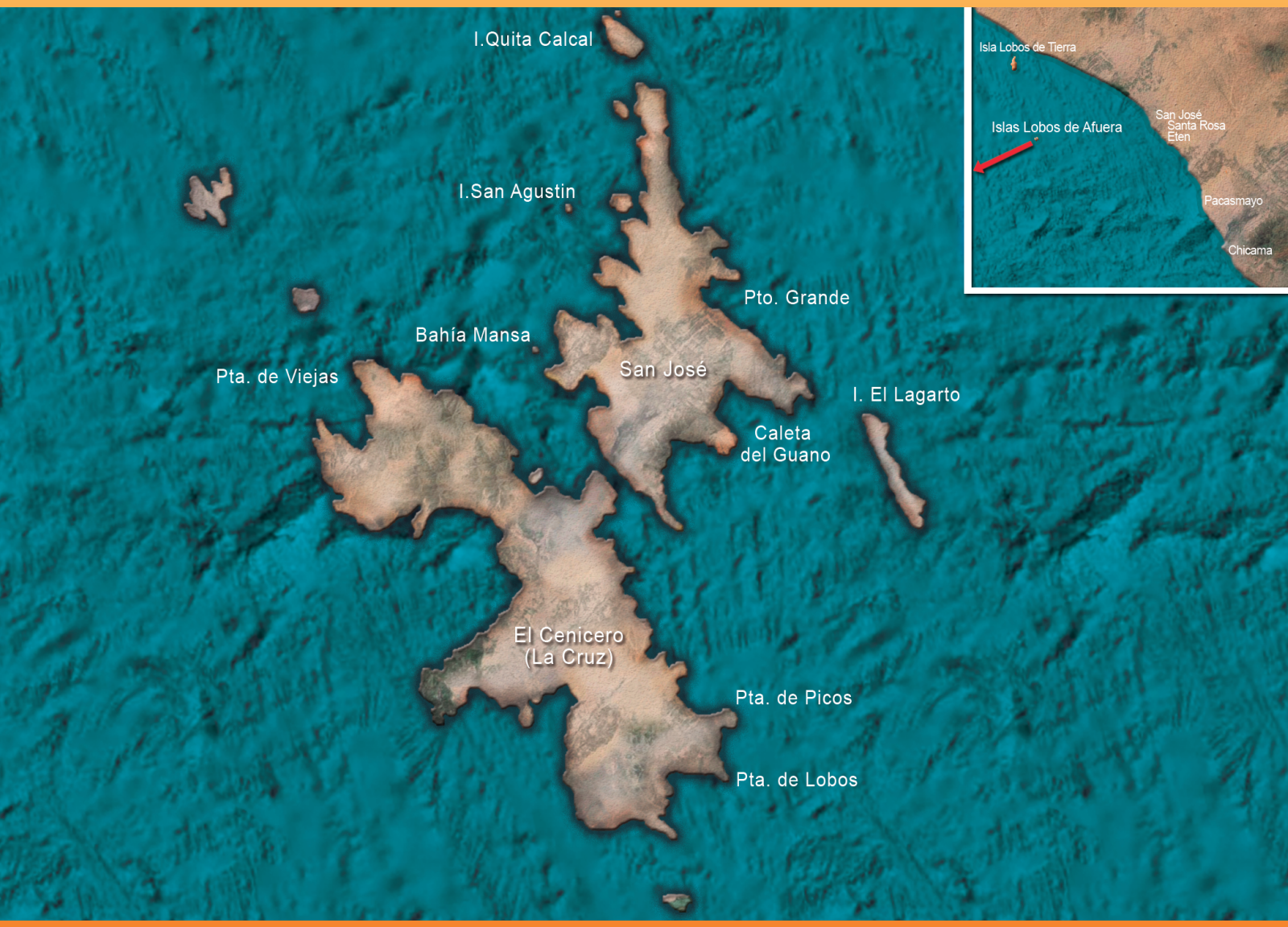
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 42, Número 3



Julio-Setiembre 2015
Callao, Perú

CONDICIONES BIO-OCEANOGRÁFICAS EN SAN JOSÉ, ISLAS LOBOS DE AFUERA, PERU. 2010

BIO-OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN SAN JOSE, LOBOS DE AFUERA ISLANDS, PERU. 2010

Javier Castro[1] *Sergio Bances* *David Torres*

RESUMEN

Castro J, Bances S, Torres D. 2015. *Condiciones bio-oceanográficas en San José, islas Lobos de Afuera, Perú. 2010. Inf Inst Mar Perú. 42(3): 282-292.-* En este estudio se muestra la variabilidad oceanográfica que se presenta en Lambayeque. Se evidenció con la generación del evento frío La Niña, después que se registrara el arribo de ondas Kelvin hacia la costa desde fines del 2009, lo que se llegó a considerar como la ocurrencia de un evento El Niño de intensidad moderada. Esta situación propició que los recursos pesqueros se ausentaran de sus áreas habituales de pesca, sumado a la presencia de oleajes anómalos y fuertes vientos que dificultaron las faenas de pesca. Durante el 2010, la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) se presentó moderadamente fortalecida en marzo, evidenciada por la relativa alta concentración de oxígeno disuelto en las áreas más profundas de San José, situación inusual para la época en la zona. La proyección de la ESCC se vio intensificada en abril, pero comenzó a debilitarse en junio hasta ausentarse en noviembre, como se puede deducir de los valores de oxígeno encontrados cerca del fondo durante las prospecciones realizadas.
Palabras clave: Perfil oceanográfico, Cromwell, termoclina, islas Lobos de Afuera

ABSTRACT

Castro J, Bances S, Torres D. 2015. *Bio-oceanographic conditions in San José, Lobos de Afuera Islands, Peru. 2010. Inf Inst Mar Peru. 42(3): 282-292.-* In this study the oceanographic variability in Lambayeque showed. It was evidenced by the generation of cold La Niña event, after the arrival of Kelvin waves to the coast since late 2009, which came to be seen as the occurrence of an event El Niño of moderate intensity. This situation produced that fisheries resources be absent from their usual fishing areas, coupled with the presence of abnormal waves and strong winds that hindered fishing operations. In 2010, the South Extension of the Cromwell Current (ESCC) showed moderately strengthened in March, as evidenced by the relatively high concentration of dissolved oxygen in the deeper areas of San Jose, unusual situation at the time in the area. The projection of the ESCC was intensified in April, but began to weaken in June to leave in November, as can be deduced from the values of oxygen near the bottom found during surveys conducted.
Keywords: Oceanographic section, Cromwell, thermocline, Lobos de Afuera Islands

1. INTRODUCCIÓN

La región Lambayeque se ubica en el extremo norte del sistema de la corriente de Humboldt, que al presentar límites difusos y altamente variables propicia que la zona muestre condiciones oceanográficas de las mismas características. La zona despliega una compleja dinámica oceánica, la línea litoral es bastante homogénea con un perfil paralelo a la dirección de los vientos del SE (Morón 2000), lo que es favorable para los afloramientos costeros y a diferencia de otras zonas del Perú, presenta una amplia plataforma continental. La isobata de 200 m se encuentra fuera de las 50 mn de la costa. Su batimetría tiene un suave declive interrumpido cerca al límite de la plataforma por formaciones insulares que emergen formando dos grupos de islas, la isla Lobos de Tierra y las islas Lobos de Afuera, estas últimas situadas a 45 mn de la costa y que están incluidas en el área de estudio. El talud continental es ligeramente abrupto y su cercanía al grupo insular representa convergencias de influencias neríticas y oceánicas múltiples, además se encuentra en una zona de afloramiento costero, por lo que aguas ricas en nutrientes generan abundancia de recursos hidrobiológicos.

El área está caracterizada por el predominio de las aguas costeras frías (ACF) durante la mayor parte del año, en invierno, principalmente, ocurren aproximaciones de las aguas subtropicales superficiales (ASS); además, la zona constituye el extremo de la extensión sur de la corriente de Cromwell (ESCC). Estas características son alteradas por fenómenos de macroescala como El Niño o mesoescala como la proyección de

1 IMARPE- Santa Rosa, Email Javier Castro: jcastro@imarpe.pe

aguas ecuatoriales superficiales-AES en la capa superficial o el arribo de ondas Kelvin, las mismas que generan una mayor proyección de la ESCC.

El evento El Niño es la principal perturbación de gran escala que afecta la costa de Lambayeque, con su contraparte atmosférica, la Oscilación del Sur. Una de las interpretaciones de mayor aceptación es que los eventos El Niño ocurren como un ciclo interno de retornos positivos y negativos dentro del acoplamiento del sistema océano-atmósfera del Pacífico tropical. Las ondas Kelvin ecuatoriales se generan y se propagan desde el oeste hacia Sudamérica, produciendo cambios que se traducen en un aumento de la temperatura superficial y del nivel del mar (Enfield 1989).

De esta manera, combinando la información física y química obtenida del perfil oceanográfico se describen las asociaciones o acoplamientos biológicos a la variabilidad oceanográfica estacional e interanual del océano en el área de Lambayeque. Estas observaciones han permitido cuantificar la interacción y efectos de las variaciones oceanográficas y sus principales manifestaciones como las ondas Kelvin, frentes oceánicos, proyecciones de la ESCC, afloramiento costero, así como las proyecciones de las distintas masas de agua y la influencia que estas ejercen sobre las áreas adyacentes.

El propósito de este estudio es caracterizar el ambiente físico marino, en relación al afloramiento y sistema de corrientes frente a la costa de Lambayeque, mediante el análisis y comparación de las variaciones temporales (estacionales) de las condiciones oceanográficas, a nivel superficial y subsuperficial registradas en un transecto de 50 mn perpendicular a la costa durante el año 2010.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio y frecuencia de muestreo

El área de estudio está localizada en el mar adyacente a la región Lambayeque en la costa norte del Perú, en lo que se considera como el extremo norte del sistema de la corriente Peruana o de Humboldt en la zona de afloramiento costero frente a Pimentel.

Durante los monitoreos se muestrearon siete estaciones localizadas a lo largo de un perfil de 50 mn entre San José (6°46′00′′S, 79°59′33′′W) e islas Lobos de Afuera (6°56′30′′S, 80°47′02′′W) (Fig. 1). La zona de estudio se encuentra delimitada sobre una de las partes más amplias de la plataforma continental peruana (>50 mn), de relieve suave sin cambios bruscos de profundidad a excepción de las islas Lobos de Afuera.

Durante las prospecciones ejecutadas se realizó el registro de temperatura y se tomaron muestras de agua para determinación de salinidad, nutrientes (fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos), clorofila "a" y oxígeno disuelto en la superficie y en fondo, el análisis final se basó en los datos registrados en estaciones ubicadas a 30 mn y 50 mn de la costa para estudiar la variabilidad de las condiciones oceanográficas en el área.

Parámetros oceanográficos

Los parámetros oceanográficos frente al litoral de Lambayeque, se determinaron en base a cinco monitoreos periódicos a lo largo del año, en una sección conformada por siete estaciones fijas. Las cinco primeras separadas por diez millas náuticas y ubicadas en línea recta entre San José y las islas Lobos de Afuera, la sexta ubicada muy cerca de la isla misma, mientras que la séptima estación se localizó a cinco millas náuticas al oeste de las islas; ésta última permitió obtener la información evitando el "efecto isla" (afloramiento) y comparar con los datos de las condiciones oceánicas y costeras.

En cada estación se realizaron mediciones de temperatura superficial con un termómetro simple y en las profundidades preestablecidas (10, 25, 50, 75, 100 m) se trabajó con un termómetro de inversión; la salinidad, oxígeno, nutrientes y clorofila fueron determinados a partir de muestras de agua colectadas en las profundidades ya indicadas mediante una botella Niskin. Para la determinación del oxígeno se trabajó con el método de Winkler y para nutrientes con el espectrofotómetro Lambda-40.

Con los datos obtenidos se prepararon figuras de distribución vertical utilizando el método Kriging del programa Surfer 9.0.

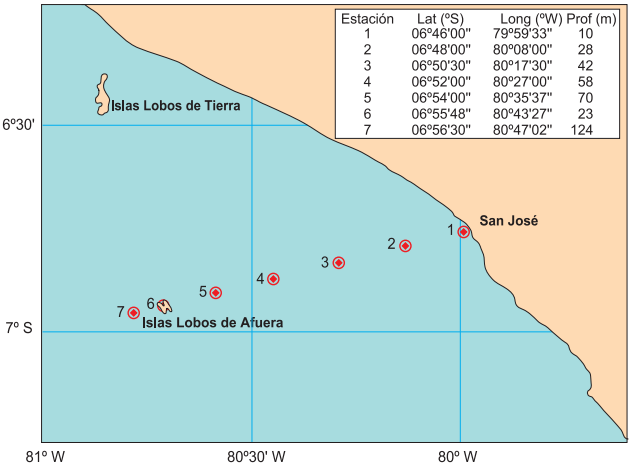


Figura 1.- Estaciones de muestreo en el perfil San José, islas Lobos de Afuera

Parámetros biológicos

Plancton.- La recolección de las muestras se hizo a través de arrastres superficiales de cinco minutos con una red estándar de fitoplancton tipo cónico de 13,5 cm de diámetro de boca y malla de 75 micras de abertura. Las muestras fueron fijadas con 10 mL de formalina neutralizada al 20% en frascos de boca ancha de 200 mL de capacidad.

Para la obtención de volúmenes de plancton, las muestras se centrifugaron a 2400 RPM durante 5 minutos, se hizo la lectura del volumen centrifugado y se dividió entre el volumen de agua filtrada ($mL.m^{-3}$).

Se realizaron análisis cualitativos expresándolos en rangos de abundancia, los valores arbitrarios fueron: ausente 0 (0 células/campo), presente: 1 (1-5 células/campo-4x), escaso: 2 (6-15 células/campo-4x), abundante: 3 (16-25 células/campo-4x), muy abundante: 4 (+25 células/campo-4x) con la finalidad de proporcionar la composición específica y las características ecológicas de las especies en relación con diferentes masas de aguas.

Para la determinación taxonómica de los diferentes organismos fitoplanctónicos se consultaron los trabajos de Hustedt (1930), Cupp (1943), Sournia (1967), Sundström (1986), Balech (1988) y Carmelo (1996)

3. RESULTADOS

Caracterización hidrográfica del ambiente físico

Temperatura superficial del mar en San José

Desde 1997, la temperatura superficial del mar (TSM) en el litoral de Lambayeque continuó presentando fluctuaciones irregulares interanuales (Fig. 2). Condiciones como las observadas durante El Niño 1997-98 no volvieron a repetirse, sin embargo se produjeron eventos cálidos como los del 2002, 2006, 2008 y 2009, que sin alcanzar la magnitud del evento 1997-98, provocaron intensas alteraciones en el océano como lo observado durante el prolongado período cálido del 2006. La Niña 1999 dejó sentir sus efectos hasta el 2001, evento que se repitió en el 2007 y el 2010.

En forma particular, el 2010 se caracterizó por el desarrollo de condiciones frías en forma sostenida desde junio, con una intensa proyección de las ACF que predominaron durante todo el año, así como el acercamiento estacional de las ASS y AES que dejaron sentir su influencia principalmente durante el verano y a fines de año; el afloramiento costero se produjo durante la mayor parte del año, pero fue más intenso y sostenido entre los meses de julio y octubre y, junto al predominio de las ACF generaron condiciones ambientales frías hasta fines de año.

Durante el 2010, la temperatura superficial del mar medida en la caleta San José (Fig. 3), indica la presencia de condiciones frías desde fines del segundo trimestre del año (junio), como consecuencia del proceso frío La Niña y que dejó sentir su influencia el resto del año. El periodo cálido, estuvo determinado por temperaturas que comenzaron a disminuir en forma relativamente constantes, presentando anomalías térmicas positivas pero irregulares con repunte importante en enero y abril-mayo, este periodo relativamente cálido abarcó desde fines del año anterior hasta finales del otoño 2010, observándose el pico más alto en enero. Por otra parte, el periodo frío La Niña comenzó a manifestarse con

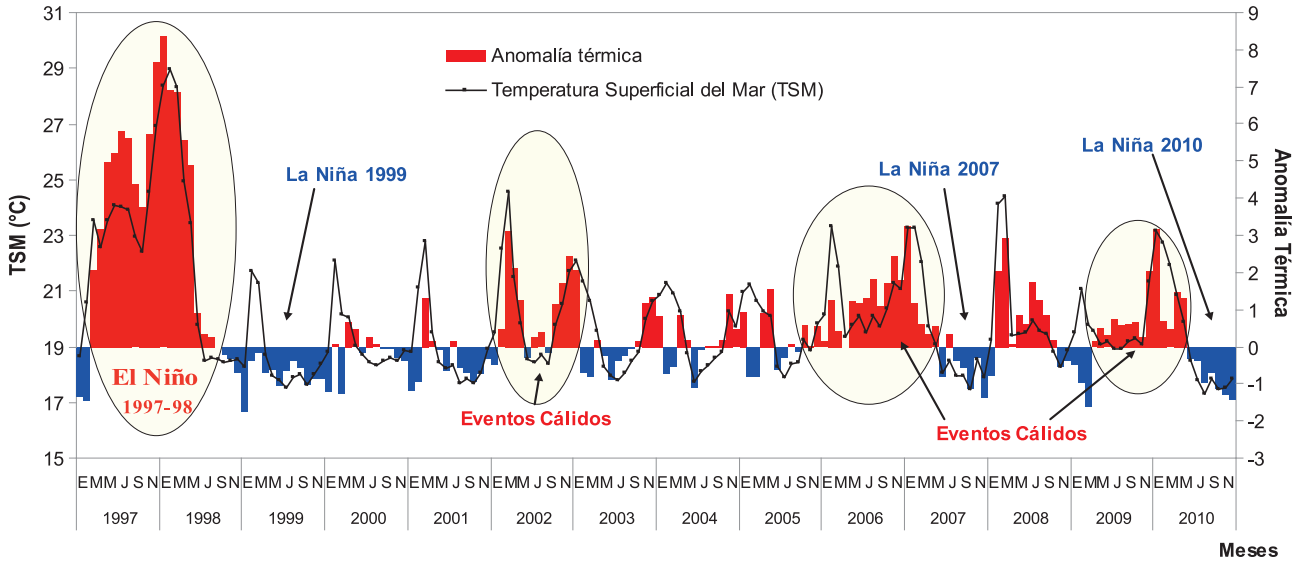


Figura 2.- Variación de la temperatura superficial (TSM) del agua de mar, San José. 1997–2010

temperaturas por debajo de lo esperado a mediados de junio y se prolongó hasta fines de año con incrementos constantes de las anomalías térmicas negativas, determinando que el invierno y la primavera fueran los más fríos para la zona desde 1991.

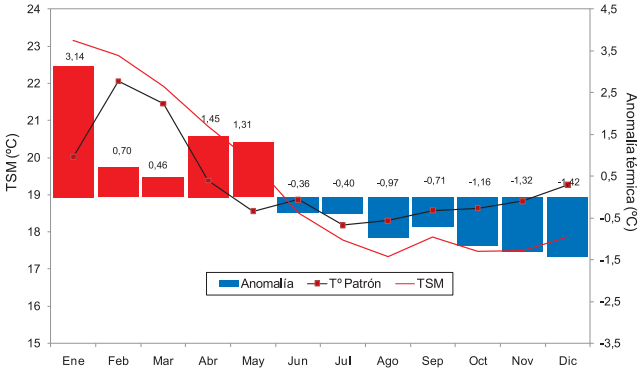


Figura 3.- Serie de tiempo de la TSM registrada en la playa de San José, 2010

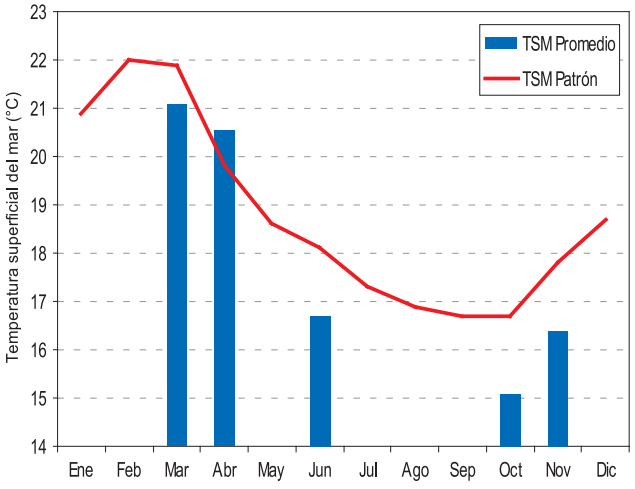


Figura 4.- Comparación entre la temperatura superficial del mar en el perfil San José – islas Lobos de Afuera y la temperatura superficial patrón para el área, 2010

El promedio mensual fluctuó entre 17,3 en agosto y 23,1 °C en enero, y las anomalías térmicas variaron entre -1,42 y +3,14 °C en diciembre y enero respectivamente, caracterizando a ese verano como uno de los más cálidos de los que se tiene registro en Lambayeque, (1991 – 2010) a excepción de los veranos de 1992, 1998 y 2007.

Temperatura, oxígeno y salinidad en superficie

Teniendo en consideración la poca periodicidad de los muestreos durante el 2010, las TSM promedio se presentaron entre 15,1 y 21,1°C en octubre y marzo respectivamente, registrándose todas las temperaturas por debajo de las esperadas a excepción de abril, en que fueron ligeramente superiores a la temperatura patrón del mes (Fig. 4). La elevación anómala de la temperatura ese mes, provocó un otoño bastante cálido debido a la aproximación de aguas oceánicas más cálidas que dejaron sentir su influencia en las estaciones más alejadas de la costa. Los registros de temperatura realizados durante los perfiles oceanográficos difieren ligeramente con los valores obtenidos en mediciones diarias en la playa de la caleta San José, los cuales parecen reflejar el comportamiento general en el área, por consiguiente es valido suponer que las temperaturas máximas se encontraron igualmente en enero, como consecuencia de la prolongación de las condiciones cálidas iniciadas en el año anterior (Figs. 4, 5).

Las condiciones que se presentaron durante el 2010, provocaron variaciones drásticas en el promedio de la TSM a lo largo del perfil; así encontramos que las máximas temperaturas se registraron en marzo (fines de verano) con 21,1 °C, aunque significó una anomalía de -0,8 °C sobre el patrón para el área y la temperatura más baja se reportó en la prospección realizada en octubre con 15,1 °C, alcanzando solamente una anomalía de -1,6 °C sobre la TSM patrón para ese mismo mes (Tabla 1, Fig. 6).

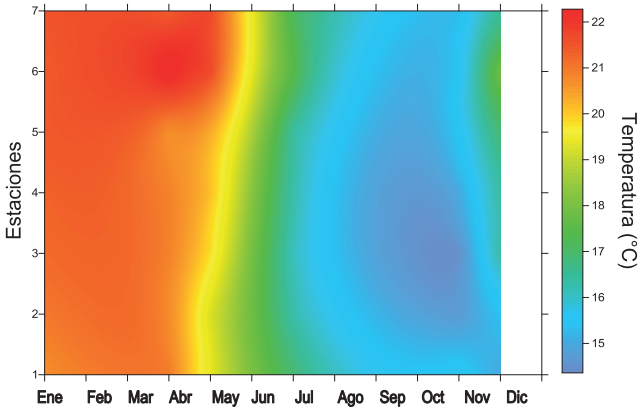


Figura 5.- Distribución espacio temporal de temperatura superficial del mar en el perfil San José- islas Lobos de Afuera. 2010

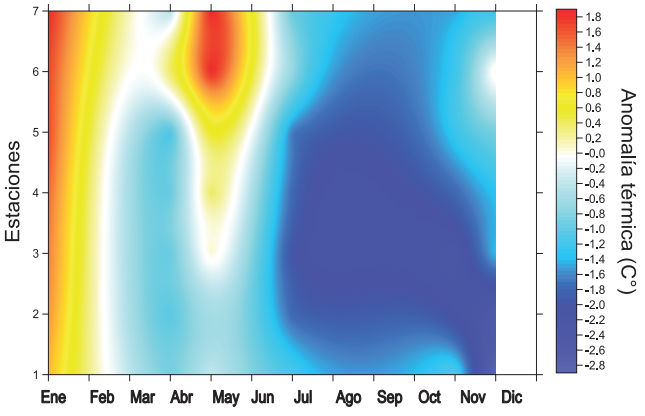


Figura 6.- Distribución espacio temporal de las anomalías térmicas en la superficie del mar en el perfil San José- islas Lobos de Afuera. 2010

Tabla 1.- Temperatura superficial del mar por estación, TSM promedio para el área y anomalía térmica con respecto a la TSM patrón, perfiles oceanográficos del 2010

Mes	Est 1	Est 2	Est 3	Est 4	Est 5	Est 6	Est 7	TSM Promedio	*TSM Patrón	Anomalía
Marzo	21	20,8	20,9	20,9	20,7	22,3	21,4	21,1	21,9	-0,8
Abril	19,4	19,2	19,9	20,2	20,4	21,7	21,7	20,4	19,8	+0,6
Junio	16,9	16,3	16,1	16,3	16,4	17,4	17,1	16,6	18,1	-1,5
Octubre	15,6	14,6	14,4	14,9	15,4	15,4	15,2	15,1	16,7	-1,6
Noviembre	14,9	15,3	16,4	16,4	16,9	17,9	16,5	16,3	17,8	-1,5

* Temperatura superficial patrón para el área cuadrado Marsden (6° – 7°S)

Tabla 2.- Oxígeno disuelto superficial en el mar por estación, en los perfiles oceanográficos, 2010

Mes	Est 1	Est 2	Est 3	Est 4	Est 5	Est 6	Est 7	OD Promedio
Marzo	4,23	4,43	3,63	3,69	4,39	5,18	4,81	4,34
Abril	4,26	3,85	3,49	4,28	4,62	5,19	5,17	4,41
Junio	3,43	2,64	2,48	2,72	3,29	3,5	3,16	3,03
Octubre	5,19	3,13	2,93	4,35	4,29	3,83	4,44	4,02
Noviembre	3,28	3,49	5,82	6,03	7,15	5,64	5,90	5,33

El oxígeno disuelto superficial en el área reportó concentraciones promedio que variaron entre 3,03 y 5,33 mL.L^{-1} en junio y noviembre respectivamente, presentando valores extremos en noviembre con 3,28 y 7,15 mL.L^{-1} (Tabla 2), esta última debido a intensas floraciones algales a 40 mn en el borde exterior de las aguas afloradas, elevando los tenores de oxigeno en dicha área y decayendo progresivamente en dirección a la costa en donde el afloramiento costero lleva a la superficie aguas pobres en oxigeno y desde allí se proyectan lejos de la costa (Fig. 7).

La salinidad en superficie presentó valores típicos de las ACF durante todas las prospecciones; sin embargo, en las realizadas en abril, junio y noviembre se pudo observar la influencia de las ASS en las estaciones más alejadas de la costa en forma de aguas de mezcla (ACF + ASS) con valores ligeramente superiores a 35,1 ups (Fig. 8).

En la figura 9, se observa la distribución espacio temporal de la salinidad superficial, se evidencia el predominio de las ACF en la mayor parte del año, observándose además una ligera influencia de aguas oceánicas ASS fuera de las 15 mn de la costa entre abril y junio, presentándose aguas con salinidades mayores a 35,1 ups, indicando aguas de mezcla. El resto del año predominaron en toda el área, aguas con salinidades menores a 35,05 que correspondieron típicamente a ACF.

Afloramiento costero

En marzo y abril se observaron procesos de afloramiento que se extendieron hasta el área de los experimentos de cultivo, indicando además proyección de masas de agua hacia el norte en la franja costera y proyecciones hacia el sur fuera de las 40 mn. En junio y octubre se detectó la presencia de afloramiento

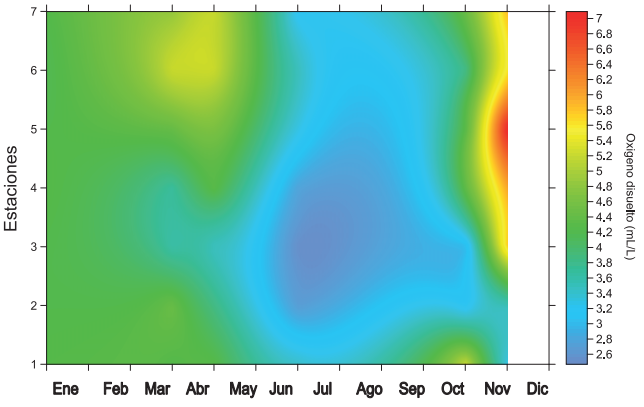


Figura 7.- Distribución espacio temporal del oxígeno disuelto superficial en el perfil San José-islas Lobos de Afuera. 2010

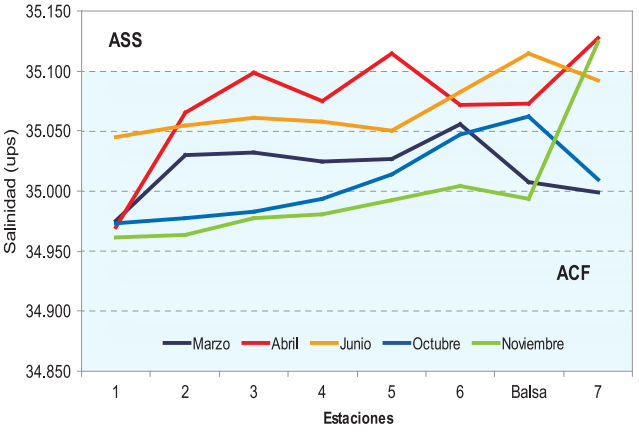


Figura 8.- Salinidad superficial en el perfil San José-Is. Lobos de Afuera. 2010

costero más intenso, que involucró masas de agua hasta los 50 m de profundidad en una franja entre 10 y 40 mn de la costa.

En la prospección realizada en noviembre el proceso de afloramiento estuvo más restringido con disminución en su intensidad, comprobado con la alta concentración de oxigeno disuelto en las capas más superficiales, denotando estabilidad en la columna de agua.

Si bien es cierto que el afloramiento costero se manifestó durante todo el año, se observaron periodos donde estuvo debilitado, como ocurrió en los meses de verano y en noviembre y diciembre. A fines de otoño el afloramiento presentó una clara recuperación, lo que influyó en la disminución de la TSM cerca de la costa. A fines de primavera e inicios del verano se produjo una significativa disminución del estrés del viento en el área, coincidiendo con el incremento de la TSM cerca de la costa, las concentraciones de oxígeno superficial y el hundimiento de las isolineas de temperatura y oxígeno disuelto, demostrado en la prospección realizada en noviembre. En la figura 10 se observa que la mayor intensidad (mayor estrés del viento), se presentó entre mediados de otoño e inicios de primavera. Por otra parte, y aunque en esta oportunidad las concentraciones de oxígeno fueron menores a lo observado en años anteriores, es interesante resaltar que la mayor actividad fotosintética, reflejada en valores más elevados de oxigeno disuelto, continuó presentándose en los bordes más alejados de las zonas de afloramiento ubicados generalmente entre 30 y 40 mn de la costa (Fig. 11)

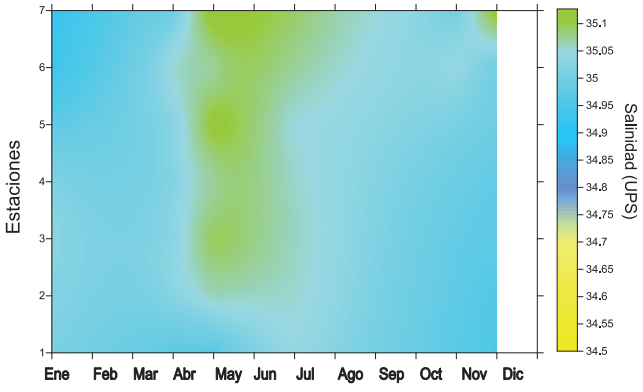


Figura 9.- Distribución espacio temporal de salinidad superficial en el perfil San José-Is. Lobos de Afuera. 2010

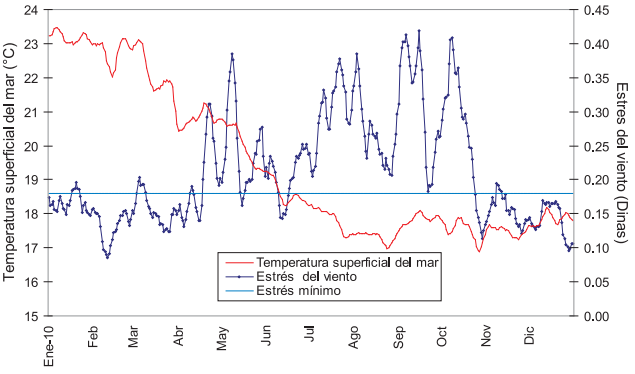


Figura 10.- Estrés del viento y temperatura superficial del mar en área de afloramiento, Pimentel. 2010. La línea celeste indica el estrés mínimo capaz de generar afloramiento

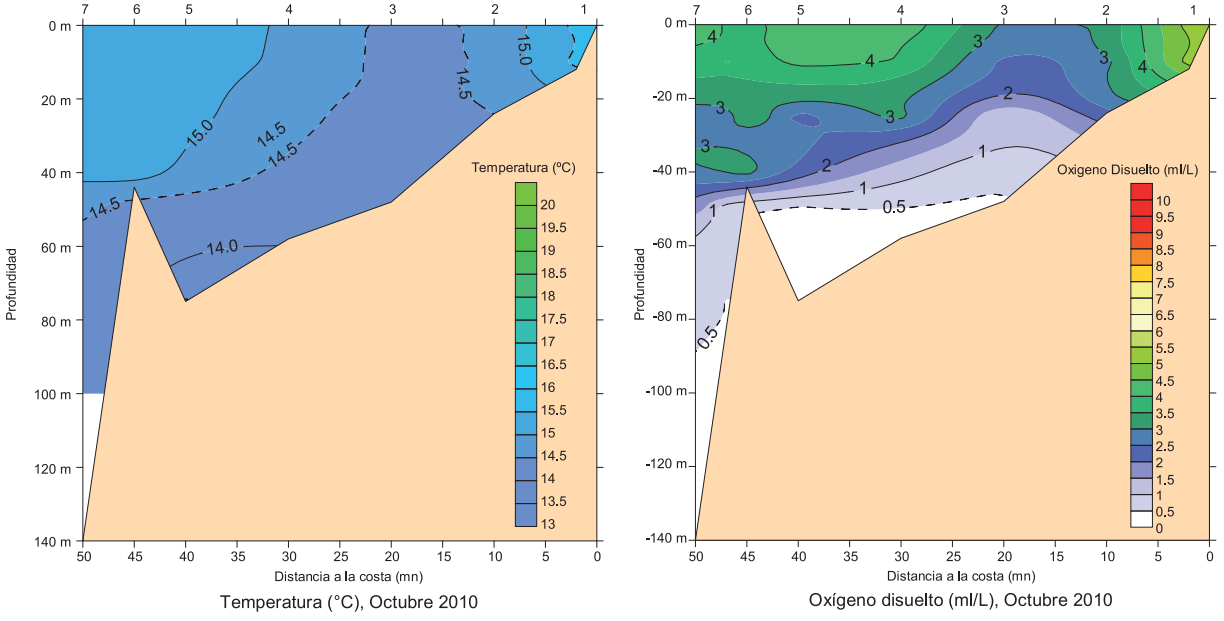


Figura 11.- Distribución de la isoterma e isoxigenas, se visualiza relación entre mayores concentraciones de oxigeno y el borde de las aguas afloradas. Octubre 2010

Fitoplancton

Volumen de fitoplancton

Los volúmenes de fitoplancton fluctuaron entre 0,04 (octubre, estación 7) y 3,18 mL.m^{-3} (noviembre, estación 3). Se presentaron 2 núcleos de altos valores registrados en primavera y otoño. Espacialmente, los mayores volúmenes se registraron en las zonas comprendidas entre las estaciones 3 y 5 (20 y 40 mn desde la costa) y los menores registros fueron localizados en la estación 7 (50 mn de la costa) (Fig. 12).

Composición y riqueza de especies

Durante el estudio, las diatomeas registraron el mayor número de especies encontradas (66%), seguidos de dinoflagelados (32%) y silicoflagelados (2%) (Fig. 13).

Las diatomeas variaron entre 16 especies en noviembre a 41 especies en abril; los dinoflagelados variaron de 10 especies en junio y noviembre a 21 especies en abril, por último los silicoflagelados fueron registrados en casi todos los meses de muestreo exceptuando octubre (Fig. 14).

Las comunidades se caracterizaron por presentar abundancia de especies pequeñas propias de sucesiones iniciales, como son las especies del género *Chaetoceros*, señalando procesos de afloramiento costero intensos en la zona de muestreo; la escasez de estas especies en octubre señalaron una cierta estabilidad en la columna de agua (Fig. 15).

Jerarquización del microfitoplancton

Por orden de frecuencia, se siguieron las pautas de Lopez y Serna (1999), que establecen tres categorías: especies constantes (>50%), especies comunes (25-50%) y especies raras (<25%).

Las especies constantes fueron: *Coscinodiscus perforatus*, *Protoperidinium depressum*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Ceratium furca*, *Ditylum brightwellii*, *Chaetoceros debilis* y *Ceratium tripos*. La mayoría de estas especies son de distribución nerítica y cosmopolita.

Entre las especies comunes se encontraron *Pleurosigma* sp., *Lithodesmium undulatum*, *Coscinodiscus granii*, *Chaetoceros curvisetus*, *Pseudo-nitzschia pungens*, *Chaetoceros didymus*, *Ceratium dens*, *Thalassiosira angulata*, entre otras. El dinoflagelado *Protoperidinium obtusum*, indicador de ACF, fue una especie común señalando dominancia de este tipo de masa de agua durante el 2010.

La mayor cantidad de especies se catalogaron como raras y fueron *Chaetoceros constrictus*, *Chaetoceros affinis*, *Protoperidinium conicum*, *Noctiluca scintillans*, *Gyrosigma* sp., *Asterionellopsis glacialis*, *Amphiprora* sp., *Thalassiosira subtilis*, *Protoperidinium crassipes*, *Guinardia delicatula*,

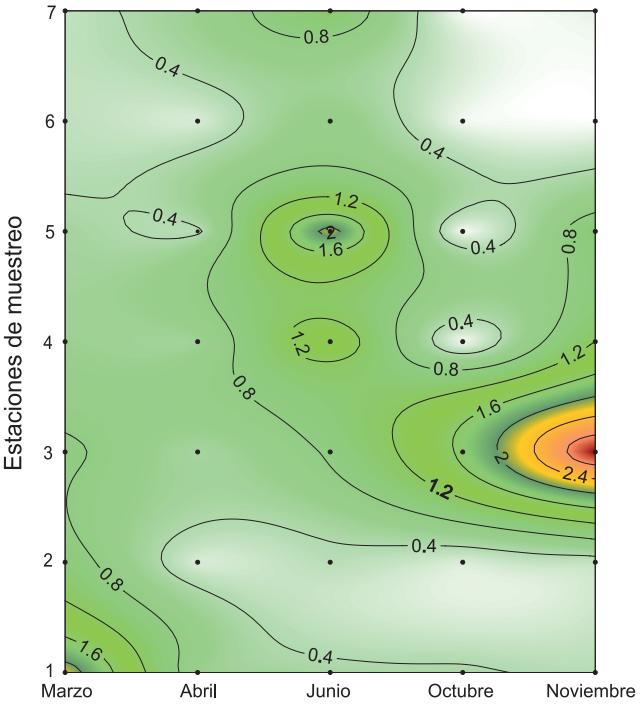


Figura 12.- Distribución del volumen de plancton: red de fitoplancton (mL.m^{-3}) del perfil San José-islas Lobos de Afuera. 2010

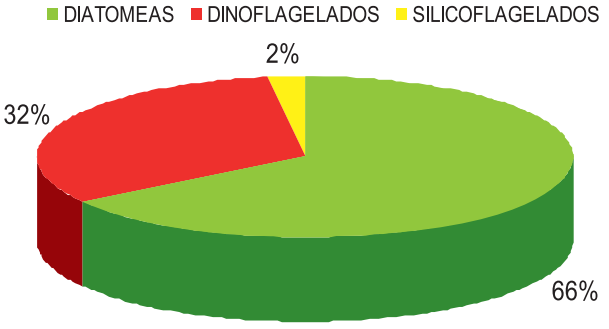


Figura 13.- Principales grupos de fitoplancton encontrados en el perfil San José-islas Lobos de Afuera. 2001

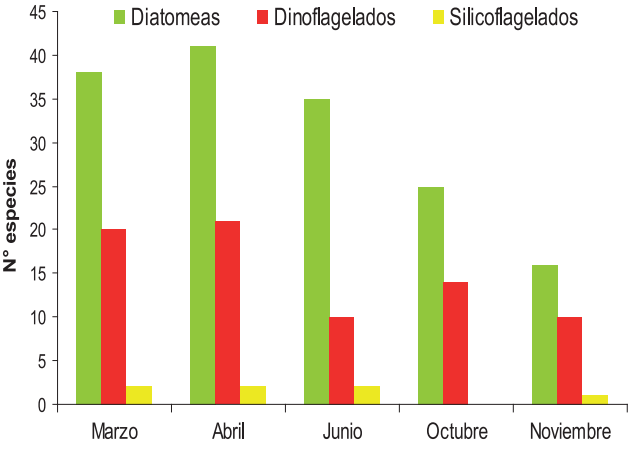


Figura14.- Distribución de especies por grupo taxonómico en el perfil San José–islas Lobos de Afuera. 2010

Diplopeltopsis minor, Detonula confervaceae, Ceratium fusus, Thalassiosira anguste lineata, Stephanopyxis turris, entre otras.

Indicadores biológicos y especies termófilas

En marzo el indicador de ACF, *Protoperidinium obtusum*, se distribuyó hasta las 30 mn de la costa, al mismo tiempo las especies de afloramiento como *Chaetoceros curvisetus*, *C. didymus* y *A. glacialis* se distribuyeron hasta la estación 7 (50 mn de la costa); los dinoflagelados termófilos como *Ceratium massiliense* y *C. gibberum* se encontraron en la estación 7 señalando remanentes de las ASS.

En abril el indicador de ACF sólo se registró en la estación 1 (2 mn de la costa), y las especies de afloramiento como *Chaetoceros debilis* y *C. didymus* se distribuyeron ente las 10 y 40 mn de la costa.

En junio en casi todo el perfil fue abundante la diatomea de afloramiento *Chaetoceros lorenzianus*, y en octubre las especies pequeñas fueron escasas pero el indicador de ACF se distribuyó en toda la zona demostrando el fortalecimiento y la expansión de esta masa de agua. Posteriormente, en noviembre la especie de sucesiones iniciales, *Chaetoceros curvisetus*, fue abundante indicando la reactivación del afloramiento costero (Tabla 3).

Zooplancton

En la prospección realizada en marzo, la comunidad zooplanctónica estuvo integrada principalmente por copépodos, eufáusidos, hidromedusas, chaetognatos y sifonóforos entre otros. Copépodos fue el grupo más abundante y diverso, presentándose especies neríticas de aguas frías, como *Acartia tonsa, Paracalanus parvus* y *Corycaeus dubbius*, dentro de las 30 mn. En las estaciones más alejadas de la costa (fuera de las 40 mn) la composición taxonómica de la fauna planctónica evidencia la presencia de aguas de mezcla, se registraron especies relacionadas a aguas cálidas como *Acartia negligens, Oithona plumifera, Rhinocalanus nasutus* y *Nanocalanus minor*, así como la presencia de los indicadores de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) *Oncaea conifera* y *Acartia danae* en las estaciones más alejadas de la costa. También, se determinó la presencia de *Centropages brachiatus*, indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) que se distribuyó dentro de las 30 mn.

La abundancia de hidromedusas en las estaciones 4 y 6, así como de eufaúsidos en las estaciones 6 y 7 indicaron el alcance del afloramiento costero al menos hasta las 50 mn de la costa. En cuanto al ictioplancton, se caracterizó por la a bundancia de huevos de anchoveta dentro de las 30 mn.

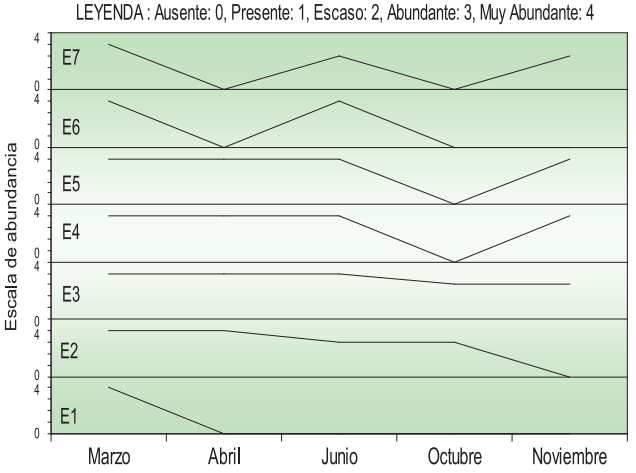


Figura 15.- Distribución espacio temporal de especies de afloramiento en el perfil San José–islas Lobos de Afuera. 2010

Tabla 3.- Distribución de los indicadores fitoplanctónicos en superficie del mar. Evaluaciones del 2010

Estación	1	2	3	4	5	6	7
Distancia de Costa (mn)	2	10	20	30	40	45	50
03 - 07 Marzo 2010							
15 - 19 Abril 2010							
22 - 26 Junio 2010							
05 - 09 Octubre 2010							
24 – 28 Noviembre 2010							

Aguas Costeras Frías (ACF)
Aguas Subtropicales Superficiales (ASS)
Afloramiento
MEZCLA: Afloramiento - ASS

En la prospección de abril, los volúmenes de zooplancton fueron menores que los observados en marzo así como la abundancia y riqueza de especies. La fauna planctónica estuvo integrada principalmente por copépodos, sifonóforos, eufáusidos, hidromedusas y decápodos, entre otros; siendo los copépodos el grupo más frecuente y abundante.

El copépodo *Acartia tonsa* fue la especie más frecuente y abundante en todas las estaciones de muestreo; los copépodos *Paracalanus parvus, Calanus australis* y *Corycaeus dubbius* estuvieron presentes en el 100% de las muestras. Otro grupo importante por su abundancia fueron los sifonóforos, en particular *Muggiaea atlantica*, cuya distribución abarcó hasta las 50 mn de distancia.

El indicador de Aguas Costeras Frias, *Centropages brachiatus*, amplió su distribución hasta las 45 mn de la costa, a diferencia de marzo donde se le encontró solo hasta las 30 mn. En las estaciones más alejadas de la costa (fuera de las 40 mn) se determinó presencia de *Acartia negligens*, *Acartia danae* y *Oncaea conifera*, especies asociadas con Aguas Subtropicales Superficiales. La presencia de indicadores tanto de ACF como de ASS en estas estaciones sugiere la presencia de aguas de mezcla.

El componente principal del ictioplancton estuvo constituido por huevos y larvas de anchoveta; los primeros se presentaron hasta las 45 mn y las larvas en todas las estaciones muestreadas.

En junio los volúmenes de zooplancton continuaron disminuyendo. La fauna zooplanctónica en la columna de agua continuó presentando los mismos componentes del mes anterior, con la presencia de copépodos, eufáusidos, decápodos y sifonóforos, entre otros; continuando el grupo de los copépodos como el más frecuente y abundante.

Los copépodos *Acartia tonsa* y *Oithona nana* fueron las especies más frecuentes y abundantes en todas las estaciones de muestreo. Otro grupo importante por su abundancia fueron los eufáusidos, los cuales presentaron altas concentraciones fuera de las 40 mn.

Entre las especies indicadoras de masas de agua se observaron a los copépodos *Centropages brachiatus* y *Eucalanus inermis*, relacionados a masas de Aguas Costeras Frías. El copépodo *C. brachiatus* fue abundante en todas las estaciones muestreadas.

Componentes principales del ictioplancton fueron huevos y larvas de anchoveta, los primeros estuvieron presentes en todas las estaciones siendo más abundantes dentro de las 40 mn y las larvas se presentaron en concentraciones bajas dentro de las 20 mn.

En general, la composición del zooplancton presentó especies indicadoras de las aguas costeras frías que fueron las masas de agua que predominaron en toda el área.

Durante octubre la fauna planctónica estuvo integrada principalmente por copépodos, decápodos, eufáusidos, sifonóforos, hidromedusas, poliquetos, quetognatos; siendo el grupo de los copépodos el más abundante y el que presentó el mayor número de especies. Los volúmenes de zooplancton fueron mayores en las estaciones más alejadas, fuera de los 40 mn.

En las estaciones más costeras (dentro de las 10 mn) las especies más representativas fueron *Acartia tonsa, Cancer porteri* y *Pinnixa* sp. Fuera de las 20 mn, las especies más abundantes fueron *Calanus australis* y zoeas de *Pleurocondes monodon*.

Entre las especies indicadoras de masas de agua se observaron a los copépodos *Centropages brachiatus* y *Eucalanus inermis*, relacionados a masas de Aguas Costeras Frías; el primero se presentó en toda el área de estudio, con sus máximas concentraciones alrededor de las 20 mn de distancia de la costa. A esta misma distancia se registró *Eucalanus inermis*.

El componente principal del ictioplancton fueron huevos y larvas de anchoveta, los cuales se presentaron en concentraciones importantes dentro de las 10 mn.

En noviembre, los volúmenes de zooplancton observados fueron los más bajos encontrados durante el 2010; el 86% de las muestras analizadas presentaron valores menores a 2 mL/muestra. La comunidad zooplanctónica se caracterizó por abundancia relativa de copépodos y especies gelatinosas como los sifonóforos, hidromedusas y salpas. Estuvieron presentes también larvas de decápodos, eufáusidos, ctenóforos, poliquetos, pterópodos, larvas y huevos de anchoveta, entre otros. El zooplancton gelatinoso (principalmente los sifonóforos) fue más abundante fuera de las 20 mn evidenciando las aguas afloradas.

Entre las especies indicadoras de masas de agua se observaron a los copépodos *Centropages brachiatus* y *Eucalanus inermis*, relacionados a masas de Aguas Costeras Frías. El copépodo *C. brachiatus* estuvo presente en todas las estaciones muestreadas; *E. inermis* se observó fuera de las 40 mn. Además, se determinó la presencia de *Oncaea conifera*, especie indicadora de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS), entre 30 y 40 mn de distancia a la costa. Se observaron también especies relacionadas con aguas cálidas como los copépodos *Rhinocalanus nasutus* y *Nanocalanus minor*.

4. DISCUSIÓN

Estacionalidad de los parámetros oceanográficos y biológicos

Estacionalidad oceanográfica

La extensión sur de la corriente de Cromwell se presenta a escala estacional, siendo Pimentel - Chicama su extremo sur en condiciones normales. La llegada de ondas Kelvin provocan su proyección hacia el sur con la consiguiente profundización de isotermas e isoxígenas en el área como se observa en marzo y abril.

Los resultados obtenidos sugieren que, además de la variación de la irradiación solar y la variación de la intensidad del esfuerzo de viento (mayor afloramiento en invierno y primavera), otro proceso significativo es la variación de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) que al presentar fuertes proyecciones en los meses de otoño, genera otoños relativamente cálidos frente a Lambayeque. En el ecuador esta corriente presenta típicamente un pico de mayor intensidad entre abril y junio (Icochea y Rojas, 2001), deprimiendo más la oxiclina en ese período, presentando velocidades mínimas en primavera. Considerando que el máximo de la intensidad del viento frente a la costa centro y norte del Perú ocurre en invierno (Bakun y Mendelssohn, 1989), es posible que esta señal estacional del forzamiento de los vientos se integre con la señal ecuatorial dando lugar a un solo pico más prolongado de la intensidad de la contracorriente subsuperficial (otoño/invierno), conforme lo sugiere la información oceanográfica. Se ha confirmado que para la costa norte, las condiciones subsuperficiales más oxigenadas (una oxiclina más profunda) corresponden a una mayor intensidad de la contracorriente durante otoño/invierno, mientras que condiciones subsuperficiales más hipóxicas (una oxiclina más somera) corresponden a una menor intensidad durante el verano (Gutierrez et al. 2005).

Es así que se observó durante el 2010 a la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC) moderadamente fortalecida en marzo, la relativa alta concentración de oxigeno disuelto en las zonas más profundas de la sección, confirman esta situación, inusual en la zona para la época. La proyección de la ESCC se vió intensificada en el mes de abril, pero comenzó a debilitarse en junio, en forma atípica y ausentarse totalmente en noviembre, como se puede deducir de los valores de oxígeno encontrados cerca del fondo a lo largo de las prospecciones realizadas.

La generación de episodios cálidos por efecto de la llegada de ondas Kelvin, la propagación de estas ondas y, la consiguiente generación de ondas reflejadas hacia fuera de la costa u ondas Rossby alteraron la dinámica de la corriente subsuperficial y la estructura vertical térmica y de oxígeno disuelto en la columna de agua (Gutierrez et al. 2005), como se pudo apreciar en marzo y abril del 2010 con el arribo de pulsos de ondas Kelvin, las cuales provocaron el hundimiento de las isotermas e isoxígenas, como lo mencionó Carbajal et al. (2006) para el área en años anteriores.

Estacionalidad en el plancton

El registro más alto de volumen de plancton con predominio del fitoplancton fue encontrado en primavera (noviembre) y se debió principalmente a condiciones favorables de luz y nutrientes. La dinámica de la biomasa planctónica en el mar peruano refleja una estacionalidad en períodos normales con los mayores valores en primavera y parte del otoño, además la mayor producción de fitoplancton se encontró dentro de las 40 millas náuticas de la costa, coincidiendo con lo observado por Sánchez (2000).

Durante el 2010, en los meses de muestreo se podría generalizar que el mar de Lambayeque correspondió a una población de las primeras fases de la sucesión (iniciales e intermedias), la diversidad especiológica se caracterizó por su alto grado de endemismo, destacando en su etapa inicial diatomeas pequeñas de una alta tasa de reproducción y como lo señala Sánchez (2000) la comunidad fitoplanctónica estaría relacionada estrechamente a la intensidad de los afloramientos con un periodo de transición espacial y temporal de ambientes turbulentos a ambientes más estables en la columna de agua.

La distribución del indicador de las ACF, el dinoflagelado *Protoperidinium obtusum,* (Ochoa y Gómez 1997), estuvo relacionado directamente con la variabilidad estacional, su distribución señaló predominio de ACF en toda el área de muestreo en octubre y en las zonas costeras, en marzo y abril.

5. CONCLUSIONES

Existe gran variabilidad oceanográfica temporal frente a Lambayeque donde interviene el ciclo ENOS, la propagación de ondas ecuatoriales (ondas Kelvin) y los afloramientos costeros.

Los acercamientos estacionales hacia la costa de las ASS determinan cambios en la comunidad fitoplanctónica, involucrando normalmente áreas fuera de las 40 mn (agua de mezcla).

La variabilidad en el mar frente a Lambayeque durante el 2010, propició que los recursos pesqueros tuvieran un comportamiento migratorio, además que hacia fines del año se registró la presencia de un evento frío La Niña catalogado como intenso.

En el periodo de estudio, la ESCC mostró una fuerte proyección hacia el sur en abril y se debilitó en junio hasta fines de año.

Durante el verano del 2010, el afloramiento costero llegó a ser casi nulo debido a la presencia de un evento cálido a fines del 2009 que alteró su comportamiento estacional.

La determinación de la presencia de la ESCC en la zona se realizó tomando en cuenta el contenido de oxígeno disuelto en la capa subsuperficial y no la isoterma de 15 °C, ya que la temperatura puede ser variable debido a la mezcla con las ACF.

6. REFERENCIAS

Bakun A, Mendelssohn R. 1989. Alongshore wind stress 1953-1984: correction, reconciliation and update through 1986. In: Pauly D, Muck P, Mendo J, Tsukayama I (Eds.). The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings 18: 77-81.

Balech E. 1988. Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Public. Esp. Inst. Español de Oceanografía. España. 310 pp.

Carbajal W, Castro J, Morón O, Bances S, De la Cruz J. 2006. Interanual variability of oceanographic conditions and phytoplankton in the upwelling zone off Pimentel (06°50'05,5''S, 79°56'11,04''W), Perú (2001–2006). Book of extended abstracts, International Conference the Humboldt Current System: climate, ocean dynamics, ecosystem processes, and fisheries, Lima, Perú. November 27–December 1, 2006, 136 - 137.

Carmelo R. 1996. Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, Inc. 585 pp.

Cupp E. 1943. Marine Plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanog. 5:1-237.

Enfield DB. 1989. El Niño, Past and Present, *Rev. Geophys.*, *27*(1): 159–187.

Graco M, Ledesma J, Flores G, Girón M. 2007. Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de la corriente de Humboldt frente a Perú. Revista peruana de biología, 14 (1), 117 - 128.

Gutiérrez D, Aronés K, Chang F, Quipuzcoa L, Villanueva P. (2005). Impacto de la variación oceanográfica estacional e interanual sobre los ensambles de microfitoplancton, meso zooplancton, ictioplancton y macrozoobentos de dos áreas costeras del norte del Perú entre 1994 y 2002. Bol Inst Mar Perú 22: 1 - 60.

Hustedt F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands. Osterreichs und der Schweiz mit berüscksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angerzenden meeresgebiete. En : L. Rabenhorst (ed). Kryptogamen- Flora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz.1 Teil. Akat. Verlagsges, Leipzig, Reprint Jonson Rep. GOP, New Cork 1971: 920pp.

Icochea L, Rojas E. 2001. La corriente Cromwell y sus variaciones en los 0°N, 110°W. IMARPE, Fórum de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*): biología y pesquería, Callao 27 junio 2001, p. 20-28.

López-López E, Serna-Hernández A. 1999. Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. Revista de Biología Tropical 47(4): 643-657.

Morón O. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. Bol Inst Mar Perú. 19 (1-2): 179 -204.

Ochoa N, Gómez O. 1997. Dinoflagelados del mar peruano como indicadores de masas de agua durante los años 1982 a 1985. Bol Inst Mar Perú. 16(2):1-60.

Sánchez S. 2000. Variación estacional e interanual de la biomasa fitoplanctónica y concentraciones de clorofila "a", frente a la costa peruana durante 1976-2000. Bol Inst Mar Perú. 19:29-43.

Sournia A. 1967. Le généré *Ceratium* (Peridinien Planctonique) dans le canal de Mozambique Contribution a une révision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580

Sundström B. 1986. The Marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Tesis Doctoral, Universidad de Lund, Suecia. 196 pp.