

**ALGUNAS PROPIEDADES QUIMICAS INDICADORAS DE EVENTOS
DE SURGENCIAS COSTERAS Y DE LA CONTRACORRIENTE
SUBSUPERFICIAL EN UN AREA CERCANA A PUNTA COLONET,
BAJA CALIFORNIA**

**SOME CHEMICAL PROPERTIES INDICATING COASTAL
UPWELLING EVENTS AND SUBSURFACE COUNTERCURRENT IN
AN AREA NEAR PUNTA COLONET, BAJA CALIFORNIA**

Guillermo Torres Moye*

Manuel de J. Acosta Ruíz**

*Escuela Superior de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado Postal No. 453

Ensenada, Baja California, México

**Departamento de Oceanología-Acuicultura
Centro de Investigación Científica y
de Educación Superior de Ensenada
Espinoza No. 843
Ensenada, Baja California, México

TORRES MOYE, G y Acosta Ruíz M J. Algunas propiedades químicas indicadoras de eventos y de la contracorriente subsuperficial en un área cercana a Punta Colonet, Baja California. Some chemical properties indicating coastal upwelling events and subsurface countercurrent in an area near Punta Colonet, Baja California. *Ciencias Marinas (Méx)* 12(3): 10 - 25; 1986.

RESUMEN

El análisis de los fosfatos y el oxígeno disuelto medidos en julio de 1980, en un área cercana a Punta Colonet, BC, sugiere la ocurrencia de eventos de surgencia costera. Los fosfatos preformados permitieron ubicar la contracorriente subsuperficial, la cual mostró tener una estructura compleja, y se presentó debajo de los 150m, hasta 600m de profundidad, y alcanzó distancias de hasta 100km fuera de la costa y con dirección principal de movimiento noroeste cerca del talud continental según la distribución de la utilización de oxígeno.

ABSTRACT

The analysis of phosphates and dissolved oxygen measured in July, 1980, in an area near Punta Colonet, BC, suggests the occurrence of coastal upwelling events. The preformed phosphates allowed to locate the subsurface countercurrent which proved to be of a complex structure, appearing from 150m to 600m deep, reaching distances up to 100km offshore, and with a main course of movement towards the northwest near the continental slope, according to the distribution of the apparent oxygen utilization.

INTRODUCCION

En tiempos recientes, el estudio de las regiones de corrientes oceánicas con frontera este ha recibido especial atención. Dicho interés ha sido enfocado principalmente en el

INTRODUCTION

Much attention has been recently given to the study of the oceanic currents regions which present continental boarder to the east. This interest has mainly been focused on the

estudio de los ecosistemas de surgencias costeras, los cuales se asocian con pesquerías importantes y repercuten directamente en la economía de las regiones afectadas (Wickham, 1975).

Debido a que las surgencias llevan agua subsuperficial a la superficie, inducen anomalías horizontales en la distribución de propiedades físicas y químicas que normalmente tienen marcados gradientes verticales. Dichas anomalías son frecuentemente útiles indicadores de surgencias (Park et al., 1962). Smith et al. (1966) y Halpern (1976) han estudiado el fenómeno de la surgencia y han examinado las distribuciones de temperatura y salinidad. Sin embargo, diversas propiedades químicas como el oxígeno disuelto, pH y alcalinidad, al presentar gradientes mayores en determinadas situaciones, son igualmente e incluso más útiles para su estudio (Park et al., 1962).

El factor principal que influye para que se desarrolle un evento de surgencias costeras en Baja California es la presencia de vientos fuertes con dirección predominante hacia el ecuador (Smith, 1968). En promedio, para la región frente a Baja California, la componente máxima de vientos con dirección al ecuador ocurre en mayo y junio (Barton y Argote, 1980). Durante las últimas tres décadas, CalCOFI ha realizado trabajos de gran escala referidos a análisis de variables hidrográficas y corrientes geostroficadas en las costas de California y Baja California.

En el área frente a Punta Colonet, BC, Wooster y Jones (1970) demostraron la existencia de una corriente subsuperficial y fluye al norte a lo largo del talud continental. Amador (1978) observó que los índices meteorológicos son apropiados como aproximación con eventos de surgencia producidos. Argote (1978) concluyó que el área de surgencias está fuertemente influenciada por la topografía, y la escala de respuesta hidrológica del océano a los vientos favorables fue de un día. Rodríguez (1978) hizo un análisis del comportamiento de masas de agua comparándolas además con datos de vientos. Barton y Argote (1980) analizaron la variabilidad hidrográfica, vientos y corrientes del área frente a Punta

study of the coastal upwelling ecosystems, which are associated with important fisheries and influence directly the economy of the affected regions (Wickham, 1975).

Because the upwelling brings up subsurface waters to the surface, they induce horizontal anomalies in the distribution of physical and chemical properties which normally present marked vertical gradients. These anomalies are often useful upwelling indicators (Park et al., 1962). Smith et al. (1966) and Halpern (1976) have studied the upwelling phenomenon and examined the temperature and salinity distributions.

However, the study of various chemical properties, such as dissolved oxygen, pH and alkalinity, are as or even more useful because they present higher gradients in determined situations (Park et al., 1962).

The main factor favouring the development of a coastal upwelling event is the presence of strong winds with predominant direction to the equator (Smith, 1968). On average, for the region in front of Baja California, the maximum wind component toward the equator occurs in May and in June (Barton and Argote, 1980). During the last three decades, CalCOFI has carried out large scale works related to the analysis of hydrographic variables and to the geostrophic currents on California and Baja California coasts.

In the area in front of Punta Colonet, B.C., Wooster and Jones (1970) demonstrated the existence of a subsurface current flowing to the north along the continental slope. Amador (1978) observed that the meteorological ratios are adequate as an approximation to produced upwelling events. Argote (1978) concluded that the upwelling area is strongly influenced by the topography and the scale of the ocean hydrological response to favorable winds was one day. Rodríguez (1978) conducted an analysis of the water masses behavior using the physical variables in function of a short time series, comparing it with wind data. Barton and Argote (1980) analyzed the hydrological variability, winds and currents of the area in front of Punta Colonet in June

Torres Moya Guillermo.-Algunas Propiedades

Colonet en junio de 1976, y Reynoso (1978) presentó un primer análisis del comportamiento de los nutrientes (fosfatos y nitratos) durante la primavera de 1976.

Algunos de los trabajos anteriores denotan surgencias en líneas de investigación futura, y se destaca entre ellas la realización de muestreos en una red más amplia para tener una idea más clara de la hidrología de la zona.

Los objetivos de este trabajo son: establecer el comportamiento espacial y temporal de los fosfatos y del oxígeno disuelto durante la ocurrencia de eventos de surgencia costera frente a Punta Colonet, BC, en julio de 1980. Asimismo, analizar la distribución de los fosfatos preformados en la columna de agua, como una forma de ubicar a la contracorriente subsuperficial y emplear la UAO (Utilización aparente de oxígeno) para detectar su dirección de movimiento y confirmar su ubicación.

La zona estudiada (Fig. 1) fue ubicada entre 30°20' y 31°00'N frente a Baja California, fuera y al sur de Cabo Colonet.

MATERIALES Y METODOS

Del 7 al 21 de julio de 1980, se llevó a cabo un crucero oceanográfico denominado SUBAC II (Surgencias de Baja California) a bordo del B/O "Mariano Matamoros", perteneciente a la Secretaría de Marina de México.

En este crucero se ocuparon tres líneas hidrógraficas denominadas A, B y C perpendiculares a la costa con una serie de estaciones que se muestran en la figura 1.

Las líneas A, B y C ordenadas de sur a norte, que equidistan aproximadamente 20km entre sí, y generalmente se extendieron hasta unos 80km de la costa.

La figura 2 muestra el calendario de operaciones de este crucero. En cada una de las estaciones de la red, se hicieron muestreos hidrógraficos además de observaciones meteorológicas y del estado superficial del mar. Se

1976, while Reynoso (1978) presented a first analysis of the nutrients behavior (phosphates and nitrates) during spring 1976.

Some of the previous works contain suggestions for future research, mainly sampling in boarder network in order to get a better idea about the hydrology of this zone.

The objectives of this paper are: to establish the spatial and temporal behavior of the phosphates and dissolved oxygen during the occurrence of coastal upwelling events in front of Punta Colonet, B C, in July 1980 and to analyze the distribution of the preformed phosphates in the water column as a way of situating the subsurface countercurrent and using the OAU (Oxygen Apparent Utilization) in order to detect the direction of its movement.

The studied zone (Fig. 1) is located between 30°20' and 31°00'N in front of Baja California, off and south of Cabo Colonet.

MATERIALS AND METHODS

From July 7 to 21, 1980, an oceanographic cruise named SUBAC II (Baja California upwelling) was made on the B/O "Mariano Matamoros", which belongs to the Secretaría de Marina of México.

During this cruise, three hydrographic lines called A, B, and C, perpendicular to the coast with a number of stations shown on figure 1 were used.

The lines A, B and C, placed from south to north, were equidistant approximately 20km from each other and generally extended as far as some 80km from the coast. Figure 2 shows the calendar of the operations for this cruise. In each stations of the network hydrographic samplings were made together with observations on meteorology and condition of the sea surface.

In order to obtain samples, Niskin bottles coupled with thermometers were used.

Dissolved oxygen, nutrients, chlorophyll, phaeopigments and salinity were ana-

utilizaron botellas Niskin con termómetros acoplados para la obtención de muestras, a las cuales se les analizó oxígeno disuelto, nutrientes clorofilas, feopigmentos y salinidad. La salinidad fue analizada a bordo mediante un salinómetro de inducción Plessey, modelo 6230.

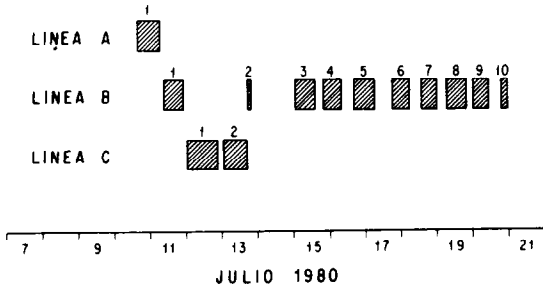


Figura 2. Calendario de operaciones hidrográficas durante SUBAC II, frente a Cabo Colonet, BC, cerca de 31°N. (Modificada de Robles et al., 1981).

Figure 2. Hydrographic operations calendar during SUBAC II, in front of Cabo Colonet, BC, near 31°N. (Modified of Robles et al., 1981).

Los valores de temperatura y salinidad, así como los de clorofilas y feopigmentos, se utilizarán como base de otros dos trabajos.

Las muestras de oxígeno disuelto se analizaron por el método micro-Winkler descrita por el Manual del Técnico Marino (1971).

Los análisis de fosfatos se realizaron mediante el método descrito por Strickland y Parsons (1968). Se empleó la computadora PRIME 400 del CICECE, con un programa para calcular los valores de fosfatos preformados, fosfatos oxidativos y utilización aparente de oxígeno (UAO), a partir de los valores de fosfatos y oxígeno disuelto de este trabajo y los de temperatura y salinidad obtenidos del informe de datos hidrógraficos publicados por Robles et al. (1981). La solubilidad de oxígeno se obtuvo con las tablas de solubilidad de Carpenter (Gilbert et al., 1968) y los fosfatos preformados se calcularon con un cociente estequiométrico de 3.09. Con el fin de detec-

phyll, phaeopigments and salinity were analyzed. Salinity was analyzed on board by means of a Plessey induction salinometer, model 6230. The temperature and salinity values, as well as those of chlorophyll and phaeopigments, will be used as a basis for other two papers.

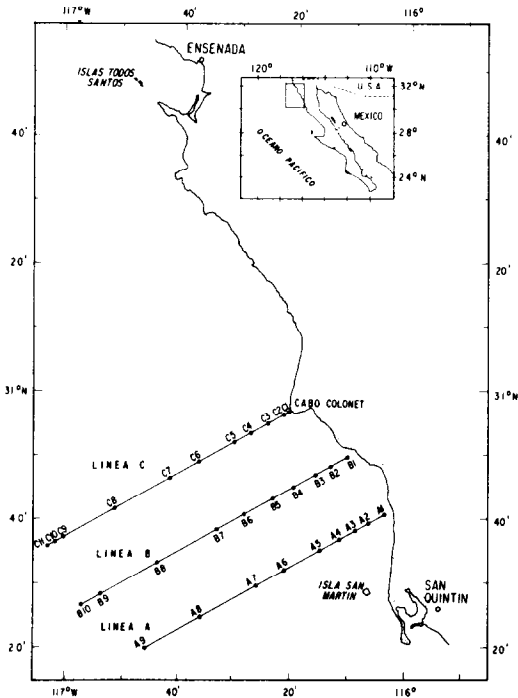


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y posición de estaciones hidrográficas de SUBAC II. (Modificada de Robles et al., 1981).

Figure 1. Geographical location of the study area and position of the hydrographic stations of SUBAC II. (Modified of Robles et al., 1981).

The dissolved oxygen samples were analyzed by the micro-Winkler method described in the Manual del Técnico Marino (1971). The phosphates analysis were made using the method described by Strickland and Parsons (1968). The Computer PRIME 400 from the CICESE, was used with a program designed to calculate the values of preformed phosphates, oxydative phosphates and oxygen

tar la dirección de movimiento de la contracorriente subsuperficial, se analizó el comportamiento de la distribución de la UAO en las superficies correspondientes a valores iguales de σ_t , debido a que el flujo a lo largo de ellas requiere de un mínimo de energía (Montgomery, 1938, citado por Alvarez y Park, 1971) los valores de σ_t empleados fueron los de 26.9, 26.7, 26.5 y 26.3 correspondientes a las profundidades promedio de 398, 285, 193 y 144m, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El comportamiento general de los valores entre 0.75 y 1.50 μM de fosfato señala la ocurrencia de dos eventos de surgencia. El primero de ellos alcanza su máxima intensidad en el transecto IB (Fig. 3), sigue un relajamiento de la surgencia en el transecto IC y la ocurrencia de un segundo evento en el cual alcanza su climax en el transecto 6B (Fig. 4). Dicho comportamiento coincide con el mostrado por García (1983) para las isopicnas.

En la mayoría de los transectos, los fosfatos presentaron oscilaciones distinguiéndose, además de aquellas características de las zonas de surgencias, las presentes debajo de los 150m ocurriendo desde distancias de 100km de la costa y cerca del talud continental en donde las isofneas tendieron a caer o a descender. Yoshida y Tsuchiya (1958) describieron el comportamiento cercano al talud, y lo explican como el resultado de la influencia de una corriente subsuperficial con dirección hacia el norte, afirmación que ha sido apoyada más recientemente por numerosas investigaciones sobre el comportamiento hidrográfico asociado a la contracorriente subsuperficial o contracorriente de California (v. gr. Chelton, 1982; Gómez-Valdéz, 1983).

Se analizó el comportamiento de los fosfatos totales en relación al mostrado por los fosfatos preformados (Figs. 5 y 6) y se obtuvo la explicación de las fluctuaciones de las isofneas de fosfatos totales mostradas en el presente trabajo. El ascenso de las isofneas lejos y cerca de la costa es debido a la presencia de la contracorriente subsuperficial que aparece como un "núcleo" con valores altos de fosfatos preformados ($>1.0 \mu$), los

apparent utilization (OAU), using the phosphates and dissolved oxygen values of this paper and those of temperature and salinity-obtained in the hydrographic data report published by Robles et al. (1981). The oxygen solubility was obtained with the solubility tables of Carpenter (Gilbert et al., 1968) and the preformed phosphates were calculated with an stoichiometric ratio of 3.09. In order to detect the direction of the subsurface countercurrent movement, we analyzed the behavior of the OAU distribution on the surfaces corresponding to equal values of σ_t , because the flow along them requires a minimum of energy (Montgomery, 1938, quoted by Alvarez and Park, 1971). As σ_t values we used 26.9, 26.7, 26.5 and 26.3 which correspond to the average depths of 398, 285, 193 and 144, respectively.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The general behavior of the values between 0.75 and 1.50 μM of phosphates indicates the occurrence of two upwelling events. The first one reaches its maximum intensity in the transect IB (Fig. 3), and diminishes in the transect IC while the second one reaches its climax in the transect IB (Fig. 4). This behavior coincides with the one presented by García (1983) for the isosterics.

In most of the transects, the phosphates presented different oscillations from those characteristics of the upwelling zone, the present ones below 150m occurring from distances of 100km from the coast and near the continental slope, where the isolines tend to fall or to rise. Yoshida and Tsuchiya (1958) described the behavior near the slope and explained it as the result of the influence of a subsurface current with a northward direction. This opinion has recently been supported by numerous researches on the hydrographic behavior associated with the subsurface countercurrent or California countercurrent (V. gr. Chelton, 1982; Gómez-Valdéz, 1983).

By analyzing the total phosphates behavior in relation with the one presented by the preformed phosphates (Figs. 5 and 6), it is possible to explain the fluctuations of the total phosphates isolines shown in the present

ESTACIONES

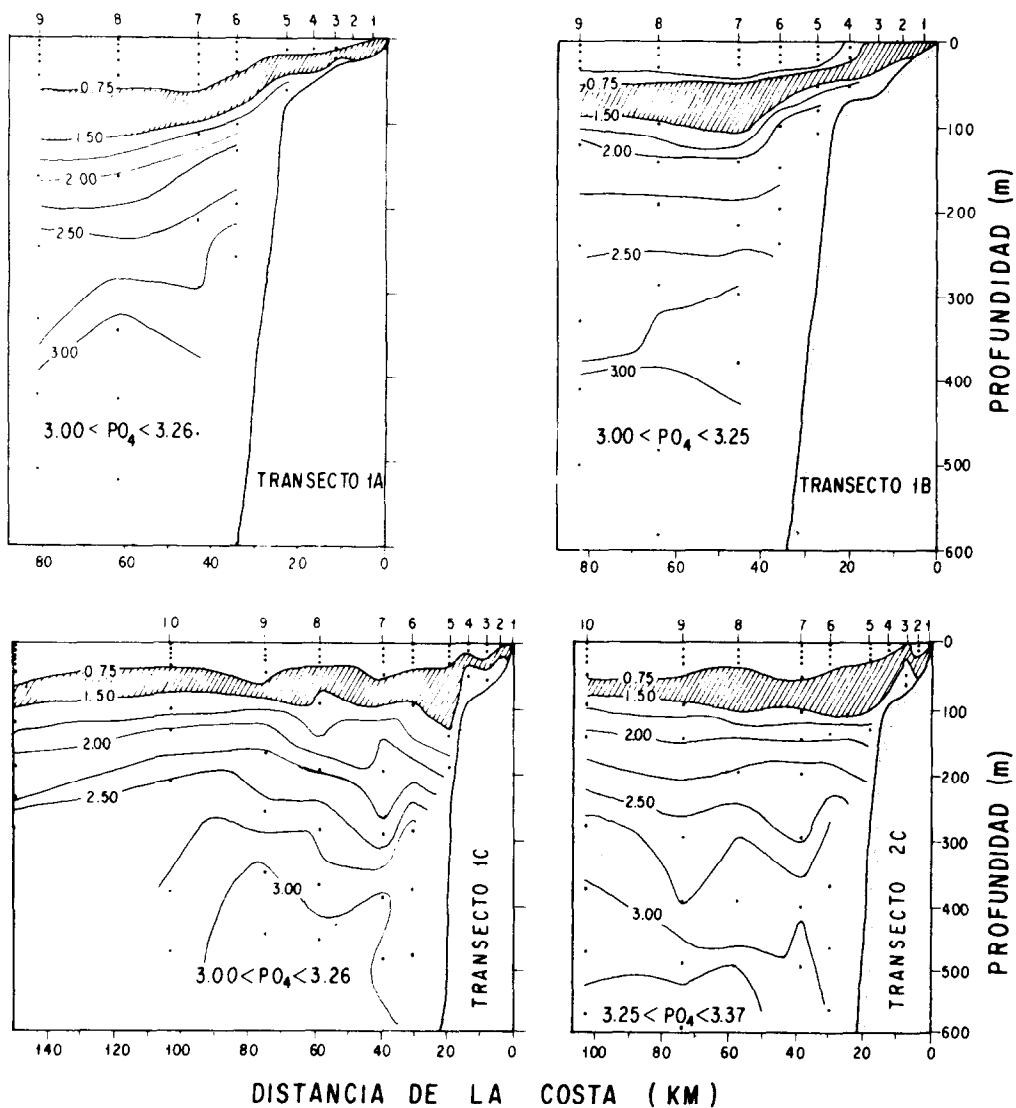


Figura 3. Distribución vertical del fosfato total (μM) en los transectos A, IB, IC y 2C.

Figure 3. Vertical distribution of the total phosphate (μM) in transects A, IB, IC and 2C.

cuales alteran el valor de los fosfatos totales en dichos niveles, y se presenta un ascenso de las isoféneas en dichos "núcleos", y un descenso al salir de su influencia, por ejemplo, al comparar los transectos 5B (Figs. 4 y 6).

paper. The rise of the isoline far and near the coast is due to the presence of the subsurface countercurrent which appears as a "nucleus" with high preformed phosphate values ($> 1.0 \mu M$), which alter the value of the total

ESTACIONES

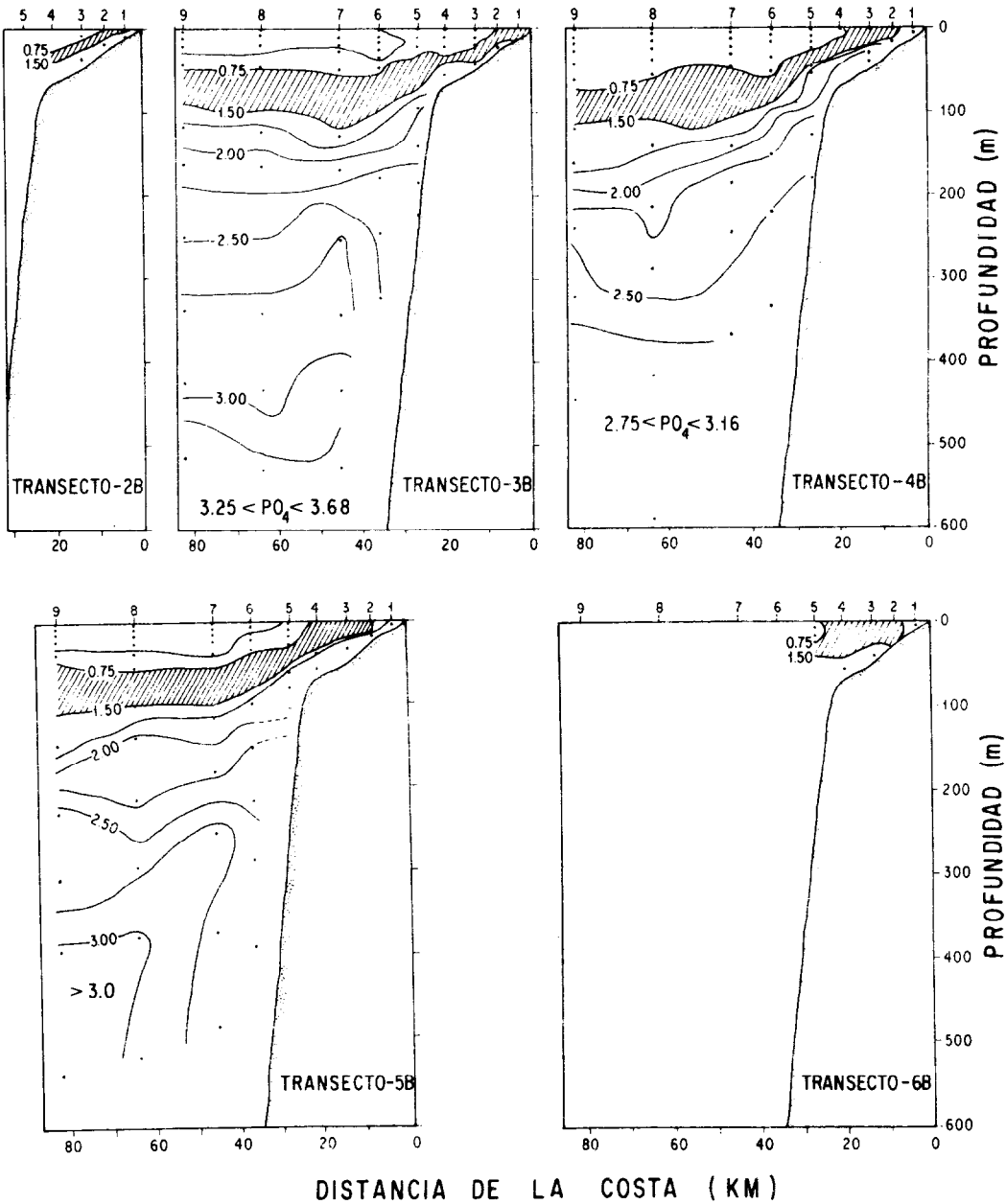


Figura 4. Distribución vertical del fosfato total (μM) en los transectos 3B, 4B, 5B y 6B.

Figure 4. Vertical distribution of the total phosphate (μM) in transects 3B, 4B, 5B and 6B.

ESTACIONES

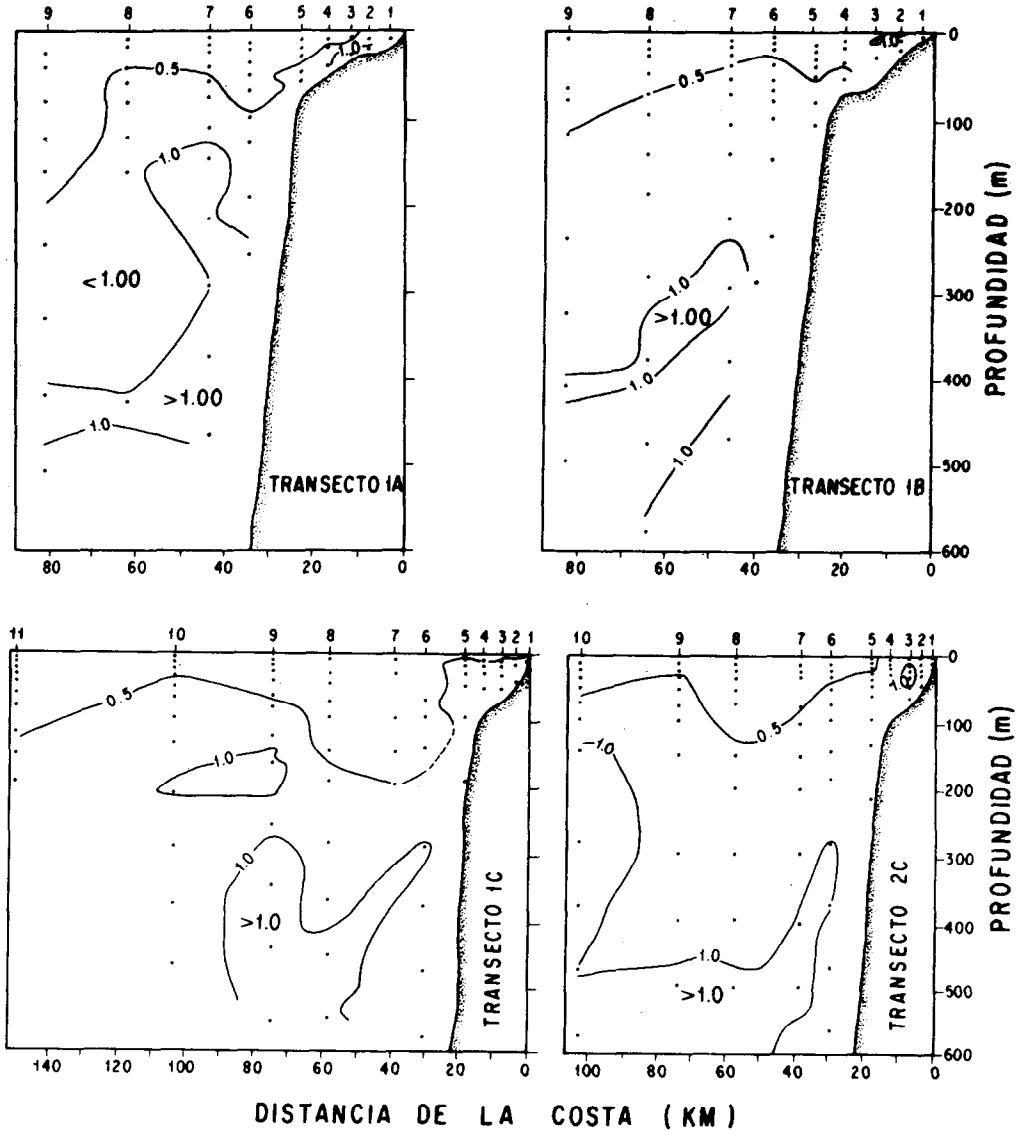


Figura 5. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l) en los transectos A, IB, IC y 2C.
 Figure 5. Vertical distribution of dissolved oxygen (ml/l) in transects A, IB, IC and 2C.

Los fosfatos preformados, por ser una propiedad conservativa, mostraron ser útiles para ubicar la contracorriente subsuperficial, determinando su presencia hasta una distancia de 100km de la costa. Su influencia se mani-

phosphates in those levels, a rise of the isolines occurring within those "nuclei" and a fall at the moment of coming out of their influence, for example, comparing the transects 5B (Fig. 4 and 6).

ESTACIONES

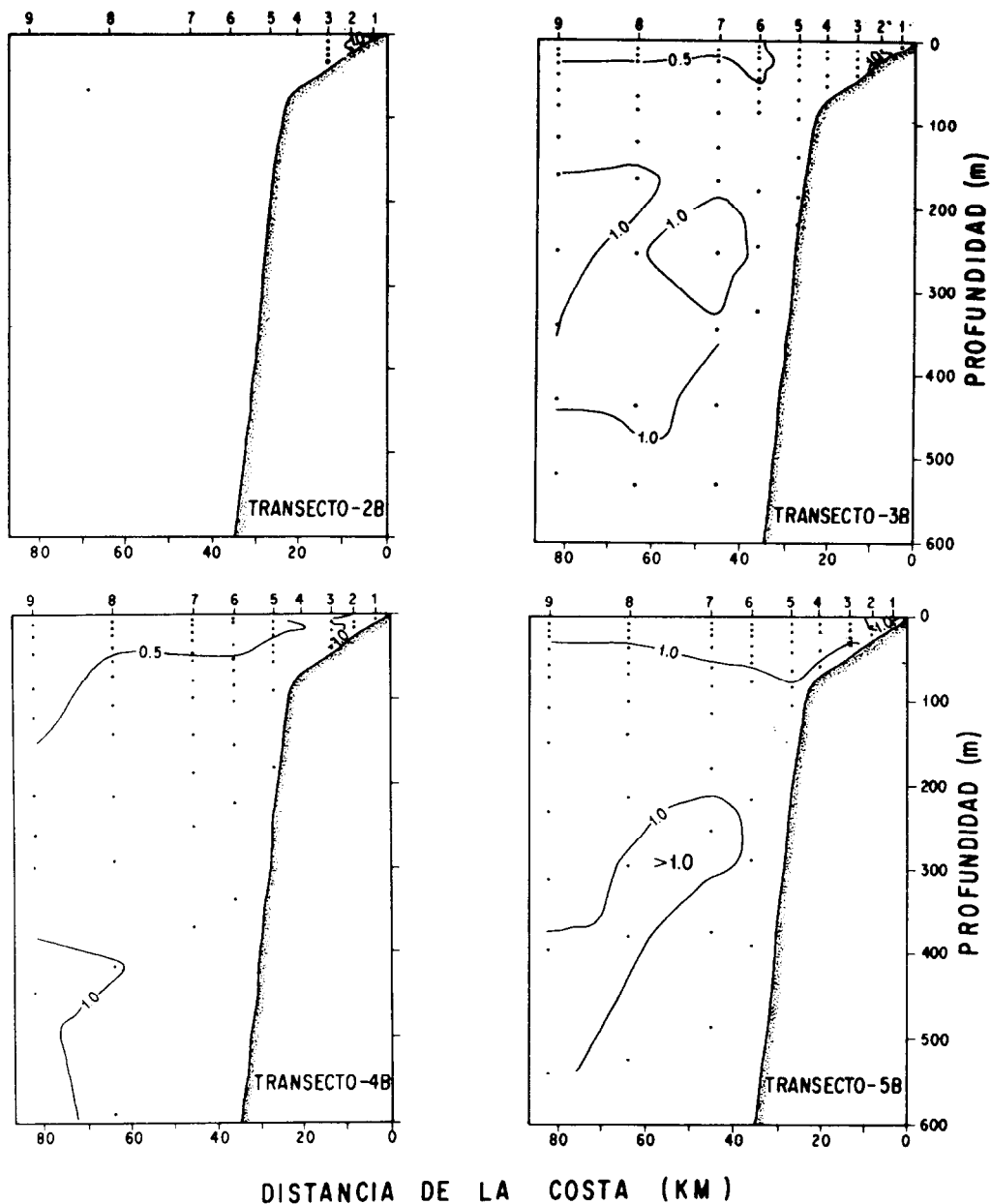


Figura 6. Distribución vertical de los fosfatos preformados (μM) en los transectos 2B, 3B, 4B y 5B.

Figure 6. Vertical distribution of preformed phosphates (μM) in transects 2B, 3B, 4B and 5B.

festó en todos los transectos en menor y mayor grado, debido probablemente a las grandes distancias entre los puntos estudiados en los niveles profundos. Su estructura general en la zona podría ser descrita por la mostrada en los transectos 1C y 2C (Fig. 5), que presentan una base principal a los 500m con dos prolongaciones hacia la superficie. Dicha estructura pudiera en cierta forma explicar el comportamiento de los flujos contrarios a diferentes distancias de la costa encontrados a 250m por Reid (1962,1963).

En la isobata de 15 y 25m respectivamente, se encontraron valores altos de fosfatos preformados iguales a los mostrados en la región de la contracorriente. Reid et al. (1958) mencionan que en ocasiones el origen de las aguas de surgencia en las costas de Baja California es la contracorriente norecuatorial; se debe tal vez a su influencia la ocurrencia de los valores altos de los fosfatos preformados obtenidos en dicha región.

El comportamiento general de los rangos sombreados con valores de oxígeno disuelto entre 5.0 y 4.0ml/1 (Figs.7,8 y 9), señalan la ocurrencia de dos eventos de surgencia costera en forma similar a los detectados por los fosfatos totales. Sin embargo, en los transectos 1C y 2C (Fig. 7), el comportamiento de dichas isóneas es de una forma distinta, ya que se producen ondulaciones que ascienden alrededor de la estación 6 del transecto 1C entre 5 y 9 del transecto 2C. Dicho comportamiento no debe interpretarse como un ascenso de aguas oceánicas sino como una respuesta a la influencia de factores meteorológicos (vientos, radiación solar, etc) y/o biológicos (respiración y fotosíntesis) sobre el contenido de oxígeno en las capas superficiales. Los valores máximos subsuperficiales de oxígeno disuelto (6.0ml/1), se observan cambiando de posición constantemente, influidos en parte por los movimientos generados en los eventos de surgencia. Stefansson y Richards (1964) atribuyeron como factor principal en la producción del máximo subsuperficial de oxígeno para verano en las costas de Washington y Oregon, el hundimiento de agua enriquecida de oxígeno por fotosíntesis en el área cercana a la costa. Sin embargo, Pytkowicz (1964) y Reid (1958) concluyeron que este máximo es debido a las

Because they are a conservative property, the preformed phosphates proved to be useful for locating the subsurface countercurrent, determining their presence as far as 100km offshore. Their influence appeared in all the transects to a greater and a lesser extent probably due to the great distances between the studied places in the deep levels.

Their general structure in the zone could be described by the one shown in the transects 1C and 2C (Fig. 5), presenting a principal base at 500m with two prolongations toward the surface. This structure could explain in some way the behavior of the contrary flows at different distances from the coast, found at 250m by Reid (1962, 1963).

In the isobath of 15 and 25m respectively, high values of preformed phosphates identical to those existing in the countercurrent region were found. Reid et al. (1958) state that sometimes the origin upwelling waters on Baja California coasts is the northequatorial countercurrent, the occurrence of the high values of the preformed phosphates obtained in that region being perhaps due to its influence.

The general behavior of the darked areas with dissolved oxygen values ranging between 5.0 and 4.0ml/1 (Figs.7,8 and 9) indicate the occurrence of two coastal upwelling events in a similar way to those detected by the total phosphates. However, in the transects 1C and 2C (Fig. 7), those isolines behavior is different, since undulations ascending around station 6 of transect 1C and between 5 and 9 of transect 2C occur. This behavior must not be interpreted as a rise of ocean water but rather as a response to the influence of meteorological (winds, solar radiation, etc.) and/or biological (respiration and photosynthesis) factors on the oxygen content in surface layers. It can be observed that the maximum subsurface values of dissolved oxygen (6.0ml/1) constantly change position, partly influenced by the movements generated in the upwelling events. Stefansson and Richards (1964) considered as principal factor in the production of the maximum subsurface of oxygen for summer on the coast of Washington and Oregon, as the main factor of regarded the sinking of oxygen enriched water

ESTACIONES

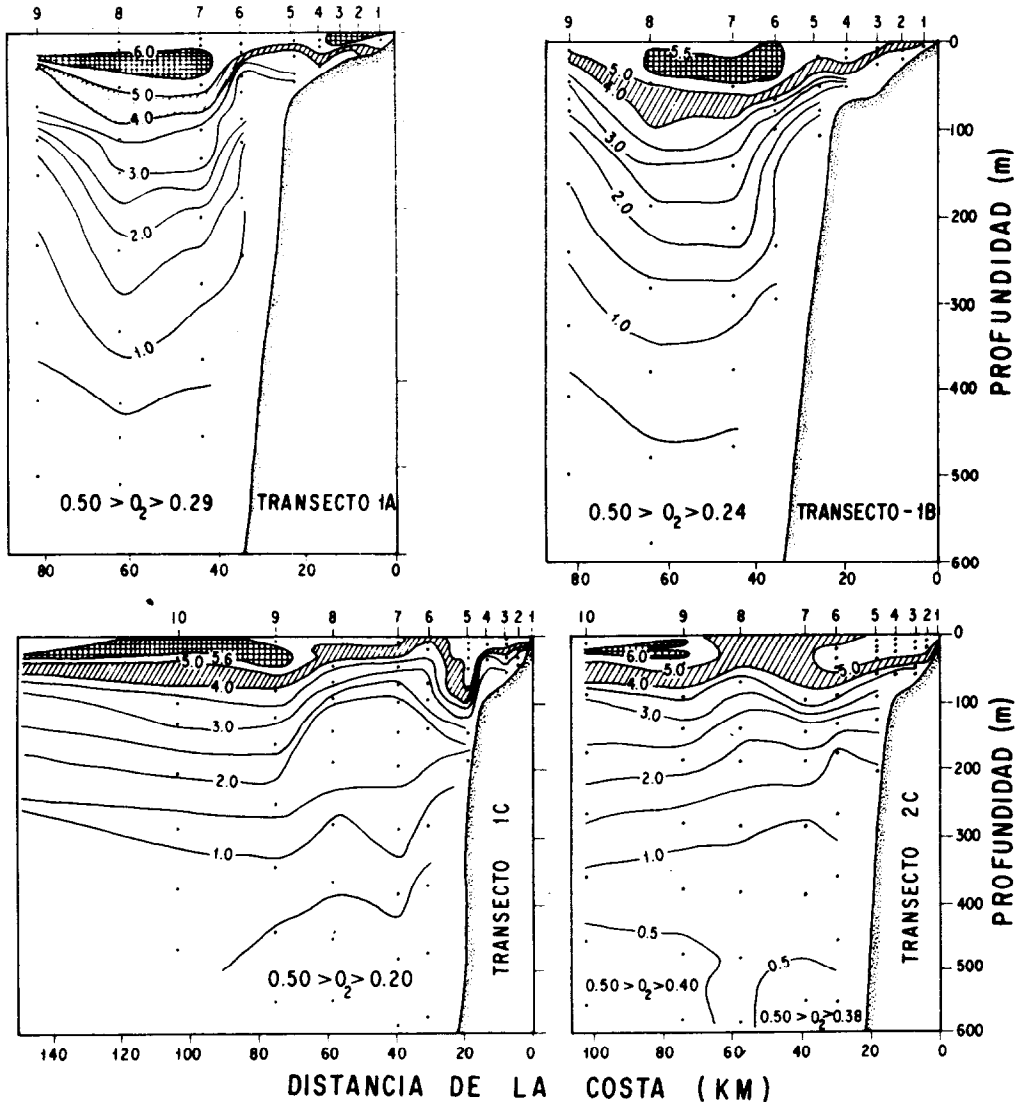


Figura 7. Distribución vertical de los fosfatos preformados (μM) en los transectos A, IB, IC y 2C.

Figure 7. Vertical distribution of preformed phosphates (μM) in transects A, IB, IC and 2C.

variaciones estacionales en la estructura térmica, disminuyendo la cantidad de oxígeno disuelto en la superficie como consecuencia de un aumento de temperatura.

El ascenso de las isólfneas de oxígeno cerca del talud continental puede ser debido

by photosynthesis near the coast. However, Pytkowicz (1964) and Reid (1958) concluded that this maximum is due to the seasonal variations in the thermic structure and that the quantity of dissolved oxygen in the surface diminishes as a result of an increase of temperature.

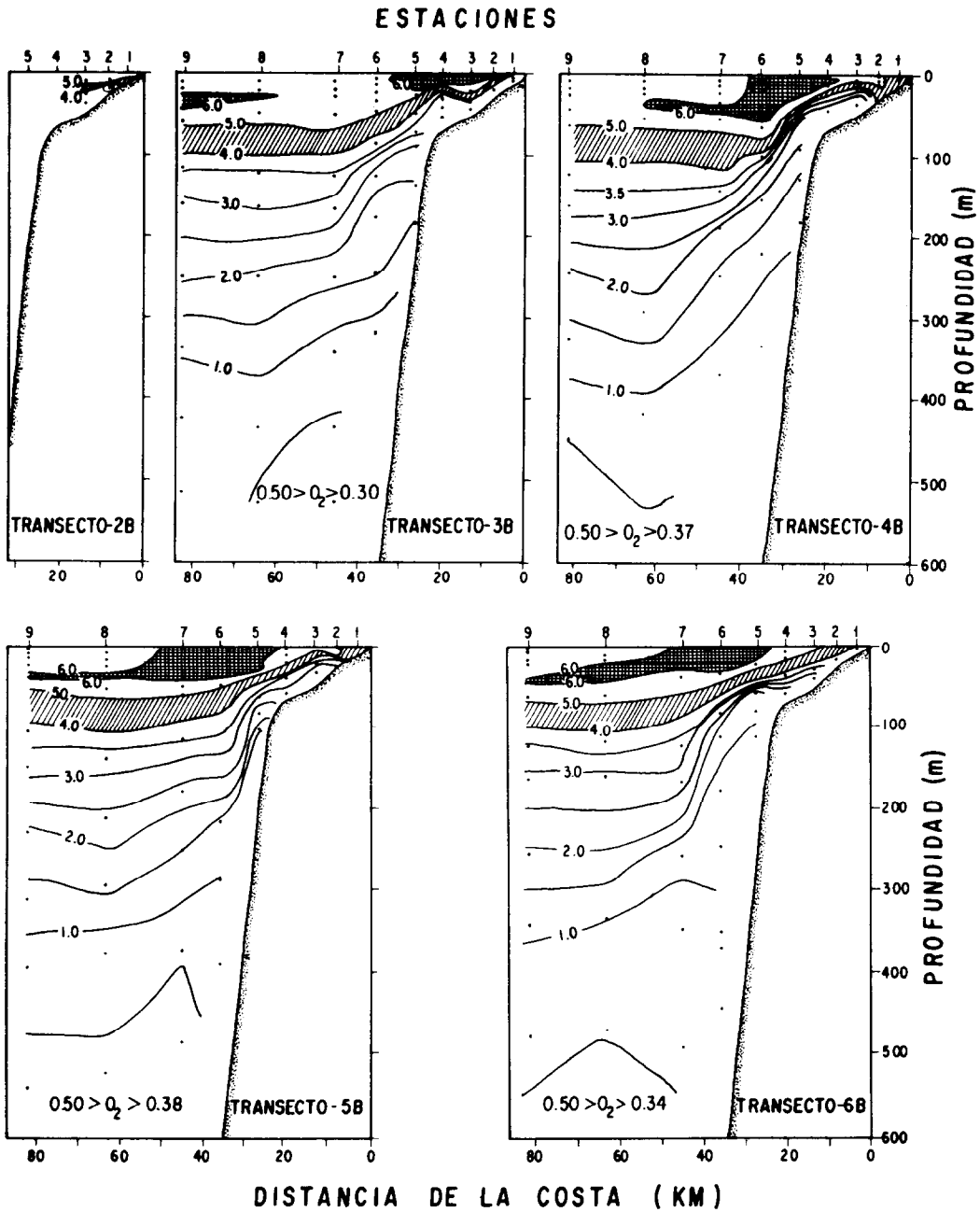


Figura 8. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/1) en los transectos 3B, 4B, 5B y 6B.

Figure 8. Vertical distribution of dissolved oxygen (ml/1) in transects 3B, 4B, 5B and 6B.

ESTACIONES

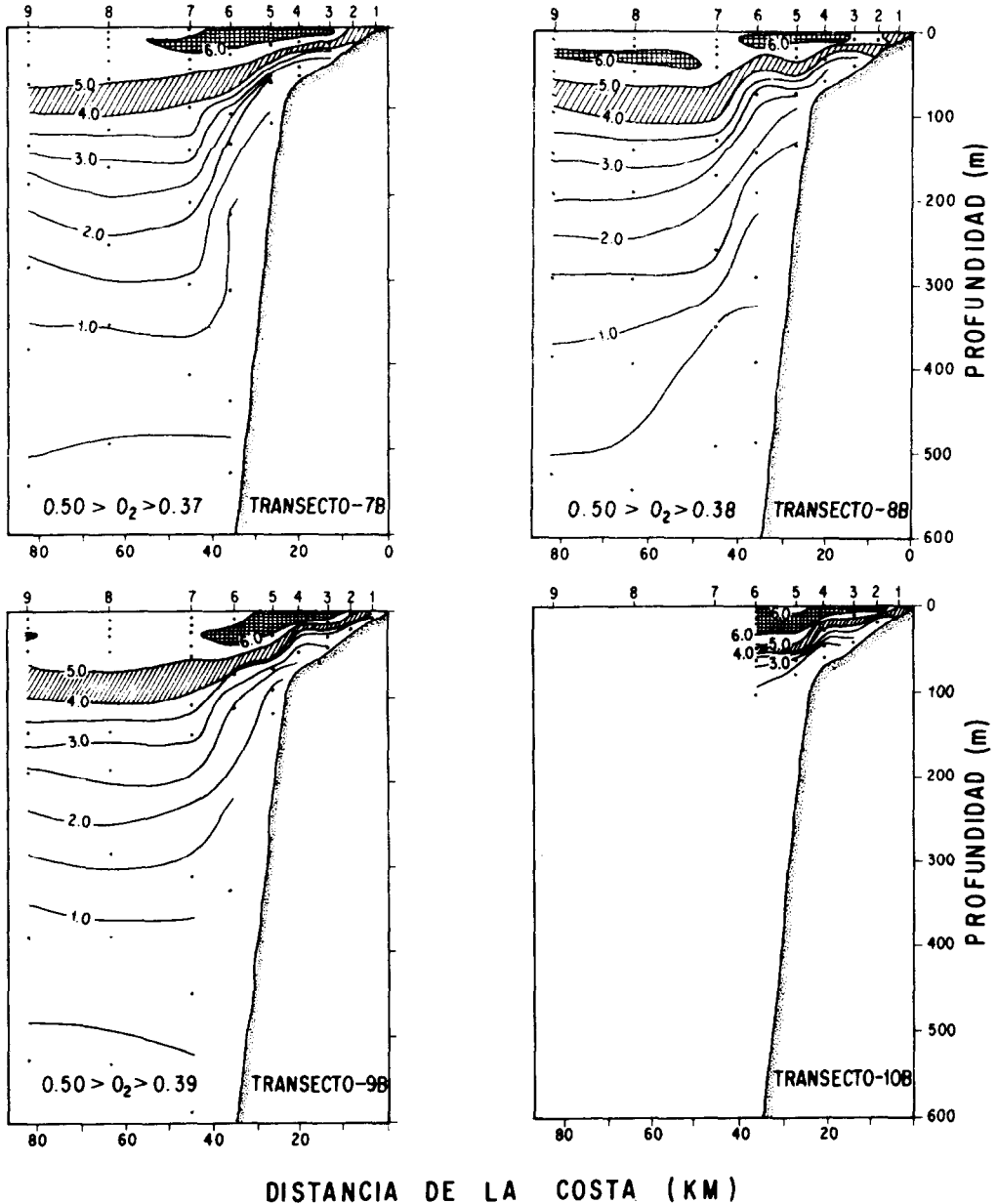


Figura 9. Distribución vertical del oxígeno disuelto (ml/l) en los distintos transectos 7B, 8B, 9B y 10B.

Figure 9. Vertical distribution of dissolved oxygen (ml/l) in the different transects 7B, 8B, 9B y 10B.

a la influencia de la contracorriente, la cual, según Reid (1958), posee bajo contenido de oxígeno disuelto, produciéndose ascenso de las isofleas al aproximarse a ella.

El comportamiento general de las isofleas de UAO en las distintas superficies de sigma-t (Fig.10), confirma la ubicación de la prolongación de la contracorriente cercana del talud, y se presenta una serie de isofleas provenientes de la estación C9, debidas tal vez, a la influencia de la extensión de la contracorriente detectada más lejos de la costa. Tomando en cuenta las consideraciones descritas por Pytkowicz y Kester (1966) Alvarez y Park (1971) en la interpretación de las isofleas de UAO a lo largo de superficies de igual sigma-t, se observa que la dirección principal de movimiento en los distintos niveles es hacia el noroeste, con movimientos menores en las direcciones este y oeste.

Según Alvarez y Park (1971), la ausencia de un gradiente de fosfato preformado en la dirección de movimiento detectada por los valores de la UAO, sugiere generalmente que la mezcla entre masas de agua no esté ocurriendo. El hecho de presentarse los mismos valores altos ($> 1.0 \mu M$) de fosfatos preformado en la dirección del incremento de las isofleas de UAO en las superficies de sigma-t de 26.7 y 26.9, sugiere que dichos incrementos no son debidos a mezcla con masas de agua adyacentes. Sin embargo, se requiere de un análisis más detallado de la variación de las propiedades conservativas (fosfatos preformados, temperatura y salinidad) para poder destacar la ocurrencia de mezcla.

De acuerdo con los resultados, se considera que las propiedades químicas (fosfatos y oxígeno disuelto) son útiles indicadores de eventos de surgencias costeras para la región estudiada y se pueden emplear como una herramienta auxiliar en la caracterización de los eventos de surgencias.

Además estas propiedades son útiles para el cálculo de los fosfatos preformados, los cuales sirvieron para ubicar la contracorriente subsuperficial, que mostró tener una estructura compleja, se detectó debajo de los 150m hasta 600m de profundidad y alcanzó distan-

The rise of the oxygen isolines near the continental slope may be due to the influence of the countercurrent which, according to Reid (1958), present low dissolved oxygen content, and the rise of the isolines occurs when approaching it.

The general behavior of the OAU isolines in the different surfaces of sigma-t (Fig.10) confirms the location of the prolongation of the countercurrent near the slope. A series of isolines proceeding from station C9 occur due perhaps to the influence of the countercurrent detected further away from the coast. Taking into account the considerations described by Pytkowicz and Kester (1966) and Alvarez and Park (1971) for the interpretation of the OAU isolines along equal sigma-t surfaces, it can be observed that the main direction of the movement on the different levels is northward, with lighter movements eastward and westward. According to Alvarez and Park (1971), the absence of a preformed phosphate gradient in the direction of the movement detected by the OAU values generally suggests that the water masses mixture is not occurring. The fact that the same high values ($> 1.0 \mu M$) of preformed phosphate occur in the direction of the increase of the OAU isolines on the sigma-t surfaces of 26.7 and 26.9 suggests that these increases are not due to the mixture with adjacent water masses. However, a more detailed analysis of the conservative properties variation (preformed phosphates, temperature and salinity) is necessary in order to be able to note the occurrence of mixture.

According to the results obtained, we consider that the chemical properties (phosphates and dissolved oxygen) are useful indicators of coastal upwelling events for the studied region and can be regarded as auxiliary tool for the characterization of the upwelling events. Besides these properties are useful for the calculation of the preformed phosphates which helped in locating the subsurface countercurrent. The latter proved to have a complex structure, was detected below 150 as deep as 600m and as far as 100km offshore with northeast movement main direction suggested by the OAU, near the slope.

Torres Moya Guillermo.-Algunas Propiedades

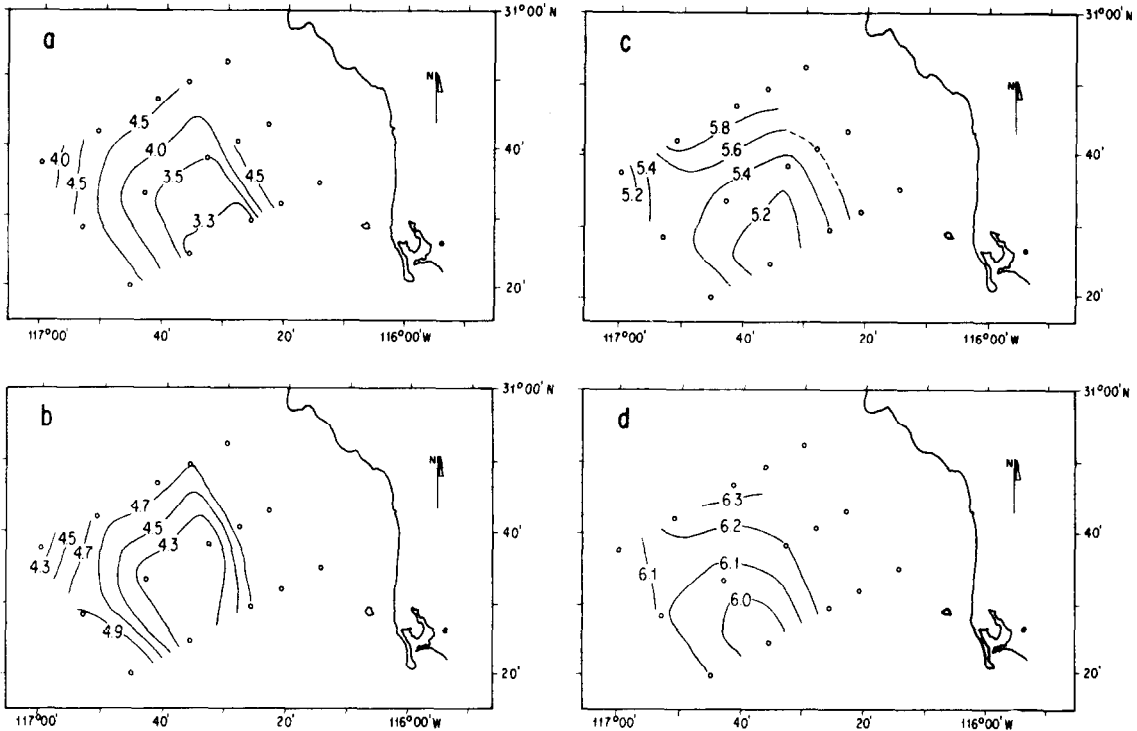


Figura 10 Distribución de las isofneas de UAO en las superficies de sigma-t: a) 26.3, b) 26.5, c) 26.7 y d) 26.9.

Figure 10 OAU isolines distribution in the surfaces of sigma-t: a) 26.3 b) 26.5 c) 26.7 d) 26.9.

cias de hasta 100km fuera de la costa, con dirección principal de un movimiento noroeste sugerida por la UAO, cerca del talud.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ B and Park P L (1971) AOU as indicator of water flow direction in the central North Pacific. *Journal of the Oceanographical Society of Japan* 27 (4): 142-151.

AMADOR A (1978) Análisis de vientos, corrientes y nivel del mar en una zona de surgencias cerca de Punta Colonet. Tesis de Maestría. CICESE, Ensenada, México, 32 pp.

ARGOTE E M L (1978) Evidencias de surgencias frente a Punta Colonet, Baja California. CICESE, Tesis de Maestría, 50pp.

Katarzyna Michejda translated this paper into English.

BARTON E D and Argote M L (1980) Hydrographic variability in an upwelling area off Northern Baja California in June 1976. *J. Mar. Res.* 38(4): 631-649.

CHELTON D B (1982) Large-scale response of the California current to forcing by the wind stress curl. *CalCOFI Rep. Vol. XXIII*, 130-148 pp.

GARCIA C K (1983) Variaciones hidrográficas y eventos de surgencia frente a Punta Colonet, B C en julio de 1980. UABC, Escuela Superior de Ciencias Marinas, Tesis Profesional, 116pp.

- GILBERT W, W. Pawley W and Park K (1968) Carpenter's oxygen solubility tables and nomograph for seawater as a function of temperature and salinity. Corvallis, Oregon State Univ., Dept. of Ocean. Data Rept. No. 29, 139pp.
- GOMEZ-VALDEZ J (1983) Estructura hidrográfica promedio frente a Baja California. *Ciencias Marinas*. 9(2):75-86.
- HALPERN D (1976) Structure of a coastal upwelling event observed off Oregon during July 1973. *Deep Sea Research*, 23 (6): 495-508.
- MANUAL DEL TECNICO MARINO (1971) Scripps Institution of Oceanography, 29pp.
- MONTGOMERY B (1938) Circulation in upper layers of Southern North Atlantic deduced with use of isentropic analysis. *Phys. Ocean. and Met.* 6(2): 55pp.
- PARK K, Patullo J G and Wyatt B W (1962) Chemical properties as indicators of upwelling along the Oregon coast. *Limnol. Oceanogr.* 7(3):435-437.
- PYTKOWICZ R M (1964) Oxygen exchange rates off the Oregon Coast. *Deep-Sea Research* 2(3):381-389.
- PYTKOWICZ R M and Kester D R (1966) Oxygen and phosphate as indicators for the deep intermediate waters in the Northeast Pacific Ocean. *Deep-Sea Research* 13(3): 373-379.
- REID, J L Jr (1962) Measurements of the California countercurrent at depth of 250 meters. *J. Marine Res.*, 20(2):134-137.
- REID J L Jr (1963) Measurements of the California countercurrent off Baja California. *Journal of Geophysical Research*, 68 (16):4819-4822.
- REID J L Jr, Roden G I and Wyllie J G (1958) Studies of the California Current System. *CalCOFI. Pro. Rept.* 1 July 1956 - 1 January 1958, 29-57.
- REYNOSO H (1978) Distribución de nitratos y fosfatos en un área de surgencias costeras en Baja California durante la Primavera de 1976. UABC, Escuela Superior de Ciencias Marinas, Tesis Profesional, 45pp.
- ROBLESP J M, Morales C, García J, Flores C (1981) Informe de Datos Hidrográficos de la Región de Cabo Colonet, BC. *Crucero Subac II*, Julio de 1980, CICESE, 165pp.
- RODRIGUEZ O J M (1978) Descripción de variables físicas en función del tiempo, para un área con eventos de surgencias, en Baja California. UABC, Escuela Superior de Ciencias Marinas, Tesis Profesional, 19 pp.
- SMITH R L (1968) Upwelling Oceanogr. *Mar. Biol. Ann. Rev.* 6-1146.
- Smith R L, Patullo J G and Lane R K (1966) An investigation of the early stage of upwelling along the Oregon coast. *Journal of Geophysical Research*, 71: 1135-1140.
- STEFANSSON U and Richards E A (1964) Distributions of dissolved oxygen, density and nutrients off Washington and Oregon coast, *Deep-Sea Research*, 2(3): 355-381.
- STRIKLAND J D H and Parsons T R (1968) A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fisheries Res. Board Can. Bull.* 49-52.
- WICKHAM, J B (1975) Observations of the California Countercurrent. *Journal of Marine Research*, 33(3): 325-340.
- WOOSTER W S and Jones J H (1970) California Undercurrent off Northern Baja California. *J. Mar. Res.* 28:253-260.
- YOSHIDA K and Tsuchiya M (1958) Northward flow in lower layers as an indicator of coastal upwelling. *Records of Oceanographic Works in Japan* 4(1): 14-22.