

ANÁLISIS VOLUMÉTRICO FRENTE A BAJA CALIFORNIA

Por:
José Gómez Valdés
Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada, B. C.
Apartado Postal 2732
Ensenada, B.C. 22800, México

GOMEZ VALDES, J. 1984. Análisis volumétrico frente a Baja California. *Ciencias Marinas*, 10 (1): 69-75

RESUMEN

Con el uso del análisis volumétrico se efectúa una cuantificación de las aguas concurrentes entre la superficie y la isoterma de 5°C en la línea hidrográfica No. 100 del plan CalCOFI, usando datos del período 1950-1968. Normalmente se encuentra que el 15 % del volumen total ocurre entre 14 y 20°C, el 6 % entre 12 y 14°C (posición de la termoclina permanente) y el 81 % entre 5 y 12°C. Asimismo, el 23 % ocurre entre 33.1 y 33.6×10^{-3} , el 11 % entre 33.6 y 33.8×10^{-3} (haloclina permanente) y el 67 % entre 33.8 y 34.5×10^{-3} . La distribución volumétrica observada resulta similar a la estructura termohalina subártica.

ABSTRACT.

Volumetric analysis is used to define the presence and water types between the surface and the 5°C isotherm along the CalCOFI hydrographic section 100. Over the period analyzed (1950-1968) it is normally found that 15 % of the total volume occurs between 14 and 20°C; 6 % between 12 and 14°C (position of the permanent thermocline); and 81 % between 5 and 12°C. With reference to the salinity distribution, 23 % occurs between 33.1 and 33.6×10^{-3} ; 11% between 33.6 and 33.8×10^{-3} (permanent halocline); and 67 % between 33.8 and 34.5×10^{-3} . This volumetric distributions correspond to the structure of the subarctic water mass.

INTRODUCCION.

El método de análisis volumétrico se utiliza para dar estadísticas generales de las masas de agua más conspicuas de los océanos (Montgomery, 1958). También para analizar formación y mezcla (Carmack, 1974) y cuantificar los cambios espacio temporales de las masas de agua (Vélez Muñoz, 1980).

Con este método, aquí se efectúa una cuantificación de las aguas concurrentes entre la superficie y la isoterma de 5°C, en la línea No. 100 (Fig. 1) del plan básico de estaciones CalCOFI.

En la Tabla I se presenta la frecuencia de ocupación por mes durante el período 1950-1968 de las estaciones de la línea No. 100. Detalles sobre la obtención y procesamiento preliminar de los datos pueden verse en Gómez Valdés (1980).

MÉTODOS

El análisis volumétrico se realizó según el método de Carmack (1974): La longitud de la línea No. 100 se consideró como la distancia entre la estación 30 y el punto

ANALISIS VOLUMETRICO FRENTE A B. C.

medio entre las estaciones 90 y 100; esta distancia es igual a 481 km. A cada una de las estaciones 40, 50, 60, 70, 80 y 90 se les asignó 74 km de influencia en la dirección X. La fracción asignada a la estación 30 fue de 37 km. La profundidad del plano X-Z se determinó por la isoterma de 5°C. Los datos de temperatura y salinidad fueron interpolados a cada 10 m de profundidad. El intervalo de influencia de cada dato en la dirección Z se tomó de 10 m. El intervalo de profundidad fue multiplicado por la fracción de longitud correspondiente para obtener el volumen parcial del agua en cada clase bivariante ($0.5^{\circ}\text{C} - 0.1 \times 10^{-3}$). El volumen total de cada clase es la suma de sus volúmenes parciales. La profundidad promedio de ocurrencia y el contenido de oxígeno promedio de cada clase bivariante fueron encontrados con la relación usual de promedio aritmético ponderado.

TABLA I. Frecuencia de ocupación por mes (1950-1968) de las estaciones de la línea 100.

ESTACION	ENERO	ABRIL	JULIO	OCTUBRE
10030	9	9	12	9
10040	10	11	14	9
10050	10	12	14	9
10060	10	11	14	8
10070	11	12	12	10
10080	9	11	12	8
10090	9	11	12	8
100100	2	5	6	2

Se obtuvo un conjunto de 12 gráficas: cuatro (una para cada mes) de las cuales muestran el porcentaje del volumen total para cada clase bivariante, cuatro muestran la profundidad promedio de cada clase y cuatro el contenido de oxígeno promedio (véase Gómez Valdés, 1980). Con esta información se obtuvieron los resultados mostrados en las Tablas II a IV.

El promedio ponderado de los modos univariantes (Tablas III y IV) se calculó usando de factores de peso a los porcentajes resultantes en cada clase univariante.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el área de estudio la termoclina permanente se encuentra entre 12 y 14°C, y la haloclina permanente entre 33.6 y 33.8 $\times 10^{-3}$. Esta estructura se presenta más profunda en la estación más lejana de la costa y se inclina hacia la superficie a medida que se acerca a la costa (Gómez Valdés, 1983).

En la Tabla II se presentan estadísticas básicas de la termoclina y haloclina permanentes. Se calcularon de las profundidades y contenido de oxígeno promedio de las clases entre 12 y 14°C, y 33.6 y 33.8 $\times 10^{-3}$.

En la Tabla III se muestra el porcentaje del volumen total que ocurre a temperaturas más altas y más bajas que la termoclina permanente, el número de clases y el promedio pesado de los modos. En la Tabla IV se presentan cálculos similares para la salinidad, tomando en este caso la haloclina de referencia. La termoclina permanente

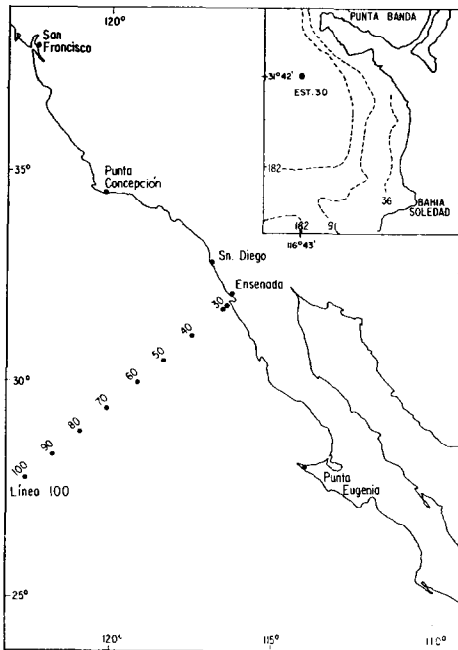


FIGURA 1. Localización del área de estudio.

TABLA IIa. Termoclina permanente

MAX significa máximo; C.S., cuartil superior; M, mediana; C.I., cuartil inferior y MIN, mínimo. Las unidades de oxígeno son ml l⁻¹.

TERMOCLINA										
PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)						CONTENIDO DE OXIGENO PROMEDIO				
	MAX.	C. S.	M.	C. I.	MIN.	MAX.	C. S.	M.	C. I.	MIN.
ENERO	117	106	99	84	69	5.9	5.6	5.2	4.8	4.0
ABRIL	140	102	94	74	50	5.9	5.6	5.4	5.2	4.8
JULIO	150	104	85	78	62	6.3	5.8	5.5	5.2	4.7
OCTUBRE	130	110	91	83	60	5.8	5.4	5.1	4.9	4.3

TABLA IIb. Haloclina permanente.

MAX, significa máximo; C.S., cuartil superior; M, mediana; C.I., cuartil inferior y MIN, mínimo. Las unidades de oxígeno son ml l⁻¹.

HALOCLINE										
PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)						CONTENIDO DE OXIGENO PROMEDIO				
	MAX.	C. S.	M.	C. I.	MIN.	MAX.	C. S.	M.	C. I.	MIN.
ENERO	198	142	110	105	48	5.6	4.8	4.1	3.9	3.6
ABRIL	201	151	126	96	45	6.4	5.6	4.9	4.2	3.1
JULIO	200	154	118	97	59	6.3	5.7	5.0	4.1	3.4
OCTUBRE	166	144	115	94	54	5.3	5.1	4.1	3.7	3.2

TABLA III. Distribución volumétrica con respecto a la estructura térmica.

	> 14°C				12-14°C	5-12°C			
	RANGO	No. DE CLASES	o/o	\bar{T} °C	o/o	No. DE CLASES	o/o	\bar{T} °C	
ENERO	14-18°C	23	15.4	15.3	6.4	69	78.2	8.1	
ABRIL	14-18°C	17	13.9	16.3	6.1	67	80.0	7.8	
JULIO	14-20°C	34	15.8	16.6	5.9	68	78.3	8.0	
OCTUBRE	14-20°C	28	13.5	17.8	5.3	70	81.2	7.8	

TABLA IV. Distribución volumétrica con respecto a la estructura halina. Las unidades son S x 10⁻³.

	33.1 - 33.6			33.6 - 33.8	33.8 - 34.5	
	No. DE CLASES	o/o	\bar{S}	o/o	No. DE CLASES	o/o
ENERO	40	23.0	33.42	10.9	47	66.1
ABRIL	40	23.3	33.58	10.5	42	66.2
JULIO	44	22.4	33.40	12.5	46	65.1
OCTUBRE	42	21.1	33.47	9.4	49	69.5

prácticamente separa la zona de influencia de los procesos de período menor que el estacional de la zona de influencia de los procesos mayores que éste.

El área de estudio se encuentra en una región de transición entre la masa de agua subártica y la masa de agua ecuatorial. Las aguas subárticas se transportan a través de la corriente de California y la ecuatoriales por medio de la contracorriente subsuperficial (Sverdrup *et al.*, 1942). Las características temohalinas de la zona indican un comportamiento similar a la estructura típica de la región subártica; es decir, la salinidad aumenta con la profundidad y la haloclina permanente se presenta abajo de la termoclina (Tully, 1964).

En la capa superior (< 150 m) se presentan dos estados térmicos. En enero y abril se presenta el estado frío y en julio y octubre el cálido. Una diferencia marcada entre ambos es que el estado frío presenta mayor homogeneidad, esto se infiere comparando el número de clases de ocurrencia. Localmente, tal grado de homogeneidad se puede adquirir por convección de agua fría, mezcla con aguas de surgencias y mezcla debida a el viento. Tomando en cuenta que las surgencias mínimas se presentan en invierno y el esfuerzo del viento es mínimo durante la misma época (Nelson, 1977), se puede considerar que la convección es el agente dominante en la estructura de invierno.

no. En primavera, por otro lado, los tres agentes pueden ser de igual consideración.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de la tesis de maestría del autor, dirigida por los doctores E.D. Barton y N. Christensen, Jr., bajo financiamiento del CONACYT.

LITERATURA CITADA

- CARMACK, E. C., 1974. A quantitative characterization of water masses in the Weddell Sea during summer. *Deep-Sea Res.* 21: 431-443.
- GOMEZ Valdés, J., 1980. Variación estacional en el sistema de la corriente de California frente a Ensenada, B. C. Tesis de maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, B. C., México, 165 pp.
- GOMEZ Valdés, J., 1983. Estructura Hidrográfica promedio frente a Baja California Norte. *Ciencias Marinas*. Vol. 9 (2) 167-178.
- MONTGOMERY, R. B., 1958. Water characteristics of Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res.* 5: 134-148.
- NELSON, C. S., 1977. Wind stress and wind stress curl over the California Current. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-714. 87 pp.
- SVERDRUP, H.V., M.W. Johnson y R.H. Fleming, 1942. *The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology*. Prentice-Hall, Inc., New York. 1087 pp.
- TULLY, J. P., 1964. Oceanographic regions and processes in the seasonal zone of the North Pacific Ocean. *Studies on Oceanography*, ed. by K. Yoshida, Univ. Tokyo Press, Tokyo, Japan. 63-84.
- VELEZ Muñoz, S 1981. Análisis cuantitativo de la variabilidad estacional y espacial de las masas de agua de 0 a 500 m en la región de la corriente de California. Tesis profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B. C., México. 165 pp.

VOLUMETRIC ANALYSIS OF BAJA CALIFORNIA

By
 José Gómez-Valdés
 Centro de Investigación Científica y de
 Educación Superior de Ensenada, B. C.
 Apartado Postal 2732
 Ensenada, B. C. 22800, México

GOMEZ-VALDES, J. 1984. Volumetric analysis of Baja California. *Ciencias Marinas*, 10 (1): 69-75

INTRODUCTION

The method of volumetric analysis is used to give general statistics of the most conspicuous water masses in the oceans (Montgomery, 1958). It also can be used to analyze formation and mixture (Carmack, 1974), and to quantify the temporal-space changes of the water masses (Velez-Muñoz, 1980).

With this method we did a quantification of the waters flowing between the surface and the 5°C isotherm, on line No. 100 (Fig. 1) of CalCOFI's basic station plan.

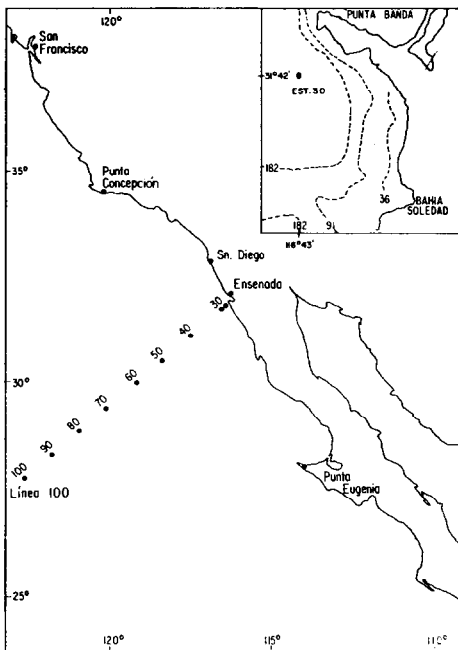


FIGURE 1. Location of the study area.

On Table I we present the monthly sampling frequency during 1950-1968 of the stations on line No. 100. Details about attaining and the preliminary processing of the data can be found in Gomez-Valdes (1980).

TABLE I. Monthly sampling frequency (1950-1968) of the station on line 100

STATION	JANUARY	APRIL	JULY	OCTOBER
10030	9	9	12	9
10040	10	11	14	9
10050	10	12	14	9
10060	10	11	14	8
10070	11	12	12	10
10080	9	11	12	8
10090	9	11	12	8
100100	2	5	6	2

METHODS

Volumetric analysis was done by Carmack's method (1974):

The length of line No. 100 was considered as the distance between stations 30 and the middle point between stations 90 and 100; this distance equals 481 km. To stations 40, 50, 60, 70, 80, and 90, 74 km influence in direction X was assigned to each of them.

The fraction assigned to station 30 was 37 km. The depth of the X - Z plane was determined by the 5°C isotherm.

The influence interval of each datum in direction Z was taken as 10 m. The depth interval was multiplied by the fraction of the

VOLUMETRIC ANALYSIS OF BAJA CALIFORNIA

TABLE IIa. Permanent Thermocline

MAX. means maximum; C. S. upper quartile; M. median; C. I. lower quartile and MIN, minimum. Oxygen units are ml l⁻¹.

TERMOCLINA										
AVERAGE DEPTH (m)						AVERAGE OXYGEN CONTENTS (ml l ⁻¹)				
	MAX.	C. S.	M.	C. I.	MIN.	MAX.	C. S.	M.	C. I.	MIN.
JANUARY	117	106	99	84	69	5.9	5.6	5.2	4.8	4.0
APRIL	140	102	94	74	50	5.9	5.6	5.4	5.2	4.8
JULY	150	104	85	78	62	6.3	5.8	5.5	5.2	4.7
OCTOBER	130	110	91	83	60	5.8	5.4	5.1	4.9	4.3

TABLE IIb. Permanent Halocline

MAX. means maximum; C. S. upper quartile; M. median; C. I. lower quartile and MIN, minimum. Oxygen units are ml l⁻¹.

HALOCLINE										
AVERAGE DEPTH (m)						AVERAGE OXYGEN CONTENTS (ml l ⁻¹)				
	MAX.	C.S.	M.	C.I.	MIN	MAX	C.S.	M.	C.I.	MIN.
JANUARY	198	142	110	105	48	5.6	4.8	4.1	3.9	3.6
APRIL	201	151	126	96	45	6.4	5.6	4.9	4.2	3.1
JULY	200	154	118	97	59	6.3	5.7	5.0	4.1	3.4
OCTOBER	166	144	115	94	54	5.3	5.1	4.1	3.7	3.2

TABLE III. Volumetric distribution with respect to the thermal structure.

	>14°C				12-14°C	5-12°C			
	RANGE	No. OF CLASSES	o/o	\bar{x} °C	o/o	No. OF CLASSES	o/o	\bar{x} °C	
JANUARY	14-18°C	23	15.4	15.3	6.4	69	78.2	8.1	
APRIL	14-18°C	17	13.9	16.3	6.1	67	80.0	7.8	
JULY	14-20°C	34	15.8	16.6	5.9	68	78.3	8.0	
OCTOBER	14-20°C	28	13.5	17.8	5.3	70	81.2	7.8	

TABLE IV. Volumetric distribution with respect to the haline structure. Units are S x 10⁻³.

	33.1 - 33.6			33.6 - 33.8	33.8 - 34.5	
	No. OF CLASSES	o/o	\bar{S}	o/o	No. OF CLASSES	o/o
JANUARY	40	23.0	33.42	10.9	47	66.1
APRIL	40	23.3	33.58	10.5	42	66.2
JULY	44	22.4	33.40	12.5	46	65.1
OCTOBER	42	21.1	33.47	9.4	49	69.5

corresponding length to obtain the partial water volume in each bivariate class ($0.5^{\circ}\text{C} - 0.1 \times 10^{-3}$). The total volume of each class is the addition of its partial volumes. The average occurrence depth and the average oxygen content of each bivariate class were found with the usual relation of weighted arithmetic average.

A set of 12 graphs was obtained: four of them (one for each month) show the total volume percentage for each bivariate class; four show the average depth of each class, and four the average oxygen content (see Gomez-Valdes, 1980). With this information the results shown on Tables II to IV were obtained.

The weighted average of the univariant modes (Tables III and IV) was calculated using the resultant percentages in each univariant class as weight factors.

RESULTS AND DISCUSSION

In the study area the permanent thermocline is found between 12 and 14°C and the permanent halocline between 33.6 and 33.8×10^{-3} . This structure presents itself at greater depths in the furthest station from the coast and leans toward the surface as it comes nearer the coast (Gomez-Valdes, 1983).

In Table II basic statistics of the permanent thermocline and halocline are presented. They were calculated from the average depths and oxygen content of the classes between 12 and 14°C and 33.6 and 33.8×10^{-3} .

In Table III the total volume percentage that occurs at higher and lower temperatures than those of the permanent thermocline is shown, as is the number of classes of the superficial mode and the weight modes average.

In Table IV similar calculations for the salinity are presented, with respect to the halocline. The permanent thermocline practically separates the influence zone of the processes with lesser period than the seasonal from the influence zone of the processes greater than this.

The study area is found in a transition region between the subarctic water mass and the equatorial mass. Subarctic waters are transported through the California current and the equatorial waters by the subsurface current (Sverdup *et al.*, 1942). The thermohaline characteristics of the zone indicate a similar behavior to the typical structure of the subarctic region, that is: the salinity increases with depth and the permanent halocline is beneath the thermocline (Tully, 1964).

In the upper layer (< 150 m) two thermal states are present. In January and April we have the cold state and in July and October the warm state. A marked difference between them is that the cold state presents greater homogeneity, it is inferred comparing the number of classes of occurrence. Locally, such a homogeneity degree can be attained by cold water convection, mixture with upwelled waters and mixture due to the wind. Taking into account that the minimum upwellings take place during winter and the wind stress is minimum during this time (Nelson, 1977), convection can be considered as the dominant agent in winter structure. On the other hand, in spring the three agents can be of the same consideration.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is part of the M.S. Thesis of the author, directed by Dr. E.D. Barton and Dr. N. Christensen Jr., under economic support of CONACyT.