\bar{X}$
	1,03%	0,91%	2,57%	1,37%	D.S.

El Grupo 2 también agrupa a sedimentos arenosos, con menos del 2,96% de fango y sin grava: el valor de la media gráfica inclusiva fluctúa entre 1,66 $\phi$  y 2,81 $\phi$  y presentan un sorteo que varía entre muy bien sorteado y moderadamente sorteado (Folk 1974; Tabla 3). Tal como se observa en la figura 4, los Grupos 1 y 2 se separan solamente por los valores correspondientes al vector III, esto es, fundamentalmente, por los valores de la asimetría gráfica inclusiva y el porcentaje de fango (Tabla 3). En el primer grupo mencionado, los valores de la asimetría son negativos (exceso de sedimentos gruesos), mientras que tal variable presenta valores positivos en el Grupo 2. Esto se refleja también en el porcentaje de fango, que es el mayor en este grupo. Existe, sin embargo, una completa gradación entre ambos grupos a través de las muestras 1 y 5 (Fig. 4).

El Grupo 3 (Tabla 3, Fig. 4) incluye las muestras 15, 16, 19, 22, 23 y 27, las que corresponden a arenas fangosas, con media inclusiva gráfica en-

tre 3,09 $\phi$  y 3,82 $\phi$ , pobremente a muy pobremente sorteadas, alto exceso de sedimentos finos, sin grava y con los más altos porcentajes de fango (9,91% a 16,82%).

El Grupo 4 definido por el programa de Componentes Principales, corresponde a gravas arenosas y arenas rudíticas (muestras 8, 17 y 20), muy pobremente seleccionadas y con altos valores negativos de asimetría gráfica inclusiva. Presentan bajos porcentajes de fango (menos del 2,72%) y altos porcentajes de grava (21,14% -65,78%; Tabla 3).

La muestra 12 no quedó agrupada por poseer características texturales muy distintas al resto. Presenta la media inclusiva gráfica más alta (4,95 $\phi$ ), sin grava y con un 73,91% de fango (Tabla 1, Fig. 4). Las muestras 13 y 14 representan la transición de las muestras recién mencionadas en los Grupos 3 y 4, respectivamente, y en la figura 5 fueron asociadas a estos grupos.

#### CONCLUSIONES Y DISCUSION

Los mapas de facies, basados en combinaciones porcentuales de los componentes texturales de un

sedimento, presentan, por una parte, una limitación con respecto al número de variables usadas,

ya que con más de tres la interpretación en dos dimensiones es difícil. Es necesario, además, efectuar simplificaciones de las combinaciones, con el fin de poder visualizar, rápidamente, la distribución de cada categoría definida. Por esta razón, la aplicación del análisis de Componentes Principales permite, utilizando todas las variables, construir mapas de facies de rápida interpretación. La existencia de una zona central con altos porcentajes de fango es concordante con la distribución de tal componente en la mayoría de los estuarios micromareales, lo que se debería, fundamentalmente a sedimentación por fluoculación de sedimentos finos, derivados de erosión, en la cabecera y márgenes del estuario.

Con respecto a la distribución de la materia orgánica carbonosa, las zonas con más del 10% de este parámetro (muestras 7, 12 y 23; Fig. 1) se ubican en zonas protegidas, de aguas someras. Una gran parte del contenido de materia orgánica carbonosa de las muestras 7 y 23 corresponden a restos de vegetales, parcialmente reducidos, a lo que se agrega el efecto de biodepositación de fecas de *Choromytilus chorus*, cultivados en las cercanías de la Estación 7. En la zona de la Estación de Muestreo 12, existe un alto aporte de materia orgánica carbonosa de origen animal, producto de la degradación de restos de peces y moluscos arrojados al estuario por los pescadores. Es por esta razón que no existe una relación directa, significativa, entre los porcentajes de fango y materia carbonosa, citada frecuentemente en la literatura (Kemp, 1971; Reinson, 1975; Rashid y Reinson, 1979).

Sin desconocer la relación existente entre mecanismos de transporte, velocidad y tipo de flujo de la corriente y textura del sedimento en ríos y estuarios (Ippen, 1966; Schubel *et al.*, 1971; Allen, 1971; Visher y Howard, 1974), y a pesar de no existir información cuantitativa del régimen de corrientes en el estuario del río Queule, es posible explicar, en parte, el patrón de distribución y los tipos de sedimentos en este estuario, en base a consideraciones sobre el origen de los mismos, aspecto que, generalmente, no es considerado en este tipo de interpretaciones.

Con respecto a la grava, el Grupo 4 reunió a aquellas muestras con más del 21,4% de tal componente (Tablas 1 y 3), a la vez que la muestra 13 quedó ubicada entre el grupo recién mencionado y la muestra 12, por presentar porcentajes similares de grava y fango (Tabla 1, Fig. 4). Cuatro muestras

(8, 13, 17 y 20) se ubican en el margen sur del estuario, en los sectores externo y medio, en las cercanías de los afloramientos de esquistos micáceos, de donde derivan estas gravas como producto de escombros de falda o deslizamientos de taludes artificiales. Tales tipos de sedimentos, al depositarse por gravedad de aguas someras, donde las corrientes tienen velocidades casi nulas, quedan prácticamente *in situ*, originando los altos valores de asimetría negativa (Tablas 1 y 3).

En el margen norte del estuario poseen grava las muestras 4, 14, 21 y 25, en porcentajes bajos, que aumentan levemente hacia el sector interno. Estas gravas derivan de la arenisca pleistocénica, cuyos afloramientos más importantes, en la ribera del estuario, se ubican justamente en el sector recién mencionado (Fig. 1).

Las arenas derivan, fundamentalmente, de la erosión de la arenisca pleistocénica, rica en componentes de origen volcánico, con algunos aportes menos importantes de los esquistos micáceos, ya que el cuarzo que es un componente principal en tales rocas, se encuentra en poca cantidad en las arenas del estuario (origina preferentemente gravas). En este caso la velocidad de la corriente efectúa una selección mineralógica basada en la forma de los granos. La muscovita, por su forma planar, se deposita sólo en lugares protegidos de aguas someras, fuera del canal de desagüe, asociada a fango y a restos orgánicos vegetales y animales. La muscovita que no es depositada en estas condiciones, es transportada en suspensión hacia los sectores más profundos de la bahía (20-30 m) donde sedimenta, constituyendo un componente importante de esos sedimentos arenosos.

Por otra parte, los altos valores de selección de las arenas del Grupo 1 (Tablas 1 y 3, Fig. 4) corresponden a los valores de tal parámetro en la arenisca pleistocénica de la que derivan, es decir, se trata de características granulométricas de primera generación, que no han sido mayormente modificadas por las características hidrológicas del estuario.

Con respecto al componente fango, este se encuentra típicamente caracterizado por la muestra 12 (Tabla 1, Fig. 1), y está presente, además, en las muestras 13, 24 y el Grupo 3 (Tabla 3, Fig. 4). Con excepción de la muestra 12, estos sedimentos corresponden a arenas fangosas. Estos sedimentos que presentan fango se ubican en zonas protegidas (muestras 12, 13 y 24) o en la parte media del

estuario, donde la acción de descarga, durante las mareas bajas, se atenúa por presentar el estuario su máximo ancho (Figs. 1 y 5). El fango proveniría, por una parte, de la erosión de los suelos agrícolas ubicados en fuertes pendientes, el que se depositaría por fluoculación en el sector medio, mientras que el fango existente en las zonas protegidas corresponderían a zonas hundidas durante el sismo de 1960.

De esta manera, el patrón de distribución y especialmente los tipos de sedimentos presentes en este estuario estarían determinados, no sólo por las ca-

racterísticas hidrológicas propias de tales cuerpos de agua, sino también por las fuentes de origen de tales sedimentos. Ambos factores se conjugarían para producir la depositación selectiva de ciertos minerales de formas planares, originados sólo en las rocas metamórficas, que constituyen el entorno del sector del estuario.

Es probable, además, que la inestabilidad sísmica de la región, con hundimientos y alzamientos de la zona costera, no sólo contribuya a la formación de ciertos tipos de sedimentos sino que sea responsable del origen del estuario del río Queule.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue parcialmente financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo,

Universidad Austral de Chile, proyectos RS-79-24 y S-80-25.

#### REFERENCIAS

- ALLEN, G. P. 1971. Relationship between grain size parameter distribution and current patterns in the Gironde estuary (France). *J. Sediment. Petrol.*, Vol. 41, No. 1, p. 74-88.
- FERNANDEZ DE REGUERA, P. 1983. Un programa para análisis en Componentes y Factores Principales. Informe Técnico No. 1. Univ. Austral, Chile, Inst. Estadística (inédito). p. Valdivia.
- FOLK, R. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publ. Co., 182 p. Austin, Texas.
- ILLIES, H. 1970. Geología de los alrededores de Valdivia y volcanismo y tectónica en márgenes del Pacífico en Chile Meridional. Univ. Austral, Chile, Inst. Geol. Geogr., 64 p. Valdivia.
- IPPEN, A. 1966. Sedimentation in estuaries. *In* Estuary and costline hydrodynamics (Ippen, A.; ed.). Mc Graw-Hill Publ. Co., p. 648-672. New York.
- KEMP, A. L.W. 1971. Organic carbon and nitrogen in the surface sediments of lakes Ontario, Erie and Huron. *J. Sediment. Petrol.*, Vol. 41, No. 2, p. 537-548.
- MILLS, A. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia*, Vol. 57, No. 1, p. 45-52.
- RASHID, M. A.; REINSON, G.E. 1979. Organic matter in surficial sediments of the Maramichi estuary, New Brunswick, Canada. *Estuarine and Coastal Mar. Sci.*, Vol. 8, No. 1, p. 23-36.
- REINSON, G. A. 1975. Geochemistry of muds from a shallow restricted estuary, Australia. *Mar. Geol.*, Vol. 19, No. 5, p. 297-314.
- SAINT AMAND, P. 1961. Observaciones e interpretación de los terremotos chilenos de 1960. Univ. Chile, Inst. Geol., Comun., No. 2, 54 p.
- SCHUBEL, J.; HAYES, M.; PRITCHARD, D. 1971. The estuarine environment; estuaries and estuarine sedimentation. *In* short Course Lecture Notes (Schubel, J.; ed.).
- VISHER, G. S.; HOWARD, J. D. 1974. Dynamic relationship between hydraulics and sedimentation in the Altamahar Estuary. *J. Sediment. Petrol.*, Vol. 44, No. 2, p. 502-521.