

VARIACION ESTACIONAL DE LAS DIVERSAS FORMAS DE NITROGENO EN EL GOLFO DE CARIACO, VENEZUELA

JOSÉ BENÍTEZ-ALVAREZ & TAIZO OKUDA

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: De las observaciones realizadas por el Departamento de Oceanografía Química, del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente, desde 1972 hasta 1975, a la entrada y cuenca central del Golfo de Cariaco, se determinaron las variaciones verticales y estacionales de las diferentes formas de nitrógeno orgánico e inorgánico. El nitrógeno inorgánico varió característicamente entre los períodos de renovación y estancamiento del agua en el golfo, reflejando el desarrollo de procesos bioquímicos (nitrificación, desnitrificación y sulfatorreducción). Verticalmente el nitrógeno inorgánico varió más que el nitrógeno orgánico. Las variaciones estacionales del nitrógeno orgánico muestran que la forma disuelta fue predominante con excepción del período comprendido desde agosto de 1972 a junio de 1973 cuando la forma particulada en algunas ocasiones presentó valores más altos que la fracción disuelta. En las capas superiores (0—40 m) predomina el nitrógeno orgánico y por debajo de 50 m prevalece el nitrógeno inorgánico, siendo el nitrato el más abundante durante la renovación, mientras que el amonio lo fue en el período del estancamiento. El influjo de las aguas subsuperficiales desde la Fosa de Cariaco hacia el golfo, favorece mucho la fertilización del mismo.

ABSTRACT: The vertical and seasonal variations of the different forms of inorganic and organic nitrogen were studied based on observations carried out from 1972 to 1975 at the entrance and central basin in the Gulf of Cariaco by the Department of Chemical Oceanography, Instituto Oceanográfico Universidad de Oriente. Characteristic seasonal variations of the organic nitrogen were observed between the periods of renewal and stagnation of the waters in the gulf. These variations are attributed to a cyclic change of biochemical processes (nitrification, denitrification and reduction of sulfate) which take place mainly during the periods of water renewal and stagnation. Regarding seasonal changes of the biochemical processes, the inorganic nitrogen varied vertically more than the organic nitrogen. In the seasonal variation of the organic nitrogen, the dissolved form was dominant with the exception of the period from August 1972 to June 1973, when the particulate form showed occasionally higher values than the dissolved form. In the vertical distribution of the nitrogen (inorganic and organic forms), the organic nitrogen was dominant in the upper layers (0—40 m), while in the layers below 50 m, the concentrations of inorganic nitrogen were higher than those of the organic nitrogen. In these deep layers, the nitrate was more abundant during the period of water renewal and ammonia was dominant during the period of water stagnation. A sub-surface inflow from the Cariaco Basin may contribute significantly to the nutrient enrichment of the Gulf Cariaco.

INTRODUCCION

Se considera que la alta productividad orgánica en el Golfo de Cariaco se debe a la surgencia, la cual está estrictamente relacionada con el régimen de los vientos alisios; especialmente durante su período de mayor intensidad, con dirección E-NE, que provoca la salida de las aguas superficiales del golfo, donde los nutrientes han sido ago-

tados y el flujo de las aguas subsuperficiales desde la Fosa de Cariaco penetra hacia las capas intermedias y profundas del golfo y las cuales tienen una elevada concentración de nutrientes.

Como se ha descrito (RICHARDS, 1960, GADE 1961, BENITEZ 1974, OKUDA *et al* 1978-a-b), en las capas profundas del Golfo de Cariaco, eventualmente pueden encon-

trare aguas anóxicas, siendo la distribución del nitrógeno inorgánico una de las características más interesantes en relación con el desarrollo de esa condición anóxica. Esta condición se ha observado cuando los vientos alisios soplan con menor intensidad. Durante esa época se desarrollan procesos bioquímicos muy interesantes, principalmente en la parte más profunda (60-80 m). RICHARDS (1960), KATO (1961), BENITEZ (1974) & OKUDA *et al.* (1978-b) reportaron la distribución vertical de nitrógeno inorgánico en el Golfo de Cariaco. BENITEZ (1974) reportó la distribución vertical del nitrógeno orgánico total en el golfo de una forma muy somera.

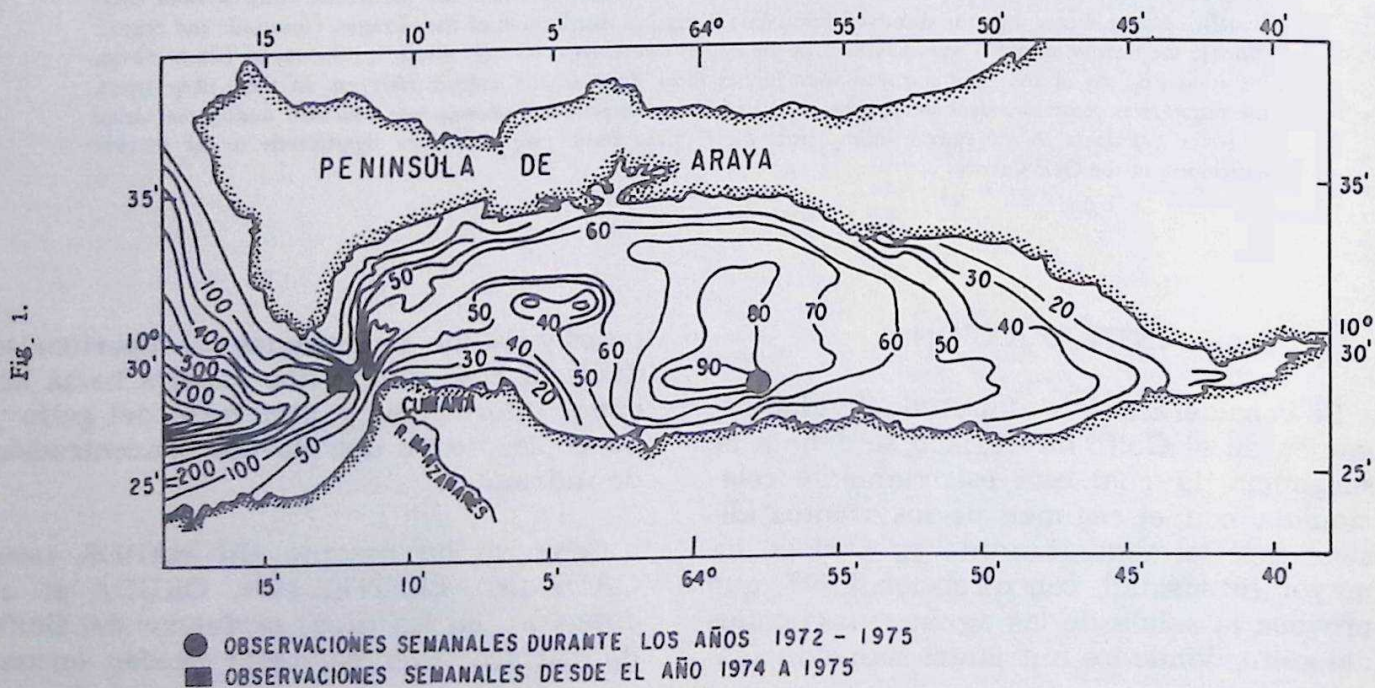
La finalidad de este trabajo es presentar una descripción de la distribución vertical y estacional de nitrógeno orgánico e inorgánico en el Golfo de Cariaco, basado en las observaciones semanales realizadas desde 1972 a 1975.

DESCRIPCION DEL AREA ESTUDIADA

El Golfo de Cariaco (Fig. 1) está situado en la región nororiental de Venezuela entre los 10° 25' y 10° 35' de Lat. N, y los 63° 40' y

64° 13' de Long. W al Este de la Fosa de Cariaco. Presenta comunicación con el Mar Caribe a través de su boca al oeste. Tiene aproximadamente 62 km de longitud y una anchura máxima de 15 km. Su entrada tiene solamente 5,5 km de ancho. El golfo está separado de la depresión oriental de la Fosa de Cariaco, por un umbral submarino de 60-70 m de profundidad. Su entrada es muy angosta y posee una profundidad menor que la encontrada hacia el sur de la región central, siendo esta aproximadamente de 90 m de profundidad. Esta condición limita la circulación a las capas superficiales y por ende afecta la renovación de las aguas profundas del golfo. La profundidad promedio es de aproximadamente 50 m, con un declive abrupto entre el Golfo y la Fosa de Cariaco.

Algunos ríos descargan en el golfo, pero su influencia en sus condiciones hidroquímicas no es apreciable debido a su poca descarga. El más importante es el río Manzanares que desemboca a la entrada del golfo y cuya descarga es del orden de 600 millones de m³ anuales (MORA *et al.* 1967). Sin embargo la influencia del río Manzanares en las condiciones hidrográficas del golfo se localiza al oeste solamente fuera del golfo,



debido a que los vientos soplan predominantemente del noreste y del este, provocando un transporte neto superficial hacia el noroeste.

MÉTODOS

Desde 1972 a 1975 se efectuaron observaciones semanales en la parte más profunda del golfo localizada en la región sur central (Fig. 1). Además durante los años de 1974 a 1975, también se tomaron muestras en una estación localizada a la entrada del golfo.

Se recolectaron muestras desde la superficie hasta el fondo con intervalos de 10 m. Las mediciones hidrográficas se realizaron por métodos oceanográficos estandarizados. La salinidad se determinó por conductividad eléctrica; oxígeno disuelto, siguiendo el método Winkler; los nutrientes (amonio, nitrito y nitrato), se determinaron de acuerdo a los métodos descritos por STRICKLAND & PARSONS (1972); el nitrógeno orgánico total y disuelto se determinaron siguiendo la técnica propuesta por FRAGA (1959), y el nitrógeno orgánico particulado, se determinó a través del método propuesto por HOLM-HANSEN (1968) y STRICKLAND & PARSONS (1972).

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CONDICIONES HIDROGRÁFICAS

En vista de que los procesos bioquímicos están íntimamente relacionados con las condiciones hidrográficas que se desarrollan en el Golfo de Cariaco, se ha considerado importante expresarlas a grandes rasgos y de acuerdo a las observaciones realizadas por el Departamento de Oceanografía Química del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente desde 1972 a 1975 (OKUDA *et al.* 1978-a).

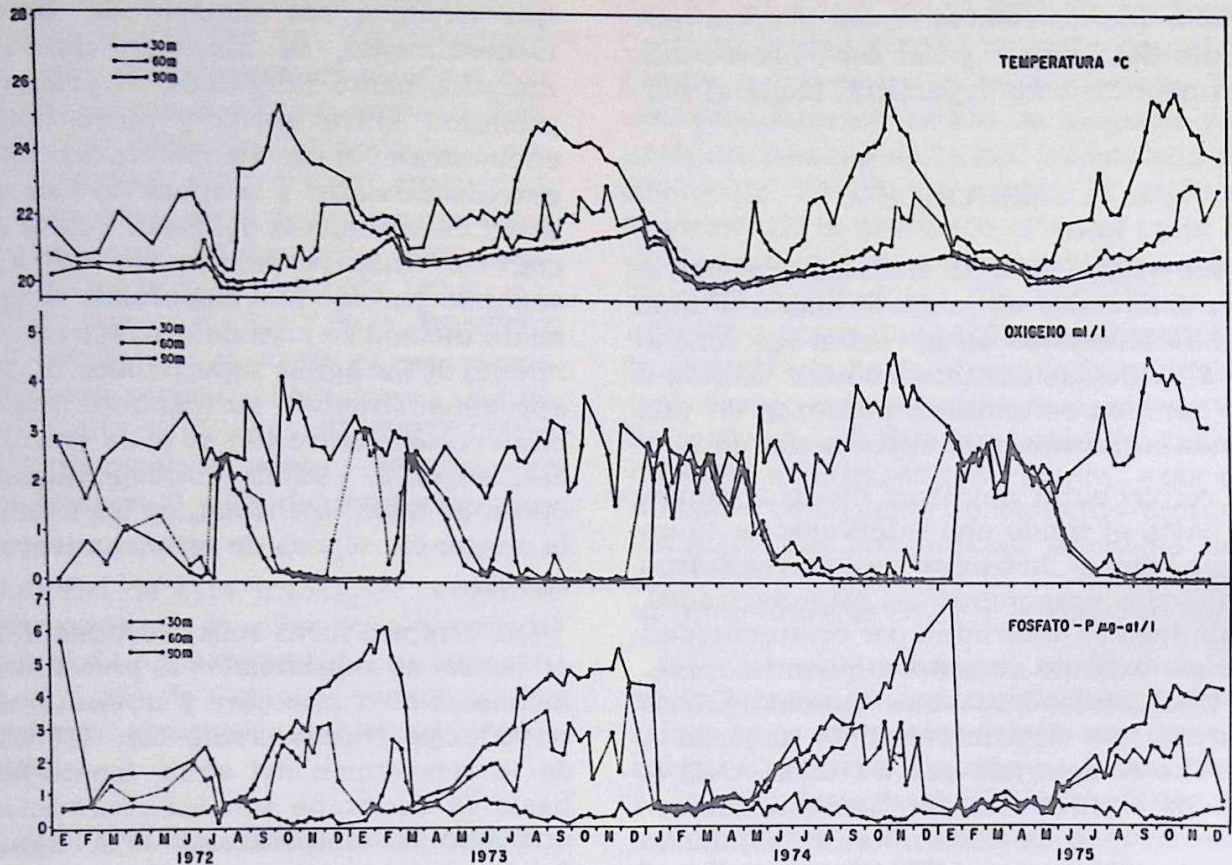
Las condiciones hidroquímicas en el Golfo de Cariaco están afectadas principalmente por el intercambio de aguas con el exterior,

que depende del régimen de los vientos. Generalmente, se observan dos períodos marcadamente diferentes: el primero comprendido entre enero y mayo cuando se encuentran bajas temperaturas del agua correspondientes a la época de fuerte intensidad de los vientos del E-NE y de la surgencia, con intensa renovación del agua; el segundo período que comprende desde junio hasta diciembre cuando aparece un calentamiento de las aguas superficiales (hasta 28°C aproximadamente); formándose una termoclina notable entre 40 y 60 m de profundidad. Este segundo período correspondiente a la época de débil intensidad de los vientos y de la surgencia (época de estancamiento de las aguas).

Las temperaturas más elevadas del agua en las capas superficiales se presentan entre los meses de septiembre y noviembre; luego se reducen gradualmente con el comienzo de la renovación del agua (enero-febrero) hasta la época de intensa renovación. Por otro lado, las temperaturas de las aguas profundas se incrementan continuamente desde el comienzo de la renovación hasta el final del estancamiento. En la época de intensa renovación del agua en el Golfo de Cariaco causada por fuertes vientos del E-NE se presenta una uniformidad vertical relativa de la temperatura, oxígeno y fósforo en la columna de agua. Mientras que al disminuir la intensidad de la renovación o al aumentar la tasa de estancamiento del agua se aprecia una marcada diferencia vertical en estos parámetros, apreciándose un incremento brusco de la temperatura en las capas superiores, un agotamiento del oxígeno disuelto en las capas profundas, desarrollando las condiciones anóxicas y una acumulación notable del fósforo en las aguas profundas (Fig. 2). Las variaciones verticales y estacionales de la salinidad en el Golfo de Cariaco son relativamente pocas en comparación con las de la temperatura.

Se puede notar que las concentraciones de oxígeno disuelto en las capas profundas son generalmente muy bajas (< 1ml/l) a excep-

Fig. 2.



ción de 2 a 4 meses del año que es cuando ocurre un incremento hasta 2 y 3 ml/l como consecuencia de la penetración de las aguas subsuperficiales de la Fosa de Cariaco en la época de intensa renovación del agua. La zona anóxica en las capas profundas aparecen en la época de estancamiento del agua, permaneciendo durante 4 ó 5 meses de cada año, a partir del mes de agosto.

En la tabla 1, se muestran las variables temperaturas y oxígeno disuelto, durante las épocas de renovación y estancamiento en los años de 1973 a 1975. Podemos darnos cuenta de las grandes diferencias que presentan estos dos parámetros entre las dos épocas antes mencionadas. Así encontramos que durante el período de renovación, las diferencias de temperatura y oxígeno se encuentran comprendidas entre 1,83 y 3,17°C y entre 1,38 y 2,36 ml/l; mientras que en la época de estancamiento las diferencias son mucho más amplias, así tenemos que en la tempe-

ratura es de 6,68 a 7,14°C y en el oxígeno es de 4,42 a 4,86 ml/l.

En base a la estructura que se encuentra en la masa de agua de las capas superiores del área exterior del golfo, la cual va a depender de su relación con el régimen de los vientos y la surgencia en la región, se observa la penetración de tres masas de agua con las siguientes características; aguas superficiales con temperatura mayor de 24°C y salinidad inferior a 36,7‰ (a la entrada de esta agua no es apreciable, pero probablemente tampoco es descartable); agua subtropical con temperatura de 21-23°C y salinidad superior a 36,8‰ y agua subsuperficial localizada por debajo del agua subtropical, con temperatura inferior a 20°C y salinidad menor de 36,6‰.

NITROGENO INORGANICO

En relación con la renovación y el estancamiento de las aguas profundas, las varia-

Variación estacional de las diversas formas de nitrógeno en el Golfo de Cariaco

TABLA 1. Valores Extremos Observados de Temperatura y Oxígeno en las Epocas de Renovación y Estancamiento.

Variables	Epoca de renovación			Epoca de estancamiento		
	Max.	Min.	Dif.	Max.	Min.	Dif.
	28-3-73			27-9-73		
Temperatura °C	23,74	20,57	3,17	27,92	21,13	6,79
Oxígeno-ml/1	4,65	2,29	2,36	4,42	0,00	4,42
	15-3-74			14-11-74		
Temperatura °C	21,72	19,89	1,83	27,34	20,66	6,68
Oxígeno-ml/1	3,67	2,29	1,38	4,86	0,00	4,86
	30-4-75			10-10-75		
Temperatura °C	21,95	20,04	1,91	27,82	20,68	7,14
Oxígeno-ml/1	3,77	2,33	1,44	4,56	0,00	4,56

ciones de las tres formas de nitrógeno inorgánico de 1972 a 1975 muestran una característica que se refleja en los procesos bioquímicos de dichas aguas (Figura 3). El nitrato y el nitrito varían estacionalmente de una manera muy similar. Así, en la época de estancamiento de las aguas del golfo, ambos parámetros presentan valores bajos, tanto en las capas superficiales como profundas, mientras que el amonio se incrementa en esas últimas capas llegando a alcanzar valores elevados (más de $25\mu\text{g-at N-amonio/l}$). Es interesante observar que el nitrato que penetra al golfo durante la época de renovación posee una concentración de $8-10\mu\text{g-at N-nitrato/l}$ y luego este continúa aumentando hasta alcanzar valores de 15 a $17\mu\text{g-at/l}$.

Cuando las concentraciones de oxígeno se reducen, el nitrato disminuye bruscamente debido al proceso de desnitrificación que ocasiona su desaparición dando lugar a la

producción de nitrito y nitrógeno molecular. También es interesante apreciar que la formación del nitrito (por encima de $6\mu\text{g-at N-nitrito/l}$) se nota antes del incremento y después de la disminución del nitrato, es decir, durante los procesos de nitrificación y desnitrificación. Por otro lado los valores muy elevados de amonio se encuentran únicamente en las aguas en condiciones anóxicas durante el proceso de la reducción del oxígeno.

OKUDA *et al.* (1978) observaron en las capas profundas (80-90 m) una fluctuación mutua y compensatoria entre el nitrato y el amonio de acuerdo con el desarrollo de la renovación y estancamiento del agua profunda. Ellos determinaron que inmediatamente después de la renovación del agua, aumentaba la concentración de nitrato debido al proceso de nitrificación; luego se presentaba una reducción del mismo parámetro y un incremento del nitrito a través

Fig. 3

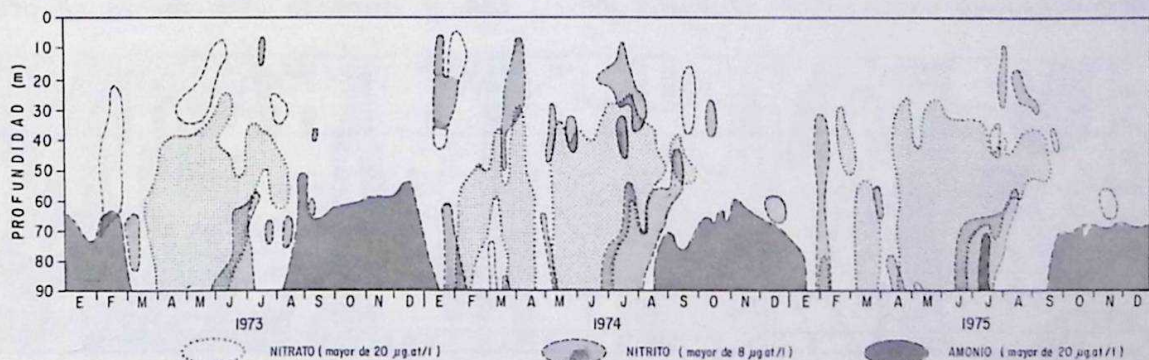
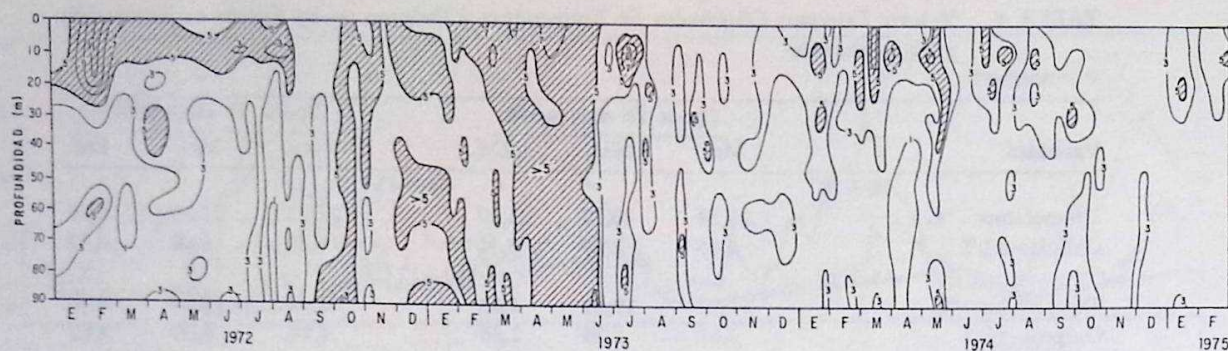


Fig. 4



de la desnitrificación causada por la disminución del oxígeno. También observaron que en la variación del nitrito, éste durante el proceso de desnitrificación era mucho mayor que en el proceso de nitrificación. Igualmente apreciaron que el descenso de la concentración de oxígeno provocaba el proceso de reducción de sulfato dando lugar a la formación del sulfuro de hidrógeno y el amonio.

NITROGENO ORGANICO

En relación con la variación estacional del nitrógeno orgánico (particulado, disuelto y total) observada desde enero de 1972 a febrero de 1975 se muestran las figuras 4-7 para un mejor entendimiento de los mismos.

En la figura 4 se observa que el nitrógeno particulado desde enero de 1972 hasta junio de 1973 presenta concentraciones mayores que las encontradas desde junio de 1973 hasta febrero de 1975. Principalmente en octubre de 1972 y de abril a junio de 1973, cuando toda la columna de agua presentó concentraciones mayores de $5 \mu\text{g-at/l}$ de nitrógeno orgánico particulado. Durante los

meses de febrero a agosto de 1972 se encontraron concentraciones superiores de $5 \mu\text{g-at/l}$, sólo en la capa superficial (0 a 10 ó 20 m).

En el otro período (julio de 1973 a febrero de 1975) sólo se observaron valores altos con mayor frecuencia en la capa superficial, principalmente de enero a mayo de 1974, correspondiendo este período al de mayor intensidad de la renovación que ocurre en el golfo.

La variación estacional del nitrógeno orgánico disuelto (Fig. 5) muestra que desde enero de 1972 hasta junio de 1973 se presenta un fenómeno muy diferente al observado desde junio de 1973 hasta febrero de 1975. En el primer período se encontraron altos valores, pero menos frecuentes que los observados en el segundo período. Se aprecia un fenómeno contrario al observado en el caso del nitrógeno orgánico particulado. El disuelto no presenta valores elevados en la época de renovación a excepción de 1975. Sin embargo, en los meses de junio y julio de 1972, hubo renovación del agua, de acuerdo con las observaciones hidrográficas, y durante esos meses se presentaron

Fig. 5

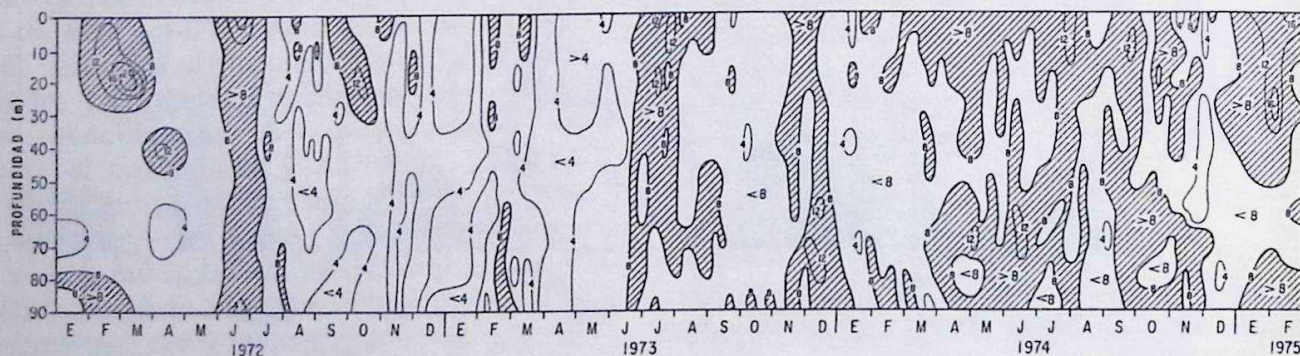
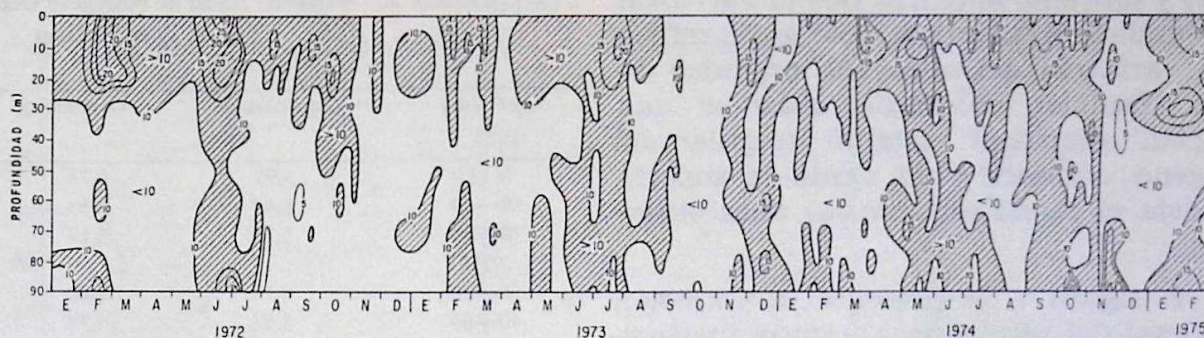


Fig. 6



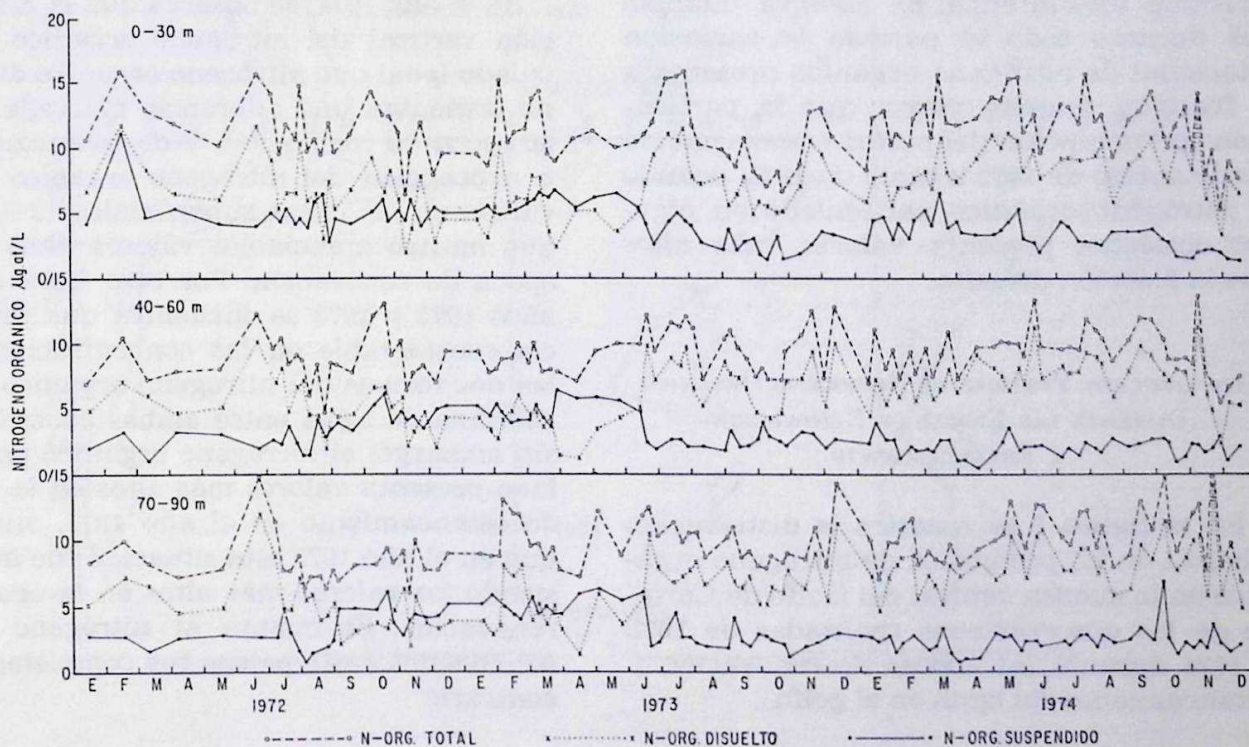
altas concentraciones de nitrógeno orgánico disuelto con valores superiores a $8 \mu\text{g-at/l}$ en toda la columna de agua. Desde junio de 1973 a febrero de 1975 la distribución vertical del nitrógeno orgánico disuelto fue bastante irregular desde la superficie hasta el fondo, predominando, concentraciones mayores de $8 \mu\text{g-at/l}$. Desde enero de 1972 a junio de 1973 las capas superficiales muestran ocasionalmente valores superiores a $8 \mu\text{g-at/l}$ de nitrógeno orgánico disuelto.

La variación estacional del nitrógeno orgánico total (Fig. 6) parece ser un fiel reflejo de la variación estacional del nitrógeno orgánico disuelto, pero sin embargo, no pre-

senta una diferencia marcada de las concentraciones durante los dos períodos como fue el caso para el nitrógeno orgánico particulado y el disuelto, de acuerdo con la descripción hecha anteriormente. Esto nos sugiere que no sólo el nitrógeno orgánico disuelto influye en la distribución estacional del nitrógeno orgánico total; sino que también el nitrógeno orgánico particulado tiene cierta influencia en la mencionada variación estacional.

Se observa que de enero de 1972 a junio de 1973 la variación estacional del nitrógeno orgánico total se debe a una combinación de la distribución del nitrógeno orgánico parti-

Fig. 7



culado y disuelto, mientras que la variación desde junio de 1973 en adelante es un reflejo de la variación del nitrógeno orgánico disuelto. También se puede observar una variación estacional bastante irregular del nitrógeno orgánico total desde la superficie hasta el fondo durante los años observados.

En la figura 7, se presenta la variación estacional del nitrógeno orgánico (particulado, disuelto y total) en la capa superficial, intermedia y profunda. Se observa una gran fluctuación estacional de las diferentes formas de nitrógeno orgánico durante el estudio realizado. Se nota que las concentraciones en la capa superficial (0—30 m) son mayores que las encontradas en las otras capas, mientras que la capa intermedia (40—60 m) presenta concentraciones algunas veces más bajas que la capa profunda (70 — 90 m). Para tener una idea más clara de esas diferencias se muestra la tabla dos donde se dan los promedios por capa y por año de las concentraciones de las diferentes formas de nitrógeno orgánico. Las altas concentraciones de nitrógeno orgánico en la capa superficial puede deberse a la actividad fotosintética. Se observa también que durante todo el período la variación estacional de nitrógeno orgánico presenta a la fracción disuelta mayor que la particulada con excepción del período comprendido desde agosto de 1972 a junio de 1973, cuando el nitrógeno orgánico particulado en algunas ocasiones presenta valores más altos que la fracción disuelta.

DISTRIBUCION VERTICAL DE NITROGENO ORGANICO DURANTE LAS EPOCAS DE RENOVACION Y ESTANCAMIENTO

En la figura 8 se muestra la distribución vertical de los promedios de nitrógeno orgánico en la cuenca central del Golfo de Cariaco de las observaciones realizadas de 1972 a 1974 durante las épocas de renovación y estancamiento del agua en el golfo.

TABLA 2. Variación Anual de Nitrógeno Orgánico ($\mu\text{g-at/l}$) en 3 Capas

Capa (m)	Particulado	Disuelto	Total
1972			
0—30	4,99	6,73	11,72
40—60	3,45	5,33	8,78
70—90	3,34	5,12	8,46
1973			
0—30	4,14	6,69	10,83
40—60	3,66	5,76	9,42
70—90	3,66	5,53	9,19
1974			
0—30	3,64	8,52	12,16
40—60	2,11	7,31	9,42
70—90	2,33	8,13	10,46

En la época de estancamiento, el nitrógeno orgánico particulado y nitrógeno orgánico disuelto no presentan una apreciable variación vertical, a excepción del nitrógeno orgánico disuelto durante el año 1972, cuando su contenido en la capa superficial muestra un valor elevado. Sin embargo, en la época de renovación ambas formas del nitrógeno presentan notables variaciones verticales, mostrando en general contenidos altos en las capas superiores.

En el año 1974, se observa que la distribución vertical del nitrógeno orgánico particulado igual que nitrógeno orgánico disuelto no presentan una diferencia marcada entre la época de renovación y de estancamiento a excepción del nitrógeno orgánico particulado en las capas superficiales (0—10 m) que mostró apreciables valores altos en la época de renovación. Por otro lado, en los años 1972 y 1973 se encuentra una diferencia considerable en las concentraciones de las dos formas del nitrógeno orgánico en la columna de agua entre ambas épocas. Pero sin embargo, el nitrógeno orgánico particulado presenta valores más altos en la época de estancamiento en el año 1972, mientras que en el año 1973 esta situación fue inversa siendo los valores más altos en la época de renovación. En cuanto al nitrógeno orgánico disuelto, este patrón fue completamente contrario.

Variación estacional de las diversas formas de nitrógeno en el Golfo de Cariaco

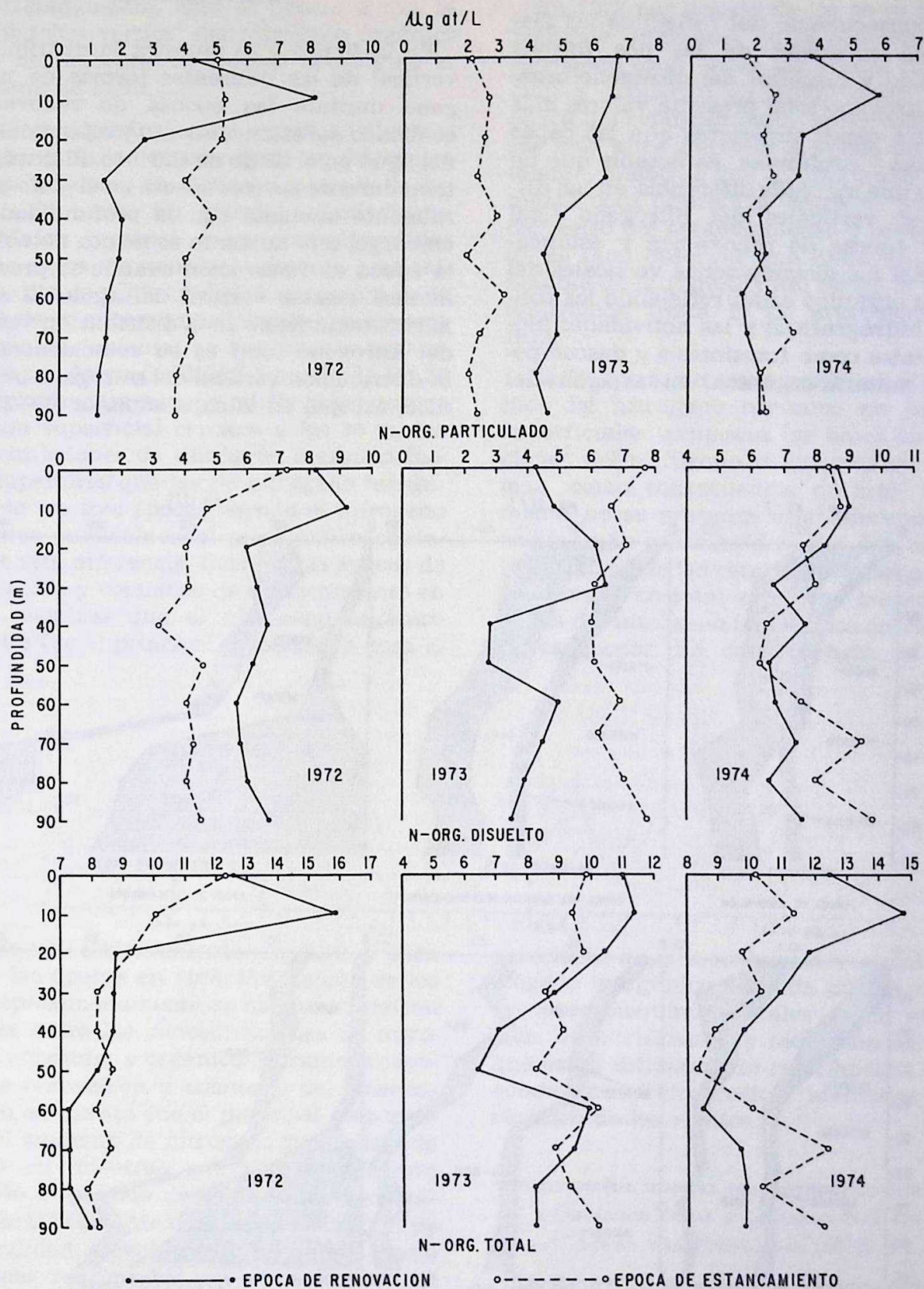


Fig. 8

NITROGENO TOTAL

Como consecuencia del reflejo de las distribuciones verticales de las dos formas (particulado y disuelto) del nitrógeno orgánico, el nitrógeno total presenta valores más altos en las capas superiores que las capas intermedias y profundas. Es notable que no se aprecia una marcada diferencia en las distribuciones verticales del nitrógeno total entre las épocas de renovación y estancamiento. Así las distribuciones verticales del nitrógeno orgánico están reflejando las condiciones hidrográficas y las actividades biológicas (tales como fotosíntesis y descomposición de materia orgánica) en las aguas del golfo.

En la figura 9 se muestra la distribución vertical de las diferentes formas de nitrógeno durante las épocas de renovación, comienzo del estancamiento y estancamiento del agua en el Golfo de Cariaco. El nitrógeno total durante las tres épocas en el golfo generalmente aumenta con la profundidad, sin embargo, este aumento es menos notable en la época de renovación cuando se presenta intensa mezcla vertical del agua. El rasgo más característico de la distribución vertical del nitrógeno total es su coincidencia con la distribución vertical del nitrógeno inorgánico, excepto en la capa superior (0-30 m)

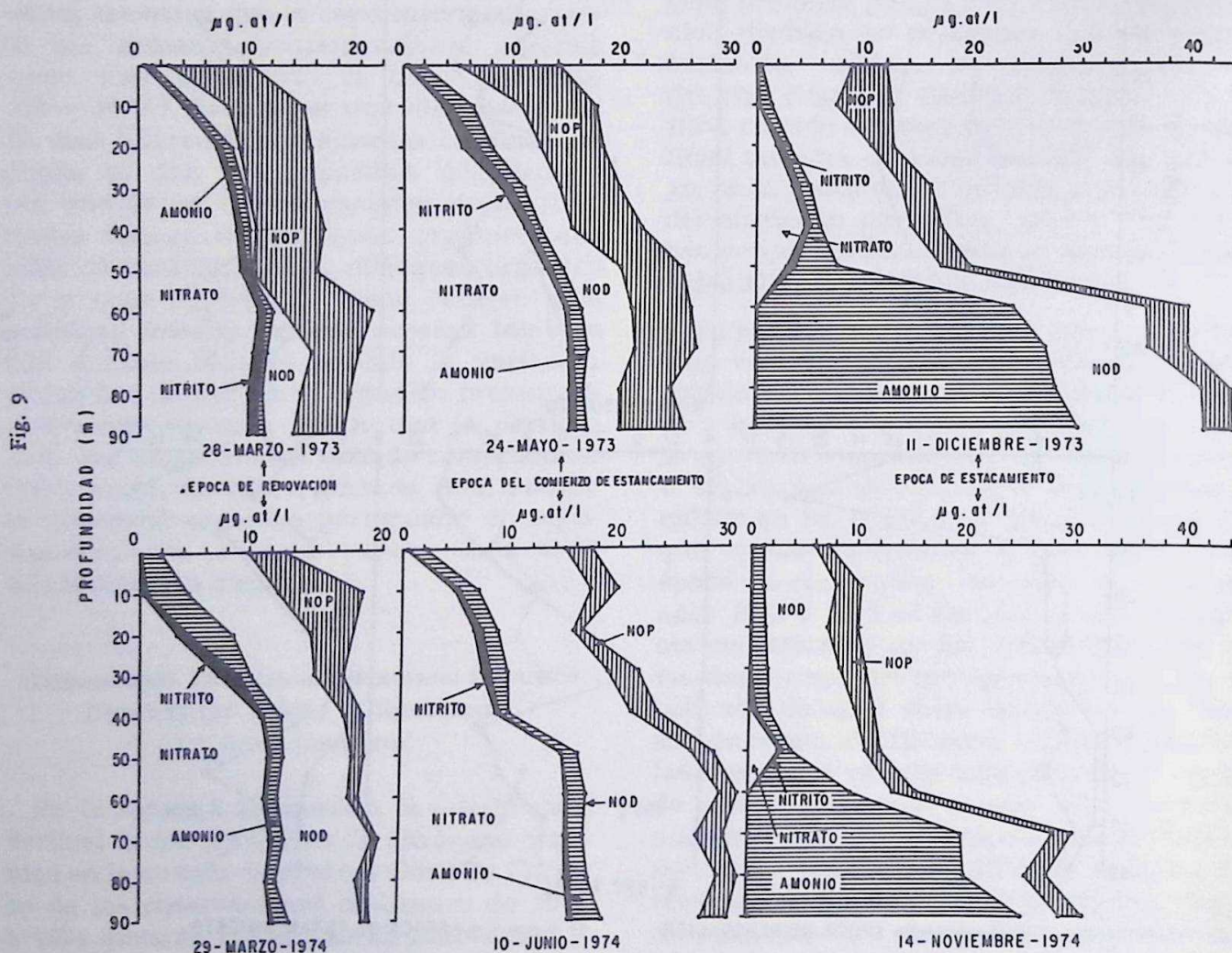


Fig. 9

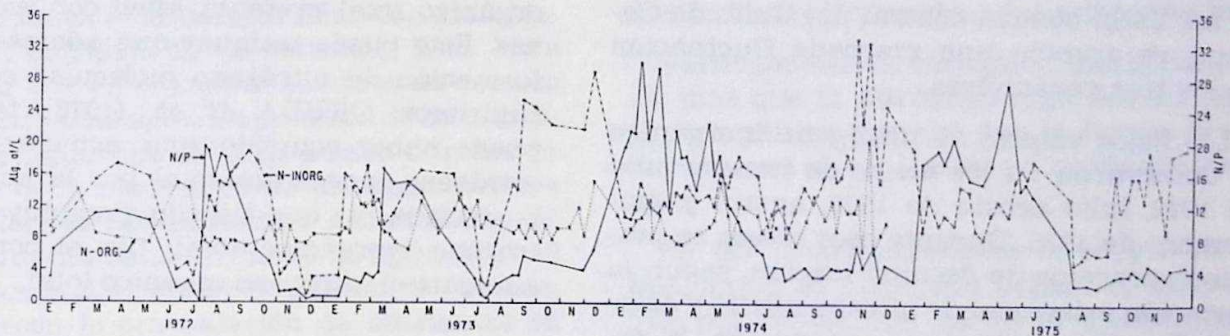
aproximadamente. Esto es debido a que la distribución vertical del nitrógeno orgánico total no presenta un cambio notable en la columna de agua.

La forma predominante entre las diversas fracciones del nitrógeno varía en diferentes épocas así como en distintas capas de la columna de agua. En general, el nitrógeno inorgánico presenta bajas concentraciones en las capas superiores y aumenta gradualmente con la profundidad, a excepción de la época de estancamiento, cuando el nitrógeno inorgánico (amonio) se incrementa bruscamente con la profundidad a partir de los 50 m aproximadamente. Se puede notar que en la capa superficial cercana a los 30 m, las concentraciones de nitrógeno orgánico fueron superiores que las de nitrógeno inorgánico en las tres épocas, siendo el nitrógeno orgánico particulado el principal responsable de esta diferencia, durante las épocas de renovación y comienzo de estancamiento en 1973, mientras que el nitrógeno orgánico disuelto fue el principal responsable para el

En 1973 por debajo de los 50 m hubo una marcada diferencia de la concentración de nitrógeno total entre las épocas de renovación y comienzo de estancamiento con la época del estancamiento, apreciándose valores más altos durante la época de estancamiento, mientras que en 1974 hubo prácticamente poca diferencia entre el período de comienzo del estancamiento y estancamiento. Es fácil observar que hubo un aumento notable de nitrógeno total desde la época de renovación hasta la de estancamiento en 1973.

En la época de renovación, el alto contenido del nitrógeno orgánico en las capas superficiales compensa las bajas concentraciones del nitrógeno inorgánico en las mismas, como consecuencia de esto, verticalmente no se presenta una diferencia apreciable en la columna de agua. Sin embargo, la variación de las concentraciones del nitrógeno orgánico total es mucho menor que la de las del nitrógeno inorgánico entre las distintas épocas. En consecuencia, el cambio

Fig. 10



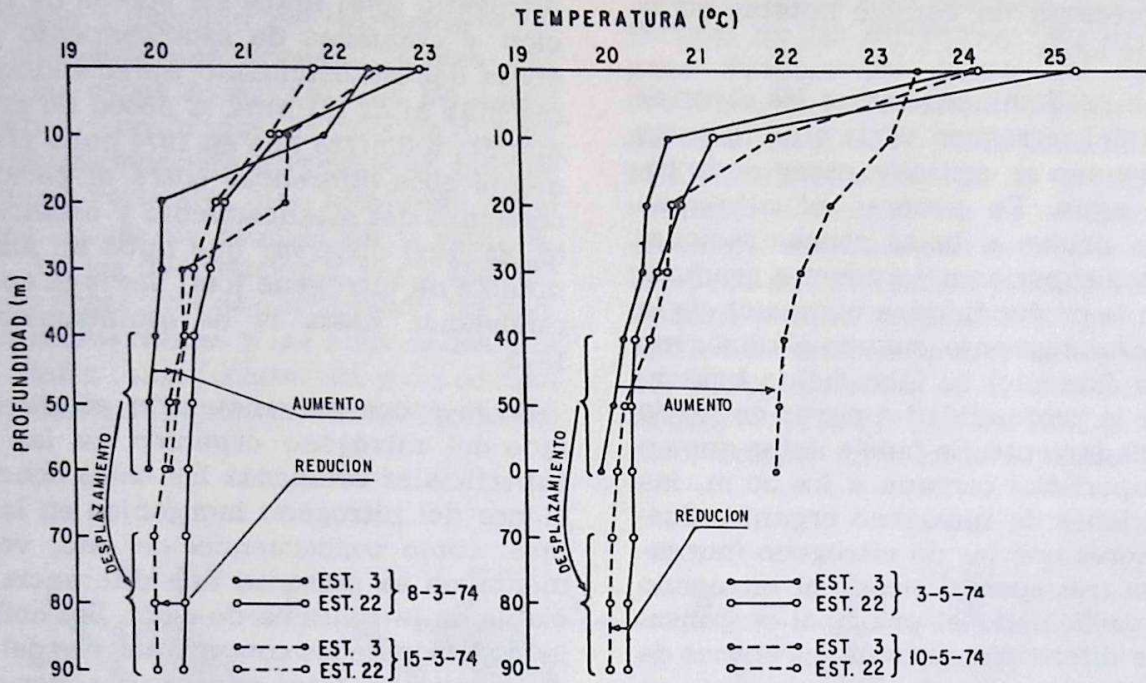
período de estancamiento en 1973 y para todas las épocas en 1974. Por debajo de los 30 m aproximadamente, se notó una relación inversa entre las concentraciones de nitrógeno inorgánico y orgánico. Durante las épocas de renovación y comienzo del estancamiento, el nitrato fue el principal responsable del aumento de nitrógeno por debajo de los 30 m, mientras que por el contrario durante el período de estancamiento el nitrato prácticamente desaparece a los 60 m de profundidad prevaleciendo el amonio como principal responsable en el aumento del nitrógeno.

estacional de la distribución vertical del nitrógeno inorgánico causada por los diversos procesos bioquímicos, tales como nitrificación, desnitrificación y reducción de sulfato que están íntimamente relacionados con las condiciones hidrográficas afectadas por el régimen de los vientos.

VARIACION ESTACIONAL DEL NITROGENO INORGANICO Y ORGANICO TOTAL Y LA RAZON N/P EN LAS AGUAS MAS PROFUNDAS (80-90 m).

La figura 10 presenta la variación estacional del nitrógeno inorgánico y orgánico total

Fig. 11



y la razón N/P en las aguas profundas (80-90 m) de la cuenca central del Golfo de Cariaco, se aprecia una marcada fluctuación de los tres parámetros.

Los bajos valores de nitrógeno inorgánico se observaron en los meses de junio y julio de 1972, julio agosto de 1973, agosto y septiembre de 1975. Durante esos meses se producen procesos de desnitrificación, según la variación estacional de nitrato, nitrito y amonio. Cuando comienza la renovación, la razón N/P aumenta, mientras que con el inicio del estancamiento se reduce.

OKUDA *et al.* (1978) sugirieron que las reducciones en el contenido de nitrógeno inorgánico total y la razón N/P eran probablemente debido a la formación de nitrógeno molecular durante el proceso de desnitrificación. Sin embargo, observando las variaciones del nitrógeno orgánico total, se puede notar cierta oposición con los dos parámetros anteriores principalmente durante los meses de junio y julio de 1972 y julio y agosto de 1973, es decir, cuando el nitrógeno inorgánico total y la razón N/P presentan sus míni-

mos valores por el contrario el nitrógeno orgánico total presenta altas concentraciones. Esto puede insinuar que además de la formación de nitrógeno molecular como lo sugirieron OKUDA *et al.* (1978) también puede haber ocurrido una asimilación de nitrógeno inorgánico total por la actividad bacteriana, ya que cuando disminuye el nitrógeno inorgánico total, por el contrario, aumenta el nitrógeno orgánico total.

En la figura 11 mostramos la distribución vertical de la temperatura en la entrada y cuenca central del golfo durante la época de renovación de la masa de agua, con la finalidad de considerar como el agua del fondo en la entrada se desplaza hacia el golfo y en el término de una semana la podemos encontrar en la cuenca central, de acuerdo a los valores de temperatura observados en ambas estaciones en el lapso de una semana de diferencia. Por eso, además de la figura 11 añadimos la tabla 3, para mostrar una evolución del efecto del influjo del agua subsuperficial de la Fosa de Cariaco en el contenido de nitrógeno en el Golfo de Cariaco.

Variación estacional de las diversas formas de nitrógeno en el Golfo de Cariaco

TABLA 3. COMPARACION DE LAS DIFERENTES FORMAS DE NITROGENO ENTRE LAS ESTACIONES 3 Y 22 DURANTE LA EPOCA DE RENOVACION

Prof.	Temp.	N. Orgánico			N. Inorgánico				N. Total	
		Part.	Disuelto	Total	NO ₃	NO ₂	NH ₄	N. Inorg. Tot.		
ESTACION 3 (8-3-74)										
40	19,95	1,79	4,76	6,55	9,21	0,08	0,54	9,83	16,38	
50	19,85	1,14	5,12	6,26	9,45	0,07	0,89	10,41	16,67	
60	19,84	1,00	5,45	6,45	8,85	0,02	0,01	8,93	15,38	
ESTACION 22 (15-3-74)										
70	19,88	2,29	6,09	8,38	9,87	0,28	0,96	11,11	19,49	
80	19,88	2,57	7,17	9,74	9,52	0,28	1,04	10,84	20,58	
90	19,89	5,00	2,11	7,11	9,72	0,28	1,50	11,50	18,61	
ESTACION 3 (3-5-74)										
40	20,12	1,78	7,07	8,85	6,26	0,11	0,78	7,15	16,00	
50	19,99	1,19	6,72	8,11	6,43	0,05	0,74	7,22	15,33	
60	19,85	1,54	3,01	4,55	10,50	0,05	1,13	11,68	16,23	
ESTACION 22 (10-5-74)										
70	19,96	2,46	8,31	10,77	11,70	0,56	1,03	13,29	24,06	
80	19,94	3,80	6,82	10,62	11,10	0,86	0,00	12,16	22,78	
90	19,93	1,83	8,45	10,28	11,30	0,86	0,00	12,19	12,47	

Si observamos con cuidado podemos darnos cuenta que en el término de una semana los valores de las diferentes formas de nitrógeno en la cuenca central se encuentran más aumentadas si la comparamos con los valores encontrados en la entrada. Esto hace pensar que en el golfo se produce un cambio nutricional debido a los procesos de intercambio de agua que se lleva a cabo durante la época de la renovación de sus aguas. Parece ser que las características geomorfológicas y el sistema de intercambio de agua entre el interior y el exterior en el Golfo de Cariaco, favorecen la acumulación de nutrientes en las capas profundas. La acumulación de nutrientes en las capas profundas podría deberse también a la sedimentación en las capas profundas de la materia orgánica producida por actividad fotosintética en la capa superior.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones hidrográficas del Golfo de Cariaco, se diferencian dos períodos bien marcados; renovación y estancamiento. Desde el punto de vista de estas dos épocas, el nitrógeno inorgánico varía

característicamente, manifestándose la presencia de procesos bioquímicos, como nitrificación, desnitrificación y sulfo-reducción. Durante el tiempo de la renovación fue menor la variación vertical del nitrógeno total.

Verticalmente el nitrógeno inorgánico varía más que el nitrógeno orgánico. El nitrógeno orgánico disuelto fue la forma predominante en el contenido de nitrógeno orgánico.

En las capas superiores (0-30 y 0-40 m) predomina el nitrógeno orgánico, mientras que por debajo de los 50 m predomina el nitrógeno inorgánico, prevaleciendo los nitratos durante la época de renovación y amonio en el período de estancamiento.

El influjo de las aguas subsuperficiales desde la Fosa de Cariaco hacia el golfo favorece grandemente la fertilización del mismo, por el suministro de nutrientes orgánicos e inorgánicos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al personal del Departamento de Oceanografía Química que de una u otra manera

colaboraron en la realización de este trabajo, en especial al señor ADEL LEMUS, (q. e.p.d.) por su valiosa ayuda en el trabajo de campo y laboratorio. La señora LOURDES MARTINEZ DE RIVERO por la transcripción del manuscrito y a los señores ROMULO I. VELASQUEZ, JORGE SANCHEZ y EPIFANIO HERNANDEZ, por la colaboración en la elaboración de los gráficos.

REFERENCIAS

- BENÍTEZ-ALVAREZ, J. 1974. Golfo de Cariaco. En revisión de los datos oceanográficos en el Mar Caribe Suroriental, especialmente el margen continental de Venezuela. *Cuadernos Azules* (15): 110-124.
- FRAGA, F. 1959. Determinación de nitrógeno orgánico suspendido y disuelto en el agua de mar. *Investig. Pesq.* 14: 121-127.
- GADE, H. 1961a. On the hydrographic conditions in the Gulf of Cariaco during the months from May to November 1960. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1 (1): 21-47.
- 1961b. Further hydrographic observation in the Gulf of Cariaco, Venezuela. The circulation and water exchange. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 1. (2): 359-395.
- HOLM-HANSEN, O. 1968. Determination of particulate organic nitrogen. *Limnol. Oceanogr.* 13 (1): 175-178.
- KATO, K. 1961. Oceanographic studies on the Gulf Cariaco. I. Chemical and hydrographical observations in January, 1961. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 1 (1): 49-72.
- MORA, C. O., M. LÓPEZ & T. OKUDA. 1967. Algunas observaciones hidrobiológicas en la costa de Cumaná. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 6 (2): 303-327.
- OKUDA, T. 1978. Condiciones hidroquímicas de las aguas superiores de la Fosa de Cariaco y áreas adyacentes. FAO. Informe de Pesca (Nº 200) Suplemento: 349-362.
- OKUDA, T., J. BENÍTEZ-ALVAREZ, J. BONILLA & G. CEDEÑO. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 17 (1&2): 69-88.
- OKUDA, T., A. GARCÍA, B. GAMBOA & E. FERNÁNDEZ 1978. Variación estacional de fósforo y nitrógeno inorgánico en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 17 (1&2): 89-104.
- RICHARDS, F. 1960. Some chemical and hydrographic observation along the north coast of South America. I. Cabo Tres Puntas to Curacao, including the Cariaco Trench and the Gulf of Cariaco. *Deep-Sea Res.* 7: 163-182.
- STRICKLAND, J. D. H. & T. R. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis *Bull. Fish. Res. Bd. Cam.* 167: 1-310 (Second Edition).

(Manuscrito recibido el 15 de noviembre de 1985).