

NOTA

## ESTIMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA EN DOS BAJOS DE LA PARTE SUR DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO

**Primary productivity estimation in two seamounts in the southern Gulf of California, México.**

**ABSTRACT.** Vertical profiles of temperature and natural fluorescence from 100 m deep were made during February 2005. Water transparency was measured using Secchi's disc, as well samples of superficial water and at maximum of fluorescence deep were collected to analyze inorganic nutrients. In "El Bajo Espiritu Santo" temperature (20 °C at surface) diminished gradually with depth, without significant stratification. Primary productivity shows superficial values close to 6 mg C m<sup>-3</sup> h<sup>-1</sup>, reaching undetectable values at 20 m of depth. In "El Bajo Gorda" surface temperature reached 22 °C and the water column shows a thermocline between 35 m and 45 m of depth. The profiles of primary productivity presented a subsurface maximum (approximately 2 mg C m<sup>-3</sup> h<sup>-1</sup>) associated with the thermocline.

**Verdugo-Díaz, G., R. Cervantes Duarte & M.O. Albáñez-Lucero.** Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, (CICIMAR-I.P.N), Laboratorio de Plancton y Ecología Marina. Apdo. Postal 592, Av. Instituto Politécnico Nacional S/N, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S., México, C.P. 23096, e-mail: gverdugo@ipn.mx

Verdugo-Díaz, G., Cervantes-Duarte, R. & Albáñez-Lucero, M. O. 2008. Estimación de la productividad primaria en dos bajos de la parte sur del Golfo de California, México. *CICIMAR Oceánides*, 23(1,2): 39-43.

Los llamados "bajos" localizados en la Costa oriental de Baja California Sur han sido objeto de algunos estudios interdisciplinarios que tratan de describir la interacción y la dinámica físicoquímica y biológica de la zona. De éstos se desprende que son áreas de alta acumulación de organismos zooplanctónicos, larvas y peces pelágicos de importancia comercial (Trasviña-Castro *et al.*, 2003). Como complemento a la información previamente generada y tratando de aportar un mayor entendimiento hacia futuras propuestas de investigación, consideramos importante contribuir al conocimiento de la capacidad productiva de

estas áreas, por lo cual se utilizó la técnica de fluorescencia natural como una alternativa eficiente y rápida de estimar la productividad primaria (Kiefer & Chamberlain, 1989). Las estimaciones realizadas por esta técnica han tenido gran aceptación por su versatilidad y precisión, además de ser rápida y no contaminante.

En la presente investigación se consideraron dos bajos localizados en la parte oriental y la parte sur de de Baja California Sur. El Bajo Espiritu Santo que se localiza en el sureste del Golfo de California a 9 millas náuticas de la Bahía de La Paz, en las coordenadas 24° 42' N y 110° 18' W y el segundo (Bajo Gorda) que se localiza frente a San José del Cabo, B.C.S. entre, los 23° 02' N y 109° 30'. En ambas localidades se situaron cuatro estaciones de

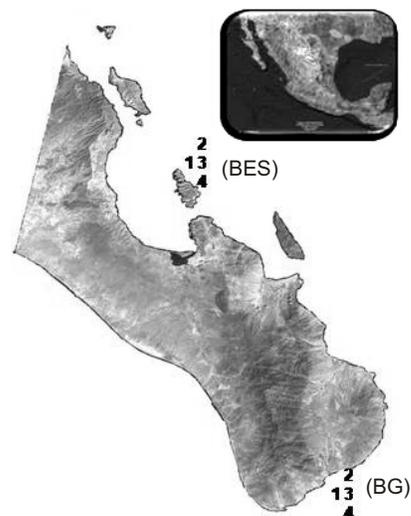


Figura 1. Área de estudio.

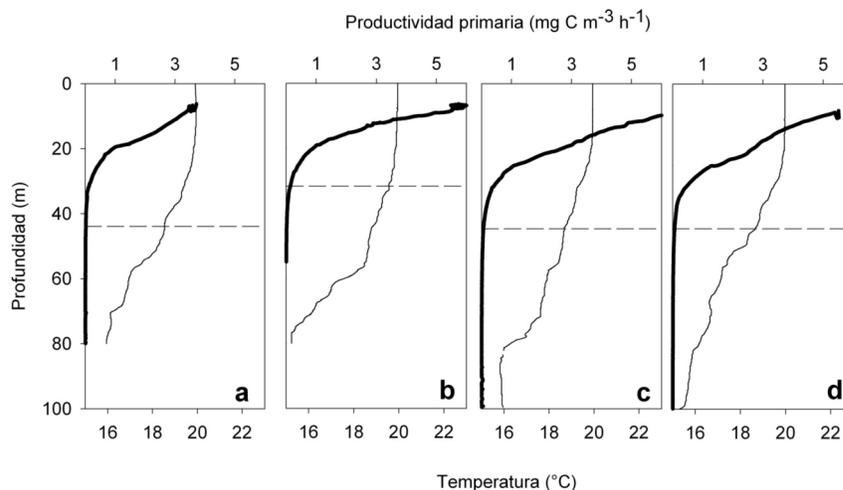
muestreo (Fig. 1). La ubicación geográfica de cada estación se determinó mediante GPS.

Se realizaron mediciones de temperatura y fluorescencia natural con un PNF-300. Adicionalmente se tomaron muestras de agua de mar a 0 m y 20 m de profundidad para la determinación de nutrientes inorgánicos (NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y PO<sub>4</sub>). La determinación de los iones nitrato se llevó a cabo según lo propuesto por Morris

& Riley (1963) con las modificaciones sugeridas por Grasshoff *et al.* (1983), mientras que los nitritos se determinaron por el método descrito por Parsons *et al.* (1984) al igual que los fosfatos.

En el Bajo Espíritu Santo, a pesar de que no se presenta una fuerte estratificación, fue posible identificar mediante la termoclina una capa de mezcla de aproximadamente 50 m. La variabilidad de la temperatura ocurrió entre los 20 °C (superficie) y los 15 °C registrados aproximadamente a 100 m de profundidad. La productividad primaria presentó el mismo patrón en las cuatro estaciones consideradas, con valores máximos subsuperficiales entre 5 mg y 6 mg C m<sup>-3</sup> h<sup>-1</sup>. La primera estación presentó máximos subsuperficiales de menor magnitud (3.4 mg C m<sup>-3</sup> h<sup>-1</sup>). La productividad primaria disminuyó de manera exponencial conforme se incrementó la profundidad, siendo de manera general indetectable a partir de los 50 m de profundidad o por debajo de la zona eufótica (Fig. 2a, 2b, 2c, 2d). La concentración de fosfatos fue la que presentó menor variabilidad entre las estaciones de muestreo, sobre todo en el nivel superficial en el cual sus valores oscilaron entre 0.55 μM y 0.71 μM. En relación con los nitratos, éstos fueron relativamente bajos en este mismo nivel (< 0.42 μM) con la excepción de la estación 3 en la cual se registró un valor de 1.1 μM. Los nitritos pre-

sentaron las menores concentraciones, variando entre 0.034 μM y 0.01 μM (Tabla I). El nivel de 20 m de profundidad mostró un comportamiento similar y a pesar de la poca diferencia en superficie, en este nivel se observaron, generalmente, mayores concentraciones de todos los nutrientes (Tabla 1). Los perfiles de temperatura para el Bajo Gorda dejan ver una columna de agua con un mayor grado de estratificación que lo registrado en el Bajo Espíritu Santo. Se observó una capa de mezcla entre los 30 m y 50 m de profundidad. La temperatura superficial presentó valores mayores que en el caso anteriormente descrito, alcanzando los 22 °C. Los perfiles de productividad primaria se caracterizaron por presentar picos subsuperficiales localizados por encima o debajo de la termoclina. Los máximos de esta variable (< 3 mg C m<sup>-3</sup> h<sup>-1</sup>) fueron relativamente menores que en el Bajo Espíritu Santo (Fig. 3a, 3b, 3c y 3d). En el Bajo Gorda, la concentración de fosfatos de igual manera fue la que presentó menor variabilidad entre las estaciones de muestreo particularmente en el nivel superficial, en el cual los valores oscilaron entre 0.30 μM y 0.34 μM. En cuanto a la distribución de los nitratos el máximo fue de 0.56 μM en la estación 2, mientras que en el caso de la estación 4 este nutriente fue indetectable. La concentración superficial máxima de nitritos fue de 0.008 μM (Tabla 1). En el nivel de 20 m de profundidad se observó un com-



**Figura 2.** Perfiles de temperatura (-) y productividad primaria (-) en el Bajo Espíritu Santo en las estaciones: a) 1; b) 2; c) 3; d) 4.

**Figure 2.** Temperature (-) and primary productivity (-) profiles in Bajo Espíritu Santo at stations: a) 1; b) 2; c) 3; d) 4.

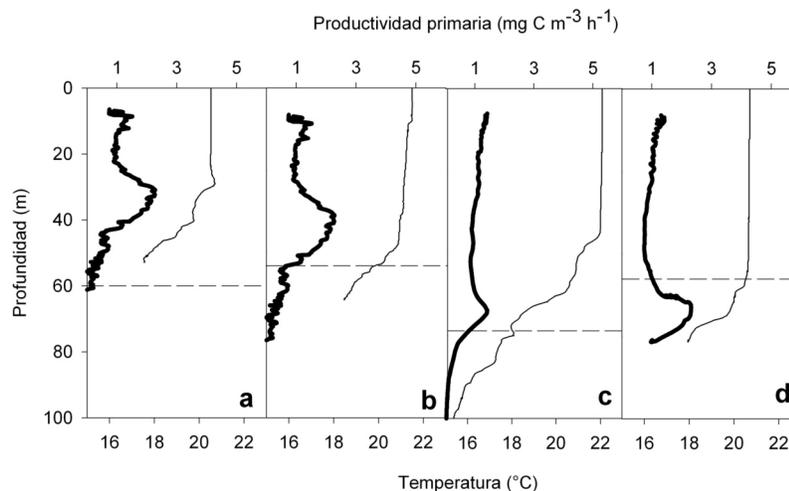
**Tabla 1.** Concentración de nutrientes en el Bajo Espíritu Santo (BES) y el Bajo Gorda (BG).**Table 1.** Nutrient concentration in Bajo Espíritu Santo (BES) and Bajo Gorda (BG)

No.Estación	Profund.	CONCENTRACIÓN ( $\mu\text{M}$ )		
		$\text{NO}_2$	$\text{NO}_3$	$\text{PO}_4$
BES1	0 M	0.034	0.042	0.714
BES2	0 M	0.014	0.000	0.678
BES3	0 M	0.020	1.110	0.618
BES4	0 M	0.010	0.040	0.559
BES1	20 M	0.145	0.452	0.806
BES2	20 M	0.012	0.160	0.504
BES3	20 M	0.147	1.112	0.682
BES4	20 M	0.022	0.372	0.591
BG1	0 M	0.004	0.044	0.317
BG2	0 M	0.008	0.567	0.331
BG3	0 M	0.000	0.359	0.346
BG4	0 M	0.002	0.000	0.307
BG1	20 M	0.000	0.048	0.202
BG2	20 M	0.002	0.000	0.221
BG3	20 M	0.002	0.000	0.278
BG4	20 M	0.004	0.000	0.264

portamiento similar para los fosfatos, sin embargo, los nitratos fueron significativamente menores, presentando concentraciones indetectables en tres de las cuatro estaciones. El único valor registrado de este nutriente fue de  $0.048 \mu\text{M}$ . Los nitritos en el nivel de 20 m de profundidad fueron menores que en superficie, presentando un máximo de  $0.004 \mu\text{M}$  y un mínimo de  $0.002 \mu\text{M}$  (Tabla 1).

En relación con la estructura vertical de la columna de agua, se ha discutido la importancia de la termoclina como una barrera física en el océano, la cual separa la capa superficial

generalmente pobre en nutrientes inorgánicos de la profunda rica en nutrientes; dichas condiciones controlan las propiedades biológicas de la columna de agua (Serra, *et al.*, 2007). Las características descritas, más que responder al patrón estacional de temperatura y vientos en la zona, han reportado un período frío entre noviembre y mayo caracterizado por las temperaturas menores y vientos dominantes del noroeste, así como un contrastante período cálido entre junio y octubre con temperaturas máximas y vientos dominantes del suroeste (Jiménez-Illescas *et al.*, 1994; De Silva-Dávila & Palomares-García, 2002), pueden

**Figura 3.** Perfiles de temperatura (-) y productividad primaria (=) en el Bajo Gorda en las estaciones: a) 1; b) 2; c) 3; d) 4.**Figure 3.** Temperature (-) and primary productivity (=) profiles in Bajo Gorda at stations: a) 1; b) 2; c) 3; d) 4.

ser el resultado de eventos locales en los cuales se presentan vientos de considerable fuerza que pueden permanecer tiempos cortos pero que provocan cierta mezcla en la columna de agua. De igual forma, en zonas como éstas se han observado fenómenos de mesoescala como giros que pueden concentrar o dispersar según sea el caso a los organismos planctónicos (Emilson & Alatorre, 1997; Trasviña-Castro *et al.*, 2003). Bajo estas condiciones el comportamiento de la productividad primaria fue también diferencial, dado que las funciones y procesos celulares inherentes a la fotosíntesis pueden alterar las tasas de productividad primaria como una respuesta a las variaciones en las condiciones ambientales (Prezélín, 1981). Mientras que en el Bajo Espíritu Santo la productividad primaria disminuyó exponencialmente y tendió a cero en el límite de la zona eufótica, en el Bajo Gorda los perfiles se caracterizaron por presentar picos máximos subsuperficiales en la parte media y baja de la zona iluminada o incluso por debajo de ella. De manera general estos picos se asociaron a la formación de la termoclina. Condiciones similares a ésta han sido registradas en la Bahía de La Paz, durante los meses cálidos y estratificados (Reyes-Salinas *et al.* 2003, Avilés-Agúndez, 2004; Verdugo-Díaz, 2004; Cervantes-Duarte *et al.*, 2005). Los resultados evidencian de la particularidad de estos sistemas en los cuales la estabilidad y dinámica tiene variabilidad en escala de tiempo menores, lo cual puede favorecer la alta diversidad y abundancia no solo de productores primarios sino también del zooplanton y algunos pelágicos mayores (Trasviña-Castro *et al.*, 2003).

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Politécnico Nacional el financiamiento del presente trabajo a través del proyecto de investigación CGPI-20040608. Los autores son becarios COFAA y/o EDI por lo cual se agradece de igual manera este apoyo.

#### REFERENCIAS

- Avilés-Agúndez, G., 2004. *Productividad primaria estimada por fluorescencia natural durante otoño-invierno en la Bahía de La Paz*. B.C.S., México. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN, 69 pp.
- Cervantes-Duarte, R., G. Verdugo-Díaz & J.E. Valdéz-Holguín. 2005. Modelo estacional de producción primaria estimada mediante fluorescencia natural en una región costera del Golfo de California, México. *Hidrobiológica*, 15 (1): 79-87.
- Chamberlain, W. S., C. R. Booth, D.A. Kiefer, J. H. Morrow & R. C. Murphy. 1990. Evidence for a simple relationship between natural fluorescence, photosynthesis and chlorophyll in the sea. *Deep Sea Res.*, 37(6): 951-973.
- De Silva-Dávila, R. & J.R. Palomares-García., 2002. Distributional pattern of the euphausiid community in Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Contributions to the study of east Pacific crustaceans*, 1: 109-125 pp.
- Emilsson, I. & M. A. Alatorre. 1997. Evidencias de un remolino ciclónico de mesoescala en la parte sur del Golfo de California, 173–182. *En: M. F. Lavín (Ed.), Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3*, México: Unión Geofísica Mexicana, Ensenada, B.C.
- Grasshoff, K., M. Ehrhardt & K. Kremling. 1983. *Methods of Seawater Analysis*. Editorial Verlag Chemie, 418 pp.
- Jiménez-Illescas A.R., M. Obeso-Nieblas, M. Alatorre-Mendieta & S. Troyo-Dieguez. 1994. Hidrología de la Bahía de La Paz. *Oceanol.*, 1(2):115-131.
- Kiefer, D. A., N. S. Chamberlin & C. R. Booth. 1989. Natural fluorescence of chlorophyll a: Relationship to photosynthesis and chlorophyll concentration in the western south Pacific gyre. *Limnol. Oceanogr.*, 35(5): 808-884

- Morris & P. Riley. 1963. The determination of nitrate in sea water. *Anal. Chim. Acta*, 29:272.
- Parsons, T.R., & Maita & C.M. Lalli., 1984. *A manual the chemical y biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press, 173 pp.
- Prezélín, B.B. 1981. Light reaction in photosynthesis. *En: T. Platt (Ed.) Physiological bases of phytoplankton ecology. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.*, 210 pp.
- Reyes-Salinas, A., R. Cervantes-Duarte, R. A. Morales-Pérez & J. E. Valdéz-Holguín. 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la Bahía de La Paz, B. C. S. *Hidrobiológica*, 13(2): 103-110.
- Serra, T., J. Vidal, X. Casamitjana, M. Soler, & J. Colomer. 2007. The role of surface vertical mixing in phytoplankton in a stratified reservoir. *Limnol. Ocenogr.*, 52(2): 620-634.
- Trasviña-Castro, A., G. Gutiérrez de Velasco, A. Valle-Levinson, R. González-Armas, A. Muhlia & M.A. Cosío. 2003. Hydrographic observations of the flow in the vicinity of a shallow seamount top in the Gulf of California Estuar. *Coast. Shelf Sci.*, 57:149-162.
- Verdugo-Díaz, G. 2004. *Respuesta ecofisiológica del fitoplancton ante la variabilidad ambiental en una bahía subtropical de Baja California Sur, México*. Tesis de Doctorado, CICIMAR-IPN, 138 pp.