



INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

# INFORME

ISSN 0378 - 7702

Volumen 35 Número 2

**Cruceros de evaluación de la biomasa desovante  
de la anchoveta peruana. Método de la  
producción de huevos (MPH).  
Invierno 2003, 2004, 2005**



# CONDICIONES AMBIENTALES FÍSICAS DEL MAR PERUANO A FINES DEL INVIERNO 2005

## PERUVIAN MARINE PHYSICAL ENVIRONMENTAL CONDITIONS DURING LATE WINTER 2005

Luis Vásquez Espinoza<sup>1</sup>

### RESUMEN

VÁSQUEZ L. 2008.- *Condiciones ambientales físicas del mar peruano a finales del invierno 2005.*- *Inf. Inst. Mar Perú* 35 (2) 173-180.- El estudio se realizó frente al área de Talara a Punta Infiernillos, del 15 agosto al 24 setiembre 2005, durante el crucero 0508-09. Al norte, entre Talara y Huarmey, las condiciones fueron frías; y hacia el sur, entre Huarmey y Punta Infiernillo fueron normales, a excepción de una pequeña área calida frente a Bahía Independencia. Se encontró una fuerte proyección de las aguas frías hacia el norte y oeste debido a la intensificación de la corriente de Humboldt y a los vientos que favorecieron los procesos de afloramiento, lo que permitió que las Aguas Costeras Frías tuvieran una amplia distribución principalmente al norte del Callao. Al sur, las ACF estuvieron restringidas por la trasgresión de las Aguas Subtropicales Superficiales hacia la costa motivando que los procesos de afloramiento estuvieran restringidos a zonas muy costeras. Por otro lado, se observó una gran zona de mezcla en la zona sur asociada a la presencia de las Aguas Templadas de las Subantártica.

PALABRAS CLAVE: condiciones oceanográficas, invierno 2005, mar peruano.

### ABSTRACT

VÁSQUEZ L. 2008 .- *Peruvian marine physical environmental conditions in late winter 2005.*- *Inf Inst Mar Peru* 35 (2): 173-180 .- The study was carried out off Talara to Punta Infiernillo, during August 15<sup>th</sup> to September 24<sup>th</sup> 2005, during the 0508-09 cruise. To the north, and between Talara to Huarmey, conditions were cold; and south, until Punta Infiernillo were normal, except for a small warm area off Bahía Independencia. There was a strong projection of the cold waters north and west due to the intensification of the Humboldt Current and the winds that helped the process of upwelling, which allowed cold coastal waters (CCW) have a wide distribution mainly north of Callao. To the south, the CCW were restricted by the transgression of the Subtropical Surface Water to the coast causing that upwelling processes were restricted to coastal zones. On the other hand, there was a large mixing zone in the south associated with the presence of the temperate waters of the Subantarctic.

KEYWORDS: oceanographic conditions, winter 2005, Peruvian sea.

### INTRODUCCIÓN

El modelo numérico CFS NCEP – NOAA, indicó una distribución espacial de ligeras anomalías positivas confinadas en el sector occidental del Pacífico ecuatorial y negativas (-0,3°C) en el sector central y oriental hasta octubre. El resumen del IRI –International Research Institute- indica el incremento del número de modelos (5) que pronostican condiciones ligeramente frías en el Pacífico central, para el período de agosto a octubre, sin embargo, sigue habiendo una mayoría (12 de 20), que pronostican condiciones ligeramente sobre lo normal. El promedio general da un valor de +0,2°C para el Pacífico central (área Niño 3.4) durante el periodo indicado.

La TSM frente a la costa peruana, en la segunda semana de julio, registró el arribo del pulso cálido originado en el Pacífico ecuatorial central que incrementó la temperatura en la costa norte (Informe Técnico julio 2005 – ENFEN), especialmente en las estaciones de Talara y Paita, observándose en la estación de Paita la anomalía positiva más significativa que alcanzó el valor de +3,0° C durante cuatro días; en la costa central, este pulso fue registrado muy débilmente, lo cual no influyó sobre las aguas frías en el resto de la costa.

Entre el 2 y 13 de agosto, durante la operación MOPFEN (PIZARRO et al. 2005) se encontró un predominio de Aguas Costeras Frías (ACF) asociadas a temperaturas <17 °C

hasta las 30 mn de la costa al frente de Chérrepe a Paita, ubicándose las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) asociadas a temperaturas <18°C por fuera de las 25 mn de Chimbote y Salaverry y 30 mn de la costa frente a Punta La Negra. Bajo este panorama se desarrolló el Crucero 0508-09. Se encontró un ambiente de normalidad al sur de Chimbote, pero al norte las condiciones fueron frías.

En este informe se da a conocer los resultados más relevantes de las condiciones físicas durante el presente crucero.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Entre el 15 agosto y el 24 de setiembre del 2005, el crucero

<sup>1</sup> Dirección de Oceanografía Física; lvasquez@imarpe.gob.pe

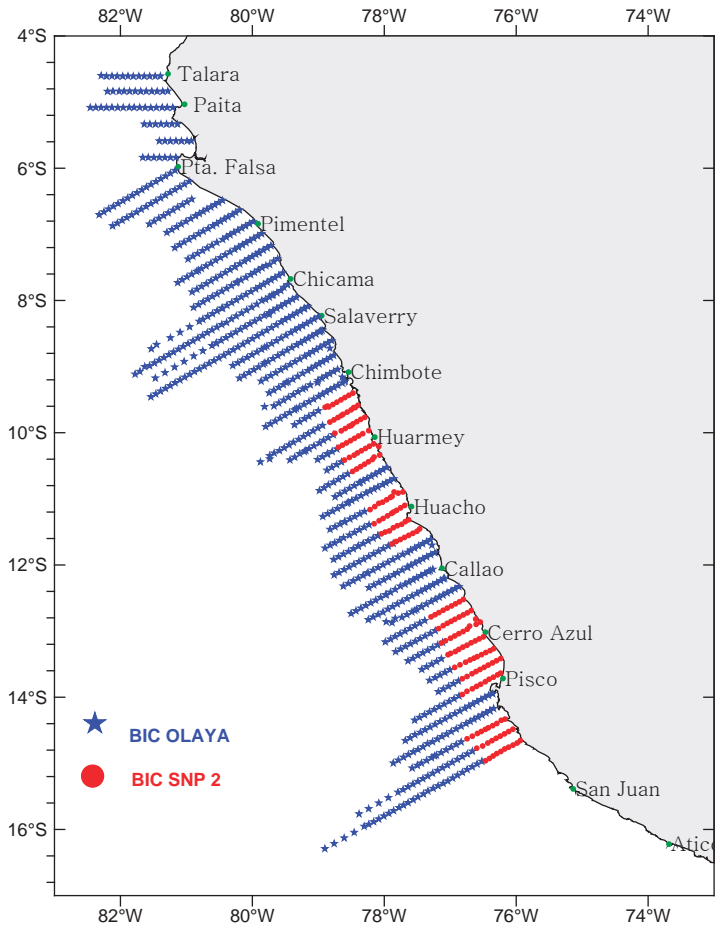


Figura 1.- Carta de Posiciones. Crucero Biomasa Desovante 0508-09

de Evaluación de la Biomasa Desovante BIC Olaya y SNP2, tuvo una cobertura desde la zona marina frente a Talara hasta Punta Infiernillos, cubriendo un área variable con una amplitud máxima de 200 mn (Figura 1).

El estudio de la estructura térmica y halina en las secciones de: Paita, Punta Falsa, Chimbote, Callao y Punta Infiernillos se realizó sobre la base de los lanzamientos de CTD, hasta una profundidad de 500 m y de botellas Niskin a profundidades estándar (hasta 300 m, en el BIC Olaya y hasta 150 m en el BIC SNP 2). Adicionalmente se hicieron lanzamientos de CTD frente a Chicama y Punta Bermejo hasta los 300 m de profundidad. Para el estudio de la capa superficial y subsuperficial del mar se obtuvieron datos de temperatura del aire y velocidad y dirección del viento y muestras de agua para el análisis de salinidad cada 4-5 mn (durante las estaciones de plancton).

Con la información de vientos se calculó Índice de Turbulencia ( $IT = v^3, m^3/s^3$ ) que se obtiene de la intensidad del viento al cubo, el transporte Ekman es calculado según BAKUN (1973) y los índices de Afloramiento (IA) usando la ecuación:

$$IA = E / \cos(a), \quad m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-1}$$

Donde: E esfuerzo de viento y a ángulo de la línea de costa con la dirección del viento.

## RESULTADOS

### ESTRUCTURA HORIZONTAL

#### Temperatura

La TSM tuvo rango de 14,6 a 18,6 °C, promedio 16,5°C. Valores <16°C, asociados al afloramiento costero, ubicados dentro de las 20 mn entre Salaverry y Callao, ampliaron su distribución al norte de Chicama y al sur del Pisco. Temperaturas más altas (>18°C) se localizaron entre Chicama y

Callao, proyectándose hasta las 30 mn frente a Huarney.

En general, las isotermas se distribuyeron en forma paralela a la línea de costa, observándose un fuerte contraste térmico (gradiente de 1°C/10 mn) frente a Huarney, asociado a la proyección de aguas cálidas del oeste. Al sur de Pisco la distribución fue homogénea, pero con las temperaturas más bajas de toda el área evaluada (Figura 2).

#### Anomalías térmicas

Han variado entre -2,62 °C (50-60 mn de Paita) y +1,20 °C (Bahía Independencia). Al sur de Huarney, entre -0,5 °C a +0,5 °C, exceptuando una pequeña área cálida frente a Bahía Independencia. Al norte de Huarney las condiciones fueron frías, principalmente por fuera de las 50 mn frente a Paita (>-2 °C) (Figura 3).

#### Salinidad

La SSM varió de 34,870 a 35,338 ups. Las concentraciones <34,9 ups se localizaron frente a Talara, con ligera influencia de AES; las altas concentraciones asociadas a ASS se localizaron en promedio por fuera de las 60 mn de costa, destacando dos fuertes proyecciones hacia la costa, una frente a Huarney y otra entre Bujama y Bahía Independencia. Las ACF asociadas a procesos de afloramiento, se registraron dentro de las 30 mn, ampliando su distribución al sur de Pisco y al norte de Chicama, hasta 70 mn frente a Punta Falsa. Frente a Bahía Independencia una amplia franja con aguas de mezcla se proyectó hacia el noroeste, asociada a la interacción de las ASS, ACF y a Aguas Templadas de la Subantártica (ATSA), las que contribuyeron a los bajos tenores de salinidad en esta área (Figura 4).

#### Vientos

La intensidad de los vientos fluctuó entre 1,0 a 12,4 m/s, predominando vientos moderados (4 a 8 m/s) en toda el área evaluada; los vientos intensos (>8 m/s) se localizaron formando núcleos por fuera de las 20 mn entre Pimentel y Punta Infiernillos; los vientos

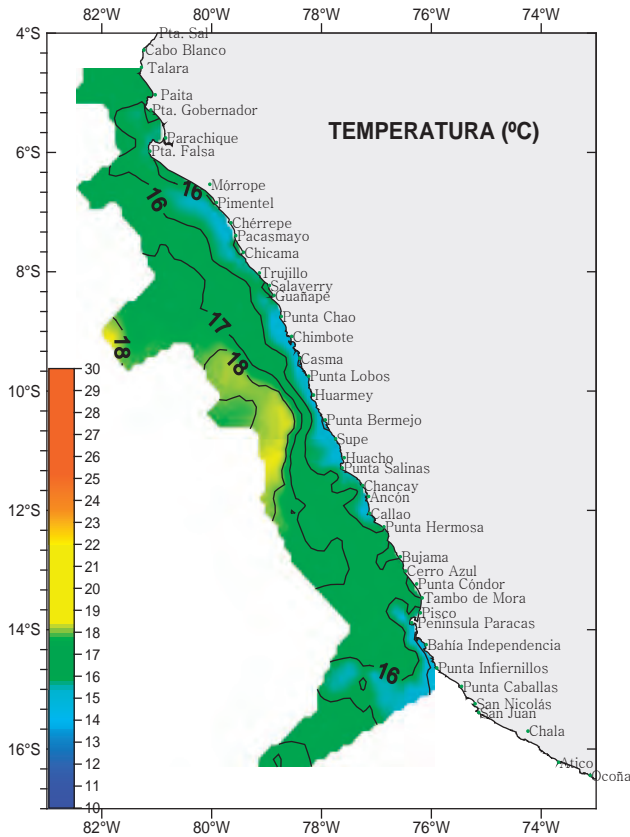


Figura 2.- Temperatura (°C). Cr. Biomasa Desovante 0508-09

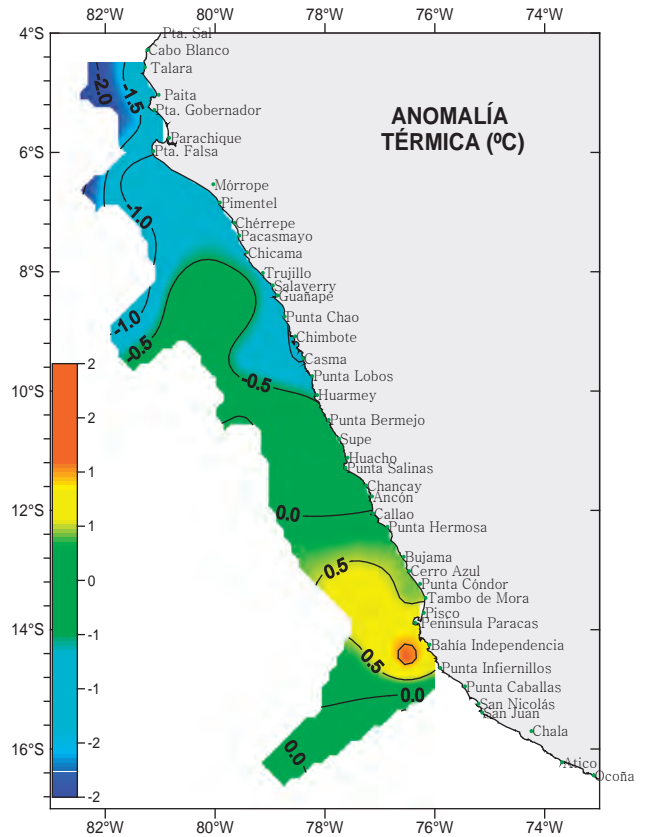


Figura 3.- Anomalías Térmicas (°C). Cr. Biomasa Desovante 0508-09

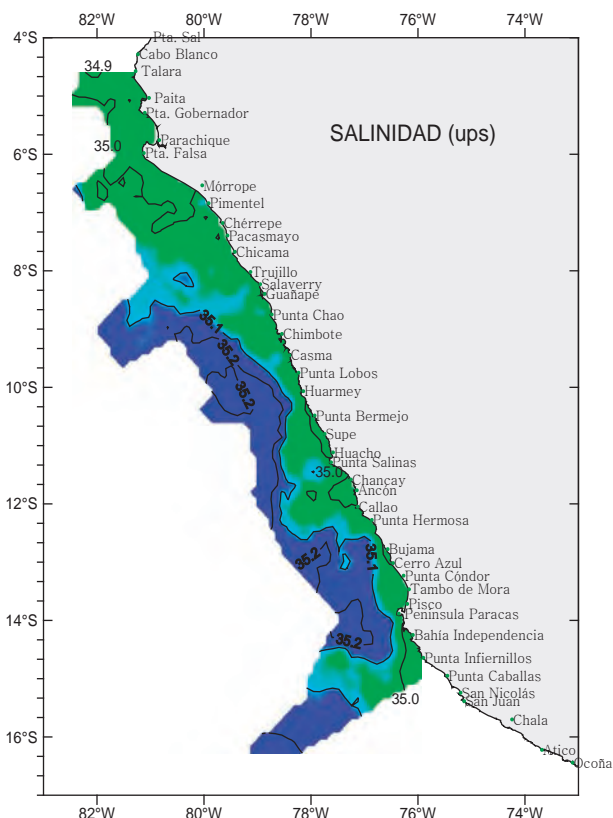


Figura 4.- Distribución de Salinidad (ups). Cr. Biomasa Desovante 0508-09

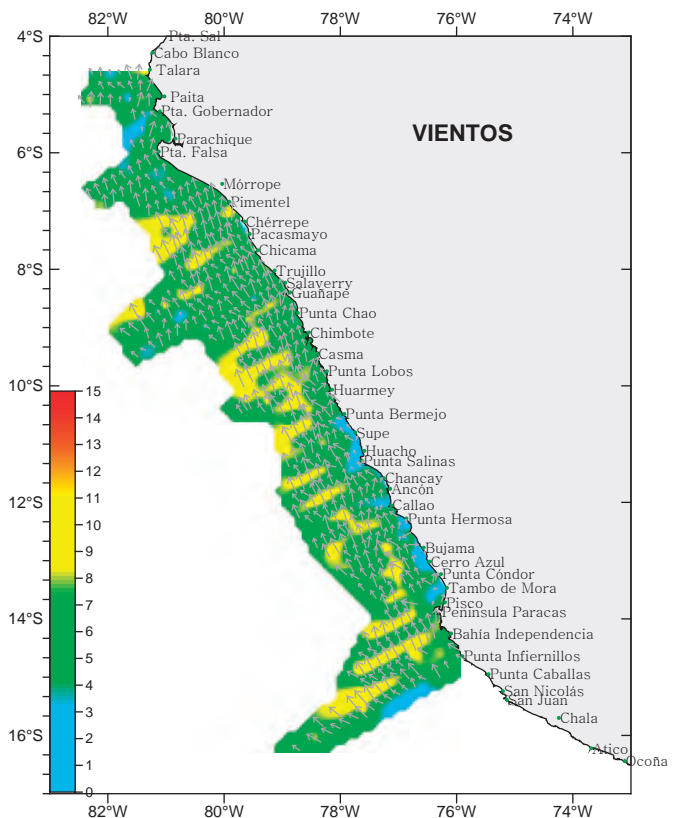


Figura 5.- Distribución del Viento (m/s). Cr. Biomasa Desovante 0508-09

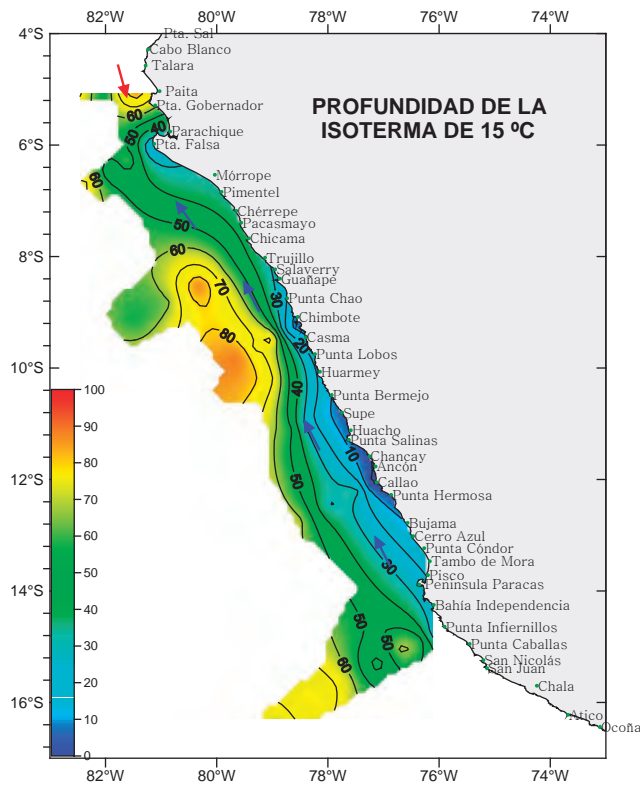


Figura 6.- Distribución de la turbulencia ( $m^3/s^3$ ). Crucero de Biomasa Desovante 0508-09

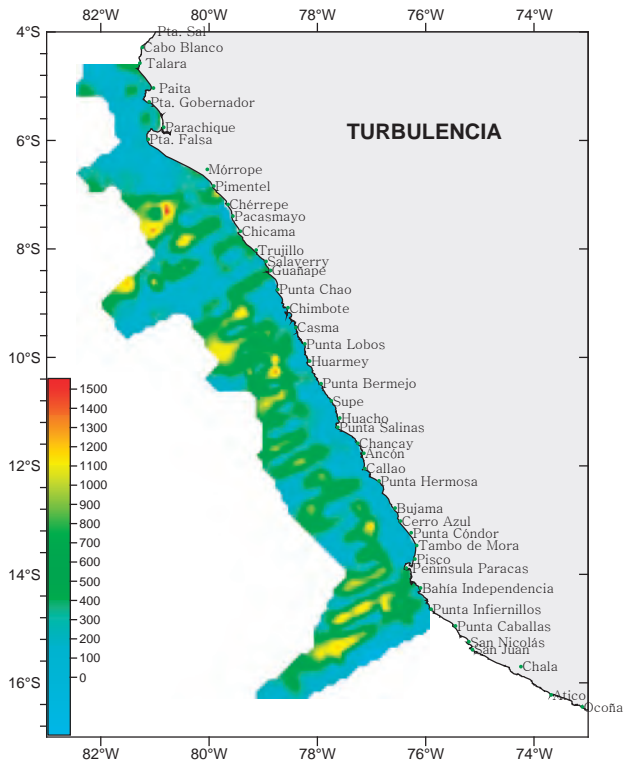


Figura 7.- Distribución de la profundidad (m) de la isoterma de 15°C. Crucero de Biomasa desovante 0508-09

débiles ( $<4 m/s$ ) se localizaron principalmente en la zona costera entre Punta Bermejo y Pisco. Con respecto a la dirección del viento se observó una predominancia de vientos del segundo y tercer cuadrante (sureste SE y suroeste SO). Normalmente al norte de Paita los vientos presentan componente norte, lo que no ocurrió en el presente crucero lo cual viene favoreciendo los procesos de surgencia en esa zona (Figura 5).

**Turbulencia**

En general los índices de turbulencia fueron bajos ( $<500 m^3/s^3$ ) al norte de Pimentel. Al sur de esta localidad predominaron índices moderados ( $500 a 1000 m^3/s^3$ ) en la zona oceánica y bajos en la zona costera. Los índices más altos se presentaron formando pequeños núcleos por fuera de las 30 mn al sur de Pimentel (Figura 6).

Profundidad de la Isoterma de 15 °C.- Varió de 0 a 89 m. Las profundidades  $>80 m$  se localizaron frente a Salaverry, Huarmey y Paita. Las  $<20 m$ , se ubicaron próximas a la costa entre Punta Chao y Pisco. La

distribución de las isóbatas indicó flujos hacia el sur hasta Punta Falsa, asociados a la ESCC; luego, desde el sur de esta localidad fueron hacia el norte; convergiendo con los antes mencionados. Por otro lado, se observó un remolino antihorario entre Salaverry y Supe (Figura 7).

**ESTRUCTURA VERTICAL**

**Paita**

La temperatura, dentro de las 80 mn tuvo distribución homogénea en toda la columna de agua, con tres isotermas (14, 15 y 16 °C) en la capa 0 - 180 m. El comportamiento de la isoterma de 15 °C indicó la presencia de un flujo al sur dentro de las 40 mn. Las ASS se localizaron sobre los 90 m de profundidad por fuera de las 70 mn. Las ACF se ubicaron dentro de las 50-40 mn. El oxígeno disuelto no presentó una oxiclina definida debido a la proyección hacia la superficie de todas las isolíneas (2, 3 y 4 mL/L), tampoco se pudo observar el tope superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 mL/L) en los primeros 100 m de profundidad (Figura 8).

**Punta Falsa**

No se presentó una termoclina, hubo distribución homogénea con solo tres isotermas (14°, 15° y 16°C) entre 0 y 160 m. La estructura halina, mostró ASS por fuera de las 60 mn, ACF en la zona costera y una gran capa con aguas de mezcla. En la distribución de oxígeno se observó una oxiclina débil por fuera de las 60 mn que desapareció conforme se acerca a la costa; la proyección a la superficie de las isoxígenas, al igual que las isotermas, indican moderados procesos de afloramiento dentro de las 50 mn (Figura 9).

**Chicama**

Presentó una termoclina débil que desapareció dentro de las 50 mn asociada a moderados procesos de afloramiento. La isoterma de 15 °C se localizó entre los 40 m (litoral) y 80 m (a 100 mn). Las concentraciones de sales indicaron ACF dentro de las 30 mn, aguas de mezcla entre las 30 y 60 mn y ASS sobre los 40 m, por fuera de las 60 mn (Figura 10).

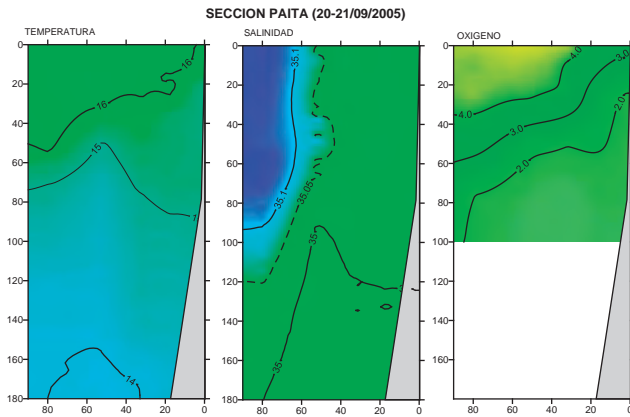


Figura 8.- Distribución Vertical de a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L), frente a Paita. Cr. Biomasa Desovante 0508-09

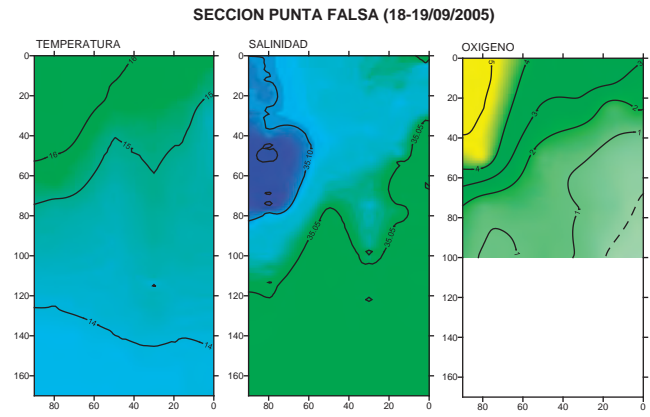


Figura 9.- Distribución Vertical de a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L), frente a Punta Falsa. Cr. Biomasa Desovante 0508-09

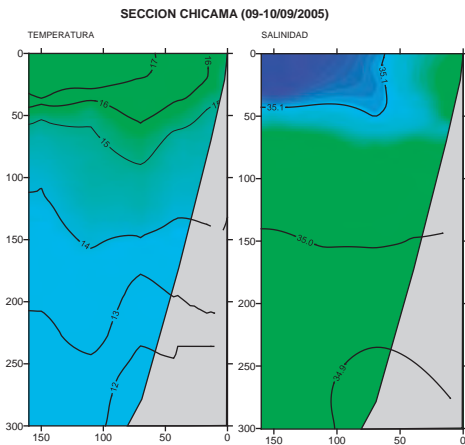


Figura 10.- Distribución Vertical de a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups), frente a Chicama. Cr. Biomasa Desovante 0508-09

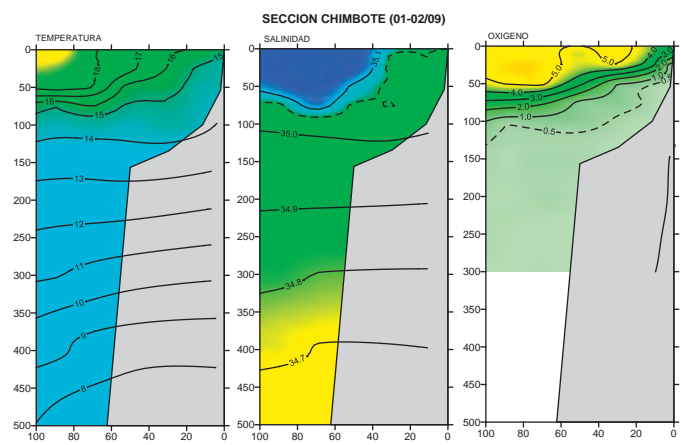


Fig. 11 Distribución Vertical de a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L), frente a Chimbote. Cr. Biomasa Desovante 0508-09

**Chimbote**

Hubo una termoclina muy débil que desapareció dentro de las 60 mn. La isoterma de 15°C se localizó entre los 90 y 5 m de profundidad. Por fuera de 50 mn, una termoclina moderada sobre 80 m de profundidad. La distribución halina indicó la presencia de ASS por fuera de las 50 mn y sobre los 70 m de profundidad, las ACF se ubicaron dentro de las 40 mn y por debajo de las masas de agua antes mencionadas. El oxígeno disuelto mostró una oxiclina sobre los 100 m de profundidad, ubicándose el tope superior de la capa mínima de oxígeno alrededor de los 125 m (Figura 11).

**Punta Bermejo**

Presentó una débil termoclina que desapareció dentro de las 40 mn. La isoterma de 15 °C se ubicó entre 60 m (85 mn) y 0 m de profundidad (5

mn). La distribución halina mostró ASS sobre los 40 m y ACF por fuera de las 40 mn. Dentro de las 30 mn hubo interacción de ambos tipos de agua (Figura 12).

**Callao**

No presentó una termoclina. La isoterma de 15 °C se localizó entre los 0 m (en la zona costera) y 60 m (a 100 mn). Las concentraciones de sales indicaron ACF dentro de las 30 mn, aguas de mezcla entre las 30 - 60 mn y las ASS por fuera de las 60 mn en una capa de 50 m de profundidad. La distribución de oxígeno disuelto presentó una oxiclina moderada que se proyectó rápidamente a la superficie dentro de las 30 mn. El tope superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 mL/L) se localizó entre 25 y 180 m de profundidad (a 100 mn) (Figura 13).

**Punta Infiernillos**

En la estructura térmica no se nota una termoclina definida, ubicándose la isoterma de 15 °C entre los 75 m (a 200 mn) y 0 m de profundidad (20 mn). La distribución halina indica la presencia de ASS sobre los 60 m y por fuera de las 95 mn, ACF dentro de las 50-60 mn, quedando un amplia franja de aguas de mezcla entre las 60 y 95 mn por interacción de las ACF, ASS y Aguas Templadas Subantárticas (ATS) cuyo núcleo principal se localizó alrededor de los 100 m de profundidad y a 120 mn. El oxígeno disuelto presentó una fuerte oxiclina entre los 50 y 100 m de profundidad, conformada por las isolíneas de 1 a 5 mL/L. El tope superior de la capa mínima de oxígeno (0,5 mL/L) se localizó entre los 100 y 150 m de profundidad (Figura 14).

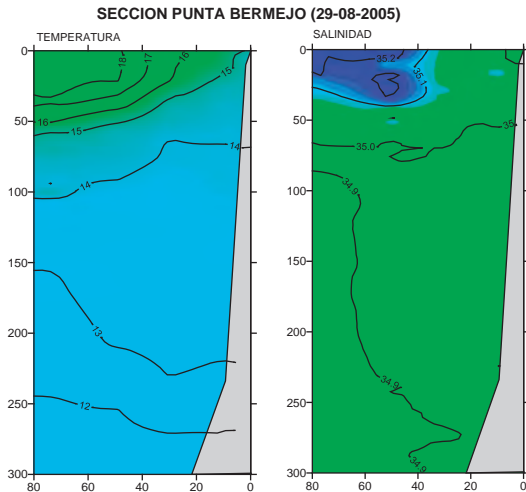


Figura 12.- Distribución Vertical de a) Temperatura (°C) y b) Salinidad (ups), frente a Punta Bermejo. Cr. Biomasa Desovante 0508-09

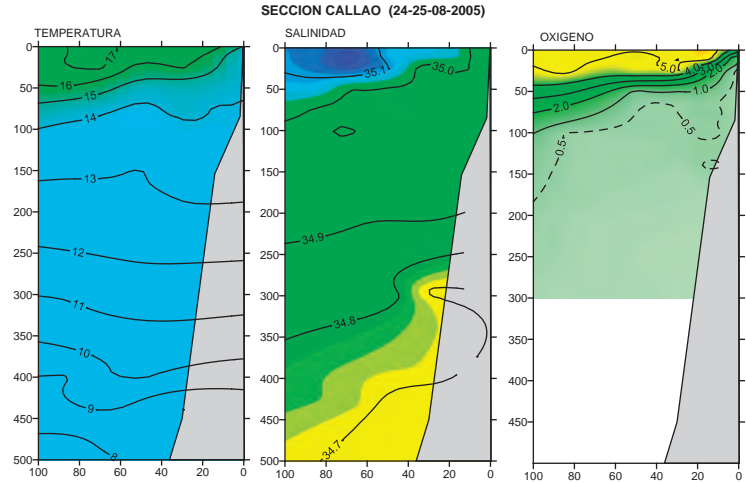


Figura 13.- Distribución Vertical de a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L), frente a Callao. Cr. Biomasa Desovante 0508-09

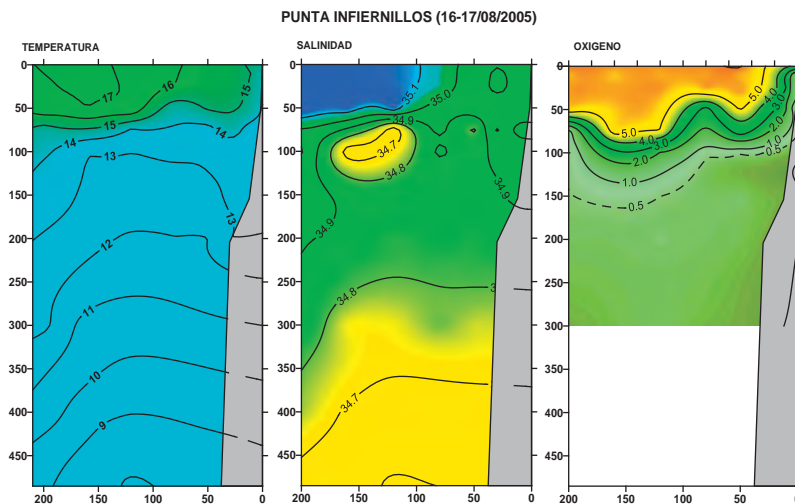


Figura 14.- Distribución Vertical de a) Temperatura (°C), b) Salinidad (ups) y c) Oxígeno (mL/L), frente a Punta Infiernillos. Cr. Biomasa Desovante 0508-09

### SECCIONES PARALELAS

La Figura 15 muestra la estructura térmica a 30 y 50 mn de la costa. Se observa que las mayores temperaturas (17 °C) se encontraron a 50 mn entre Chicama y Callao. Al norte y sur de dichas localidades la TSM tuvo distribución similar en ambas secciones. Se aprecia también que la isoterma de 15 °C mantiene un comportamiento similar al sur de Chimbote. En la zona norte (Paita y Punta Falsa) esta isoterma se profundiza más a 30 mn que a 50 mn; esto se debió a que dentro de las 40 mn predominaron flujos al sur, en cambio hacia afuera se observó frente a Paita y Punta falsa flujos al norte.

La salinidad, a 30 mn de la costa (Figura 16a), indicó distribución homogénea, predominio ACF en toda la columna de agua; una ligera influencia de ASS al norte de Chimbote y posiblemente AES frente a Paita. A 50 mn de la costa (Figura 16b), se observó mayor influencia de ASS, entre el Callao y Chicama donde llegaron a 50-60 m de profundidad. Debemos mencionar que en estas figuras no se observa la presencia de las ASS al sur de Pisco debido a que estas secciones están hechas con la información obtenida de los lanzamientos del CTD en las secciones verticales. Tampoco se observa claramente la presencia de las ATSA frente a Punta Infiernillo, debido a que el núcleo principal de

esta masa de agua se localizó a las 120 mn, y además por la dinámica de las masas de agua, procesos de afloramiento y régimen de vientos que contribuyeron a un fuerte proceso de mezcla en estas zonas.

### DISCUSIÓN

Los valores de anomalías térmicas obtenidos respecto a los promedios mensuales, dados por ZUTA y URQUIZO (1970) y REYNOLDS (1982), destacan la presencia, de valores bajos indicando anomalías negativas en la mayor parte del área de estudio, formando una franja atípica de baja temperatura que se localiza al norte de Chimbote hasta Talara. Esta lengua de bajas temperaturas, delimitada por las isotermas de 16 y 17 °C y que se extiende hacia el norte, indica un fortalecimiento de la Corriente de Humboldt, que al transportar aguas frías provoca el ascenso de las isotermas, ubicándose la isoterma de 15 °C al norte de los 9 °C (Chimbote) 20 m más arriba de su ubicación promedio (ZUTA 1988).

Por otro lado, la gran área con anomalía negativa de la temperatura, relativa baja salinidad y bajo contenido de oxígeno principalmente en la zona norte, también se debería al intenso y constante proceso de surgencia, debido a que los vientos se presentaron favorables durante el crucero en toda la franja costera del Perú, lo cual provocó que el área fría abarcara un amplio sector oceánico.

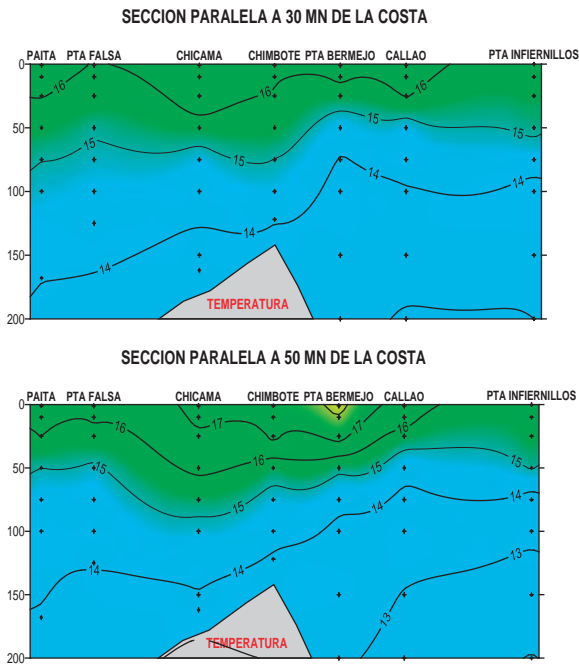


Figura 15.- Distribución Vertical de Temperatura (°C) a) Sección Paralela a 30 mn de la costa y b) Sección Paralela a 50 mn de la costa. Cr. Biomasa Desovante 0508-09

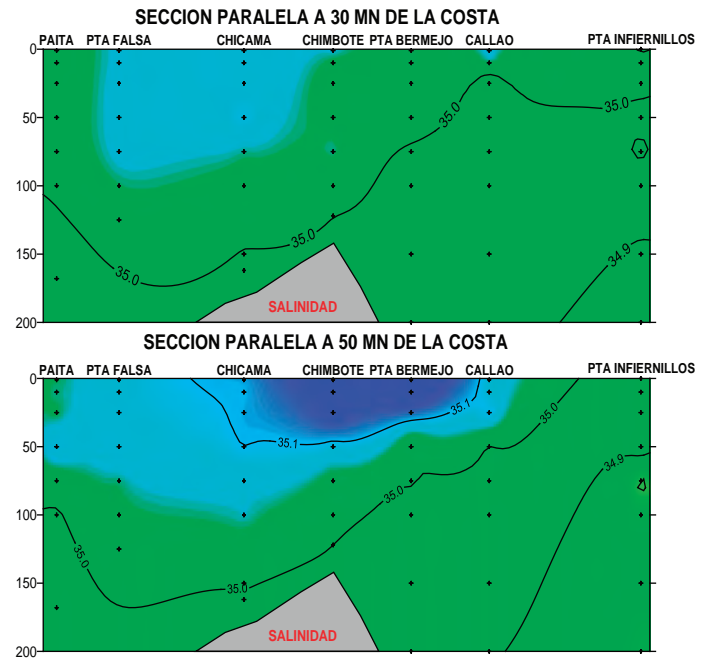


Figura 16.- Distribución Vertical de Salinidad (ups) a) Sección Paralela a 30 mn de la costa y b) Sección Paralela a 50 mn de la costa. Cr. Biomasa Desovante 0508-09

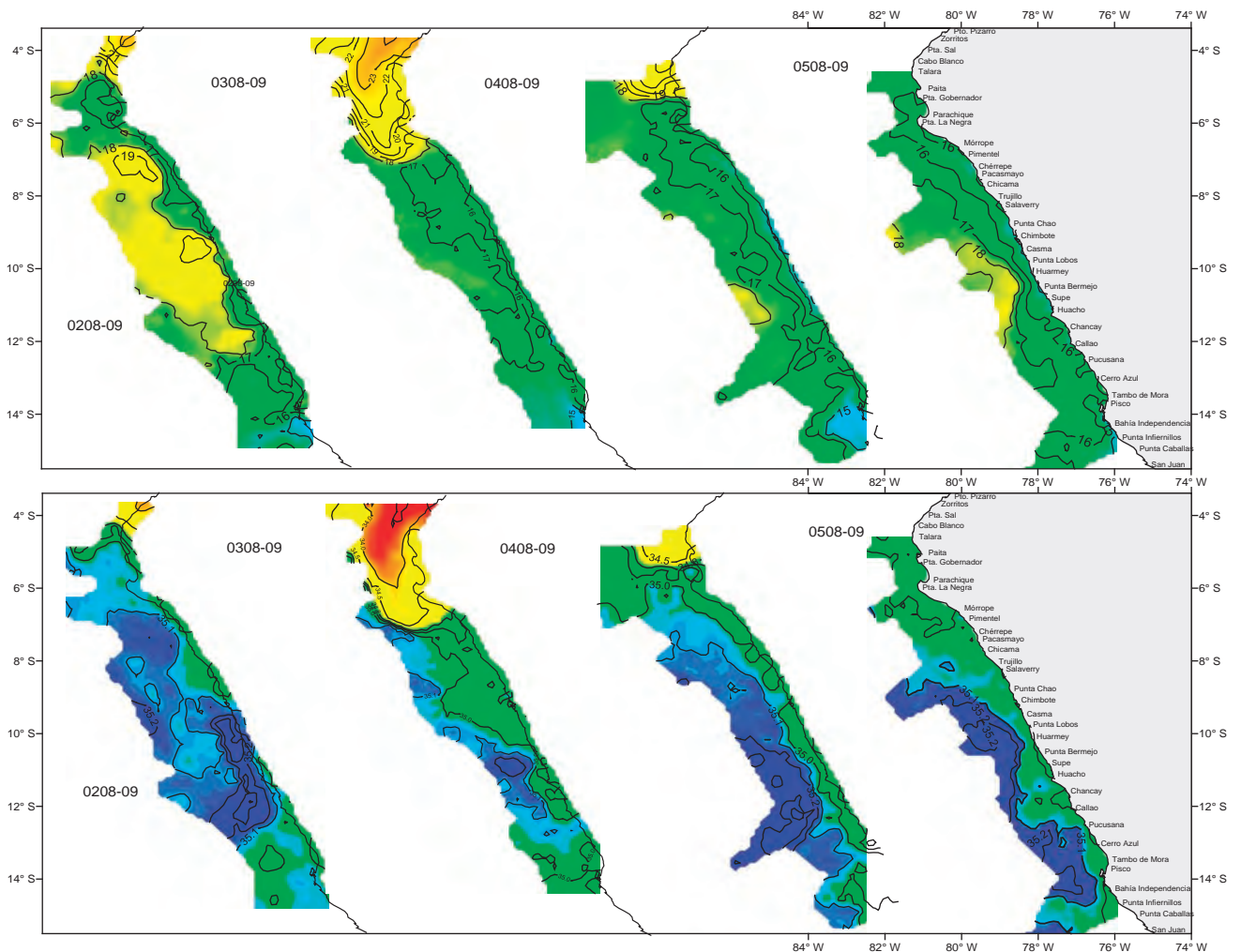


Figura 17.- Distribución de la Temperatura (°C) y Salinidad (ups) de los años 2002, 2003, 2004 y 2005 durante los cruces sobre Biomasa Desovante.



La proyección de las ATSA al interactuar con las ASS y ACF dieron lugar a la formación de una gran zona de mezcla frente a Punta Infiernillos, conservando temperaturas relativas bajas pero incrementando ligeramente sus concentraciones de sales, lo cual hace difícil medir el grado de influencia de esta masa de agua, al tener la mezcla valores similares a los de las ACF. Indirectamente se puede decir que las ATSA tuvieron una fuerte influencia a pesar de la atípica presencia de ASS en la zona sur.

En general, las condiciones ambientales obtenidas en el crucero 0508-09 fueron más frías que las registradas en los últimos tres cruces de Biomasa Desovante (02-0809, 0308-09 y 0408-09), asociadas a una menor presencia de aguas ecuatoriales en la zona norte, y aguas oceánicas en la zona norte y centro ya que en la zona sur se tuvo una fuerte presencia de ASS (Figura 17).

## CONCLUSIONES

- La distribución térmica indica condiciones casi normales al sur de Chimbote, en cambio al norte las condiciones fueron frías.
- La distribución halina indica una presencia inusual para la época de ASS frente a Huarmey y al sur de Bujama.

## REFERENCIAS

- BAKUN A. 1973. Coastal upwelling indices, west coast of North America; 1967-73. U.S. Dept. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-671.103 p.
- PIZARRO L, Tenorio J. 2005. Condiciones ambientales durante la operación MOPFEN 2005-08. Informe Interno, Instituto del Mar del Perú.
- REYNOLDS RW. 1982. A monthly average climatology of sea surface temperature. Technical Report NWS31. National Meteorological Center, NOAA, Silver Spring MD. 1-35.

- VÁSQUEZ L. 2004. Condiciones ambientales durante el Crucero de Biomasa desovante 2004-0809. Informe Interno, Instituto del Mar del Perú.
- VÁSQUEZ L. 2003. Condiciones ambientales durante el Crucero de Biomasa desovante 2003-0809. Informe Interno, Instituto del Mar del Perú.
- VÁSQUEZ L. 2002. Condiciones ambientales durante el Crucero de Biomasa desovante 2002-0809. Informe Interno, Instituto del Mar del Perú.
- ZUTA S, Urquiza W. 1970. Temperatura promedio de la superficie del mar frente a la costa peruana. Periodo 1928-1969. Bol. Inst. Mar Perú 2(8): 459-520.
- ZUTA S. 1988. Variations of the Mass field and Currents off the Peru Coast. IOC (UNESCO). Time Series of Ocean Measurements, 33. Vol. 4: 55-75.