

# DISTRIBUCION DE LA MATERIA ORGANICA, CARBONO ORGANICO, NITROGENO ORGANICO Y FOSFORO TOTAL EN LOS SEDIMENTOS RECIENTES DE LA BAHIA DE CONCEPCION

## DISTRIBUTION OF THE ORGANIC MATTER, ORGANIC CARBON, ORGANIC NITROGEN AND TOTAL PHOSPHORUS IN RECENT SEDIMENTS OF CONCEPCION BAY

Anny Rudolph<sup>1</sup>, Ramón Ahumada<sup>2</sup> y Sergio Hernández<sup>1</sup>

### RESUMEN

La costa donde se ubica la Bahía de Concepción presenta durante parte de la primavera, verano y comienzos de otoño, condiciones meteorológicas favorables a la surgencia (Ahumada y Chuecas, 1979). Durante este periodo se ha detectado altos valores en biomasa del fitoplancton, *i.e.*,  $50 \text{ mg Cl}_2 \text{ m}^{-3}$  (Ahumada *et al.*, 1983), una biomasa de zooplancton de  $2.700 \text{ ml}/1000 \text{ m}^3$  de agua filtrada (Troncoso, comunicación personal) y una alta producción secundaria del bentos, materia orgánica de  $45 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$  para una de las especies dominantes (Carrasco y Arcos, 1980).

Existen antecedentes para creer que el afloramiento de las Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales juega un rol relevante en la sobreproducción de materia orgánica de la bahía y parte importante de ésta producción se incorpora a los sedimentos blandos, creando un ambiente reductor (Falke, 1950; Ahumada y Arcos, 1976 y Ahumada *et al.*, 1983).

El presente trabajo entrega rangos y valores del contenido de materia orgánica, carbón orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total de los sedimentos superficiales de la Bahía de Concepción. Además presenta la distribución espacial de los parámetros estudiados.

### SUMMARY

Meteorological conditions during spring, summer and early autumn in the coastal zone of Concepción Bay, are favorable for upwelling. During this period, high values of phytoplankton and zooplankton biomass and a high secondary production rate in the benthos have been reported, for Concepción Bay.

There are some evidences suggesting that upwelled Equatorial Subsurface waters may be a principal factor for a surplus of organic matter production inside the bay. An important part of this surplus production sinks to the bottom where it overlays the soft sediment, producing a reducing environment.

This paper reports concentration data of organic matter, organic carbon, organic nitrogen and total phosphorus in samples from recently deposited sediments in the Concepción Bay. The concentration values of organic carbon are high (*i.e.*, 3.5% in the central part of the Bay) when compared with values for other coastal zones (*i.e.*, 2.0% in the Guayaquil Gulf). However there are lower than those of Walvis Bay in south west Africa (*i.e.*, 25.0% of organic carbon). The spatial distribution of the studied parameters show that: 1) there is an active autogenic process of remineralization within the bay, and 2) the organic pollution has a reduced and localized effect.

### INTRODUCCION

Las bajas concentraciones de oxígeno son comunes en las aguas de fondo de fiordos o áreas semicerradas, donde el flujo de agua es restringido (Richards, 1965). Sin embargo,

existen zonas costeras abiertas, donde las condiciones anóxicas son producidas por aguas subsuperficiales que son llevadas a la superficie por procesos de surgencias (Bron-

<sup>1</sup>Departamento de Química, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano, Casilla 127, Talcahuano, Chile.

<sup>2</sup>Departamento de Biología y Tecnología del Mar, Pontificia Universidad Católica de Chile, Sede Regional Talcahuano, Casilla 127, Talcahuano, Chile.

gersma-Sanders, 1957). La condición de baja concentración de oxígeno de las aguas subsuperficiales, se produce por el efecto combinado de la demanda de oxígeno de la materia orgánica particulada en procesos de sedimentación y oxidación y por el tiempo de residencia de las aguas bajo superficie (Richards, 1977; Deuser, 1975).

La Bahía de Concepción (36°40' Lat. S; 73°02' Long. W) presenta dos aspectos interesantes en relación a la producción y oxidación de la materia orgánica.

- a) En los meses de primavera, verano y comienzo de otoño, los vientos dominantes (*i.e.*, viento del sur) son favorables a la surgencia. Durante éste período, los eventos de surgencia se desarrollan en la zona costera adyacente, detectándose una intrusión de aguas con un mínimo de oxígeno al interior de la Bahía (Ahumada y Chuecas, 1979). Además la biomasa fitoplanctónica del área ("Standing crop" 50 mg Cl<sub>a</sub> m<sup>-3</sup>), durante este período, es un orden de magnitud mayor que los valores citados por Smith (1968) para las zonas de afloramiento. Existen algunos antecedentes que permiten sugerir que parte importante de la materia orgánica producida en la zona adyacente, como en la Bahía, sedimenta y se incorpora a un proceso de descomposición en condiciones anóxicas.
- b) Durante el invierno, cesa la surgencia y la columna de agua presenta condiciones de buena oxigenación. Sin embargo, los sedimentos mantienen las condiciones anóxicas (Ahumada *et al.*, en prensa) las que pueden ser modificadas en los primeros centímetros de sedimentos por componentes de la macro-infauna en la Bahía (*i.e.*, *Nephtys ferruginea*, Hartman, 1940).

La alta concentración de materia orgánica (*i.e.*, 16%) y la presencia de sulfuros en los sedimentos de la Bahía de Concepción fue informada inicialmente por Falke (1950). Posteriormente Gallardo *et al.*, (1972) reconoce el ambiente reductor que se produce en los sedimentos y Ahumada y Arcos (1976) determinan que las causas de la mortandad de organismos marinos sería la deficiencia de oxígeno en la columna de agua y la presencia de sulfuros (condición anóxica de oxidación de la materia orgánica) en los sedimentos. A pesar de la existencia de estas condiciones poco adecuadas para la vida de los organis-

mos en los sedimentos, Carrasco y Arcos (1980) han detectado una alta productividad secundaria de 45 gm<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> peso seco libre de ceniza para *Paraprionospio pinnata*, una especie de poliqueto dominante en el bentos de la Bahía de Concepción.

Este trabajo analiza la distribución espacial de la materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total, en los sedimentos superficiales de la Bahía de Concepción, como una forma de reconocer las zonas de sedimentación orgánica en la Bahía y establece relaciones químicas entre estos parámetros.

## MATERIALES Y METODOS

El muestreo de sedimentos se realizó en 26 estaciones de la Bahía de Concepción (Figura 1) durante los días 9 y 10 de julio de 1982.

Las muestras fueron obtenidas de los primeros 20 cm. de sedimentos con una draga tipo Van Veen, posteriormente secadas a 60°C durante 12 horas y tamizadas en 35 mesh, (*i.e.*, 0.45 mm).

El contenido de materia orgánica en los sedimentos fue determinado en base seca a 110°C e ignición a 500°C en una mufla (Byers *et al.*, 1978). El resultado, fue expresado como porcentaje de materia orgánica total de la muestra.

El contenido de carbono orgánico de las muestras, fue determinado por el método de oxidación húmeda (Gaudette *et al.*, 1974) y los resultados expresados como  $\mu$ -moles de carbono/gramo de sedimento. Recientemente, Rodier and Khalil (1982) comunican que los resultados obtenidos por el método de oxidación húmeda son un 20% menores que los resultados obtenidos de la determinación hecha por un analizador CHN (*i.e.*, método de oxidación seca).

El contenido de nitrógeno orgánico de las muestras fue obtenido aplicando el método de Kjeldhal modificado por Branstreet (Walton, 1970), y expresado por  $\mu$ -moles de nitrógeno/gramo de sedimentos.

El contenido de fósforo de las muestras se determinó por el método colorimétrico (Strickland y Parsons, 1972) previa digestión de la muestra con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno. Posteriormente la muestra fue diluida 100 veces para su lectura a 885 nm. Los resultados fueron expresados en  $\mu$ -moles de fósforo/gramo de sedimento.

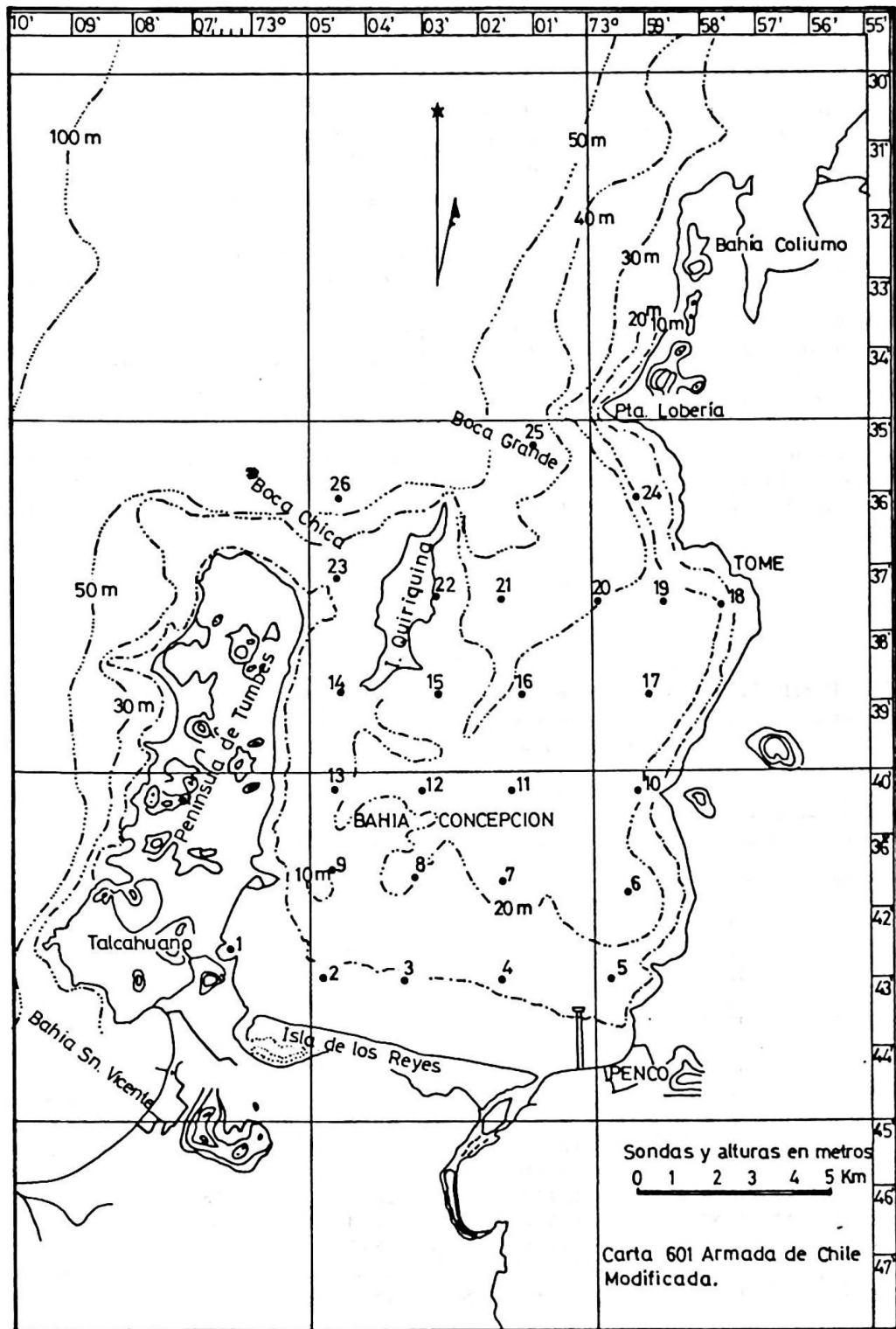


Figura 1. Ubicación de estaciones para el muestreo de sedimentos, en la Bahía de Concepción.

## RESULTADOS

Las muestras de sedimento analizadas presentan rangos de 1.16% a 16.17% de materia orgánica; 116,7 a 3.467,0  $\mu\text{mol-C/g}$  para carbono orgánico; 42,9 a 385,7  $\mu\text{mol-N/g}$  para nitrógeno y 44,9 a 369,9  $\mu\text{mol-P/g}$  para fósforo total (Tabla I).

En la distribución espacial de la materia orgánica (Figura 2), carbono orgánico (Figura 3), nitrógeno orgánico (Figura 4) y fósforo total (Figura 5), de los sedimentos, se observa que los valores más altos se encuentran en los sedimentos finos, arcillosos y de color negro que se ubican en la zona central de la Bahía. Estos valores disminuyen a medida que los sedimentos se hacen arenosos, hacia las zonas externas de la Bahía.

La Estación 1 que corresponde a la zona del Puerto de Talcahuano, difiere del com-

portamiento general en los parámetros estudiados, ya que siendo una zona costera, presenta valores altos de materia orgánica 15.16%, carbono orgánico 3.467,0  $\mu\text{mol C/g}$ , nitrógeno orgánico 321,7  $\mu\text{mol N/g}$  y fósforo total 369,9  $\mu\text{mol P/g}$  (Tabla I).

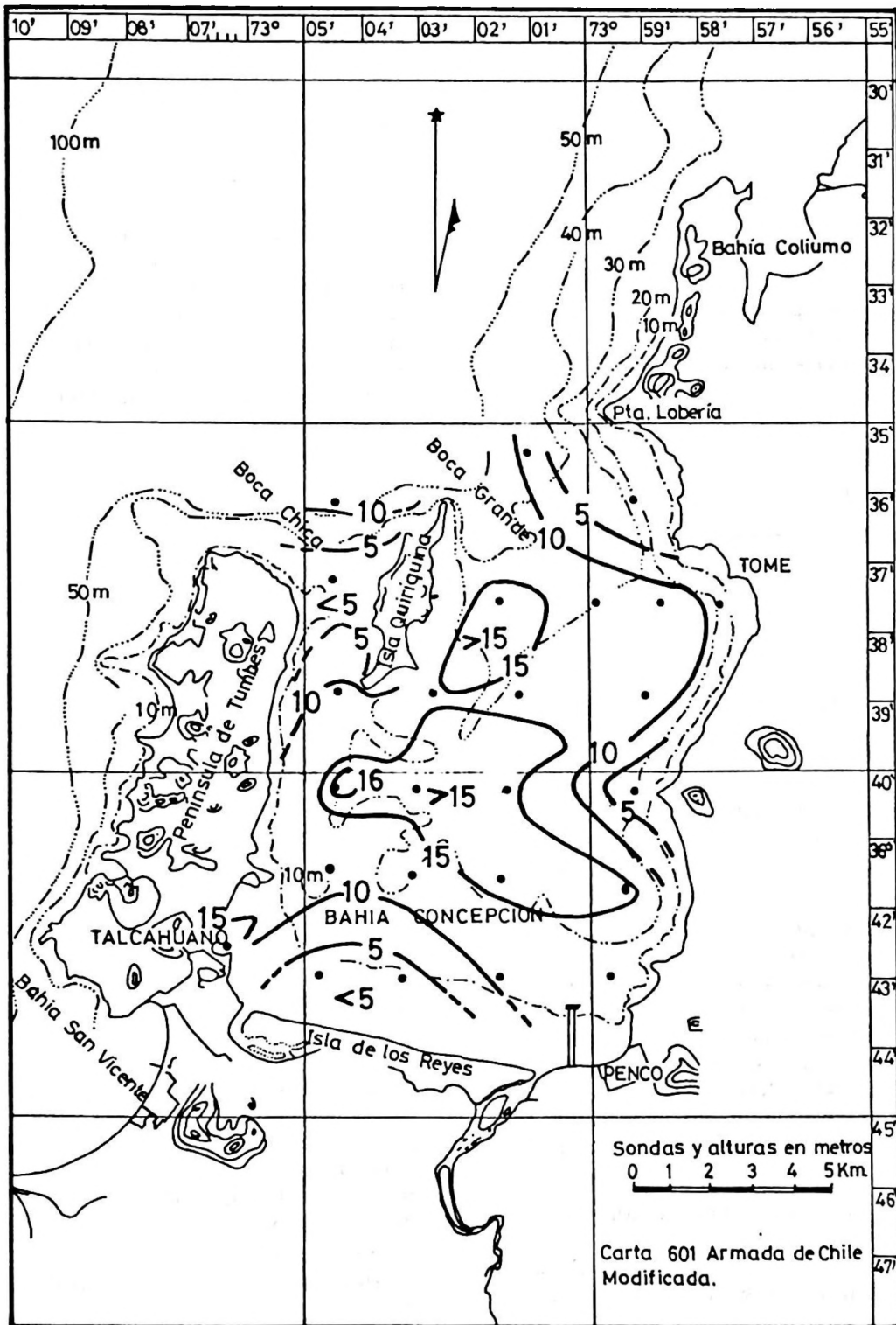
La Tabla II muestra las relaciones entre carbono, nitrógeno y fósforo en las muestras analizadas de la Bahía de Concepción. Estas muestras básicamente pueden separarse por su aspecto físico en dos grupos: a) fango negro y b) mezcla arena fango (Yañez, 1971) lo que se refleja en su contenido de carbón, nitrógeno y fósforo.

Los elementos que sufren mayores cambios durante la diagénesis del sedimento son el carbón orgánico, cuya distribución en superficie se indica en la Figura 3, el nitrógeno

TABLA I

Resultado de análisis para materia orgánica en %, carbono orgánico ( $\mu\text{mol-C/g}$ ), nitrógeno orgánico ( $\mu\text{mol-N/g}$ ) y fósforo total ( $\mu\text{mol-P/g}$ ) para sedimentos obtenidos en la Bahía de Concepción (Julio 1982)

Estación	Mat. Org. %	C. Org. ( $\mu\text{-mol/g}$ )	C. Org. ( $\mu\text{-mol/g}$ )	P. Total ( $\mu\text{-mol/g}$ )	Tipo de fondos
1	15.16	3.467,0	321.7	369.9	Fango Negro
2	1.62	200,0	42.9	127,3	Arena-fango
3	1.56	308,3	42.9	197,4	Arena-fango
4	12.02	2.200,0	142.9	107.7	Fango negro
5	12.77	2.008,0	257.1	220,3	Fango negro
6	15.17	2.908,0	264.3	220.7	Fango negro
7	15.62	2.942,0	214.3	184.0	Fango negro
8	13.48	3.067,0	114.3	125.6	Fango negro
9	12.91	2.175,0	214.3	265.1	Fango Negro
10	2.20	467,0	121.4	44.9	Arena-fango
11	15.67	3.033,0	264.3	206.7	Fango negro
12	15.95	2.908,0	250,0	216,5	Fango negro
13	16.17	2.942,0	285.7	183.6	Fango negro
14	10.87	2.458,0	221.4	380,8	Fango negro
15	14.94	2.717,0	285.7	221,5	Fango negro
16	14.74	2.908,0	228.6	146,0	Fango negro
17	14.00	2.908,0	214.3	222,3	Fango negro
18	9.03	1.333,0	200,0	161,5	Arena fango
19	14.59	2.617,0	307,0	206,7	Fango negro
20	14.11	2.808,0	321.4	201.1	Fango negro
21	15.67	3.325,0	385.7	220.7	Fango negro
22					Grava
23	1.16	116.7	42.9	83.2	Arena fango
24					Grava
25	5.35	900,0	92.9	181.1	Arena fango
26	11.82	2.000,0	237.5	213.7	Arena fango



**Figura 2.** Distribución espacial de la materia orgánica en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción, expresada como porcentaje (g de materia orgánica/100 g de sedimento).

orgánico en Figura 4, y el fósforo total indicado en Figura 5. En la Bahía de Concepción observamos que la distribución de estos parámetros en la superficie del sedimento es coincidente con la distribución de la materia orgánica.

**TABLA II**  
**Relaciones entre carbono, nitrógeno**  
**y fósforo para los sedimentos**  
**superficiales de la Bahía**  
**Concepción (Julio 1982)**

RELACION	C	N	:	P
Fango Negro	14,01	1,23		1
Mezcla Arena Fango	5,36	0,93		1

## DISCUSION

La Bahía de Concepción corresponde a una Bahía anóxica, según la clasificación de Simoneit (1978), ya que las aguas adyacentes al sedimento presentan bajas concentraciones de oxígeno durante la mayor parte del año y el sedimento es anóxico, incluso cuando la columna de agua presenta una buena oxigenación.

La época de primavera-verano y comienzos de otoño, corresponde a un período donde los vientos son favorables a la surgencia, durante este período es común observar coloraciones de las aguas, y disminución a cero en las concentraciones de nutrientes en superficie (*i.e.*,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), además de un mínimo de oxígeno en la columna de agua cercana al fondo, hasta aproximadamente los 20 metros de profundidad.

La alta productividad observada en la zona fótica (*i.e.*, MOP con valores de  $3,5 \text{ g C m}^{-3}$  (Acuña, Comunicación personal)) hace presumir una alta tasa de acumulación de sedimentos biogénicos, que al no ser aprovechados por el pelagos, se depositarían en el fondo de la Bahía (Yañez, 1971).

Los niveles de concentración de materia orgánica encontrados en los sedimentos de la bahía (Figura 2) son excepcionalmente altos y reflejarían una alta productividad. Por otra

parte, su distribución muestra una mayor acumulación en los sedimentos en el centro de la Bahía de Concepción, lo que está de acuerdo con la caracterización granulométrica realizada por Yañez (1971) y el modelo de circulación de las aguas, propuesto por Ahumada y Chuecas (1979).

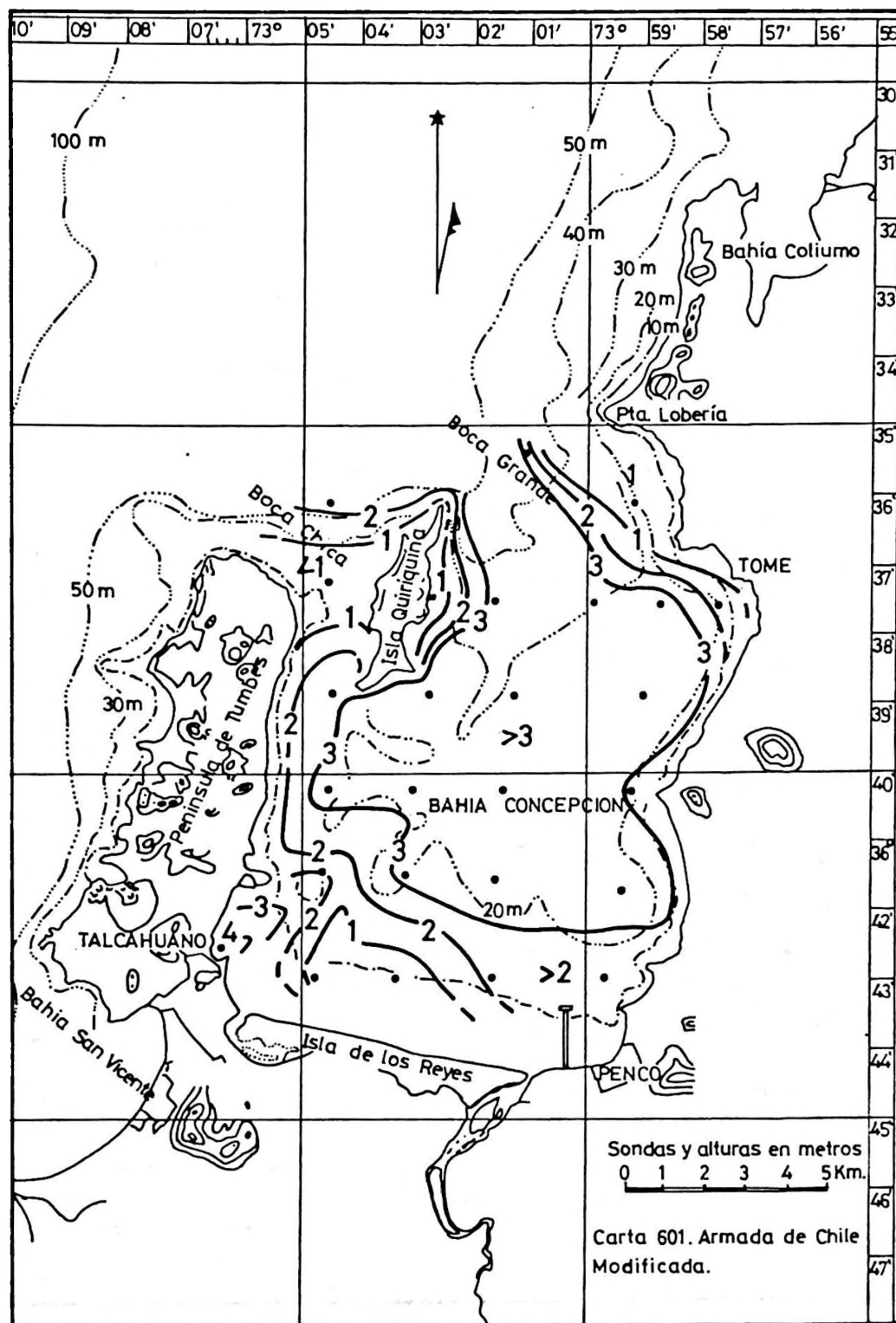
La diagénesis de los sedimentos depende de numerosos factores que se encuentran inter-relacionados, haciendo difícil atribuir algún cambio a un factor simple y único (Price, 1976). Entre estos factores se encuentran la tasa de acumulación de sedimento, la cantidad y composición de la materia orgánica y los agentes modificadores de ésta, como son los microorganismos y la biomasa metazoaria de los sedimentos.

## Carbón orgánico

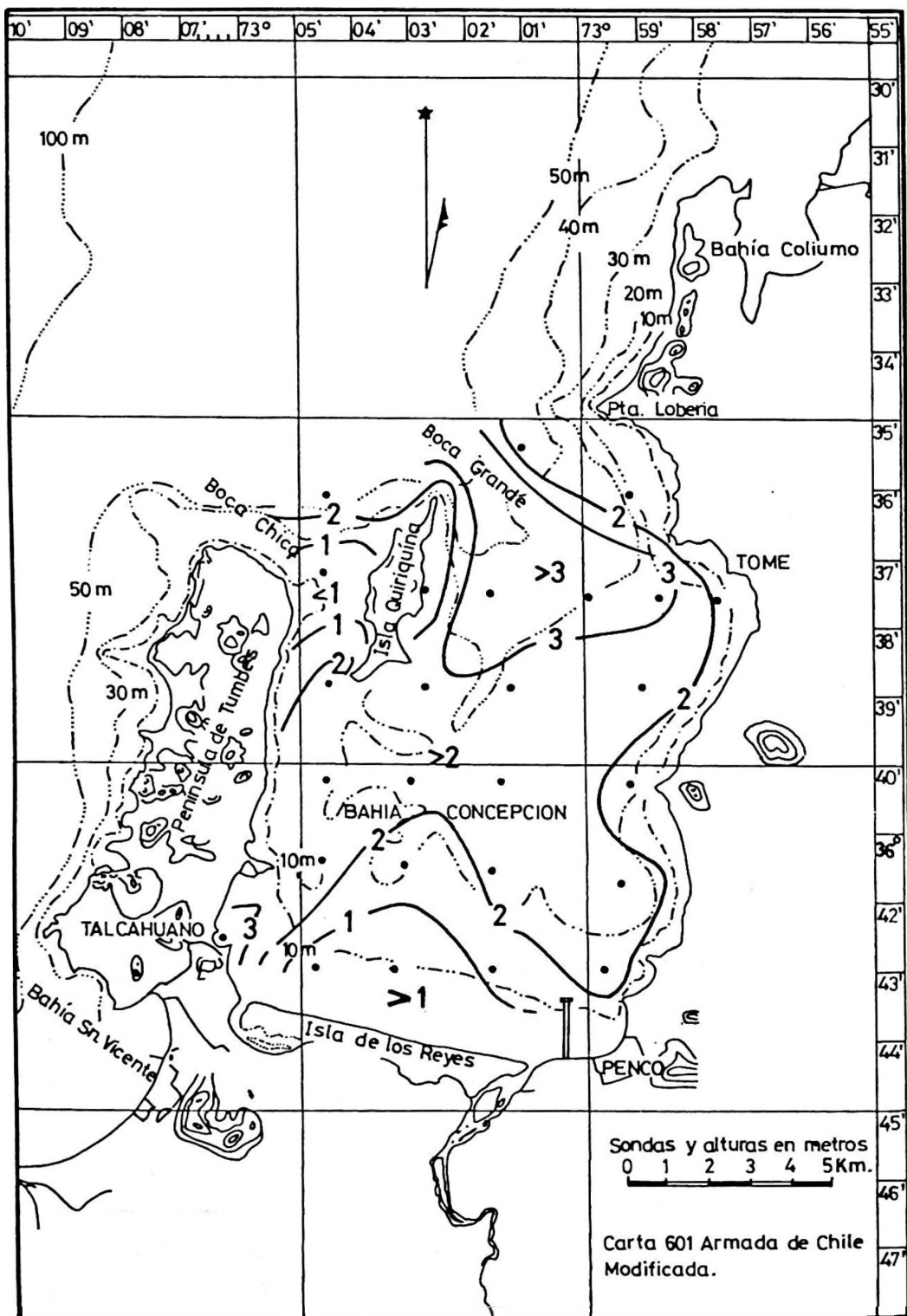
La materia orgánica de los sedimentos de la Bahía de Concepción presenta un contenido promedio de carbón orgánico de 20%, y da una proporción de 5:1, entre materia orgánica y carbono. Sin embargo, Jackson (1964), postula que la materia orgánica contiene aproximadamente un 50% de carbono, con una relación de 2:1, (Redfield *et al.*, 1963).

Las diferencias entre la relación materia orgánica/carbono orgánico observada (5:1) y la relación esperada (2:1) según Jackson (1964) podría deberse:

- i) Al método utilizado para determinar materia orgánica (pérdida por ignición). Este método incluye fracciones de materia orgánica refractaria y formas condensadas de carbono de tipo humus y humatos que no son en su totalidad estimados como carbón orgánico. Además de algunos compuestos inorgánicos volátiles como carbonatos minerales, sales de amonio, algunos grupos hidroxilos y agua, que son fuertemente absorbidos por coloides minerales (Jackson, 1964) y que pueden producir un error positivo en la estimación (Mook and Hoskin, 1982).
- ii) Pérdida de carbono orgánico durante la descomposición de los sedimentos por disminución en la concentración de sustancias orgánicas menos estables, como aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos, los cuales con los ácidos húmicos y fúlvicos, comprenden el total de constituyentes orgánicos activos en sedimentos. Los compuestos orgánicos experimentan reaccio-

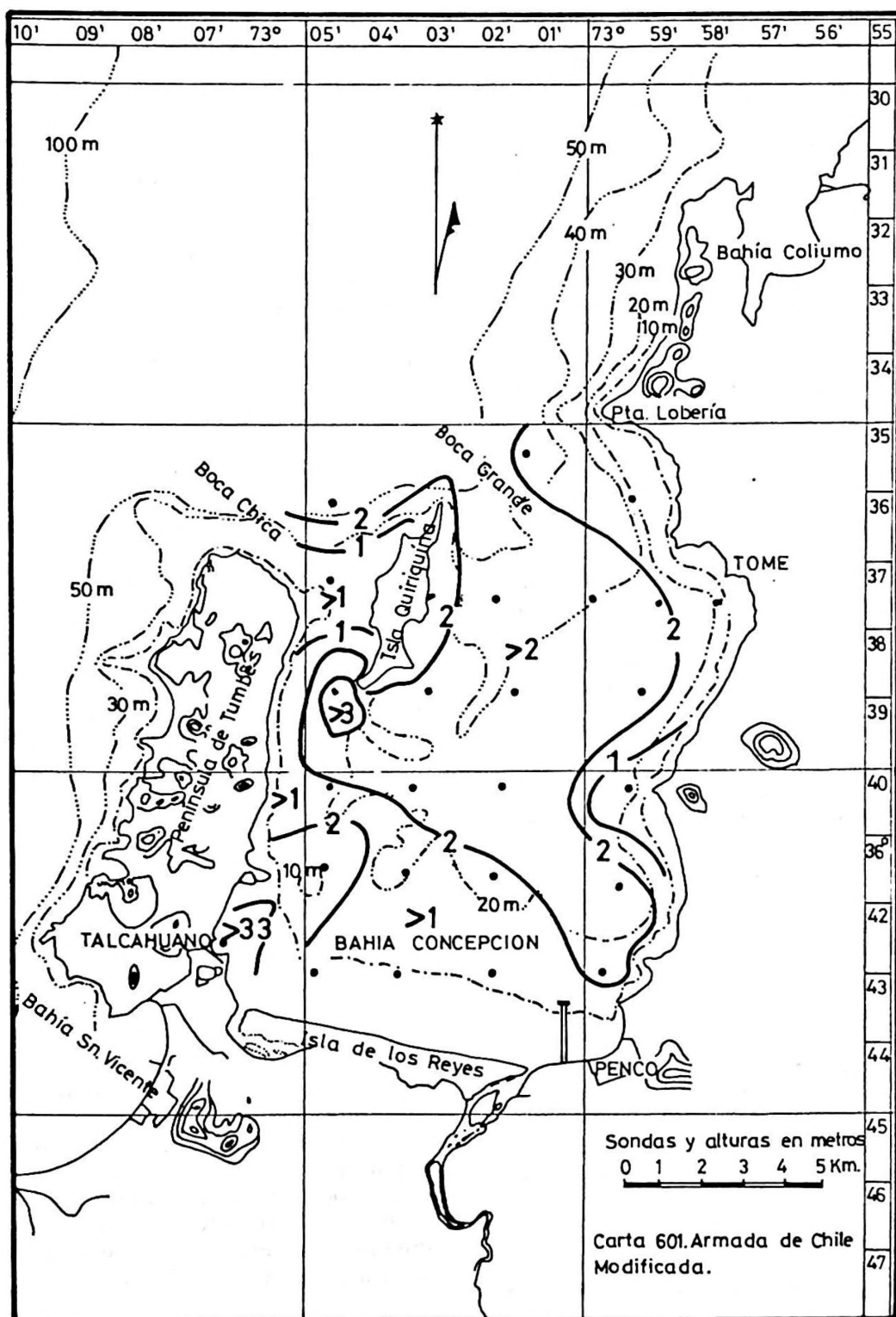


**Figura 3.** Distribución espacial de carbón orgánico en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción expresados en porcentaje.



**Figura 4.** Distribución espacial de nitrógeno orgánico en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción, expresado en  $\mu\text{mol-N/g sedimentos} \times 10^2$ .





**Figura 5.** Distribución espacial de fósforo total en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción, expresados en  $\mu\text{mol-P/g}$  sedimentos  $\times 10^2$ .

nes tales como eliminación de grupos funcionales por deaminación, descarboxilación y condensación. Además, de reacciones de isomerización, despolimerización, ciertas oxidaciones intermoleculares y reacciones de reducción, la mayoría de las cuales son irreversibles (Price, 1976).

Producto de la diagénesis del sedimento el carbón orgánico pasa al agua intersticial donde está normalmente presente a la forma de  $\text{CO}_2$  aq y  $\text{H}_2\text{CO}_3$  aq Price (1976). En los sedimentos de la parte central de la Bahía de Concepción, donde existe un alto porcentaje de materia orgánica (*i.e.*, > de 15%) y condiciones permanentemente anóxicas, las reacciones de fermentación deberían producir además de  $\text{HCO}_3^-$  aq, concentraciones medibles de  $\text{CH}_4$ .

#### Nitrógeno orgánico.

Los compuestos derivados de proteínas, juegan un papel fundamental en la producción de nitrógeno, durante la diagénesis de los sedimentos. Las reacciones de deaminación de la materia orgánica nitrogenada, se producen en presencia o ausencia de oxígeno. En ausencia de oxígeno el amoníaco se acumula en el agua intersticial, en cambio, con la presencia de oxígeno se oxida a nitritos y nitratos (Richards, 1977). Se ha observado valores mayores de  $5 \mu\text{mol-N-NH}_4^+ \text{ l}^{-1}$  en el agua cercana al fondo de la Bahía de Concepción debido a la activa diagénesis y a la ausencia de oxígeno.

#### Fósforo total.

La forma más estable del fósforo en el agua intersticial de los sedimentos marinos es el ortofosfato y se sabe que el fósforo disuelto en el agua intersticial proviene de la descomposición de la materia orgánica (Redfield, *et al.*, 1963; Richards, 1977). Se ha observado valores superiores a  $4 \mu\text{mol-de P-PO}_4^{3-} \text{ l}^{-1}$  en la columna de agua cercana al fondo de la Bahía, lo que estaría indicando una activa diagénesis del sedimento.

#### Relaciones C : N : P.

El modelo más simple de los componentes de la materia orgánica fue dado por Redfield (1958) e indica una relación C : N : P = 106 : 16 : 1. Los sedimentos ricos en materia orgánica de la Bahía de Concepción presentan una relación de 14,01 : 1,23 : 1,00 (Tabla II). Esto podría indicar que:

a) La tasa de degradación microbial de la

materia orgánica es muy alta por tratarse de aguas de poca profundidad.

b) Durante el proceso de sedimentación la materia orgánica particulada es oxidada y degradada rápidamente en la columna de agua en presencia de oxígeno. En cambio, en condiciones subóxicas y anóxicas, el proceso de oxidación es más lento. En condiciones subóxicas los agentes oxidantes de la materia orgánica de los sedimentos podrían ser  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  o  $\text{FeOOH}$  (Frölich, 1979) y en estas condiciones el carbono orgánico es liberado como  $\text{CO}_2$ , el nitrógeno como  $\text{N}_2$  y/o  $\text{NH}_3$  y el fósforo acumulado en el agua intersticial como fosfato. El sedimento rico en materia orgánica da lugar a un medio anóxico, en el cual la acción oxidante de los sulfatos sobre la materia orgánica conduce a la formación de productos de bajo peso molecular como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Estos sedimentos pueden experimentar reacciones de fermentación, donde se producen reacciones de doble descomposición y los productos de la reacción debería ser  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$  (Fenchel, 1969; Richards, 1977).

Estos procesos hacen disminuir en un orden de magnitud la relación C : N en el sedimento además de permitir que las sustancias puedan migrar a la superficie del sedimento, y/o pasar al agua intersticial (Fonselius, 1969).

La Estación I que está ubicada en la cabeza de la bahía, cerca del Puerto de Talcahuano, presenta un comportamiento diferente. El sedimento es muy fino y corresponde a fango reductor con fuerte olor a sulfuros, con valores altos de materia orgánica (*i.e.* > 15%), carbón orgánico (*i.e.* de  $3.467,0 \mu\text{mol-C/g}$ ) nitrógeno orgánico (*i.e.*  $32,7 \mu\text{mol-N/g}$ ) y fósforo (*i.e.*  $369,9 \mu\text{mol-P/g}$ ) lo que parece indicar que soporta un activo proceso de eutrofización. Sin embargo, estas condiciones comparadas con la distribución general en la bahía, indicarían que la contaminación producida por los efluentes de la ciudad de Talcahuano y las faenas portuarias esta restringida a un área muy localizada.

#### CONCLUSIONES

1. La Bahía de Concepción presenta un alto contenido de materia orgánica, carbón orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total en sus sedimentos. Los valores absolutos de materia orgánica y carbón orgánico si-

- túan a la Bahía de Concepción como un área costera con altas concentraciones, (*i.e.*, las concentraciones máximas de carbón orgánico encontrado por Rowe (1977) en el Golfo de Guayaquil fue menos de 1% en la plataforma continental y menos de 2% en el estuario). Sin embargo, si se compara con el máximo excepcional costero conocido, (*i.e.*, Walvis Bay con 25% de carbón orgánico (Calbert, 1976)), aparece como un punto medio.
2. Las altas concentraciones y la distribución espacial de los componentes químicos estudiados en la Bahía, insinúan activos procesos autogénicos de remineralización natural. Los aportes de materia orgánica serían el resultado de una sobreproducción del proceso de surgencia.
  3. Los procesos de contaminación orgánica producida por los efluentes de la ciudad de Talcahuano y la actividad portuaria, se traducen en procesos de eutrofización que afectan a los sedimentos en forma localizada y focal. Esta misma situación puede apreciarse en el vertedero de la marisma de Rocuant, ubicada en la cabeza de la Bahía (Isla de los Reyes).

#### AGRADECIMIENTOS

*Esta investigación fue financiada por la Dirección de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DIUC) y forma parte de los resultados del Proyecto N° 177182.*

*Nuestros agradecimientos a los Señores Victorino Martínez M. y Alejandro Costa F., por la obtención de muestras, al Dr. Eduardo Tarifeño S., por la lectura crítica del manuscrito, así como también a la Sra. Nelly Faúndez y Srta. Eliana Figueroa A., por la transcripción dactilográfica.*

#### REFERENCIAS

- AHUMADA, R y D. ARCOS. 1976. Descripción de un fenómeno de varada y mortandad de peces en la Bahía de Concepción, Chile. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur*, 5: 101-111.
- AHUMADA, R. y L. CHUECAS. 1979. Algunas condiciones hidrográficas estacionales de la Bahía de Concepción y áreas adyacentes. *Gayana Miscelánea* 8: 1-56.
- AHUMADA, R. A. RUDOLPH y V. MARTÍNEZ. 1983. Circulation and fertility of waters in Concepción Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol 16: 95-105.
- AHUMADA, R. MORALES, A. RUDOLPH y P. MATRAI. 1984. Efectos del Afloramiento Costero en la diagénesis temprana de los sedimentos de la Bahía de Concepción, Chile. *Bol. Soc. Biol. Concepción*, 55; (En prensa).
- BRONGERSMA-SANDERS, M. 1957. Mass mortality in the sea., pp 941-1010. *In: J. Hedgpeth (ed.), Treatise on Marine Ecology and Paleocology*. Memoir 67. Geol. Soc. América. Washington.
- BYERSCHIL, C.E.L. MILLS and P.L. STEWARD. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia* 58(1): 43-47.
- CALVERT, S.E. 1976. Mineralogy and geochemistry of near shore sediments, pp 187-271. *In: J.P. Riley and R. Chester (ed.), Chemical Oceanography* 2 nd. ed., V. 6 Academic Press, London.
- CARRASCO, F. y D. ARCOS. 1980. Estimación de la producción secundaria de *Paraprinospio pinnata* (Espinidae Polichaeta), frente a la Bahía de Concepción Chile. *Bolm. Inst. Oceanogr.*; S. Paulo 29(2): 245-248.
- DEUSER, G.W. 1975. Reducing Environments, pp 1-35. *In: J.P. Riley and G. Skirrow (ed.), Chemical Oceanography*, 2 nd. ed., V. 3. Academic Press, London.
- FALKE, H. 1950. Das Fischsterben in der Bucht von Concepción (MittelChile). *Senckenbergiana*. 31: 57-77.
- FONSELIUS, S.H. 1969 Hydrography of the Baltic deep basins III. Fishery Board of Sweden, Series Hydrography, Report nr 23: 1-97.
- FRÖELICH P., P. KLINKHAMMER, L. BENDER, N. LUEDIKE, G. HEATH, D. CULLING, P. DAUPHIN, D. HAMMOND, B. HARTMAN, V. MAYNARD. 1979. Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the eastern Equatorial Atlantic: suboxic diagenesis. *Geochim. Cosmochim. Acta* 43(7): 1075-1089.
- FENCHEL, T. 1969. The ecology of marine microbenthos IV. Structure and function of the benthic ecosystem, its chemical and physical factors and the microfauna communities with special reference to the ciliated protozoa. *Ophelia* 6: 2-182.
- GALLARDO, A., G. CASTILLO y A. YAÑEZ. 1972. Algunas consideraciones preliminares sobre la ecología bentónica de los fondos sublitorales blandos en la Bahía de Concepción. *Bol. Soc. Biol. de Concepción*. 46: 169-190.
- GAUDETTE, H., N. FLIGHT, L. TONER and D. FOLGER. 1974. An inexpensive titration methods for the determination of organic carbon in recent sediments. *Jour. Sed. Petrology*. 44(1): 249-253.

- JACKSON, M.L. 1964. Análisis químico de suelos. Editorial Omega, S.A. Barcelona. 662 pp.
- MOOK, D. and CH. HOSKIN. 1982. Organic determination by ignition: Caution advised. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 15: 697-699.
- PRICE, B. 1976. Chemical diagenesis in sediments, pp 1-51. *In*: J.P. Riley and R. Chester (ed), *Chemical Oceanography* 2nd. ed., v.6. Academic Press, London.
- REDFIELD, A.C. 1958. The biological control of chemical factors in the environments. *Amer. Sci.*, 46: 205-221.
- REDFIELD, A.C., B.H. KETCHUM and F.A. RICHARDS. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater, pp 26-77. *In*: M.N. Hill ed.), *The Sea*, vol 2. Interscience Publishers, New York.
- RICHARDS, F.A. 1965. Anoxic Versus Oxidic environments. 201-217 pp. *In*: J.P. Riley and G. Skirrow (eds), *Chemical oceanography* v.1 Academic Press, London.
- RICHARDS, F.A. 1977. Marine Areas of Anomalous Chemistry Resulting from Oxygen Deficiencies. 197-128 pp. *In*: Neil R. Andersen and Bernard J. Zahuranc. (eds) *Oceanic Sound Scattering prediction*. *Mar Science* 5. Plenum Press. New York.
- RODIER, L. and M.M. KHALIL. 1982. Fatty Acids in Recent Sediments in the St. Lawrence Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 15: 473-482.
- ROWE, T. GILBERT, T. 1977. Los ciclos del nitrógeno y carbono en los sedimentos del Golfo de Guayaquil. *CUEA Newsletter* 7(1): 31-42.
- SIMONEIT, B. 1978. The organic chemistry of marine sediments, pp 234-311. *In*: J.P. Riley and R. Chester (ed.), *Chemical Oceanography*. 2nd. ed., v.7. Academic Press, London.
- SMITH, R.L. 1968. Upwelling, pp 11-46. *In*: H.B. Barnes (ed.), *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, G. Allen and Unwin Ltd., London.
- STRICKLAND J.D.H. and T.R. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd.*, Canada. 167, 2 nd. Edition, 310 pp.
- WALTON, H.F. 1970. Principios y métodos de análisis químico. Editorial Reverte Mexicana, S.A. México D.F. 225 pp.
- YAÑEZ, A. 1971. Estudio prospectivo cuali y cuantitativo de la macrofauna bentónica del sublitoral de la Bahía de Concepción-Chile. Tesis para optar al título de Licenciado en Biología, Universidad de Concepción, Departamento de Zoología, 373 pp.