

# EL FENOMENO DE “EL NIÑO”

Guillermo Vargas Castillo  
Meteorólogo

*El autor expresa sus agradecimientos al Sr. Ricardo Rojas, del I.H.A., al Sr. Sergio Avaria, del Instituto de Oceanología de la Universidad de Valparaíso, y al Sr. Nelson Silva, de la Universidad Católica, por sus observaciones en relación a oceanografía y biología marina.*

## INTRODUCCION

**E**n los tiempos coloniales las naves españolas tardaban aproximadamente 90 días en cubrir la distancia El Callao-Valparaíso, en una ruta cercana a la costa. Durante el viaje colocaban sus vinos y bebidas en jabas de paja que sumergían en las frescas aguas.

Las primeras observaciones se refieren a la abundante nubosidad predominante, y sin duda que a los navegantes de la época no les pasaría desapercibida la deriva de las aguas hacia el norte.

Buscando acortar la gran duración del viaje, el navegante español Juan Fernández siguió una derrota más alejada, al oeste. Con ello descubre, en 1585, el archipiélago que lleva su nombre y logra disminuir el tiempo de travesía a 30 días.

En octubre de 1802 el naturalista alemán Alexander von Humboldt se encontraba en Huanchaco, Perú, cuando el frío océano captó su atención. Al comprobar su temperatura observó que tenía de 5 a 7° C menos que otras aguas a la misma latitud. Se puede afirmar que en ese momento se iniciaron los registros y estudios de la corriente marina que lleva el nombre del ilustre fundador de la moderna geografía física. Estos estudios aún continúan, pues se ha confirmado la influencia

vital de la corriente para la región comprendida por Chile, Perú, Ecuador y Colombia.

La corriente de Humboldt tiene su origen en la interacción océano-atmósfera, que se traduce en una amplia célula de circulación que abarca todo el Pacífico sur. Esta gran circulación ha llevado a elaborar teorías para explicar influencias polinésicas en el continente, y a audaces navegantes a comprobarlas.

En 1947 el noruego Thor Heyerdahl, a bordo de la balsa *Kon Tiki*, navega desde Perú a las islas polinésicas.

Por su parte, el francés Eric de Bishchop efectúa el viaje redondo entre 1956 y 1958. A bordo de la *Tahiti Nui I* zarpa de Tahiti, pero logra llegar a 150 millas de la isla Robinson Crusoe. Allí es recogido por la *Baquedano*, que lo lleva a Valparaíso. Posteriormente, en Constitución se construye la *Tahiti Nui II*, continuándose el viaje en esta balsa hasta recalar en el puerto de partida.

Nuevos estudios sobre la corriente de Humboldt permiten explicar cómo es posible la conservación de las bajas temperaturas, a medida que las aguas se desplazan al Ecuador. También se explica cómo el efecto estabilizador sobre la atmósfera, en conjunto con los vientos alisios, dan origen a la zona desértica y a

la carencia de lluvias en el norte de Chile y costas de Perú.

Sin embargo, aperiódicamente se ha observado que las condiciones prevalentes de la corriente de Humboldt dan paso a la presencia de aguas cálidas en las costas de Ecuador y Perú, advirtiéndose ocasionalmente en el norte de Chile. Intensas lluvias acompañan a estas aguas y gran mortandad se produce en las especies marinas. Esta nueva corriente, procedente del norte, se deja sentir generalmente a partir del mes de diciembre. Por este motivo se le denominó inicialmente corriente de El Niño.

Así como la corriente de Humboldt es parte de un sistema de gran escala, la corriente de El Niño tampoco es un elemento aislado. Hay un conjunto de fenómenos cuyos efectos se aprecian a nivel global, y por ello se ha cambiado la denominación a fenómeno de El Niño.

## LA CORRIENTE DE HUMBOLDT

La costa occidental de Sudamérica se encuentra bajo el predominio del anticiclón del Pacífico, el que se centra aproximadamente en 25° S y 90° O. Alrededor de este centro los vientos circulan contra el sentido del reloj, impulsando las aguas de la corriente de Humboldt.

### Características oceanográficas

La corriente formada por aguas subantárticas se desplaza al norte desde los 40° S en verano y 45° S en invierno, bañando las costas chilenas. Fluye al noroeste en la costa peruana. En la vecindad del golfo de Guayaquil la masa principal se aleja de la costa sudamericana y pasa a integrar la corriente ecuatorial sur. Sin embargo, una parte continúa su curso hacia el norte, a lo largo de las costas de Colombia, y entra al golfo de Panamá.

El ancho de la corriente se estima entre 100 y 250 millas y su profundidad entre 500 y 800 metros.

La temperatura superficial es del orden de 10° C en 40° S, 14° C en 30° S, 20° C en 18° S y 22° C en 10° S.

La termoclina, o nivel de mayor gradiente de temperatura con la profundidad, se ubica en las cercanías de los 50 metros.

Por su parte, la salinidad es del orden de 34.5 partes por mil en latitud 30° S, 35.1 en 18° S y 35.2 a 35.3 frente a las costas peruanas. Estos valores pueden catalogarse como de baja salinidad, debido al sector lluvioso donde las aguas subantárticas toman sus características.

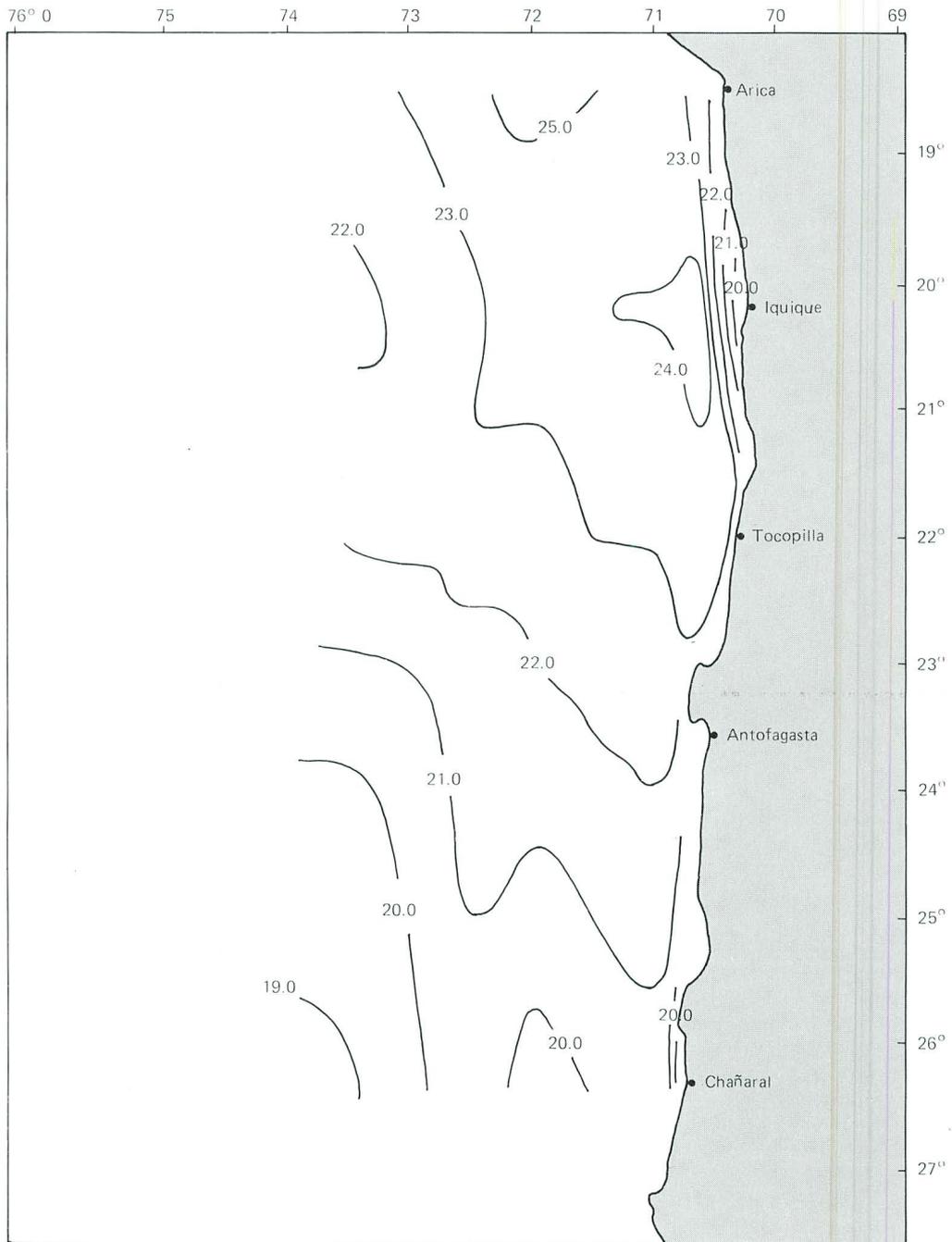
Al soplar sobre la corriente de Humboldt, los vientos alisios contribuyen al fenómeno de surgencia en distintos puntos, a lo largo de la costa comprendida entre 5° y 35° de latitud sur.

En este proceso el viento desplaza las aguas superficiales hacia alta mar, permitiendo el afloramiento de aguas más frías provenientes de profundidades que oscilan entre 50 y 300 metros. Dicho afloramiento favorece la conservación de las bajas temperaturas en relación a la latitud, a lo largo de la trayectoria de la corriente. Asimismo, renueva constantemente los nutrientes, como los fosfatos, nitratos y silicatos, facilita el desarrollo del fitoplancton, zooplancton y, consecuentemente, a toda la cadena alimentaria que desemboca en los recursos pesqueros necesarios para la economía de los países de la región.

### Características climatológicas

La superficie fría de Humboldt es un factor que estabiliza la masa de aire marítimo tropical que predomina en las costas de la región. Este efecto se traduce en abundante nubosidad estratificada que disipa sobre la costa en las horas de máxima temperatura del aire. Asimismo, es responsable de la formación de nieblas en la zona central de Chile y de neblinas o camanchacas en la costa norte de Chile y de Perú.

**Figura 1**  
**ADVECCION DE AGUAS CALIDAS DE EL NIÑO, EN DICIEMBRE DE 1982**



El efecto estabilizador sobre la baja troposfera, los vientos alisios de componente este y el efecto subsidente del anticiclón del Pacífico sureste contribuyen a la escasez de lluvia en los sectores costeros al norte de latitud 30° S.

### Características biológicas

Diversos factores influyen en la vida marina: temperatura, iluminación, gases disueltos, sustancias químicas en solución y presión.

La magnitud de estos factores en la corriente permiten la existencia de una profusión de organismos vegetales microscópicos (fitoplancton: diatomeas, dinoflagelados y algas) y animales microscópicos (zooplancton: protozoos y larvas), que en conjunto constituyen el plancton.

El fitoplancton, primer eslabón de la cadena alimentaria, transforma los nitratos y fosfatos en azúcares, grasas y proteínas, a través del proceso de fotosíntesis. Su abundancia depende en gran medida del fenómeno de surgencia, proliferando en lapsos de 18 a 36 horas y con un vida aproximada de una semana.

La cadena alimentaria continúa con herbívoros como el zooplancton y las anchovetas, carnívoros como el tiburón, y termina con los organismos descomponedores que devuelven restos de energía y elementos químicos al ambiente físico.

Se tiene, así, que el plancton es a los peces como la pradera a la ganadería. Toda la economía del mar depende de su abundancia. De allí su vital importancia como fuente de vida de los recursos pesqueros.

La corriente de Humboldt ejerce su influencia en tres zonas de recursos pesqueros chilenos:

— En la I y II Región, donde se encuentran las siguientes especies: anchoveta, bonito, sardina, jurel, cojinova, atún, pez espada, cabinsa, cabrilla, congrio

colorado, pejerrey, tollo, loco, choro, almeja, cholga, macha y erizo.

— De la III a la V Región, donde influyen también aguas continentales provenientes de ríos, se halla: merluza, congrio, cabrilla, machuela, sardina, jurel, sierra, atún, pez espada, macha, loco, jibia, almeja, cholga, langostino, camarón, picoroco, erizo y piure.

— De la VI a la X Región, donde hay influencias de aguas de ríos y lluvias, se ubica: merluza, congrio, sierra, sardina, jurel, anchoveta corvina, pejerrey, cholga, loco, almeja, camarón, langostino, apancora, piure y erizo. Además hay numerosas algas.

### AVANCE DE AGUAS CALIDAS DE "EL NIÑO"

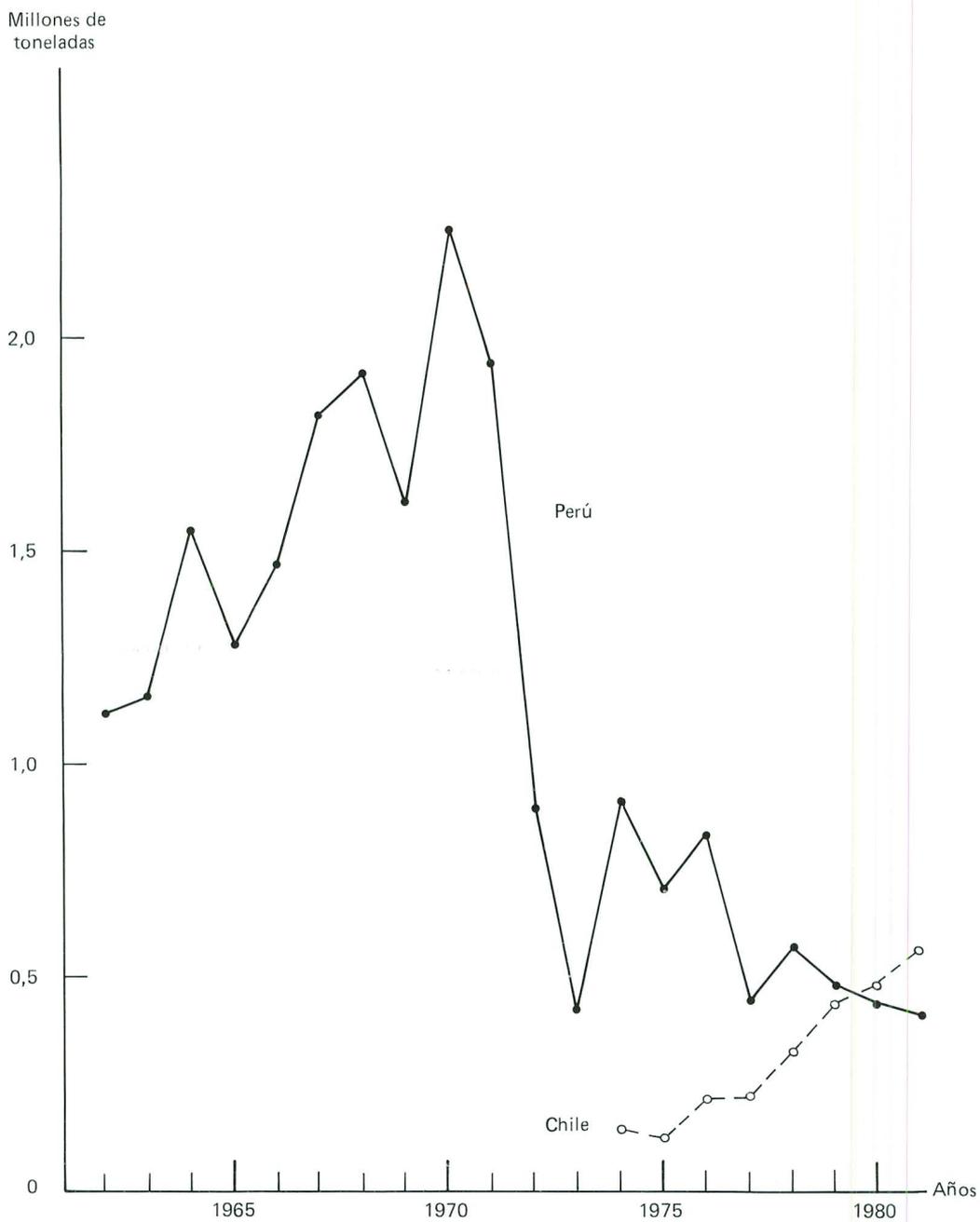
Estacionalmente, entre diciembre y marzo, se produce sobre las costas de Perú un avance de aguas cálidas desde el norte. Sin embargo, aperiódicamente estas condiciones se prolongan e intensifican a partir del ciclo estacional, detectándose sus manifestaciones hasta los 12° de latitud sur e incluso en ocasiones hasta los 37° sur.

Durante una situación típica, las condiciones anómalas aparecen en febrero y marzo, para extenderse y presentar un máximo en octubre y noviembre.

Cabe hacer presente que una de las excepciones se ha registrado en 1982, donde la actividad se manifestó entre julio de 1982 y julio de 1983, sin iniciarse a partir del ciclo estacional como en ocasiones anteriores.

En lo que va del siglo, el fenómeno de El Niño se ha experimentado en los años 1912, **1917**, **1925/26**, **1940/41**, 1953, **1957/58**, 1965, 1969, **1972/73**, 1976 y **1982/83**, siendo los años destacados los de mayores efectos.

**Figura 2**  
**PRODUCCION DE HARINA DE PESCADO**



### Características oceanográficas

El Niño ha sido definido como una anomalía térmica que en la superficie del mar, considerando medias mensuales, excede los 2° C sobre los promedios normales en las estaciones costeras.

En la figura 1 se puede observar, para diciembre de 1982, una clara advección de aguas cálidas hasta las cercanías de Chañaral. En la misma figura es notable la presencia de un lente de agua de 24° C frente a Iquique, que produce un frente térmico intenso con un atrapamiento de aguas más frías pegadas a la costa.

Durante el desarrollo del fenómeno El Niño las aguas ecuatoriales, provenientes de un sector lluvioso y por lo tanto de baja salinidad, se desplazan hacia las costas peruanas con salinidad del orden de 34.8 a 34.7 partes por mil.

A su vez, las aguas subtropicales de alta salinidad –producida por la evaporación intensa del Pacífico central– advectan hacia el norte de Chile, elevando la salinidad en este sector entre 35.3/35.4 partes por mil a la altura de Arica y entre 35.0/35.2 a la altura de Antofagasta.

Estas dos masas de agua ecuatoriales y subtropicales desplazan a las subantárticas de la corriente de Humboldt. Esto, junto al debilitamiento de los alisios, reduce o elimina las surgencias, modifica completamente el medio ambiente y con ello altera todo el ecosistema de la región.

### Características climatológicas

La temperatura del aire a lo largo de todas las costas afectadas por las aguas cálidas se eleva al menos en 2° en los promedios mensuales sobre los valores normales.

Los vientos alisios, de componente este, se debilitan como consecuencia de un debilitamiento del anticiclón del Pacífico, un desplazamiento de su centro al sur, suroeste u oeste, o un conjunto de estas condiciones a la vez.

La nubosidad estratificada y las nieblas propias de la corriente de Humboldt desaparecen o disminuyen, dejando paso a nubosidad de tipo convectivo o cumuloforme.

La lluvia del tipo chubascos se asocia principalmente a la convergencia intertropical, situación que afecta a las costas de Ecuador, sur de Colombia y norte de Perú.

Un segundo sector lluvioso se estima asociado a bandas nubosas que desde el área de Tahiti se extiende aproximadamente en ángulos de 40° relativos al Ecuador, cruzando sobre California y la zona central de Chile, produciendo precipitaciones desusadas en estos puntos.

Las lluvias inusualmente intensas que se producen en Perú, Ecuador y ocasionalmente en Colombia, tienen un gran impacto económico y social. Esto se debe a que los pueblos y ciudades costeras no están preparados para altos índices de precipitación.

Como ejemplo, en Ecuador –en el momento en que El Niño 82/83 estaba en la mitad de su desarrollo– había 54 mil hectáreas de terrenos cultivados inutilizados, 1.800.000 personas damnificadas y pérdidas del orden de 15 millones de dólares.

### Características biológicas

En las costas de Ecuador, Perú e incluso en el norte de Chile, se producen migraciones y mortandad de aves marinas y cambios en la distribución y cantidad de los recursos pesqueros.

Uno de los elementos del ecosistema pesquero, fácil de visualizar y que indica la presencia de El Niño, son las emigraciones de aves guaneras. Estas abandonan huevos y polluelos y muchas mueren en el trayecto al buscar condiciones de vida más favorables. En la pesquería, los cardúmenes se desorganizan y buscan aguas más frías, desplazándose hacia el sur.

A partir de 1972 se ha producido una crisis en la industria pesquera peruana, posiblemente por problemas de reproducción y sobrevivencia de huevos y larvas. Además, cardúmenes que quedan atrapados en pequeñas áreas dan la ilusión momentánea de abundancia y son capturados hasta su agotamiento.

Indudablemente, esta crisis se extiende a todas las actividades afines, como flotas, fábricas, mano de obra, disminución de exportaciones, etc., y pone además en peligro la supervivencia de las especies, con riesgo de extinción.

Los efectos más dramáticos pueden observarse en la figura N° 2, donde a partir de El Niño 72/73 la producción de harina de pescado en Perú cae en tal forma que aún en 1983 no se recupera. Asimismo, tanto en Chile como en Perú, se ve una producción particularmente baja en 1973, 1975 y 1977.

Sin embargo, es en la raíz de la cadena alimentaria donde comienzan las alteraciones, produciéndose cambios significativos en la composición, distribución y biomasa del fitoplancton. Las diatomeas propias del sector disminuyen notablemente y dan paso al plancton de aguas cálidas. En éste se han observado especies encontradas en diferentes fenómenos de El Niño, detectándose la presencia de estos microorganismos aun antes de que los instrumentos midan variaciones significativas que arrojen indicios anormales. Por este motivo, a dichas especies se les denomina "indicadores biológicos".

Los indicadores biológicos son organismos muy estrictos en cuanto a sus relaciones con ciertos factores del medio, tales como: temperatura, salinidad, oxígeno, ph, concentración de nutrientes, y otros. Estos organismos, que son capaces de reaccionar cuando se producen cambios mínimos en las variables antes mencionadas, se les conoce como especies "esteno" (estenotermas, estenohalinas, etc.) para diferenciarlos de las especies "euri" (euritermas, eurihalinas, etc.), que son aquéllas capaces de soportar gran-

des cambios en las condiciones ambientales y, por lo tanto, son malos indicadores.

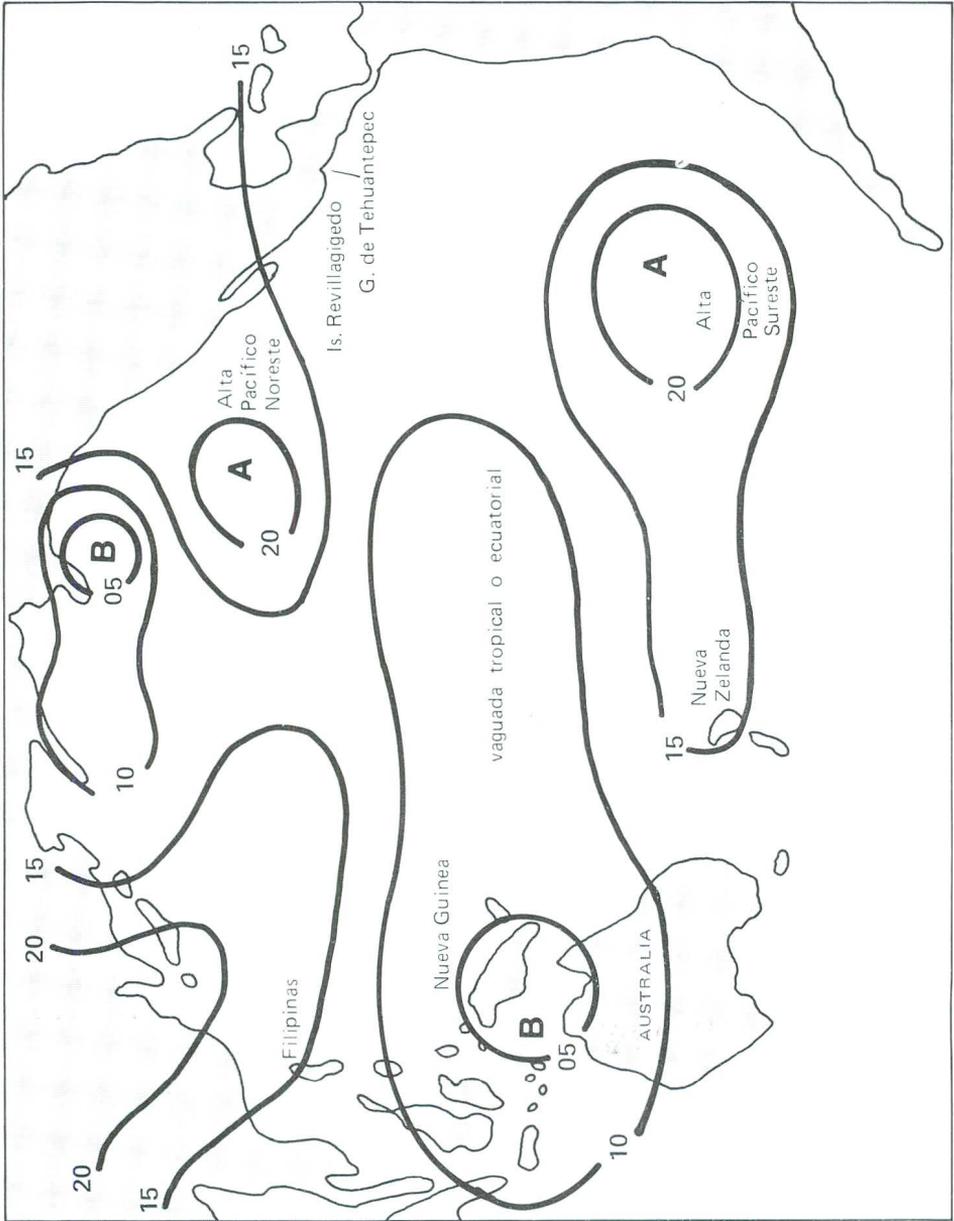
Los indicadores biológicos debidamente seleccionados juegan un rol muy importante en la constatación de anomalías en el ambiente marino y en sus eventuales predicciones. Las recientes investigaciones en relación al fenómeno de El Niño han reforzado estas evidencias, que se han traducido en la posibilidad de tipificar determinadas condiciones oceanográficas, tales como el frente ecuatorial, los afloramientos ecuatoriales al oeste de las Galápagos, zonas de surgencia costera y avance de aguas subtropicales hacia las costas de Perú y Chile.

La presencia de El Niño 1982/83 ha permitido afinar la selección de especies indicadoras de las anomalías oceanográficas que produce el fenómeno.

Existen numerosos indicadores biológicos; desde un tiburón o un crustáceo nadador tropical (*Euphyllax*), que se presentan aperiódicamente indicando avances de aguas cálidas en nuestras costas, hasta una pequeña diatomea (*Detonula*), que alcanza grandes concentraciones en las zonas de surgencia costera. Pero los mejores indicadores biológicos se han seleccionado entre aquellos organismos que conforman el plancton marino, los que debido a su relativa simplicidad reaccionan rápidamente ante los más leves cambios en las condiciones del medio que los circunda.

Los resultados preliminares de las investigaciones biológicas efectuadas —a fines de 1982— por los países de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), presentados en la Tercera Reunión del Comité Científico del Estudio Regional del Fenómeno de El Niño (ERFEN), permitieron apreciar que durante el fenómeno de El Niño 1982/83 las aguas costeras del Pacífico suroriental, desde el norte de Ecuador hasta frente a Chañaral en Chile, se vieron invadidas por especies de organismos fitoplanctónicos que, en condiciones normales, se encuentran a más de 70 millas de la costa. Ellos son la diatomea *Ethmodiscus gazellae* y el dinoflagelado

Figura 3  
CIRCULACION SUPERFICIAL DE LA ATMOSFERA EN EL PACIFICO



*Pyrophacus steinii*, indicadores del avance de aguas subtropicales hacia la costa como consecuencia de la inhibición de la surgencia costera producida por la alteración del régimen de vientos característico de la región.

La disminución del fitoplancton de las aguas frías trae, por consiguiente, la disminución de la producción secundaria (larvas y huevos) y alteraciones en la producción terciaria. En esta última se puede apreciar la aparición de peces muertos en la superficie del mar, condiciones físicas magras y migraciones hacia el sur o hacia aguas más profundas, buscando condiciones más favorables.

## **INTERACCION OCEANO-ATMOSFERA EN EL PACIFICO**

Dada la complejidad del fenómeno de El Niño es necesario, previamente, considerar la circulación que presenta la interacción océano-atmósfera en todo el Pacífico.

En la figura 3 se puede apreciar la circulación de la baja troposfera y en la figura 4 las corrientes oceánicas asociadas. En dichas figuras se observa un centro de alta presión en Pacífico sudeste, responsable de la circulación —contra los punteros del reloj— de los vientos y del mar en el Pacífico. Algo similar se produce en el hemisferio norte, con el centro de alta que se ubica en el Pacífico noreste.

En el golfo de Alaska, por su parte, se aprecia un área de bajas presiones.

En el Ecuador se observa un centro de baja presión en el norte de Australia, que prolonga un área de bajas presiones hacia el este. La convergencia de los vientos alisios en este sector da origen a la convergencia intertropical, que por su importancia se explica en detalle más adelante.

La superficie oceánica, entretanto, se desplaza al oeste siguiendo la circulación de ambos hemisferios, formando las

corrientes ecuatoriales norte y sur. Como respuesta se origina la contracorriente ecuatorial al este.

## **La convergencia intertropical**

Se denomina así a los sectores de la vaguada intertropical, donde los alisios de ambos hemisferios se encuentran bajo un ángulo pronunciado.

La zona tiene de 50 a 200 millas de ancho y generalmente está a 5° ó más del Ecuador.

Periódicamente aparece como un frente estacionario sin contrastes de temperatura; en otras ocasiones muestra algunas características de frente frío, pero no en todos los niveles. Generalmente presenta rasgos combinados de un frente frío en superficie con un frente cálido en altura, y viceversa. Algunas veces es tan difusa que no puede ser localizada en las cartas sinópticas meteorológicas.

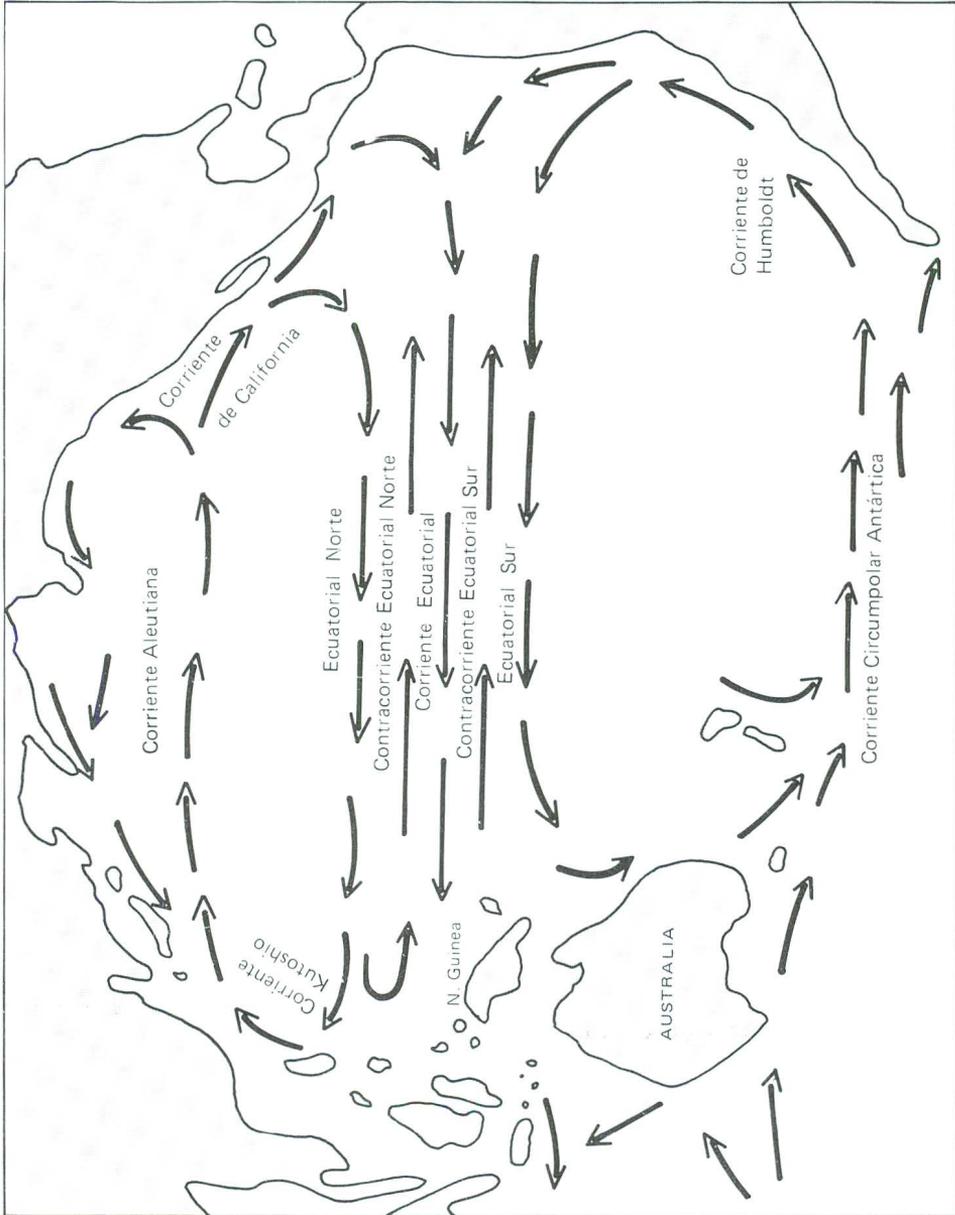
La línea de convergencia intertropical se desplaza durante el año, siguiendo al Sol, con un retardo aproximado de dos meses. Alcanza su posición extrema norte a fines de agosto y su posición extrema sur a fines de febrero.

En el Pacífico, el tramo este de la línea varía poco en posición durante el año, permaneciendo al norte del Ecuador. El tramo oeste, sin embargo, tiene una gran oscilación, desplazándose en dirección al Polo en el verano del hemisferio que corresponda, alcanzando el norte de Australia en febrero y las Filipinas en agosto.

El desplazamiento de la línea de convergencia más allá de los 5° N o 5° S permite la acción de la fuerza de Coriolis, favoreciendo con ello la formación de ondas ciclónicas. Estas se desplazan de oeste a este sobre la línea de convergencia, siguiendo sus sinuosidades, y pueden dar origen a ciclones tropicales.

Varios factores intervienen en la formación de ciclones tropicales. Entre éstos

Figura 4  
CIRCULACION SUPERFICIAL DEL OCEANO EN EL PACIFICO



se encuentra la presencia de un margen frontal frío en las cercanías de la línea de convergencia intertropical, proveniente de algún sistema de latitudes medias, temperaturas superficiales del mar que excedan los 26° a 27° C y algún mecanismo disparador que concentre la convergencia y vorticidad ciclónica en la baja y media troposfera, y concentre la divergencia en la alta troposfera.

Los ciclones tropicales son propios de verano y otoño. Entre julio y octubre se forman en el Pacífico norte, sobre las islas Marshall, islas Carolinas, Filipinas y el mar del Sur de la China, para seguir un track hacia Filipinas, China y Japón. En septiembre y agosto se forman también entre el golfo de Tehuantepec y la isla Revillagigedo, para seguir al noroeste a Baja California o a Hawaii.

En el Pacífico sur, por su parte, los ciclones se forman principalmente entre el mar del Coral y las islas Tuamotu, en los meses de enero, febrero y marzo, para tomar un track contra los punteros del reloj hacia la costa noroeste de Australia y Nueva Zelanda. Un segundo track se dirige al oeste hacia el mar del Coral.

## HACIA EL ESTUDIO DEL FENOMENO DE EL NIÑO

A medida que progresan las investigaciones relacionadas con El Niño, el fenómeno se revela cada vez más complejo.

La presencia de aguas cálidas, junto con alterar el clima y ecosistema de las costas occidentales de Sudamérica, debilita el monzón de la India, provoca sequías en el norte de Australia, favorece la formación de ciclones tropicales y muestra coincidencias con inviernos fríos en Europa y Estados Unidos.

Incluso, en el océano Atlántico se ha observado fenómenos que guardan cierta similitud con El Niño. Diversas teorías buscan explicar las causas del fenómeno y su desarrollo, para llegar a su predicción. Entre éstas se encuentra la

denominada oscilación sur, que se expone más adelante. Las investigaciones relativas a esta teoría han llevado a Estados Unidos a impulsar un programa de 10 años de duración, denominado ENSO (El Niño Southern Oscillation). Este programa considera efectuar observaciones a través de toda la zona tropical, incluyendo toda el área afectada por el fenómeno.

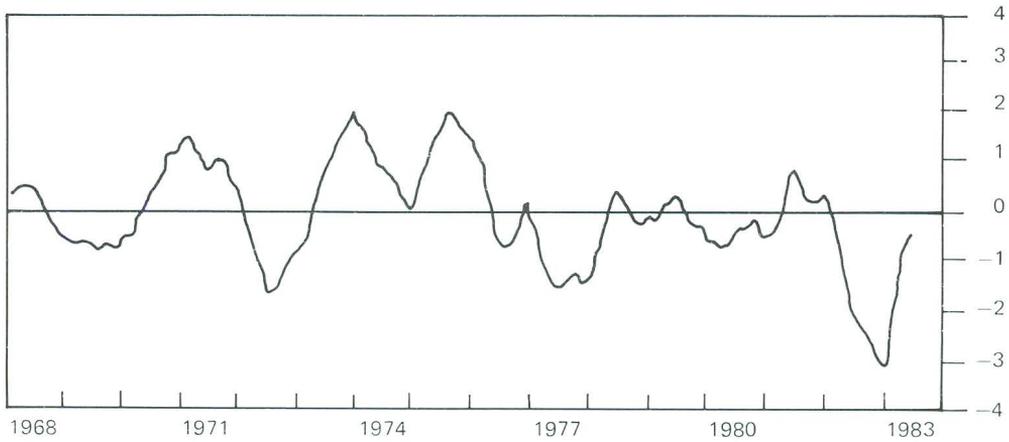
Los países de la CPPS, que integran Chile, Perú, Ecuador y Colombia, se han reunido en el ERFEN con objeto de llegar a conformar una red de observaciones regulares que permitan el estudio y predicción del fenómeno El Niño, bajo los aspectos oceanográfico, meteorológico y biológico.

La participación de Chile se efectúa a través del Instituto Hidrográfico de la Armada (I.H.A.) y el Comité Oceanográfico Nacional, con la intervención del Servicio Meteorológico de la Armada, Dirección Meteorológica de Chile, Universidad Católica de Valparaíso, Universidad de Valparaíso, Instituto de Fomento Pesquero e investigadores de instituciones miembros del Comité Oceanográfico Nacional.

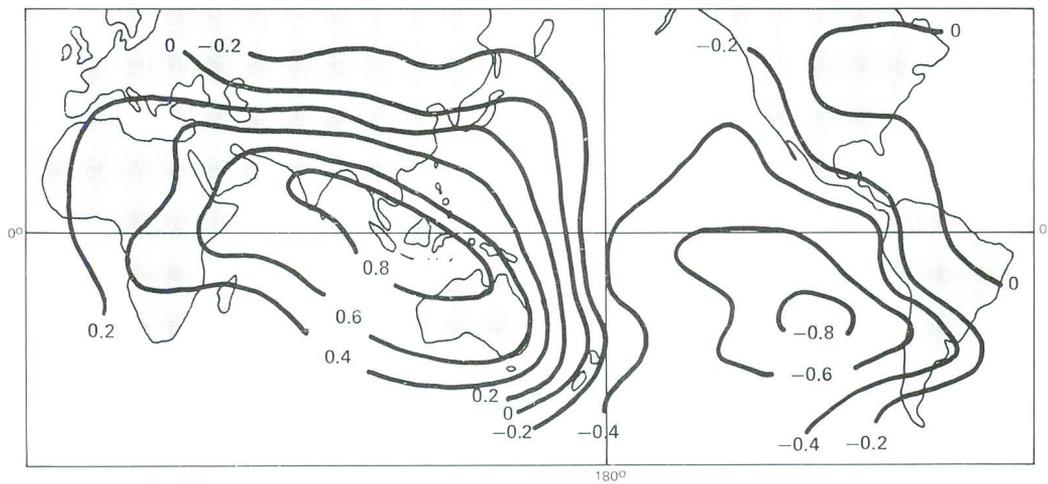
Extrarregionalmente existen diversas organizaciones interesadas en apoyar el estudio regional del fenómeno, formándose un grupo de trabajo patrocinado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), Organización Meteorológica Mundial (WMO) y la CPPS. De esta forma se pueden coordinar las actividades regionales con otros programas y facilitar el intercambio de informaciones.

Hasta 1979 se consideraba la existencia de una fase de aviso antes del desarrollo del fenómeno de El Niño: vientos ecuatoriales sobre lo normal, por lo menos durante 18 meses, particularmente durante dos inviernos del hemisferio sur y un verano interpuesto; transporte de aguas cálidas al Pacífico ecuatorial oeste, deprimiendo la termoclina de 30 a 50 metros y elevando el nivel del mar 5 a 10 centímetros en dicho sector; y finalmente un alto índice de la oscilación sur, dado por la diferencia de presión entre Tahiti y Darwin en Australia.

**Figura 5**  
**INDICE TAHITI-DARWIN DE LA OSCILACION SUR**



**Figura 6**  
**CORRELACION MEDIA ANUAL DE LA PRESION ENTRE LA BAJA INDONESICA Y EL ANTICICLON DEL PACIFICO SURESTE**



Sin embargo, esta fase de aviso no se produjo en el fenómeno de El Niño 82/83. Esta vez, los únicos indicios de la proximidad del fenómeno fueron dados sólo tres meses antes de sus efectos, por el índice de la oscilación sur (ver figura 5). Esto revela la necesidad de continuar las investigaciones.

## LA OSCILACION SUR

La oscilación sur constituye un intercambio de masa entre el Pacífico oriental y el Pacífico occidental, en el sector tropical y subtropical.

Hay cuatro sistemas atmosféricos que intervienen en la oscilación sur.

— Los vientos predominantes del oeste, que soplan en el margen del cinturón anticiclónico subtropical.

— El anticiclón del Pacífico sureste, ubicado entre las islas de Pascua y Juan Fernández, que sufre variaciones estacionales e interanuales.

— El centro de baja indonésico, situado sobre la mayor área de aguas cálidas existente en el Globo, y sujeto a variaciones estacionales y desplazamientos notables en sentido norte-sur.

— El centro anticiclónico asiático, el mayor sistema de altas presiones, que se desarrolla durante el invierno sobre el continente más extenso existente.

Mientras que la circulación sobre el hemisferio norte está gobernada principalmente por variaciones estacionales, el hemisferio sur lo está por variaciones interanuales. La causa de esto puede encontrarse en la desigual distribución de tierras y mares entre ambos hemisferios.

La oscilación sur enlaza los dos regímenes de circulación, y por lo tanto es una expresión de la variabilidad global de la atmósfera. Su característica más importante es la aperiodicidad de su fluctuación. Muy excepcionalmente se establece

una condición media de la oscilación; por el contrario, va de períodos de alta intensidad a períodos de baja intensidad.

En la figura 6 se puede apreciar la correlación de la presión media anual entre la baja indonésica y el anticiclón del Pacífico sureste.

El gradiente entre ambos centros y su posición permite establecer un índice para analizar el estado de la oscilación sur y la posibilidad de predicción del fenómeno El Niño.

La determinación del índice se lleva a cabo con la diferencia de presión atmosférica entre Tahiti y Darwin en el norte de Australia (Tahiti menos Darwin).

En la figura 5 se puede apreciar este índice como desviación estándar. Los valores negativos se asocian a fenómenos de El Niño, o período de baja intensidad, y los positivos a períodos de alta intensidad.

## Períodos de alta intensidad de la oscilación sur

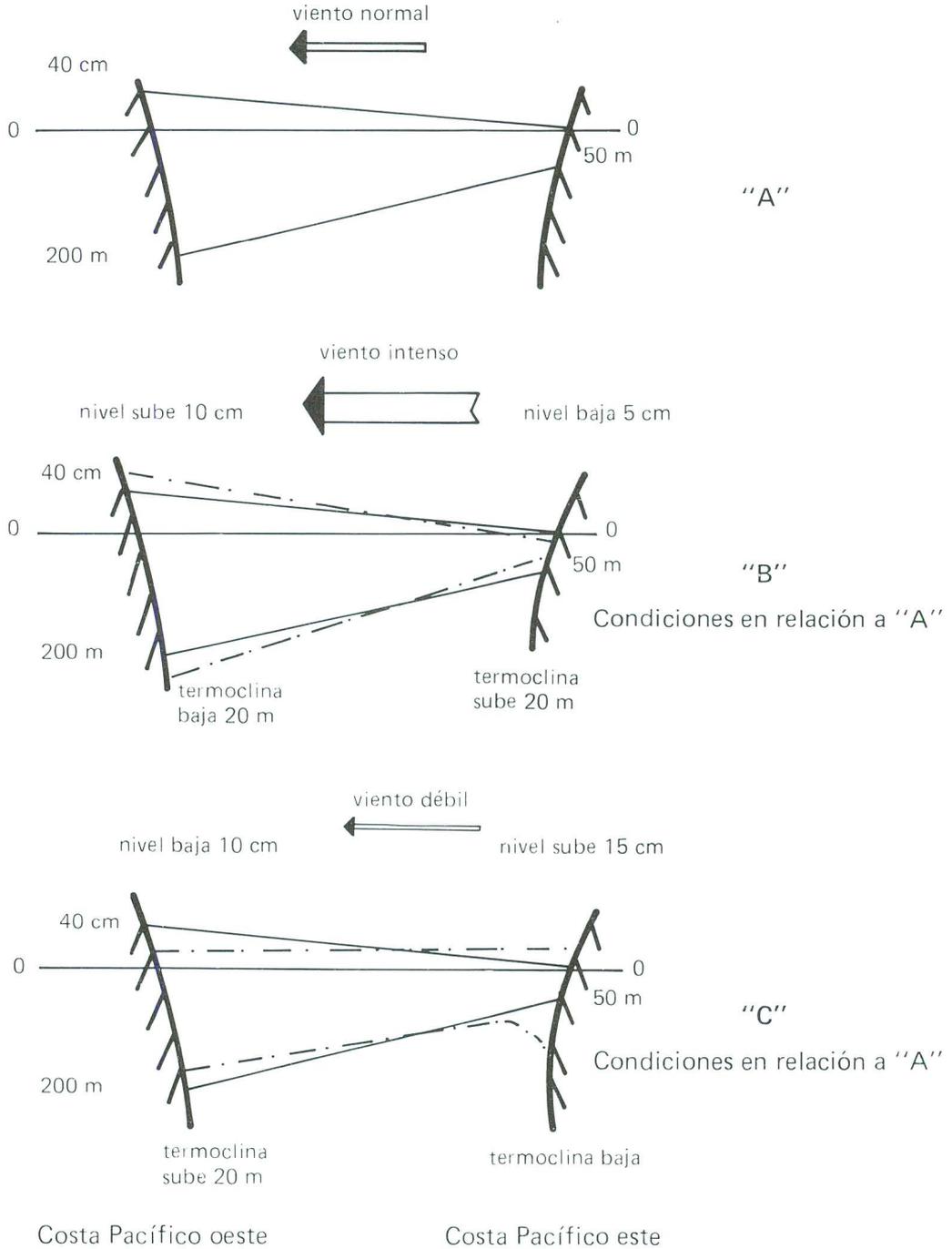
Durante los períodos de alta intensidad, el centro de alta del Pacífico sureste es intenso y la baja indonésica débil, produciéndose un fuerte gradiente de presión entre ambos.

Esta situación se traduce en alisios intensos, fuerte surgencia ecuatorial y una intensa corriente surecuatorial. El resultado es una acumulación de aguas cálidas en el Pacífico occidental, que eleva el nivel del mar unos 40 centímetros sobre su nivel medio y lleva su termoclina al nivel de 200 metros.

En condiciones de alisios más intensos, el nivel del mar puede elevarse 10 centímetros más y la termoclina profundizarse al nivel de 230 metros (ver figura 7).

Durante este período las temperaturas en las costas occidentales de Sudamérica son bajas y predomina la corriente de Humboldt.

**Figura 7**  
**NIVEL DEL MAR Y TERMOCLINA EN EL PACIFICO ECUATORIAL**



En el área ecuatorial se establece una circulación atmosférica que se puede ver en la figura 8, y que se traduce en un centro convectivo en el norte de Australia e Indonesia, asociado a precipitaciones.

### Períodos de baja intensidad de la oscilación sur

Durante los períodos de baja intensidad, el gradiente entre la baja indonésica y la alta del Pacífico sureste es débil, como consecuencia del debilitamiento de ambos centros o su desplazamiento en sentidos opuestos.

Consecuentemente, los alisios y la surgencia ecuatorial se debilitan y la corriente surecuatorial disminuye. Esto hace que la acumulación de aguas existente en el Pacífico occidental ecuatorial tienda a regresar a su nivel normal, produciéndose una invasión de aguas cálidas hacia el este, afectando las costas occidentales de América hasta el sector de California por el norte y Antofagasta por el sur.

La intensidad de esta invasión dependerá del debilitamiento de los alisios o, como en el fenómeno de El Niño 82/83, de la presencia de vientos de componente oeste que redujeron la fase de aviso de 18 meses en un fenómeno típico, a 3 meses.

En el área ecuatorial oeste el nivel del mar disminuye una altura del orden de 20 centímetros y la termoclina se eleva unos 20 metros. En el sector este, por su parte, el nivel aumenta unos 15 centímetros y la termoclina se hunde, propagándose esta actividad por las costas occidentales de América en dirección a los polos. Este hundimiento de la termoclina implica un aumento del contenido de calor.

La circulación troposférica en la línea ecuatorial presenta un desplazamiento del centro convectivo desde el norte de Australia a las cercanías de longitud  $180^{\circ}$ , produciendo sequías en el Pacífico oeste y un fuerte núcleo de precipitaciones en el Pacífico ecuatorial central. De este núcleo suelen desprenderse bandas nubosas en dirección a California y zona central de

Chile, elevando los índices de precipitación en esos sectores.

Como ejemplo pueden citarse las siguientes estadísticas para Valparaíso, considerando una normal de 351,5 milímetros y que hay excepciones de esta coincidencia del fenómeno El Niño con mayor índice de agua caída en la zona central de Chile.

Año	Agua caída
1926	879,0 mm
1941	796,0 mm
1957	461,1 mm
1965	812,0 mm
1972	470,0 mm
1982	708,6 mm

### Anomalías en la ciclogénesis de tormentas y ciclones tropicales en el Pacífico sur

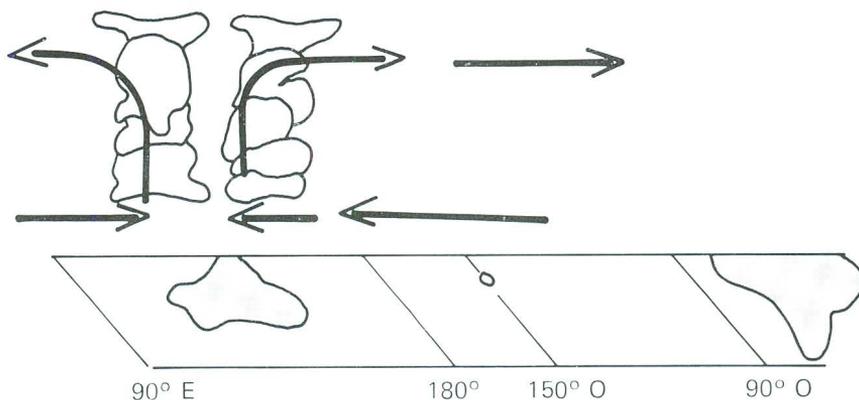
En estudios efectuados por G. Eldin y J.R. Donguy se hace mención a una estadística que se extiende entre 1940 y 1982, del registro de depresiones tropicales en el Pacífico sur, como también a la distribución de las áreas de ciclogénesis.

De dicho estudio se puede concluir que en presencia del fenómeno de El Niño se incrementa la ocurrencia de ciclones tropicales, como también que las áreas de ciclogénesis se desplazan al este, alcanzando las longitudes  $160^{\circ}$  O y  $130^{\circ}$  O.

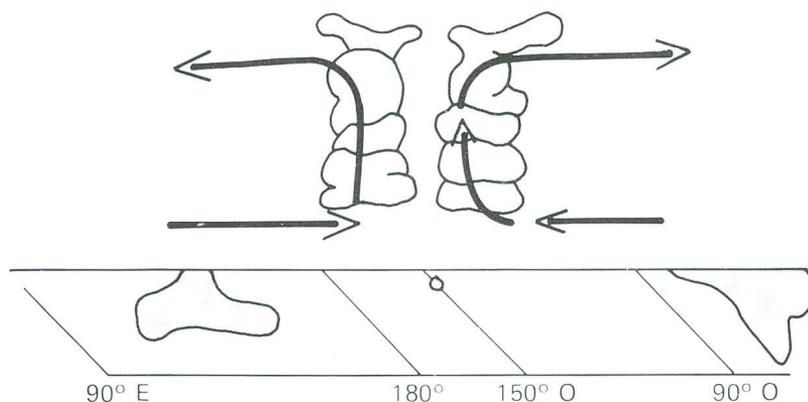
Lo anterior ha cobrado particular importancia en el fenómeno de El Niño 1983, en atención a ciertas coincidencias entre la ocurrencia de ciclones tropicales y la detección de marejadas en las costas occidentales de Sudamérica.

En el período comprendido entre noviembre de 1982 y abril de 1983 se detectaron 15 ciclones tropicales, agrupados principalmente entre  $160^{\circ}$  E y  $130^{\circ}$  O de longitud y en los alrededores de latitud  $10^{\circ}$  S. Asimismo, se detectaron algunas situaciones de marejadas en Chile, cuyos efectos se experimentaron inicialmente en el norte y luego hacia el sur.

**Figura 8**  
**CIRCULACION ATMOSFERICA EN EL ECUADOR**



**CENTRO CONVENCIVO EN AUSTRALIA**



**CENTRO CONVENCIVO EN TAHITI**

En una situación producida a fines de enero y comienzos de febrero, las marejadas se experimentaron sucesivamente en Colombia, Perú y Chile.

Esto mueve a considerar una posible relación entre los ciclones tropicales, las marejadas y el fenómeno de El Niño, que merece ser analizada en futuras ocurrencias del fenómeno.

## CONCLUSIONES

A la luz de los estudios e investigaciones realizados, tanto a nivel nacional

como internacional, se puede concluir que existe un impacto importante del fenómeno El Niño en Chile. Este impacto, observable en los aspectos oceanográficos, meteorológicos y biológicos, reviste –sin duda– un alcance trascendente en el aspecto social y económico del país.

Por este motivo se estima necesario continuar e intensificar las investigaciones que permitan determinar todos los posibles efectos que en el país produce el fenómeno de El Niño, como también que lleguen a establecer parámetros que contribuyan a su predicción.