



# BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 - 7766

Volumen 26, Números 1 y 2

CONCIMAR Perú



**II Congreso de Ciencias del Mar del Perú**  
**Piura, Perú. Del 24 al 28 de mayo 2010**



**Enero - Diciembre 2011**

**Callao, Perú**

# Aspectos hidrológicos en el fondo marino peruano asociados a la Extensión Sur de la Corriente Cromwell (ESCC) entre 3° y 7°S

## Hydrological aspects in the Peruvian seabed associated with the Cromwell Current Southern Extension (CCSE) between 3° and 7°S

JOSÉ TENORIO<sup>1</sup>

ROBERTO FLORES<sup>1</sup>

NOEL DOMÍNGUEZ<sup>1</sup>

Unidad de Investigación en Oceanografía Física. DIO. IMARPE. jtenorio@imarpe.gob.pe

### Resumen

TENORIO J, FLORES R, DOMÍNGUEZ N. 2011. Aspectos hidrológicos en el fondo marino peruano asociados a la Extensión Sur de la Corriente Cromwell (ESCC) entre 3° y 7°S. *Bol Inst Mar Perú*. 26(1-2): 59-64.- Para determinar la variabilidad estacional y espacial en el fondo marino del norte peruano, durante los últimos 30 años (1980-2009), se estudió la temperatura y el oxígeno disuelto entre las latitudes 3°-7°S. Se halló una mayor proyección latitudinal del oxígeno disuelto (OD), superior a 1,0 mL/L en la estación de otoño, delimitada por la isoterma de 15 °C al borde de la plataforma. Esta proyección estaría asociada a los flujos subsuperficiales hacia el sur, que constituyen la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC), a profundidades de 90-180 m. La oxigenación estaría influenciada por el incremento o repliegue de la ESCC presente en el área. La variación media de oxígeno registra valores de 0,7-1,3 mL/L en verano y 0,8-1,6 mL/L en otoño. Paita (5°S) presenta valores promedio de 1,0 mL/L en verano y de 1,4 mL/L en otoño. Los mayores valores de OD se asocian a latitudes menores en ambas estaciones; la estación de otoño presenta los mayores tenores de oxígeno, asociados a una mayor intensidad de la ESCC.

PALABRAS CLAVE: variabilidad, flujos subsuperficiales, Extensión Sur de la Corriente Cromwell.

### Abstract

TENORIO J, FLORES R, DOMÍNGUEZ N. 2011. Hydrological aspects in the Peruvian seabed associated with the Cromwell Current Southern Extension (CCSE) between 3° and 7°S. *Bol Inst Mar Perú*. 26 (1-2): 59-64.- To determine seasonal and spatial variability on the seabed in northern Perú during the last 30 years (1980-2009), we studied the temperature and dissolved oxygen between latitudes 3°-7°S. We found a higher latitudinal projection of the dissolved oxygen (DO), greater than 1.0 mL/L in the fall season, bounded by the isotherm of 15 °C at the edge of the platform. This projection would be associated with subsurface flows to the south, which form the Southern Extension of the Cromwell Current (SECC), at depths of 90-180 m. The oxygen would be influenced by the increase or withdrawal of the SECC present in the area. The mean change from 0.7 to 1.3 oxygen values recorded mL/L in summer and 0.8 to 1.6 mL/L in the fall. Paita (5°S) presents average values of 1.0 mL/L in summer and 1.4 mL/L in the fall. The highest DO values are associated with lower latitudes in both seasons; the fall season provides the highest oxygen content associated with a greater intensity of ESCC.

KEYWORDS: variability, subsurface flow, Southern Extension of the Cromwell Current.

### Introducción

El sistema de corrientes ecuatoriales del Pacífico, ha sido estudiado por diversos oceanógrafos que esclarecieron las relaciones entre los flujos superficiales y subsuperficiales (WYRTKI 1964).

Según los esquemas de corrientes zonales en el Pacífico ecuatorial, se tiene un flujo subsuperficial dirigido hacia el Este (E) denominada Corriente Cromwell (CC) que presenta su eje en la línea ecuatorial entre los 3°N-3°S (DIETRICH et al. 1975, WOLFF et al. 2003, KRAUSS 1960, ICOCHEA y ROJAS 2001) que en su recorrido al acercarse a las islas Galápagos se bifurca en dos ramales, la Extensión Norte de la Corriente de Cromwell (ENCC) y la Extensión Sur de la Corriente

Cromwell (ESCC) que llega a la zona costera del Perú (FLORES et al. 2009).

La ESCC se propaga hacia el sur con el eje principal en el borde de la plataforma continental, y ha sido estudiada por BROCKMANN et al. (1980), ZUTA y GUILLÉN (1970), HUYER (1991) y otros.

La mayor parte de la plataforma continental frente a Perú se caracteriza por fondos de hipoxia/anoxia debido a la deposición de materia orgánica procedente de la superficie producida por la muy alta producción primaria (ARNITZ y FAHRBACH 1996). La ESCC, corriente bien oxigenada, fluye desde el Ecuador hacia el sur, por debajo de los 100 m de profundidad, mejorando la productividad de las comunidades bentónicas en

la plataforma continental (ZUTA y GUILLÉN 1970, SAMAMÉ 1981).

La zona de Paita (5°S) es el punto geográfico de referencia al límite entre las dos grandes regiones biogeográficas del mar peruano. La región al norte de los 6°S es de alta diversidad con condiciones ambientales tropicales en la superficie. Al sur de los 6°S, la región peruano-chilena es de menor diversidad, influenciada por el sistema de la Corriente de Humboldt asociada a la surgencia costera que origina una zona de alta productividad con aguas frías y templadas. Este patrón es dinámico, porque se trata de una frontera ecológica o ecotono, donde la variabilidad oceanográfica es alta, estacional e interanualmente, cuyas manifestaciones más notables son los eventos El Niño (EN) y La Niña (LN) (GUEVARA-CARRASCO y LLEONART 2008).

La abundancia y distribución de los recursos demersales están estrechamente ligadas a la variabilidad de la ESCC, es por ello que conocer sus principales variables ambientales permitirá apreciar el comportamiento de estos recursos. Para ello se ha analizado la estructura térmica y el contenido de oxígeno disuelto en sus aguas, además de la intensidad del flujo subsuperficial (esquema de la ESCC y cálculos de flujos geostróficos), que nos permiten explicar el comportamiento del ramal sur de la Corriente Cromwell.

### Material y métodos

Se colectó la información de los Cruceros de Investigación de Evaluación Demersal de la base de datos del IMARPE (1980-2009) de los periodos verano y otoño, principalmente de la capa subsuperficial. Los datos fueron separados y procesados por grados latitudinales desde 3°S hasta 7°S. Para los valores calculados se utilizó el método de interpolación Kriging mediante los softwares Surfer 8,0 y Matlab.

Se procesaron las variables ambientales de temperatura y oxígeno disuelto, de los estratos 40 a 90 m y de 90 a 180 m; se determinaron medias ambientales estacionales de verano y otoño; además de medias espaciales entre 3° y 8°S (Fig. 1).

Se determinaron las velocidades relativas de corrientes en la columna de agua, mediante el cálculo geostrófico, que utiliza el campo de densidad (temperatura y salinidad) de la estructura vertical, realizando esquemas de proyección del núcleo de la ESCC. Así como el análisis estacional de las secciones de Paita y Punta Falsa.

### Resultados y discusión

ZUTA y GUILLÉN (1970) señalaron que la situación geográfica de la costa del Perú hace que sus aguas costeras subsuperficiales tengan gran influencia de las aguas de la región ecuatorial, predominantemente hacia el

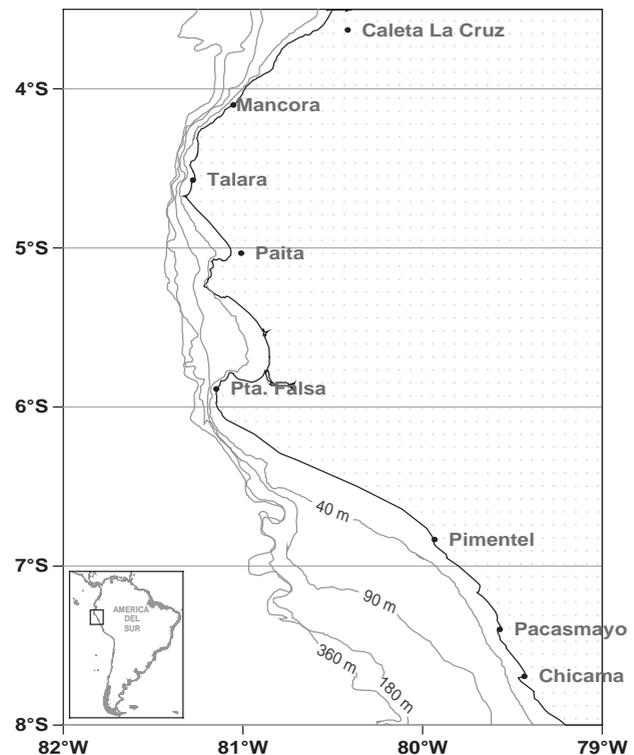


Figura 1.- Localización geográfica y estratos del área de estudio.

norte de Punta Falsa (6°S). Estas aguas, con relativo alto contenido de oxígeno, provienen del ramal sur de la Corriente Cromwell y se encuentran entre los 50 - 300 m de profundidad. Tienen una proyección latitudinal sur hasta los 7°S, con rangos de oxígeno disuelto entre 0,5 a 1,5 mL/L en otoños de periodos normales; pero se desplazan más hacia el sur durante los eventos cálidos El Niño, tal como como ocurrió en los años 1982-83, 1987, 1992, 1997-98, oxigenando el fondo marino con valores >2,0 mL/L. El aumento térmico del fondo marino varía del mismo modo, alcanzando temperaturas >16 °C entre 90-180 m de profundidad, y >18 °C en estratos menores a 90 m (Fig. 2). Efectos contrarios se manifiestan en el evento frío La Niña, disminuye el oxígeno disuelto y ocurre un repliegue de la ESCC hacia el norte.

El estudio de la profundización de la isoterma de 15 °C como variable indicadora de la ESCC, permite discernir que, en la década de los años 1980, esta corriente habría estado más profunda, favoreciendo una mayor oxigenación del fondo marino (GUEVARA-CARRASCO y WOSNITZA-MENDO 2009). A fines de los años 1980 y comienzos de los 1990, esta corriente se habría hecho menos profunda, provocando efectos contrarios a los de la década anterior. Esta hipótesis se refleja en la Fig. 2, donde en ambas décadas se presentaron eventos El Niño, aumentaron notablemente los tenores de oxígeno y temperatura del fondo marino, situaciones claramente manifiestas en los estratos de profundidades <90 m. En la década de los 2000,

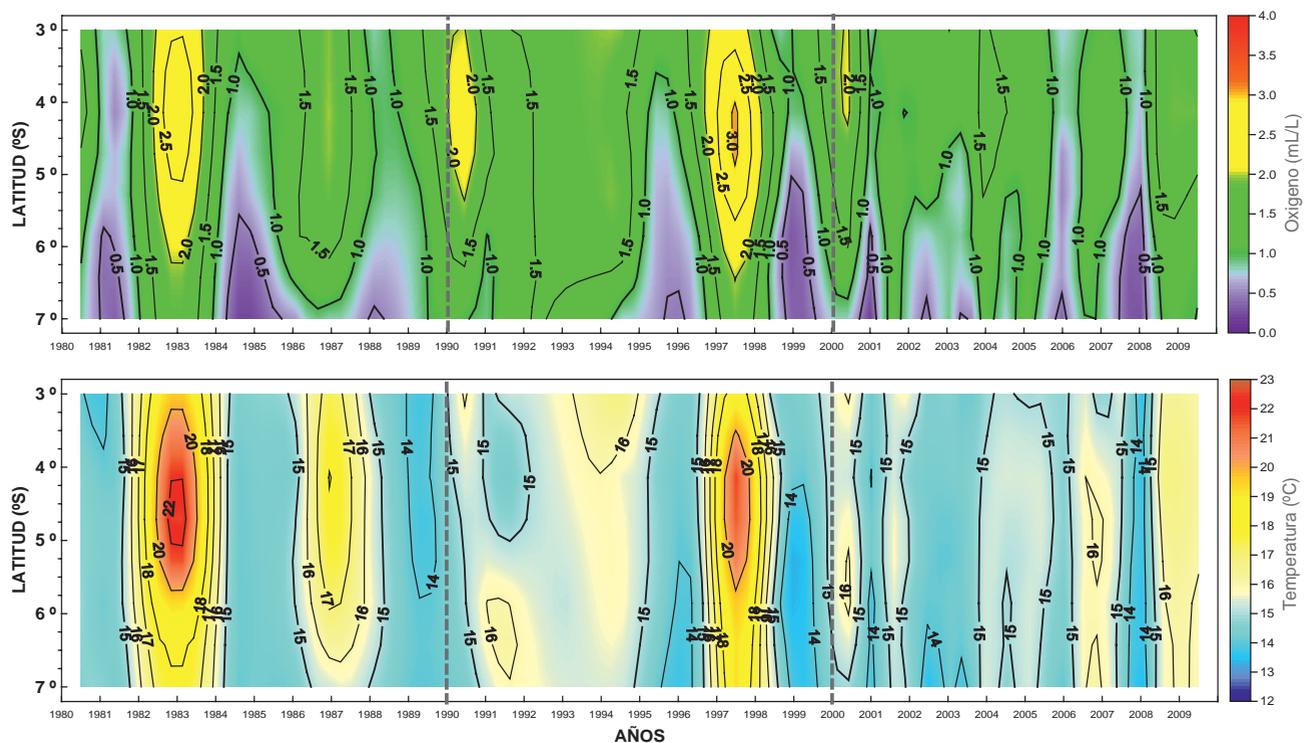


Figura 2.- Variación espacio-temporal de la distribución de oxígeno disuelto (mL/L)-arriba y temperatura (°C)- abajo, en profundidades de 90 a 180 m. 1980-2009.

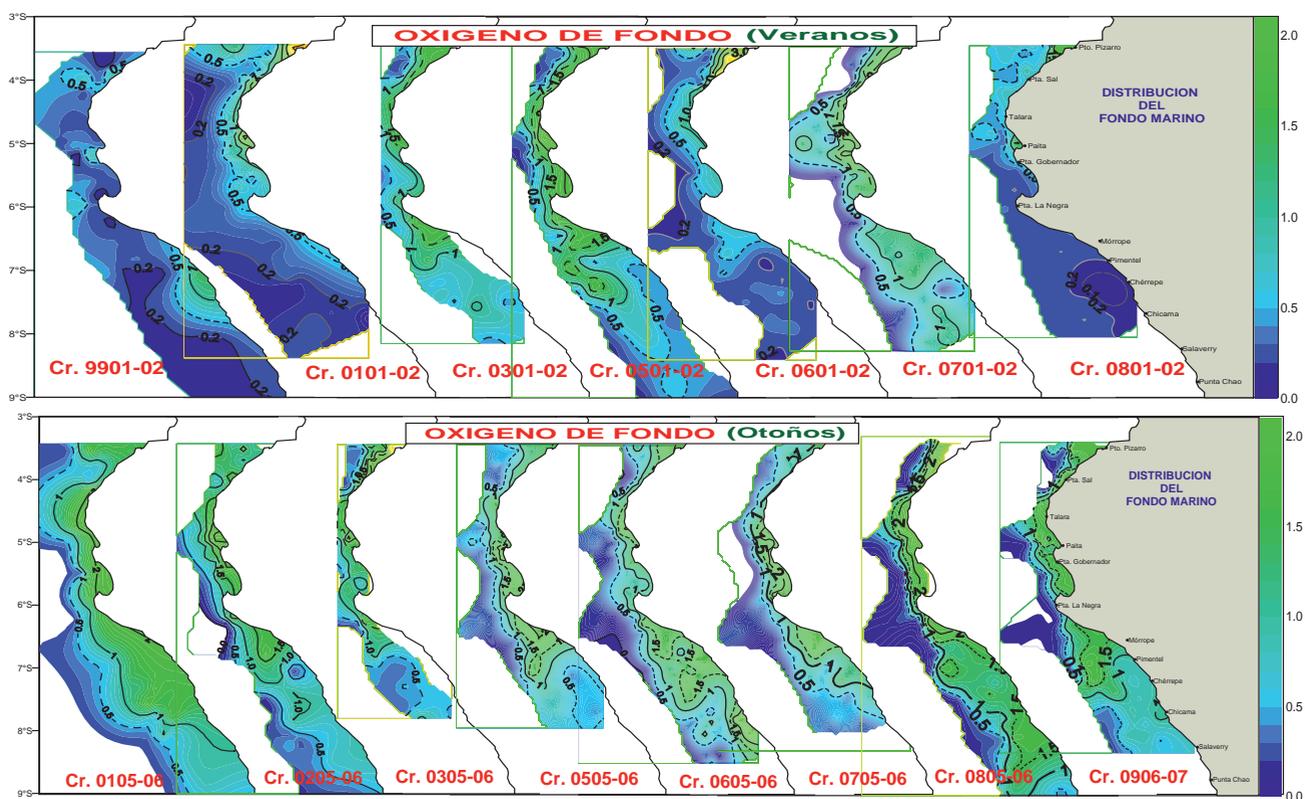


Figura 3.- Distribución de oxígeno disuelto en fondo (mL/L) asociado a proyección de la ESCC frente a la costa peruana. Cruceos Demersales de 1999-2008 veranos (arriba) y 2001-2009 otoños (abajo).

las variaciones térmicas y los contenidos de oxígeno disuelto fueron más estables. En este periodo se presentaron eventos anómalos de corta duración, catalogados como El Niño de intensidad débil a moderado, que mantuvieron las concentraciones de oxígeno con valores promedio de ambas décadas, estas características determinaron los cambios abióticos y bióticos en las décadas de los años 1980, 1990 y 2000.

Las variaciones entre décadas tendrían coherencia con una serie de otros indicadores abióticos, como el contenido medio de oxígeno superficial en el mar peruano y las variaciones de las anomalías de salinidad (GUEVARA-CARRASCO y WOSNITZA-MENDO 2009). Las tendencias de estas variables indicaron las variaciones interdecadales del ecosistema marino.

La distribución latitudinal del oxígeno en el fondo marino, obtenida de los datos de cruceros demersales entre los años 1999 al 2008 para la estación de verano y del 2001 al 2009 para otoño, presentaron valores de 0,5 y 1,0 mL/L asociados a la ESCC (Fig. 3), siendo notable la mayor proyección de la ESCC hacia el sur en la estación de otoño, que las registradas en el verano, con un considerable aumento del oxígeno disuelto en el fondo que se transporta por dentro de la plataforma continental, este comportamiento ha sido estudiado por FLORES et al. (2009), HUYER (1991), BROCKMANN et al. (1980), ZUTA y GUILLÉN (1970) y otros.

Observamos también que para los veranos de los años 1999, 2006 y 2008 se presentaron situaciones de hipoxia relacionadas con la casi nula proyección hacia el sur de la ESCC, situación similar describe FLORES et al. 2009. Se destaca que estos valores mínimos de oxígeno se presentaron durante o al finalizar los eventos La Niña, tal como se observaron en 1999 y 2008, este último se manifestó después del evento frío del 2007 que se presentó de julio a diciembre. Cabe resaltar que el eje principal de este flujo estaría asociado en gran medida a la iso-oxígena de 1,0 mL/L, situada al borde de la plataforma (Fig. 3).

De la distribución de oxígeno y temperatura del fondo marino se corroboró que las mayores proyecciones hacia el sur de la ESCC se presentan en las estaciones de otoño principalmente en el estrato de 90-180 m, donde la variación media de oxígeno registra rango de 0,8-1,6 mL/L, mientras que para el verano su rango disminuye ligeramente presentando valores de 0,45-1,3 mL/L. Los registros térmicos del fondo marino confirman también la influencia de la ESCC en este estrato (90-180 m) fluctuando sus valores entre 14,5 °C a 15,5 °C. Se refleja un notable aumento térmico en estratos menores para ambos periodos con valores superiores a 15,5 °C (Fig. 4). Asimismo, Paita (5°S) como eje principal para el estudio de esta corriente, presentó valores promedio de 1,0 mL/L en verano y de 1,4 mL/L para otoño, reforzando la hipótesis de la mayor proyección de la ESCC, que se propaga hacia

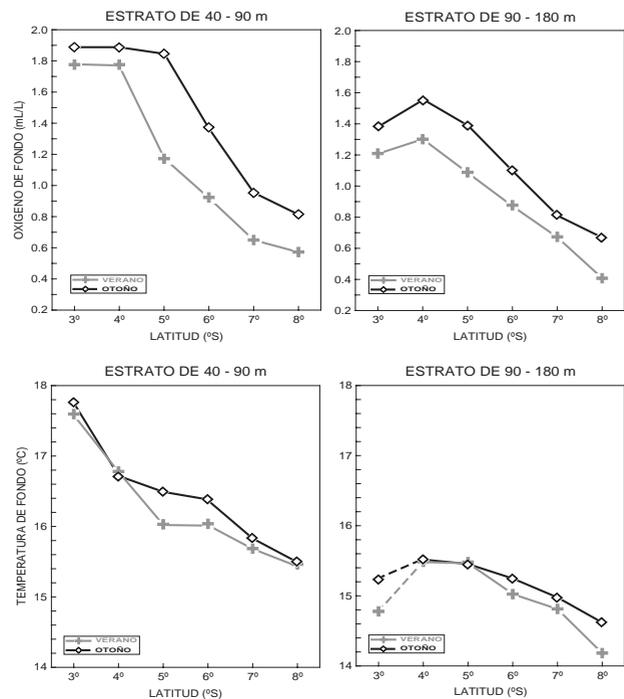


Figura 4.- Variación media espacial (3°-8°S) de oxígeno (mL/L) y temperatura (°C) en estratos de 40-90 y 90-180 m, para veranos y otoños (1980-2009).

el sur con el eje principal en el borde de la plataforma continental.

FLORES et al. (2009) estudiaron la profundización de la isoterma de 15 °C como base de la termoclina de la zona norte del litoral peruano asociado a la proyección de la ESCC. Del mismo modo en función a la base de datos (1980 - 2009) se calculó la variación mensual de la profundización de la isoterma de 15 °C dentro de las latitudes 5° y 6°S (Paita - Punta La Negra), registradas dentro de las 60 mn de la costa, obteniéndose las mayores profundidades (> 100 m) en los meses de mayo y junio, que representan los meses de mayor intensificación de la ESCC (FLORES et al. 2009); en los meses de verano este flujo se mantendría en profundidades de 80-90 m, periodo donde eventualmente se presentan ondas Kelvin que generan un aumento térmico en capas someras.

Se realizaron cálculos geostróficos frente a Paita a fin de visualizar los flujos subsuperficiales desplazados hacia el sur, mostrando a su eje principal en el borde de la plataforma, tal como lo observó BROCKMANN et al. (1980). Los flujos costeros dirigidos hacia el sur estarían asociados a la ESCC situados por dentro de las 40 mn de la costa, ubicando su núcleo en profundidades de 70-120 m de profundidad y entre los 20-30 mn de costa (Fig. 5). Cabe recordar que el flujo submarino costero, corresponde a lo que denominan Extensión Sur de la Corriente Cromwell (ESCC) o Corriente Peruana Subsuperficial (ZUTA y GUILLÉN 1970), Corriente Submarina Costera (ZUTA 1988), Corriente Subma-

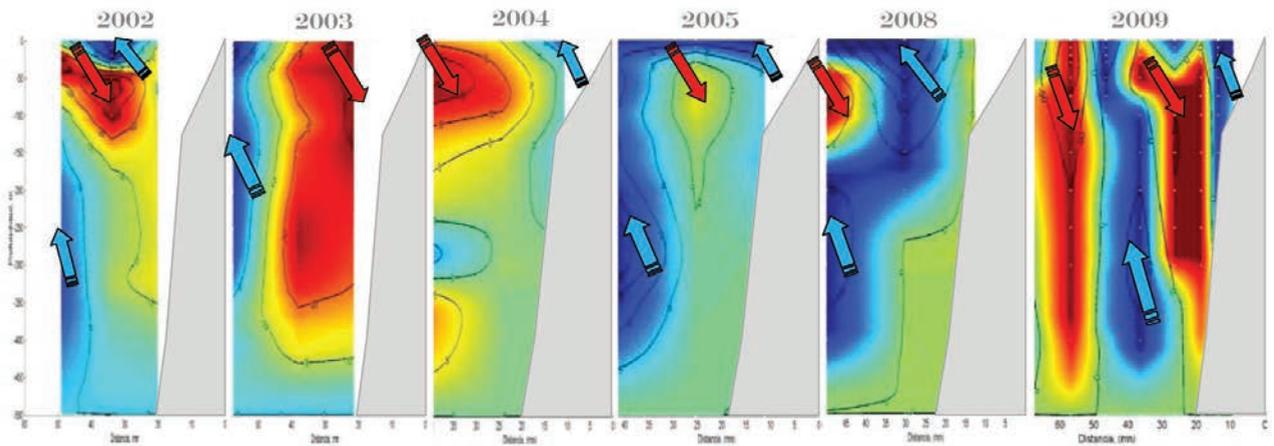


Figura 5.- Cálculos geostroficados de los flujos subsuperficiales frente a Paita, durante los otoños del 2002 – 2009 (flujos hacia el Sur-color rojo y flujos hacia el Norte, azul).

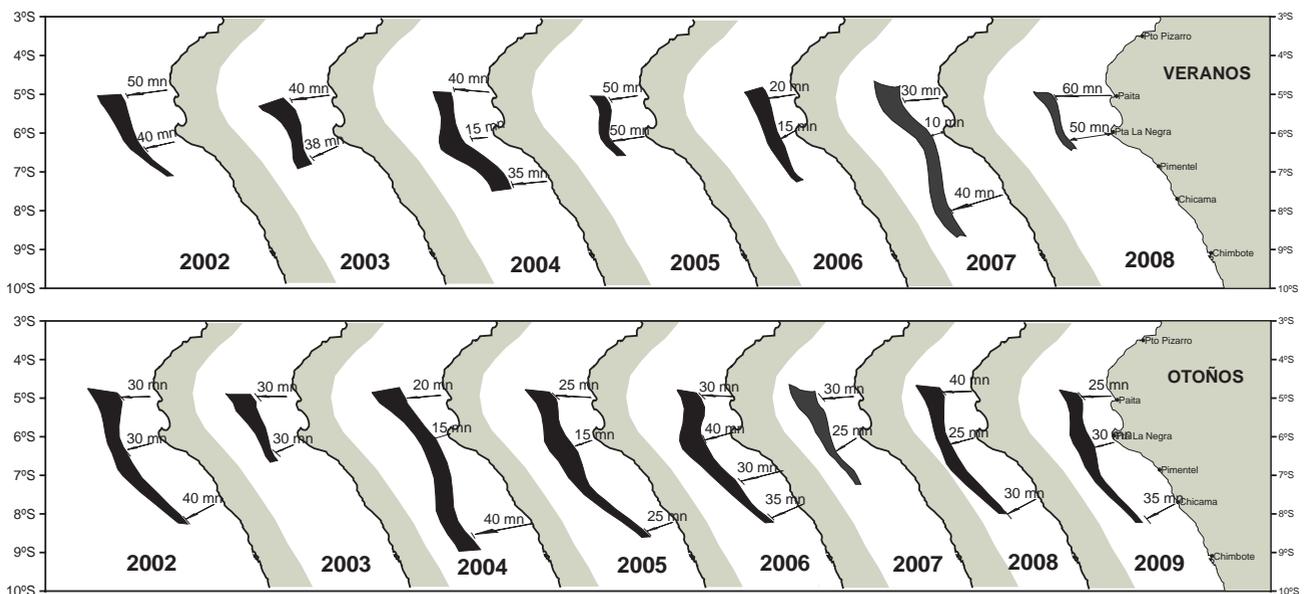


Figura 6.- Esquema representativo de la variabilidad interanual de la proyección de la ESCC frente al litoral peruano en los veranos (arriba) y otoños (abajo) de los años 2002-2009

rina Peruana (WYRTKI 1963) o Corriente Submarina Peruano-Chilena (WOOSTER Y GILMARTIN 1961).

A través de los cálculos geostroficados generados en los cruceros demersales de veranos y otoños se realizan esquemas representativos de la proyección latitudinal de la ESCC, donde se corrobora también que durante los periodos de otoño se presentan las mayores intensidades y proyecciones de los flujos subsuperficiales hacia el sur relacionados con las mayores concentraciones de oxígeno de fondo como característica propia de la ESCC (Fig. 6).

El estudio de la ESCC contribuye a explicar la distribución de los recursos demersales, principalmente la merluza, ya que debido a su alto contenido de oxígeno favorece a la subsistencia del recurso; por lo tanto, cambios en las características del medio marino influirían en la presencia o ausencia de la merluza. Cabe indicar que la mayor intensidad de la ESCC no necesariamente favorece la concentración del recurso merluza pero sí su presencia, ya que debido a su intensificación existiría un mayor desplazamiento y amplitud del oxígeno de fondo, por consiguiente este recurso presentaría una ampliación en su distribución con ligera disminución en sus concentraciones.

## Referencias

- ARNTZ W, FAHRBACH E. 1996. El Niño. Experimento climático de la naturaleza. Causas físicas y efectos biológicos. Fondo de Cultura Económica. México. 312 pp.
- BROCKMANN C, FAHRBACH E, HUYER A, SMITH RL. 1980. The poleward undercurrent along the Perú coast: 5° to 15° S. *Deep Sea Research*, 27A: 847 to 856.
- DIETRICH G, KALLE K, KRAUSS W, SIEDLER G. 1975. *Allgemeine Meereskunde: Eine Einführung in die Ozeanographie*. Gebrueder Borntraeger. Berlin, Stuttgart. 593pp.
- FLORES R, TENORIO J, DOMÍNGUEZ N. 2009. Variaciones de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell frente al Perú entre los 3°y 14°S. *Bol Inst Mar Perú*, 24(1-2): 45-58.
- GUEVARA-CARRASCO R, LLEONART J. 2008. Dynamics and fishery of the Peruvian hake: Between nature and man. *Journal of Marine Systems* 71: 249-259.
- GUEVARA-CARRASCO R, WOSNITZA-MENDO C. 2009. Cambios en la Productividad de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus* Ginsburg). *Boletín Inst Mar Perú*, 24(1-2): 15-20.
- HUYER A, KNOLL M, PALUSZKIEWICZ T, SMITH R. 1991. The Perú Undercurrent: a study in variability. *Deep-Sea* 38 (suppl.1): 247-271.
- ICOCHEA L, ROJAS E. 2001. La Corriente Cromwell y sus variaciones en los 0°N, 110°W. In: *Forum - La Merluza Peruana (Merluccius gayi peruanus) Biología y Pesquería*. Instituto del Mar del Perú. Informe Interno. 120 pp.
- KRAUSS J. 1960. Measurements of the Cromwell Current. *Deep-Sea Research* 6: 265-286.
- SAMAMÉ M. 1981. Las Pesquerías Demersales en el Perú. CPPS, Seminario Regional sobre los Recursos Demersales y su Medio Ambiente en el Pacífico Oriental. Lima, Perú 24-28 de noviembre de 1980. CPPS, Serie Seminarios y Estudios, 3: 213-247.
- WOLFF M, WOSNITZA-MENDO C, MENDO J. 2003. The Humboldt Current Large Marine Ecosystems, 279-309. In: *Large Marine Ecosystems of the World - Trends in Exploitation, Protection, and Research*. Hempel, G. and Sherman, K. (Eds). Elsevier.
- WOOSTER Y GILMARTIN. 1961. The Peru-Chile Undercurrent. *Journal Marine Reser* 19(3): 97-122.
- WYRTKI K. 1964. Surface currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission IX(5): 271-304*.
- WYRTKI K. 1963. The horizontal and vertical field of motion in the Peru Current. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. Calif.* 8(4), 313-346.
- ZUTA S. 1988. Variations of the mass field and currents off the Perú coast. *Time Series of Ocean Measurements*. Vol. 4. IOC Tech. Ser. 33.
- ZUTA S, GUILLÉN O. 1970. Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. *Bol Inst Mar Perú* 2(5):161-223.