



REMINERALIZACIÓN Y ACUMULACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN SEDIMENTOS MARINOS RECIENTES-BAHÍA CONCEPCIÓN, CHILE.

Laura Farías¹

Desde hace mucho tiempo, hidrobiólogos, oceanógrafos y geólogos han reconocido que los sedimentos marinos, ubicados por debajo de una capa oxidada de espesor variable, son ambientes reductores. Estos ambientes presentan una amplia distribución, siendo posible encontrarlos desde regiones tropicales a polares, en áreas costeras y fuera de la plataforma continental y tanto en sedimentos fangosos como arenosos.

Las dimensiones de este sistema y su actividad i.e., entrada, flujo de energía, reciclaje y preservación de compuestos orgánicos, han hecho que se lo considere como uno de los de mayor relevancia en el ambiente marino.

La materia orgánica que se deposita en el fondo marino costero puede oxidarse y reciclarse a través de procesos de intercambio en la interfase agua sedimento o volverse un componente permanente de estos depósitos sedimentarios (1).

El grado en que los sedimentos de Bahía Concepción puede reciclar o retener compuestos orgánicos es cuantificado a partir de dos aproximaciones:

1.- Un modelo de diagénesis sobre la distribución vertical de carbono orgánico y nitrógeno total en la columna de sedimento (2).

En términos generales, la materia orgánica sedimentaria G_0 puede considerarse compuesta de dos fracciones: una fracción metabolizable G_m que es reciclada, y una fracción residual o refractaria G_{ro} que es acumulada(2).

De este modo, el porcentaje de remineralización puede calcularse como:

$$\% \text{ Rem.} = \frac{G_0 - G_{ro}}{G_0}$$

2.- En estado estacionario, la cantidad de un componente que entra a un sistema J_{in} puede aproximarse a la suma de la cantidad perdida (reciclada) J_{out} y retenida (acumulada) J_{bur} por el sistema(1):

$$J_{in} = J_{out} + J_{bur}$$

Considerando el flujo estacional de partículas y elementos orgánicos asociados a los sedimentos de Bahía Concepción (medidos con trampas de sedimento) y la pérdida de compuestos orgánicos via acumulación y preservación, el porcentaje de remineralización puede expresarse como:

$$\% \text{ Rem.} = J_{out} / J_{in}$$

¹Universidad de Concepción
Departamento de Oceanografía
Casilla 2407-10. Concepción.

Estos resultados no sólo indican que el carbono es de 1.5 a 1.3 veces más refractario que el nitrógeno, sino que la Estación 2, localizada en el centro de la bahía, está acumulando mayores concentraciones de elementos orgánicos; probablemente a que se ubica en un sitio más resguardado e interno, donde se produciría una depositación preferencial de la materia orgánica producida en la columna de agua.

La segunda aproximación para estimar el grado en que los sedimentos marinos pueden retener o reciclar compuestos orgánicos es a través de medidas directas de la depositación de compuestos orgánicos particulados sobre los sedimentos (J_{in}).

Los patrones estacionales de depositación del material recolectado muestran una máxima contribución del orden de 18-40 $gm^{-2} día^{-1}$, durante el período invernal. En los meses estivales, el flujo total de material particulado disminuye significativamente (ca., 4 $g m^{-2} día^{-1}$). No obstante la fracción orgánica y la concentración de carbono y nitrógeno aumentan durante el período estival, que coincide con eventos de surgencia costera que aumentan las fertilidad de estas aguas (3). De este modo, las altas tasas de producción primaria coinciden con altas tasas de depositación de detritos orgánicos a la superficie de los sedimentos.

El mayor obstáculo para esta estimación está asociado a medición del ingreso de materia orgánica lábil a la superficie de los sedimentos, debido a que la resuspensión de sedimentos del fondo pueden aportar gran cantidad de material a las trampas de sedimentos. Este aporte de material litogénico confunden la señal del flujo vertical primario desde las aguas superficiales (6).

En consecuencia, los flujos de carbono y nitrógeno particulado (Tabla II) fueron corregidos por la eficiencia de recolección de las trampas y

la magnitud de la resuspensión observada al interior de la bahía durante períodos de alta energía asociados a fuertes tormentas invernales, usando $^{210}Pb_{xs}$.

Los porcentaje de remineralización de carbono y nitrógeno calculados a través de este balance de masa son presentados en la Tabla I, los cuales son semejantes a los encontrados por la aproximación diagenética. La alta fracción de nitrógeno que está siendo regenerado, principalmente como NH_4^+ , reproduce una baja fracción residual, que está siendo acumulada del orden del 30 %. Sin embargo, la fracción de carbono refractaria es relativamente alta (43-63 %).

El tamaño de esta fracción está ampliamente regulada por la tasa de sedimentación (7) y la naturaleza, origen y reactividad geoquímica del material que ingresa a los sedimentos (8). La acumulación de carbono orgánico en sedimentos marinos es ca., 10 % del aporte anual total en todas las áreas, excepto aquellas donde los sedimentos son básicamente de origen terrígeno.

En ambientes sedimentarios como estuarios, lagunas costeras y deltas, la rápida depositación asociada a la alta dinámica sedimentaria incrementa la preservación de la materia orgánica. Además, la materia orgánica acumulada puede derivarse de suelos viejos o depósitos turbidíticos que fueron erosionados durante la secuencia transgresiva del nivel del mar (9)

Al menos en los últimos 150 años de depositación, los sedimentos de Bahía Concepción muestran una clara influencia oceánica, a pesar de ubicación litoral. Esto es respaldado por las relaciones estequiométricas C/N, que son de naturaleza planctónica, y la magnitud de la tasa de sedimentación encontrada.

$$\% \text{ Rem.} = \frac{J_{in} - J_{bur}}{J_{in}}$$

La Bahía Concepción (30° 40' S; 73° 02' W) es un área restringida de ca. 170.4 km² y profundidad somera (45 m máxima), la cual ha sido descrita como un sistema litoral, semicerrado y marginal, pero acoplada a un sistema de surgencia costera (3). Los sedimentos de la bahía son fangos reductores, ricos en materia orgánica (12-18 %). El agua intersticial exhibe una composición típica de ambientes reductores, donde la sulfato reducción es evidente (4).

Datación de estos sedimentos con ²¹⁰Pb indican una tasa de sedimentación de ca. 0.13 cm año⁻¹ (5).

Materiales y Métodos.

El estudio se llevó a cabo en dos estaciones ubicadas en la Bahía Concepción: la Estación 1, ubicada en la boca de la bahía y la Estación 2, localizada en el centro de la misma. Las muestras analizadas se colectaron en diversos cruceros realizados durante 1991-1993. En cada oportunidad se obtuvieron muestras de sedimentos intactos (Gravity Core) y se instalaron trampas de sedimento.

Posteriormente, los testigos de sedimentos fueron seccionados y la porosidad, densidad, Eh, contenido orgánico, nitrógeno total, carbono orgánico y ²¹⁰Pb, de cada sección fue determinada. Paralelamente, el contenido de los vasos colectores de la trampa fue submuestreado y destinado a distintos análisis (eg., peso seco, materia orgánica, nitrógeno y carbono particulado, ²¹⁰Pb).

Resultados y Discusiones.

Los sedimentos de las estaciones estudiadas se caracterizaron por la presencia de fangos (80 % de limo-arcillas), altamente porosos (0.90-0.74) y con elevados porcentajes de materia orgánica

(12-18 %). Los mismos se mostraron reductores (Eh < -100 mV) desde los primeros milímetros de profundidad.

La distribución de carbono orgánico y nitrógeno total en los 50 cm superiores de la columna de sedimento se observan en la Figura 1. El carbono orgánico varía entre 2.55-1.24 (Estación 1) y 3.16-2.13 % (Estación 2). El nitrógeno total muestra un rango de variación para las Estaciones 1 y 2 de 0.25-0.08 y 0.36-0.18 %.

La distribución vertical del exceso de ²¹⁰Pb en la columna de sedimento es mostrada en la Figura 2. A partir de dichos perfiles se calculó una tasa de acumulación de sedimentos (W) por debajo de la zona de bioperturbación de 0.15 g cm⁻² año⁻¹, la cual es equivalente a una tasa de sedimentación de 0.18 cm año⁻¹, considerando la densidad y porosidad media.

La tasa de acumulación de carbono y nitrógeno por debajo de la zona de remineralización activa puede calcularse como W*G₀₀. Similarmente, el flujo de compuestos orgánicos a la interface agua-sedimento puede estimarse como W*G₀. Por lo tanto, la fracción reciclada es igual a la diferencia entre la concentración total en la superficie de los sedimentos y la concentración de dichos compuestos en profundidad :

$$G_m = G_0 - G_{00}$$

En la Tabla I se presentan los porcentajes de remineralización y acumulación de carbono y nitrógeno. Los resultados muestran que aproximadamente entre el 57 y 37 % del carbono orgánico que alcanza los sedimentos en las Estaciones 1 y 2, respectivamente, es remineralizado a los 50 cm de profundidad. El porcentaje de remineralización del nitrógeno para las Estaciones 1 y 2 varía entre un 66-56 %.

Referencias

- 1.- Klump, J.V. and C.S. Martens. 1987. Biogeochemical cycling in an organic-rich coastal marine basin. 5. Sedimentary nitrogen and phosphorus. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51: 1161-1173.
- 2.- Berner, R.A. 1980. Early diagenesis: a theoretical approach. Princeton University Press. 421 pp.
- 3.- Ahumada R. A. Rudolph and V. Martínez. 1983. Circulation and fertility of waters in Concepcion Bay. *Est. Coastal Shelf Sci.*, 16:95-105.
- 4.- Farías, L. y M.A. Salamanca. 1990. Distribución vertical de sulfatos, cloruros y amonio en el agua intersticial de Bahía de Concepción. *Cienc. Tec. Mar, CONA*, 14:33-44
- 5.- Salamanca, M.A.. 1988. ^{210}Pb and trace metal distribution in Concepcion Bay sediments, Chile. M Sc. Thesis. Marine Sciences Research Center. State University of New York, 123 pp.
- 6.- Farías, L, M.Salamanca y L. Chuecas. 1994. Variaciones estacionales del flujo de partículas y compuestos orgánicos asociados a la interfase agua-sedimento de Bahía de Concepción. *Enviado Cienc. Tec. Mar, CONA*.
- 7.- Muller, P. and E. Suess. 1979. Productivity, sedimentation rate and sedimentary organic matter in the oceans- I. Organic carbon preservation. *Deep-Sea Res.*, 26:1347-1363.
- 8.- Burdige, D.J. 1991. The kinetics of organic matter mineralization in anoxic marine sediments. *J. Mar. Res.*, 49:727-761.
- 9.- Turekian, K.K., G. J. Benoit and L.K. Benninger. 1989. The mean residence time of planktonic-derived carbon in Long Island Sound sediment core: A correction. *Est. Coastal Mar. Sci.*, 11:583-592.

Tabla I. Porcentajes de remineralización y acumulación de carbono y nitrógeno, calculados a partir de un modelo diagenético (1) y un balance de masa (2) en sedimentos de Bahía Concepción.

	Remineralización (%)	Acumulación (%)
CARBONO		
Estación 1	57.2 ¹	42.8
	55.1 ²	44.9
Estación 2	37.7 ¹	62.3
	47.5 ²	52.5
NITROGENO		
Estación 1	66.3 ¹	33.7
	71 ²	29
Estación 2	56.5 ¹	43.5
	61.9 ²	38.1

$$1. - \frac{G_o - G_{oo}}{G_o}$$

$$2. - \frac{J_{in} - J_{bur}}{J_{in}}$$

Tabla II. Flujos anuales promedios de carbono y nitrógeno orgánico particulado a la interfase agua-sedimento.

	Carbono	Nitrogeno
<u>Estacion 1</u>		
Período de mezcla (g m ⁻² 0.43 año ⁻¹)	32.95±1.31 (20.59±0.81)	4.07±0.38 (2.54±0.23)
Período surgencia (g m ⁻² 0.57 año ⁻¹)	68.15±18.22 (42.59±11.38)	10.25±1.72 (6.41±1.07)
Promedio anual (g m ⁻² año ⁻¹)	110.1±18.26 (68.81±11.41)	14.32±1.76 (8.95±1.1)
<u>Estación 2</u>		
Período de mezcla* (g m ⁻² 0.43 año ⁻¹)	49.23±1.35 (30.76±0.84)	6.08±1.31 (3.80±0.81)
Período surgencia (g m ⁻² 0.57 año ⁻¹)	146.42±34.84 (91.51±21.77)	23.57±2.61 (14.73±1.63)
Promedio anual (g m ⁻² año ⁻¹)	195.65±34.86 (122.28±18.91)	29.65±2.92 (18.53±1.82)

- * Los períodos de mezcla vertical corresponden a meses invernales y están corregidos para la resuspension
- ** Los valores en parentesis están corregidos a la eficiencia de recolección de las trampas
- *** Los valores se expresan como media±error estandar.

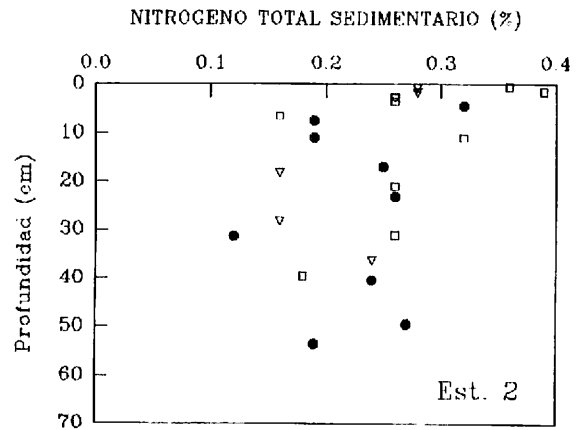
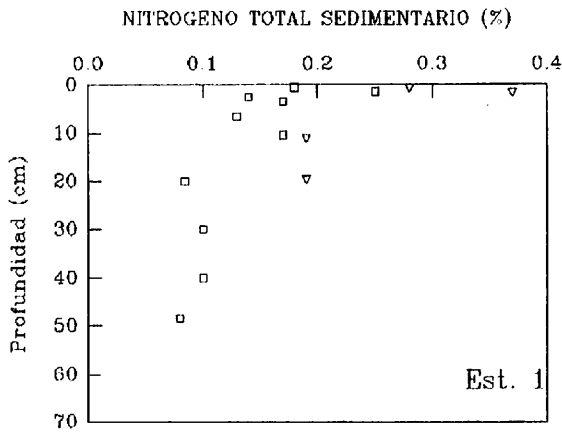
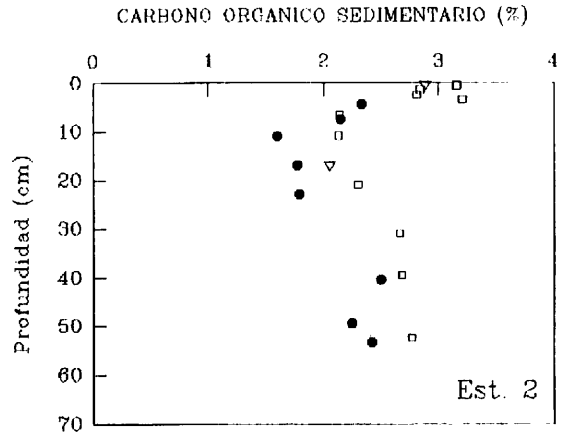
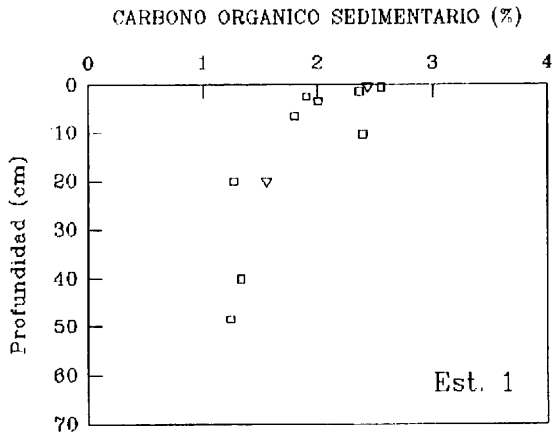


Figura 1.- Distribución vertical de carbono orgánico y nitrógeno total en las Estaciones 1 y 2, durante diferentes muestreos (● Julio, 1992; □ Mayo, 1993; △ Diciembre, 1993)

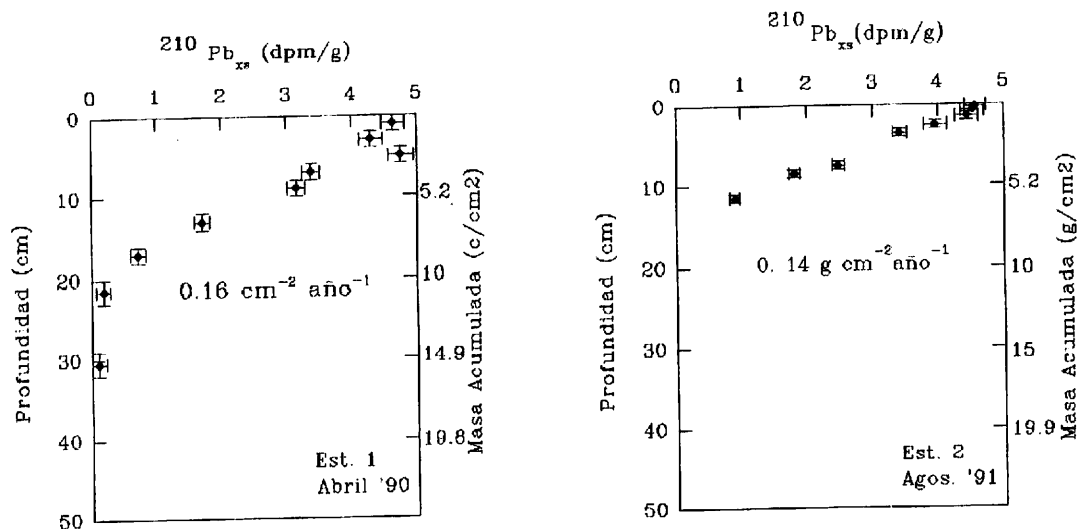


Figura 2.- Distribución vertical del exceso de ^{210}Pb (dpm g^{-1}), para las Estaciones 1 y 2. Los 50 cm superiores de la columna de sedimento contienen aproximadamente un 80 % de limo-arcillas y están acumulando a una tasa de ca. $0.15 \text{ g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$.