

EFFECTOS DEL EVENTO CLIMÁTICO EL NIÑO 1997-98 SOBRE EL ECOSISTEMA PELÁGICO DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Lavaniegos^{1,2}, B. E., Gaxiola-Castro¹, G., Jiménez-Pérez¹, L. C., González-Esparza^{1,3}, M. R., Baumgartner^{1,2}, T., Durazo^{3,4}, R., García-Cordova¹, J. y J. R. Lara-Lara¹

¹ División de Oceanología, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. km 107 Carr. Tijuana-Ensenada. Apdo. Postal 2732, 22800 Ensenada, Baja California, México. berlav@cicese.mx, ggaxiola@cicese.mx, ljimenez@cicese.mx, mgonza@cicese.mx, tbaumgar@cicese.mx, joaquin@cicese.mx, rlara@cicese.mx

² Marine Life Research Group. Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego. La Jolla, California, 92093-0227, USA

³ Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. km 106 Carretera Tijuana-Ensenada. Apdo. Postal 453, 22800 Ensenada, Baja California, México. rdurazo@bahia.ens.uabc.mx

⁴ Naval Postgraduate School, Oceang. Dept., Monterey, California, 93940, USA

Abstract

In the present study we analyze the plankton response to El Niño 1997-98 in the southern region (26-32°N) of the California Current. Data of plankton biomass are presented, from samples collected by IMECOCAL cruises, during the peak of the event (Sep-Oct 1997 and Jan-Feb 1998) and during the ending phase (Jul and Sep-Oct 1998). Phytoplankton biomass estimated as surface chlorophyll *a* in fall 1997 showed values lower than 0.25 mg m⁻³ in the southern half of the area but high values (>0.76 mg m⁻³) in the northern part. In the rest of the study period, integral chlorophyll was estimated. In winter high values occurred near the coast from Ensenada to Vizcaino Bay, but even that, values were significantly lower than those observed in summer-fall 1998. Zooplankton volumes were higher during the intense phase, decreasing until Sep-Oct 1998, in contrast with the strong decrease observed from February by Lynn et al. (1998) in southern California. Copepods and euphausiids were more abundant in fall 1997 compared to fall 1998, but salps showed the opposite tendency. Copepod species identified during the peak of El Niño, showed a higher abundance of the *Nannocalanus minor* (tropical oceanic) and *Eucalanus subtenuis* (equatorial oceanic) than the warm-temperate neritic species *Calanus pacificus* and *Rhincalanus nasutus*.

Introducción

En ciertos años el Océano Pacífico experimenta un calentamiento extremo a través de la banda ecuatorial y a lo largo de sus corrientes limítrofes orientales. Este calentamiento anómalo del Pacífico es disparado por anomalías en el campo de viento del Pacífico occidental y se le conoce como El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) (Wyrtki, 1975; Philander, 1981). Los efectos físicos generalizados a lo largo de la costa son el calentamiento de la capa de mezcla, elevación del nivel del mar, incremento del flujo geostrofico hacia los polos y hundimiento de la termoclina y la nutriclina (Huyer y Smith, 1985; Reinecker y Mooers, 1986). El acoplamiento atmósfera-oceano es complejo, y algunos autores han definido distintos *modos* de desarrollo del ENOS, enmarcados

dentro de cambios de régimen climático a una escala temporal más amplia (Wang, 1995).

Los efectos biológicos del ENOS están menos documentados que los físicos. Gran parte de la información disponible para la Corriente de California (CC) se refiere al evento de 1982-83. Durante el cual la productividad primaria sufrió un descenso en las zonas de surgencia (Fiedler, 1984), debido aparentemente a una baja disponibilidad de nutrientes. También el zooplancton redujo drásticamente su biomasa (Chelton et al., 1982; McGowan, 1985), probablemente en respuesta a la escasez de alimento. Un plancton insuficiente desencadena una reacción a la baja en los niveles tróficos superiores. Sin embargo, la disminución en biomasa no implica que el efecto de tales eventos sea unidireccional y de hecho varía considerablemente entre taxa. Smith (1985) mostró que la biomasa de copépodos y eufáusidos declinó relativamente poco durante El Niño californiano de 1958-59 en comparación con el año mucho más frío de 1956, mientras que la biomasa de los tunicados fue 28 veces más baja. Hay evidencias de que las especies de zooplancton con afinidad subártica, decrecen en abundancia, siendo parcialmente reemplazadas por especies sureñas más pequeñas, como ocurrió con *Thysanoessa spinifera* frente a las costas de Washington (Brodeur, 1986). Este eufáusido relativamente grande (25 mm), residente habitual de esas aguas, fue muy escaso durante el ENOS 1982-83. En cambio abundó *Nycitphanes simplex*, de talla menor (12 mm) y que usualmente se encuentra al sur de Point Conception (35°N). También se han observado cambios en los patrones de distribución de algunas especies de peces (Miller et al., 1985; Brodeur et al., 1985; Fiedler et al., 1986; Percy y Schoener, 1987).

El reciente ENSO 1997-98 es comparable en magnitud y extensión al de 1982/83 (Wolter y Timlin, 1998). Las evidencias de este fenómeno comenzaron a manifestarse en el Pacífico tropical desde marzo 1997, alcanzando su máxima intensidad en junio. Se observaron patrones anormales de lluvia, nubosidad y presión atmosférica, así como una interrupción casi total de los vientos en la franja tropical. También se registró un incremento de la actividad ciclónica en el Pacífico Noreste (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/special_summaries/97_3/index.html).

En la CC, El Niño se hizo presente desde julio de 1997 por una expansión de la contracorriente costera, la cual transportó agua inusualmente cálida y salina hacia el norte a profundidades de hasta 100 m. Posteriormente, en el otoño, la profundidad de la termoclina cayó (Lynn et al., 1998). Las pesquerías californianas de calamar (*Loligo opalescens*) y erizo (*Strongylocentrotus franciscanus*) fueron severamente afectadas por el ENOS 97-98, mientras que las de pesca deportiva registraron incrementos del jurel (*Seriola lalandi*), barracuda (*Sphyraena argentea*) y albacora (*Thunnus albacares*), entre otros (Calif. Dept. Fish & Game, 1998).

El huracán Nora azotó la región de Baja California en septiembre de 1997, produciendo chubascos y vientos que afectaron los bancos de abulón de Isla Natividad. La colecta de abulón fue la peor desde 1981/82 y de pobre condición, debido a la escasez de algas presentes en las rocas. Los mantos de *Macrocystis* fueron destruidos por el huracán y en 1998 aun no se habían recuperado. También resultaron afectadas las aves marinas de Isla Natividad, como el *Puffinus griseus* y el *P. opisthomelas* las cuales anidaron tardíamente en verano, cuando normalmente lo hacen en primavera (<http://darwin.bio.uci.edu/sustain/Enso97/0498/AprMex.htm>). En cambio la langosta

(*Panulirus interruptus*) registró una maduración reproductiva precoz (Vega-Velázquez, 1999) en respuesta seguramente, a las altas temperaturas del agua durante 1997. Desafortunadamente las estadísticas pesqueras en nuestro país no reciben una difusión pronta y expedita, que nos permita documentar el efecto del reciente ENOS en las pesquerías de pelágicos menores y picudos de Baja California. Sin embargo, se sabe, por el evento de 1992-93 que estas poblaciones resultan fuertemente impactadas (Hammann et al., 1995).

Indudablemente la variabilidad de los recursos pesqueros esta estrechamente relacionada con la variabilidad de las comunidades planctónicas, de donde obtienen su alimento. Es por ello que hemos considerado importante investigar el efecto del ENOS 1997-98 en el plancton de Baja California. El objetivo de esta investigación es analizar la respuesta del plancton epipelágico al forzamiento físico provocado por El Niño 1997-98 en la región mexicana de la CC.

Métodos

El área de la CC seleccionada en la presente investigación estuvo comprendida entre Ensenada (32°N) y Laguna San Ignacio (26°N). Para el desarrollo de este estudio se contó con muestras e información oceanográfica generada por el Programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL). Los cruceros que se hicieron durante la influencia del ENOS fueron cuatro: 9709/10 (septiembre-octubre 1997), 9801/02 (enero-febrero 1998), 9807 (julio 1998) y 9809/10 (septiembre-octubre 1998). Todos estos cruceros se realizaron a bordo del B/O *Francisco de Ulloa*., y con excepción del primer crucero (que cubrió solamente de Pta. Baja a Pta. Abrejos)., todos los demás cubrieron el área en su totalidad. Desgraciadamente por problemas burocráticos de la UNAM, no se realizó el crucero proyectado para abril de 1998 a bordo del B/O *El Puma*, perdiéndose valiosa información del ciclo del Niño.

Mediciones y colectas a bordo

El número de estaciones oceanográficas visitadas fue de 39, 69, 65 y 63 para cada crucero respectivamente. En todos los cruceros se efectuaron mediciones de CTD, ADCP, colecta de muestras de agua de mar y arrastres de zooplancton. En los lances se utilizó una roseta con botellas Niskin para coleccionar agua a 0, 10, 20, 50, 100 y 150 m de profundidad. En el primer crucero solo se tomaron muestras superficiales.

Con el fin de medir el contenido de clorofila *a* se tomaron alícuotas (1-2 l) a cada profundidad, filtrando el agua a presión constante con filtros GF/F, los cuales fueron congelados a -20°C para su análisis posterior en el laboratorio. También se tomaron alícuotas (250 ml) en la muestra de superficie para análisis taxonómico del fitoplancton, las cuales fueron fijadas con una solución de lugol y se protegieron de la luz.

Para los arrastres de zooplancton se utilizó una red bongo de 505 µm de luz de malla. Los arrastres fueron de tipo oblicuo desde 200 m a la superficie a una velocidad de 2.5 nudos. El volumen de agua filtrada se estimó por medio de un flujómetro colocado al frente de la red. Las muestras se preservaron con formaldehído al 4% amortiguado con borato de sodio. Solo se usó una de las muestras del par coleccionado por la bongo.

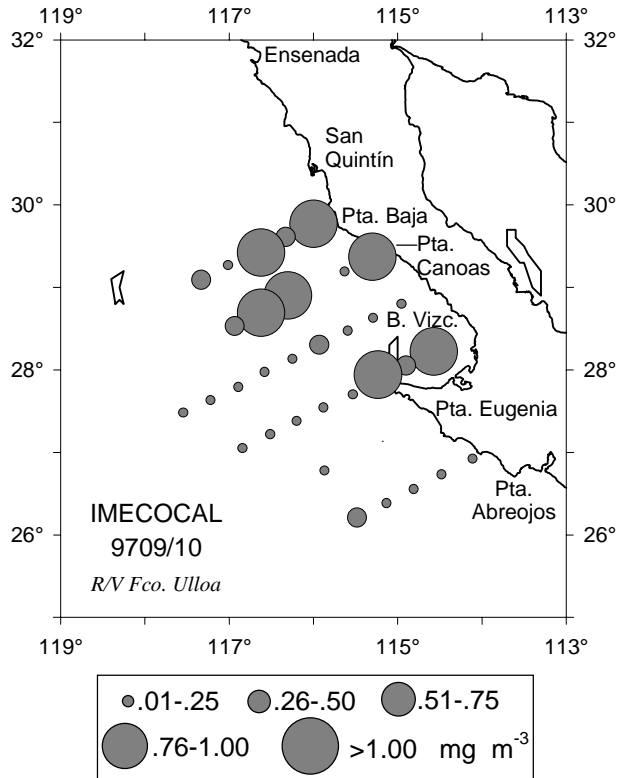


Figura 1. Distribución superficial de clorofila a durante Sep.-Oct. 1997.

Análisis de laboratorio

El análisis de clorofila a y feopigmentos se realizó con un fluorímetro Turner, después de extraer los pigmentos con acetona al 90% durante 24 h a 4°C (Holm-Hansen et al., 1965). Las muestras para identificación del fitoplancton se dejaron sedimentar por 24 h, y posteriormente se analizaron con un microscopio invertido. Solo se presentan datos de 34 estaciones visitadas por el IMECOCAL 9709/10, 13 del 9801/02 y 12 del 9807.

Se determinó el volumen desplazado de zooplancton por el método descrito en Smith y Richardson (1977). Posteriormente se identificaron y contaron los grupos principales del zooplancton y las especies de copépodos con un microscopio estereoscópico. Para ello se usó una alícuota de la muestra original (de 1/8 a 1/32 dependiendo de la concentración de organismos en la muestra). Los grupos se contaron en tres de los cruceros (IMECOCAL 9709/10, 9801/02 y 9809/10) y los copépodos en dos (9709/10 y 9801/02).

Análisis de datos

Como los datos no presentaron una distribución normal se usaron pruebas no paramétricas. Las capturas diurnas y nocturnas de zooplancton se compararon mediante la prueba de Mann-Whitney, así como para comparar áreas norte (líneas 100-117) y sur (líneas 120-130). Para la comparación entre cruceros se usó la prueba de la mediana de Kruskal-Wallis, y cuando se encontraron diferencias significativas con esta prueba se procedió a comparar por pares de cruceros con la prueba de Mann-Whitney.

Resultados

Biomasa del plancton

Durante el otoño de 1997 la concentración superficial de clorofila *a* en la parte norte del área de estudio hasta Bahía Vizcaino presentó valores superiores a 0.76 mg m^{-3} (Fig. 1). En el área restante casi todos los valores se mantuvieron por debajo de los 0.25 mg m^{-3} . En las demás campañas fue posible estimar la concentración de clorofila *a* integrada de la capa superior (Fig. 2). En enero-febrero se observaron biomazas altas en las estaciones más cercanas a la costa (de Ensenada a Bahía Vizcaino), mientras que en la zona oceánica se presentaron las mas bajas del periodo de estudio. Ya para el verano la

concentración de clorofila *a* se incrementó significativamente respecto al invierno anterior ($Z=-3.74$, $p<0.001$) y continuó así durante el otoño de 1998. Tampoco se observa en estos periodos una diferencia costa-océano como ocurría en el invierno.

Contrariamente, la biomasa de zooplancton fue mayor en la fase intensa del Niño (Fig. 3), mostrando una disminución significativa en el otoño 1998 respecto a los dos primeros cruceros ($\chi^2=10.04$, $p=0.002$). Las medianas en 9709/10 y 9801/02 fueron de 103 y $100 \text{ ml}/1000 \text{ m}^3$ respectivamente, contra $63 \text{ ml}/1000 \text{ m}^3$ en 9809/10. Otra diferencia entre el comportamiento de las biomazas de fito y zooplancton fue que en el invierno 1998, no correspondió el gradiente costa-océano que presenta la clorofila con el volumen de zooplancton, ya que para este último se observaron valores altos en la zona oceánica y costera indistintamente. Es notable que a través del ciclo del Niño, la parte sur de la zona de estudio, mantuvo alta la biomasa de zooplancton.

Debe tenerse en cuenta que la hora de colecta influye en el monto de la captura obtenida, debido a la tendencia de muchos organismos de ocultarse de los depredadores durante el día en estratos más profundos, y subir por la noche a alimentarse cerca de la superficie marina. En este estudio se encontró que las muestras nocturnas (mediana = $113 \text{ ml}/1000 \text{ m}^3$) fueron significativamente mas altas ($Z=-5.523$, $p<0.001$) que las diurnas (mediana = $68 \text{ ml}/1000 \text{ m}^3$).

Composición del fitoplancton

Para el otoño 1997 se tiene el análisis mas completo de la composición del fitoplancton por grupos. Se puede observar que varió en diferentes zonas (Fig. 4). Las diatomeas

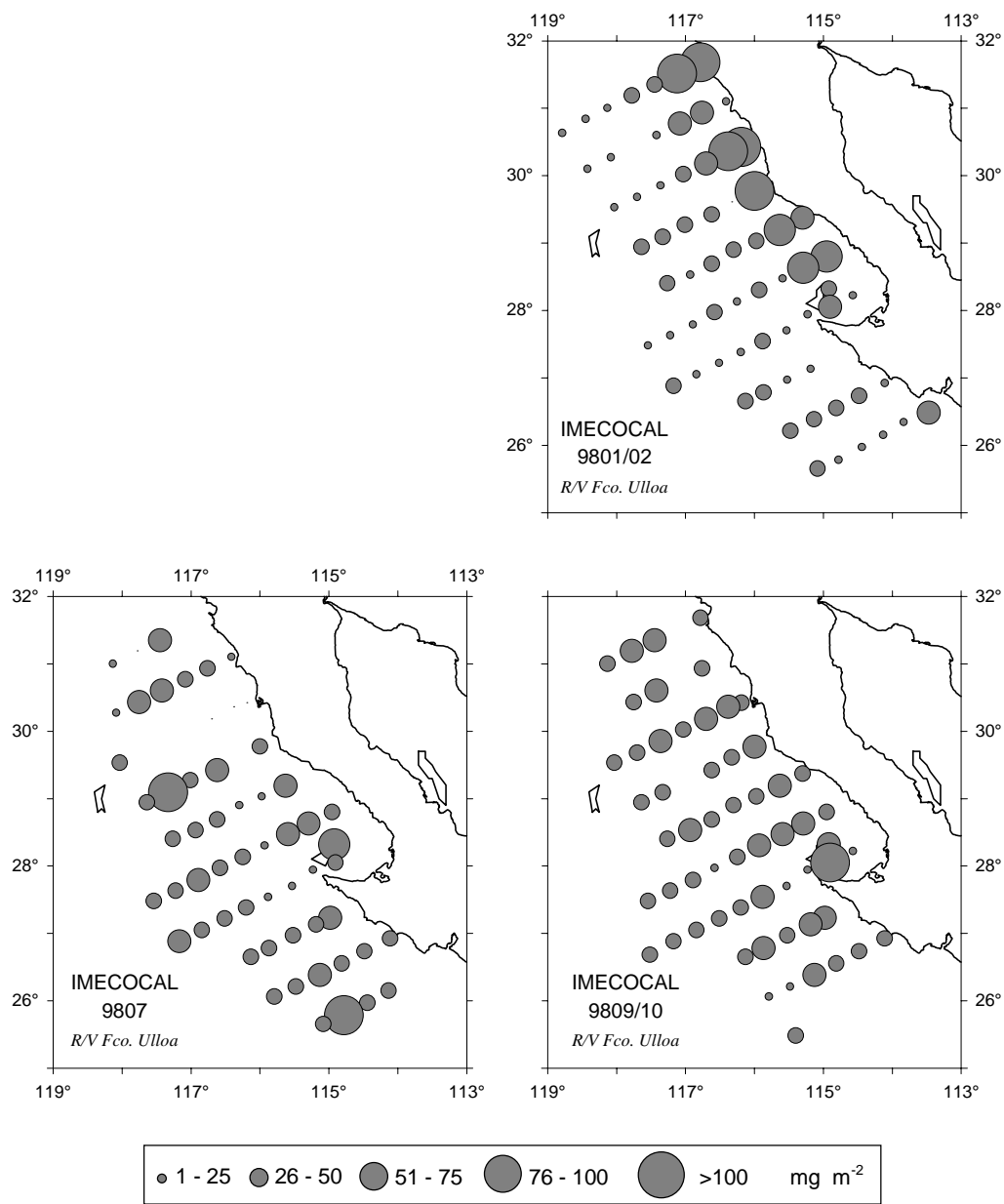


Figura 2. Clorofila *a* integrada (0-150 m) durante Ene.-Feb., Jul. y Sep.-Oct. 1998

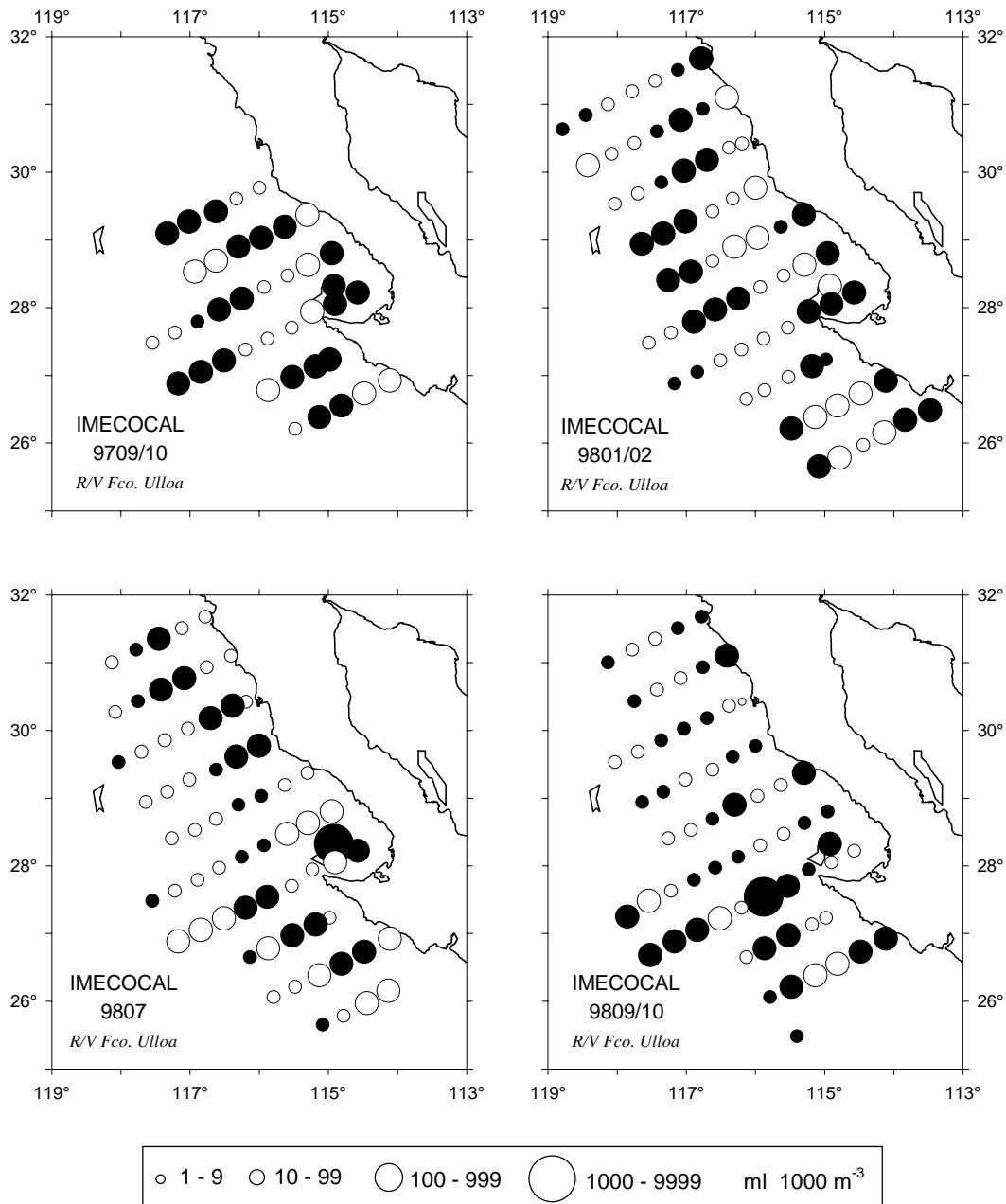


Figura 3. Volumen de zooplancton durante el ciclo del Niño 1997-98.
Se indican las capturas diurnas (blanco) y nocturnas (negro).

céntricas y los dinoflagelados desnudos fueron muy abundantes entre Pta. Baja y Pta. Canoas. En Bahía Vizcaino hubo un mejor reparto entre los diferentes grupos, aunque también dominaron las diatomeas céntricas. En cambio en la zona oceánica central del área de estudio, estuvieron prácticamente ausentes, así como en la zona de Pta. Eugenia-Pta. Abrejos.

En enero-febrero 1998 la importancia de las diatomeas céntricas cambia en las diferentes zonas, y mientras eran abundantes de Pta. Baja a Vizcaino ahora no lo son y en cambio en la zona oceánica central se incrementaron. También aumentaron su importancia en esta zona las diatomeas penadas y los dinoflagelados desnudos. La zona más sureña no mostró muchos cambios, tan solo un ligero incremento en la mayoría de los grupos.

En julio 1998 solo se examinó una muestra en la zona de Vizcaino, la cual no indica una gran diferencia con el invierno precedente. Las restantes muestras analizadas en julio fueron de la zona oceánica central. La composición de los grupos en esta zona fue muy similar a la observada en el otoño 1997.

Composición del zooplancton

La composición del zooplancton presentó una abundancia mayor del grupo de copépodos a través del área y periodos analizados (Fig. 4). Sin embargo, es en la zona de Vizcaino que este grupo alcanza concentraciones altas, al igual que los eufáusidos durante el pico del evento (otoño-invierno 1997-98). Las apendicularias también tuvieron una presencia ligeramente mayor en Vizcaino, pero en general fueron bastante escasas en las muestras.

El grupo de las salpas, se comportó en forma diferente, ya que su presencia fue más importante en la parte sur del área de estudio (particularmente en enero-febrero y septiembre-octubre 1998) y zona oceánica central (particularmente en septiembre-octubre 1998).

Los grupos de depredadores más importantes del zooplancton fueron los quetognatos y sifonóforos. La variación observada en estos grupos siguió el mismo patrón que su presa principal, los copépodos. Otros grupos de zooplancton se encontraron presentes (decápodos, anfípodos, cladóceros, medusas, doliólidos, etc.) pero aquí solo hemos ilustrado a los siete más importantes (Fig. 4).

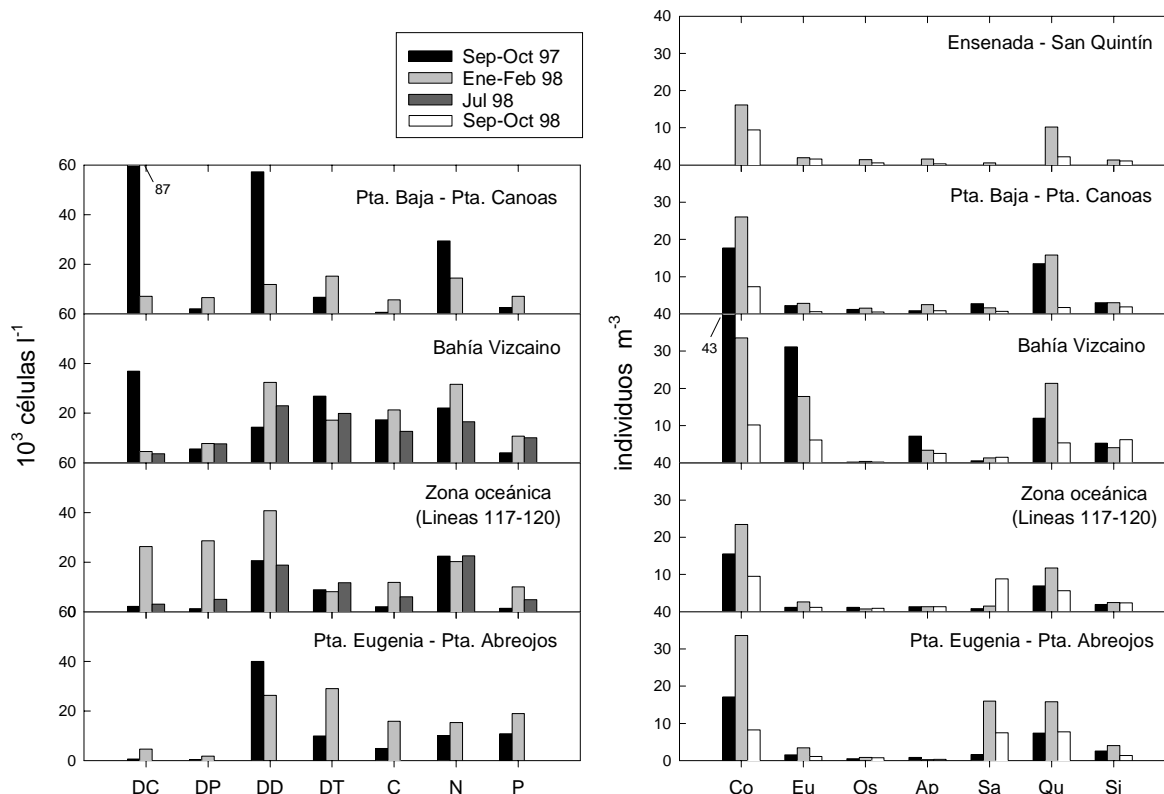


Figura 4. Medianas de abundancia por áreas y periodos de: Fitoplancton (izquierda): diatomeas céntricas (DC), diatomeas penadas (DP), dinoflagelados desnudos (DD), dinoflagelados tecados (DT), Cryptomonas (C), Nanoflagelados (N) y Protozoarios (P). Zooplancton (derecha): copépodos (Co), eufáusidos (Eu), ostrácodos (Os), apendicularias (Ap), salpas (Sa), quetognatos (Qu), sifonóforos (Si). (No se tienen datos de fitoplancton en Sep-Oct 98, ni de zooplancton en Jul 98).

Tabla 1. Número de especies de copépodos encontradas durante la fase intensa del Niño 1997-98

ORDEN	SEP-OCT 97 (N=39)	ENE-FEB 98 (N=68)	TOTAL (N=107)
Calanoida	103	83	111
Cyclopoida	4	4	5
Harpacticoida	0	1	1
Poecilostomatoida	28	30	35
Siphonostomatoida	0	1	1
Únicamente a género	7	6	9

Copépodos y su afinidad biogeográfica

Los copépodos fueron el grupo más abundante del zooplancton y por ello se decidió analizar antes que en ningún otro grupo su composición por especies. Es notable que durante el otoño 1997 se encontraron mayor número de especies del orden calanoida, a pesar de haberse analizado un menor número de muestras (Tabla 1). De las 153

especies encontradas en estos dos cruceros, solo 53 aparecieron en más del 10% de las muestras. Si considerásemos como dominantes aquellas especies que se encontraron en más del 50% de las muestras en uno o ambos cruceros, el conjunto se reduce a 30. De estas especies dominantes, 14 fueron oceánicas, 7 neríticas (plataforma continental) y 3 costeras (Fig. 5).

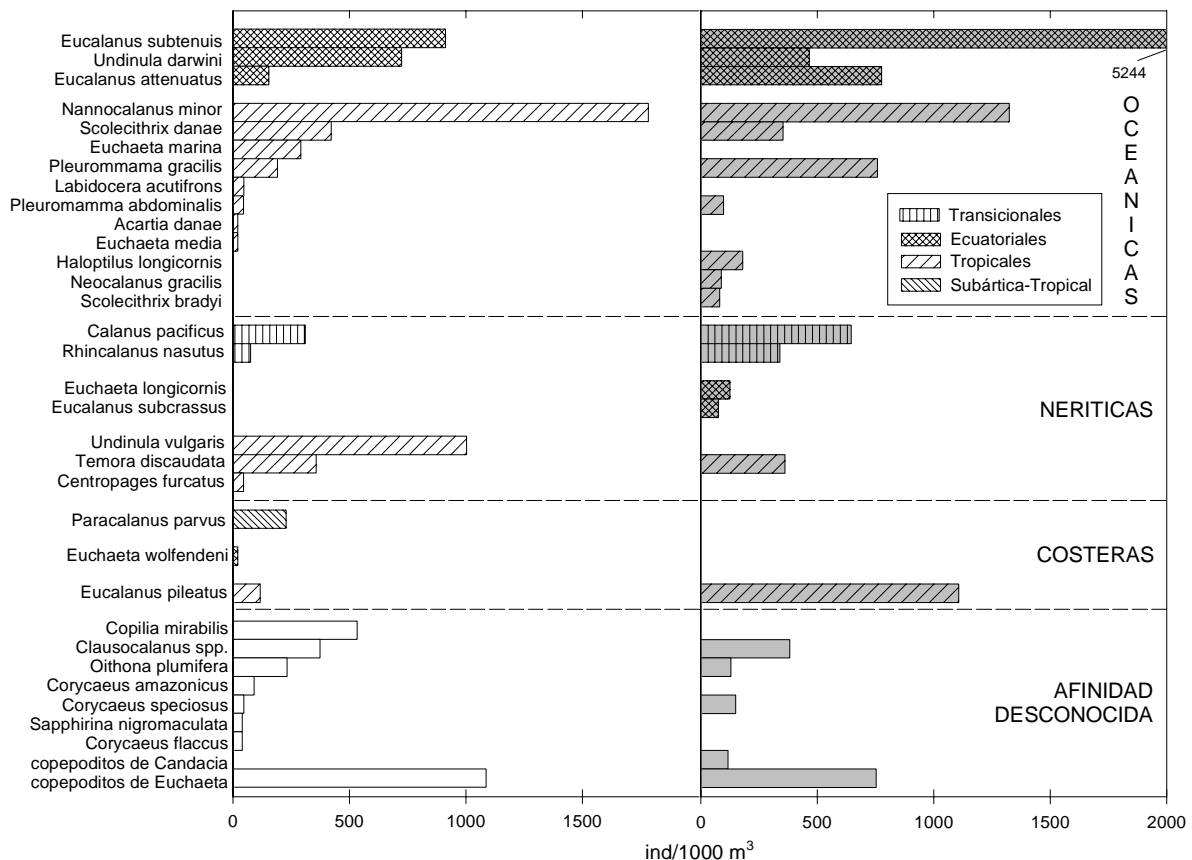


Figura 5. Medianas de la abundancia de las especies dominantes de copépodos, según su afinidad biogeográfica durante Sep-Oct 97 (barras blancas) y Ene-Feb 98 (barras grises).

Las especies consideradas típicas de la CC, *Calanus pacificus* y *Rhincalanus nasutus* se denominan transicionales, dado que la CC se define como una zona de transición entre las aguas subárticas y ecuatoriales (Brinton, 1962). Estuvieron presentes en baja abundancia, representando tan solo el 5 y 8% de la abundancia total, en otoño 1997 e invierno 1998. En cambio, las especies ecuatoriales fueron el 22 y 53% respectivamente. Estas especies tienen una distribución más restringida a la banda ecuatorial, mientras que otras, denominadas tropicales, tienen en realidad una distribución más amplia en aguas templado-cálidas, y también estuvieron bien representadas (53 y 34%). A *Oithona plumifera* y otras 5 especies de poecilostomatoides no se les asignó una zona biogeográfica definida. Estos porcentajes se refieren a la abundancia en cada grupo biogeográfico respecto de la

abundancia total en el conjunto dominante, después de calcular la mediana de cada especie.

Discusión

Este proyecto ha permitido documentar la respuesta del plancton a El Niño 1997-98 en el tercio sur de la CC. El desarrollo del evento está detalladamente descrito para la CC por Lynn et al. (1998) y Hayward et al. (1999), donde se incluyen las áreas de California (Programa CALCOFI) y Baja California (Programa IMECOCAL). Desde fines del verano de 1997 hasta el verano de 1998, las aguas costeras de las Californias estuvieron influenciadas fuertemente por condiciones El Niño (Lynn et al. 1998). En el otoño de 1998 el ecosistema se relajó, para dar paso inmediatamente a condiciones frías desde principios de 1999 (Hayward et al. 1999). El monitoreo en la región de Baja California comenzó hasta septiembre de 1997, cuando el ENOS ya estaba en su máxima intensidad. En dicho periodo se observó un chorro de agua con flujo hacia el polo con particular fuerza al sur de Pta. Eugenia (ver Fig. 20 en Lynn et al., 1998). Las anomalías de temperatura y salinidad, basadas en datos para el periodo 1950-78 reportados por Lynn et al. (1982), alcanzaron valores máximos (8°C y 0.8 ups).

La respuesta biológica es menos clara. Aparentemente la clorofila integrada mostró una tendencia a la recuperación después de valores bajos en el pico del evento, a juzgar por la diferencia significativa entre los valores de invierno y verano-otoño 1998. Sin embargo, no tenemos un promedio histórico para evaluar la magnitud de los valores registrados. Más al norte, en la Cuenca del Sur de California, ninguna tendencia fue observada y los valores de clorofila integrada de estuvieron cercanos al promedio del periodo 1984-1997 (Hayward 1999).

En el caso del zooplancton existe la base de datos CALCOFI, que para el área de Baja California comprende el periodo 1951-84. Lavaniegos et al. (1998) analizaron las tendencias de largo plazo en biomasa, incluyendo algunos datos existentes para las últimas décadas. Estos autores encontraron que las medianas históricas estuvieron en el intervalo de 86 a 108 ml/1000 m³ entre junio y octubre y de 58 a 77 ml/1000 m³, entre noviembre y mayo. Por lo tanto, puede considerarse que la biomasa de zooplancton mantuvo valores relativamente altos durante el pico del evento (otoño 97-invierno 98) en la región de Baja California. Fue hasta el otoño de 1998 que la biomasa del zooplancton mostró una disminución franca (63 ml/1000 m³). Esto contrasta con la tendencia observada en la zona americana de la CC, donde la disminución de la biomasa fue evidente desde febrero (Lynn et al. 1998). De hecho esa región del sur de California ha experimentado una disminución sostenida en los últimos veinte años (Roemmich y McGowan 1995), así que los volúmenes de febrero y abril de 1998 fueron mínimos históricos (Lynn et al. 1998).

Puesto que el Niño en el Pacífico noreste se propaga de sur a norte, se esperaba que la disminución del zooplancton fuera observado primero en Baja California y posteriormente en California. ¿Por qué observamos lo contrario? Tal vez la respuesta biológica no esta fuera de fase, sino que el parámetro es inadecuado para medirla. Tal vez es necesario ir mas allá de la biomasa y averiguar que paso con la estructura de la comunidad. En efecto la composición por grupos presentó importantes diferencias si se comparan los otoños de 1997 y 1998. En otoño 97 hubo más copépodos y eufáusidos que en otoño 98, particularmente en Bahía Vizcaino. En cambio las salpas fueron

menos abundantes en 97 que en 98, particularmente en la zona oceánica y al sur de Pta. Eugenia. El incremento de salpas podría estar relacionado con un incremento en la biomasa del fitoplancton, ya que las salpas son un grupo herbívoro con altas tasas de filtración.

Durante el pico del evento, aunque había una menor cantidad de clorofila, podría haber bastado para soportar poblaciones importantes de copépodos, sobre todo si consideramos que muchas especies tropicales son de menor talla que las templadas o transicionales. Las especies tropicales y ecuatoriales (por ejemplo *Nannocalanus minor* y *Eucalanus subtenuis*) tendrían una ventaja competitiva sobre las dominantes habituales de la CC, *Calanus pacificus* y *Rhincalanus nasutus*. Esta interpretación debe tomarse con cautela, ya que no podemos deducir de la concentración de clorofila *per se* que haya mayor producción. Una baja concentración de clorofila durante El Niño también podría indicar un pastoreo activo del zooplancton. Además, las especies transicionales podrían haber sido afectadas por otros factores físicos como la temperatura y la salinidad. Por otro lado, no todas las especies tropicales son de tallas pequeñas, como es el caso de *Undinula vulgaris* y la especie ecuatorial *Undinula darwini*. Ambas fueron muy abundantes en el otoño 1997 y es muy probable que esta última haya sido acarreada por la corriente de chorro ya que se trata de una especie nerítica de aguas cálidas.

¿Es la elevada cantidad de especies de tropicales una indicación de la fuerza de acarreo durante del ENOS o es que la región bajacaliforniana de la CC es en si misma más tropical y por ello responde de manera diferente al impacto del ENOS? También podría estar ocurriendo un proceso de "tropicalización" en la zona originado por cambios en el régimen climático de otra escala temporal. Los censos de copépodos en la fase de recuperación de este evento, nos permitirán saber si las especies que dominaron durante septiembre-octubre de 1997 y enero-febrero de 1998 mantienen su dominancia o son desplazadas por especies templadas. Mientras tanto, contamos con indicios de que la penetración de especies ecuatoriales hacia el norte ha sido mayor en el evento reciente de 1997-98 que durante el ENOS 1958-59 (Fleminger, 1964, 1967). Idealmente podríamos saber las consecuencias del ENOS si la estructura promedio de la comunidad planctónica fuese conocida. Sin embargo la caracterización biológica de la CC, como la mayoría de las comunidades de los grandes ecosistemas marinos, no ha llegado a este grado de precisión, como para poder expresar las diferencias en porcentajes de cambio. Hay una escasez de datos cuantitativos por especies y aún a nivel cualitativo hay imprecisiones en la asignación de categorías biogeográficas (Fleminger 1964, 1967, 1973, 1975; Brodskii 1967, 1972; Palomares et al. 1998). Afortunadamente existe el acervo de muestras CALCOFI del periodo 1951-84 que permiten plantear una línea de investigación en esa dirección. Pero eso sería el tema de otro proyecto.

Agradecimientos

El apoyo financiero para esta investigación provino del CONACYT a través del proyecto 017PÑ-1297 y del proyecto interno del CICESE 6212. R.D. agradece financiamiento parcial de la UABC. Las muestras fueron colectadas por el Programa IMECOCAL con fondos del proyecto de grupos G0041-T9607 del CONACYT. Se reconoce fuertemente

la colaboración de los técnicos y estudiantes que participaron en los cruceros, así como la del personal del B/O *Francisco de Ulloa*.

Literatura citada

- Brodeur R.D. 1986. Northward displacement of the euphausiid *Nyctiphanes simplex* Hansen to Oregon and Washington waters following the El Niño event of 1982-83. *J. Crustacean Biol.* 6:686-692.
- Brodeur R.D., Gadomsky D.M., Pearcy W.G., Batchelder H.P. y Miller C.B. 1985. Abundance and distribution of ichthyoplankton in the upwelling zone off Oregon during anomalous El Niño conditions. *Estuar. Coast. Shelf Science* 21:365-378.
- Brodskii K.A. 1967. Calanoida of the Far Eastern Seas and Polar Basin of USSR. Keys to the Fauna of the USSR No.35 (Akademiya Nauk SSSR. Inst. Trudy Zoologicheskogo. 1950). Israel Program for scientific translations Ltd, Israel.
- Brodskii K.A. 1972. Phylogeny of the family Calanidae (Copepoda) on the basis of a comparative morphological analysis of its characters. (pp. 1-127) En: Zvereva, Z.A. (ed.) *Geographical and Seasonal Variability of Marine Plankton. Studies of marina fauna* 12. Israel program for Scientific Translations, Jerusalem.
- California Department of Fish and Game. 1998. Review of some California fisheries for 1997. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Inves. Rep.* 39:9-24.
- Chelton D.B., Bernal P.A. y McGowan J.A. 1982. Large-scale interannual physical and biological interactions in the California Current. *J. Mar. Res.* 40:1095-1125.
- Fiedler P.C. 1984. Some effects of El Niño 1983 on the northern anchovy. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Inves. Rep.* 25:53-58.
- Fiedler P.C., Methot R.D. y Hewitt R.P. 1986. Effects of California El Niño 1982-1984 on the northern anchovy. *J. Mar. Res.* 44:317-338.
- Fleminger A. 1964. Distributional Atlas of Calanoid Copepods in the California Current Region, Part 1. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Inves. Atlas No.2:ix-xvi, charts 1-313.*
- Fleminger A. 1967. Distributional Atlas of Calanoid copepods in the California Current Region, Part 2. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Inves. Atlas No.7: v-xvi, charts 1-213.*
- Fleminger A. 1973. Pattern, number, variability and taxonomic significance of integumental organs (sensilla and glandular pores) in the genus *Eucalanus* (Copepoda: Calanoida). *Fish. Bull.* 71:965-1010.
- Fleminger A. 1975. Geographical distribution and morphological divergence in american coastal-zone planktonic copepods of the genus *Labidocera*. (p. 392-419) En: Cronin, L.E. *Estuarine Research Vol.1: Chemistry, Biology and the Estuarine System.* Academic Pres Inc.
- Hammann M.G., Palleiro-Nayar J.S. y Sosa-Nishizaki O. 1995. The effects of the 1992 El Niño on the fisheries of Baja California, Mexico. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 36:127-133.
- Hayward L.T., Baumgartner T.R., Checkley D.M., Durazo R., Gaxiola Castro G., Hyrenbach K.D., Mantyla A.W., Mullin M.M., Murphree T., Schwing F.B., Smith P.E. y Tegner M.J. 1999. The state of the California Current in 1998-1999: Transition to cool-water conditions. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 40:29-62.
- Holm-Hansen O., Lorenzen C., Holmes R. y Strickland J. 1965. Fluorimetric determination of chlorophyll. *J. Cos. Perm. Int. Explor. Mer* 30:3-15.

- Huyer A. y Smith R.L. 1985. The signature of El Niño off Oregon, 1982-1983. *J. Geophys. Res.* 90:7133-7142.
- Lavaniegos B.E., Gómez-Gutiérrez J., Lara-Lara J.R. y Hernández-Vázquez S. 1998. Long-term changes of zooplankton volumes in the California Current System.- The Baja California region. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 169:55-64.
- Lynn R.J., Bliss K.A. y Eber L.E. 1982. Vertical and horizontal distributions of seasonal mean temperature, salinity, sigma-t, stability, dynamic height, oxygen and oxygen saturation in the California Current, 1950-1978. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Atlas* 30, 513 pp.
- Lynn R.J., Baumgartner T., García J., Collins C.A., Hayward T.L., Hyrenbach K.D., Mantyla A.W., Murphree T., Shankle A., Schwing F.B., Sakuma K.M. y Tegner M.J. 1998. The State of the California Current, 1997-1998: transition to El Niño conditions. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 39:25-49.
- McGowan J.A. 1985. El Niño 1983 in the Southern California Bight, p. 166-184. En: Wooster W.S. y Fluharty D.L. (eds.) *El Niño North.- Niño effects in the eastern Subarctic Pacific Ocean.* Washington Sea Grant Program, Seattle.
- Miller C.B., Batchelder R.D., Brodeur R.D. y Pearcy W.G. 1985. Response of the zooplankton and ichthyoplankton off Oregon to the El Niño of 1983, p. 185-187. En: Wooster, W.S. y Fluharty, D.L. (eds.) *El Niño North.- Niño effects in the eastern Subarctic Pacific Ocean.* Washington Sea Grant Program, Seattle.
- Palomares R., Suárez-Morales E. y Hernández-Trujillo S. 1998. Catálogo de los Copépodos (Crustacea) Pelágicos del Pacífico Mexicano. CICIMAR-ECOSUR, México, D.F., 352 p.
- Pearcy W.G. y Schoener A. 1987. Changes in the marine biota coincident with the 1982-1983 El Niño in the northeastern Subarctic Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.* 92:14417-14428.
- Philander S.G. 1981. The response of equatorial oceans to a relaxation of the trade winds. *J. Phys. Oceanogr.* 11:176-189.
- Reinecker M.M. y Mooers C.N.K. 1986. The 1982-1983 Niño off northern California. *J. Geophys. Res.* 91:6597-6608.
- Roemmich D. y McGowan J.A. 1995. Climatic warming and the decline of zooplankton in the California Current. *Science* 267:1324-1326.
- Smith P.E. 1985. A case history of an anti-El Niño to El Niño transition on plankton and nekton distribution and abundances, p. 121-142. En: Wooster W.S. y Fluharty D.L. (eds.) *El Niño North.- Niño effects in the eastern Subarctic Pacific Ocean.* Washington Sea Grant Program, Seattle.
- Smith P.E. y Richardson S.L. 1977. Standard techniques for pelagic fish eggs and larvae surveys. *FAO Fisheries Tech. Paper* 175:1-100.
- Vega-Velázquez A. 1999. Reproductive pattern of *Panulirus interruptus* as related to sea temperature and Ekman transport in central Baja California peninsula: effects of the El Niño and La Niña during 1997-1999. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Fiftieth Anniversary Conference:* P-28.
- Wang B. 1995. Interdecadal changes in El Niño onset in the last four decades. *J. Climate* 8:267-285.
- Volter K. y S. Timlin S. 1998. Measuring the strength of the ENSO events: How does 1997/98 rank? *Weather* 53:315-324.

Wyrski K. 1975. El Niño.- The dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing. J. Phys. Oceanogr.