

CORRIENTES GEOSTROFICAS EN EL GOLFO DE CALIFORNIA EN LA SUPERFICIE Y A 200 METROS, DURANTE LAS ESTACIONES DE INVIERNO Y VERANO.

ARMANDO ROSAS COTA

Instituto Nacional de Pesca
Mazatlan, Sinaloa Mexico

ABSTRACT

Oceanographic data from several cruises made by CalCOFI into the Gulf of California, between 1956-1965, were used to make dynamic topographic charts for the determination the geostrophic circulation at surfaces (0 db) and 200 db (decibars) relative to the 500 db level.

In winter, the outflow was observed most of the time on the side of Baja California Peninsula, with velocities of 40 cm/sec on the surface level and 25 cm/sec on the 200 m level, both at southwest of Tiburon Island.

In summer, the surface circulation and 200 m depth circulation was to the northwest. On the surface, the velocity was 35 cm/sec, and the water flowed into the Gulf on the east side and along the central axis.

EXTRACTO

Datos oceanográficos provenientes de diversos cruceros realizados (en su mayoría) por CalCOFI dentro del Golfo de California entre 1956 y 1965, fueron utilizados para la elaboración de cartas de topografía dinámica para determinar la circulación geostrofica en las superficies de 0 y 200 db (decibares) relativas al nivel de los 500 db.

En la época de invierno, el agua salió del golfo por el lado de la península de Baja California en la mayoría de las veces, observándose velocidades de 40 cm/seg en la superficie y de 25 cm/seg en el nivel de los 200 m, ambas al suroeste de Isla Tiburón.

En verano, la circulación superficial y de 200 m fué hacia el noroeste, con velocidades hasta de 35 cm/seg en la superficie, en la que el agua paració entrar al golfo por el lado este y a lo largo del eje central.

OBJETIVO

El presente trabajo tiene la finalidad de describir la circulación de las aguas en las partes central y sur del Golfo de California, desde Isla Tiburón hasta la zona de entrada en un estudio que cubra las dos principales estaciones del año, invierno y verano.

Las aguas del Golfo de California son importantes para la industria pesquera de México, porque poseen una alta productividad biológica que se extiende por todo el golfo y una gran diversidad de peces de interés comercial. Un conocimiento básico de las

corrientes es especialmente importante, ya que pueden correlacionarse con la distribución temporal y espacial de las larvas de peces y poblaciones de pláncton.

Debido a que la existencia de datos es insuficiente, además de que no están igualmente distribuidos a través de las estaciones del año (Table 1), únicamente se consideran las diferencias entre las condiciones de las principales estaciones, verano e invierno, siendo apenas el inicio de una investigación a detalle, hasta que no se tengan más datos para poder dar una discusión más sistemática de cambios estacionales.

	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO
1956	● ●			
1957	●		● ●	
1958				
1959				
1960				
1961				
1962				
1963	●			
1964				
1965			●	

TABLA 1.

Tabla de Frecuencia de Cruceros Hidrograficos, Dentro del Golfo de California, Incluidos en este Estudio.

DATOS

Para la realización del presente trabajo se contó con datos provenientes de diversos cruceros oceanográficos dentro del Golfo de California efectuados por CalCOFI desde 1956 hasta 1965 (Tabla 2). Con los datos de las anomalías de alturas dinámica de dichos cruceros, dados en metros dinámicos, se construyeron cartas de topografía dinámica. Wyllie (1966) publicó estas mismas cartas para los años de 1956 a 1961 en un atlas que contiene cartas de flujo geostrofico en la superficie y a 200 m de profundidad para la región de la corriente de California, en donde incluye nueve cruceros dentro del golfo. Algunas de las cartas que integran el presente trabajo han sido ligeramente modificadas de aquellas publicadas por Wyllie.

CRUCERO	FECHA	BARCO	PROPIEDADES OBSERVADAS
CCOFI 5602	6 FEB.- 18 FEB. 1956	BLACK DOUGLAS	T °C, S ‰, O ₂
CCOFI 5612	24 NOV.- 21 DIC. 1956	HORIZON	T °C, S ‰, O ₂
CCOFI 5702	8 FEB.- 25 FEB. 1957	SPENCER F BAIRD	T °C, S ‰, O ₂
CCOFI 5706	7 JUN.- 23 JUN. 1957	STRANGER	T °C, S ‰, O ₂
CCOFI 5708	9 AGO.- 27 AGO. 1957	STRANGER	T °C, S ‰, O ₂
CCOFI 6311 (EL GOLFO)	9 NOV.- 7 DIC. 1963	A. AGASSIZ	T °C, S ‰, O ₂ , PO ₄ , SiO ₃ , NO ₂
CCOFI 6505 (EL GOLFO II)	14 MAY.- 17 JUN. 1965	A. AGASSIZ	T °C, S ‰, O ₂ , PO ₄ , SiO ₃ , NO ₂

TABLA 2

Lista Cronologica de Los Cruceros Hidrograficos Dentro Del Golfo de California Que Integran Este Estudio.

METODOS

Uno de los métodos indirectos para la medición de las corrientes en el mar es la presentación de cartas de topografía dinámica en las que se muestran los desniveles de las superficies isobéricas. Este procedimiento es el método dinámico y fué primeramente usado por Sandström y Helland-Hansen en 1903 (Pirie, 1973). Una carta de topografía dinámica representa la corriente o flujo geostrófico de las aguas sobre una superficie isobérica.

Para la determinación de las corrientes geostróficas en el mar es necesario conocer la variación del volumen específico a lo largo de una superficie isobérica. El gradiente horizontal del volumen específico implica que las superficies isobéricas se inclinan con respecto a otras superficies más profundas, las cuales tienden a aproximarse a una superficie de nivel (Reid, 1959) estableciéndose un declive geopotencial en las superficies superiores. Este declive puede ser encontrado conociendo la variación del volumen específico sobre la capa isobérica, siempre y cuando a una profundidad dada, una superficie se mantenga horizontal (La Fond, 1951). Las corrientes geostróficas están esencialmente en función del declive geopotencial. En estas condiciones se puede determinar la

corriente en la superficie isobérica superior, relativa a cualquier corriente posible en la superficie inferior, la cual se supone que está a nivel y es tomada como referencia. Uno de los problemas que pueden originar errores en el cálculo de las corrientes geostróficas es la selección de la superficie isobérica de referencia adecuada (Reid, 1959; Warsh y Warsh, 1971) tomando en cuenta que la calidad de los datos de temperatura, salinidad y presión (profundidad) es aceptable. En este caso se optó por tomar la superficie de 500 db de acuerdo a otros autores (Roden y Groves, 1959; Wyllie, 1966; Griffiths, 1968; Alvarez, 1974) y en virtud de que hay muchas estaciones que no sobrepasan a los 500 m de profundidad.

En intervalo de los contornos fué de 0.04 m din. (metros dinámicos) en el nivel de 0 m y de 0.02 m din. en el de los 200 m.

Cada contorno representa la línea a lo largo de la cual se desarrolla una corriente. La dirección del flujo, indicada por las flechas, se determinó en el supuesto de que la corriente tiende hacia la derecha y en ángulos rectos al gradiente dinámico en el hemisferio norte.

La velocidad de la corriente puede estimarse aproximadamente con la ayuda de un gráfico que aparece en lado izquierdo de todas las cartas que integran el presente trabajo.

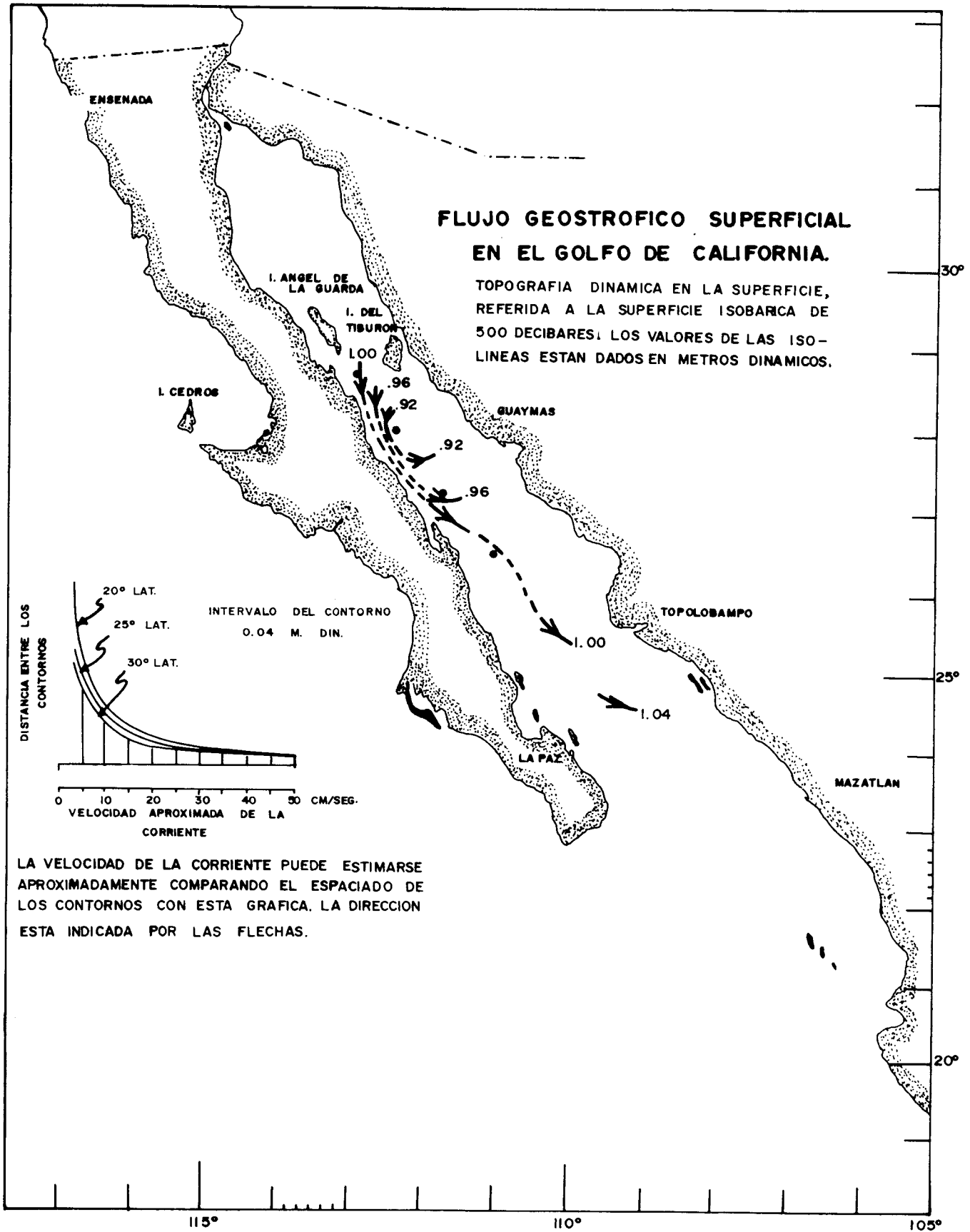


Figura 1. Flujo geostrofico superficial en el Golfo de California—noviembre de 1963.

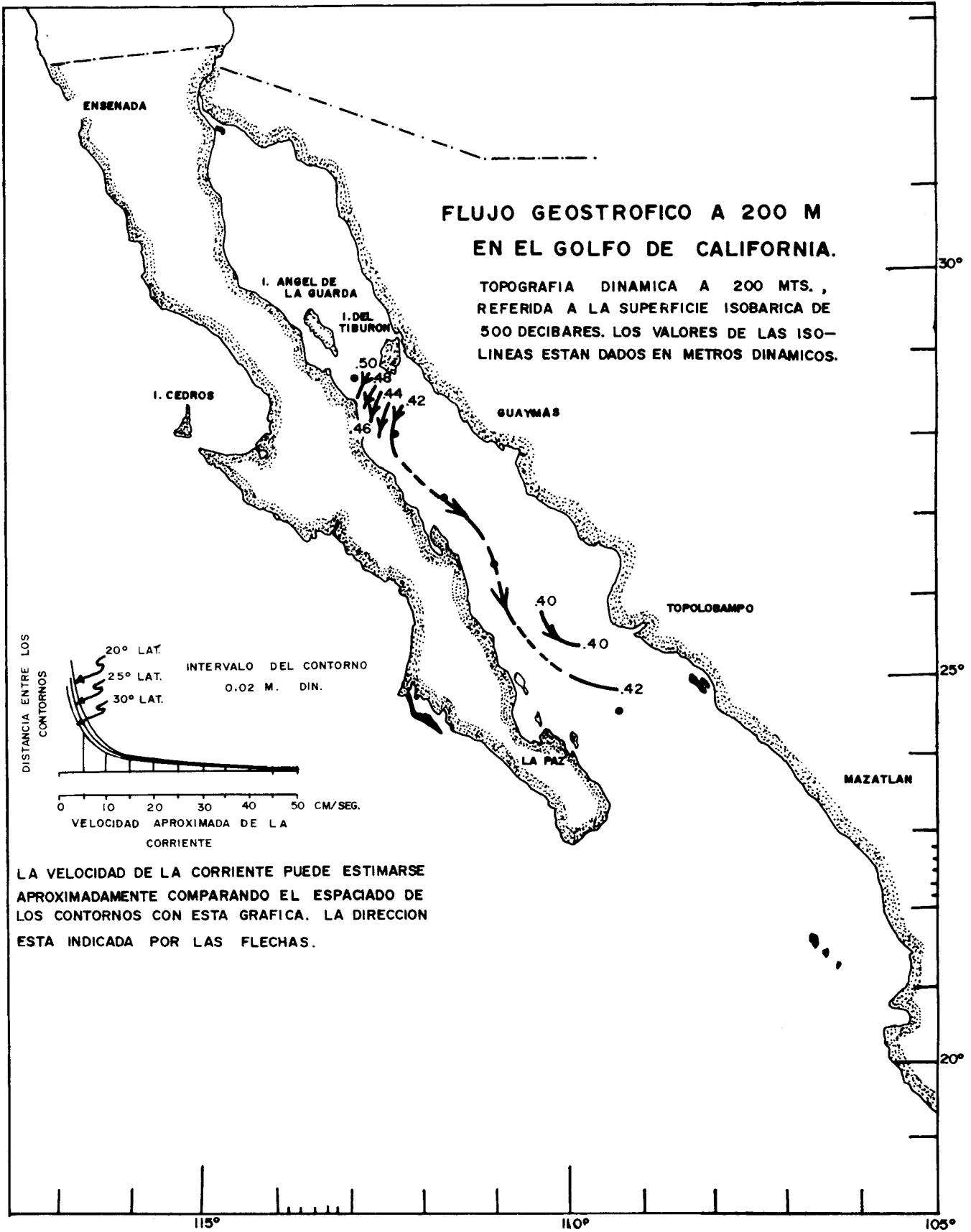


Figura 2. Flujo geostrofico e 200 m en el Golfo de California—noviembre de 1963.

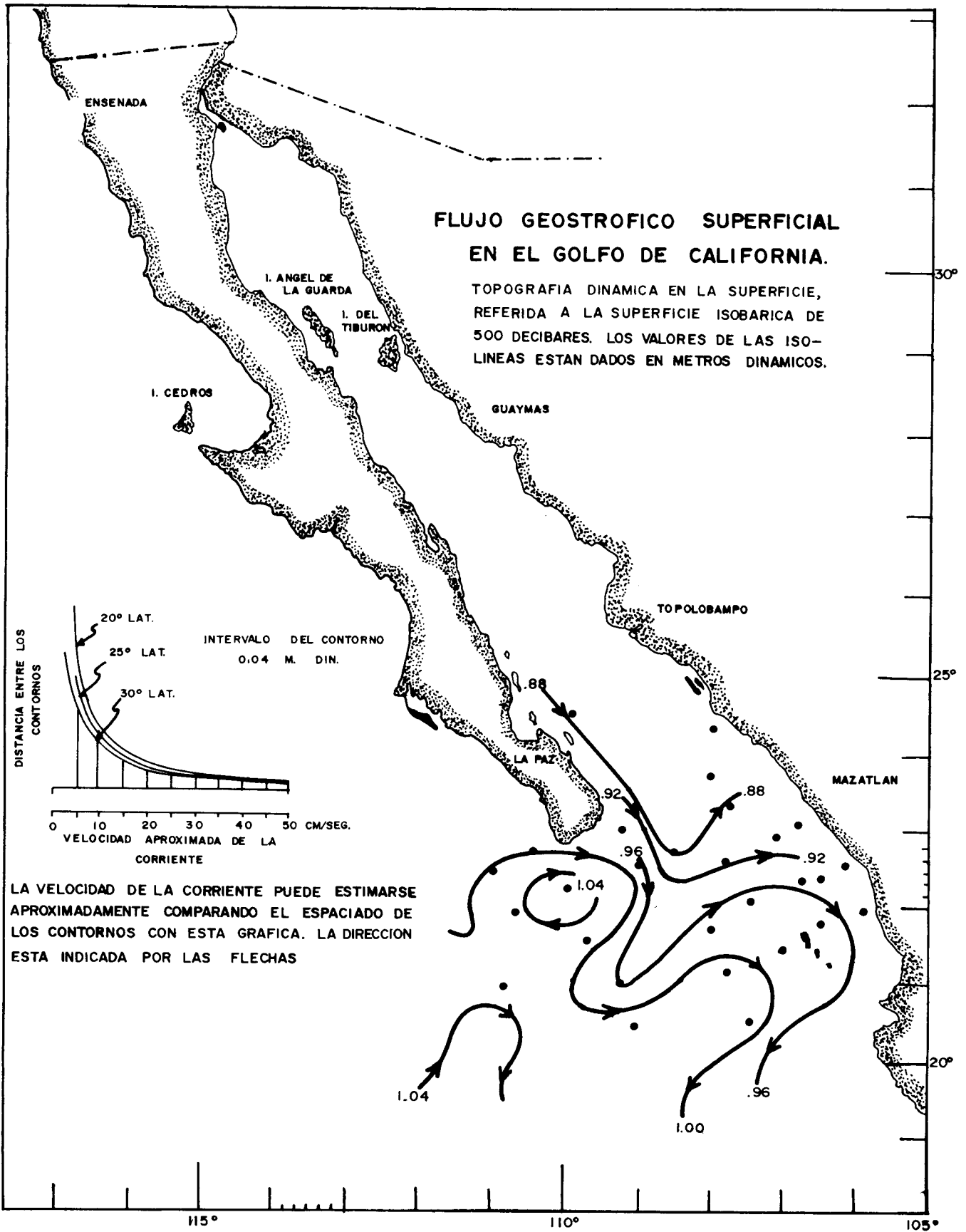


Figura 3. Flujo geostrofico superficial en el Golfo de California—noviembre y diciembre de 1956.

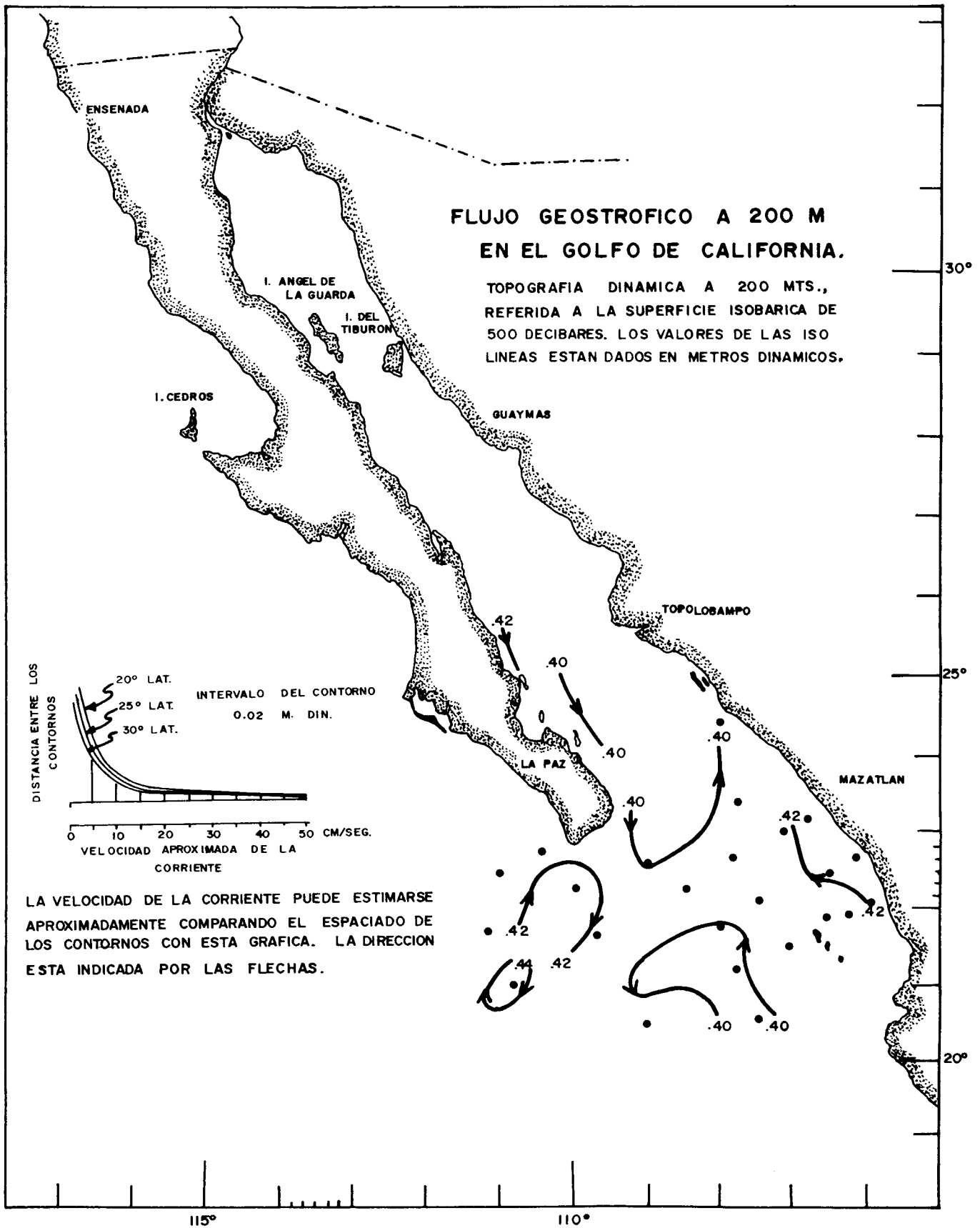


Figura 4. Flujo geostrofico a 200 m en el Golfo de California—noviembre y diciembre de 1956.

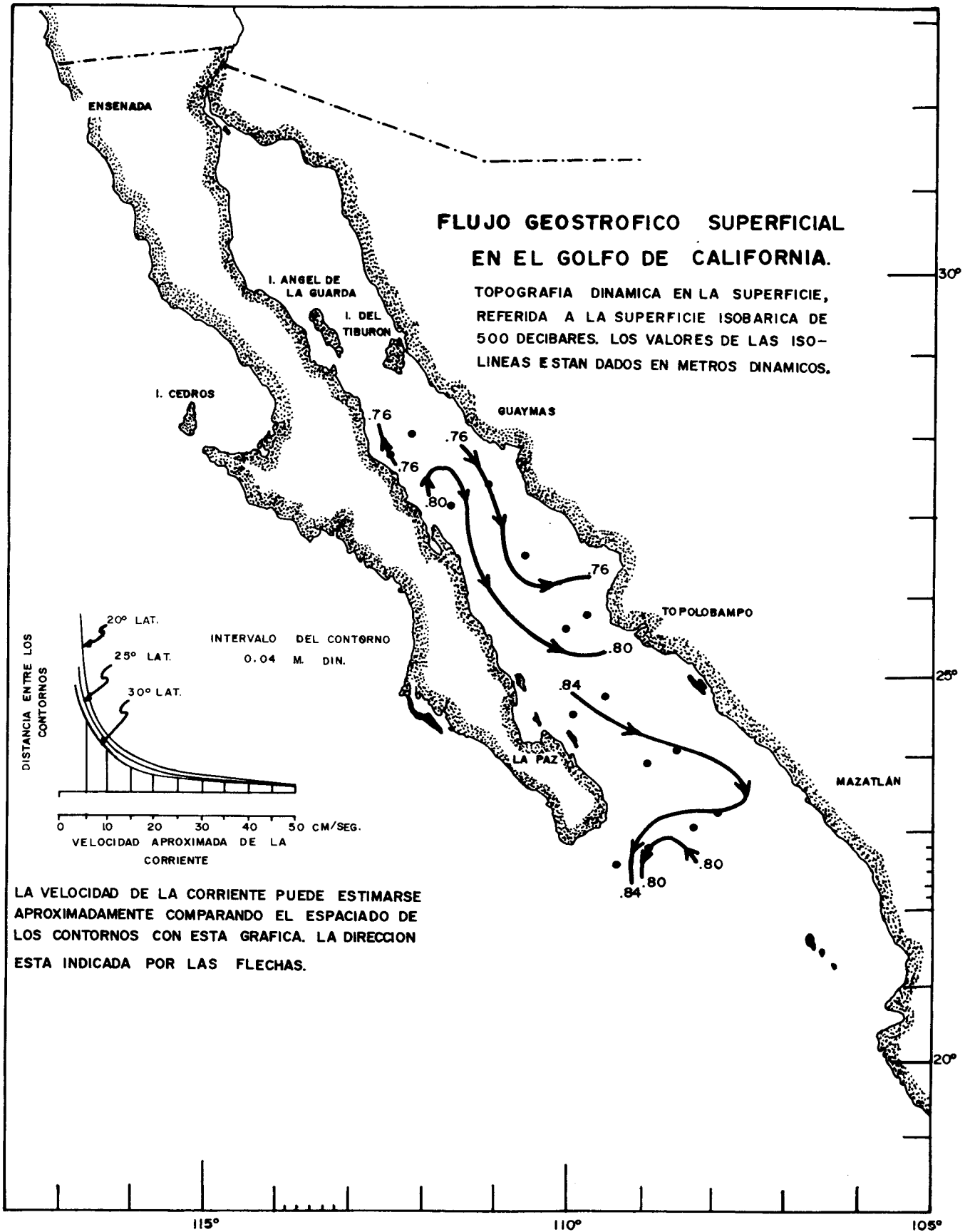


Figura 5. Flujo geostrofico superficial en el Golfo de California—febrero de 1956.

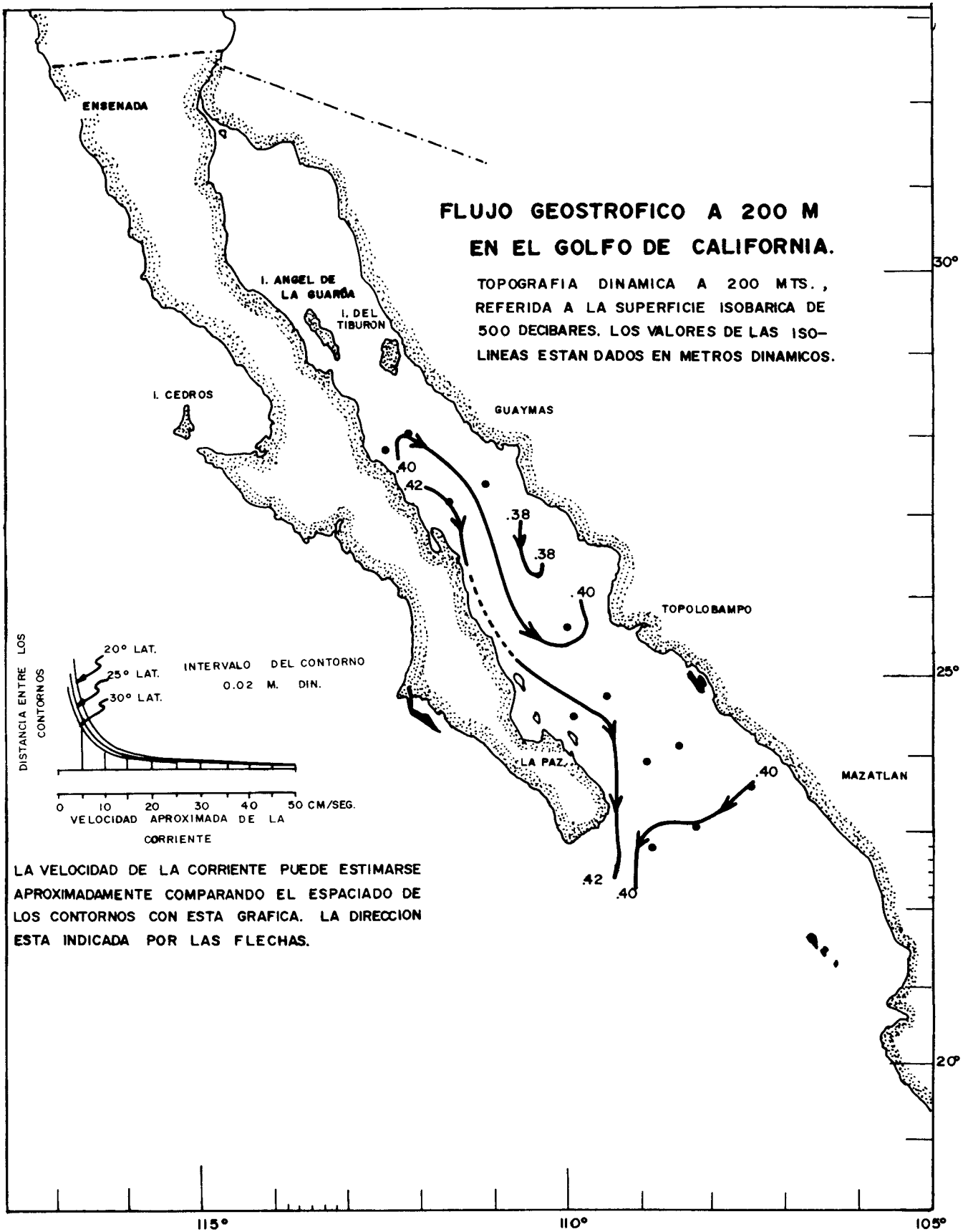


Figura 6. Flujo geostrofico a 200 m en el Golfo de California—febrero de 1956.

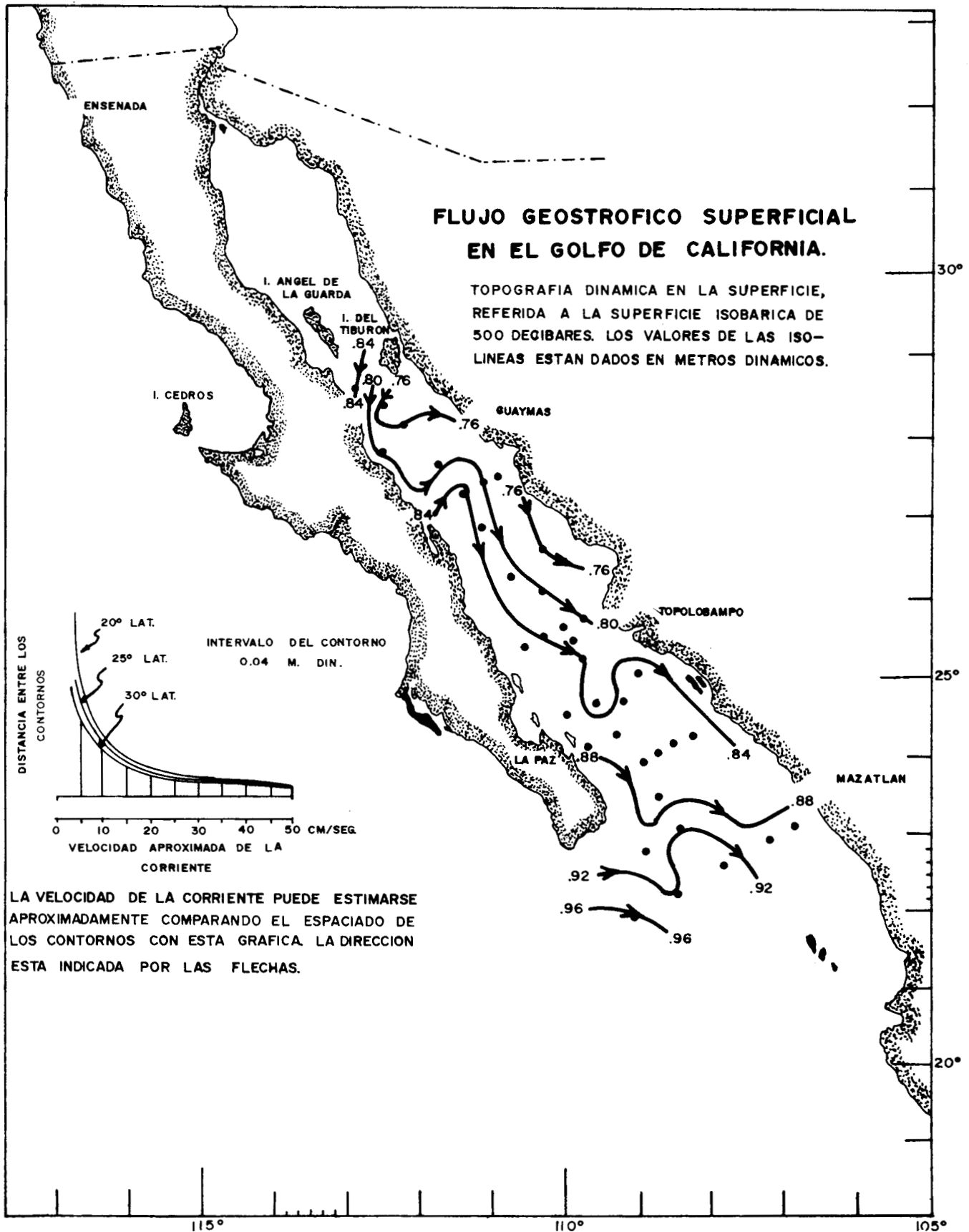


Figura 7. Flujo geostrofico superficial en el Golfo de California—febrero de 1957.

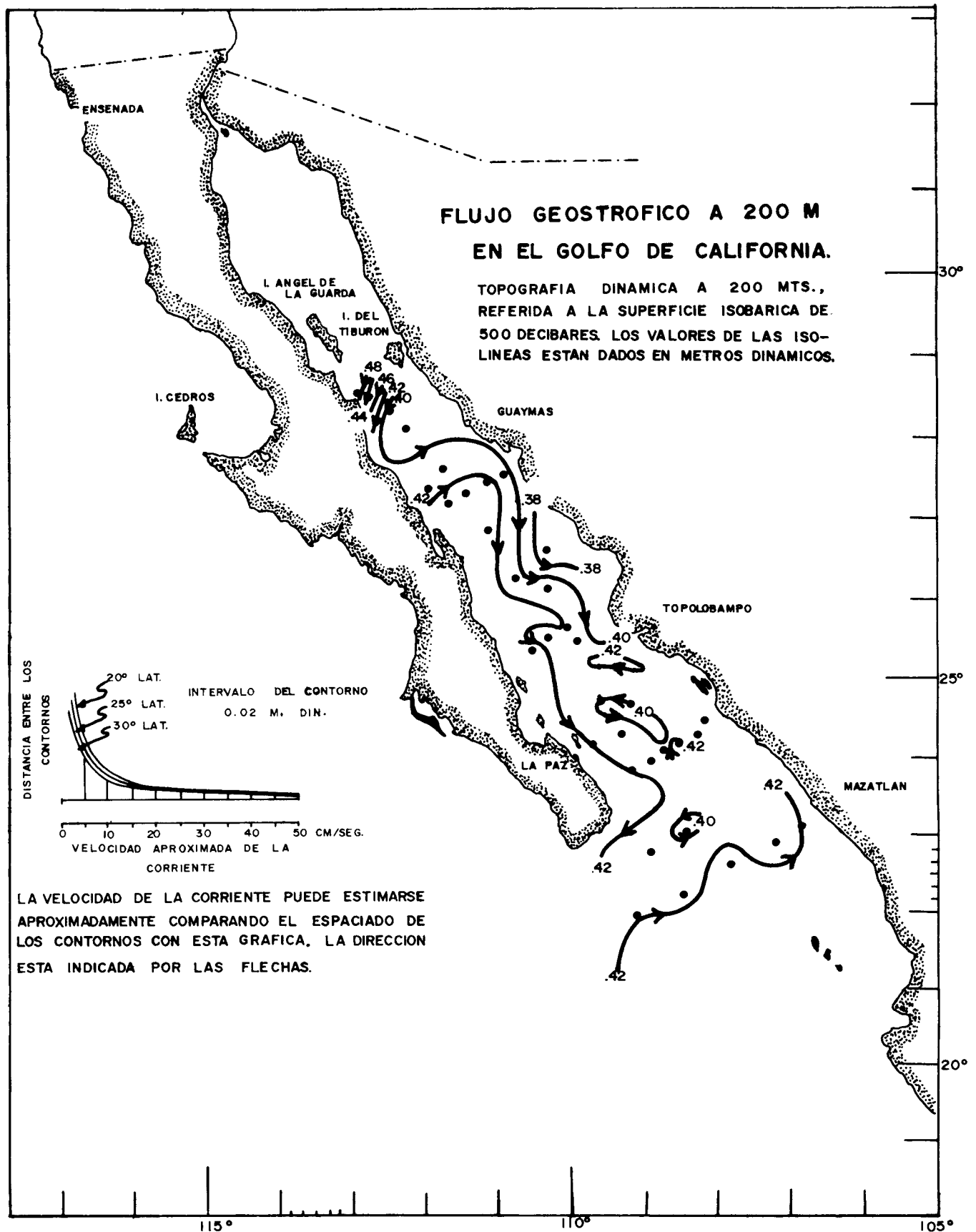


Figura 8. Flujo geostrofico a 200 m en el Golfo de California—febrero de 1957.

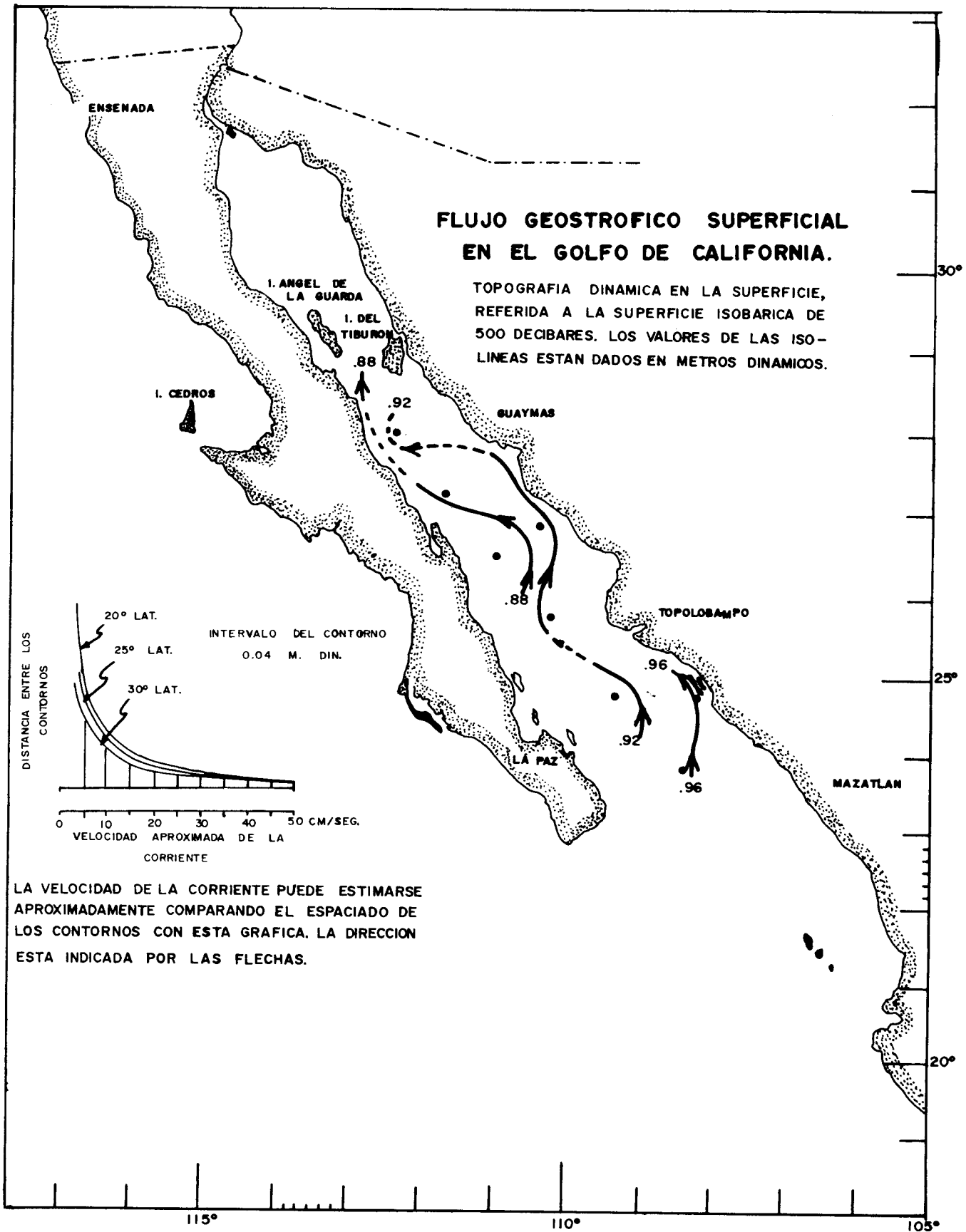


Figura 9. Flujo geostrofico superficial en el Golfo de California—mayo y junio de 1965.

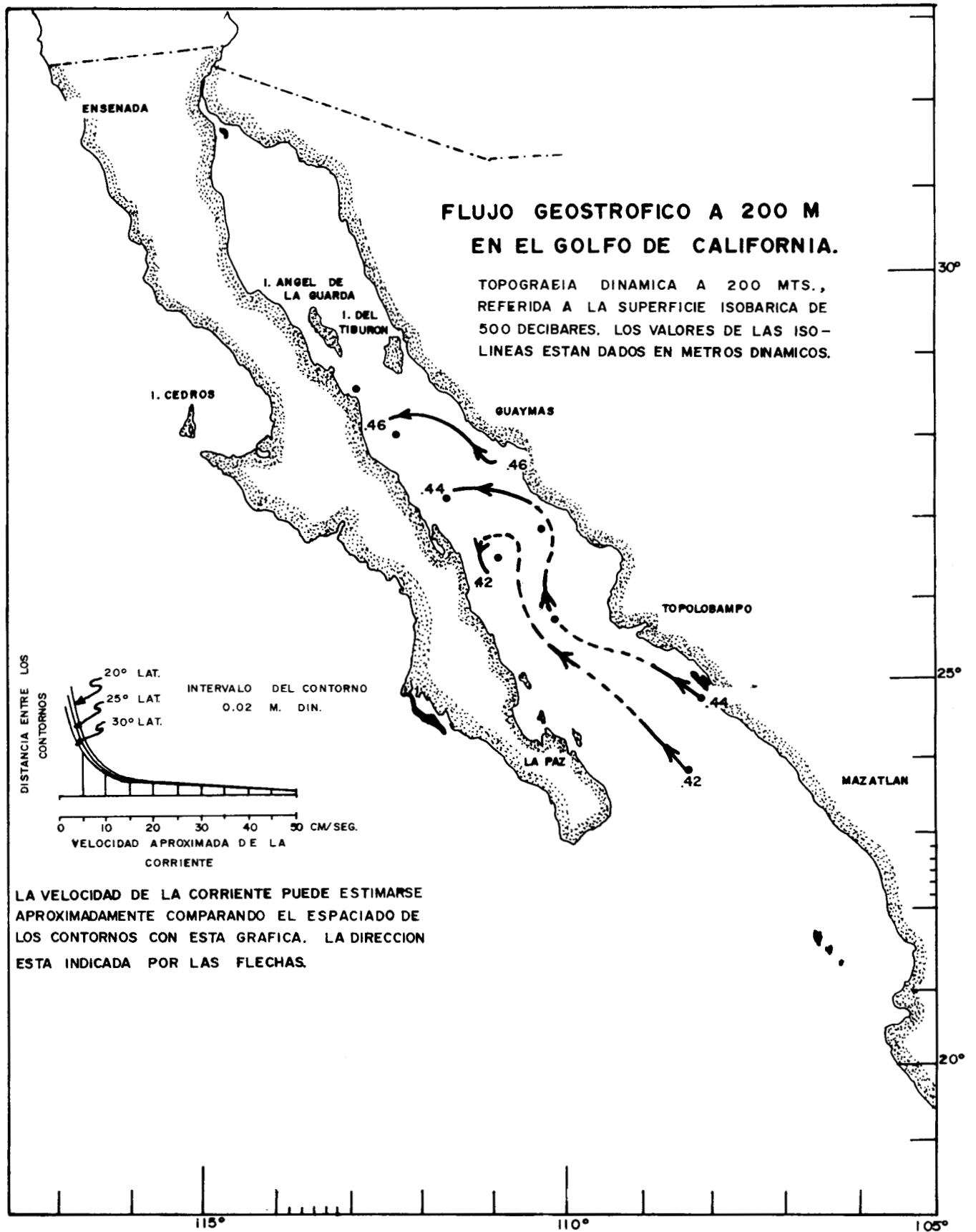


Figura 10. Flujo geostrofico a 200 m en el Golfo de California—mayo y junio de 1965.

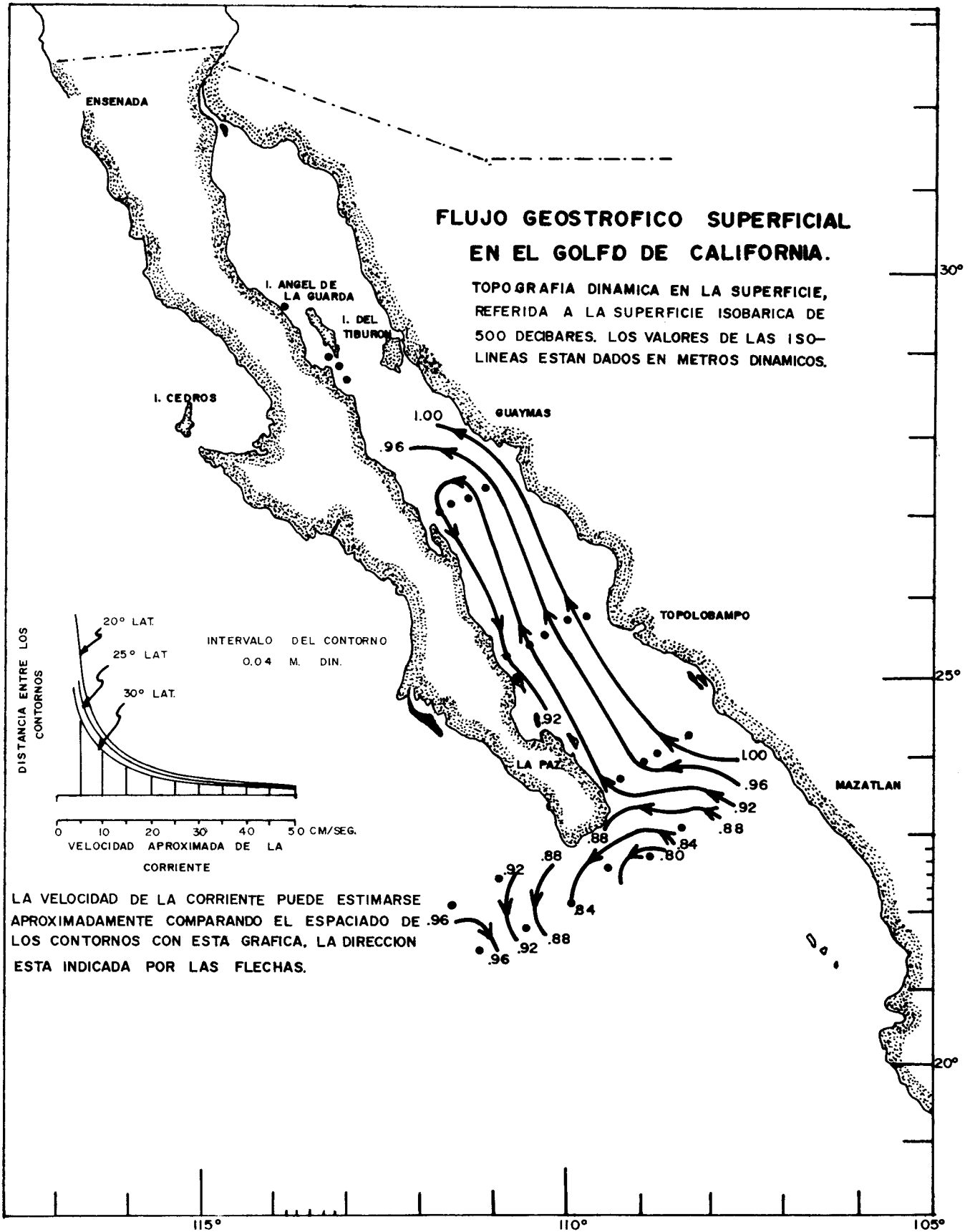


Figura 11. Flujo geostrofico superficial en el Golfo de California—junio de 1957.

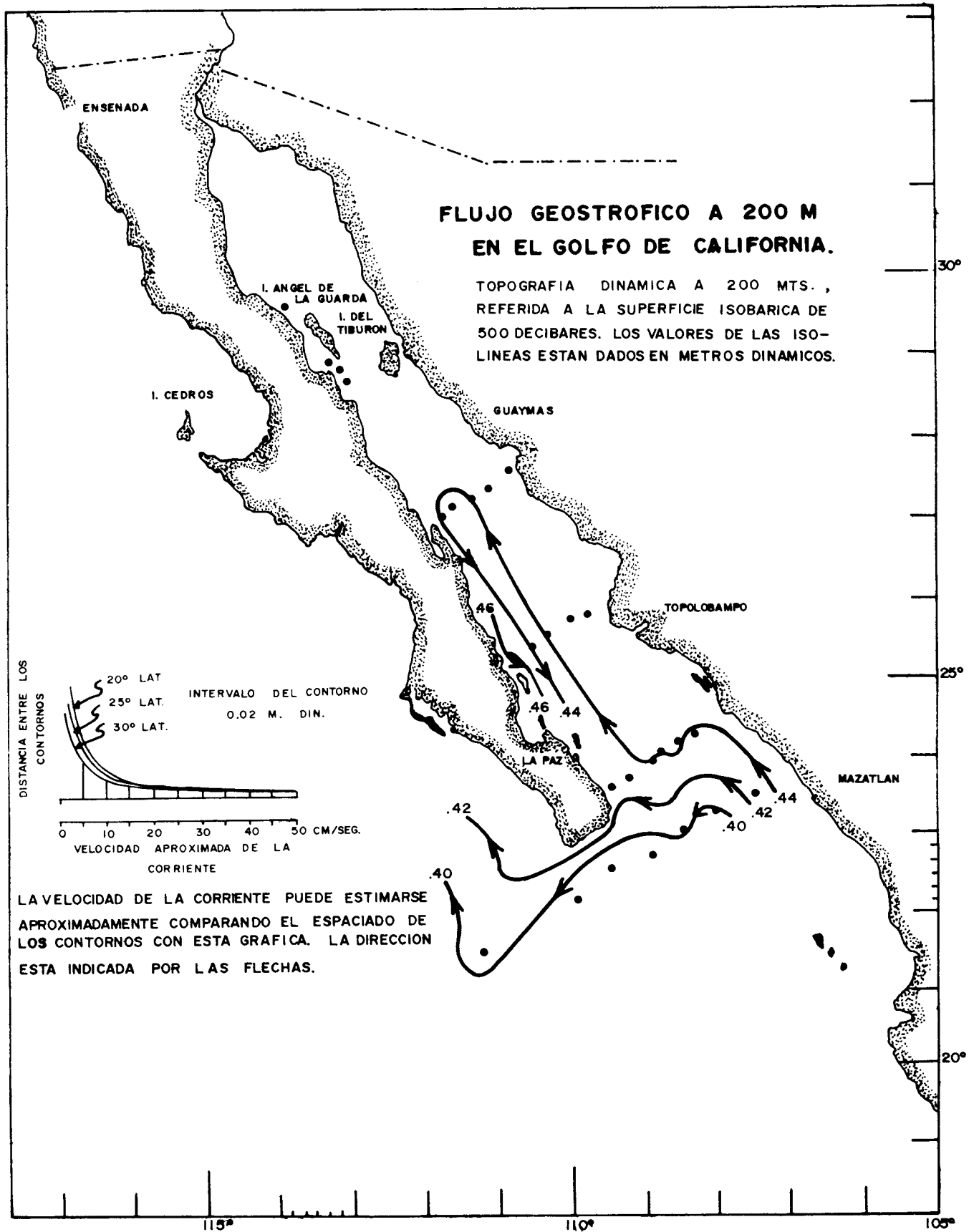


Figura 12. Flujo geostrofico a 200 m en el Golfo de California—junio de 1957.

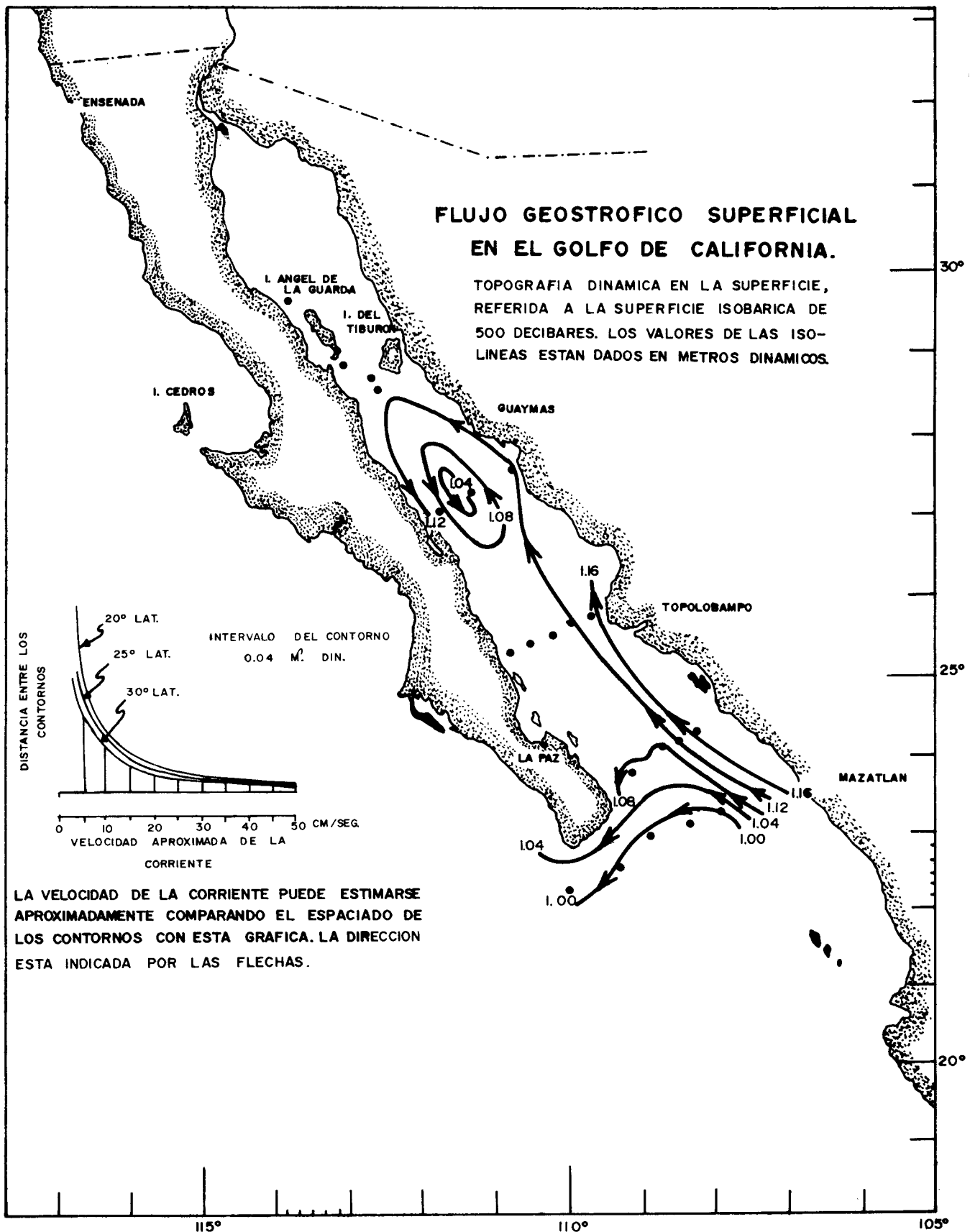


Figura 13. Flujo geostrofico superficial en el Golfo de California—agosto de 1957.

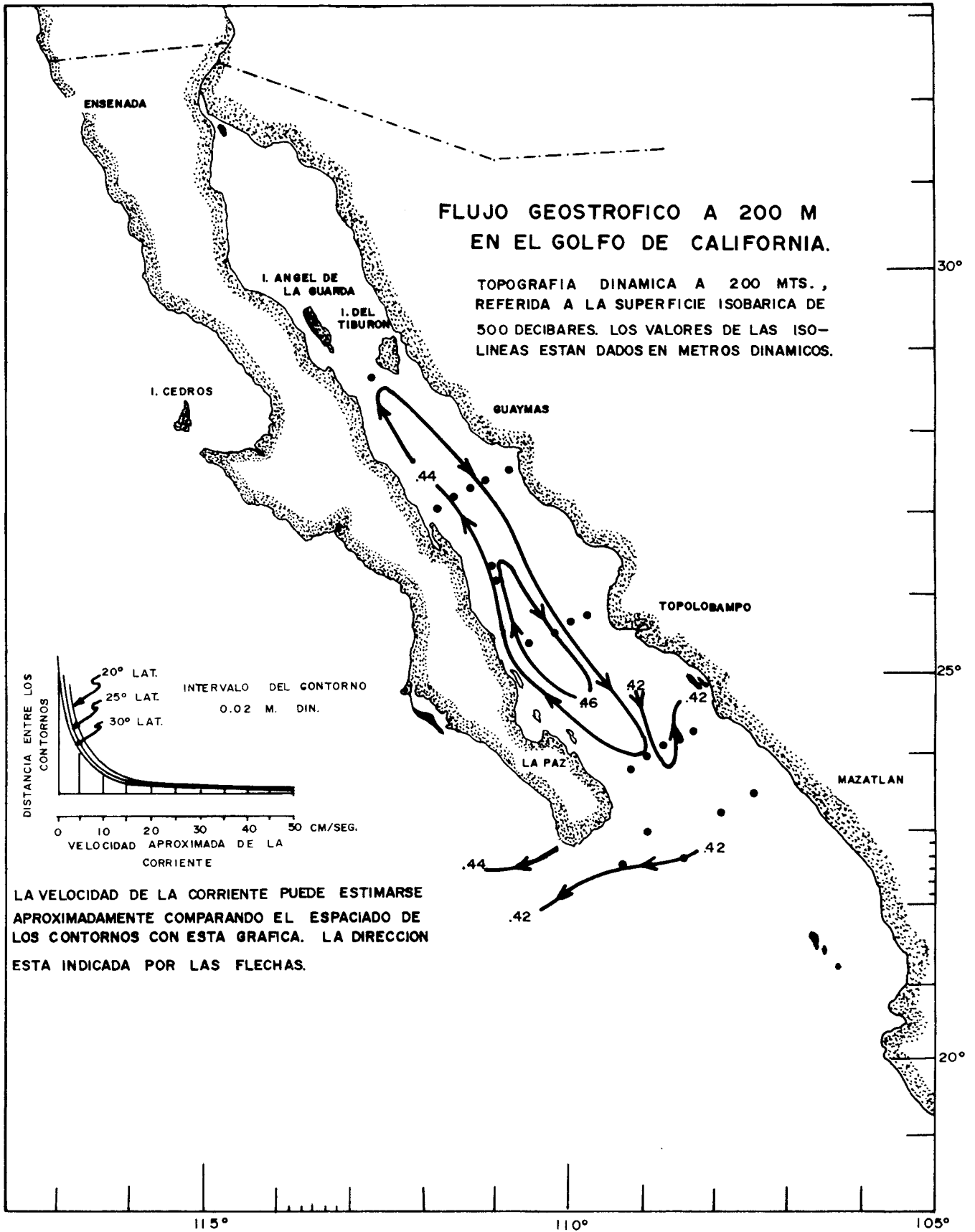


Figura 14. Flujo geostrofico a 200 m en el Golfo de California—agosto de 1957.

RESULTADOS

Invierno

Se tuvieron datos para todos los meses de invierno, excepto para el mes de enero.

Para el mes de noviembre de 1963 se tuvieron una serie de estaciones oceanográficas situadas casi a lo largo del eje central del golfo, con las que pudo observarse muy vagamente un flujo con tendencia hacia el sureste, tanto en la superficie de 0 m como en los 200 m (Figuras 1 y 2).

En noviembre y diciembre de 1956 la circulación en la superficie se mantuvo hacia el sureste, por el lado de la Península de Baja California, desde la latitud 25° N hasta alcanzar la zona de entrada en la latitud 22° 50' N, en donde toma una dirección hacia el este, dirigiéndose contra la costa de Sinoloa. (Figura 3). La velocidad observada en este nivel fué de 40 cm/seg en la boca por el lado de la península. En el nivel de los 200 m también se observó un flujo hacia el sureste, pero con velocidades más lentas (Figura 4).

En febrero de 1956 (Figura 5) la circulación superficial se presentó hacia el sureste con una velocidad aproximada de 16 cm/seg frente a Guaymas, disminuyendo considerablemente en la boca hasta presentarse una corriente casi nula, pero en la zona de entrada frente a Cabo San Lucas, se observó una velocidad de 35 cm/seg con dirección hacia el sur. En el nivel de los 200 m (Figura 6) se observó la misma tendencia de la corriente hacia el sureste, con velocidades aproximadas de 15 cm/seg frente a Cabo San Lucas, y de 9 cm/seg cerca a Guaymas y un flujo muy débil en la boca.

En febrero de 1957 la velocidad de la corriente superficial alcanzó hasta 35 cm/seg al sur de Isla Tiburón, y 23 cm/seg a la altura del paralelo 27° N con dirección de flujo hacia el sureste (Figura 7). Entre La Paz y Topolobampo la circulación fué débil, y en la boca fué de 4 cm/seg. En la zona de entrada, la tendencia fué hacia el este con velocidades de 10 cm/seg y 17 cm/seg. En el nivel de los 200 m, la dirección de la corriente fué también hacia el sureste con una velocidad máxima de 25 cm/seg al sureste de Isla Tiburón (Figura 8). En la latitud 26° 30' N se observaron velocidades de 15 cm/seg, y en la boca de 5 cm/seg con dirección hacia la parte exterior del golfo por el lado de la península. Frente a Cabo San Lucas, la dirección de la corriente fué hacia el suroeste. Entre las latitudes 24° N y 25° N se observó un giro con movimiento en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Verano

En mayo y junio de 1965 la corriente superficial y de 200 m fué hacia el noroeste. Fué observado un flujo superficial desde los 24° N hasta los 27° N cerca a Guaymas, con velocidades de 20 cm/seg y 9 cm/seg (Figura 9). En el nivel de los 200 m se apreció una velocidad aproximada de 10 cm/seg en la latitud 25° 30' N, pareciendo fluir a lo largo del eje central cerca

a Topolobampo hacia la parte central del golfo (Figura 10).

En junio de 1957 fué notable la observación de corrientes superficiales hacia el noroeste con velocidades mayores de 20 cm/seg fluyendo desde la boca hasta la latitud 28° 30' N (Figura 11). La velocidad máxima que se pudo estimar fué de 25 cm/seg frente a Cabo San Lucas, dirigiéndose hacia el suroeste. En la profundidad de 200 m, la dirección de la corriente también fué hacia el noreste, fluyendo casi a lo largo del eje central desde los 24° N hasta los 26° N, de donde se regresa hacia el sureste paralela a la costa de la península con velocidad de 10 cm/seg en la latitud 25° N (Figura 12). En este nivel se observó un flujo frente a Cabo San Lucas, dirigiéndose hacia el suroeste con velocidades de 17 cm/seg.

En agosto de 1957 la circulación superficial fué hacia el noreste, con velocidades de 35 cm/seg en la boca, entrando por el lado este del golfo, y de 15 cm/seg, que es la velocidad media de un giro con movimiento en sentido contrario a las manecillas del reloj, observado en la latitud 27° 30' N (Figura 13). En el nivel de los 200 m se observó un gran giro con movimiento en el mismo sentido a las manecillas del reloj con velocidad aproximada de 15 cm/seg en la latitud 25° N (Figura 14).

DISCUSION

Las corrientes geostroficas deducidas en el presente trabajo son relativas, ya que está relacionadas a cualquier movimiento posible sobre la superficie de 500 db. Todos los datos de velocidades son valores observados. La circulación superficial y de 200 m fueron semejantes, presentándose velocidades más lentas en el nivel de los 200 m (Roden, 1964). Se pudo observar que la velocidad de la corriente disminuyó con la latitud, presentándose velocidades más grandes al suroeste de Isla Tiburón, posiblemente influenciadas por las corrientes de mareas, que son comunes en esa área (Roden, 1964), las cuales representan una complicación en el uso del cálculo geostrofico para la determinación de las corrientes (Stevenson, 1970).

Durante la época de invierno, la circulación geostrofica fué predominante hacia el sureste, cuando los vientos soplan del noroeste, paralelos a la costa este del golfo. Estos vientos alejan las aguas superficiales de la costa este (Roden, 1958), apilándolas contra la costa de Baja California, las aguas más densas de las capas inferiores reemplazan a las menos densas de las aguas superficiales, produciendo desplazamientos ascendentes, dando como resultados las surgencias que son características en el lado este de la región. Cuando el campo de densidad alcanza una condición estable, las corrientes resultantes, suponiéndose un equilibrio geostrofico, se desarrollan hacia el sureste, con las aguas más densas en la parte este y las menos densas en el lado oeste (Alvarez, 1974). La circulación hacia

el sureste en invierno están, razonablemente de acuerdo con la circulación superficial generalizada del golfo para esta época, con velocidades entre los 35 cm/seg y 40 cm/seg en noviembre, diciembre y enero. Para esta época, Roden (1972) observó velocidades comunes de 40 cm/seg y 50 cm/seg en el área de entrada del golfo. La circulación en el nivel de los 200 m fué semejante a la superficial, pero con velocidades más lentas. La velocidad observada en este nivel fué de 25 cm/seg al suroeste de Isla Tiburón, la cual fué disminuyendo con la latitud.

La circulación en el verano también coincide con la circulación generalizada del golfo para esta época, es decir, que las corrientes tienden hacia el noroeste desde la boca hasta la latitud 28° N, cuando los vientos soplan del sureste (Roden, 1964; Hubbs y Roden, 1964), repitiéndose posiblemente el mismo mecanismo que en el invierno pero en forma inversa, ya que existen evidencias de surgencias en el lado oeste (Roden y Groves; 1959). El agua superficial pareció entrar al golfo por el lado este en la mayoría de las veces, y la de los 200 m a lo largo del eje central Roden y Groves (1959) concluyen que el agua entra al golfo con más frecuencia por el lado este, concentrada cerca de los 100 m de profundidad, conclusiones que son dadas en base a la distribución de la salinidad. Las velocidades en el nivel superficial mayores de 30 cm/seg son pocas veces presentes para los datos de este estudio, aunque se observó una velocidad de 35 cm/seg en agosto de 1957. En el nivel de los 200 m, la velocidad máxima observada fué de 10 cm/seg en la mayoría de las veces. Frente a Cabo San Lucas, la corriente se presentó paralela a la costa, con dirección hacia el sur-suroeste durante todo el verano, estando de acuerdo con Hubbs y Roden (1964) con velocidades hasta de 25 cm/seg. En agosto de 1957 se observaron giros en la circulación superficial y en los 200 m. El giro superficial se desarrolló en sentido contrario a las manecillas del reloj, y el de los 200 m en el mismo sentido a las manecillas del reloj. El remolino superficial fué observado en la latitud 27°30'N, y el de los 200 m desde los 24° N hasta los 28° N. Estos giros parecen indicar flujos inversos, esto es, el que agua superficial circula hacia el sureste por el lado oeste y hacia el noroeste por el este. En el nivel de los 200 m la circulación es invertida.

CONCLUSION

Existe mucha diferencia en la circulación entre el invierno y verano. En invierno la circulación es completamente hacia el sureste y en el verano la

circulación se invierte. Parece ser que las velocidades más grandes se observaron con mayor frecuencia en invierno que en verano. Existe la evidencia de que los vientos son los responsables de la circulación superficial dentro del golfo (Hubbs y Roden, 1964). La velocidad de la corriente en el nivel de los 200 m fué más lenta que en el nivel superficial. En el invierno, la velocidad fué superior a 35 cm/seg en la superficie, y de 15 cm/seg en los 200 m. En el verano, la velocidad en la superficie fué menor a los 35 cm/seg, y en el nivel de los 200 metros alcanzó hasta 10 cm/seg.

En el invierno pudo observarse que la velocidad disminuyó hacia el sureste, y en el verano hacia el noroeste, esto es, que la velocidad disminuyó en dirección al flujo. En el verano, el agua superficial entró al golfo por el lado este en la mayoría de los casos, y en el invierno el flujo hacia el exterior se observó por el lado de la península.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Sanchez, L. G. 1974. Currents and water masses at the entrance to the Gulf of California, Spring 1970. Master Thesis, Oregon State University. 75 p.
- Griffiths, R. C. 1968. Physical, chemical and biological oceanography of the entrance to the Gulf of California. Spring of 1960. U.S. Fish and Wildl. Serv., Spec. Sci. Rept. Fish., 573: 1-47.
- Hubbs, C. L., y G. I. Roden. 1964. Oceanography and Marine life along the Pacific Coast of Middle America. Handbook of Middle American Indians. Uni. Texas Press, Austin. Pp. 43-186.
- La Fond, E. C. 1951. Processing Oceanographic data. U.S. Nav. Hydr. Off. J. O. Pub., (614): 1-114.
- Pirie, R. G. 1973. Oceanography. Contemporary Readings in Ocean Sciences. Oxford Univ. Press. N.Y. 530 p.
- Reid, R. O. 1959. Influence of some errors in the equation of state or in the observations on geostrophic currents. Proc. Conf. Phys. Chem. Prop. Sea Water, Easton, Md., 1958. Nat. Acad. of Sci. Washington, D.C.
- Roden, G. I. 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. Pac. Sci., 12 (1): 21-45.
- . 1964. Oceanographic aspects of Gulf of California. Mar. Geo. of the Gulf of Cal., a symp. The Amer. Assoc. of Petrol. Geol. Tulsa, Mem., 3: 30-58.
- . 1972. Thermohaline structure and baroclinic flow across the Gulf of California entrance and in the Revilla Gigedo Islands region. J. Phys. Oceanogr., 2(2): 177-183.
- Roden, G. I., y G. W. Groves. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. J. Mar. Res., 18(1): 10-35.
- Stevenson, M. R. 1970. On the physical and biological oceanography near the entrance of the Gulf of California. October 1966-August 1967. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull., (14): 389-504.
- Warsh, C. E., y K. L. Warsh. 1971. Water exchange at the mouth of the Gulf of California. J. Geophys. Res., 76(33): 8098-8106.
- Wyllie, J. G. 1966. Geostrophic flow of the California Currents at the surface and 200 meters. CalCOFI Atlas, (4): 1-288.