

Bol. Cient. CIOH	Cartagena (Colombia)	No. 5	p.g. 25-59	Dic. 1984	ISSN 0120 - 0542
------------------	-------------------------	-------	------------	-----------	------------------

## CONTRIBUCION AL ESTUDIO OCEANOGRAFICO QUIMICO DEL ARCHIPIELAGO DE SAN ANDRES Y PROVIDENCIA.

Por: Jesús A. Garay Tinoco\*  
Henry Gutiérrez T. \*\*

### RESUMEN

La presente publicación corresponde al estudio de los parámetros químicos de la fase I del crucero oceanográfico "OCEANO IV", realizado durante 1975 a bordo del Buque de Investigaciones Oceanográficas de la Armada Nacional ARC. "SAN ANDRES", y que comprendió además, el estudio físico-químico de las aguas del litoral Caribe Colombiano (Fase II).

Los resultados muestran un alto contenido de oxígeno disuelto en la mayor parte del área, como consecuencia de la agitación y mezcla de las aguas durante esta época (Octubre). Los nutrientes se mantienen en rangos normales a excepción de zonas cercanas a las Islas, donde se presentan concentraciones altas.

### ABSTRACT

This paper, corresponds to the study of the chemical parameters of the 1st. phase, from the oceanographic cruise, "OCEANO IV", held during 1975 on board the Colombian Navy Oceanographic Vessel ARC. "SAN ANDRES", and which studied also the physical-chemical conditions of the coastal zone (2nd phase).

The results show a high dissolved oxygen content in most parts of the area, as a consequence of turbulence and mixture of the waters during this time of the years (October). Normal nutrient concentrations were found except nearby the islands where high concentrations were found.

### INTRODUCCION

En la última década Colombia ha puesto sus ojos en el mar, reconociendo la importancia del potencial económico que encierran sus aguas, su suelo y subsuelo, y lo que la explotación racional de estos recursos puede significar para el desarrollo económico del país.

Conscientes del beneficio que representan estos recursos poco explotados para el país, se plantea la necesidad de desarrollar evaluaciones sistemáticas de parámetros físico-químicos y biológicos con el fin de medir metódicamente la productividad de dichos mares.

En aguas del Caribe Colombiano, el Centro de Investigaciones, ha realizado 5 cruceros oceanográficos, y en ellos se han hecho estudios físicos, químicos, biológicos y meteorológicos, de los cuales varios ya han sido publicados.

El objetivo de este estudio, es conocer los niveles de concentración y distribución espacial de los parámetros químicos (nutrientes) en aguas del Archipiélago Colombiano de San Andrés y Providencia.

\* Químico, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena, Colombia, A.A. 982.

\*\* Ingeniero Químico, CIOH.

## AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se desarrollo en aguas jurisdiccionales del Archipiélago Colombiano de San Andres y Providencia (Fig. No. 1), localizado entre 12° 00' a 16° 00' de Latitud N y los 79° 00' a 82° 00' de Longitud OE. La operación oceanográfica se llevó a cabo del 15 al 23 de Octubre de 1975 y se hicieron observaciones de salinidad, temperatura, oxígeno, pH, fosfatos y nitritos en 34 estaciones oceanográficas.

## MATERIALES Y METODOS

Las observaciones oceanográficas se obtuvieron a bordo del Buque Oceanográfico ARC. "SAN ANDRES" de la Armada Nacional, siguiendo la metodología aconsejada según el Boletín H.O. 607.

Las muestras superficiales se recolectaron en balde plástico, mientras que las de profundidad en botellas Nansen hasta un nivel promedio de 2.000 m.

Las determinaciones de pH, O<sub>2</sub> y salinidad se efectuaron a bordo; no así los fosfatos y nitritos, los cuales se analizaron en laboratorio de tierra, previa congelación de las muestras a -20°C.

La salinidad fue medida usando un salinómetro Beckman RS-7B y el pH mediante un potenciómetro Coleman de electrodo integrado.

El O<sub>2</sub> disuelto se determinó usando el método clásico de Winkler, mientras que para los nutrientes se siguieron las técnicas recomendadas por Strickand y Parsons, 1968.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### OXIGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto, en estudios oceanográficos es de importancia fundamental para conocer la distribución de organismos en los océanos, para los estudios de oxidación y descomposición de materia orgánica y para la estimación de la productividad de las aguas. La cantidad presente en los ríos, lagos y océanos refleja el balance en la producción por la fotosíntesis y su consumo por la respiración (Davies, D., 1975).

A nivel superficial, la concentración de oxígeno disuelto varía desde 5.8 hasta 3.9 ml/l (Fig. No. 2). Las más altas concentraciones se localizan al Sureste de la Isla de San Andrés y en los alrededores del Cayo Roncador, con valores de 5.79 y 5.36 ml/l respectivamente. Mientras que los límites inferiores se localizan en la zona central del Archipiélago (entre los Cayos Quitasueño y Serrana) y en la parte Noroeste, con valores de 3.96 y 3.89 ml/l respectivamente. En promedio, la concentración más representativa es 4.5 ml/l, cuyas isoxígenas se distribuyen en la mayor parte del Archipiélago.

En general, las concentraciones de oxígeno disuelto a este nivel están considerablemente altas, puesto que están cerca al límite superior de saturación (6.0 ml/l), pero si se considera que la zona está sometida a gran turbulencia y agitación durante todo el año, entonces las concentraciones encontradas pueden considerarse normales; puesto que el oxígeno disuelto en las capas superiores depende mayormente del intercambio mar-aire y de los procesos fotosintéticos que a este nivel alcanza su máxima actividad (Clarke, G.L. 1963).

En las capas subsiguientes a la superficial (Figuras No. 3, 4, 5 y 6), las concentraciones de oxígeno disminuyen en una forma progresiva y poco significativa, encontrándose valores entre 4.5 y 3.5 ml/l, que se mantienen hasta los 200m. de profundidad aproximadamente, salvo algunos casos aislados como en los alrededores de la Isla San Andrés que a 200 m. de profundidad presenta valores de 2.5 ml/l (Figura No. 6).

En las capas por debajo de los 200 m., la concentración de oxígeno disuelto disminuye progresivamente hasta valores en algunos casos de 1.0 a 2.0ml/l en la mayor parte del área (Figs. No. 7 y 8). Esta disminución se presenta hasta aproximadamente 600 m. de profundidad, a partir de los cuales empieza de nuevo a aumentar significativamente hasta las capas profundas de 1.500 a 2.000m., donde se alcanzan concentraciones hasta de 4.5 ml/l.

La distribución vertical de las isoxígenas es normal en la mayoría de los perfiles (Figs. No. 7 y 8), es decir, se distribuyen horizontalmente en forma uniforme y progresivamente van disminuyendo hasta una profundidad límite de 600m., a partir del cual vuelven a incrementarse hasta el fondo, donde en muchos casos se obtienen valores relativamente altos (4.6 ml/l), debido al continuo intercambio de masas de agua, ricas en oxígeno proveniente de altas latitudes con las propias de las zonas profundas (Tait, R.V., 1971).

#### pH

El pH es la resultante y expresión de fenómenos diversos. La preponderancia en el agua de mar de los iones fuertemente básicos, sodio, potasio y calcio, motiva una ligera alcalinidad de las aguas y la posibilidad de que exista una considerable cantidad de CO<sub>2</sub> en solución. Esto es de una gran importancia biológica, porque el CO<sub>2</sub> es material de primer orden en la fotosíntesis. En condiciones naturales, el crecimiento de las plantas en el mar está probablemente limitada por la cantidad de CO<sub>2</sub> (Tait, R.V., 1971).

A nivel superficial, el pH varía desde 7.6 hasta 8.2. Los máximos valores se localizan en la zona Norte del Archipiélago y en los alrededores del Cayo Quitasueño. Los límites inferiores los presenta la parte Sur de la Isla de San Andrés y alrededor del Cayo Serranilla con valores de 7.6 y 7.7 respectivamente (Fig. 9). A este nivel la variación se lleva a cabo dentro de límites estrechos, pues el rango entre el máximo y mínimo valor es de 0.6 unidades de pH; siendo 8.0 el valor promedio más representativo en toda el área.

En el nivel de los 20m., la variación es menor y el rango es más estrecho, pues los límites varían de 7.8 a 8.2 (Fig. 10).

En las capas por debajo de los 20m. (Figs. 11, 12, 13, 14 y 15), la variación en algunos casos es mayor, pues se encuentran rangos desde 7.5 hasta 8.3 con un delta de 0.8 unidades de pH, siendo significativo para el presente estudio, puesto que la variación normal para aguas del Océano Atlántico en condiciones normales es de 7.6 - 8.3 (Riley, J.P., 1965).

En general el pH varía entre límites estrechos en las capas superiores y sufre cambios significativos en las capas profundas, pero se encuentra dentro de los límites estipulados para aguas marinas.

## FOSFATOS

El fósforo es un elemento **relativamente escaso** en la naturaleza, ya que solo entra en 1/700 en la composición de la corteza terrestre. Por esta razón es también escaso en el agua de mar.

Las únicas fuentes de fósforo dispuestas para su inmediata utilización son los productos de la descomposición de los organismos, pues los fosfatos que se encuentran en las rocas y en el fondo del mar solo puede utilizarse a ritmo demasiado lento (Clarke, G.L., 1963).

En el nivel superficial (Fig. 16), se encuentran valores máximos de 0.99  $\mu\text{gr-at-P/l}$  y mínimos de 0.1 a 0.2  $\mu\text{gr-at-P/l}$ . Los primeros, localizados frente a la Isla de San Andrés y alrededor del Bajo Roncador, mientras que los límites inferiores en la zona Norte de la Isla de Providencia entre los Bajos Quitasueño y Serrana.

A nivel de 20m. (Fig. 17) se encuentran máximos de 0.8  $\mu\text{gr-at-P/l}$  cerca al Bajo Serrana y mínimos de 0.5  $\mu\text{gr-at-P/l}$  alrededor de la Isla Providencia; notándose un rango de variación poco significativo. Esto no sucede a 50m. de profundidad (Fig. 18), pues los valores máximos sufren un incremento grande, llegando hasta valores de 2.8  $\mu\text{gr-at-P/l}$  en cercanías de la Isla de San Andrés. A nivel de 100m. (Fig. 19), las concentraciones disminuyen considerablemente hasta valores máximos de 0.3  $\mu\text{gr-at-P/l}$  en los alrededores de la Isla de San Andrés; en las demás zonas no presenta variaciones notorias; comportamiento parecido tiene el nivel de 200m. (Fig. 20), donde se nota una nivelación de las concentraciones a valores entre 0.1-0.4  $\mu\text{gr-at-P/l}$ , a excepción de la zona comprendida entre los Bajos Rosalinda y Serranilla donde se nota un ligero incremento hasta valores de 0.6  $\mu\text{gr-at-P/l}$ .

A nivel vertical (Figs. 21 y 22), los perfiles muestran una distribución poco homogénea, donde las isolíneas de 0.7, 0.8 y 0.9  $\mu\text{gr-at-P/l}$  se localizan entre 50-100m. de profundidad, posteriormente se localizan las de baja concentración hasta cerca de los 500 m. y en las capas profundas las de concentración intermedia entre 0.3 - 0.6  $\mu\text{gr-at-P/l}$ . Como característica importante, estas mismas isolíneas no se localizan siempre a la misma profundidad, pues en determinadas zonas sufren ascensos hacia capas superficiales o pronunciados descensos hacia las capas profundas. Esto es debido a las corrientes verticales y horizontales, y a transportes de masas de agua, ya que los nutrientes se transportan a través de estos fenómenos o por difusión vertical y horizontal (Margalef, R., 1974).

## NITRITOS

El estudio de los nitritos es de utilidad en el ciclo del nitrógeno, porque ocupa una posición intermedia entre los iones amonio y nitratos. Como los estados de oxidación del nitrógeno se encuentran en equilibrio, la concentración de los iones nitrito sirve como indicador de la inestabilidad del sistema (Clarke, G.L., 1963).

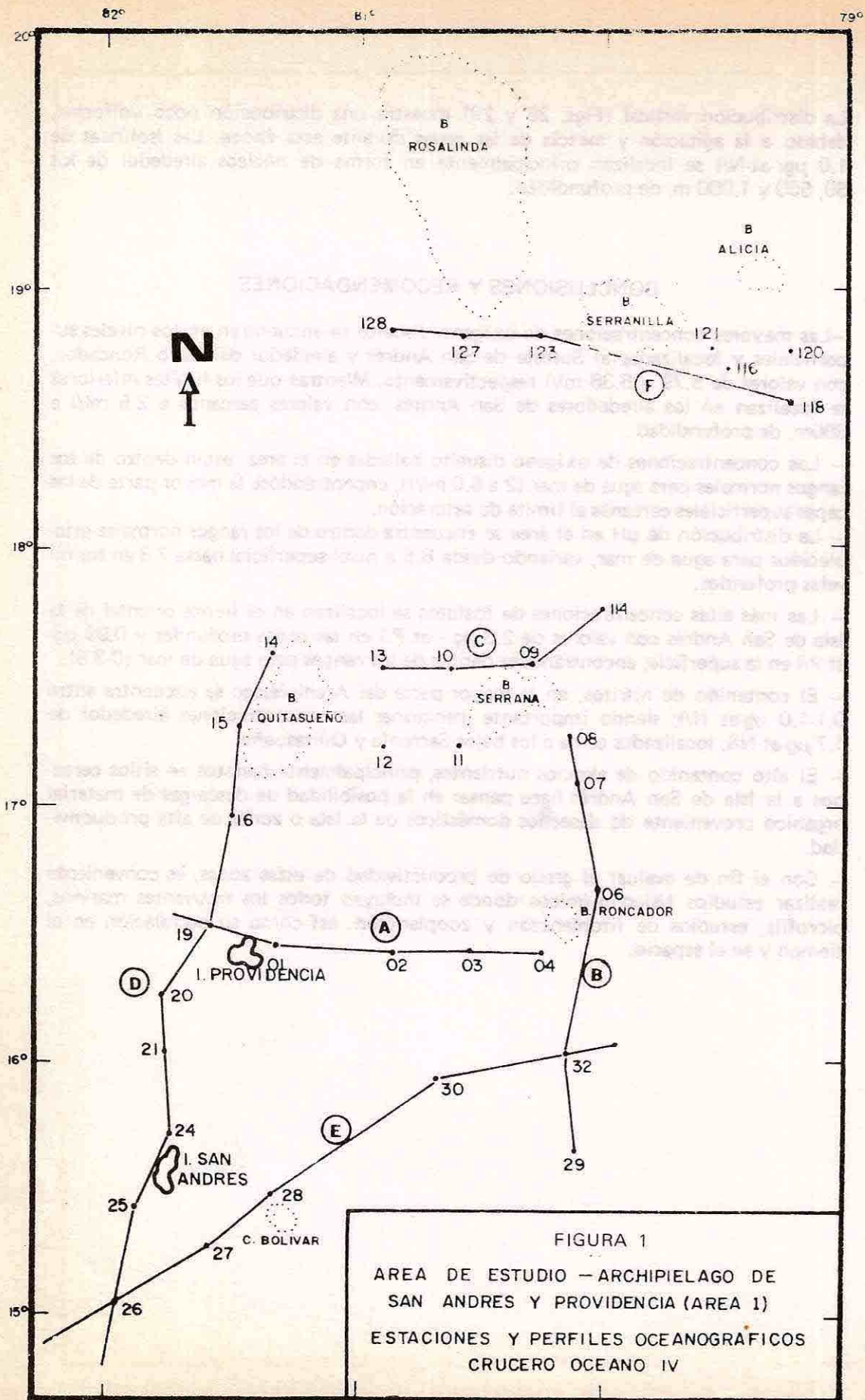
A nivel superficial (Fig. 23) se encuentran valores en un rango de 0.1-1.75  $\mu\text{gr-at-N/l}$ . Las máximas concentraciones de 1.75  $\mu\text{gr-at-N/l}$  localizada entre Serrana y Quitasueño y 1.0  $\mu\text{gr-at-N/l}$  al Sur del Bajo Roncador. Concentraciones intermedias entre 0.4-0.8  $\mu\text{gr-at-N/l}$  se localizan en la mayor parte del Archipiélago. A nivel de 20m. (Fig. 24), las máximas concentraciones se localizan en la zona comprendida entre Serrana y Quitasueño, y al Sur de la Isla de San Andrés con valores de 1.0 y 1.16  $\mu\text{gr-at-N/l}$ . A este nivel predomina 0.5  $\mu\text{gr-at-N/l}$  en la mayor parte del área.

En los niveles de 50 hasta 200m. de profundidad (Figs. 25, 26 y 27), no presentan mayor variación en la concentración de nitritos, pues se presentan valores entre 1.0 y 0.3  $\mu\text{gr-at-N/l}$  en la mayor parte del área.

La distribución vertical (Figs. 28 y 29) muestra una distribución poco uniforme, debido a la agitación y mezcla de las aguas durante esta época. Las isolíneas de  $1.0 \mu\text{gr-at-N/l}$  se localizan principalmente en forma de núcleos alrededor de los 50, 500 y 1.000 m. de profundidad.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las mayores concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran en los niveles superficiales y localizadas al Sureste de San Andrés y alrededor del Cayo Roncador, con valores de 5.79 y 5.36 ml/l respectivamente. Mientras que los límites inferiores se localizan en los alrededores de San Andrés, con valores cercanos a 2.5 ml/l a 600m. de profundidad.
- Las concentraciones de oxígeno disuelto halladas en el área, están dentro de los rangos normales para agua de mar (2 a 6.0 ml/l), encontrándose la mayor parte de las capas superficiales cercanas al límite de saturación.
- La distribución de pH en el área se encuentra dentro de los rangos normales establecidos para agua de mar, variando desde 8.5 a nivel superficial hasta 7.3 en los niveles profundos.
- Las más altas concentraciones de fosfatos se localizan en el frente oriental de la Isla de San Andrés con valores de  $2.8 \mu\text{g-at P/l}$  en las capas profundas y  $0.99 \mu\text{g-at P/l}$  en la superficie, encontrándose dentro de los rangos para agua de mar (0-3.5).
- El contenido de nitritos, en la mayor parte del Archipiélago se encuentra entre 0.1-1.0  $\mu\text{g-at N/l}$ ; siendo importante mencionar las concentraciones alrededor de  $1.7 \mu\text{g-at N/l}$ , localizadas cerca a los bajos Serranía y Quitasueño.
- El alto contenido de algunos nutrientes, principalmente fosfatos en sitios cercanos a la Isla de San Andrés hace pensar en la posibilidad de descargas de material orgánico proveniente de desechos domésticos de la Isla o zonas de alta productividad.
- Con el fin de evaluar el grado de productividad de estas zonas, es conveniente realizar estudios físico-químicos donde se incluyan todos los nutrientes marinos, clorofila, estudios de fitoplanctón y zooplanctón, así como su correlación en el tiempo y en el espacio.



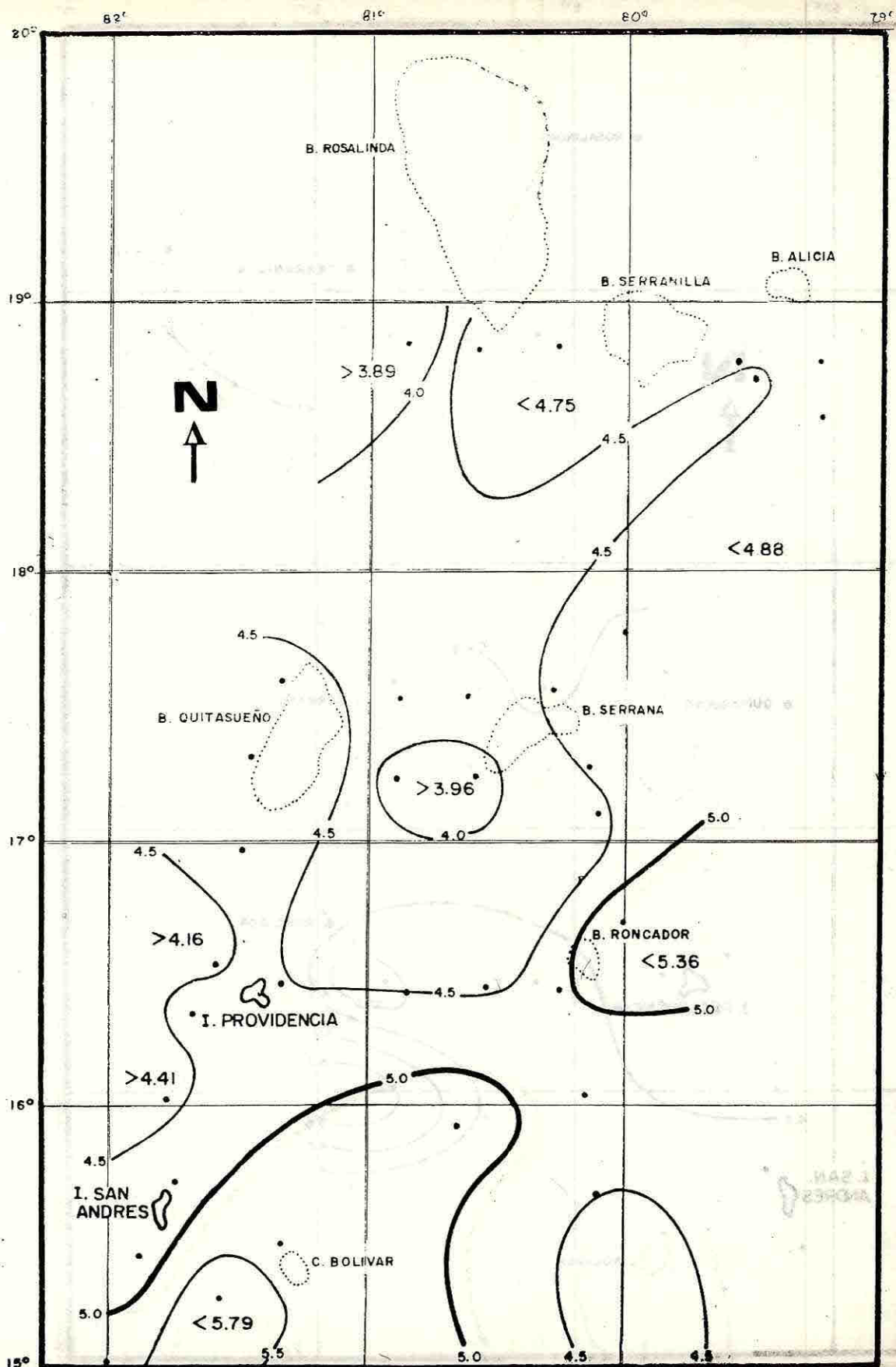


FIGURA 2 DISTRIBUCION HORIZONTAL O<sub>2</sub> DISUELTO NIVEL SUPERFICIAL  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

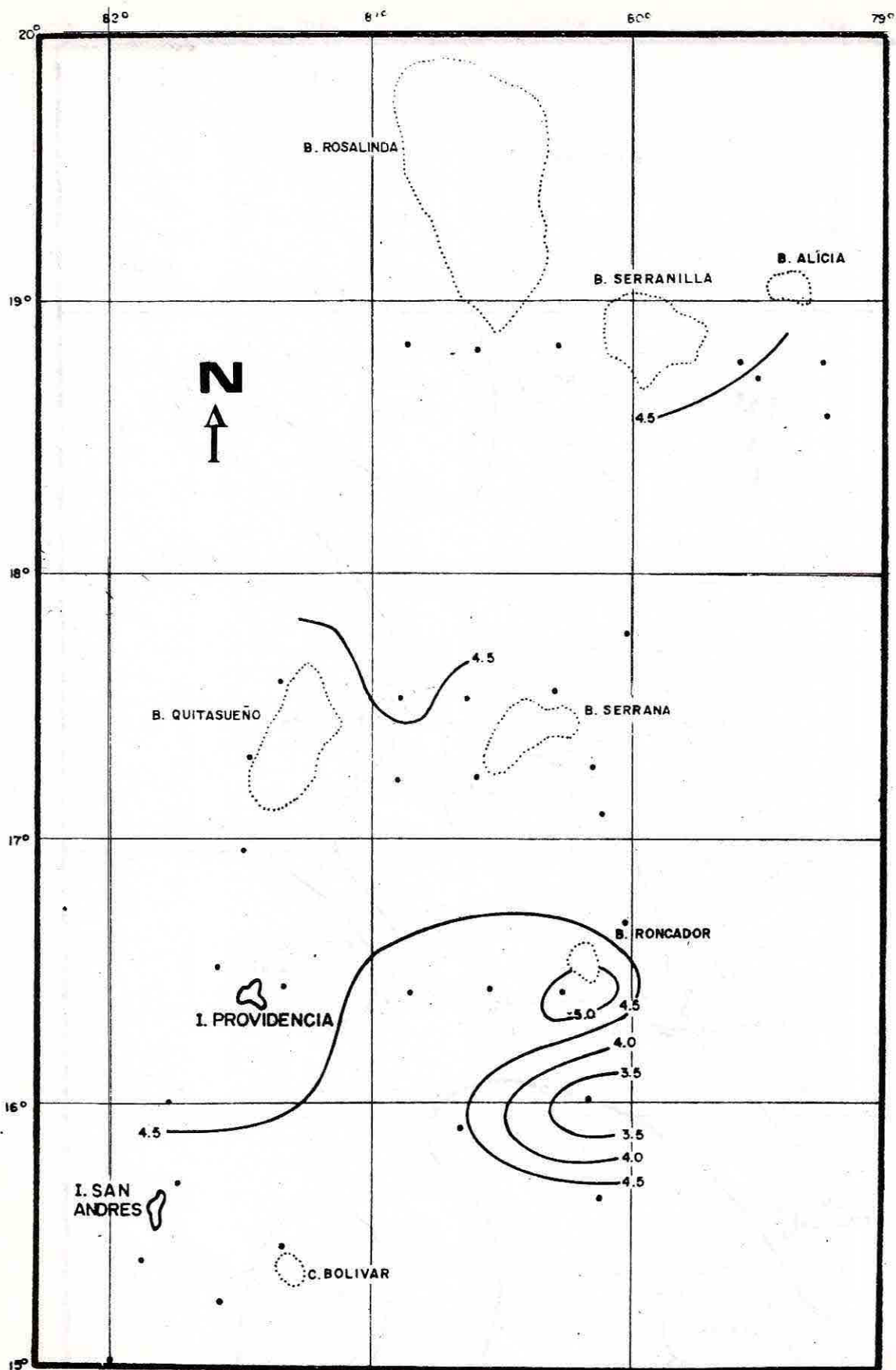


FIGURA 3 DISTRIBUCION HORIZONTAL O<sub>2</sub> DISUELTO NIVEL 20 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1



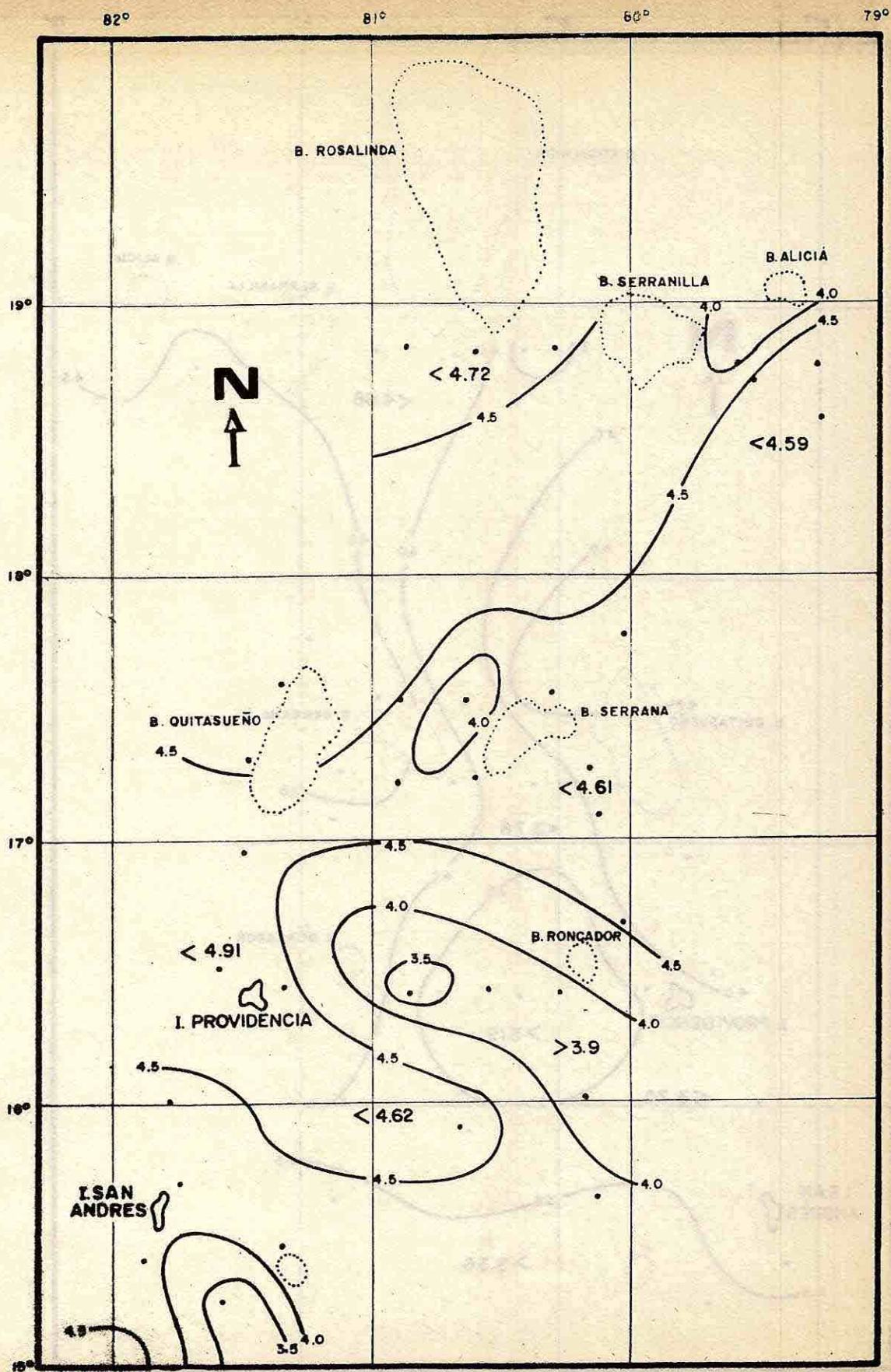


FIGURA 4 DISTRIBUCION HORIZONTAL O<sub>2</sub> DISUELTO NIVEL 50 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

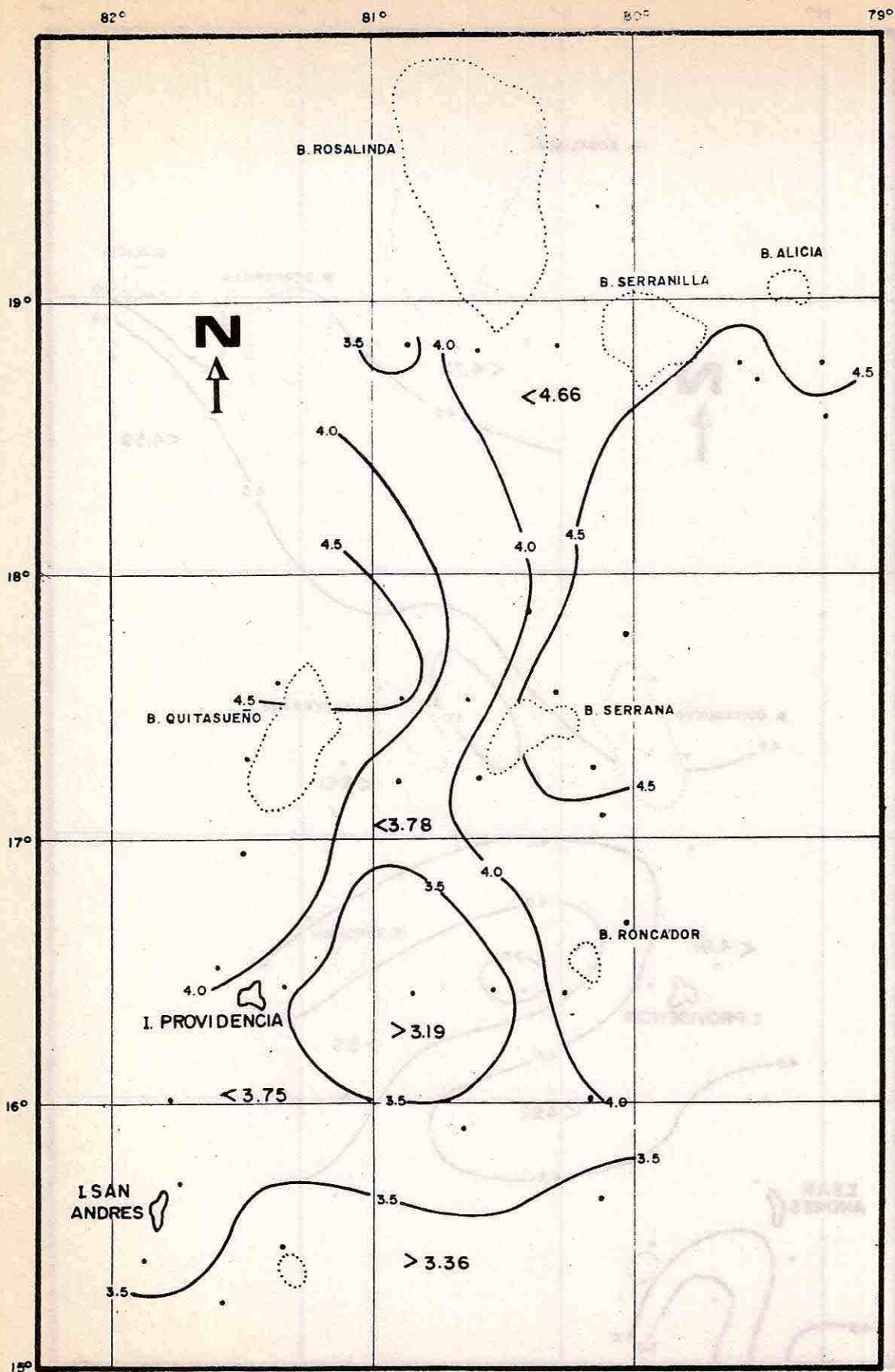


FIGURA 5 DISTRIBUCION HORIZONTAL O<sub>2</sub> DISUELTO NIVEL 100 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

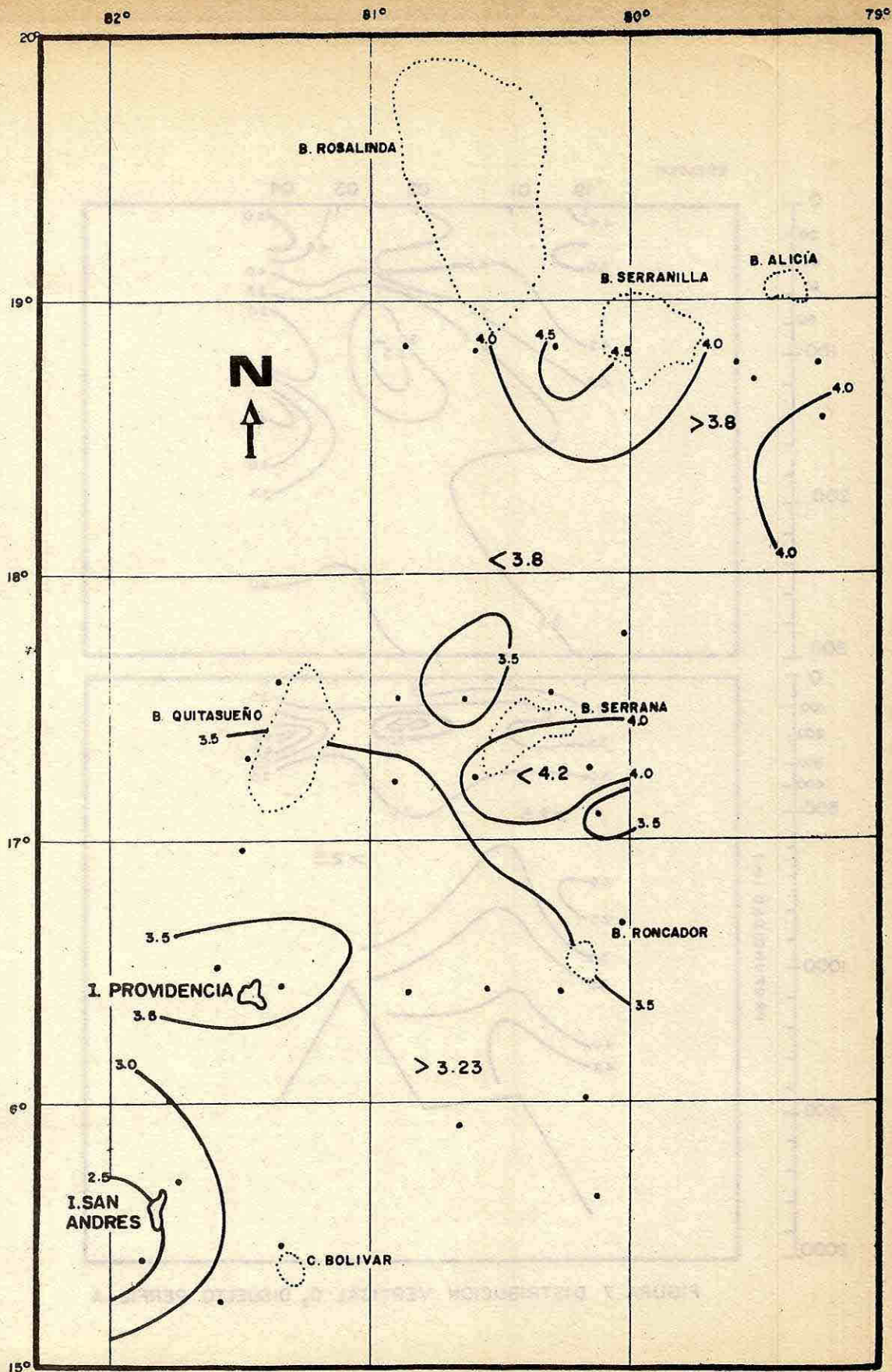


FIGURA 6 DISTRIBUCION HORIZONTAL O<sub>2</sub> DISUELTU NIVEL 200m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

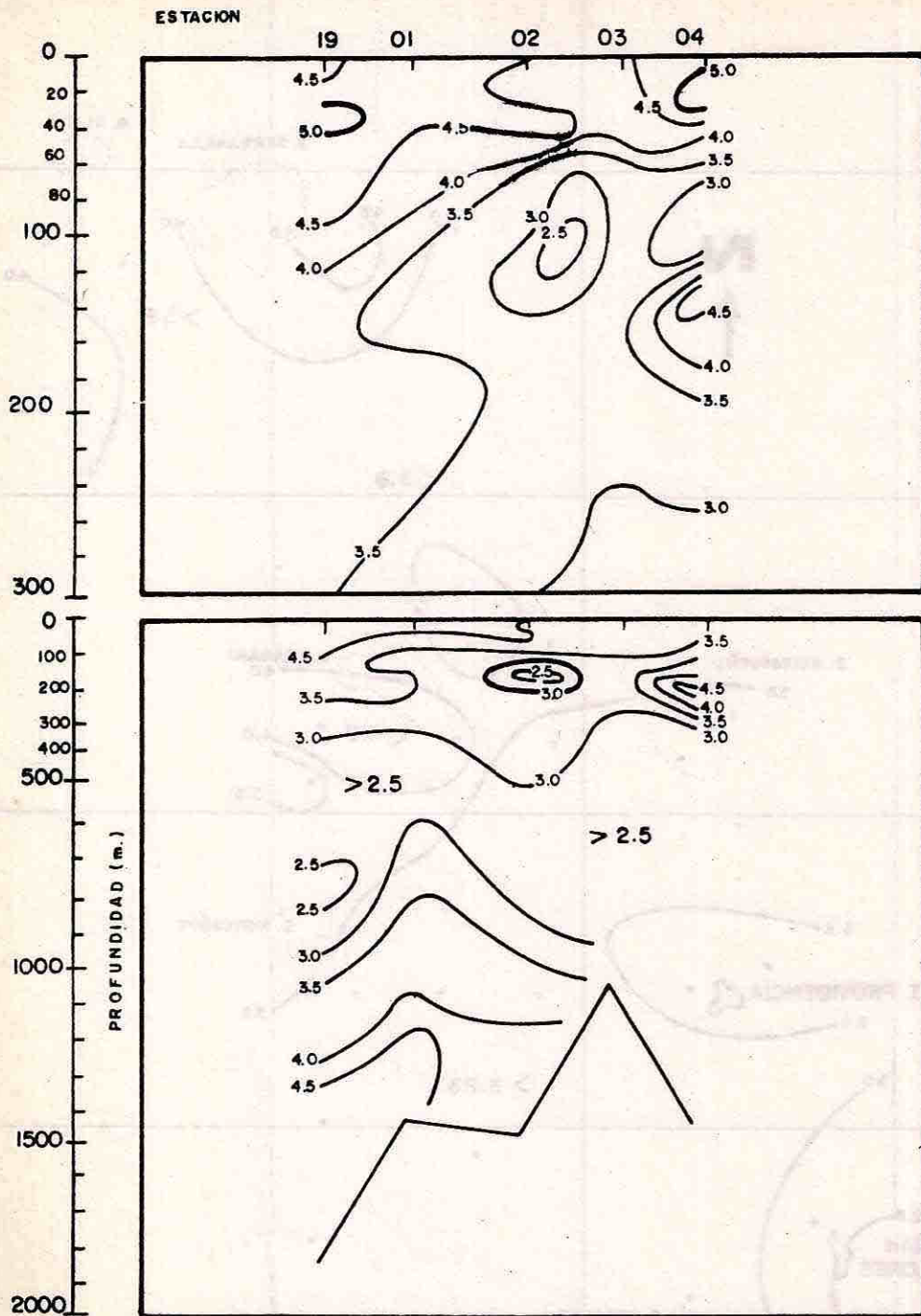


FIGURA 7 DISTRIBUCION VERTICAL O<sub>2</sub> DISUELTO PERFIL A

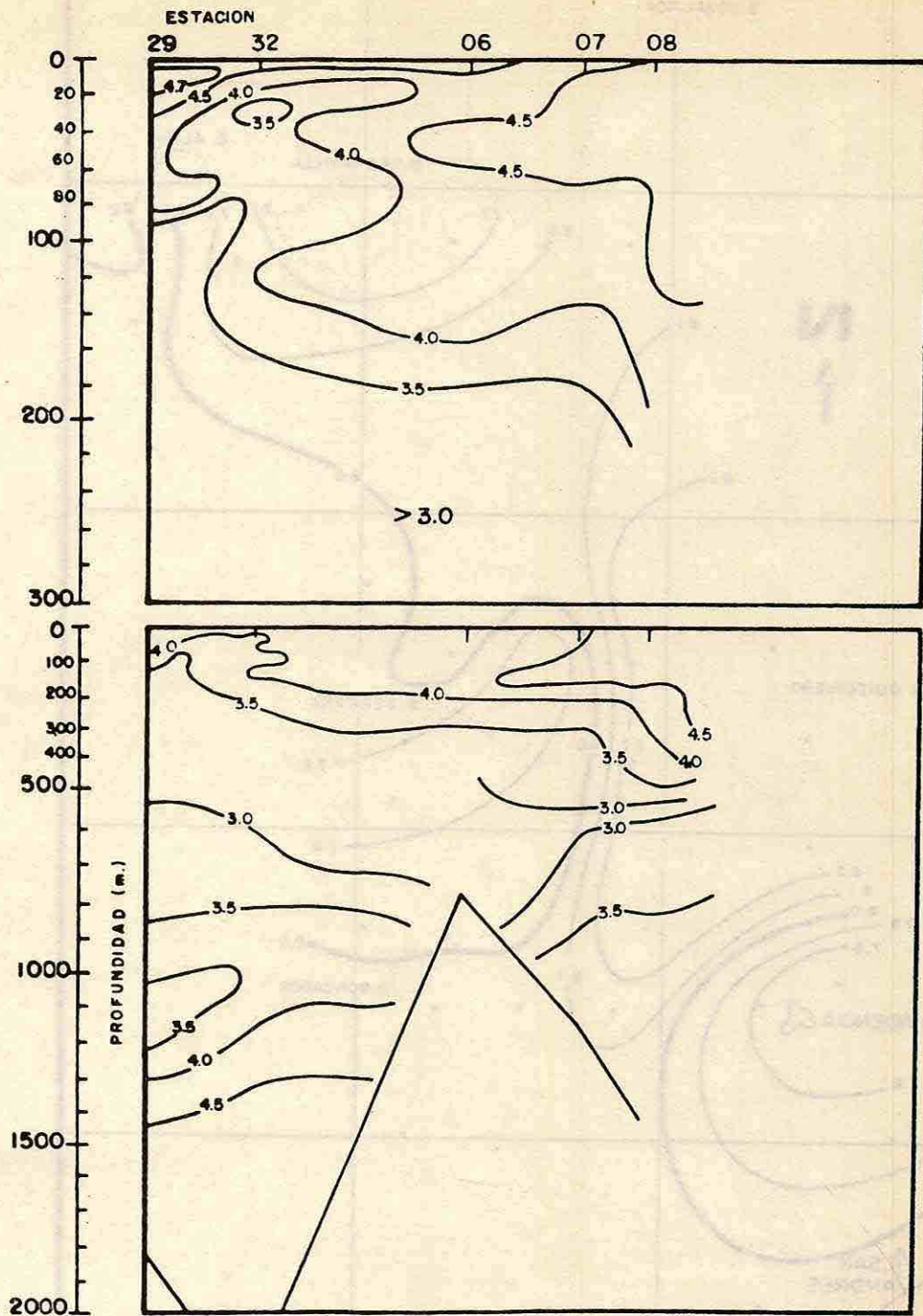


FIGURA 8 DISTRIBUCION VERTICAL O<sub>2</sub> DISUELTO PERFIL B

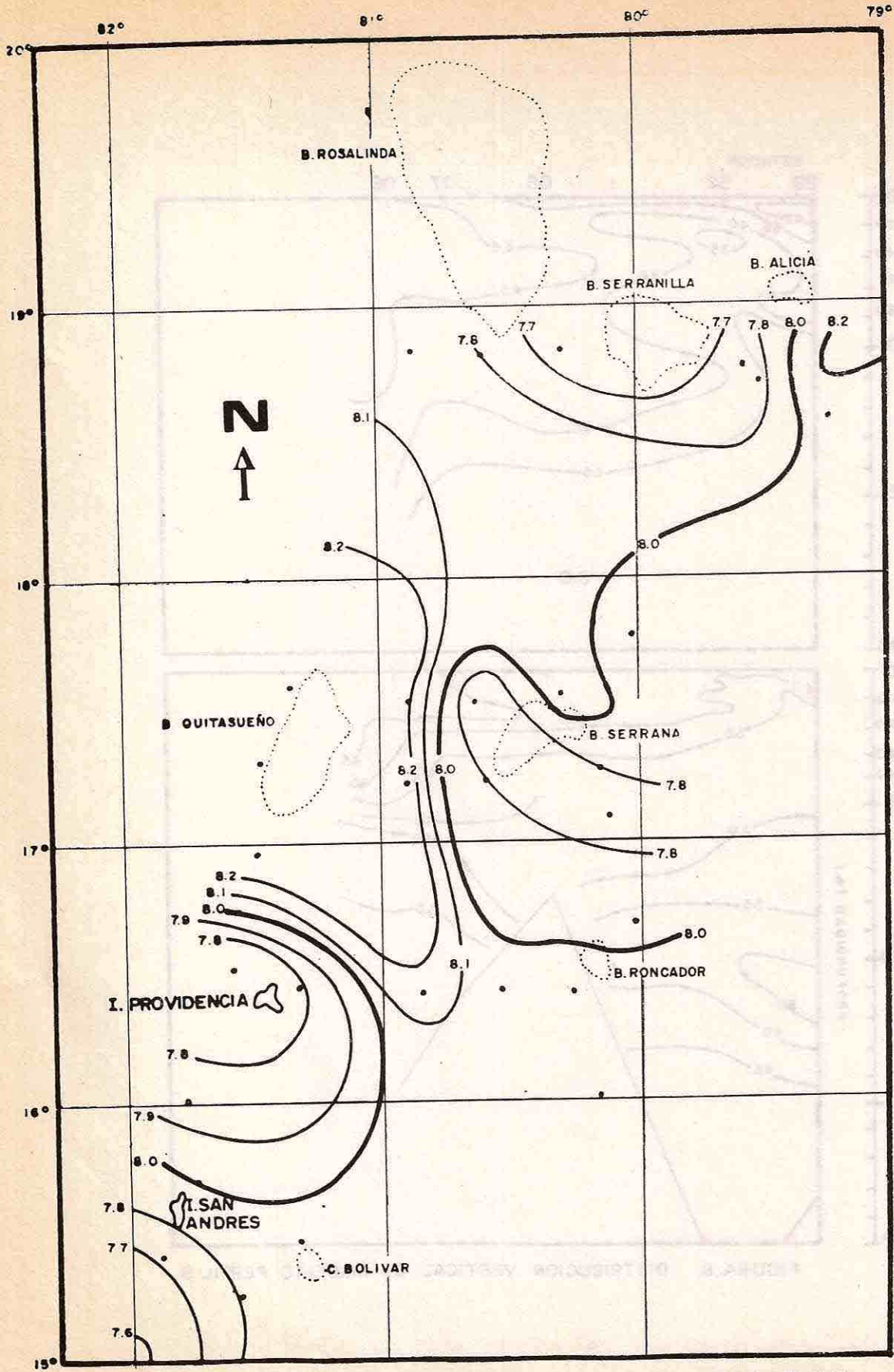


FIGURA 9 DISTRIBUCION HORIZONTAL DE pH NIVEL SUPERFICIAL  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

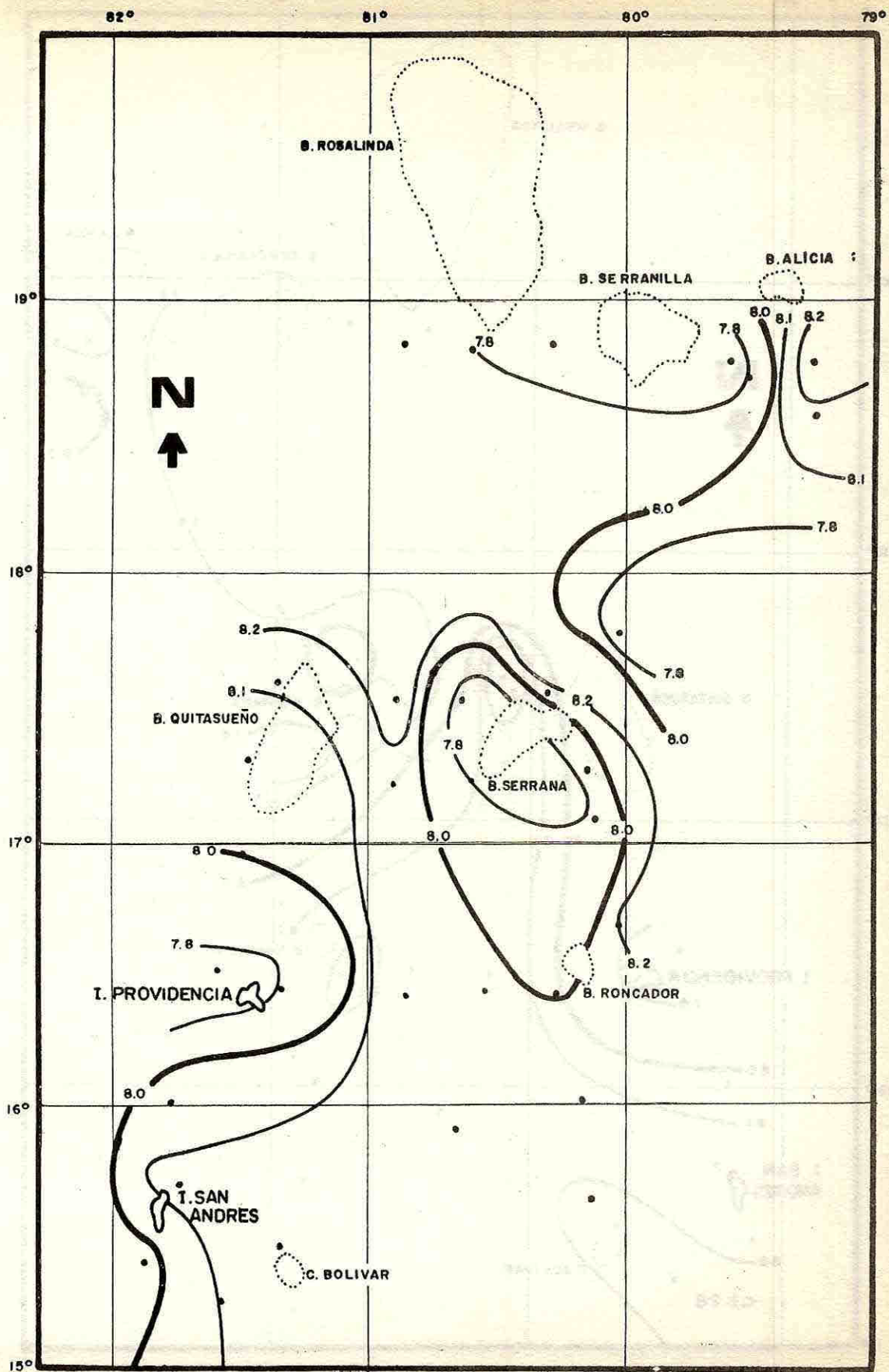


FIGURA 10 DISTRIBUCION HORIZONTAL DE pH NIVEL 20 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

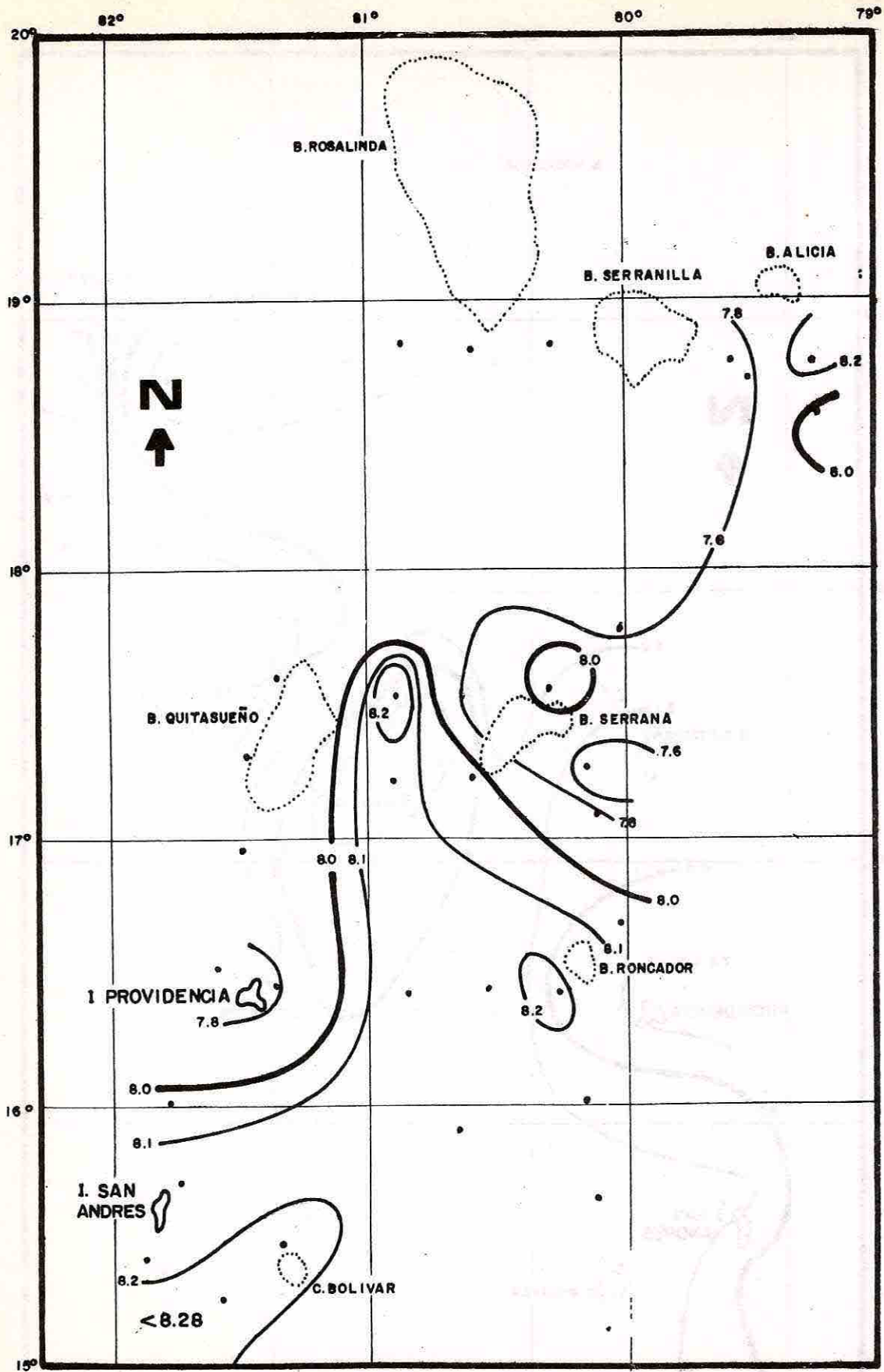


FIGURA 11 DISTRIBUCION HORIZONTAL DE pH NIVEL 50 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1



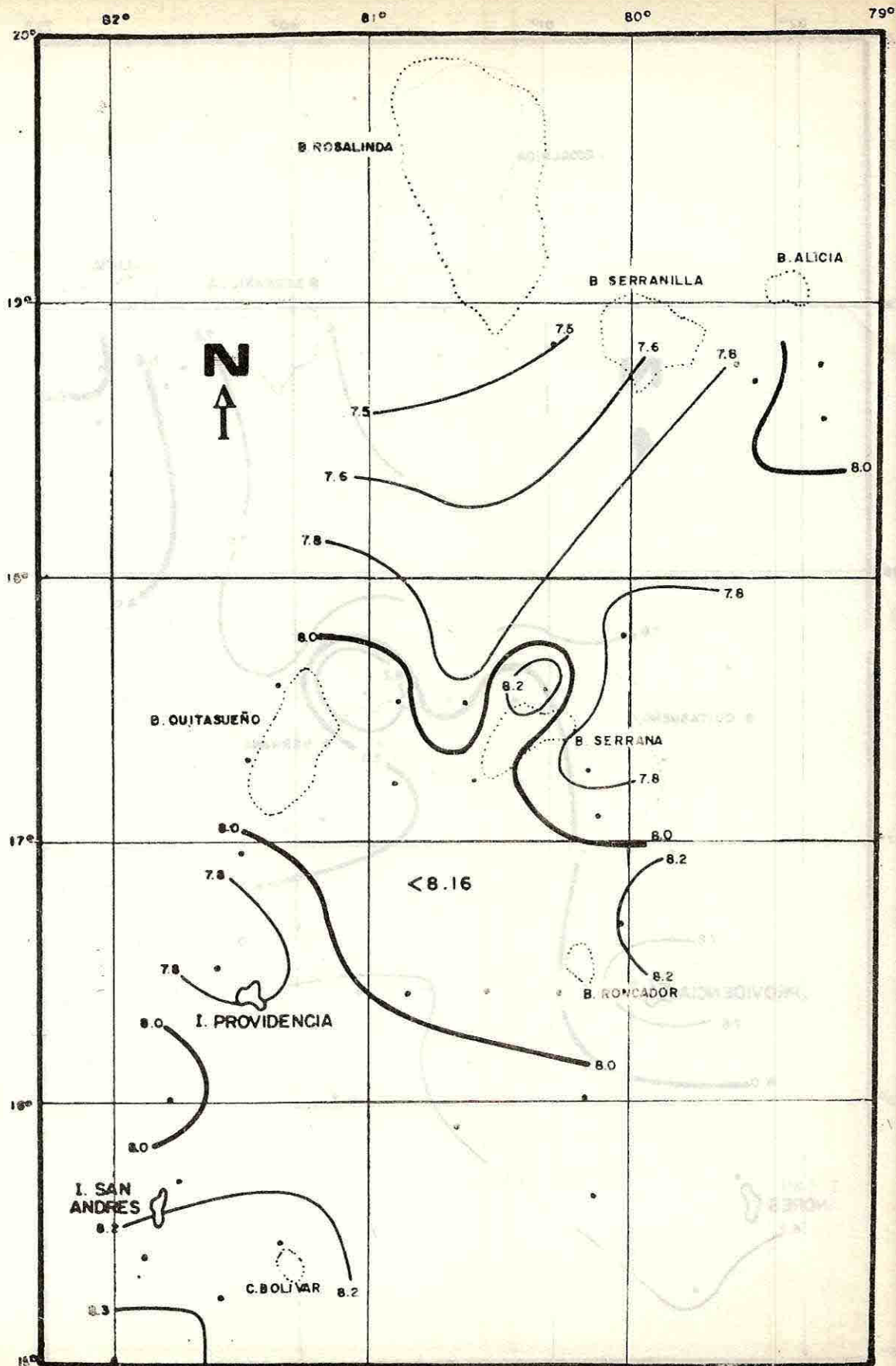


FIGURA 12 DISTRIBUCION HORIZONTAL DE pH NIVEL 100 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

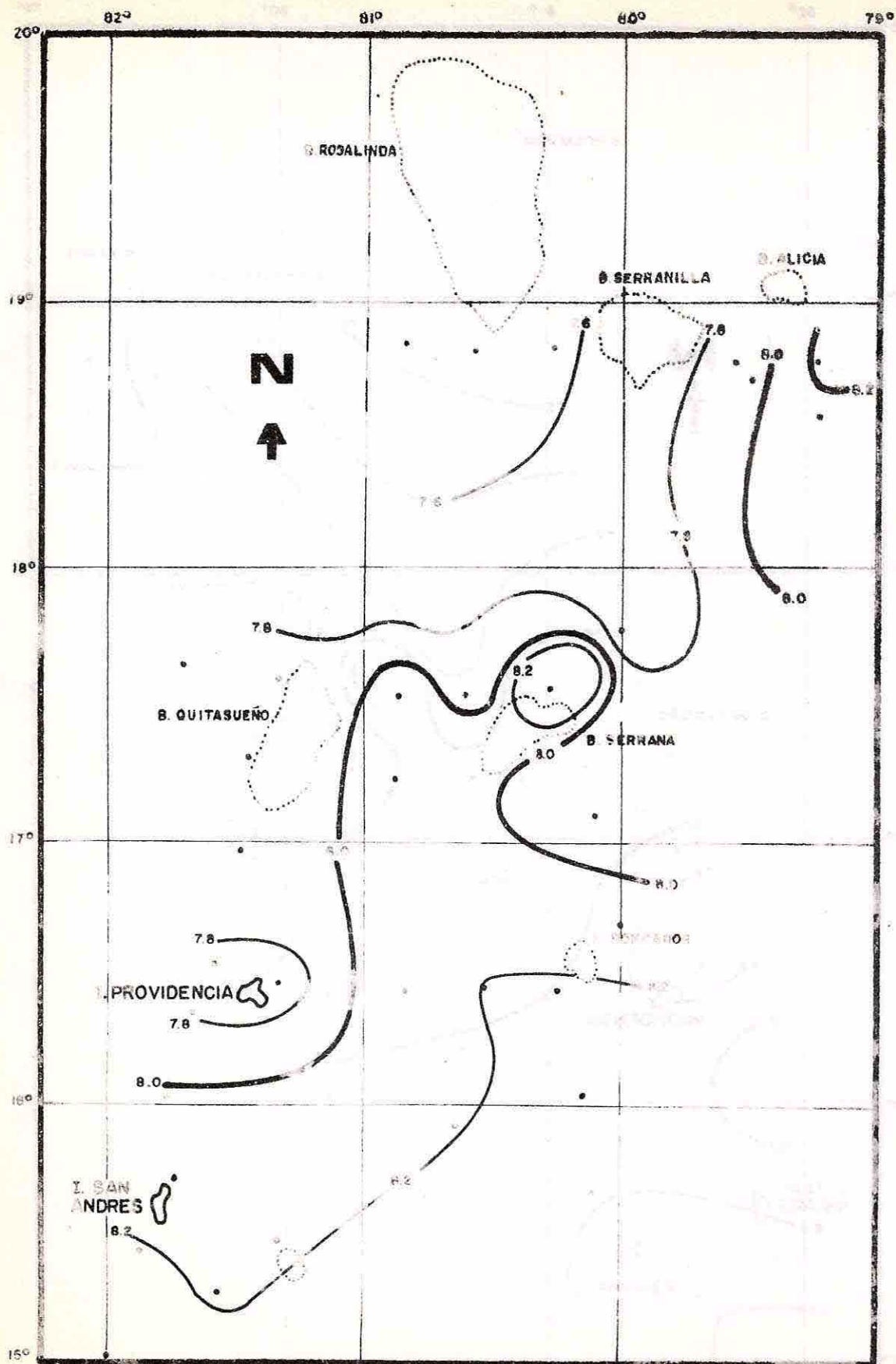


FIGURA 13 DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE pH NIVEL 200 M.  
CRUCERO OCEANO IV AREA I

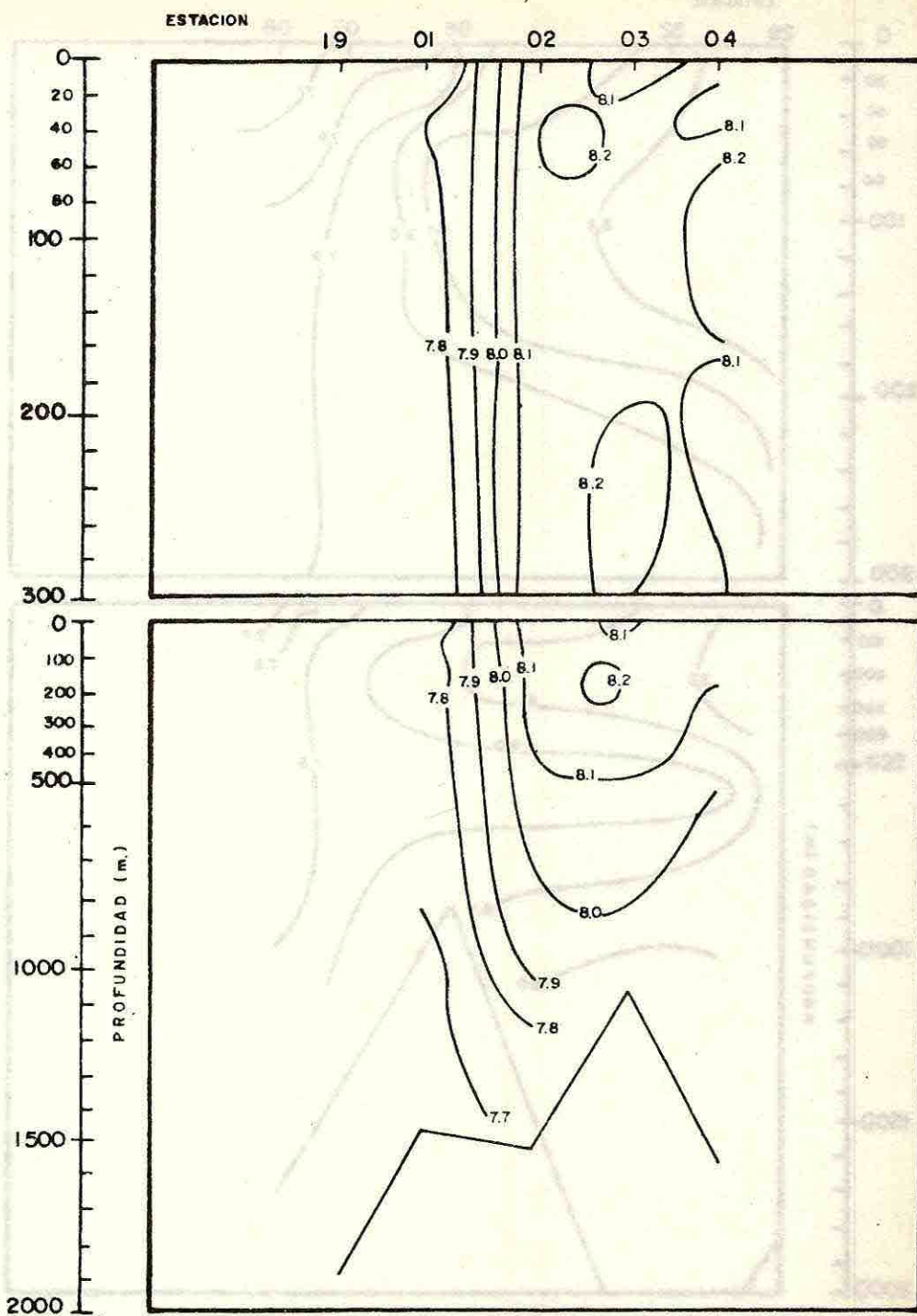


FIGURA 14 DISTRIBUCION VERTICAL pH PERFIL A

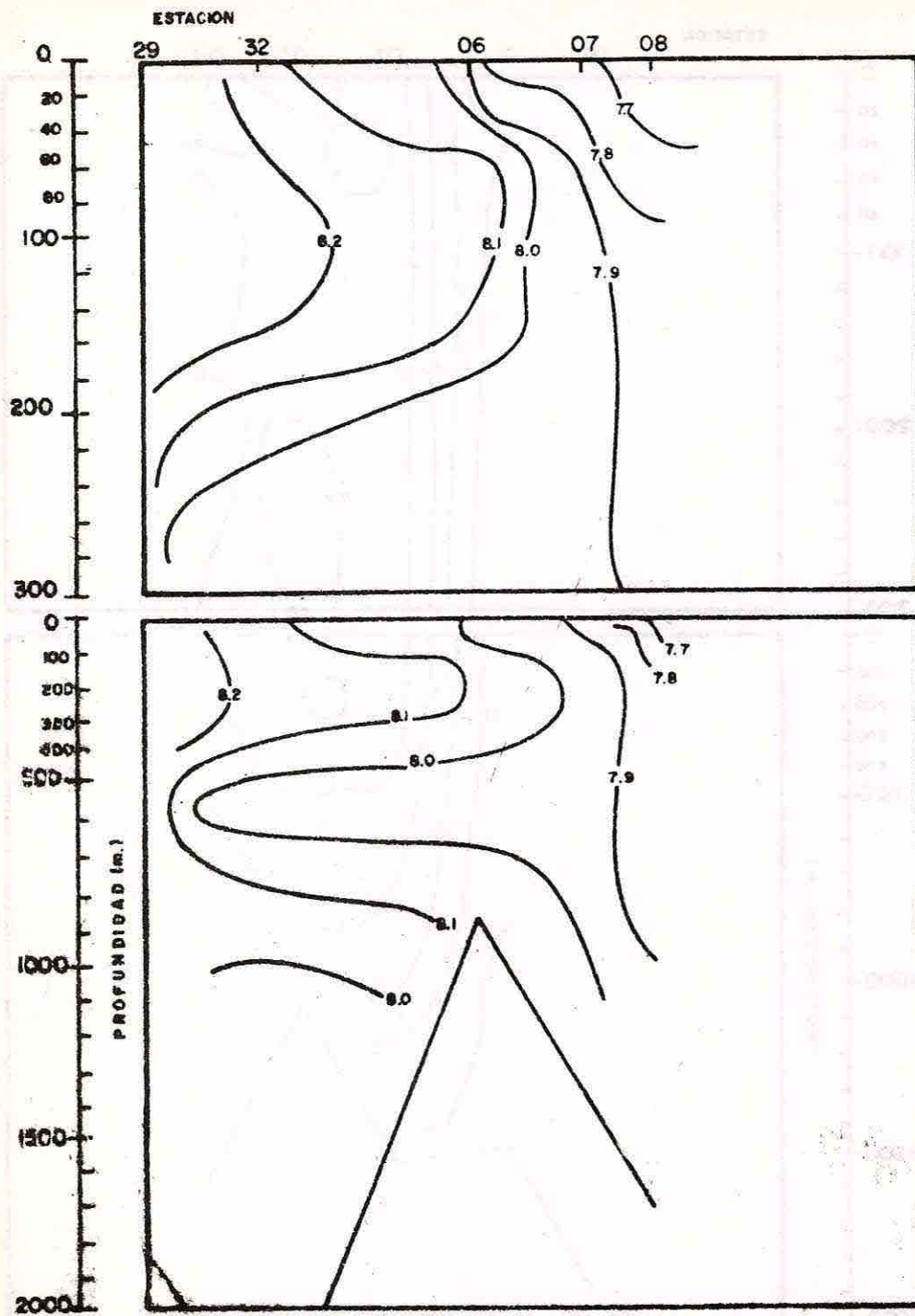


FIGURA 15 DISTRIBUCION VERTICAL pH PERFIL B

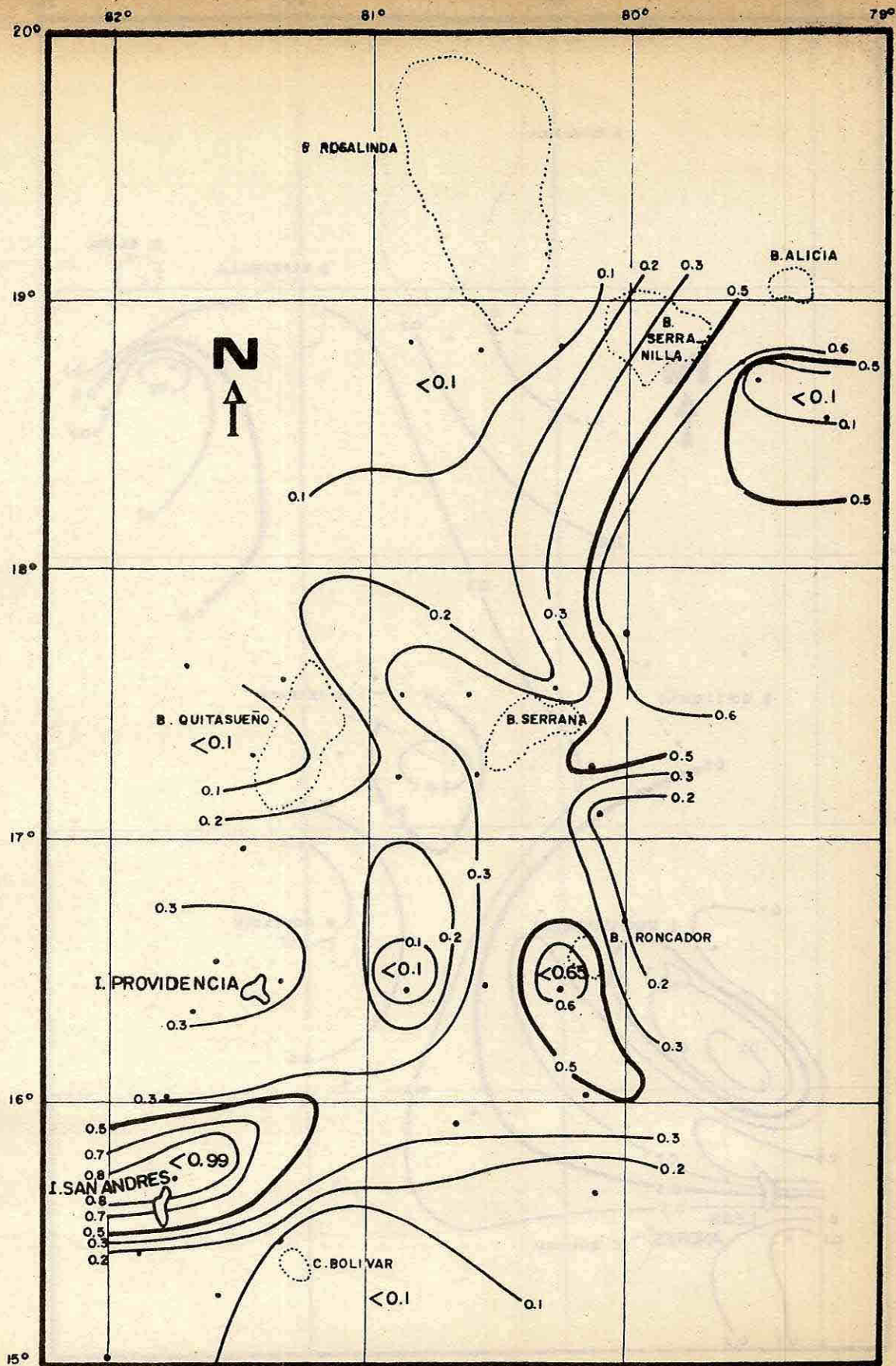


FIGURA 16 DISTRIBUCION HORIZONTAL FOSFATOS NIVEL SUPERFICIAL  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

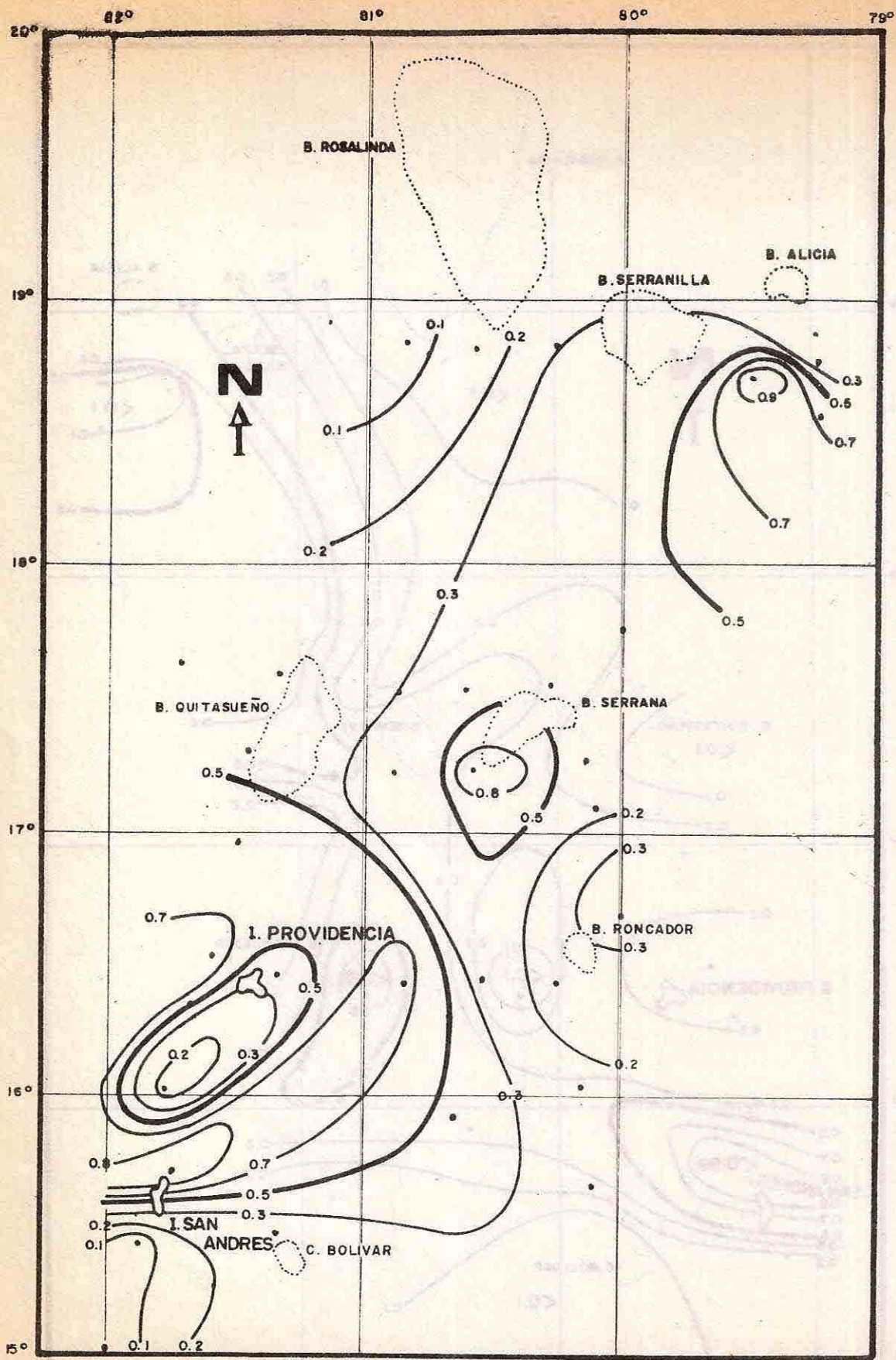


FIGURA 17 DISTRIBUCION HORIZONTAL FOSFATOS NIVEL 20 m  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

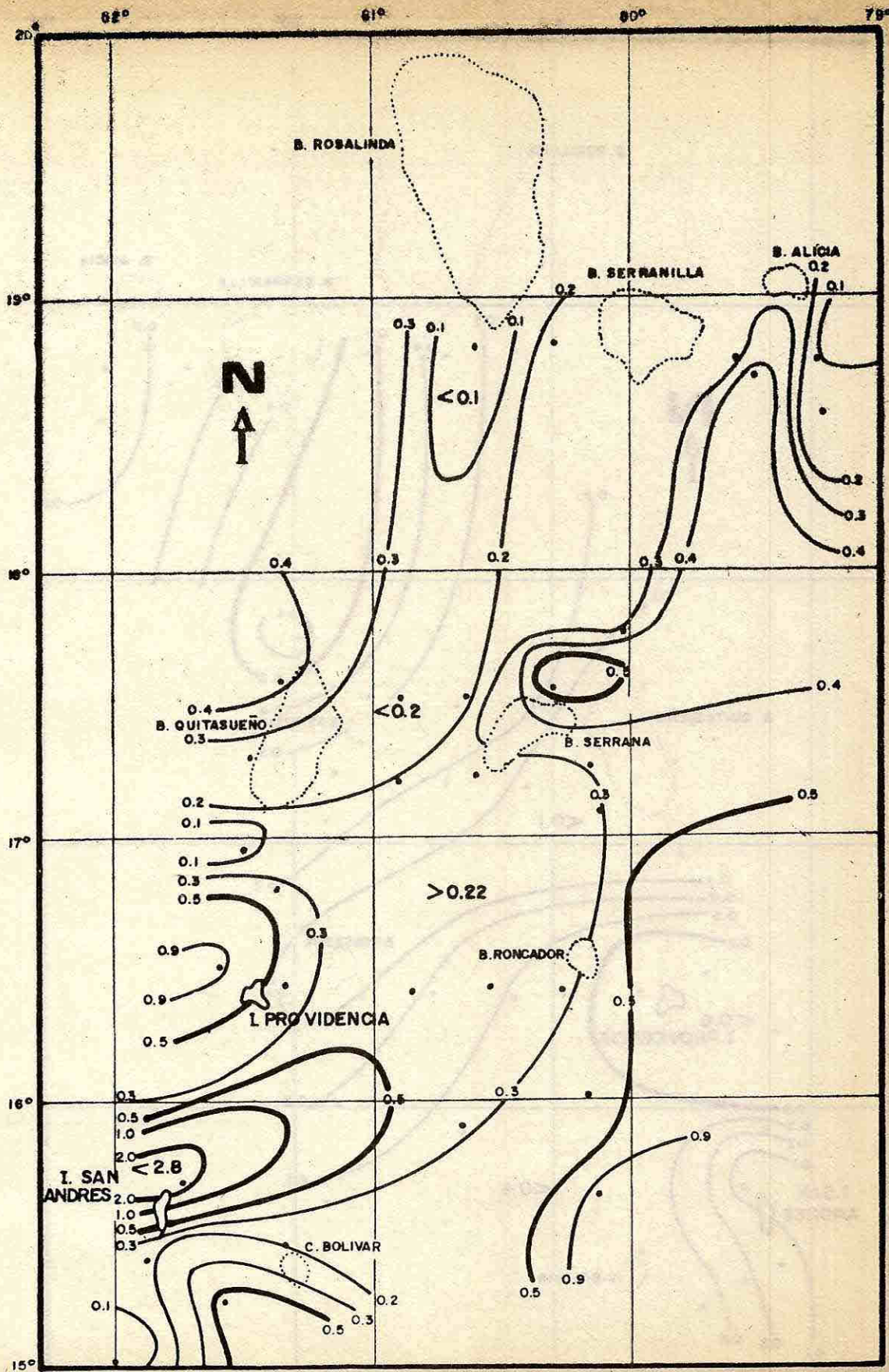


FIGURA 18 DISTRIBUCION HORIZONTAL FOSFATOS NIVEL 50 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

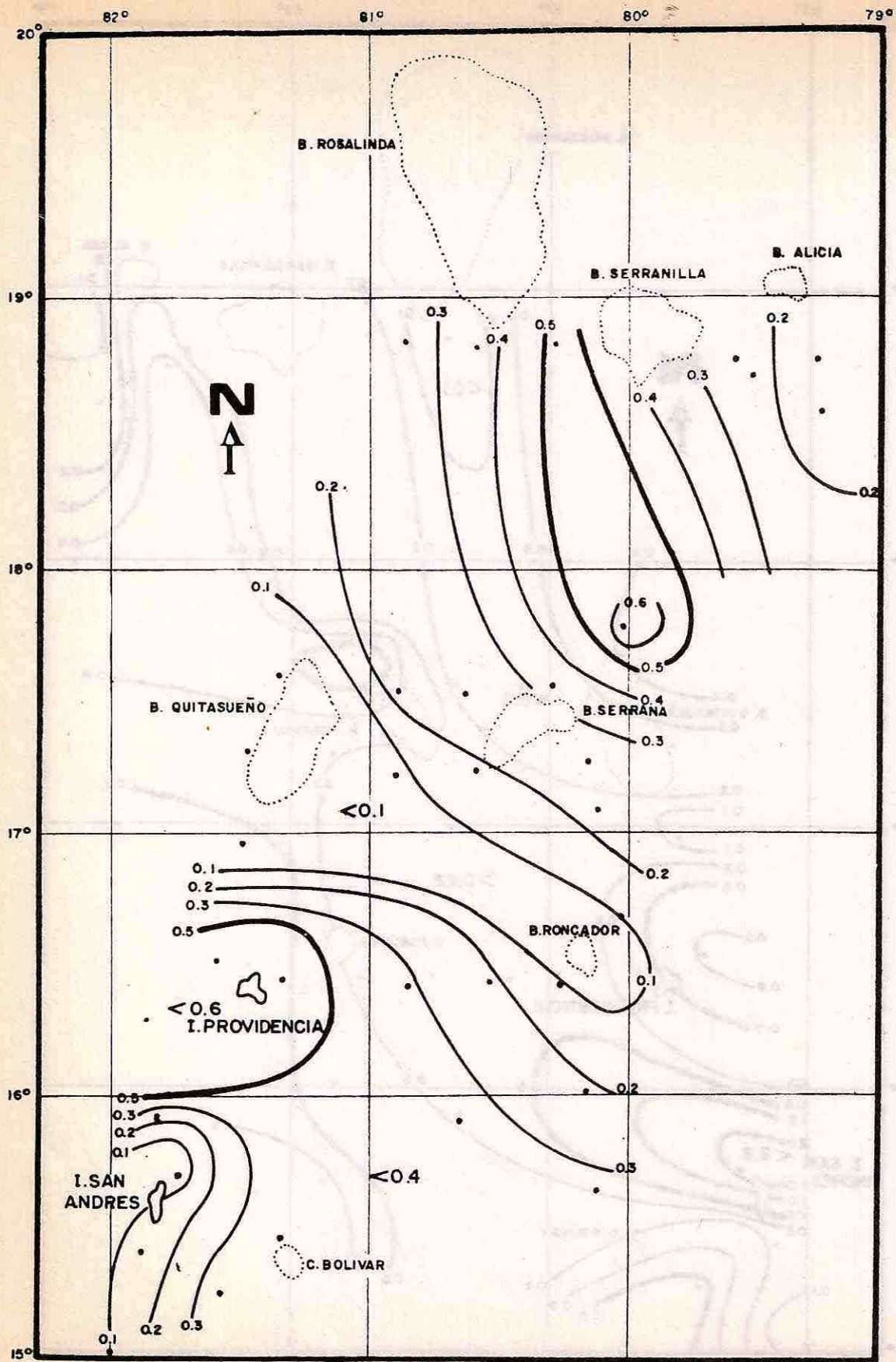


FIGURA 19 DISTRIBUCION HORIZONTAL FOSFATOS NIVEL 100 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1



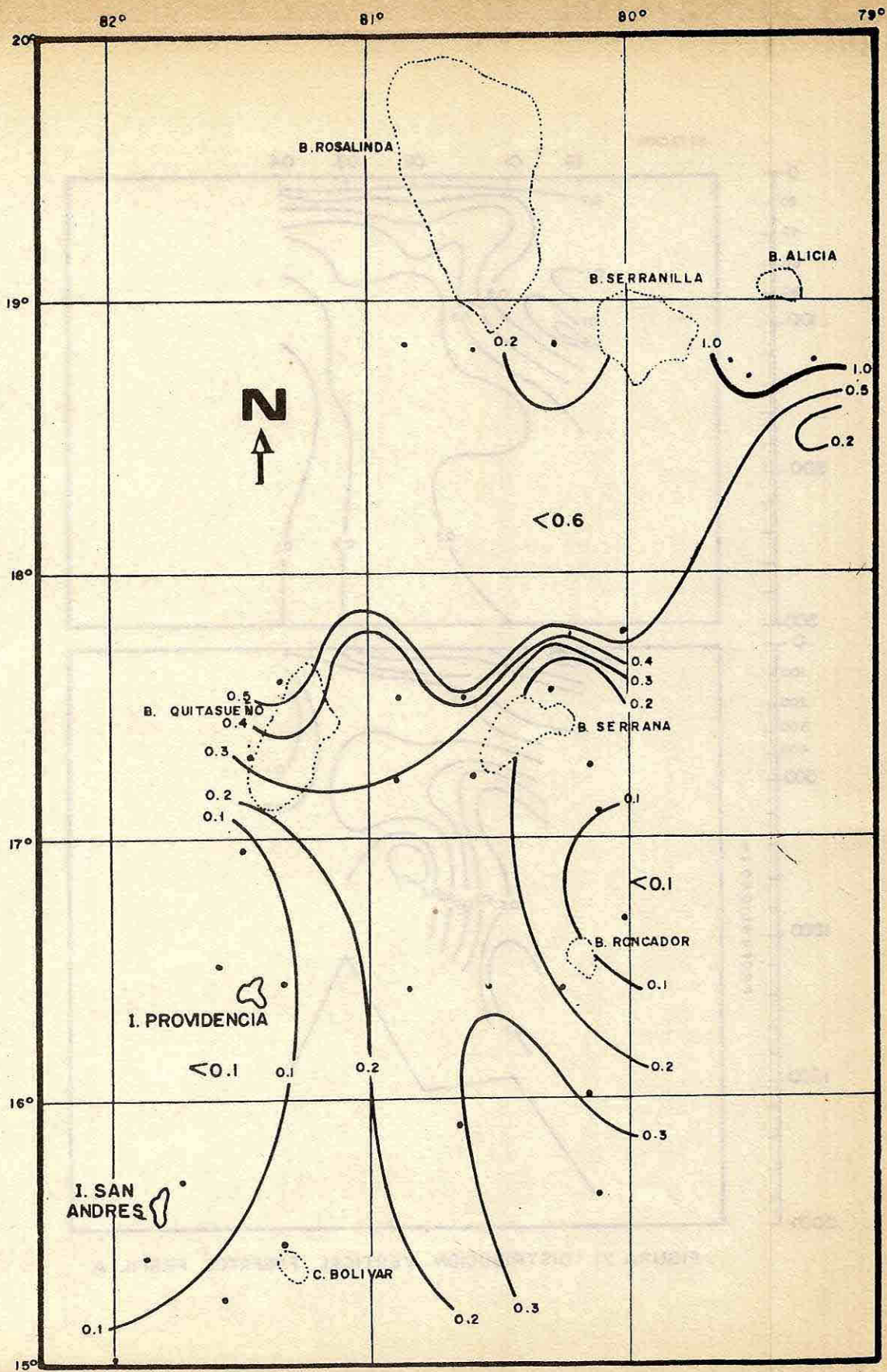


FIGURA 20 DISTRIBUCION HORIZONTAL FOSFATOS NIVEL 200 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

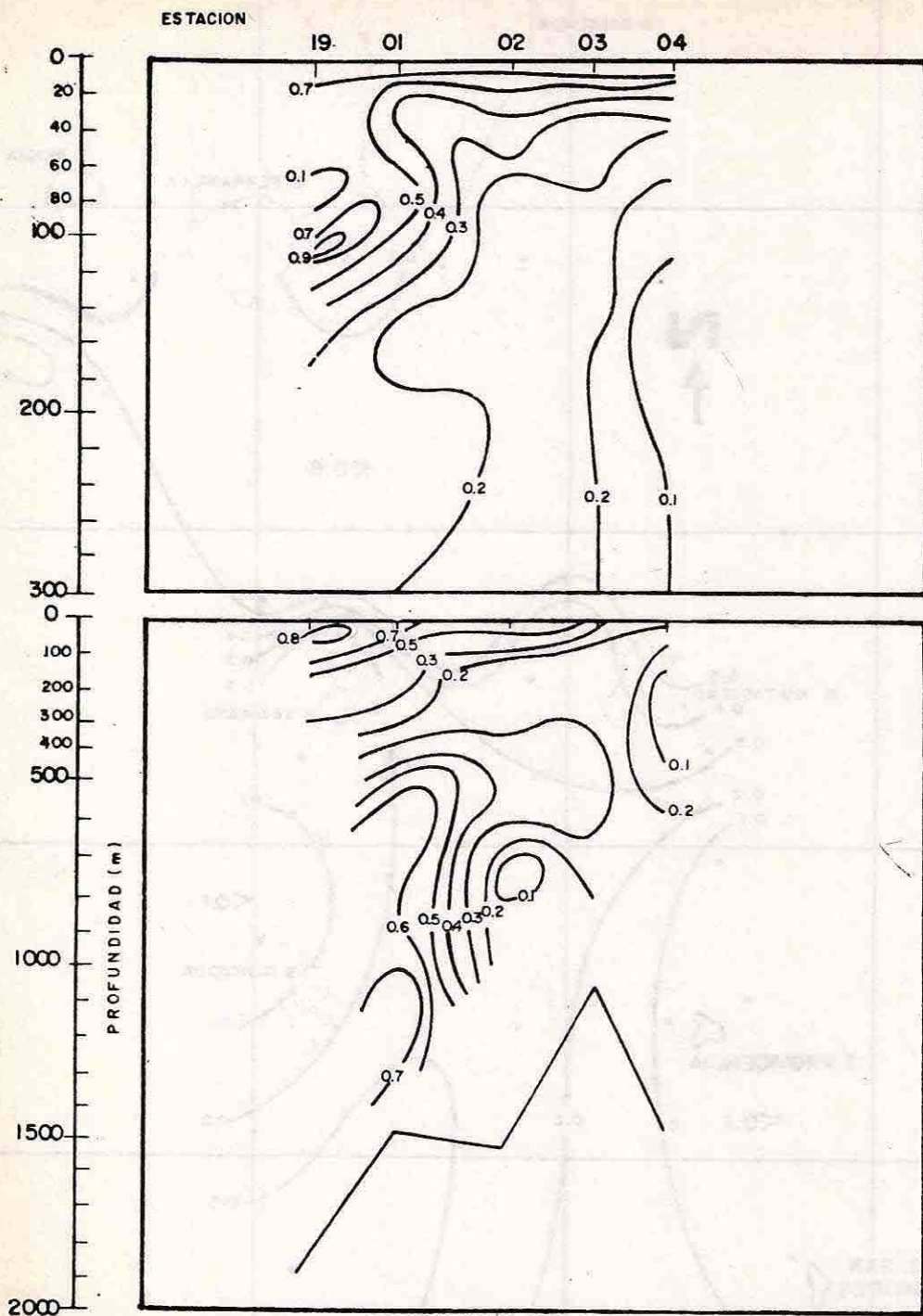


FIGURA 21 DISTRIBUCION VERTICAL FOSFATOS PERFIL A

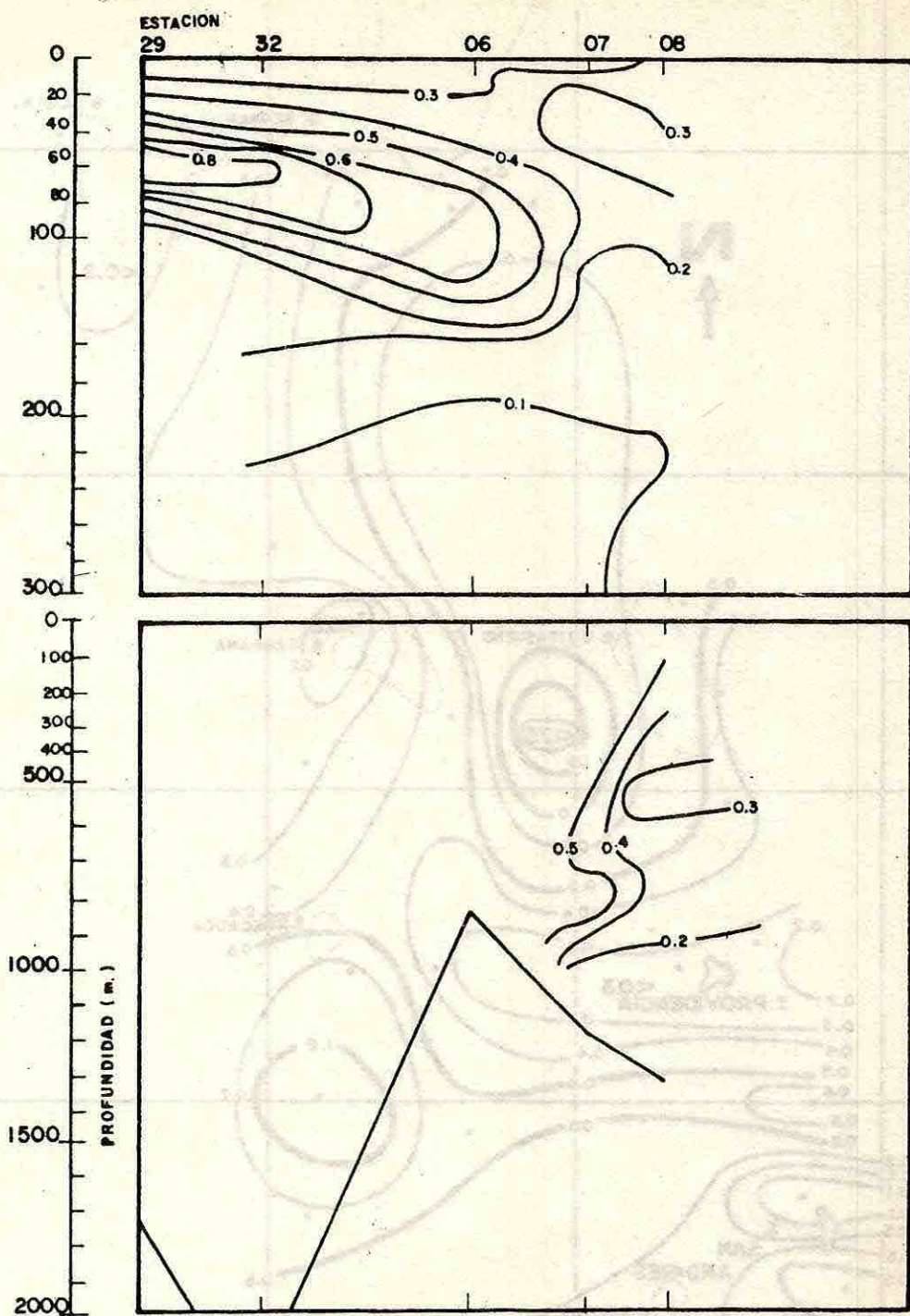


FIGURA 22 DISTRIBUCION VERTICAL FOSFATOS PERFIL B

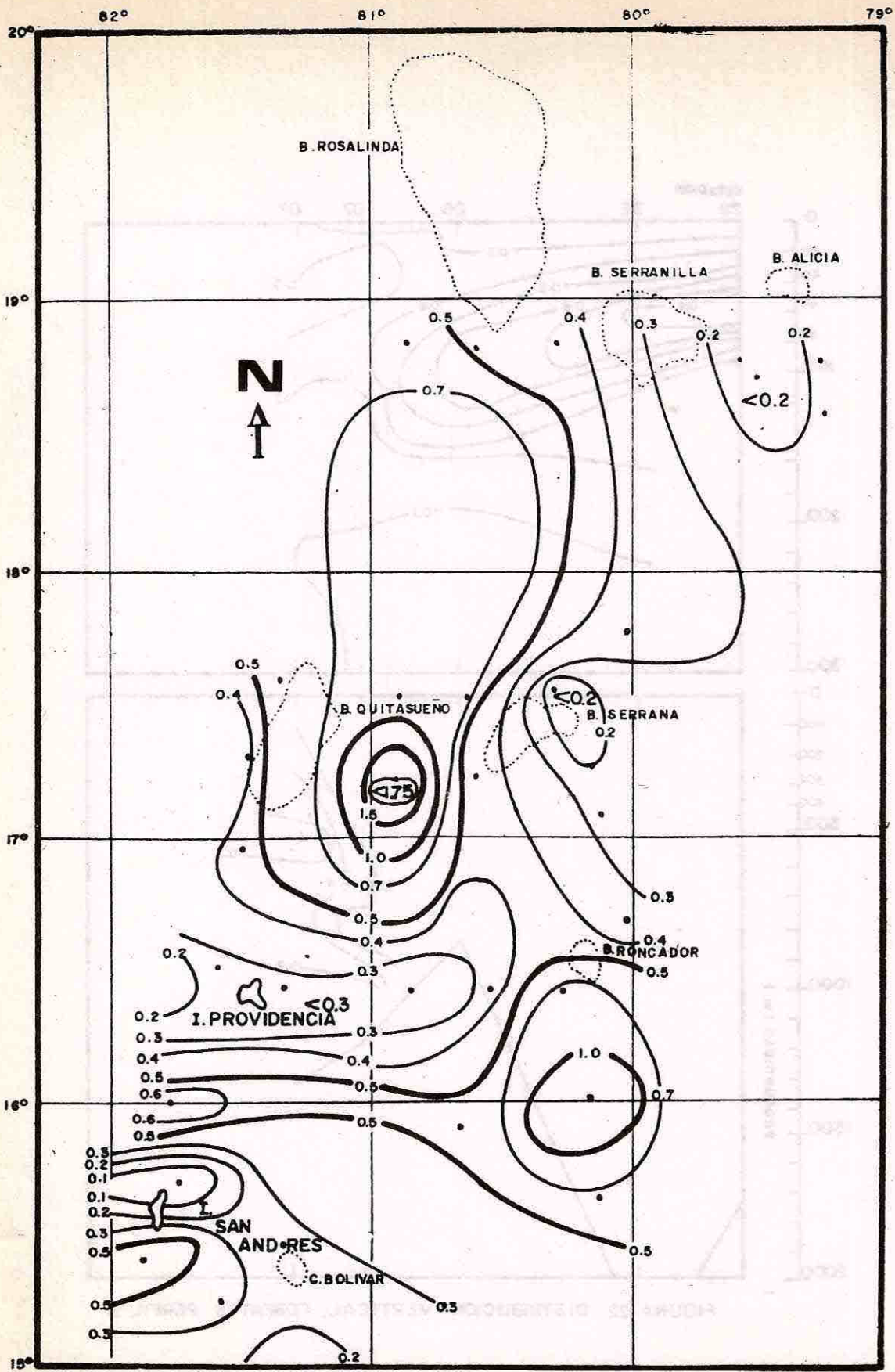


FIGURA 23 DISTRIBUCION HORIZONTAL NITRITOS NIVEL SUPERFICIAL  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

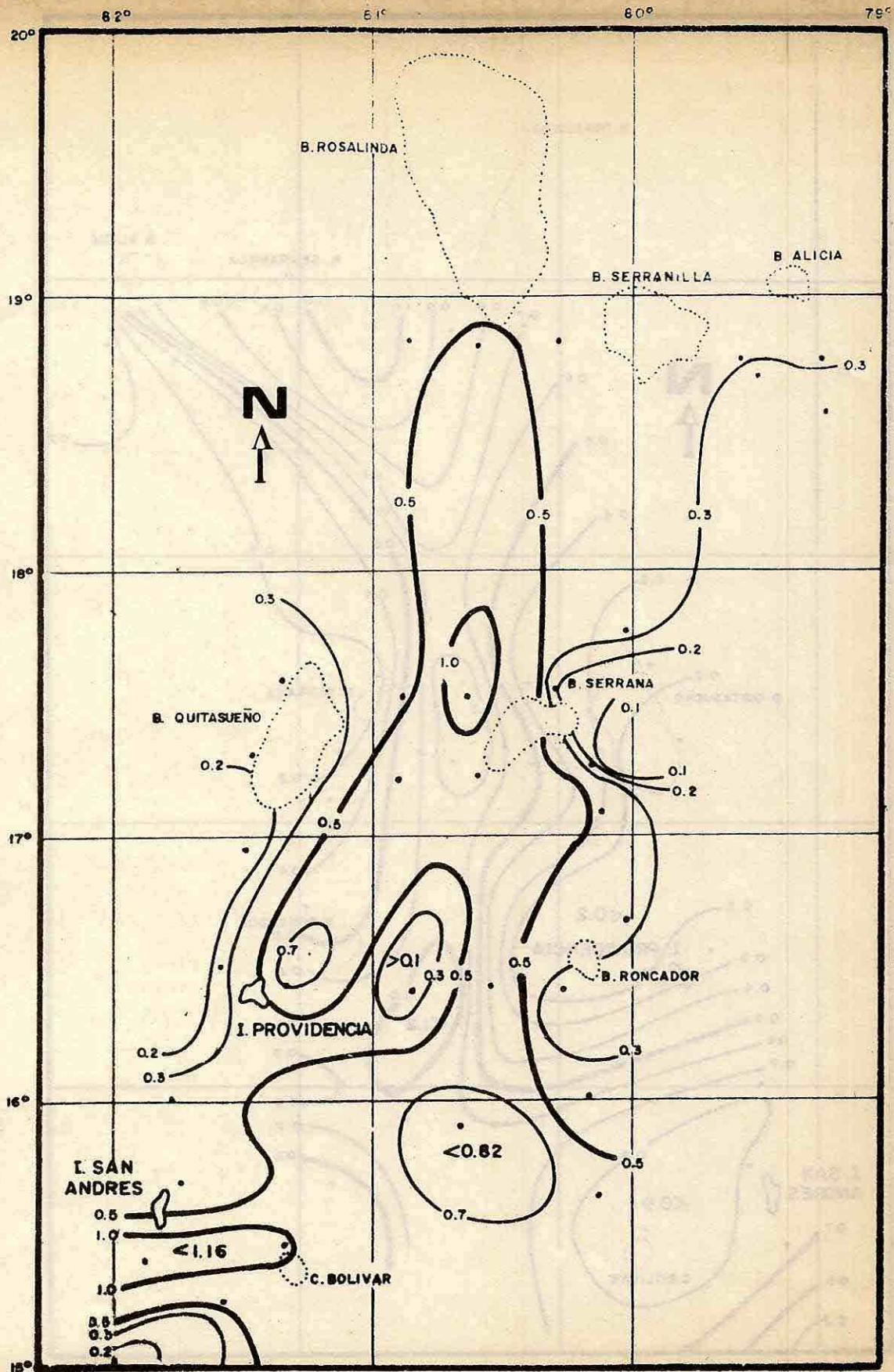


FIGURA 24 DISTRIBUCION HORIZONTAL NITRITOS NIVEL 20m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

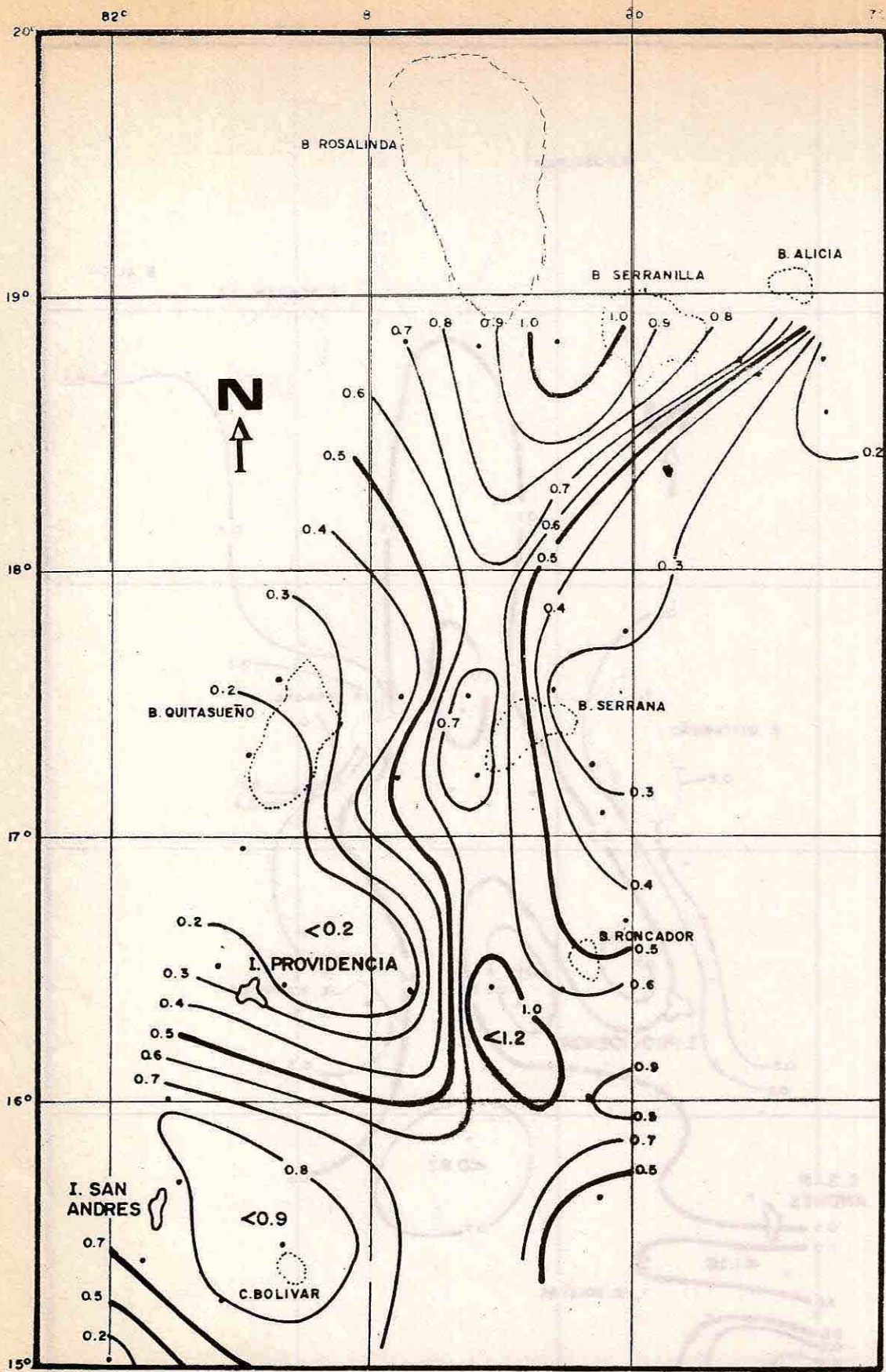


FIGURA 25 DISTRIBUCION HORIZONTAL NITRITOS NIVEL 50m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

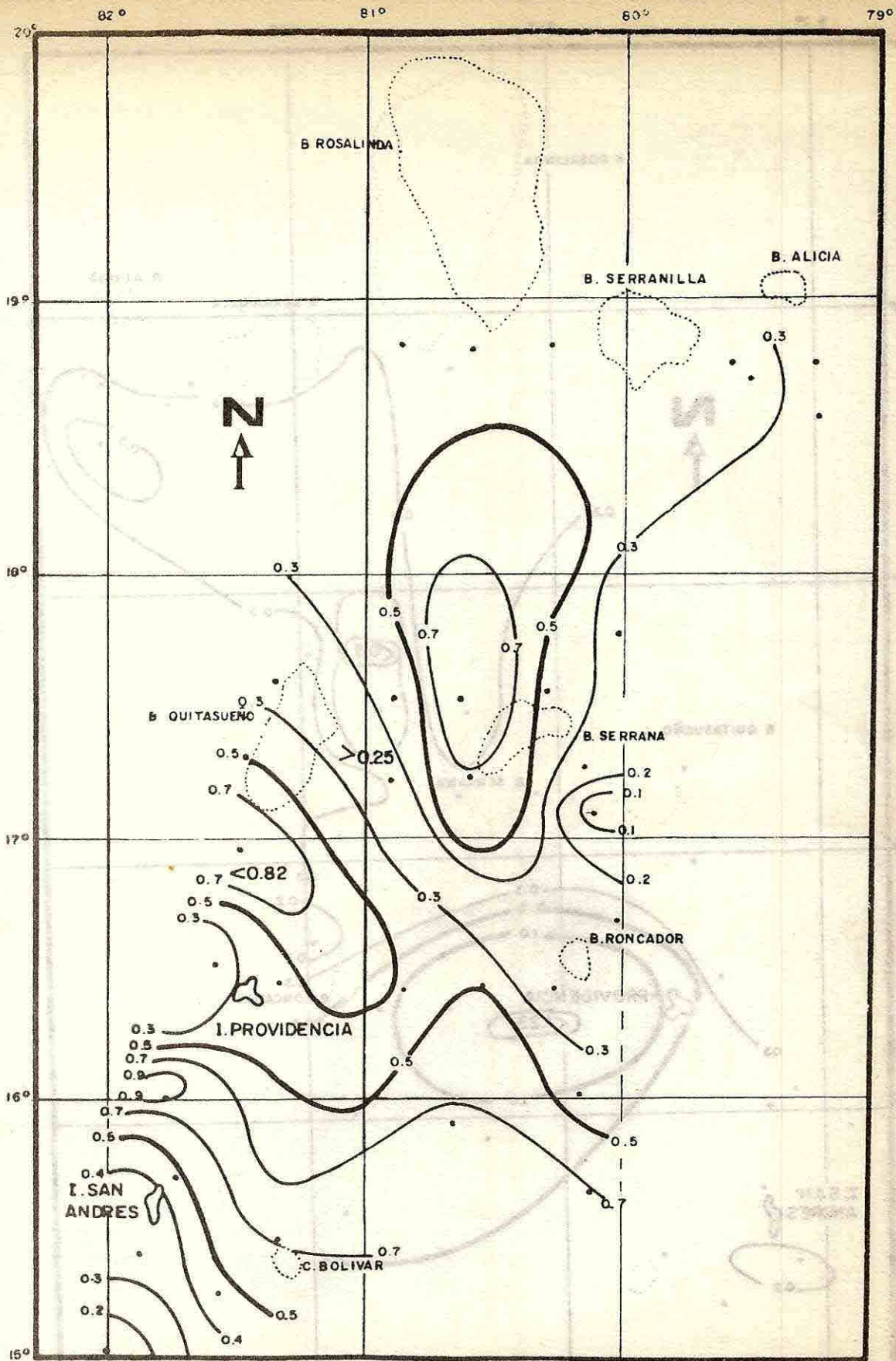


FIGURA 26 DISTRIBUCION HORIZONTAL NITRITOS NIVEL 100 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1

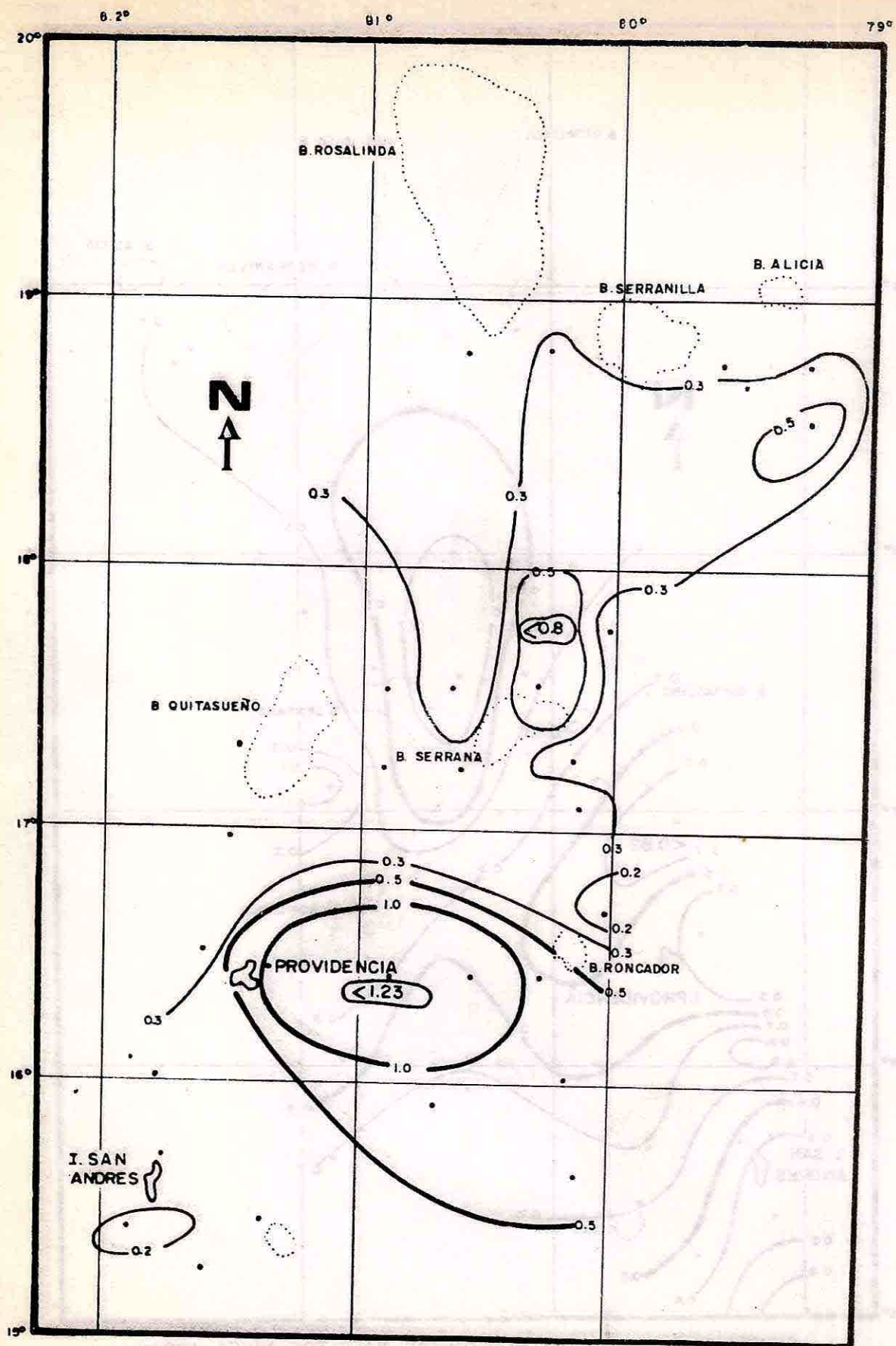


FIGURA 27 DISTRIBUCION HORIZONTAL NITRITOS NIVEL 200 m.  
CRUCERO OCEANO IV AREA 1



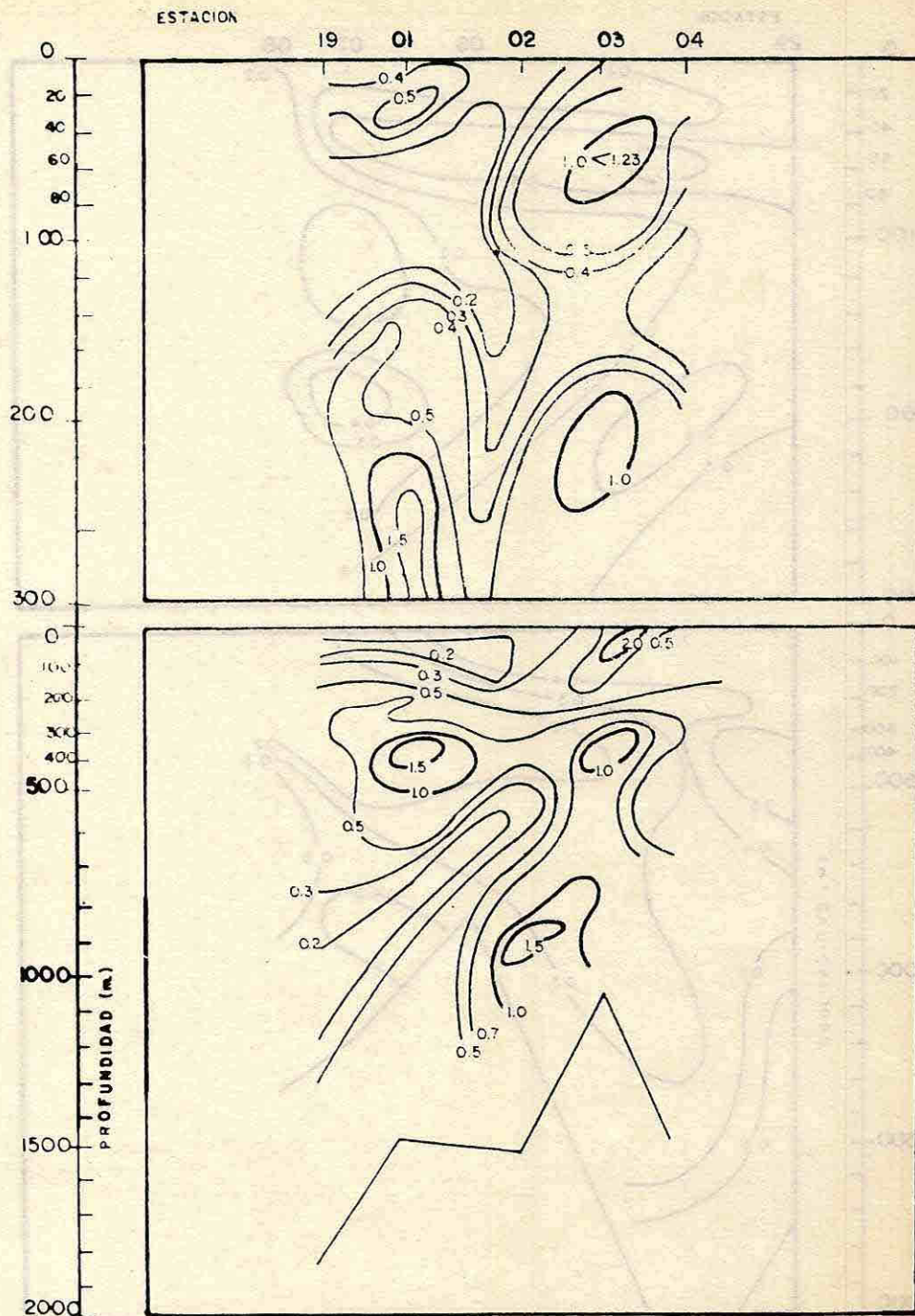


FIGURA 28 DISTRIBUCION VERTICAL NITRITOS PERFIL A

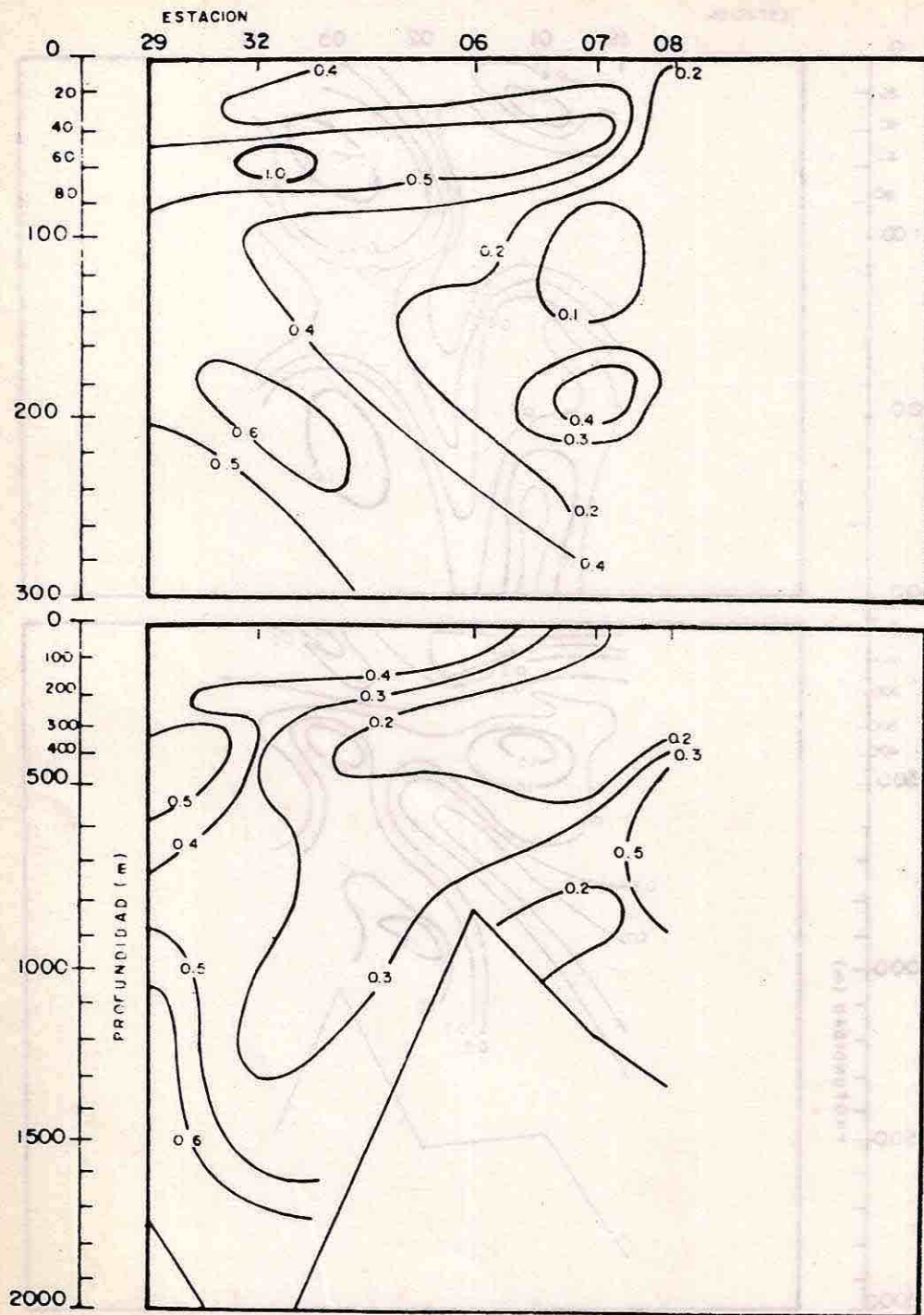


FIGURA 29 DISTRIBUCION VERTICAL NITRITOS PERFIL B

## BIBLIOGRAFIA

1. CLARKE, G.L., "Elementos de Ecología", Ediciones Omega S.A., 2da. Edición, Barcelona, 1963.
2. DAVIES, D., VANCE, R., "Determination of Dissolved Oxygen", Chemistry, 1975, 48(2), 25-8.
3. GARAY, J.A., JURADO, E.A., "Contribución al Estudio Oceanográfico Químico de la Bahía de Cartagena". Tesis de grado, Dpto. de Química, Univ. Nacional, Bogotá, 1981.
4. MARGALEF, R., "Ecología", última edición, Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1974.
5. ODUM, E.P., "Ecología", 2da. Edición, Editorial Interamericana, S.A., México, 1969.
6. Publicación DO-1, "Resultados Preliminares, Crucero Océano 1", Armada Nacional, Bogotá, 1970.
7. RILEY, J.P., STIRROW, G., "Chemical Oceanography", Academic Press, London and New York, 2da. Edición, 1975, pp: 1-30.
8. STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R., "A Practical Handbook of Seawater analysis", Fisheries Research Board of Canadá, 1ra. Edición, Ottawa, 1968.
9. TAIT, R.V., "Elementos de Ecología Marina", Editorial Acribia, Madrid, 1971.