

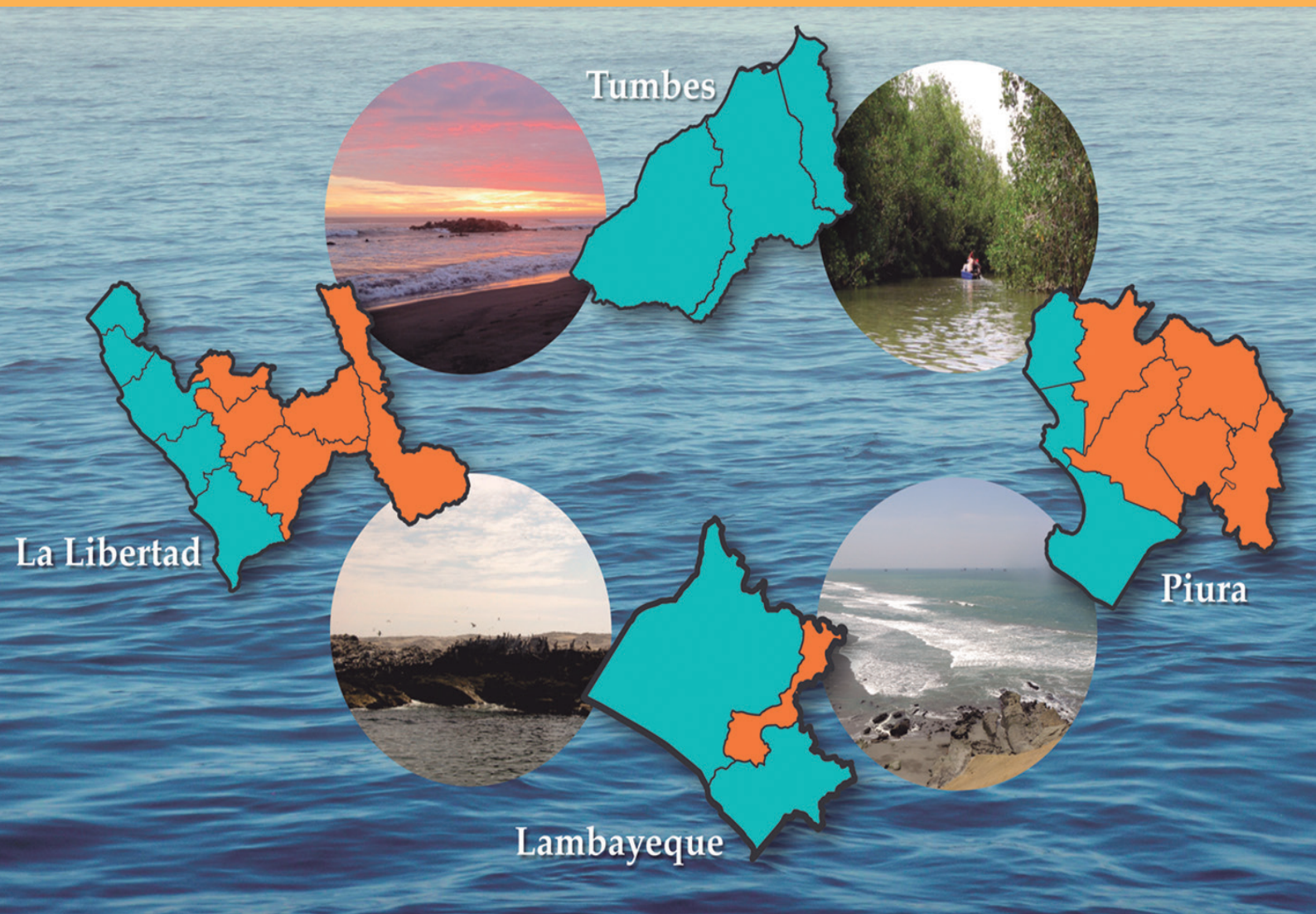


INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

# INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 44, Número 1



Enero - Marzo 2017  
Callao, Perú

# INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

## INFORME ISSN 0378-7702

Volumen 44, Número 1, Enero - Marzo 2017  
[Inf Inst Mar Perú 44(1)]

### CONTENIDO

#### I. SECCIÓN

PROGRAMA PRESUPUESTAL 068: REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR DESASTRES  
Actividad: Generación de Información y Monitoreo del Fenómeno El Niño – IMARPE

1. **Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1981 – 2010**  
*Thermohaline climatology in front of the coast of Peru. Period: 1981 - 2010*  
NOEL DOMINGUEZ, CARMEN GRADOS, LUIS VÁSQUEZ, DIMITRI GUTIÉRREZ, ALEXIS CHAIGNEAU ..... 5
2. **Variabilidad del plancton y efectos de El Niño y La Niña sobre el fitoplancton. 2013-2016**  
*Variability of plankton and the effects of El Niño and La Niña on the phytoplankton. 2013-2016*  
SONIA SÁNCHEZ, JORGE QUISPE, JOSÉ MENDOZA ..... 14
3. **Cambios del macrobentos en una estación fija frente a Chicama y su relación con la variabilidad oceanográfica**  
*Macrobenthos changes in the continental shelf off Chicama related oceanographic variability*  
LUIS QUIPUZCOA, DENNIS ROMERO, VÍCTOR ARAMAYO, ROBERT MARQUINA, DIMITRI GUTIÉRREZ..... 20
4. **Desarrollo y aplicación de índices y simulaciones para la vigilancia y el pronóstico a mediano plazo del impacto del ENOS frente a la costa peruana**  
*Development and application of indices and simulations for surveillance and medium-term forecasting of the impact of ENSO in front of the Peruvian coast*  
CARLOS QUISPE-CALLUARI, JORGE TAM, CINTHIA ARELLANO, ADOLFO CHAMORRO,  
DANTE ESPINOZA-MORRIBERÓN, CARLOS ROMERO, JORGE RAMOS ..... 28
5. **Intensificación del viento costero frente al litoral peruano durante El Niño 2015-2016**  
*Intensification of the wind off the coastal of Peru during El Niño 2015 – 2016*  
DAVID CORREA, LUIS VÁSQUEZ, DIMITRI GUTIÉRREZ ..... 35
6. **Extracto: Comunicado Oficial ENFEN N° 03-2017**..... 38
7. **El decaimiento del evento El Niño 2015-2016 frente a las costas del Perú a través de un vehículo submarino autónomo**  
FRANCOIS COLAS, DAVID CORREA, JEAN-LUC FUDA, MARTÍN CAMPOS, CÉLINE BACHELIER,  
HERVÉ DEMARCO, LUIS ESCUDERO, LUIS VÁSQUEZ, DIMITRI GUTIÉRREZ, VINCENT ECHEVIN ..... 40

# CLIMATOLOGÍA TERMOHALINA FRENTE A LAS COSTAS DEL PERÚ. PERIODO: 1981 – 2010

## THERMOHALINE CLIMATOLOGY IN FRONT OF THE COAST OF PERU. PERIOD: 1981 - 2010

Noel Dominguez<sup>1</sup>  
Dimitri Gutiérrez<sup>1</sup>

Carmen Grados<sup>1</sup>  
Alexis Chaigneau<sup>2</sup>

Luis Vásquez<sup>1</sup>

### RESUMEN

DOMINGUEZ N, GRADOS C, VÁSQUEZ L, GUTIÉRREZ D, CHAIGNEAU A. 2017. *Climatología termohalina frente a las costas del Perú. Periodo: 1981-2010. Programa Presupuestal 068: Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres. Inf Inst Mar Perú. 44(1): 5-13.* - Se presentan los resultados de la interpolación de la base de datos de perfiles de temperatura y salinidad del IMARPE con los perfiles históricos *in situ* disponibles en la Base de Datos Oceánicos Mundiales para el período 1981-2010, mediante matrices mensuales de alta resolución espacial de 0,1°×0,1° en latitud/longitud, entre la superficie y 1000 m de profundidad. Las conclusiones indican estratificación fortalecida durante el verano y estratificación disminuida en invierno, exceptuando el área al norte de 4°S que está permanentemente estratificada por la influencia de las aguas tropicales superficiales (ATS) y las aguas ecuatoriales superficiales (AES). El afloramiento costero se hace intenso en invierno y primavera al sur de 6°S y la salinidad evidencia una estructura paralela a la costa que separa el agua costera de las aguas subtropicales superficiales (ASS).

PALABRAS CLAVE: Aguas Tropicales Superficiales (ATS), Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES), Aguas Subtropicales Superficiales (ASS)

### ABSTRACT

DOMINGUEZ N, GRADOS C, VASQUEZ L, GUTIERREZ D, CHAIGNEAU A. 2017. *Thermohaline climatology in front of the coast of Peru. Period: 1981-2010. Budget Program 068: Reduction of vulnerability and disaster emergency response. Inf Inst Mar Peru. 44(1): 5-13.* - The results of the interpolation of the IMARPE temperature and salinity profile database are presented with the on-site historical profiles available in the World Ocean Data Base for the period 1981-2010, using monthly matrices of high spatial resolution of 0.1°×0.1° in latitude/longitude, between the surface and 1000 m depth. The conclusions indicate strengthened stratification during the summer and decreased stratification in winter, Except for the area north of 4°S that is permanently stratified by the influence of Tropical Surface Water (TSW) and Equatorial Surface Waters (ESW). The coastal upwelling becomes intense in winter and spring south of 6°S and the salinity shows a structure parallel to the coast that separates coastal water from the Subtropical Surface Waters (SSW).

KEYWORDS: Tropical Surface Waters (TSW), Equatorial Surface Waters (ESW), Subtropical Surface Waters (STSW)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las características termohalinas frente a la costa peruana, varían espacial y temporalmente. En condiciones normales, se presentan superficialmente, al norte de 6°S, las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y las Aguas Tropicales Superficiales (ATS), ambas de baja salinidad y, en la zona costera se presentan las aguas del afloramiento costero, también denominadas Aguas Costeras Frías (ACF) (ZUTA y GUILLÉN 1970). Al sur de 6°S, se encuentran las ACF y por fuera de la costa las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) de alta salinidad. En niveles intermedios se presentan Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS) también nombradas Aguas Centrales del Pacífico, así como las Aguas Intermedias del Pacífico Sureste (AIPSE) (SCHNEIDER 2003) o Aguas

Templadas de la Subantártica (ATSA). A mayores profundidades se encuentran las Aguas Intermedias Antárticas (AIA) (ZUTA y GUILLÉN 1970).

El ciclo El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) influye en la distribución termohalina, ocasionando la proyección de las AES y ATS hacia el sur (9°-10°S) y que las ASS se aproximen hacia la costa central-sur. En periodos La Niña, las ACF ocupan amplias áreas costeras extendiéndose hasta 80 mn con límite en 5°S. Hacia el norte de esta latitud, prevalecen las aguas cálidas y de relativa menor salinidad.

Con el fin de caracterizar la dinámica termohalina y sus anomalías, se presenta la climatología de la temperatura y salinidad del mar peruano para el periodo 1981 al 2010, desarrollado utilizando la base

1 Dirección General de Investigaciones en Oceanografía y Cambio Climático (DGIOCC), Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú.  
ndominguez@imarpe.gob.pe

2 Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiale (LEGOS), Université de Toulouse, CNES, CNRS, IRD, UPS, Toulouse, France.

de datos y la metodología descrita por Grados et al. (com. pers.), que analiza cambios climatológicos para el periodo 1960 al 2015. La climatología que se presenta brinda condiciones de referencia de alta resolución sobre la línea de base más utilizada por agencias internacionales, con el fin de estimar los efectos de la variabilidad climática en el mar peruano.

**2. MATERIAL Y MÉTODOS**

**Área de estudio y datos empleados.-** El área de la climatología está ubicada entre 70° y 90°W y entre 0° y 20°S (Fig. 1). Los datos utilizados fueron del periodo 1981 al 2010. Se consideró la información del IMARPE sobre

Conductividad-Temperatura-Presión (CTD) y de botellas Niskin, e información de batitermógrafos (MBT y XBT), anclajes TAO ubicados en el extremo oriental del Pacífico, CTD y perfiladores ARGO del Centro Mundial de Datos Oceánicos (WOD, en inglés) (Tablas 1, 2).

**Procesamiento y análisis de datos.-** Para el procesamiento y análisis de datos se empleó la base de datos y metodología usado por Grados et al. (com. pers.). Así, se colectaron 111.284 y 72.498 perfiles de temperatura y salinidad, respectivamente, siendo 73,1% de los perfiles de la base de IMARPE y 26,9% del WOD (Tabla 1) que después del control de calidad se redujeron a 88.542 y 56.772, respectivamente. Se descartaron entre 6 y 7% de perfiles por encontrarse ubicados en el continente, islas y por sobrepasar el límite de la batimetría de referencia ETOPO01 1 (AMANTE y EAKINS 2009). También se eliminó entre 14 y 15% de perfiles duplicados, por encontrarse registrados en ambas bases de datos (IMARPE y WOD) o por provenir de diferentes equipos (CTD, botellas Niskin, XBT, etc.) en esos casos, se dejó el perfil que contenía la mayor cantidad de datos. También se retiraron las inversiones de la profundidad y cuando se produjeron duplicaciones de profundidad se retuvo el primer valor. Asimismo, se adoptaron los rangos de temperatura y salinidad del Pacífico Ecuatorial Oriental (JOHNSON et al. 2006) para el control de calidad de los datos.

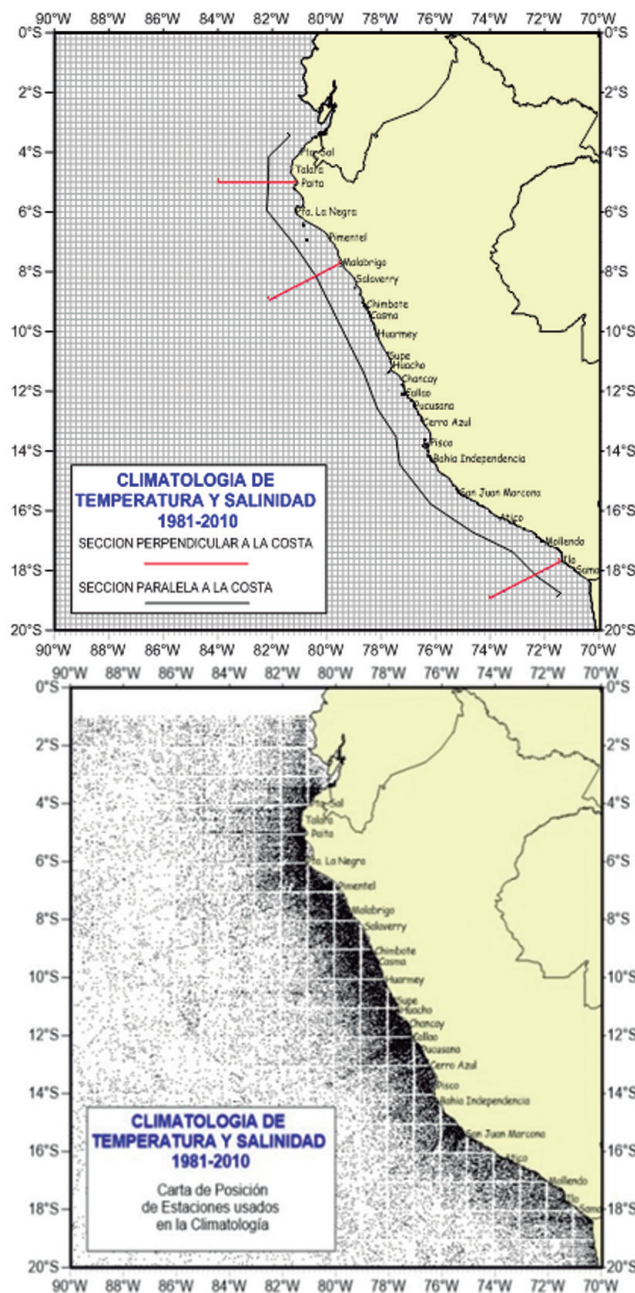


Figura 1.- Área de estudio y campo de grilla

Tabla 1.- Perfiles de temperatura y salinidad utilizados en la climatología

Fuentes	Nº de perfiles de temperatura	Nº de perfiles de salinidad	%	Fecha
CTD-IMARPE	5131	3995	5,58	1994-2010
OSD- IMARPE	75029	49005	67,57	1981-2008
CTD-WOD	1874	1947	2,08	1981-2009
MBT-WOD	878		0,48	1982-1997
OSD-WOD	18386	11118	16,07	1981-2005
PFL-WOD	5707	5292	5,99	1999-2010
XBT-WOD	4077		2,22	1981-2010
TOTAL	111082	72479	100	1981-2010

Tabla 2.- Tipos de instrumentos en el WOD13

Dataset	Fuente
OSD	Datos de la Estación Oceánica (Botella, Conductividad-Temperatura-Profundidad (CTD) de baja resolución, datos de XCTD de baja resolución y datos de plancton)
CTD	Datos de Conductividad-Temperatura-Profundidad (CTD) de alta resolución y datos XCTD de alta resolución
MBT	Datos de Batitermógrafo mecánico (MBT), Batitermógrafo digital (DBT), micro-BT
XBT	Datos Batitermógrafo reemplazable (XBT)
PFL	Datos flotadores

La información de temperatura y salinidad se interpoló usando el algoritmo de interpolación de cuatro dimensiones desarrollado por RIDGWAY et al. (2002). Estas funciones espacio-temporales, ajustan los datos utilizando mínimos cuadrados ponderados, dando más peso a las observaciones cercanas al punto considerado dentro de la cuadrícula. La ponderación de los datos también permite considerar la influencia de la batimetría y la línea de costa (RIDGWAY et al. 2002 y DUNN y RIDGWAY 2002).

En cada punto de la cuadrícula, se seleccionaron todas las observaciones dentro de los 200 km (radio mínimo) y si el número de observaciones fue menor a 400, el radio de búsqueda se amplió hasta completar las 400 observaciones. Finalmente, se obtuvo una malla uniforme con una resolución espacial de  $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$  en latitud/longitud y 55 niveles estándar en la vertical, que fue usada para mapear los campos climatológicos de T y S con resolución mensual.

La interpolación vertical se realizó usando el método descrito por BOYER et al. (2002), basado en un algoritmo parabólico ponderado desarrollado por REINIGER y ROSS (1968). Los perfiles se interpolaron en 55 niveles de profundidad estándar entre la superficie y 1000 m de profundidad, con mayor resolución en la capa de mezcla y termoclina estacional, eliminándose los perfiles pobres en datos que no se podían interpolar verticalmente en los niveles estándar. En general, los datos atípicos (que sobrepasaron  $\pm 3$  desviaciones estándar) fueron eliminados.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Condiciones superficiales.**- Las figuras 2 y 3 muestran mapas climatológicos mensuales seleccionados de temperatura y salinidad superficial para cada estación del año (febrero/verano, mayo/otoño, agosto/invierno, y noviembre/primavera) durante el periodo estudiado.

#### TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (Fig. 2)

En febrero predominaron aguas con valores  $>19^{\circ}\text{C}$ , exceptuando el espacio entre el margen costero y 10 mn entre Pisco y San Juan, conocido como zona de intenso afloramiento debido a los vientos marinos que se fortalecen en esta región (BAKUN y MENDELSSOHN 1989). Las temperaturas  $>25^{\circ}\text{C}$  se proyectaron desde el sector costero (10-20 mn) del Ecuador hasta  $4^{\circ}\text{S}$ , en tanto que, las temperaturas de  $23$  a  $25^{\circ}\text{C}$ , asociadas a aguas cálidas del oeste y a un menor flujo de calor latente en la zona costera para el verano (TAKAHASHI 2005) se localizaron al sur de  $5^{\circ}\text{S}$  por fuera de 60-70 mn, aproximándose hasta 30-40 mn al sur de  $6-7^{\circ}\text{S}$  y hasta 5-10 mn al sur de  $16^{\circ}\text{S}$ . Temperaturas de  $18$  y

$20^{\circ}\text{C}$  se hallaron cercanas a la costa hasta 20-30 mn entre  $6$  y  $18^{\circ}\text{S}$ .

En mayo, la distribución de las isotermas menores de  $23^{\circ}\text{C}$  se amplió hasta 180 mn ( $\sim 83^{\circ}\text{W}$ ) entre  $4$  y  $14^{\circ}\text{S}$  notándose que las de  $20$  y  $21^{\circ}\text{C}$  ampliaron aún más su distribución al sur de  $17^{\circ}\text{S}$ . Temperaturas menores de  $18^{\circ}\text{C}$  se ubicaron en el sector costero entre Pisco y Atico hasta 50-60 mn. Las mayores de  $25^{\circ}\text{C}$  se hallaron por fuera de las 300 mn entre Callao y Punta Sal.

Durante agosto predominaron temperaturas  $<20^{\circ}\text{C}$  al sur de  $4-5^{\circ}\text{S}$  entre la línea de costa ( $\sim 81^{\circ}\text{W}$ ) y  $84^{\circ}\text{W}$ , en tanto que, valores superiores a  $20^{\circ}\text{C}$  se hallaron al norte de  $4,5^{\circ}\text{S}$  vinculados principalmente a aguas cálidas ecuatoriales. Las zonas de afloramiento se incrementaron mostrando valores entre  $15-16^{\circ}\text{C}$ , principalmente frente a Punta La Negra ( $6^{\circ}\text{S}$ ), Chicama ( $7^{\circ}40'\text{S}$ ), Chimbote ( $9^{\circ}05'\text{S}$ ) y San Juan ( $15^{\circ}25'\text{S}$ ) extendiéndose hasta 20-30 mn de la costa entre  $13$  y  $16^{\circ}\text{S}$ .

En noviembre, el área costera entre  $6$  y  $14^{\circ}\text{S}$  registró valores  $<18^{\circ}\text{C}$  dentro de 20-30 mn. El área dentro de 40-50 mn, al sur de  $17^{\circ}\text{S}$ , presentó valores sobre  $17-18^{\circ}\text{C}$  debido a la frecuente proyección de las aguas cálidas del oeste.

#### SALINIDAD (Fig. 3)

La salinidad define áreas marcadas y evidencia, en el norte del Perú, la presencia del Frente Ecuatorial, asociado a un gradiente entre  $34,4$  y  $34,7$  ups, que corresponde a los límites superior e inferior que definen a las ATS y a las AES, respectivamente (Grados et al., com. pers.).

En febrero, el Frente Ecuatorial se localizó cerca de  $4^{\circ}30'\text{S}$ . Las aguas con salinidad  $>35,1$  ups, asociadas a la influencia de las ASS, se aproximaron hacia la costa, alcanzando 15-20 mn de distancia al sur de  $6^{\circ}\text{S}$ ; 5-10 mn frente a  $10^{\circ}\text{S}$  y entre  $17$  y  $18^{\circ}\text{S}$ . Las aguas de afloramiento con salinidades de  $34,8$  a  $35,0$  ups se presentaron con mayor amplitud (40-50 mn de la costa) entre  $14$  y  $17^{\circ}\text{S}$ , mientras que, entre  $6$  y  $13^{\circ}\text{S}$  se hallaron dentro de 15 y 30 mn. En mayo, el fortalecimiento del afloramiento costero se reflejó en la expansión de las aguas costeras de salinidad intermedia hasta 40 – 50 mn de distancia de la costa al norte de  $9^{\circ}\text{S}$ , desplazando el frente ecuatorial más al norte. En agosto, se apreció aproximación significativa a la costa de las aguas con salinidad  $>35,1$  entre  $7$  y  $13^{\circ}\text{S}$ , así como en el límite peruano-chileno. Sin embargo, la región más salina ( $>35,4$ ) se replegó al oeste de  $85^{\circ}\text{W}$ , a más de 500 mn al oeste de la costa central y sur. En noviembre se observó el avance del Frente Ecuatorial hasta  $4^{\circ}\text{S}$ , al tiempo de un debilitamiento de las aguas de mayor salinidad en el codo peruano-chileno.

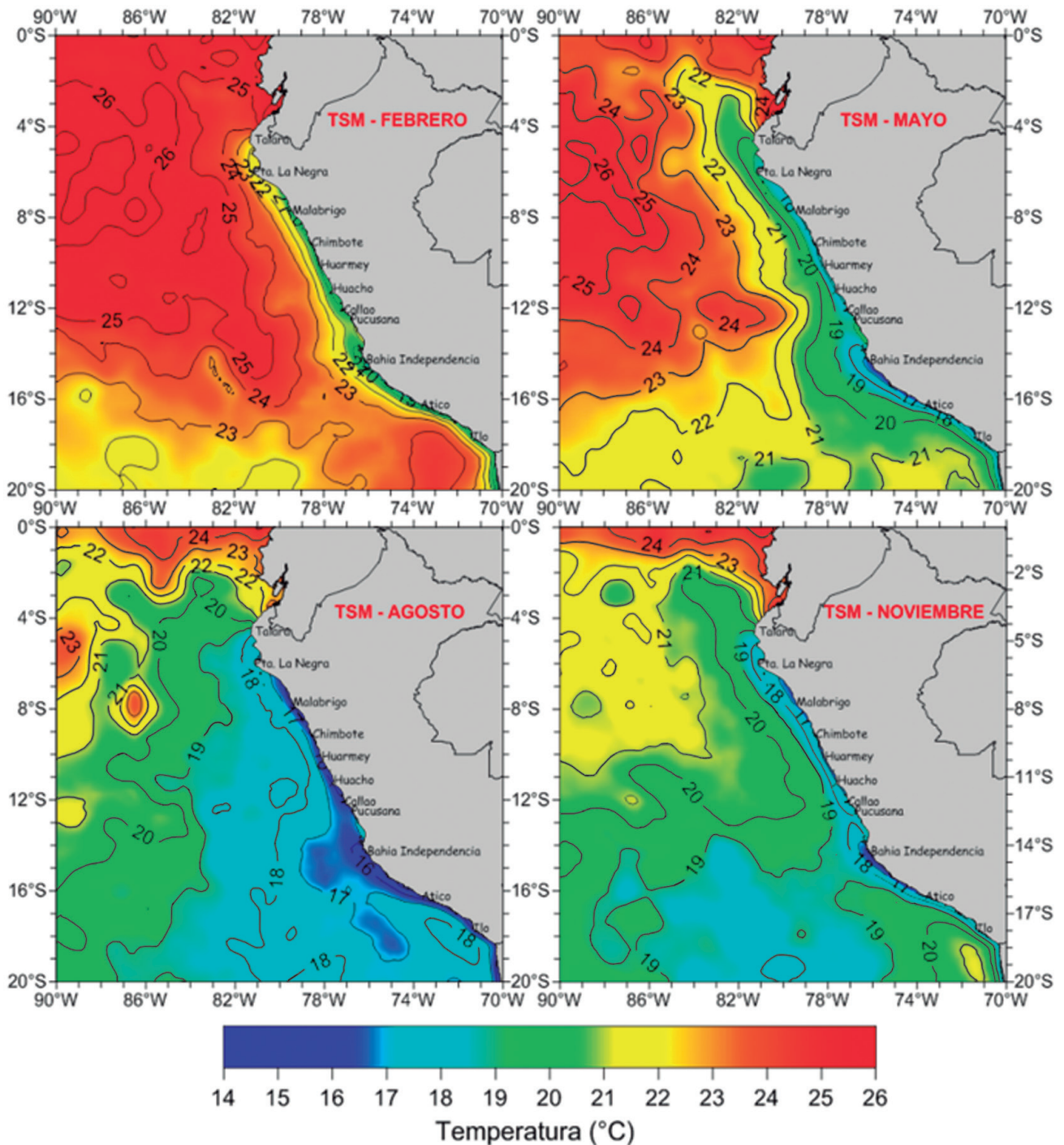


Figura 2.- Mapas climatológicos de temperatura (°C) en superficie: febrero, mayo, agosto y noviembre. 1981-2010

**Estructura térmica y halina (Fig. 4)**

Se analizan dos meses (febrero y agosto) y se presentan cortes verticales perpendiculares a la costa para las secciones Paita, Chicama e Ilo hasta 200 mn.

En **Paita** la temperatura mostró grandes cambios sobre los 100 m entre febrero y agosto, especialmente donde se encontró la termoclina (sobre 70-80 m). Esta se intensificó en febrero, mostrando isotermas entre 15 y 24 °C desde la superficie hasta los 75 m, y

se debilitó en agosto con isotermas de 16 a 19 °C en la misma capa. Cerca de la costa, los cambios térmicos se hicieron más evidentes, aflorando agua fría en agosto con isotermas de 14 a 16 °C dentro de las 20 mn; en el verano las temperaturas se mostraron superiores a 22 °C. Por debajo de la termoclina, entre 70-80 y 200 m, se encontraron de manera uniforme las isotermas de 14 a 16 °C en febrero y de 14 a 15 °C en agosto. Por debajo de los 200 m, los valores térmicos menores de 14 °C no evidenciaron variaciones notorias.

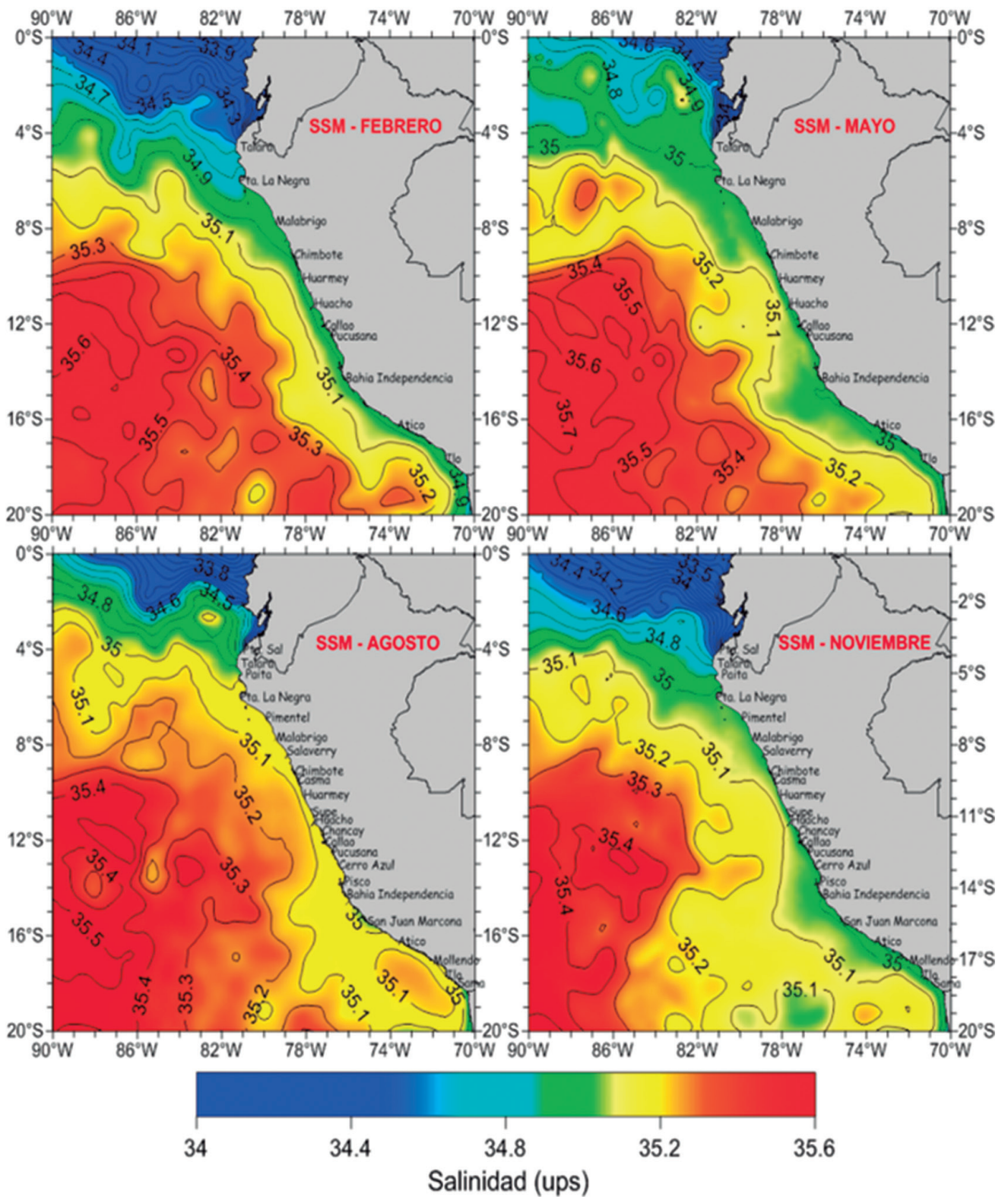


Figura 3.- Mapas climatológicos de la salinidad (ups) en superficie en febrero, mayo, agosto y noviembre. 1981-2010

## FEBRERO

## AGOSTO

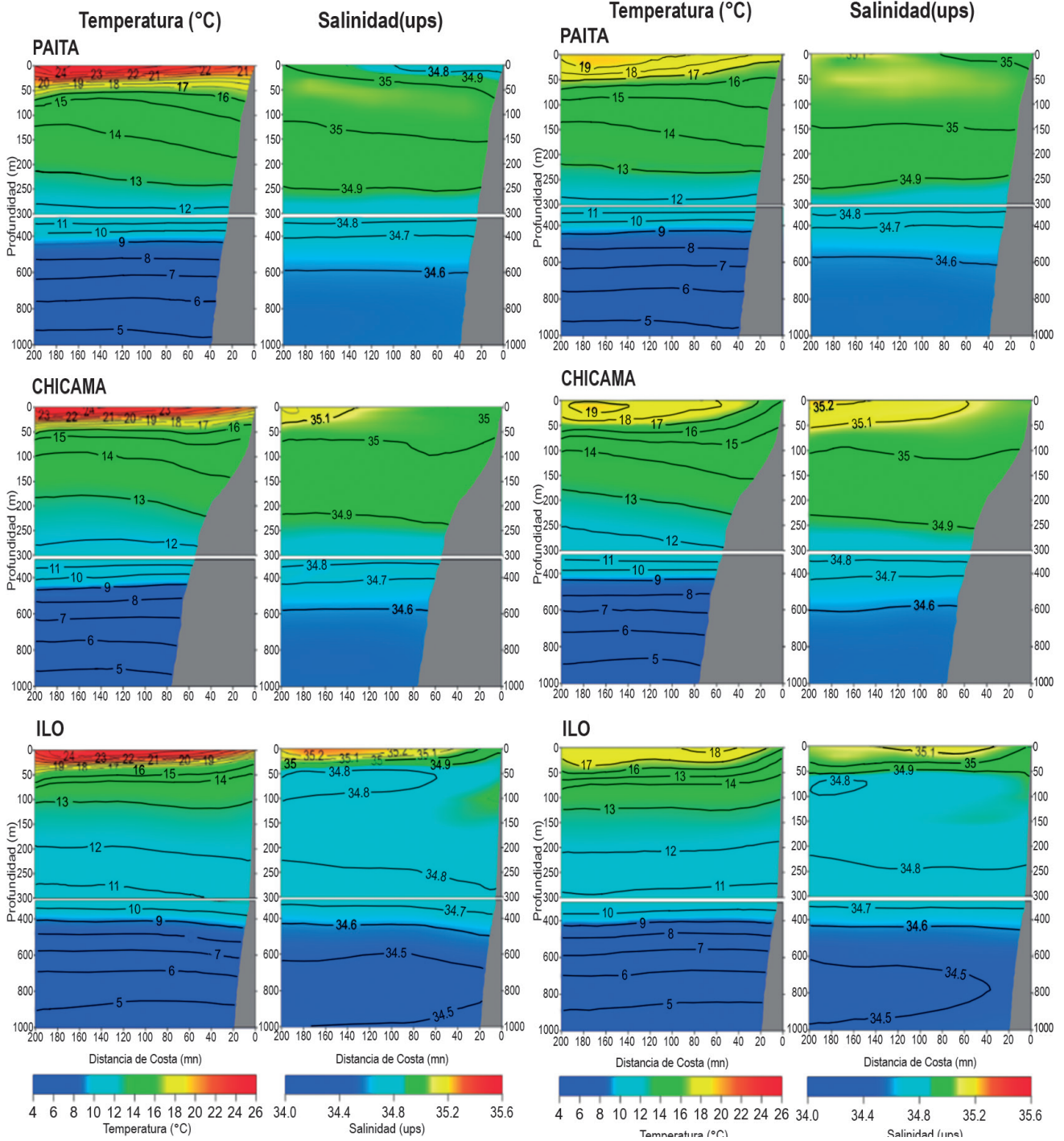


Figura 4.- Climatología mensual de la temperatura (°C) y salinidad (ups). Sección vertical de Paita, Chicama, Ilo



Al igual que la temperatura, la salinidad mostró cambios en los primeros 100 m evidenciando una fuerte haloclina en febrero, consecuencia del ingreso de aguas del norte que son menos salinas (<34,8) de origen tropical y ecuatorial, en tanto que en agosto se hizo más evidente el ingreso de ASS por fuera de las 50 mn. En febrero, el agua de baja salinidad se ubicó sobre los primeros 25-30 m entre la costa y 140 mn, mostrando una mezcla continua entre las AES, ATS y ACF. En cambio, los valores de salinidad aumentaron en agosto, cuando el ingreso de aguas menos salinas ya no fue tan evidente en la capa superficial (34,9 - 35 ups). Por debajo de 150 m, la estructura vertical de la salinidad fue muy similar para febrero y agosto.

Frente a **Chicama** también se evidenciaron grandes cambios en la temperatura entre 75 y 100 m de profundidad, las que variaron de 16 a 22 °C en febrero y de 16 a 19 °C en agosto, en ambos casos por fuera de 40-50 mn. Cerca de la costa, la influencia del afloramiento costero, durante agosto, indicó un área muy homogénea con valores que oscilaron entre 14 y 16 °C, diferente a lo presentado en febrero cuando la temperatura osciló de 15 a 20 °C. Por debajo de 150 m y por fuera de 50-60 mn, las isothermas menores de 14 °C tienden a profundizarse cerca del talud hasta 300-400 m (lo mismo ocurre con la salinidad), debido principalmente a la influencia de la Corriente Sub-Superficial Peruano Chilena (CSSPCh), la que se ubica, de acuerdo a CHAIGNEAU et al. (2013), alrededor de las 80 mn de la costa con una intensidad máxima aproximada a 10 cm. s<sup>-1</sup> sobre la plataforma.

La salinidad mostró valores relativamente altos (>35,1-35,2 ups) sobre 60-75 m por fuera de las 100 mn en febrero y por fuera de las 25 mn en agosto; en ambos casos estos valores señalaron presencia de ASS, con cambios débiles por fuera de las 120 mn. Cerca de la costa, la salinidad se presentó con valores menores de 35,0 ups. Debajo de 150 m, la estructura halina evidenció influencia de la CSSPCh con poca variabilidad estacional (de 34,6 a 34,9 ups) muy similares en su ubicación.

En **Ilo**, la sección vertical mostró cambios marcados comparados con Paita y Chicama por su ubicación y, cambios en cuanto a la variación estacional. La zona costera dentro de las 30 mn, evidenció una zona menos cálida en comparación con Paita y Chicama, con valores que no superaron los 21 °C en verano y menores de 16 °C en invierno, incluyendo el afloramiento de la isoterma de 15 °C. La zona oceánica por fuera de las 40-50 mn presentó un comportamiento más concordante con la variabilidad estacional, mostrando valores entre 18

y 24-25 °C sobre los 50 y 70 m en febrero (termoclina intensa) y valores menores de 16-18 °C en agosto.

La inclinación ascendente de las isothermas sobre los 200 m en la costa, sugiere que la surgencia de las aguas es mucho más profunda que en la región del norte. La estratificación vertical de las aguas superficiales es mucho más fuerte en verano que en invierno y los cambios se producen sobre todo en los primeros 50 m.

La salinidad en la capa superficial mostró variaciones espaciales y temporales con un rango aproximado de 0,1 ups sobre los 50 m, directamente relacionadas con la presencia de las ASS. Por debajo de 100 m y hasta los 200 m, la estructura de la salinidad mostró valores entre 34,8 y 34,9 ups, asociada con las AESS transportadas por la CSSPCh. Verticalmente, no se logró evidenciar influencia de las AIPSE en esos dos meses.

### Sección paralela a la costa (Fig. 5)

La sección paralela a 60 mn (~110 km) a lo largo del litoral peruano, presentó cambios muy notorios a nivel superficial, principalmente sobre 50 m, hallándose una termoclina muy pronunciada en febrero al norte de 10°S y al sur de 17°S, con isothermas entre 18 y 21 °C; en agosto se presentó una termoclina debilitada con rango de oscilación entre 17 y 19 °C. Durante febrero, se presentó profundización de la isoterma de 15 °C en el norte debido a la proyección de las AES y ATS. En general, la isoterma de 15 °C se ubicó alrededor de 100 m al norte de 4°S y se elevó hasta 60-70 m al sur de 14°S, siendo más intenso su ascenso en agosto. Por debajo de 150 m las condiciones térmicas mantuvieron estructura uniforme en los dos períodos evaluados.

La estructura halina en la capa superficial presentó algunos cambios en febrero y agosto dependiendo de la ubicación. En los primeros 50 m, al norte de 5°S se evidenciaron valores <34,4 vinculados con ATS y <34,8 vinculados con AES con mucha mayor cobertura (7°-8°S) en febrero, debido, posiblemente, a la advección de aguas del Golfo de Guayaquil y al debilitamiento del Anticiclón del Pacífico Sur. La zona central presentó valores superiores a 35,0 ups entre 8 y 14°S, reflejando la influencia de las ASS. Por debajo de 150 m de profundidad los valores <35 ups distinguen cambios pronunciados al norte de 8°S y al sur de 14°S. Se advierte una elevación de la isohalina de 35 ups de norte a sur, asociada al avance de las AESS y su mezcla con las AIPSE y las AIA (SCHNEIDER et al. 2003). Entre 500 m y 1000 m de profundidad se encontraron valores de 34,5 a 34,6 ups vinculados a las AIA (caracterizadas además por temperaturas de 5 a 8 °C).

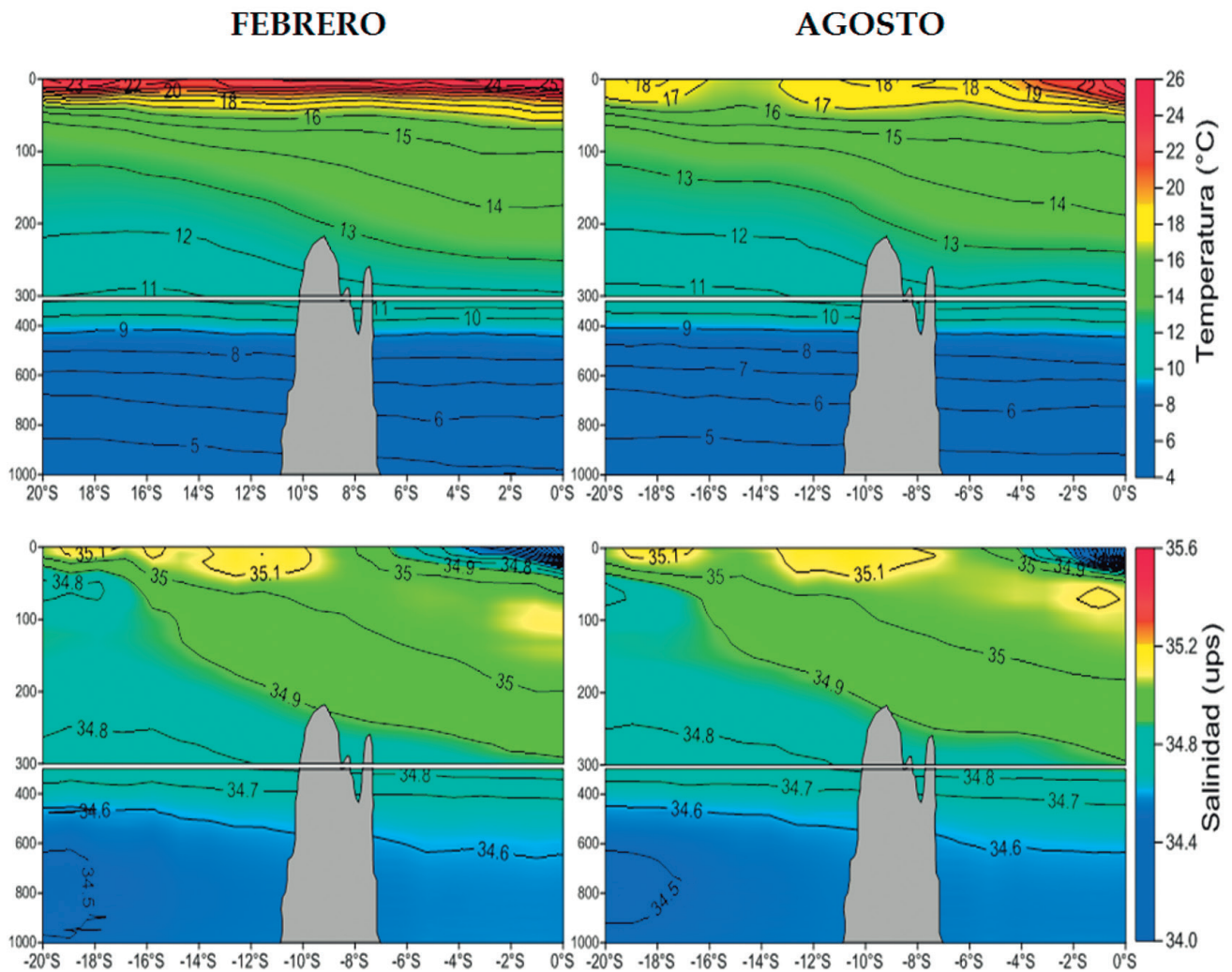


Figura 5.- Climatología mensual de la temperatura (°C) y salinidad (ups). Sección Paralela a la costa (110 km de costa)

#### 4. CONCLUSIONES

La temperatura evidenció la variabilidad estacional mostrando estratificación fortalecida durante el verano y estratificación disminuida en invierno. Sin embargo, al norte de  $\sim 4^{\circ}\text{S}$ , la capa superficial se encontró estratificada permanentemente debido a la influencia de las Aguas Tropicales Superficiales y de las Aguas Ecuatoriales Superficiales.

El Frente Ecuatorial fue más definido entre otoño y primavera con fuertes gradientes horizontales extendidos entre el norte del Perú y las islas Galápagos; en el verano el Frente se desplazó hacia el sur hasta  $4^{\circ}30'\text{S}$ , en promedio. El afloramiento costero se hizo intenso principalmente en invierno y primavera al sur de  $6^{\circ}\text{S}$  y la salinidad evidenció una estructura paralela a la costa que separó el agua costera de las Aguas Subtropicales Superficiales.

Las secciones perpendiculares a la costa de Paita ( $\sim 5^{\circ}\text{S}$ ), Chicama ( $\sim 8^{\circ}\text{S}$ ) y San Juan ( $16,5^{\circ}\text{S}$ ) expresaron evidentes cambios latitudinales. Las isotermas dentro del rango de profundidad de 0-100 m en Chicama y San Juan presentaron elevación hacia la costa, asociada al afloramiento costero y flujos hacia el norte, vinculados con la CCP. Frente a Paita las isotermas cerca de la costa se profundizaron, asociadas al flujo hacia el sur de la Corriente Subsuperficial Peruano Chilena.

#### 5. REFERENCIAS

- AMANTE C, EAKINS B W. 2009. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS, NGDC-24, 19 pp.
- BAKUN A, MENDELSSOHN R. 1989. Alongshore wind stress, 1953-1984: Correction, reconciliation and update

- through 1986. In: *The Peruvian Upwelling Ecosystem: Dynamics and Interactions*, edited by D. Pauly, P. Muck, J. Mendo, and I. Tsukayama, pp. 77-81.
- BOYER T P, STEPHENS C, ANTONOV J I, CONKRIGHT M E, LOCARNINI R A, O'BRIEN T D, GARCIA H E. 2002. *World Ocean Atlas 2001. Vol. 2: Salinity*, NOAA Atlas NESDIS 50. Edited by S. Levitus, U.S. Govt. Print. Off., Washington, D.C. 176 pp.
- CHAIGNEAU A, DOMINGUEZ N, ELGIN G, VASQUEZ L, FLORES R, GRADOS C, ECHEVIN V. 2013. Near-coastal circulation in the Northern Humboldt Current System from shipboard ADCP data. *J. Geophys. Res. Oceans*, 118, doi:10.1002/jgrc.20328
- Cleveland, W.S. 1979. Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots. *Journal of the American Statistical Association* 74 (368): 829-836.
- DUNN J R, RIDGWAY K R. 2002. Mapping ocean properties in regions of complex topography, *Deep Sea Research I: Oceanographic Research*, 49 (3) pp. 591-604.
- JOHNSON D R, BOYER T P, GARCIA H E, LOCARNINI R A, MISHONOV A V, PITCHER M T, BARANOVA O K, ANTONOV J I, SMOLYAR I V. 2006. *World Ocean Database 2005 Documentation*. Ed. Sydney Levitus. NODC Internal Report 18, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 163 pp, Available from <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD05/docwod05.html>.
- REINIGER R F, ROSS C F. 1968. A method of interpolation with application to oceanographic data. *Deep-Sea Res.*, 9, 185-193.
- RIDGWAY K R, DUNN J R, WILKIN J L. 2002. Ocean Interpolation by Four-Dimensional Weighted Least Squares - Application to the Waters around Australia. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 19, 1357-1375.
- SCHNEIDER W, FUENZALIDA R, RODRÍGUEZ-RUBIO E, GARCÉS-VARGAS J, BRAVO L. 2003. Characteristics and formation of Eastern South Pacific Intermediate Water. *Geophys. Res. Lett.*, 30(11), 1581, doi: 10.1029/2003GL017086.
- TAKAHASHI K. 2005. The Annual Cycle of Heat Content in the Peru Current Region. *Bulletin of the American Meteorological Society*.
- ZUTA S, GUILLÉN O. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú Callao*. 2(5):157-324.