

Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 19.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero – Junio de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 49 - 60
Recibido: Mayo 25 de 2024
Aprobado: Junio 27 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i19.135

**Determinación de Surgencias provocadas
por el viento en el océano Pacífico Oriental**

**Determination of Upwellings caused by
the wind in the Eastern Pacific ocean**

María Elena González Ruelas
CUC, Vallarta, U. de Guadalajara
elenuzhka@gmail.com
ORCID: <https://0000-0002-5014-4518>

Raymundo René Rivas Cáceres
UA de Ciudad Juárez Dpto de Ciencias Químico-biológicas
rrivas@uacj.mx
ORCID: <https://0000-0002-4147-7871>

María del Carmen Navarro Rodríguez
CUC, Vallarta, U. de Guadalajara
carmenrodriguez2828@cuc.udg.mx
ORCID: <https://0000-0002-6734-2350>

Rosío Teresita Amparan Salido
CUC, Vallarta, U. de Guadalajara
rosio.amparan@gmail.com
ORCID: <https://0000-0002-7444-4793>

Liza Danielle Kelly Gutiérrez
CUC, Vallarta, U. de Guadalajara
lizadke@cuc.udg.mx
ORCID: <https://0000-0002-1437-7517>

Determinación de Surgencias provocadas por el viento en el océano Pacífico Oriental

Determination of Upwellings caused by the wind in the Eastern Pacific ocean

RESUMEN

Se calcularon las velocidades verticales para determinar las zonas de surgencias en el océano Pacífico Oriental del hemisferio Norte colindante a las costas mexicanas. Con base en la serie de datos de viento del año 1957 hasta 1975, se determinaron los componentes meridional y zonal del flujo total en la capa de deriva para enero, abril, julio y octubre. También se calcularon y graficaron los campos de las isotacas del componente de velocidad vertical para determinar las zonas de divergencias positivas y negativas (upwelling y downwelling). Como resultado se encontró que, en las regiones del Norte del Pacífico, se presentan las surgencias más intensas en otoño. En invierno, en esta región las surgencias se debilitan o se detienen por completo.

Palabras Clave: Surgencias, Viento, Pacifico Oriental.

ABSTRACT

The vertical velocities were calculated to determine the upwelling zones in the Eastern Pacific Ocean of the Northern Hemisphere adjacent to the Mexican coast. Based on the wind data series from 1957 to 1975, the meridional and zonal components of the total flow in the drift layer were determined for January, April, July and October. The isotach fields of the vertical velocity component were also calculated and plotted to determine the zones of positive and negative divergence (upwelling and downwelling). As a result, it was found that, in the regions of the North Pacific, the most intense upwellings occur in autumn. In winter, in this region the upwellings weaken or stop completely.

Keywords: Upwellings, Wind, Eastern Pacific ocean.

INTRODUCCIÓN

Las corrientes que se desarrollan en la delgada capa superior del océano mundial bajo la acción de arrastre directo del viento se denominan de deriva. Debido a la desigualdad del campo de viento sobre el océano, los límites costeros y la rotación de la tierra la divergencia horizontal de las corrientes de deriva no es cero; estas corrientes de deriva para el océano Pacífico Oriental fueron descritas a detalle en el artículo de González Ruelas, *et al* (2022).

Como resultado en lugares con divergencia positiva, flujo de agua y su ascenso desde las profundidades llamado afloramiento o surgencia (Upwelling), lo que implica una disminución del nivel. Estas surgencias son flujos verticales de agua fría con muchos nutrientes que vienen desde las profundidades y llegan hasta la capa fótica (donde llega la luz solar), lo que provoca una productividad alta por el crecimiento del fitoplancton (base de la cadena trófica). En contraste en lugares con divergencia negativa (Downwelling) provoca una acumulación o una oleada de agua superficial y su descenso vertical hacia las profundidades acarreamo oxígeno disuelto donde es consumido por la materia orgánica. Bajo estas condiciones la productividad biológica disminuye drásticamente (Yukov, 1990).

La región del océano Pacífico, en especial frente a las costas de la República Mexicana, es relevante para los investigadores que requieren identificar regiones productivas; incluyendo las alejadas de las costas donde se encuentran los Giros Anticiclónicos donde hay más productividad primaria. (González Ruelas, 1995).

Las surgencias en el océano pacífico han sido estudiadas por diferentes autores, entre ellas Villegas *et al* (2016); donde como resultado de su investigación encontraron una asociación directa entre la concentración de clorofila y la surgencia durante todo el año.

Otras investigaciones se han centrado en estudiar la relación de las surgencias con la producción pesquera; encontraron que no siempre que hay más viento y que se produzca más surgencia, no necesariamente significó que hubiera más producción pesquera. Detallan que se tienen que considerar otros aspectos relacionados con el viento, la hidrografía, la concentración de nutrientes, la biomasa del

fitoplancton, la plataforma continental, el aporte de ríos, la presencia de islas y otros factores. (Alfredo Gómez Gaspar y Arturo Acero 2020).

Para el estudio de las surgencias se tienen que considerar diversos procesos físicos a pequeña escala, como la turbulencia, la circulación local o la formación de pequeños giros o filamentos, la existencia de fuentes de enriquecimiento adicionales como aportes de ríos y ondas internas pudiera condicionar la presencia de elevada abundancia y biomasa (Hernández y Gaspar, 2014).

Por lo que el objetivo de este artículo es determinar las surgencias en el océano Pacífico Norte.

METODOLOGÍA

El área estudiada es la correspondiente al océano Pacífico Norte colindante con la república mexicana, dentro del cuadrante desde los 5°N hasta los 35°N, en el Este está limitada por la línea de costa, y al Oeste por los 145°O (Figura 1). Para el cálculo de las surgencias (los flujos meridionales y zonales del flujo integral y el campo de las componentes de la velocidad

vertical); se utilizaron datos de viento publicados por Gorvach (1980), para la parte Norte del Océano Pacífico; obteniendo un total de 2 millones de observaciones de los años desde 1957 hasta 1975, de las cuales se calculó la media para cada mes, en cada cuadrado de 5°. Los componentes del vector de corrientes de deriva para una dirección arbitraria del viento y la velocidad vertical (el componente vertical del viento de la corriente de deriva), en la frontera inferior de la capa de fricción se determinaron para el hemisferio Norte, mediante las fórmulas de Ekman. Las surgencias se calcularon a partir de las ecuaciones de movimiento y conservación de la masa en el océano a través de las fórmulas de transporte de Ekman como función del parámetro de Coriolis y el estrés del viento superficial zonal y meridional con base en campos de viento, dicha metodología es la misma que la descrita en el artículo de Díaz *et al* (2011).

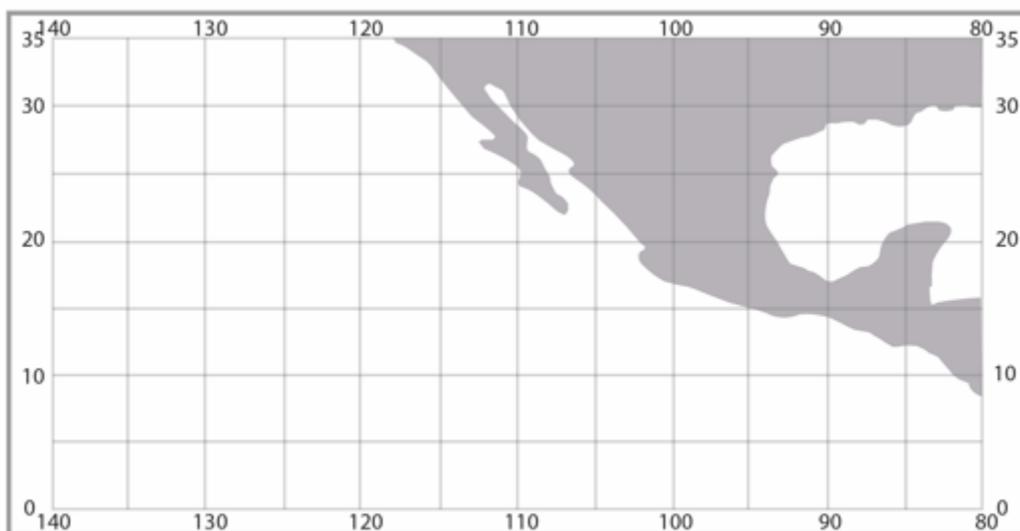


Figura 1. Mapa de las estaciones de muestreo con datos de viento

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para el análisis de los efectos del flujo y reflujo (disminución o aumento de oleaje) el interés que representa no solo para la velocidad de la corriente superficial de deriva, sino para los componentes del flujo total (el transporte o transferencia integral del agua) en la capa de deriva, lo que se puede observar en las Figuras de la 2 a la 9. En esta región el flujo meridional en invierno y verano se dirige hacia el Norte en toda la región estudiada, aunque sus valores absolutos no son los mismos.

En abril el flujo meridional se dirige hacia el Sur, comenzando desde la parte superior de la región observada aproximadamente desde la latitud de los 35° N hasta los 15° N cerca de la costa, y en la parte de mar abierto el flujo meridional se dirige hacia el Norte como se muestra en la Figura 5.

En la parte inferior del área estudio, el flujo meridional se dirige hacia el Sur en los meses de julio y octubre como se puede observar en las Figuras 6 y 8.

El mayor interés lo representa la componente zonal del transporte integral en la capa superior de deriva, en primer lugar, porque ésta generalmente es más meridional por su tamaño y en segundo lugar, la componente zonal dependiendo de la dirección hacia el Este (hacia la costa) o hacia el Oeste (desde la costa hacia mar abierto) provocando un incremento o decremento del oleaje respectivamente.

En la zona de California, el flujo zonal en invierno se dirige hacia el Oeste (desde la costa) comenzando a partir de los 35° N y casi hasta el Ecuador. Los valores más altos del flujo zonal, se observan en la zona hacia el mar entre los 12° N y 15° N y 140° O y 125° O (Figuras 12 y 13).

En octubre el componente zonal del flujo total alcanza su valor máximo. En las latitudes de los 25°N a los 15° N y a los 140° O y 130° O va en dirección hacia el Este, en cambio en la costa el flujo se dirige hacia el Sur y hasta el Ecuador.

En las regiones del Norte se presentan las más intensas surgencias en otoño. En invierno en esta región las surgencias se debilitan o se detienen por completo. En las zonas del Sur la intensidad de las surgencias es característico del verano. En invierno es reemplazado por la acumulación del flujo en la capa de deriva. Un indicador de la divergencia de las corrientes de deriva es la velocidad vertical en el límite inferior de la capa de deriva. La desigualdad en la distribución con respecto a los componentes latitudinales y meridionales de la tensión del viento tangencial conduce a complejas distribuciones del campo de vórtice ($\text{rot } T$) y, en consecuencia, a un campo de velocidad vertical complejo. La valoración de las velocidades verticales condujo a los resultados presentados en las Figuras 10 a la 13. En las figuras se muestra con regiones sombreadas con rayas, la velocidad vertical se dirige hacia arriba. En

contraste en las regiones sin sombreados, la velocidad vertical se dirige hacia abajo.

Tanto en invierno como en verano en la mayoría de las partes y hasta el Ecuador se observa el ascenso de agua, aunque se alternan las subidas y bajadas de agua (Upwelling y Downwelling) en el límite inferior de la capa de deriva.

Los valores absolutos de la velocidad vertical son 10^{-4} cm/s, sin embargo, en la parte costera existe una zona de surgencia donde estos valores alcanzan 10^{-3} cm/s.

Con base a los resultados anteriores se pueden hacer las siguientes conclusiones:

La circulación de deriva de las aguas analizadas en este artículo permite detectar algunos de sus patrones y características estacionales e identificar áreas de surgencias costeras. Establecer la variabilidad estacional de sus fronteras. Estimar el orden de velocidades verticales en el límite inferior de la capa de

deriva. Sin embargo, la circulación del agua en general se forma no sólo puramente de la transferencia de deriva. Los fenómenos de oleaje flujos y reflujos provocan la subida y bajada de agua (Upwelling y Downwelling), la redistribución de la densidad y la inclinación de las superficies isobáricas (líneas de igual valor de presión) de la superficie.

Los cambios de densidad asociados con el efecto del viento, se superponen a los cambios espaciales en los campos de densidad, causados por el calor y los flujos de sal a través de la superficie y determinan la naturaleza compleja de los gradientes de presión internos. En la formación de un sistema de corrientes también está influenciada por otros factores: la topografía o relieve del fondo, las formas de la línea de costa y en algunos casos, el intercambio turbulento lateral.

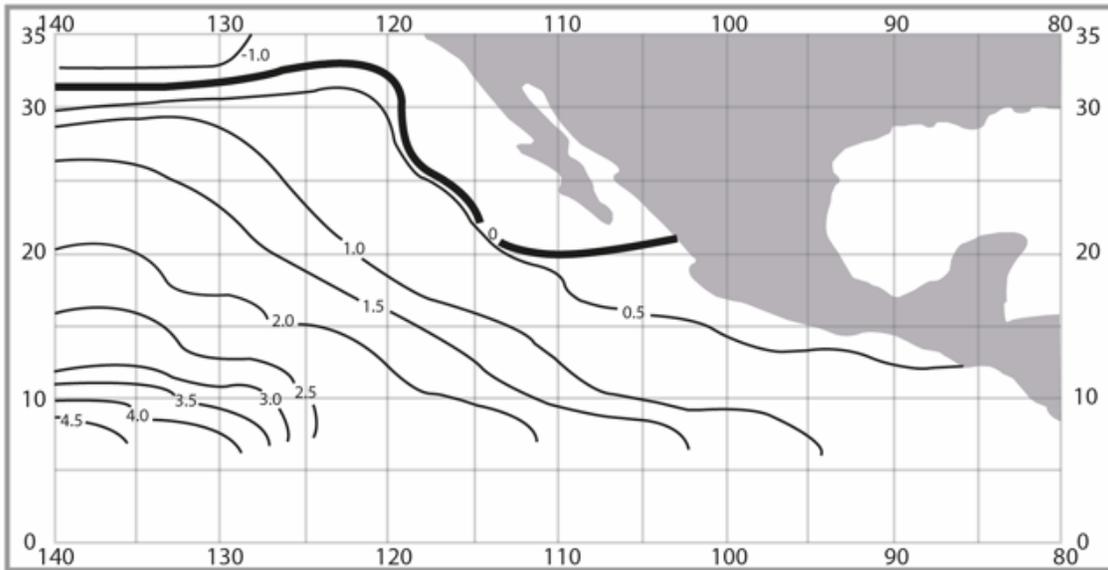


Figura 2. Componente meridional del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de enero.

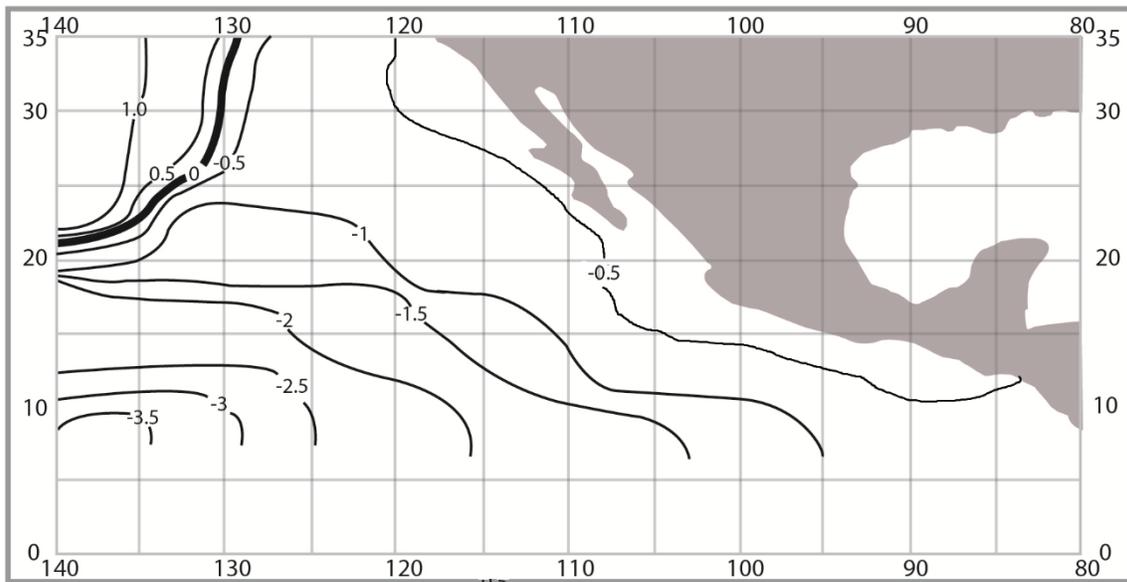


Figura 3. Componente zonal del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de enero.

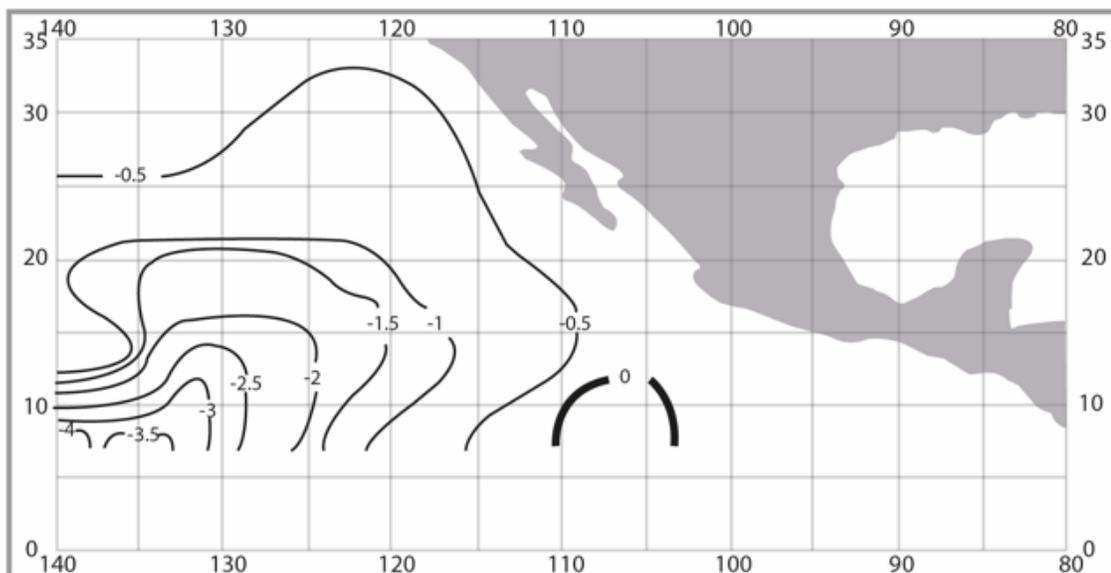


Figura 4. Componente zonal del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacifico Norte para el mes de abril.

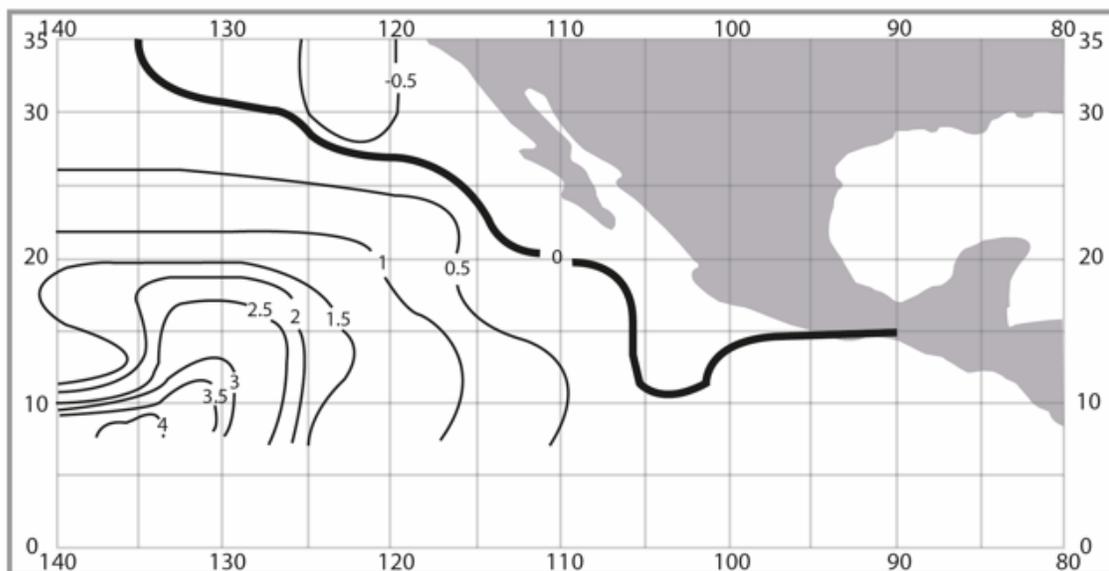


Figura 5. Componente meridional del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacifico Norte para el mes de abril.

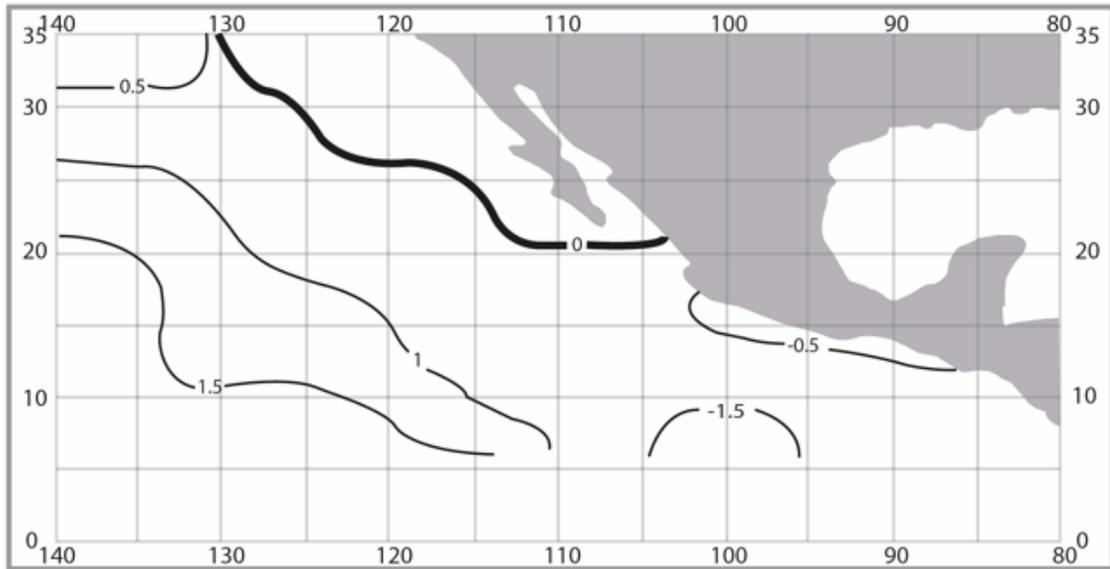


Figura 6. Componente meridional del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de julio.

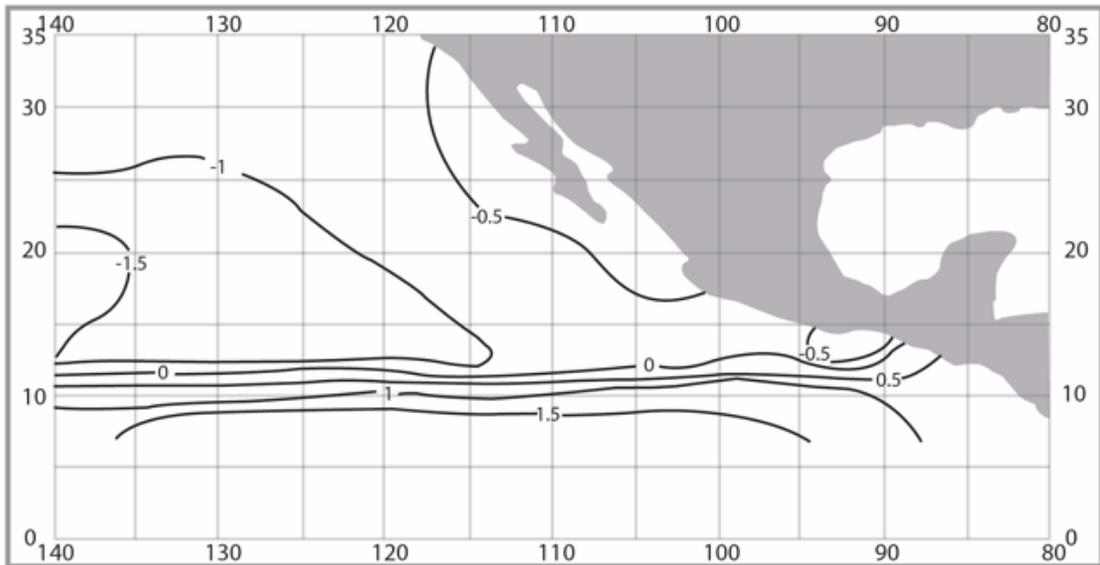


Figura 7. Componente zonal del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de julio.

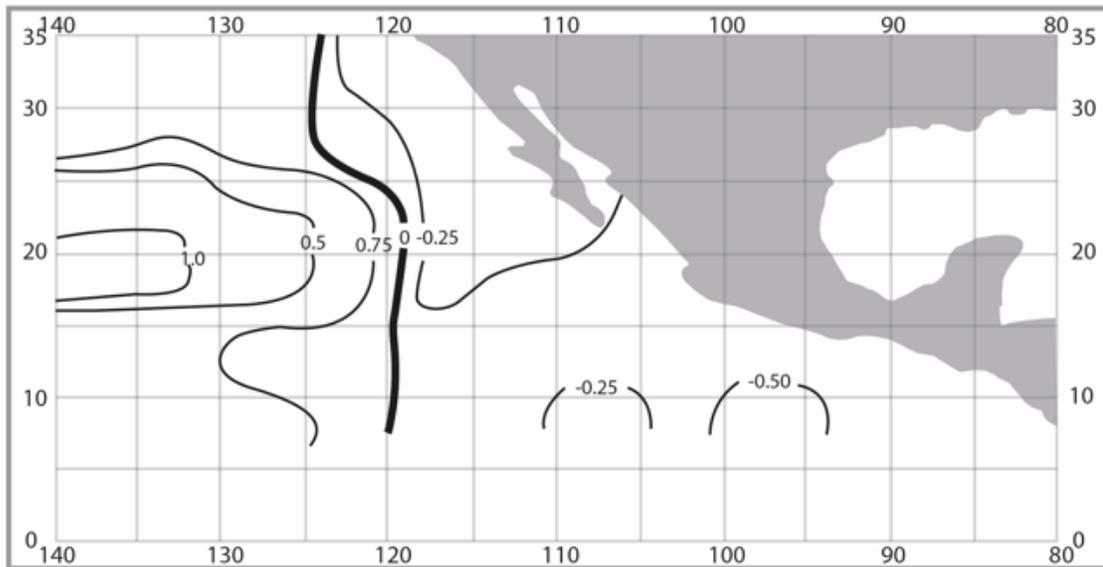


Figura 8. Componente meridional del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de octubre.

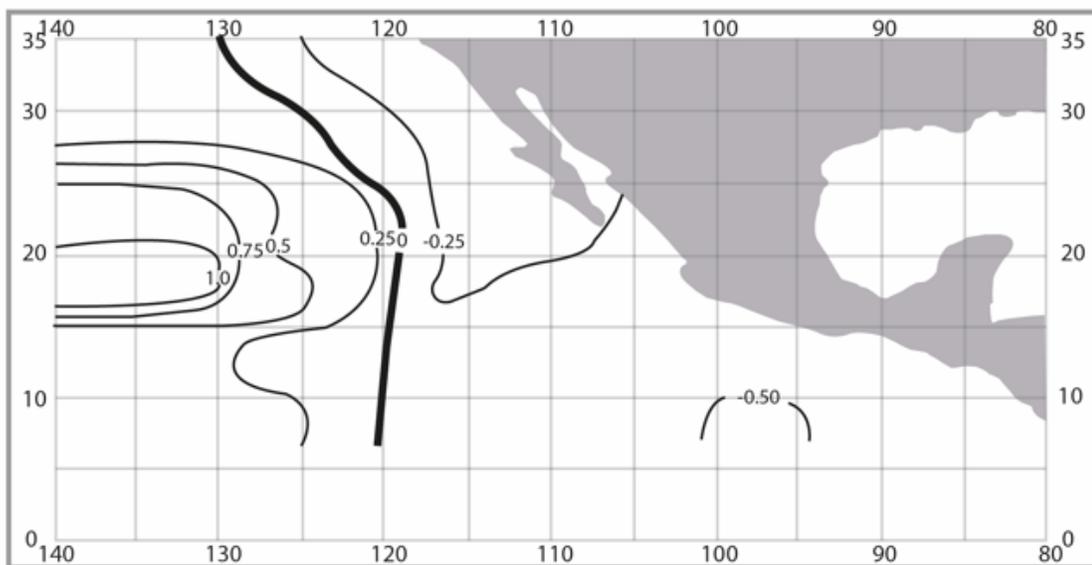


Figura 9. Componente zonal del flujo integral ($10^3 \text{ cm}^2/\text{s}$), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de octubre.

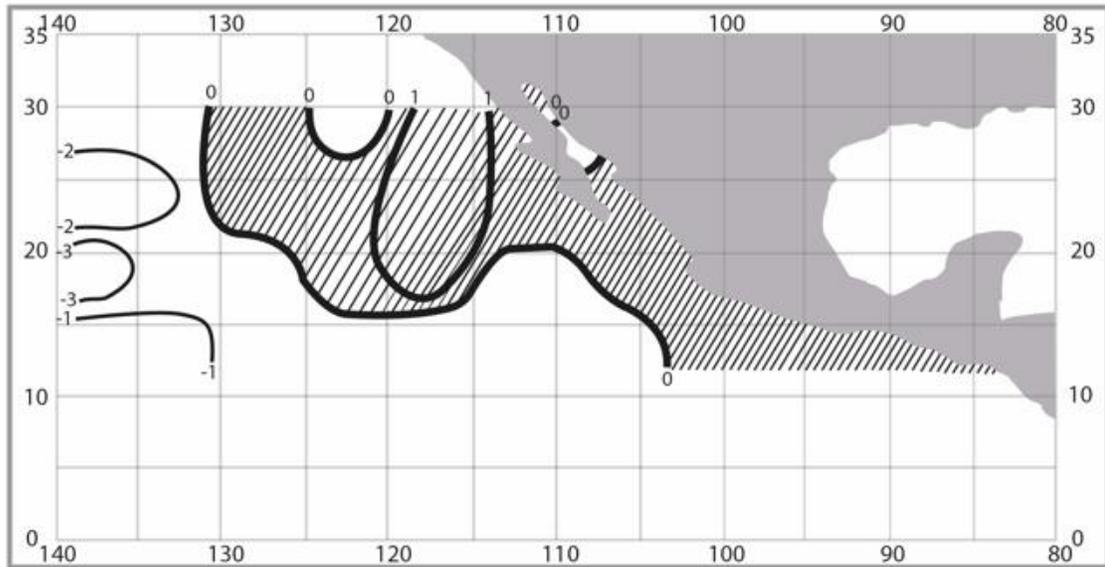


Figura 10. Campo de las componentes de la velocidad vertical (10^{-4} cm/s), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de enero.

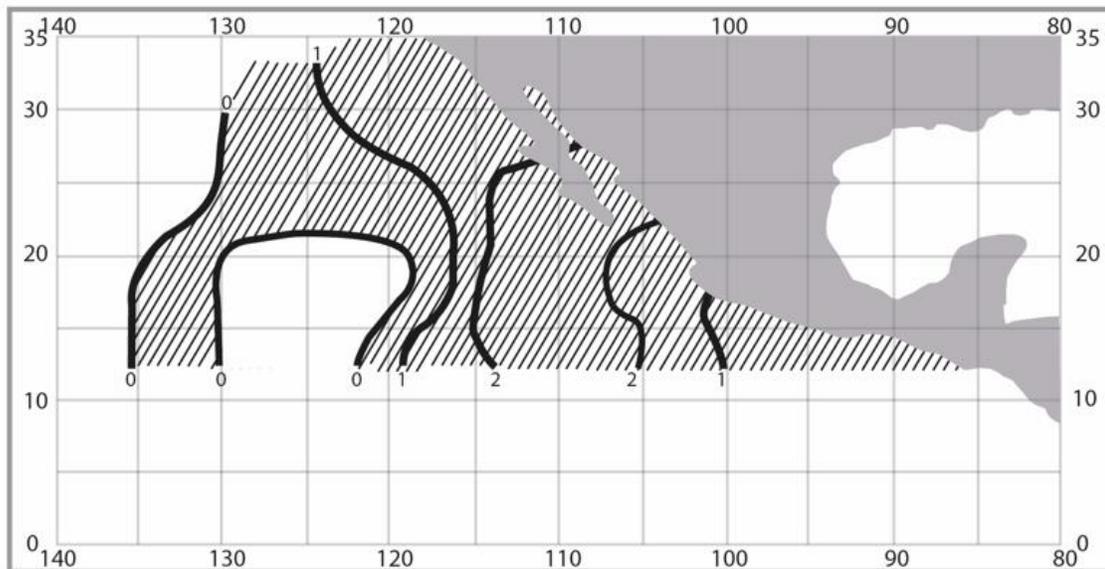


Figura 11. Campo de las componentes de la velocidad vertical (10^{-4} cm/s), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de julio.

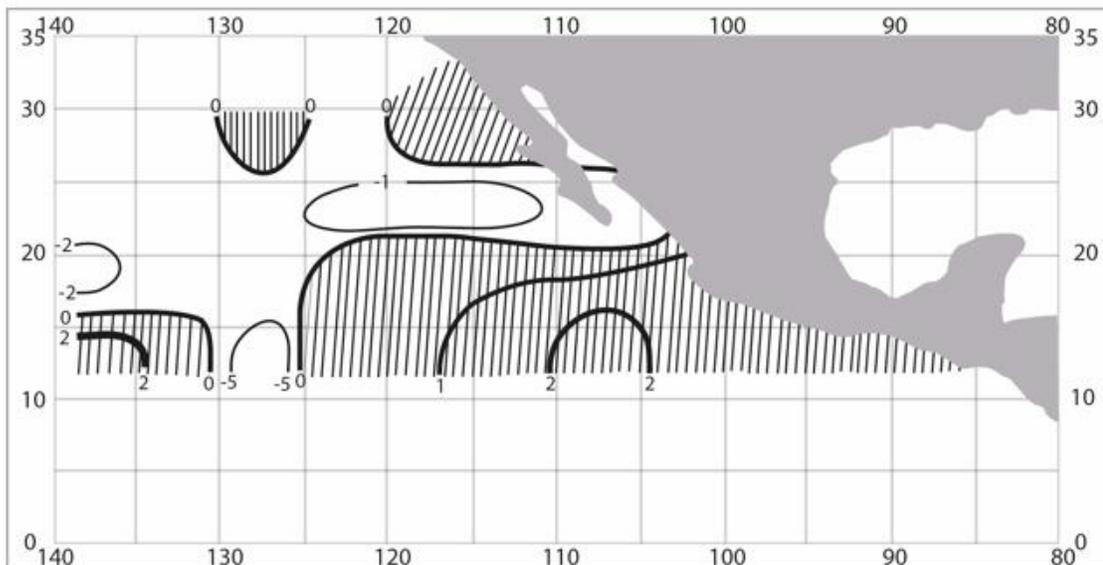


Figura 12. Campo de las componentes de la velocidad vertical (10^{-4} cm/s), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de abril.

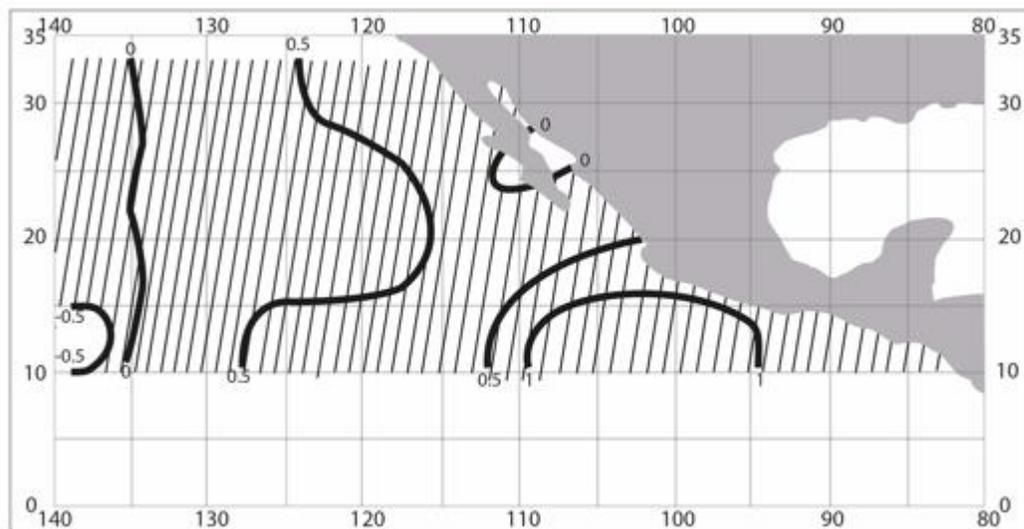


Figura 13. Campo de las componentes de la velocidad vertical (10^{-4} cm/s), en la región del océano Pacífico Norte para el mes de octubre.

REFERENCIAS

Díaz, D. C., Villegas, N., & Málikov, I. (2011). Análisis de la convergencia y la

divergencia de Ekman en el Pacífico colombiano.

Gaspar, A. G., & Acero, A. (2020). Comparación de las surgencias de la Guajira colombiana y del oriente

- venezolano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 49(2), 131-172.
- González-Ruelas, M.E. (1995). Circulación de las aguas y masas de agua en el Océano Pacífico colindante a las costas de México. Tesis de Maestría. OGMI. Odessa, Ucrania. 100 p. (en ruso).
- González Ruelas M.E., Hostein, N., & Gonzalez, F. M. C. (2022). CORRIENTES DE DERIVA EN EL PACIFICO ORIENTAL. *Acta Pesquera*, 8(16).
- Gorvach, L. E., (1980). Características a largo plazo del viento de superficie sobre el océano Pacífico Norte, Ed.O.G.Kornyshim ENIGMI MDD.Obnisk, 1-114.
- Hernández, I., & Gaspar, A. (2014). Patrones de abundancia y composición del zooplancton costero a varias escalas temporales en un ciclo de surgencia estacional en la Isla de Margarita, Venezuela. *Interciencia*, 39(2), 122-128.
- Villegas, N., Málikov, I., & Díaz, D. (2017). Variabilidad mensual de la velocidad de surgencia y clorofila a en la región del Panama Bight.
- Yukov, L.A. (1990). *Oceanología General*. Guidrometizdat. Leningrad. 194 p. (en ruso).



Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing

