

NUTRIENTES EN LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBSUPERFICIALES EN EL ÁREA FRENTE AL ECUADOR

Por:

TAIZO OKUDA (1)

MANUEL VALENCIA (2)

ROCIO TREJOS DE SUESCUM (2)

RESUMEN

Las condiciones oceanográficas frente al Ecuador presentan sus variaciones bien marcadas, en tiempo y espacio, por reflejo del sistema complejo de circulación integrado por corrientes superficiales y subsuperficiales. Tomando en consideración esta característica oceanográfica frente al Ecuador, en este trabajo se analizaron las distribuciones de los nutrientes tales como fosfato y nitrato en dicha área, en base de los datos obtenidos en los cruceros oceanográficos realizados por el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, en los años correspondientes entre 1975–1980. En general las concentraciones de fosfato y nitrato en la capa superior de la termoclina son muy bajas, luego aumentan con la profundidad. Las concentraciones de los nutrientes en las masas de agua en el área de estudio se encuentran considerablemente diferentes entre ellas, dependiendo del origen de su formación y el antecedente afectado por las actividades biológicas, tales como fotosíntesis y descomposición orgánica. Las aguas superficiales (Aguas Tropicales Superficiales, ATS, Aguas Ecuatoriales Superficiales, AES y Aguas Subtropicales Superficiales, ASTS), presentan muy bajas concentraciones de nutrientes y relativamente alto contenido de oxígeno disuelto en comparación con las aguas subsuperficiales. Especialmente las Aguas Tropicales Superficiales muestran muy bajas concentraciones de nutrientes, con casi agotamiento de nitrato y alto contenido de oxígeno con valores negativos de AOU por actividad fotosintética.

Las razones de concentración, por átomos, de AOU:P y N:P presentan una diferencia marcada entre las masas de agua superficiales, siendo estas razones más bajas en las ATS y las AES. Mientras que, las razones de concentración de AOU:P y N:P en las aguas subsuperficiales se aprecian bastante aproximadas entre diferentes masas de agua, es decir, 220–243 en AOU:P y 13,4 – 13,6 en N:P. Por otro lado, las razones de cambio, por átomos, de $\Delta O:\Delta P$ y $\Delta N:\Delta P$, presentan muy poca diferencia entre las muestras recolectadas en diversos cruceros, encontrándose $\Delta O:\Delta P=263:1$ y $\Delta N:\Delta P=14,4:1$ como su media.

ABSTRACT

The oceanographic conditions in ecuadorian waters are a consequence of complex circulations system, integrated by the surface and subsurface currents. Considering this Oceanographic characteristic of Ecuador, were analyzed the nutrients, such as nitrate and fosfate distributions in that area, based on the data obtained during the Oceanographic cruises performed by the Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, during the years 1975 to 1980. In general the fosfate and nitrate concentrations in the upper layer of the thermocline are very low but they increase with depth. The nutrients concentration of the water masses on the studied area are greatly different between them depending on its origin and the affected antecedent by the biological activities, such as photosynthesis and organic decomposition.

The surface waters (SW); surface Tropical waters (STW); surface Equatorial waters (SEW);

(1) Instituto Oceanográfico Univ. de Oriente, Cumaná - Venezuela.

(2) Instituto Oceanográfico de la Armada, Guayaquil - Ecuador.

and surface subtropical waters (SSTW), present very low nutrients concentrations and relatively high concentration of dissolved oxygen in comparison with the subsurface waters. Specially, the surface Tropical waters show very low concentrations of nutrients, with almost completely consume of nitrate, and a high contained of dissolved oxygen with negative values of apparently oxygen utilization (AOU) by photosynthetic activity.

The rates of concentration, by atoms, of AOU:P y N:P present a pronounced difference between the superficial water masses, being these rates lower in the STW and SEW. While the rates of concentration of AOU:P y N:P in subsurface waters are quite close between different water masses, such as, 220 - 243 in AOU:P y 13.4 - 13.6 in N:P. In the other hand, the rates of change, by atoms of $\Delta O:\Delta P$ and $\Delta N:\Delta P$, present very low difference between the samples collected on diverse cruises in which have presented $\Delta O:\Delta P = 263:1$ and $\Delta N:\Delta P = 14.4:1$ as its mean.

INTRODUCCION

En el área frente al Ecuador, las estructuras de las masas de agua en las capas superficiales y subsuperficiales varían considerablemente debido al régimen complejo de la circulación oceánica en el Pacífico Tropical Oriental. En particular, el desplazamiento estacional del Frente Ecuatorial en relación con la Subcorriente Ecuatorial, la Corriente Costera del Perú y las Surgencias Costeras, es un factor importante para la distribución de las masas de agua superficiales y subsuperficiales en las aguas costeras del Ecuador.

En cuanto a las características oceanográficas del Frente Ecuatorial han sido discutidas por varios investigadores: Cromwell y Reid, 1956; Knauss, 1957 y 1963; Wyrski, 1965; Wooster, 1969; Zuta y Guillén, 1970; Stevenson y Taft, 1971; Pak y Zaneveld, 1974; y Enfield, 1976. La composición y distribución de la biomasa planctónica en el Frente Ecuatorial, fue estudiada por Jiménez y Bonilla (1980). En las aguas superficiales (0 - 10 m), frente al Ecuador, Okuda et al (1982) encontraron elevadas concentraciones de fosfato y nitrato en la zona de las aguas frías y más salinas del Frente Ecuatorial, mientras que casi agotamiento de nitrato y relativamente bajo contenido de fosfato fueron observados en la zona de las aguas cálidas y menos salinas situadas al Norte del Frente.

Wooster y Cromwell (1958) describieron las distribuciones de los nutrientes, tales como silicato y fosfato, en las secciones longitudinales del Pacífico Tropical Oriental, incluyendo algunas estaciones ubicadas en las aguas frente al Ecuador. En base a los datos obtenidos durante la expedición EASTROPAC, Thomas (1977), hizo una revisión sobre las mismas áreas estudiadas por Wooster y Cromwell (op. cit.). En las aguas costeras Peruanas, Zuta y Guillén (1970) y Guillén y Rondan (1973), realizaron las observaciones de las distribuciones horizontales y verticales de fosfato, silicato, nitrito y nitrato.

En relación con las aguas costeras frente al Ecuador, no se ha publicado, detalladamente las distribuciones y variaciones de los nutrientes. Debido a esta razón, el presente trabajo se orienta para conocer las características nutritivas (fosfato y nitrato), en las aguas costeras Ecuatorianas, tomando en consideración la presencia de diversas masas de agua, en relación con el sistema de la circulación oceánica.

FUENTE DE DATOS Y METODOS

Para analizar las características de la distribución de nutrientes en las aguas frente al Ecuador, se han utilizado los datos hidrográficos y de nutrientes obtenidos en los siguientes 6 cruceros oceanográficos (1975-1980) efectuados por el Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (Fig. 1): CO - I - 75 (2 - 4 de Marzo de 1975 en las 13 estaciones); CO - II - 75 (26 de Septiembre - 2 de Octubre de 1975 en las 16 estaciones); CO - I - 76 (26 de Marzo - 8 de Abril de 1976 en las 31 estaciones); CO - II - 76 (9 de Septiembre - 13 de Septiembre de 1976 en las 12 estaciones); CO - I - 78 (29 de Junio - 11 de Julio de 1978 en las 33 estaciones); y CO - I - 80 (6 - 8 de Marzo de 1980 en las 14 estaciones).

Los análisis químicos de las muestras de agua fueron realizados de acuerdo con los siguientes méto-

dos: Salinidad por conductividad eléctrica, utilizando salinómetros Beckman y Kahlsico; oxígeno disuelto por el método de Winkler, fosfato y nitrato siguiendo las técnicas descritas por Strickland y Parsons (1972).

MASAS DE AGUA EN LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBSUPERFICIALES EN EL AREA FRENTE A ECUADOR

Tomando en consideración la descripción de las masas de agua en el Océano Pacífico Oriental por Wyrcki (1967), en el área frente al Perú por Zuta y Guillén (1970) y en la región Norte del Frente Ecuatorial por Enfield (1976), hemos tratado la agrupación de los datos hidrográficos y químicos obtenidos a través de los cruceros arriba indicados para obtener mejor conocimiento de las características de las distribuciones de nutrientes en las aguas frente al Ecuador basándose en las siguientes especificaciones convencionales de las masas de agua:

1. Aguas Tropicales Superficiales (ATS): Temperaturas por encima de 25°C y salinidades por debajo de 33,8‰.
2. Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES): Temperaturas de 25-19°C y salinidades de 33,8-35,1‰.
3. Aguas Subtropicales Superficiales (ASTS): Temperaturas por encima de 19°C y salinidades por encima de 35,1‰.
4. Aguas costeras Peruanas (ACP): Temperaturas de 19-15°C y salinidades de 35,1-34,8‰.
5. Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS): Temperaturas de 15-13°C y salinidades de 35,1-34,9‰.
6. Aguas Ecuatoriales Profundas (AEP): Temperaturas de 13-7°C y salinidades de 34,9-34,6‰.

La figura 2 muestra los extremos superiores e inferiores de las profundidades encontradas de las masas de agua en cada crucero. En las distribuciones verticales de las masas de agua, tanto el espesor de sus capas como la profundidad del límite superior de la capa de cada masa, varían marcadamente entre los cruceros. También es interesante observar que en solo dos cruceros en el año 1976 se encontraron todas las seis masas de agua, pero no se presentaron las aguas Subtropicales Superficiales, ASTS, en los cruceros de los años 1975, 1978 y 1980, (en el área costera), además en el año 1980, no aparecieron las Aguas Tropicales Superficiales ATS, en ambas áreas y las Aguas Costeras Peruanas, ACP, en el área de las Islas Galápagos.

En cuanto a las profundidades correspondientes a la primera aparición de la masa de agua (el límite superior de la capa de masa de agua), se encuentra notable diferencia entre los cruceros, es decir 0m en las ATS, 0 - 18 m en las AES, 0 - 51 m en las ATS y las ACP, 17 - 138 m en las AESS y 198 - 298 m en las AEP. Esta marcada variación en la estructura de las masas de agua está reflejando la situación compleja de la circulación del Océano Pacífico Oriental Tropical.

DISTRIBUCIONES VERTICALES DE LOS PARAMETROS HIDROGRAFICOS Y NUTRIENTES

La figura 3 presenta las distribuciones verticales de fosfato y nitrato en los cruceros CO - II - 75 y CO - I - 76, las cuales muestran una amplia variedad en relación con las profundidades de las aguas. Esta situación es causada por una compleja estructura de las masas de agua en el área frente al Ecuador, como hemos indicado anteriormente. Como un ejemplo de la complejidad de las condiciones oceanográficas en esta área de estudio, las figuras 4 y 5 muestran las secciones verticales de los parámetros hidrográficos y nutrientes. En relación con el intenso desarrollo del Frente Ecuatorial y la termoclina, la distribución de los nutrientes se presentan en una forma bastante irregular. Debido a la mezcla superficial, en las capas supe-

riores de la termoclina se presentan los parámetros hidrográficos casi homogéneos y además, a causa de la actividad fotosintética, se notan bajas concentraciones de nutrientes, como se puede ver en las estaciones 11 y 14 del CO - II - 75 y 9 y 10 del CO - I - 76. A partir de la zona de la termoclina, aumentan bruscamente las concentraciones de fosfato y nitrato hacia las capas más profundas.

CONCENTRACIONES DE LOS NUTRIENTES EN LAS MASAS DE AGUA

En general, las distribuciones de los nutrientes en las aguas superiores oceánicas están afectadas principalmente por las actividades biológicas, tales como fotosíntesis en la zona eufótica y descomposición bacteriana de los materiales orgánicos. Sin embargo, en áreas tales como frente al ecuador, en donde se presenta el desarrollo del Frente con dos masas de agua que poseen características nutritivas completamente diferentes, el proceso de mezcla de las masas de agua es también uno de los factores más importantes para la distribución de los nutrientes en las capas superiores.

Debido a esta observación, es conveniente conocer las características nutritivas de las masas de agua que se encuentran en el área frente al ecuador. Las concentraciones de nutrientes en la masa de agua dependen de su formación y el antecedente afectado por las actividades biológicas antes de alcanzar el área frente al ecuador.

La (tabla 1) muestra los valores de AOU y las concentraciones de nutrientes en diversas masas de agua que se encuentran en el área frente al ecuador. Los valores máximos, mínimos y promedios, consignados en la Tabla fueron obtenidos a partir de los datos de los seis cruceros anteriormente indicados.

Las primeras tres masas de agua, las ATS, las AES y las ASTS, presentan muy bajas concentraciones de nutrientes y relativamente alto contenido de oxígeno disuelto en comparación con otras; estas son las aguas superficiales en las que generalmente se presentan intensas actividades de fotosíntesis. En especial se nota que las ATS presentan mínimo contenido de nutrientes; los valores de AOU en esta masa de agua se presentan negativos (como en el promedio de todos los cruceros), indicándose elevada actividad fotosintética. Estas masas de agua se forman en la zona frente a la costa centroamericana y se desplazan hacia el Sur situándose en la capa superior de la termoclina intensa. Durante su movimiento hacia la costa ecuatoriana, los nutrientes, especialmente el nitrato, se agotan apreciablemente. Las ASTS tienen su origen en la región de influencia del anticiclón del Pacífico sudoriental con sus característico altos valores de temperatura y salinidad. En el área cercana a la costa frente al Ecuador y Perú, las ASTS se unen con la ATS y las ACP, modificándose sus características debido a la mezcla horizontal con las indicadas masas de agua. Entre las siguientes masas de agua, las ATS, las AES y las ASTS, las concentraciones de nutrientes de las ASTS fueron más elevadas, esto se debe a la mezcla con la ACP que surgieron de las capas más profundas con relativamente alto contenido de nutrientes. También los valores de nitrato y fosfato en las AES aparecen mucho más elevados que en las ATS, apreciándose que casi se aproximan a los contenidos de estos elementos en las ASTS: Esto está relacionado con la formación de la AES, la cual en el área cercana al Ecuador se originan a través de la mezcla de las ATS y las ACP, (probablemente en algunas ocasiones participan también las ASTS), en relación con el intenso desarrollo del Frente Ecuatorial.

A pesar de que las ACP son también las aguas superficiales que están asociadas con la corriente del Perú, se encuentran elevados contenidos de nutrientes y relativamente bajos contenidos de oxígeno, debido a que estas aguas se constituyen, parcialmente, por las aguas subsuperficiales surgidas frente a la costa del Perú. En el área frente al ecuador se han encontrado ampliamente las ACP en las capas superiores, extendiéndose desde la superficie hasta aproximadamente 160 m de profundidad.

Las AESS y las AEP son las aguas subsuperficiales que se encuentran en la columna de agua entre las ASTS y las Aguas Antárticas Intermedias; presentan bajas concentraciones de oxígeno debido a la débil circulación y la elevada productividad orgánica en las capas superficiales. (Robles et al, 1976). Las AESS se forman en la región ecuatorial oriental subsuperficial del Pacífico y se caracterizan por ser, relativamente, salinas debido a que provienen del ramal sur de la bifurcación de las aguas de la Subcorriente Ecuato-

rial. Por ser de esta naturaleza, las AESS presentan relativamente bajo contenido de oxígeno y altas concentraciones de nutrientes, es decir, 1,65 ml/l de oxígeno, 1,60 $\mu\text{g-at/l}$ de fosfato y 21,7 $\mu\text{g-at/l}$ de nitrato. Estas masas de agua fueron encontradas en las capas de 20 – 300 m de profundidad. Ultimamente las AEP se ubican por debajo de las AESS hallándose en las capas a partir de, aproximadamente, 200 m de profundidad hasta los 500 metros que corresponden a la mayor profundidad alcanzada en los cruceros. Para las aguas peruanas, Zuta y Guillén (1970) informan que estas aguas se presentan entre los 150 – 700 m. coincidiendo íntegramente con la capa de oxígeno mínima. Nuestros datos de las AEP muestran muy bajos valores de oxígeno, oscilando su contenido entre 0,39 – 0,62 ml/l y altas concentraciones de nutrientes con 2,14 $\mu\text{g-at/l}$ de fosfato y 28,2 $\mu\text{g-at/l}$ de nitrato.

En comparación con los datos de fosfato en la sección vertical latitudinal a lo largo del 85°W de la Expedición "Sheliback" (Wooster y Cromwell, 1958) y los datos de fosfato y nitrato en las aguas peruanas, (Guillén y Rondán, 1973), nuestros valores de las concentraciones de fosfato y nitrato en las aguas ecuatorianas, se muestran apreciablemente bajos. No se conoce la razón de la desviación entre nuestros resultados y otros; este punto será aclarado en observaciones posteriores.

RELACION ESTEQUIOMETRICA ENTRE OXIGENO, FOSFATO Y NITRATO

En el sistema oceánico, se considera que los nutrientes, tales como nitrato y fosfato, se consumen (y se regeneran) en una proporción constante durante los procesos de la fotosíntesis (y de la oxidación orgánica). Este concepto está basado en numerosos exámenes de los datos de nutrientes y plancton en las aguas de diversas áreas oceánicas efectuados por varios investigadores; (Haevey, 1926; Cooper, 1937 y 1938), encontrándose estadísticamente una razón de concentración N:P, de 15:1 por átomos. Sin embargo, esta razón de concentración, N:P se ha observado con una amplia variación estacional y regional Ketchum et al (1958) y Stefansson y Richards (1963) observaron que los organismos planctónicos consumen nitrógeno y fósforo del agua de mar para su crecimiento con una proporción de éstos elementos de 16:1. Redfield, et al (1963) propusieron una relación elemental entre oxígeno, carbono, nitrógeno, fósforo, como 276:106:16:1. Varios investigadores acordaron esta proporción como razón oxidativa por átomos en los océanos abiertos, (Richards, 1958; Park, 1967; Stefansson, 1968 (a, b); Alvarez-Borrego, et al, 1972).

Estas relaciones entre elementos fueron utilizadas para las investigaciones hidrográficas, por ejemplo, la identificación de las masas de agua (Pitkowicz, 1971), la estimación de nutrientes pre-formados; (Park, 1967; Kido y Nisumura, 1973), el movimiento de las masas de aguas profundas, (Pitkowicz y Kester, 1966) la interpretación de los procesos de la descomposición orgánica; (Richards et al, 1965) y la detección del desarrollo de la desnitrificación (Goering, 1968 - Okuda, et al, 1978). Así las relaciones elementales de nutrientes y oxígeno son muy útiles para evaluar el cambio bioquímico de los elementos biogénicos en el sistema oceánico.

Para conocer las características del comportamiento de los nutrientes en las aguas frente al Ecuador, la tabla 2 y las figuras 6 y 7 muestran las relaciones elementales de oxígeno, nitrógeno y fósforo. Las razones de concentración, AOU:P y N:P, presentan una diferencia apreciable entre las masas de aguas superficiales, es decir, entre las masas ATS, AES, ASTS, ACP, mostrándose las dos primeras bastante inferiores que las dos últimas; esta diferencia podría ser causada por sus distintas formaciones y el antecedente sufrido en las actividades biológicas, como hemos indicado anteriormente. Se observa que las razones de concentración de estos elementos en las Aguas Tropicales Superficiales (ATS) difieren notablemente de las demás masas de agua, con valores bastante inferiores; AOU:P = 31:1 y N:P = 1,7:1, debido a que estas aguas están afectadas por las actividades fotosintéticas con mayor consumo de nitrato por los organismos fitoplanctónicos, en comparación con el fosfato. Las razones de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) muestran los valores relativamente más elevados que las ATS, aunque son todavía considerablemente inferiores que las demás masas de agua. Las ACP presentan sus razones elementales casi similares a las aguas subsuperficiales, AESS y AEP y las ASTS muestran las razones un poco inferiores que las ACP aunque sus valores fueron considerablemente más altos que los de las AES. Es interesante observar que las razones de concentración de O, N y P de las aguas subsuperficiales (Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales, AESS y Aguas

Ecuatoriales Profundas, AEP) se encuentran similares entre ambas. Esto implica que, en forma general, los procesos bioquímicos se presentan semejantes entre ambas masas de agua, a pesar de que las razones de concentración tanto AOU:P como de N:P se encuentran algo bajas, 231-243 en OAU:P y 13, 6:1 en N:P.

La tabla 3 muestra relaciones elementales de cambio entre AOU:P y N:P en los cruceros de los años 1975-1980. Las razones de cambio $\Delta O:\Delta P = 263:1$ y $\Delta N:\Delta P = 14, 4:1$, obtenidas en todos los cruceros indican que estos valores son muy aproximados a los propuestos por Richards (1965).

La discrepancia entre las razones de concentración y de cambio para estos elementos podría ser causada por la alta concentración de fósforo pre-formado, la cual se encuentra aproximadamente en 0,1 - 0,4 ug-at/l.

AGRADECIMIENTO

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a los Señores Directores del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, cuyo decidido apoyo hizo posible la realización del presente trabajo.

Al Sr. Francisco Arce, Dibujante Técnico del INOCAR, por su valiosa colaboración en la elaboración de los diversos mapas y gráficos.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez-Borrego, S., L. I. Gordon, L. B. Jones, P. K. Park and R. M. Pytkowicz, 1972. Oxygen-carbon dioxide-nutrients relationship in the southeastern region of the Bering Sea. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 28, 71 - 93.
- Cooper, L. H. N., 1937. On the ratio of nitrogen to phosphorous in the sea. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 22, 177 - 204.
- Cooper, L. H. N., 1938. Redefinition of the anomaly in the nitrate-phosphate ratio. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 23, 179.
- Cromwell, T. and J. L. Reid, Jr., 1956. A study of oceanic fronts. *Tellus*, 8, 94 - 101.
- Enfield, D., 1976. Oceanografía de la región Norte del Frente Ecuatorial: Aspectos Físicos. Reunión de trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño", Guayaquil-Ecuador, 4 - 12 de Diciembre de 1974, FAO Inf. Pesca (185), 299 - 334.
- Goering, J. J., 1968. Denitrification in the oxygen minimum layer of the eastern tropical Pacific. *Ocean. Deep-Sea Res.*, 15 (2), 157 - 164.
- Guillén, O. y R. I. de Rondan, 1973. Nutrients in the Peru Coastal Current: In Oceanography of the South Pacific. 1972, Comp. R. Fraser. New Zealand National Commission for UNESCO, Wellington, 398 - 404.
- Harvey, H. W., 1926. Nitrate in the sea. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 14, 71 - 88.
- Jiménez, R. y D. Bonilla, 1980. Composición y distribución de la biomasa del plancton en el Frente Ecuatorial. *Acta Oceanogr. del Pacífico*, 1 (1), 19 - 64.
- Ketchum, B. H., R. F. Vaccaro and N. Corwin, 1958. The annual cycle of phosphorous and nitrogen in New England coastal waters. *J. Mar. Res.*, 17, 282 - 301.
- Kido, K. and M. Nishimura, 1973. Regeneration of silicate in the ocean; I. The Japan Sea as a model of closed system. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 29, 185 - 192.
- Knauss, J. A., 1957. An observation of an Ocean Front. *Tellus*, 9, 234 - 236.
- Knauss, J. A., 1963. Equatorial current systems. In the sea; ideas and observations on progress in the study of the seas. 2, 235 - 252. M. N. Hill, Editor, Interscience, New York.
- Okuda, T., A. J. García, B. Camboa y E. Fernández, 1978. Variación estacional de P-fosfato y nitrógeno inorgánico en el golfo de Carioca, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. de Oriente*, 17, (en imprenta).
- Okuda, T., R. T. de Suéscum, M. Valencia T. y A. Rodríguez R., 1983. Variación estacional de la posición del Frente Ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales Ecuatorianas. *Acta Oceanogr. del Pacífico*.
- Park, H. and J. R. Zaneveld, 1974. Equatorial Front in the Eastern Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, 4, 570 - 578.
- Park, K., 1967. Nutrient regeneration and preformed nutrients off Oregon. *Limnol. Oceanogr.*, 12 (2); 353 - 357.

- Pytkowicz, R. M., 1971. On the apparent oxygen utilization and the preformed phosphate in the oceans. *Limnol. Oceanogr.* 16 (1), 39 - 42.
- Pytkowicz, R. M. and D. R. Kester, 1966. Oxygen and phosphate as indicators for the deep intermediate waters in the northeast Pacific Ocean. *Deep-Sea Res.*, 13, 373 - 379.
- Redfield, A. C., B. H. Ketchum and F. A. Richards, 1963. The influence of organisms on the composition of sea water. In: *The Sea; ideas and observations on progress in the study of the seas.* 2, 26 - 77. M. N. Hill, Editor, Interscience, New York.
- Richards, F. A., 1958. Dissolved silicate and related properties of some western North Atlantic and Caribbean waters. *J. Mar. Res.*, 17, 449 - 465.
- Richards, F. A. 1965. Anoxic basins and fjords. In: *Chemical Oceanography.* 1, 611 - 645, J. P. Riley and G. Skirrolu, Editors, Academic Press, London and New York.
- Richards, F. A., J. D. Cline, W. W. Broenkow and L. P. Atkins, 1965. Some consequences of the decomposition of organic matter in Lake Nitinat, an anoxic fjord. *Limnol Oceanogr.*, 10, R. 185 - 201.
- Robles, F., E. Alarcon A. Ulloa, 1976. Las masas de agua en la región Norte de Chile y sus variaciones en un periodo frío (1967) y en periodos cálidos (1969, 1971-1973). Reunión de trabajo sobre el fenómeno conocido como "El Niño". Guayaquil-Ecuador, 4 - 12 de Diciembre de 1974. *FAO Inf. Pesca* (185), 94 - 196.
- Stefansson, U., 1968. Nitrate-phosphate relationships in the Irminger Sea. *J. Cons. Perm. int. Explor. Mer.* 32 (2), 188 - 200.
- Stefansson, U., 1968b. Dissolved nutrients, oxygen and water masses in the northern Irminger Sea. *Deep-Sea Res.*, 15, 541 - 575.
- Stefansson, U. and F. A. Richards, 1963. Processes Contributing to the nutrient distributions off the Columbia river and strait of Juan de Fuca. *Limnol. Oceanogr.* 8 (4), 394 - 410.
- Sterenson, M. and B. Taft, 1971. New evidence of the Equatorial Undercurrent East of the Galapagos Islands. *J. Mar. Res.*, 29 (2), 103 - 115.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons, 1972. A practical handbook of sea water analysis. *Bull. Fisheries Res. Board Can.*, 167, 310 p.
- Thomas, W. H., 1977. Nutrient-phytoplankton interrelationships in the eastern tropical Pacific. *Ocean. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, 17 (3), 173 - 212.
- Wooster, W., 1969. Equatorial Front between Peru and Galapagos. *Deep-Sea Res. Suppl.*, 16, 407 - 419.
- Wooster, W., and L. Cromwell, 1958. An Oceanographic description of the eastern tropical Pacific. *Bull. Scripps. Inst. Oceanogr.* 7, 169 - 282.
- Wyrtki, K., 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific. *Ocean. Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*,

9 (5); 271 - 304.

Wyrski, K., 1967. Circulation and water masses in the eastern Equatorial Pacific. *Ocean. Int. J. Oceanol. Limnol.*, 1 (2), 117 - 147.

Zuta, S. y O. Guillén, 1970. Oceanografía fr. las Aguas del Perú. *Bol. Inst. Mar. Perú*, 2 (5), 157 - 324.

UBICACION DE ESTACIONES EN DIFERENTES CRUCEROS OCEANOGRÁFICOS 1975 - 1980

CRUCERO	EST.	LAT.	LONG.	CRUCERO	EST.	LAT.	LONG.
CO - 1 - 75	1	2° 47.5 ' S	80° 34.5 ' O	CO - 1 - 76	2	3° 19.0 ' S	81° 18.4 ' O
	2	2° 55.5 ' S	80° 54.5 ' O		3	3° 18.0 ' S	82° 30.0 ' O
	3	3° 07.0 ' S	81° 23.0 ' O		4	3° 21.0 ' S	83° 48.0 ' O
	4	3° 11.0 ' S	81° 34.0 ' O		5	3° 17.5 ' S	85° 00.2 ' O
	5	2° 25.5 ' S	81° 39.0 ' O		6	3° 00.0 ' S	85° 03.0 ' O
	6	2° 00.0 ' S	81° 42.0 ' O		7	1° 56.0 ' S	85° 01.0 ' O
	7	1° 32.5 ' S	81° 45.0 ' O		8	0° 50.5 ' S	85° 07.0 ' O
	8	1° 03.5 ' S	81° 48.5 ' O		9	0° 11.0 ' N	85° 17.0 ' O
	9	0° 28.5 ' S	81° 32.0 ' O		10	1° 30.0 ' N	85° 30.0 ' O
	10	0° 02.5 ' N	81° 50.5 ' O		11	1° 30.0 ' N	84° 30.0 ' O
	11	0° 51.0 ' N	81° 21.5 ' O		12	0° 00.0 ' S	83° 46.0 ' O
	12	1° 15.0 ' N	81° 43.5 ' O		13	1° 00.0 ' S	83° 48.0 ' O
	CO - 2 - 75	13	1° 27.0 ' N		82° 07.5 ' O	14	2° 00.0 ' S
1		3° 20.0 ' S	80° 30.0 ' O	15	2° 55.0 ' S	83° 51.0 ' O	
2		3° 18.2 ' S	81° 20.0 ' O	16	3° 05.0 ' S	82° 30.0 ' O	
3		3° 18.2 ' S	82° 29.0 ' O	17	1° 49.0 ' S	82° 28.0 ' O	
4		3° 20.0 ' S	83° 45.0 ' O	18	0° 45.0 ' S	82° 27.0 ' O	
5		2° 25.0 ' S	83° 50.5 ' O	19	0° 31.0 ' N	82° 27.0 ' O	
6		2° 25.0 ' S	82° 33.0 ' O	20	1° 00.0 ' S	82° 27.0 ' O	
7		2° 20.0 ' S	81° 30.0 ' O	21	1° 30.0 ' N	82° 30.0 ' O	
8		2° 20.0 ' S	81° 00.0 ' O	22	1° 34.0 ' N	81° 27.0 ' O	
9		1° 00.0 ' S	80° 56.0 ' O	23	1° 38.0 ' N	80° 30.0 ' O	
10		1° 20.0 ' S	81° 19.0 ' O	24	1° 30.0 ' N	79° 30.0 ' O	
11		1° 20.0 ' S	82° 18.0 ' O	25	1° 15.0 ' N	80° 09.0 ' O	
12		1° 20.0 ' S	83° 39.0 ' O	26	1° 00.0 ' N	80° 47.0 ' O	
13		0° 28.0 ' S	83° 39.0 ' O	27	0° 00.0 ' S	81° 04.0 ' O	
14		0° 28.0 ' S	82° 40.0 ' O	28	0° 00.0 ' S	81° 18.0 ' O	
15		0° 28.0 ' S	81° 39.0 ' O	29	1° 41.0 ' S	81° 19.0 ' O	
16	0° 20.0 ' S	80° 34.5 ' O	30	2° 25.0 ' S	81° 19.0 ' O		
CO - 1 - 76	1	3° 21.0 ' S	80° 38.3 ' O	31	2° 50.0 ' S	80° 35.2 ' O	

Continúa.....

Continuación

CRUCERO	EST.	LAT.	LONG.	CRUCERO	EST.	LAT.	LONG.
CO - 2 - 76	1	3° 00.0' S	82° 30.0' O	CO - 1 - 78	19	1° 26.6' S	81° 45.9' O
	2	2° 00.0' S	82° 38.0' O		20	0° 57.8' S	81° 45.9' O
	3	1° 00.0' S	82° 30.0' O		21	0° 58.1' S	81° 24.1' O
	4	0° 00.0' S	82° 30.0' O		22	0° 59.0' S	80° 55.5' O
	5	1° 00.0' S	82° 30.0' O		23	0° 23.8' S	80° 43.9' O
	6	1° 30.0' N	82° 30.0' O		24	0° 23.8' S	81° 42.5' O
	7	1° 27.0' N	81° 30.0' O		25	0° 00.8' S	81° 27.2' O
	8	1° 25.0' N	80° 21.0' O		26	0° 12.2' S	80° 13.2' O
	9	1° 30.0' N	79° 30.0' O		27	0° 28.5' N	81° 06.7' O
	10	1° 14.0' N	80° 09.0' O		28	0° 59.4' N	82° 30.0' O
	11	1° 00.0' N	80° 45.0' O		29	0° 03.2' S	82° 22.7' O
	12	0° 00.0' N	81° 03.0' O		30	1° 00.3' S	82° 29.8' O
CO - 1 - 78	1	3° 13.2' S	80° 18.8' O	31	2° 00.1' S	82° 29.5' O	
	2	3° 17.2' S	80° 40.0' O	32	2° 25.9' S	82° 22.4' O	
	3	3° 13.2' S	80° 53.9' O	33	2° 54.1' S	82° 25.7' O	
	4	3° 19.0' S	81° 23.2' O	CO - 1 - 80	1	3° 1.0' S	82° 29.0' O
	5	3° 17.4' S	81° 55.0' O		2	1° 59.0' S	82° 31.2' O
	6	3° 09.7' S	81° 10.7' O		3	1° 00.0' S	82° 30.0' O
	7	2° 53.0' S	80° 22.7' O		4	0° 00.0'	80° 30.0' O
	8	2° 50.2' S	80° 52.3' O		5	1° 00.0' N	82° 30.0' O
	9	2° 50.2' S	81° 52.3' O		6	1° 2.2' S	91° 35.7' O
	10	2° 50.5' S	81° 40.1' O		7	0° 46.6' S	91° 46.5' O
	11	2° 28.5' S	81° 54.2' O		8	0° 32.0' S	91° 53.0' O
	12	2° 26.3' S	81° 24.4' O		9	0° 40.1' S	91° 40.5' O
	13	2° 25.5' S	81° 05.5' O		10	0° 38.4' S	91° 22.4' O
	14	2° 13.5' S	81° 24.5' O		11	0° 35.5' S	91° 12.5' O
	15	2° 00.0' S	81° 52.4' O		12	0° 17.6' S	91° 23.0' O
	16	2° 00.3' S	80° 55.0' O		13	0° 8.0' S	91° 29.5' O
	17	1° 26.3' S	80° 55.0' O		14	0° 1.4' N	91° 39.6' O
	18	1° 26.2' S	81° 22.8' O				

Tabla 1

CONTENIDO DE NUTRIENTES EN DIVERSAS MASAS DE AGUA

MASA DE AGUA	Oxígeno ml/l		A. O. U. ug-at/l		Fosfato ug-at/l		Nitrate ug-at/l	
	Prom.	Intervalo	Prom.	Intervalo	Prom.	Intervalo	Prom.	Intervalo
AGUAS TROPICALES SU- PERFICIALES (ATS)	4.60	3.97 5.49	-0.12	-0.87 0.23	0.35	0.29 0.81	0.6	0.1 1.0
AGUAS ECUATORIALES SUPERFICIALES (AES)	4.53	3.49 5.31	0.35	-0.13 1.36	0.62	0.33 0.87	6.8	3.1 8.6
AGUAS SUBTROPICALES SU- PERFICIALES (ASTS)	3.70	3.20 3.74	1.41	1.38 1.95	0.75	0.74 0.79	8.9	7.9 11.7
AGUAS COSTERAS PERUANAS (ACP)	2.48	2.18 3.23	2.96	2.42 3.17	1.20	0.96 1.57	16.1	10.7 17.3
AGUAS ECUATORIALES SUB- SUPERFICIALES (AESS)	1.65	1.28 1.84	4.13	3.95 4.54	1.60	1.41 1.93	21.7	19.7 24.2
AGUAS ECUATORIALES PRO- FUNDAS (AEP)	0.48	0.39 0.62	5.83	5.37 6.15	2.14	1.84 2.38	29.2	24.6 33.1

Tabla 2

RAZONES MEDIAS DE CONCENTRACION, POR ATOMOS, AOU:P Y N:P EN LAS DIVERSAS MASAS DE AGUA

MASAS DE AGUA	AOU:P		N:P	
	PROMEDIO	INTERVALO	PROMEDIO	INTERVALO
AGUAS TROPICALES SUPERFICIALES (ATS)	-31:1	-268:1 71:1	1.7:1	0.2:1 3.3:1
AGUAS ECUATORIALES SUPERFICIALES (AES)	50:1	-13:1 368:1	11.0:1	3.8:1 20.9:1
AGUAS SUBTROPICALES SUPERFICIALES (ASTS)	168:1	163:1 226:1	11.8:1	10.7:1 15.2:1
AGUAS COSTERAS PERUANAS (ACP)	220:1	138:1 301:1	13.4:1	8.4:1 16.0:1
AGUAS ECUATORIALES SUBSUPERFICIALES (AESS)	231:1	192:1 282:1	13.6:1	11.6:1 16.9:1
AGUAS ECUATORIALES PROFUNDAS (AEP)	243:1	222:1 266:1	13.6:1	11.6:1 15.4:1

Tabla 3

**RAZONES DE CAMBIO, POR ATOMOS, DE O:P Y N:P EN LOS DIVERSOS
CRUCEROS OCEANOGRAFICOS**

CRUCERO	O:P	N:P
CO - I - 75	275:1	16.7
CO - II - 75	301:1	16.1
CO - I - 76	312:1	14.7
CO - II - 76	269:1	16.0
CO - I - 78	243:1	15.5
CO - I - 80 (área costera)	263:1	12.1
CO - I - 80 (Galápagos)	230:1	12.4
TODOS	263:1	14.4

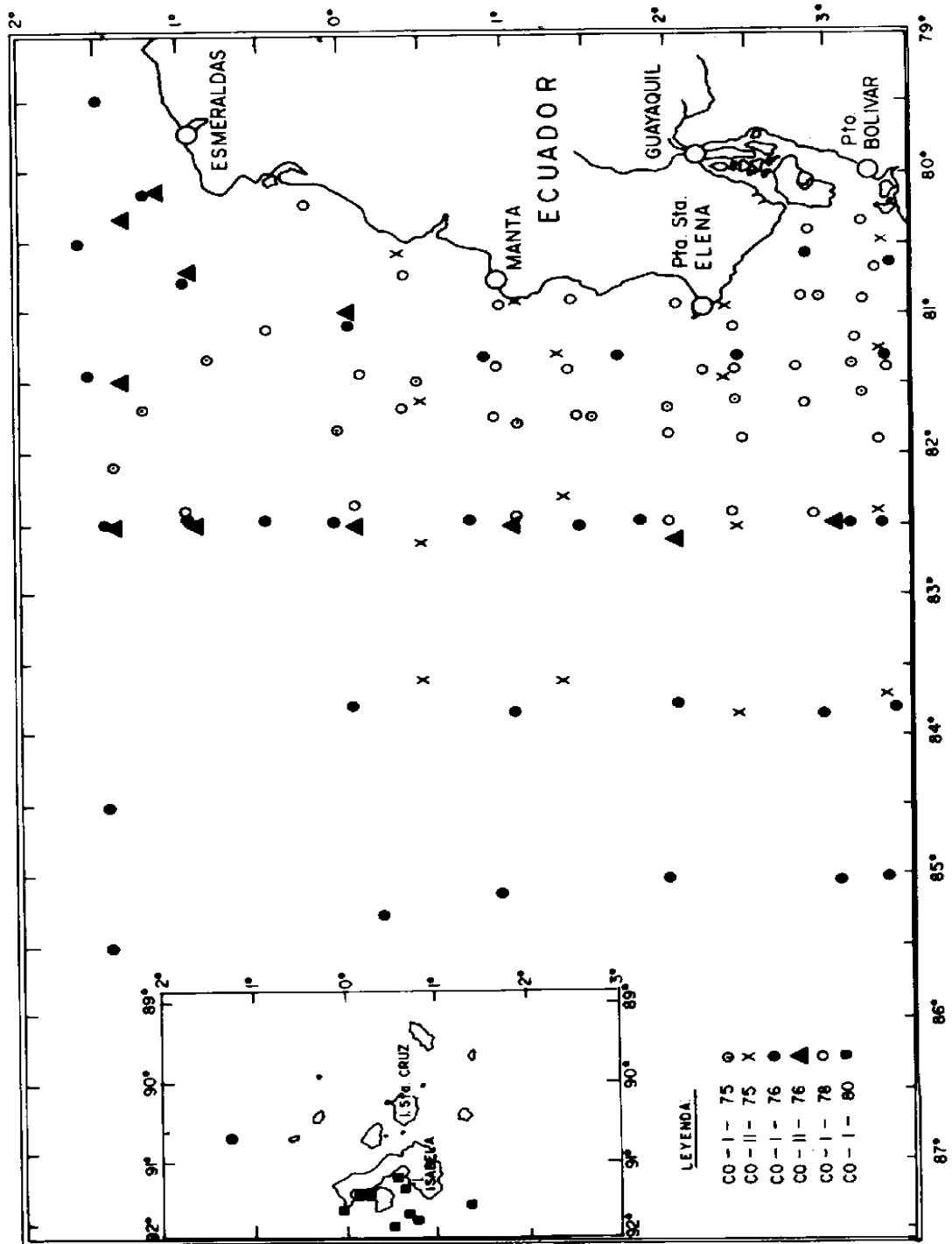
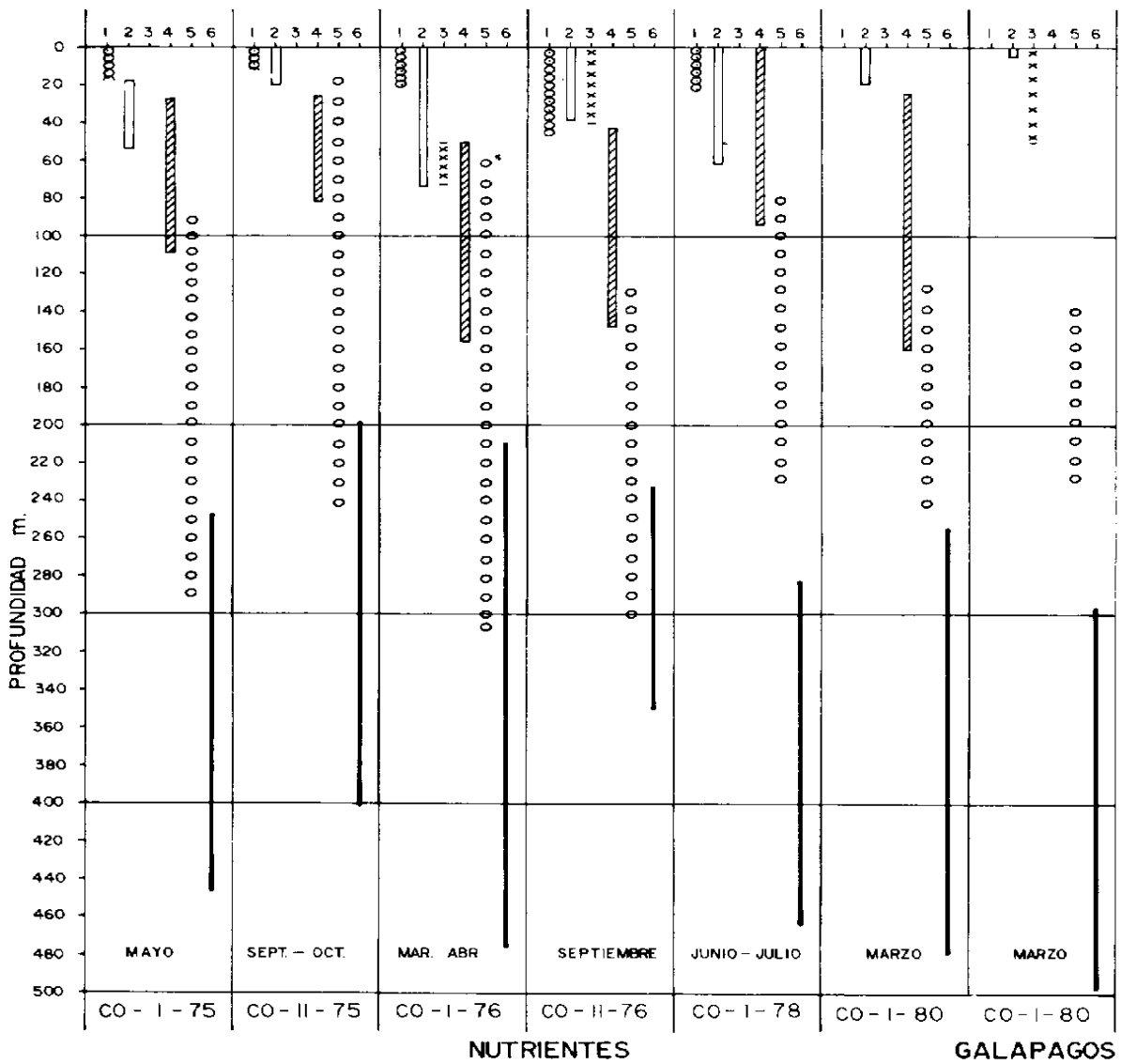


Fig. 1. Ubicación de las estaciones oceanográficas en diversos cruceros.



82° 30'W y GALAPAGOS: CO-I-80.

Fig. 2. Profundidades superiores e inferiores encontradas de las diferentes masas de agua.

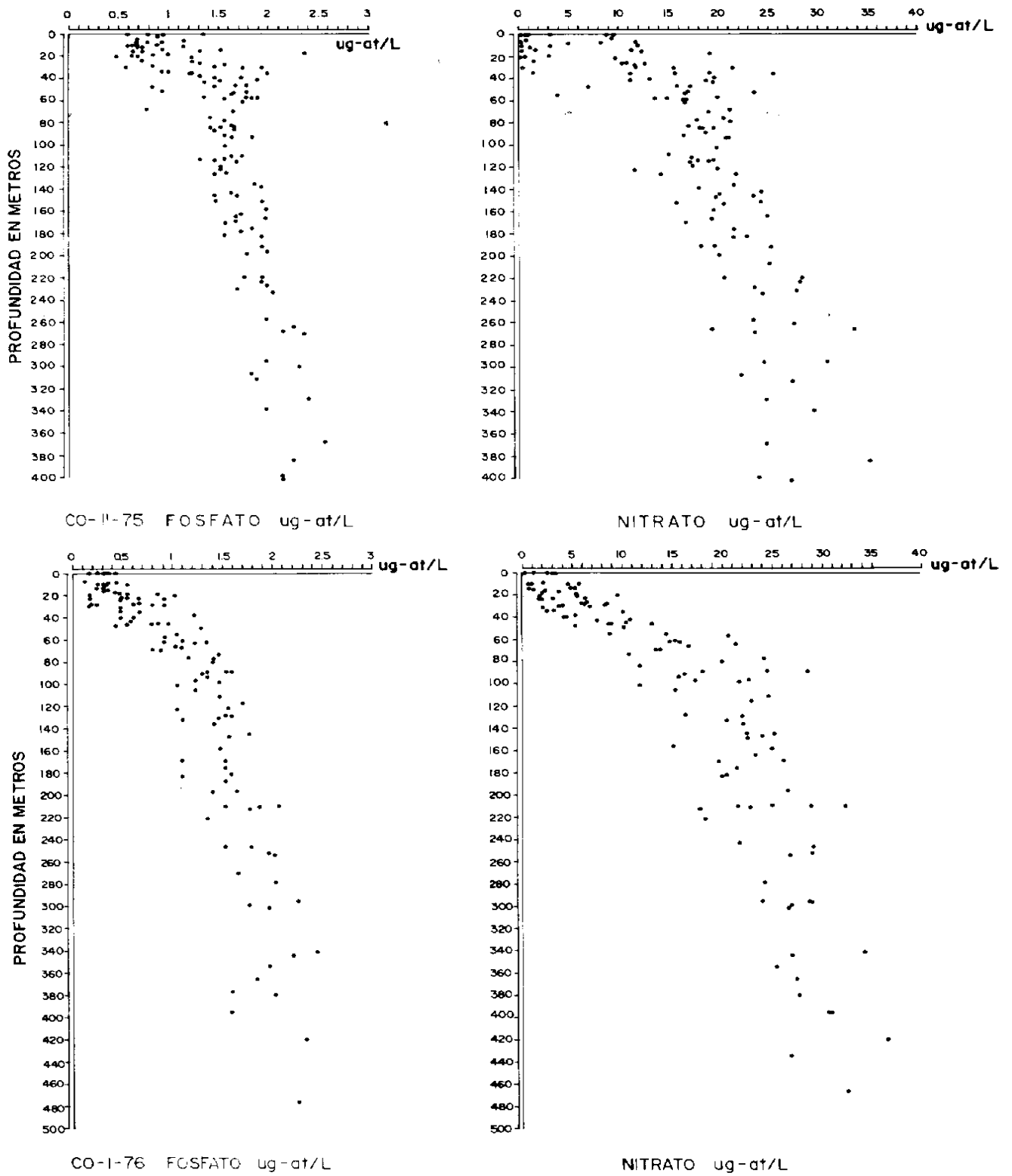


Fig. 3. Distribución vertical de fosfato y nitrato en los crucesos, CO - II - 75 y 76.

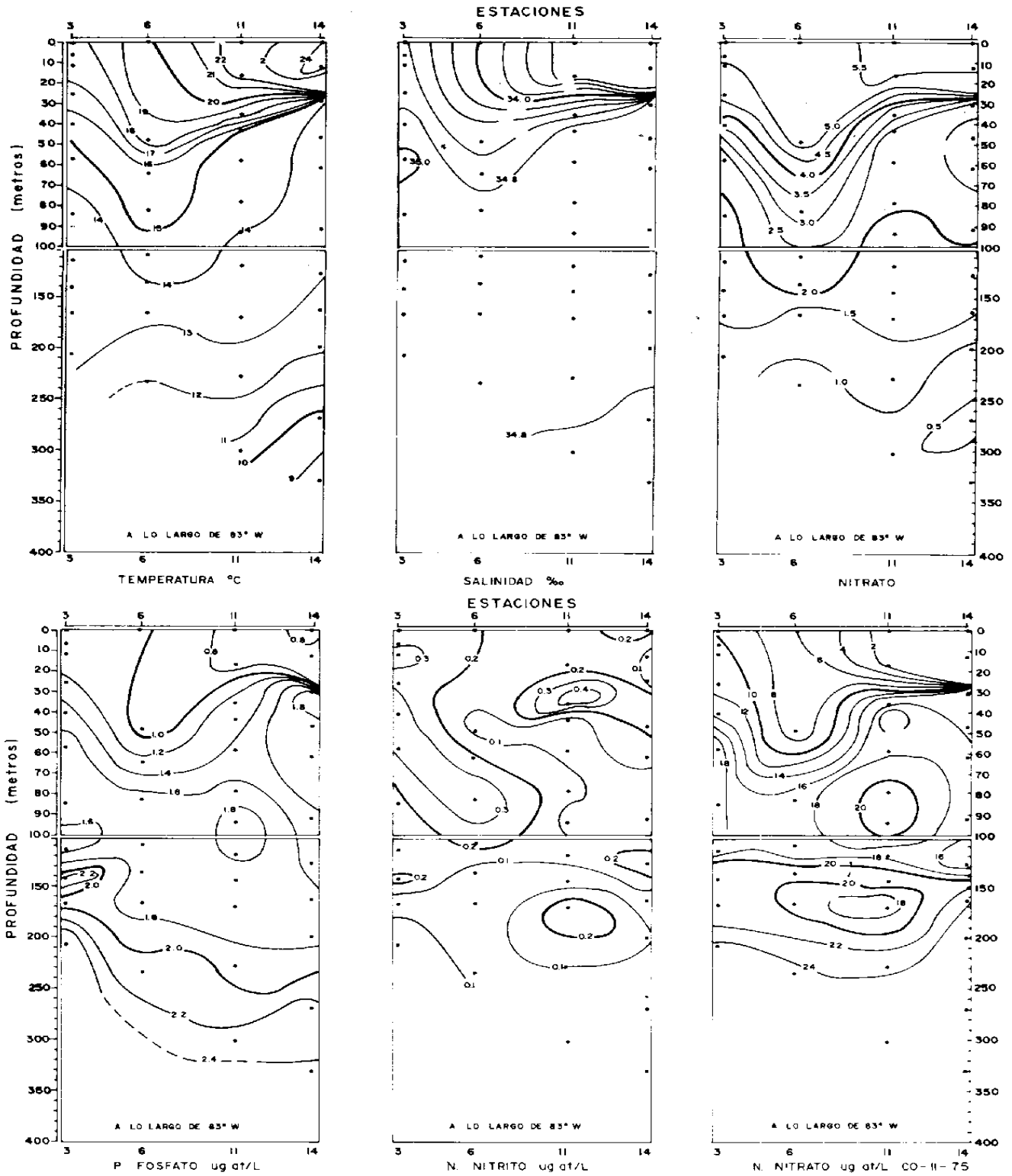


Fig. 4. Distribución vertical latitudinal de los parámetros hidrográficos y químicos a lo largo de 83° W., en el crucero oceánico II - 75.

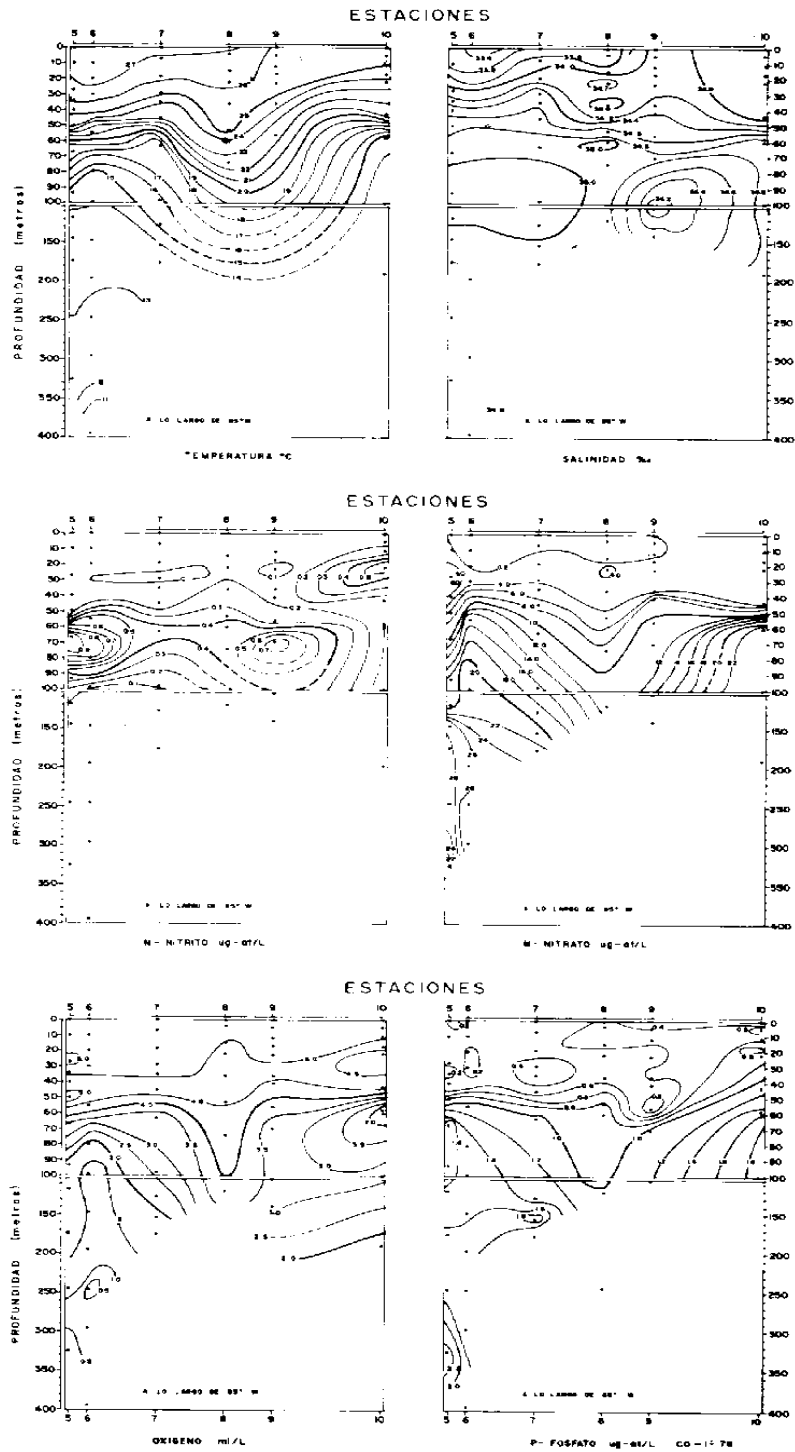
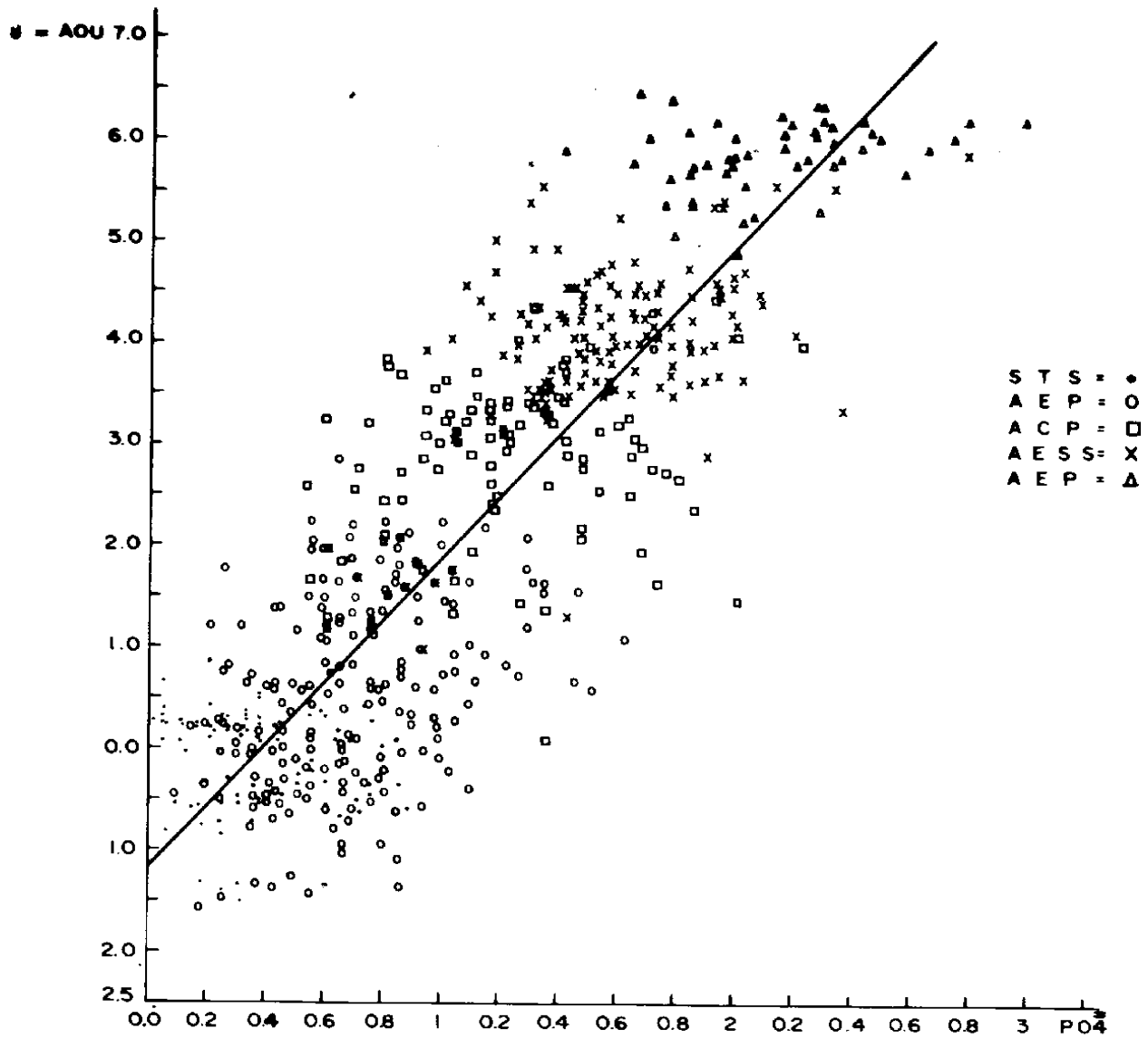


Fig. 5. Distribución vertical de los parámetros hidrográficos y químicos a lo largo de 85° W., en el crucero oceánico I - 76.



CRUCEROS

Δ O : Δ P

CO - I - 75	A O U = 3.08P - 0.28
CO - II - 75	A O U = 3.07P - 1.93
CO - I - 76	A O U = 3.43P - 1.92
CO - II - 76	A O U = 3.01P - 0.64
CO - I - 78	A O U = 2.72P - 1.06
CO - I - 80	A O U = 2.95P - 1.51
(AREA COSTERA)	
CO - I - 80	A O U = 2.58P - 0.49
(GALAPAGOS)	

A O U = 3.03P - 1.12

Fig. 6. Relación entre la utilización aparente de oxígeno (AOU) y fosfato (P).

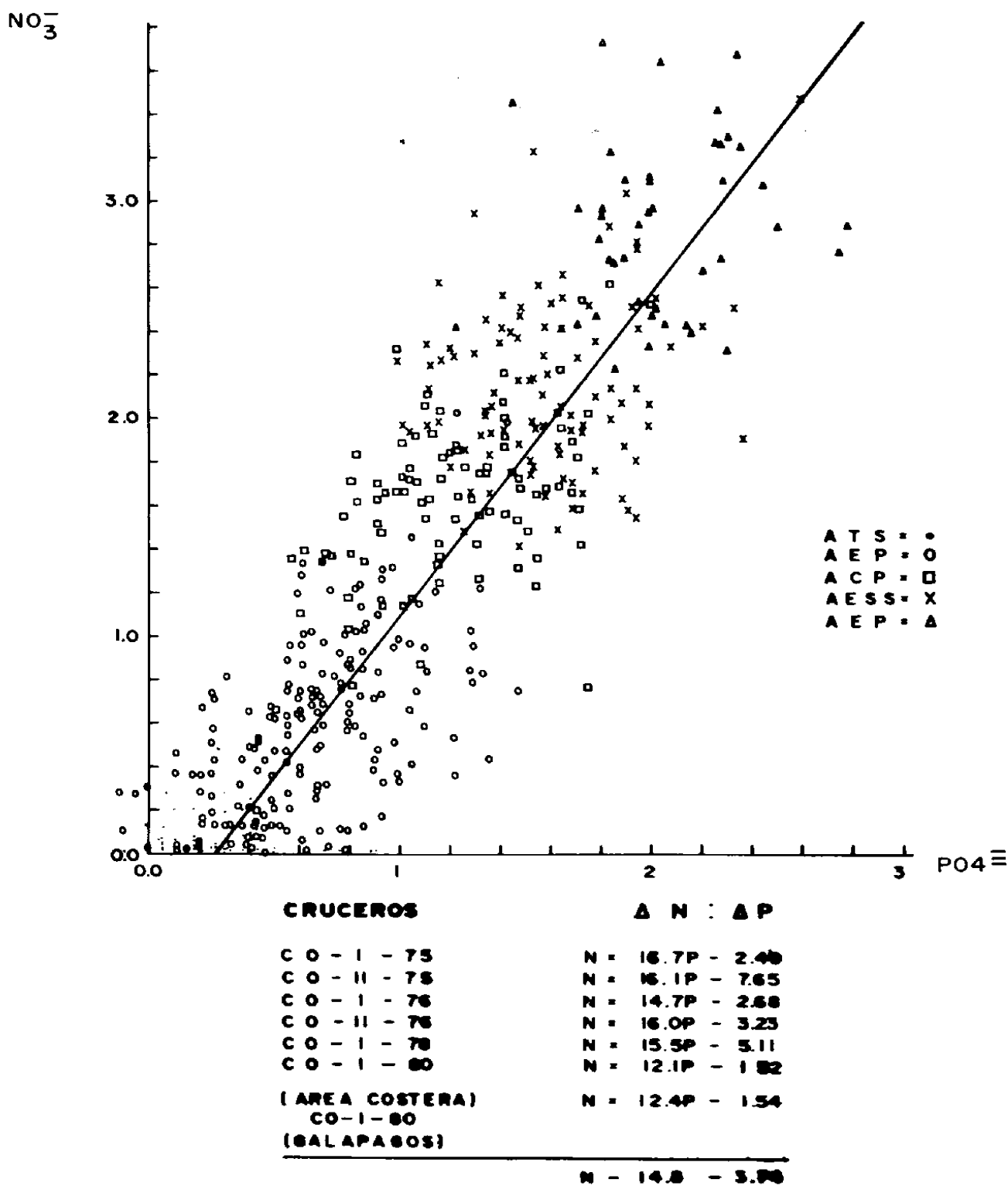


Fig. 7. Relación entre nitrato (N) y fosfato (P).