

**EFFECTOS DE EL NIÑO EN LOS NUTRIENTES Y EL FITOPLANCTON  
DE VERANO DE 1983, EN AGUAS COSTERAS DE  
BAJA CALIFORNIA OCCIDENTAL.**

**THE 1983 EL NIÑO EFFECTS ON NUTRIENTS AND SUMMER  
PHYTOPLANKTON OF WESTERN BAJA CALIFORNIA  
COASTAL WATERS**

Por/By

Guillermo Torres-Moye\*

y/and

Saúl Alvarez-Borrego\*\*

\*Escuela Superior de Ciencias Marinas  
Universidad Autónoma de Baja California  
Ensenada, Baja California, México.

\*\*División de Oceanología  
Centro de Investigación Científica y de  
Educación Superior de Ensenada, B. C.  
Espinoza 843  
Ensenada, Baja California, México.

TORRES MOYE, G. y S. Alvarez Borrego. 1985. Efectos de El Niño en los nutrientes y el fitoplancton de verano de 1983, en aguas costeras de Baja California occidental. The 1983 El Niño effects on nutrients and summer phytoplankton of western Baja California coastal waters. *Ciencias Marinas* 11(3): 107-113 (7)

**RESUMEN**

Generamos series de tiempo de 18 días de T°C, S<sup>o</sup>/oo, O<sub>2</sub>, nutrientes (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> y SiO<sub>2</sub>), clorofila a y feopigmentos y abundancia de los grupos taxonómicos principales del fitoplancton (diatomeas, dinoflagelados y nanoplancton) para aguas superficiales localizadas fuera de la Bahía San Quintín, Baja California, México, durante el verano de 1983. Comparando estos datos con los de los años normales de 1977 y 1979, encontramos que la T°C y la abundancia de nanoplancton fueron mayores durante el verano del año de El Niño, y los nutrientes, clorofila a así como la abundancia de diatomeas y dinoflagelados, fueron menores que los de verano de 1977 y 1979.

**ABSTRACT**

We generated 18 days time series of T°C, S<sup>o</sup>/oo, O<sub>2</sub>, nutrients (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> and SiO<sub>2</sub>), chlorophyll a and phaeopigments, and phytoplankton abundance by major taxa (diatoms, dinoflagellates and nanoplakton) for the surface waters of a location off San Quintín Bay, Baja California, Mexico, during summer of 1983. Comparing these data with those from the normal years of 1977 and 1979, we found that T°C and nanoplankton abundance were higher during the summer of El Niño 1983 year, and nutrients, chlorophyll a, and diatom and dinoflagellate abundance, were lower than those for the summer of 1977 and 1979.

Mediciones efectuadas en 1982 y 1983  
muestran un calentamiento pronunciado y

Measurements made in 1982 and 1983  
show a pronounced and anomalous warming

anómalo en la costa oeste de América del Norte. Este calentamiento coincide con El Niño ecuatorial, y para enero de 1983 su influencia alcanzó el Golfo de Alaska (Simpson, 1983). La corriente de California (CC) es impulsada por vientos y, de acuerdo con Simpson (1983), uno de los efectos de El Niño es incrementar el flujo costero con dirección al polo. De acuerdo con Dandonneau y Donguy (1983), el fenómeno llamado El Niño resulta en un rompimiento de los procesos de surgencias y, posiblemente, en una disminución drástica de la producción primaria en el Pacífico tropical este. Estos autores midieron concentraciones menores de clorofila (Clor a) superficial del mar en una gran parte del Pacífico tropical durante 1982. McGowan (1983) señaló que la producción primaria y secundaria son altas en la CC cuando el transporte de agua fría de baja salinidad procedente del norte es fuerte, y son bajas cuando el transporte es débil; y que los períodos de calentamiento y baja producción en la CC tienden a coincidir con los eventos de El Niño en el Pacífico ecuatorial este. Este autor también menciona que mediciones efectuadas en la CC durante la primavera y verano de 1983 muestran que hubo transporte hacia el sur anormalmente débil y agua caliente. Además, los valores de Clor a y de nutrientes en los 200 m superficiales fueron mucho menores que el promedio de seis cruceros de verano. El debilitado transporte procedente del norte hundió la termoclina, resultando en un máximo de estabilidad subsuperficial más profundo; esto inhibió el aporte de nutrientes a la zona eufótica, resultando producción primaria y secundaria menores en la CC. El registro continuo de concentración de Clor a generado para el muelle de Scripps también muestra valores mucho menores durante El Niño 1982-1983 que los presentes en condiciones normales (Hemingway, comunicación personal).

Del 20 de junio al 7 de julio de 1983, generamos series de tiempo de T°C, S<sub>o</sub>/oo, O<sub>2</sub>, Clor a, feopigmentos, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub> y de abundancia de los grupos taxonómicos principales del fitoplancton (diatomeas, dinoflagelados y nanoplancton), en una estación ubicada fuera de la Bahía San

along the west coast of North America. This warming is coincident with an equatorial El Niño, and by January 1983 the trend had reached the Gulf of Alaska (Simpson, 1983). The California Current (CC) is wind driven and, according to Simpson (1983), one of the effects of El Niño is to enhance the inshore poleward flow. According to Dandonneau and Donguy (1983), the upset phenomenon named El Niño results in a break of the upwelling processes and, possibly, in a drastic decrease of the primary production in the eastern tropical Pacific. These authors measured lower sea surface chlorophyll (Chl a) concentrations in a very large part of the tropical Pacific during 1982. McGowan (1983) indicated that primary and secondary production in the CC are high when the transport of cool, low salinity water from the north is strong, and low when it is weak; and that the periods of warming and low production in the CC tend to coincide with El Niño events in the eastern equatorial Pacific. This author also expressed that measurements made during spring and summer of 1983 show that in the CC there was anomalously weak southerly transport and warm water. In addition, both Chl a and nutrient values in the upper 200m were much less than a six cruise average of conditions in summer. The weakened transport from the north depressed the thermocline thus resulting in a deeper, subsurface stability maximum; this inhibited the input of nutrients to the euphotic zone and resulted in lower primary and secondary production in the CC. A daily record of Chl a concentration generated for Scripps pier also shows much lower values during the 1982-83 El Niño than during normal conditions (Hemingway, personal communication).

During June 20-July 7, 1983, we generate time series of T°C, S<sub>o</sub>/oo, O<sub>2</sub>, Chl a, phaeopigments, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub> and phytoplankton abundance by major taxa (diatoms, dinoflagellates and nanoplankton), for one location off San Quintín Bay (Fig.1); sampling was done once per day at ~07:30 hours, and only for surface waters. Our objective was to cover a complete upwelling intensification event. These data can be com-

Quintín (Fig. 1); el muestreo se realizó una vez al día a las ~07:30 horas y únicamente para agua superficial. Nuestro objetivo fue el muestrear un evento de intensificación de surgencia completo. Estos datos pueden ser comparados con los de Lara-Lara *et al.* (1980) y Millán Nuñez *et al.* (1982) para la boca de Bahía San Quintín en marea alta, para estimar las diferencias en nutrientes, Clor a y abundancia fitoplanctónica entre sus años muestreados (veranos de 1977 y 1979 respectivamente) y los nuestros en año con condiciones de El Niño. También medimos la T<sub>OC</sub> continuamente en la boca de la bahía, empleando un termógrafo Peabody Ryan; el cual estuvo monitoreando la T<sub>OC</sub> del 15 de abril al 14 de julio con el fin de registrar las intensificaciones de los eventos de surgencia (Fig. 2, sólo muestra el registro del 1ro. de junio al 14 de julio). El muestreo se realizó empleando una botella Van-Dorn; la T<sub>OC</sub> se midió con un termómetro de cubeta, la S<sub>0/00</sub> se analizó con un salinómetro Kahlsico; las muestras para nutrientes se analizaron con un autoanalizador Scientific Instruments; la Clor a y los feopigmentos se analizaron con un fluorómetro Turner según Edler (1979); el O<sub>2</sub> se analizó con la técnica MicroWinker; y la abundancia fitoplanctónica con microscopio invertido (Utermöhl, 1958). Los porcentajes de saturación de O<sub>2</sub> se calcularon empleando el nomograma de solubilidad de O<sub>2</sub> de Gilbert *et al.* (1967).

El registro de T<sub>OC</sub> para la boca de la Bahía San Quintín (Fig. 2) muestra claramente los cambios diurnos y semidiurnos debidos a las corrientes de marea; así como cambios de período largo (varios días). Los cambios de período largo han sido atribuidos a la secuencia de intensificaciones de eventos de surgencia por Alvarez-Borrego y Alvarez-Borrego (1982). El registro de mareas para la Bahía San Quintín se muestra en la figura 2 en donde se puede apreciar que la secuencia de mareas vivas y muertas no está correlacionada con los cambios de período largo de la T<sub>OC</sub> superficial. Durante nuestro período de muestreo ocurrió un evento de intensificación de surgencia completo (Fig. 2). La T<sub>OC</sub> en nuestro punto de muestreo (Fig. 3A) se comportó de una forma similar

pared to those of Lara-Lara *et al.*, (1980) and Millán-Núñez *et al.* (1982) for the mouth of San Quintín Bay at high tide, to estimate differences in nutrient, Chl a and phytoplankton abundance between their sampling years (summers of 1977 and 1979 respectively) and our El Niño year. We also measured T<sub>OC</sub> continuously, at the mouth of the Bay, with an analog recording Peabody Ryan thermograph; this was done between April 15 and July 14 for the purpose of monitoring the upwelling intensification events (Fig. 2, it only shows the thermogram from June 1st. to July 14th).

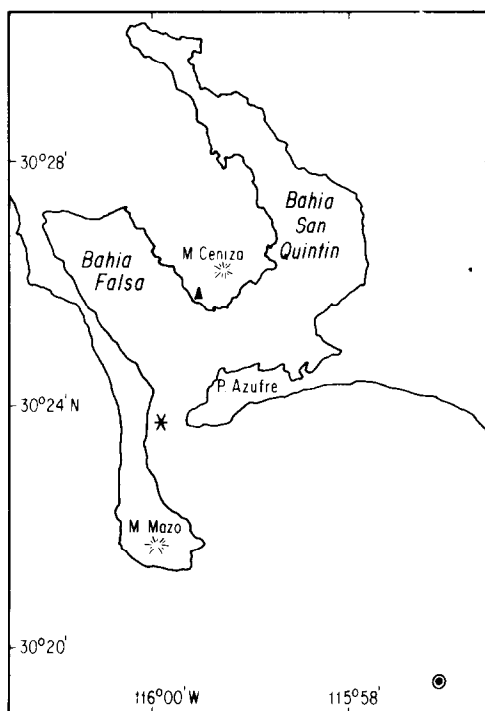


FIG. 1. Localización del punto de muestreo ●, del termógrafo\*, y del laboratorio de campo ▲.  
Sampling location ●, location of thermograph\*, and field laboratory ▲.

Sampling was done with a Van-Dorn bottle; T<sub>OC</sub> was measured with a bucket thermometer, S<sub>0/00</sub> was measured with a Kahlsico salinometer; nutrient samples were analyzed with a Scientific Instruments Autoanalyzer; Chl a and phaeopigments were analyzed with a Turner fluorometer

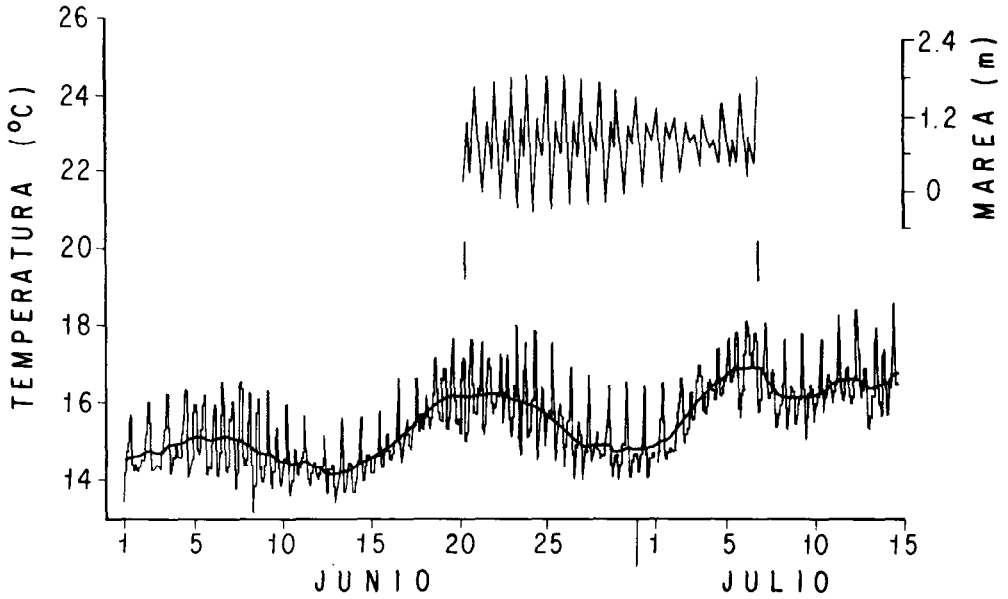


FIG. 2. Termograma del registro continuo y mareograma para Bahía San Quintín. Las líneas marcan el inicio y final del periodo de muestreo.  
Thermogram from the continuous record, and tidal graph for San Quintin Bay. The lines mark the beginning and end of the sampling period.

a la  $T_{OC}$  para la boca de la bahía. Las di- tra serie de tiempo de  $T_{OC}$  (Fig. 3A) mues- tra que la intensificación del evento de sur- gencia inició el 24 de junio y terminó el 1ro. de julio. Nuestra  $T_{OC}$  superficial más baja fue de  $14.6^{\circ}C$ , la cual es mayor que la más baja reportada por Lara-Lara *et al.*, (1980) (1) de  $11.5^{\circ}C$  y Millán-Nuñez *et al.*, (1982) (2) de  $12.8^{\circ}C$  para la boca de la Bahía San Quintín. Posiblemente, la surgencia durante El Niño en 1983 fue oscurecida por el calentamiento de aguas cercanas a la super- ficie y superficiales. Nuestros datos de oxígeno ( $O_2$ ) (Fig 3B) muestran claramente el efecto de advección vertical. La solubilidad de  $O_2$  se incrementa con temperaturas me- nores; por lo cual en condiciones sin advec- ción vertical nuestra serie de tiempo de  $O_2$  debería ser como imagen de espejo de la  $T_{OC}$ . Sin embargo, la serie de tiempo de  $O_2$  se comportó de una forma muy similar a la de la  $T_{OC}$ . Aunado a esto, el porcentaje de saturación de oxígeno (o/o sat.) también se comportó como la  $T_{OC}$ , con valores cer- canos al 90 o/o del día 29 de junio al 1ro de julio. Para aguas superficiales sin advección

following Edler (1979);  $O_2$  was analyzed by the microWinkler technique; and phy- toplankton abundance with the inverted microscope Utermöhl (1958) technique.  $O_2$  percent saturation was calculated using nomograms by Gilbert *et al.* (1967) for  $O_2$  solubility.

The  $T_{OC}$  record for the mouth of San Quintín Bay (Fig. 2) shows very clearly the diurnal and semidiurnal changes due to tidal currents; and it also shows long period changes (several days). This long period changes were attributed to the sequence of upwelling intensification events by Alvarez-Borrego and Alvarez-Borrego (1982). The tidal record for San Quintín Bay is shown in figure 2 and it may be seen that the sequence of spring and neap tides is not cor- related with the long period changes of sur- face  $T_{OC}$ . During our sampling period there was a complete upwelling intensification event (Fig. 2).  $T_{OC}$  at our sampling point (Fig. 3A) behaved very much like the  $T_{OC}$  for the bay's mouth. Differences were due to the thermograph being at a subsurface

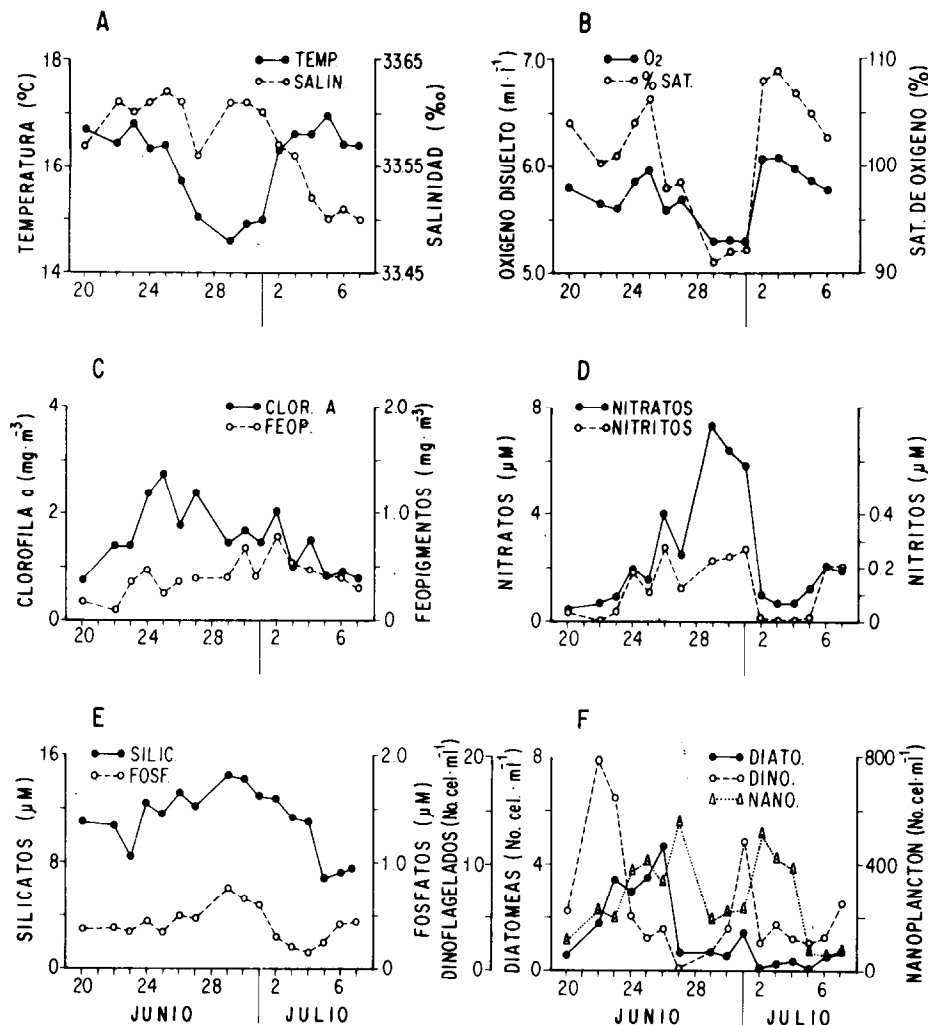


FIG. 3. Propiedades físicas, químicas y biológicas del agua de mar superficial en el punto de muestreo. Physical and biological properties of the surface seawater at the sampling point.

vertical el ‰ sat. es usualmente 100-102 ‰. (1) reportaron valores de ‰ sat. tan bajos como 60‰. Nuestros valores de nutrientes muestran también claramente el efecto de surgencia. Los NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, PO<sub>4</sub> y SiO<sub>2</sub> presentaron sus valores más altos el 29 de junio (Fig. 3D y E). Nuestros valores más altos de NO<sub>3</sub> y SiO<sub>2</sub> son menores que los más altos reportados por (2) de 12 y 23 μM respecti-

depth of ~3 m. Our temperature time series (Fig. 3A) shows that the upwelling intensification event started on June 24th and ended on July 1st. Our lowest surface T<sub>OC</sub> was 14.6°C, which is higher than the lowest reported by Lara-Lara *et al.*, (1980) (1) of 11.5°C and Millán-Nuñez *et al.*, (1982) (2) of 12.8 °C for the mouth of San Quintín Bay. Possibly, upwelling during the

vamente. Nuestro valor más alto de  $\text{PO}_4$  también es menor que el más alto reportado por (1) de más de  $3 \mu\text{M}$  y que el más alto reportado por (2) de  $2.5 \mu\text{M}$ . Ambos (1) y (2) reportaron que la concentración de Clor a fue menor durante la intensificación de un evento de surgencia que durante el período de relajamiento. Nuestros datos de Clor a no presentaron ninguna tendencia particular con respecto a los cambios de  $\text{T}^\circ\text{C}$  (Fig. 3A y C). Nuestros valores de Clor a y feopigmentos fueron mucho más bajos que los reportados por (1) y (2). (1) reportaron valores hasta de  $16 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  para Clor a, con muchos valores superiores a  $4 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ; y (2) reportaron valores mayores de  $15 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , siendo la mayoría superiores a  $2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Nuestra abundancia de diatomeas (Fig. 3F) es mucho menor que las reportadas por (1) y (2). La abundancia mayor de diatomeas de nuestro trabajo fue de  $5 \text{ cels}\cdot\text{ml}^{-1}$  comparada con valores de más de  $300 \text{ cels}\cdot\text{ml}^{-1}$  reportados por (1) y (2). Nuestros valores de abundancia de dinoflagelados (hasta  $20 \text{ cels}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) fueron también mucho menores que los reportados por (1) y (2). (1) reportaron valores de hasta  $40 \text{ cels}\cdot\text{ml}^{-1}$  y (2) valores mayores de  $500 \text{ cels}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Sin embargo, los valores de abundancia de nanoplancton de nuestro trabajo fueron mayores que los de (1) y (2). Nosotros tenemos varios valores superiores a las  $400 \text{ cels}\cdot\text{ml}^{-1}$  (Fig. 3F), mientras que sus valores más altos fueron cercanos a las  $200 \text{ cels}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Nuestros datos de abundancia fitoplanctónica no presentaron ninguna secuencia de abundancias relativas de los grupos taxonómicos correlacionado con la secuencia de intensificación del evento de surgencia. (2) encontraron que la abundancia relativa de diatomeas fue más alta que la de dinoflagelados en un evento de intensificación de surgencia, y lo inverso ocurrió con el relajamiento del mismo, manteniéndose el nanoplancton con una abundancia relativa baja en ambos casos. (1) reportaron a las diatomeas como el grupo con abundancia relativa más alta en todo su período de estudio.

1983 El Niño was masked by the warming of surface and near surface waters. Our oxygen ( $\text{O}_2$ ) data (Fig. 3B) clearly show the effect of vertical advection. With lower temperatures,  $\text{O}_2$  solubility increases; thus without vertical advection our  $\text{O}_2$  time series should have a mirror like shape of that of  $\text{T}^\circ\text{C}$ , nevertheless, our  $\text{O}_2$  time series behaved very much like the  $\text{T}^\circ\text{C}$  one. Furthermore, the percent oxygen saturation ( $\text{o}/\text{o sat.}$ ) also behaved like  $\text{T}^\circ\text{C}$ , with values close to  $90\text{o}/\text{o}$  from June 29th to July 1st. Without vertical advection,  $\text{o}/\text{o sat.}$  for surface waters is usually  $100\text{-}102 \text{ o}/\text{o}$ . (1) reported  $\text{o}/\text{o sat.}$  values as low as  $60\text{o}/\text{o}$ .

Our nutrient data also show very clearly the effect of upwelling.  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PO}_4$  and  $\text{SiO}_2$  had their highest values the 29th of June (Fig. 3D and E). Our highest  $\text{NO}_3$  and  $\text{SiO}_2$  values are lower than the highest reported by (2) of  $12$  and  $23 \mu\text{M}$  respectively. Our highest  $\text{PO}_4$  value is also lower than the highest reported by (1) of more than  $3 \mu\text{M}$ , and the highest reported by (2) of  $2.5 \mu\text{M}$ .

Both (1) and (2) reported that Chl a concentration was lower during an upwelling intensification event than during a relaxation period. In our case Chl a did not show any particular trend with respect to  $\text{T}^\circ\text{C}$  changes (Fig. 3A and C). Our Chl a and phaeopigment values were much lower than those reported by (1) and (2). (1) reported values up to  $16 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  for Chl a, with many values over  $4 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ; and (2) reported values up to more than  $15 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , with most of their values over  $5 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , and reported phaeopigment values of more than  $6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  with most of their values over  $2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Our diatom abundance (Fig. 3F) is much lower than those reported by (1) and (2). Our highest diatom abundance is  $5 \text{ cells}\cdot\text{ml}^{-1}$  compared to values of more than  $300 \text{ cells}\cdot\text{ml}^{-1}$  reported by (1) and (2). Our dinoflagellate abundance (up to  $20 \text{ cells}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) was also much lower than those of (1) and (2). (1) reported values up to  $40 \text{ cells}\cdot\text{ml}^{-1}$  and (2) reported values greater than  $500 \text{ cells}\cdot\text{ml}^{-1}$ . However, our nano-

En conclusión, nuestros datos para el año de El Niño 1983 mostraron mayor T<sub>0</sub>C y abundancia de nanoplankton, y valores menores de nutrientes, Clor a, así como de abundancia de diatomeas y dinoflagelados en comparación con los años normales de 1977 y 1979, para las aguas frente a la costa noroeste de Baja California.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Adolfo Granados-Guzmán por su ayuda en el manejo del termógrafo. También a Gilberto Gaxiola-Castro, Jesús Galarza-Plasencia, Leonardo Torres y Juan Sidón por su ayuda en el trabajo de campo. A Sila Nájera-De-Muñoz por su ayuda en el análisis de los nutrientes; y a E. Elsie Millán-De-Alvarez por su ayuda con el laborioso conteo de fitoplancton.

#### LITERATURA CITADA

- ALVAREZ-Borrego, J., and S. Alvarez-Borrego. 1982. Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. CALCOFI Rep., Vol. XXIII: 188-107.
- DANDONNEAU, Y., and J.R. Donguy. 1983. Changes in sea surface chlorophyll concentration related to the 1982 El Niño. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter. Special Issue II, Update: 1982-83 equatorial Pacific warm event. No. 21: 14-15.
- EDLER, L. 1979. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea: phytoplankton and chlorophyll. National Swedish Env. Prot. Bd. Edler, L. (ed).
- GILBERT, E., E. Pawley and P.K. Park. 1967. Carpenter's oxygen solubility tables and nomograph for seawater as a function of temperature and salinity. Corvallis, Oregon State Univ. Dept. of Oceanogr. Data Rep. No. 29: 139 pp.
- LARA-Lara, J.R., Alvarez-Borrego, and L.F. Small. 1980. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. Estuarine, Coastal and Shelf science. 11: 613-637.
- MCGOWAN, J.A. 1983. Biological effects of the 1983 Californian El Niño. Presented at the Annual CALCOFI, Idylwild, California.
- MILLAN-Núñez, R., S. Alvarez-Borrego and D.M. Nelson. 1982. Effects of physical phenomena on the distribution of nutrients and phytoplankton productivity in a coastal lagoon. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 15: 317-335.
- SIMPSON, J.J. 1983. Anomalous thermal structure in the California Current during the 1982-83 El Niño. Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter. Special Issue II, Update: 1982-83 equatorial Pacific warm event. No. 21: 22.

plankton abundance values are higher than those of (1) and (2). We have several values over 400 cells·ml<sup>-1</sup> (Fig. 3F), while their highest values are near 200 cells·ml<sup>-1</sup>. Our phytoplankton data do not show any sequence of relative abundance of major taxa correlated with the sequence of the upwelling intensification event. (2) reported diatom relative abundance higher than that of dinoflagellates during an upwelling intensification event, and the reverse situation during its relaxation, while nanoplankton maintained low relative abundances in both cases. (1) reported diatoms as the group with the highest relative abundance during their whole study period.

In conclusion, our 1983 El Niño data show higher T<sub>0</sub>C and nanoplankton abundance, and lower nutrient, Chl a and diatom and dinoflagellate abundance, than data from the normal 1977 and 1979 years, for the coastal waters off northwestern Baja California.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Adolfo Granados-Guzmán for his help with the operation of the thermograph. We also thank Gilberto Gaxiola-Castro, Jesús Galarza-Plasencia, Leonardo Torres and Juan Sidón for their help during field work; Sila Najera-De-Muñoz for her help with nutrient analysis; and E. Elsie Millán-De-Alvarez for her help with the laborious phytoplankton counting.