

I. RESUMEN

Este proyecto se propone con el fin de describir las características de la provincia oceanográfica en los aspectos físicos y meteorológicos.

II. ANTECEDENTES

La provincia oceanográfica de la Estación de Investigaciones Oceanográficas de Ensenada está dentro de la región del Pacífico de la corriente de California, este sistema ha sido estudiado por

PROYECTO* *
/ /

"INVESTIGACION DOCUMENTAL DEL MARCO FISICO OCEANOGRAFICO Y METEOROLOGICO DE LA PROVINCIA OCEANOGRAFICA CORRESPONDIENTE A LA ESTACION DE INVESTIGACION OCEANOGRAFICA DE ENSENADA, B.C. "

III. OBJETIVOS

Recolectar toda la información bibliográfica publicada sobre los aspectos meteorológicos y físicos oceanográficos que concierne a la provincia oceanográfica de la Estación de Investigaciones Oceanográficas de Ensenada.

ELABORO:

M.C. ANTONIO J. SANCHEZ DEVORA

Conceptuar, analizar y organizar la información para su publicación en los aspectos más relevantes.

IV. PERIODO EN QUE SE REALIZARON LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION DE DATOS, ANALISIS DE RESULTADOS Y FORMA TENTATIVA DE PUBLICACION.

Como el nombre del proyecto lo indica, esta una investigación bibliográfica. Durante los meses de OCTUBRE DE 1984 se recolectó información bibliográfica en la biblioteca del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada y en la Biblioteca de la Institución Oceanográfica de Ensenada.

*NOTA: Se anexa reporte preliminar.

PROPUESTA DE INVESTIGACION DE LA ESTACION DE INVESTIGACION OCEANO-
GRAFICA DE ENSENADA A LA DIRECCION GENERAL DE OCEANOGRAFIA DE LA -
SECRETARIA DE MARINA.

Se propone a consideración el anteproyecto de la investiga-
ción documental del marco físico oceanográfico y meteorológico de

Fecha de presentación: 19 de Marzo 19, 1984.

Nombre del anteproyecto: Investigación documental del marco físico
oceanográfico y meteorológico de la pro-
vincia oceanográfica correspondiente a la
Estación de Investigación Oceanográfica -
de Ensenada, B.C.

Institución que presenta el proyecto: Estación de Investigación -
Oceanográfica de Ensenada, -
B.C.

Costo del proyecto: \$2'000,000.00

Duración del proyecto: 1 año.

Elaboró: M.C. Antonio J. Sánchez D.

I RESUMEN

Este proyecto se propuso con el fin de describir las características de la provincia oceanográfica en los aspectos físicos y meteorológicos.

II ANTECEDENTES.

La provincia oceanográfica de la Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada está comprendida dentro de la región del Sistema de la Corriente de California, este sistema ha sido estudiado intensamente por diversas Instituciones, principalmente de Estados Unidos y México debido a la ocurrencia de importantes fenómenos físicos, como las surgencias y a las pesquerías abundantes asociadas con ellas.

III OBJETIVOS

Recopilar toda la información bibliográfica publicada sobre los aspectos meteorológicos y físicos oceanográficos que competen a la provincia oceanográfica de la Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada.

Consultar, analizar y organizar la información para su publicación en los aspectos más relevantes.

IV PERIODOS EN QUE SE REALIZARON LAS ACTIVIDADES DE MUESTREO, PROCESAMIENTO DE DATOS, ANALISIS DE RESULTADOS Y FECHA TENTATIVA DE PUBLICACION.

Como el nombre del proyecto lo indica, esta es una investigación bibliográfica. Durante los meses de Enero, Febrero y Marzo de 1984 se recolectó información bibliográfica en la biblioteca del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada y en la biblioteca de la Institución Oceanográfica de SCRIPPS de San --

Diego, Calif. Con esta información se elaboró un informe preliminar.

ESTACION DE INVESTIGACION OCEANOGRAFICA DE MEXICO, S.C.

SECRETARIA DE MARINA

V COPIA DE LOS DATOS OBTENIDOS HASTA LA FECHA, INCLUYENDO LA EXPLICACION Y ACLARACIONES PERTINENTES PARA SU INTERPRETACION.

No hay datos, por ser una investigación documental.

VI APLICACION.

La información resultante servirá como fundamento para conocer el estado actual de la investigación oceanográfica en la región y - servirá además para detectar problemas de investigación de interés que ayudarán a la planeación de nuevos proyectos de investigación por parte de la Estación.

VII OBSERVACIONES

Este proyecto fué sometido a la consideración de la Dirección General para ser desarrollado durante el año de 1985. La cantidad - solicitada para el proyecto es de \$2'000,000.00 (dos millones de -- pesos).

M.C. ANTONIO J. ANCHUTZ D.

Se gastó \$5,000.00 (cinco mil pesos) para copias y combustible para un viaje a San Diego, Calif. con el fin de obtener información bibliográfica.

MEXICO, D. F.

FEBRERO 21, 1985

ESTACION DE INVESTIGACION OCEANOGRAFICA DE ENSENADA, B.C.

S E C R E T A R I A D E M A R I N A

El presente trabajo es un informe preliminar de la investigación documental sobre el Marco Físico-oceanográfico y Meteorológico correspondiente a la Provincia Oceanográfica de la Estación Oceanográfica de Ensenada, B. C. Esta abarca la región comprendida al norte de las costas del Golfo de California y del Mar de Cortés y hasta el paralelo 28° N. Este informe incluye una descripción general del sistema, así como del ambiente de las zonas asociadas con él, también algunos aspectos meteorológicos se abordan en este informe.

**INFORME PRELIMINAR SOBRE LA INVESTIGACION DOCUMENTAL
DEL MARCO FISICO OCEANOGRAFICO Y METEOROLOGICO CORRES
PONDIENTE A LA PROVINCIA OCEANOGRAFICA DE LA ESTACION
OCEANOGRAFICA DE ENSENADA, B. C.**

M.C. ANTONIO J. SANCHEZ D.

P.O. RICARDO TRONCOSO G.

ENSENADA, B. C.

FEBRERO 23, 1984.

I N D I C E

El presente trabajo es un informe preliminar de la investigación documental sobre el Marco Físico-oceanográfico y Meteorológico de la Provincia Oceanográfica correspondiente a la Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada, B. Cfa. Esta abarca la región comprendida al Oeste de las Costas del Pacífico de los Estados de Baja California y Baja California Sur, siguiendo los límites de la Zona Económica Exclusiva. Toda esta provincia está caracterizada por la presencia del Sistema de la Corriente de California (SCC), por tal razón se incluye en este informe una descripción general del Sistema, así como del fenómeno de surgencias asociado con él, también algunos aspectos meteorológicos se discuten en este escrito.

El objetivo de la investigación documental sobre la provincia oceanográfica, es lograr una mejor comprensión de los fenómenos oceanográficos que en ella ocurren y en última instancia plantear nuevos proyectos de investigación.

15.- Efectos del Viento	70
16.- Rotacional del Ecuador del Viento	77
17. Bibliografía	78

I N D I C E

Costa a las costas Oeste de los Estados Unidos y Baja California,

1).	El Sistema de la Corriente de California	1
1a.-	La Corriente de California	1
1b.-	La Contracorriente Subsuperficial	2
1c.-	La Corriente de Davidson	3
1d.-	La Contracorriente del Sur de California	3
1.2	Masas de Agua asociadas con el Sistema de la Corriente de California	4
1.3	Distribución de Propiedades	5
1.3a.-	Temperatura	5
1.3b.-	Salinidad	8
1.3c.-	Oxígeno Disuelto	12
2).	Surgencias	15
2a.-	Explicación del Fenómeno	15
2b.-	Zonas de Surgencia	16
2c.-	Efecto de las Surgencias	16
2d.-	Características Generales de las Corrientes en Zonas de Surgencias	16
3).	Aspectos Mereorológicos	17
3a.-	Situación Sinóptica Promedio	18
3b.-	Esfuerzo del Viento	20
3c.-	Rotacional del Esfuerzo del Viento	27
4).	Bibliografía	28

1a.- La Corriente de California.

Neld, Helen y Willie (1958) han denominado como Corriente de California al flujo dirigido hacia el Sur en el giro anticiclónico del sistema de alta Norte. Swadrop et al. (1947) aplican el nombre al flujo hacia el Sur entre los 42°N y 43°N, este flujo representa la extensión sur de la Corriente de las Aleutianas. El volumen de transporte total de la corriente sobre la superficie de 1500 cm. es aproximadamente de 10 millones de cm. su ancho es de 500 a 1000 km de la Costa hasta donde convergen el Pacifica y el Agua Central del Pacífico Este.

1). EL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA

Prente a las costas Oeste de los Estados Unidos y Baja California, México, existe un flujo superficial dirigido hacia el Ecuador, el cual representa el miembro noroeste del giro anticiclónico que domina la circulación superficial en el Pacífico Norte (Sverdrup, Johnson y Fleming, 1942). Por abajo de esta corriente y centrado sobre la pendiente continental, se desarrolla un contraflujo (hacia el polo). Este patrón de circulación (flujo superficial hacia latitudes bajas y contraflujo subsuperficial hacia latitudes altas) es referido como un Sistema de Corrientes de Frontera Este (Webster y Jones, 1963), sin embargo en esta región ocurren otros flujos y contraflujos permanentes ó estacionales de tal forma que de acuerdo con Hickey, (1978) el Sistema de la Corriente de California la componen las corrientes siguientes:

- La Corriente de California
- La Contracorriente Subsuperficial
- La Corriente de Davidson, y
- La Contracorriente del Sur de California

Enseguida se describen las características de las corrientes que componen el Sistema de Corriente de California.

1a.- La Corriente de California.

Reid, Roden y Willie (1958) han denominado como Corriente de California al flujo dirigido hacia el Sur en el giro anticiclónico del Océano Pacífico Norte. Sverdrup et.al. (1942) aplican el nombre al flujo hacia el Sur entre los 48°N y 23°N , este flujo representa la extensión sur de la Corriente de las Aleutianas. El volumen de transporte total de la corriente sobre la superficie de 1500 db. es aproximadamente de 10 millones de m^3/seg . Su ancho es de 700 a 1000 km de la Costa hasta donde convergen el Agua Subártica y el Agua Central del NorPacífico Este.

La Corriente de California fluye entre dos centros de presión atmosférica. Uno de alta hacia el Oeste y otro de baja hacia el Este. Durante primavera y verano, el centro de alta presión se mueve hacia el Norte y aumenta su presión, incrementando la intensidad de los vientos, cuya componente del Norte tiende a impulsar al flujo hacia el Sur. En otoño e invierno los vientos son mas débiles; al igual que la Corriente de California, - incluso hay "versiones en la dirección, desarrollándose una contracorriente superficial desde Baja California al Sur de Punta Concepción (Reid, et.al. 1958).

1b.- La Contracorriente Subsuperficial

Esta corriente subsuperficial (abajo de los 200 mts de profundidad) fluye hacia el norte sobre el Talud Continental a lo largo de las costas Oeste de Baja California (Méx.) y de California (USA) (Sverdrup et.al. 1942, Reid et.al., 1958). El origen de este flujo no está totalmente entendido, aunque se han hecho trabajos para explicar su origen (Rossby, 1936, - citado por Reid et.al., 1958). Sin embargo, los resultados no son totalmente aceptados hasta el presente.

Esta contracorriente se caracteriza por altas temperaturas, salinidad y concentraciones de fosfato, y baja concentración de oxígeno disuelto debido a que lleva agua de origen ecuatorial aproximadamente hasta las Islas Vancouver (Cannon, Laird, Ryan, 1975; Reed & Halpern 1976). Las distribuciones de salinidad, oxígeno disuelto y fosfato a 300-400 m. de profundidad, son compatibles con el flujo hacia el Norte frente a la costa Oeste de Norteamérica (Reid, 1965a). La distribución de propiedades a 700-800 m. está menos definida, pero aún también es compatible con el flujo hacia el Norte. Barkley (1968) muestra una distribución similar de propiedades para superficies definidas entre 300 y 1000 m. El núcleo de bajo contenido de oxígeno se extiende un poco más de los 145° W en sus cartas.

Las relaciones de temperatura y salinidad en la contracorriente de California frente a California y Baja California son discutidas por Sverdrup y Fleming (1941); Tibby (1941); Blanton y Patullo (1970); Reid, et.al. (1958) Wooster y Jones (1970) y Wickham (1975).

La temperatura y la salinidad en el núcleo de la contracorriente - generalmente disminuyen desde 34.6‰ y 9.5°C frente al Sur de Baja California hasta casi 33.9‰ y 7°C frente a las Islas Vancouver.

La contracorriente subsuperficial aflora a la superficie entre otoño e invierno desde el extremo Sur de la Baja California hasta Punta Concepción, en donde recibe el nombre de Corriente de Davidson.

1c.- La Corriente de Davidson

Esta corriente es un flujo superficial hacia el polo, observado al norte de Punta Concepción, asociado con el patrón de vientos de invierno -- (Hickey, 1978). Reid y Schwartzlose (1963) detectaron este contraflujo frente a California Central (36°N) a 80 km de la costa. Las cartas de corrientes geostróficas de Wyllie (1966) indican que el flujo hacia el norte (relativo a 500 db) frente a California Central es más fuerte de noviembre a enero.

1d.- La Contracorriente del Sur de California

El flujo en la región que comprende desde Punta Concepción a San Diego se describe en términos del giro del Sur de California (Schwarzlose, 1963) o Contracorriente (Sverdrup & Fleming, 1941). El flujo se refiere como contracorriente solamente cuando se extiende hasta el Norte de Punta Concepción (Reid, 1965b). El giro se asocia con la parte de la corriente de California que se desvía hacia el Este cerca de los 32°N. Cuando el flujo principal de la Corriente de California se aproxima a la costa, parte del flujo se desvía hacia el Sur y parte hacia el Norte, tal que se forma un giro al Norte de la punta de división. El eje del giro está en línea aproxima

damente con la línea de costa al Norte de Punta Concepción. El extremo Sur del giro puede alcanzar hasta los 30° N.

1.2 Masas de Agua asociadas con el Sistema de la Corriente de California.

Las masas de agua que se relacionan con la Corriente de California son cuatro: la principal es la del Subártico del Pacífico que es introducida por una desviación de la corriente del Pacífico Norte hacia el Sur. Esta masa de agua es la que le dá las características a la Corriente de California de bajas temperaturas, baja salinidad, alto contenido de oxígeno y en parte su gran contenido de fosfato. Su influencia se hace notar aunque en forma muy débil hasta poco antes de entrar a formar parte de la Corriente Norecuatorial. Otra masa de agua es la de la parte central del giro anticiclónico del Pacífico Norte. Esta es muy diferente a la del Subártico. En esta región, la evaporación es mayor que la precipitación y esto produce un aumento en la salinidad y en la temperatura. Al irse moviendo esta agua paralela a la del Subártico se van mezclando en mayor proporción a medida que van más hacia el Sur, pero se puede distinguir casi siempre una de la otra. Esta mezcla no es igualmente intensa en todos los niveles. La más intensa mezcla ocurre en la capa superficial, de tal forma que las capas superficiales subárticas son cada vez más dominadas por esta masa de agua conforme viaja al Sur.

Del Sur llega otra masa de agua que es la Ecuatorial del Pacífico. Esta se identifica fácilmente por sus características de alta temperatura y salinidad, su bajo contenido de oxígeno y gran cantidad de fosfatos.

Otra contribución es por masas de agua provenientes del fondo, -- que suben a la superficie por medio de procesos de surgencias, provocadas por los vientos del Norte. Estas aguas que suben son de baja temperatura y alto contenido de nutrientes (bajas concentraciones de oxígeno disuelto). Esta agua del fondo está formada en gran parte por agua Subártica y agua -

que resulta de la mezcla de las partes de abajo de ésta con las superiores de la Ecuatorial del Pacífico.

El agua subártica está caracterizada, a los 50°N , por una temperatura promedio comprendida entre 2°C y 4°C y por una salinidad que en la superficie puede ser menor que 32‰ y en el fondo de 34.65‰. Cuando la masa de agua alcanza la costa Oeste de Norteamérica se desvía hacia el Sur, entra a una región de condiciones climáticas diferentes, donde la temperatura de las capas superiores se eleva por calentamiento y la salinidad aumenta por exceso de evaporación y mezcla, de tal forma que las curvas T-S (temperatura vs. salinidad) giran hacia la derecha, como se muestra en la fig. 1a. A los 23°N , frente a Baja California Sur, el agua Subártica converge con el agua Ecuatorial. En la estación B307 (fig. 1b) situada a los $22^{\circ}22'\text{N}$, se encuentra la mayor parte de agua Ecuatorial, en la estación S79 (fig. 1b) localizada a los $25^{\circ}22'\text{N}$, el agua debajo de los 300 mts. contiene agua de tipo Ecuatorial. El doblamiento en la curva T-S (fig. 1a) en ésta estación sugiere una intrusión de agua Ecuatorial. Debajo de los 300 m. las estaciones entre los 22°N y 45°N muestran curvas T-S de carácter intermedio entre las características de agua Subártica y Ecuatorial del Pacífico; este hecho sugiere que el agua de estas estaciones está formada por mezcla lateral entre las dos masas de agua mencionadas anteriormente. Tal mezcla es facilitada por una penetración hacia el Norte y a lo largo de la costa, de agua que contiene una gran componente de agua Ecuatorial (Sverdrup & Fleming, 1941; Tibby, 1941). Esta penetración se muestra en la figura 1a por la curva T-S en la estación S59, alejada aproximadamente 30 km. lejos de la costa y donde el agua tiene un carácter más Ecuatorial que en la estación 55, la cual está a la misma latitud aproximadamente pero a 550 km. alejada de la costa.

1.3 Distribución de Propiedades

1.3a.- Temperatura

La temperatura en general aumenta hacia el Sur. En la parte Norte éste aumento es menor cerca de la costa, ya que existe menos mezcla de agua-

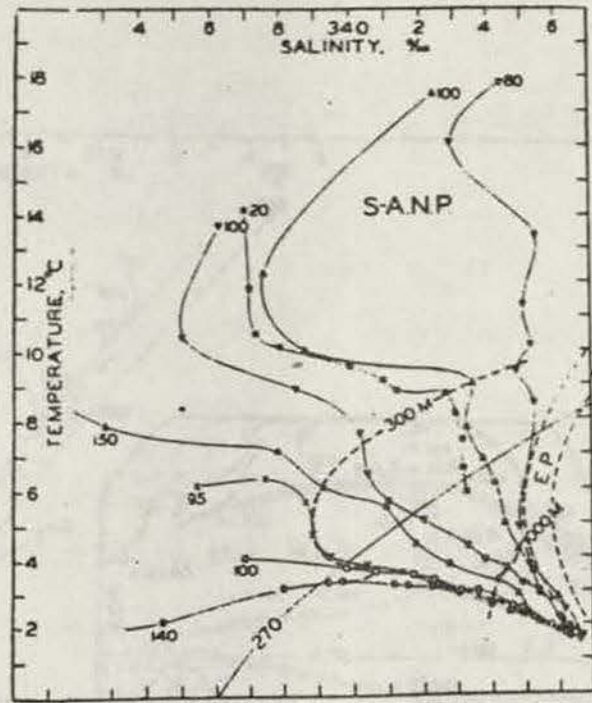


Figura 1a . Relaciones de temperatura y salinidad en el oceano-Pacífico Norte. Las areas donde se encuentran las aguas Subárticas y del Pacífico Noroccidental y la localización de las estaciones se muestran en la figura . Se muestran las profundidades de los valores más superficiales. (The Oceans, Sverdrup et.al., - 1942).

Relaciones de temperatura y salinidad en el océano Pacífico Norte. Se muestran las profundidades de los valores más superficiales y la localización de las estaciones de las fronteras de las masas de agua se muestran en el mapa inserto. ABRVIACIONES: C, Carnegie; D, DuRoi; E, E.S.W., Scripps; H, Huxley 1914; B, B.S.W., Scripps; G, G.S.W., Scripps; I, I.S.W., Scripps; J, J.S.W., Scripps; K, K.S.W., Scripps; L, L.S.W., Scripps; M, M.S.W., Scripps; N, N.S.W., Scripps; O, O.S.W., Scripps; P, P.S.W., Scripps; Q, Q.S.W., Scripps; R, R.S.W., Scripps; S, S.S.W., Scripps; T, T.S.W., Scripps; U, U.S.W., Scripps; V, V.S.W., Scripps; W, W.S.W., Scripps; X, X.S.W., Scripps; Y, Y.S.W., Scripps; Z, Z.S.W., Scripps. (The Oceans, Sverdrup et al., 1942).

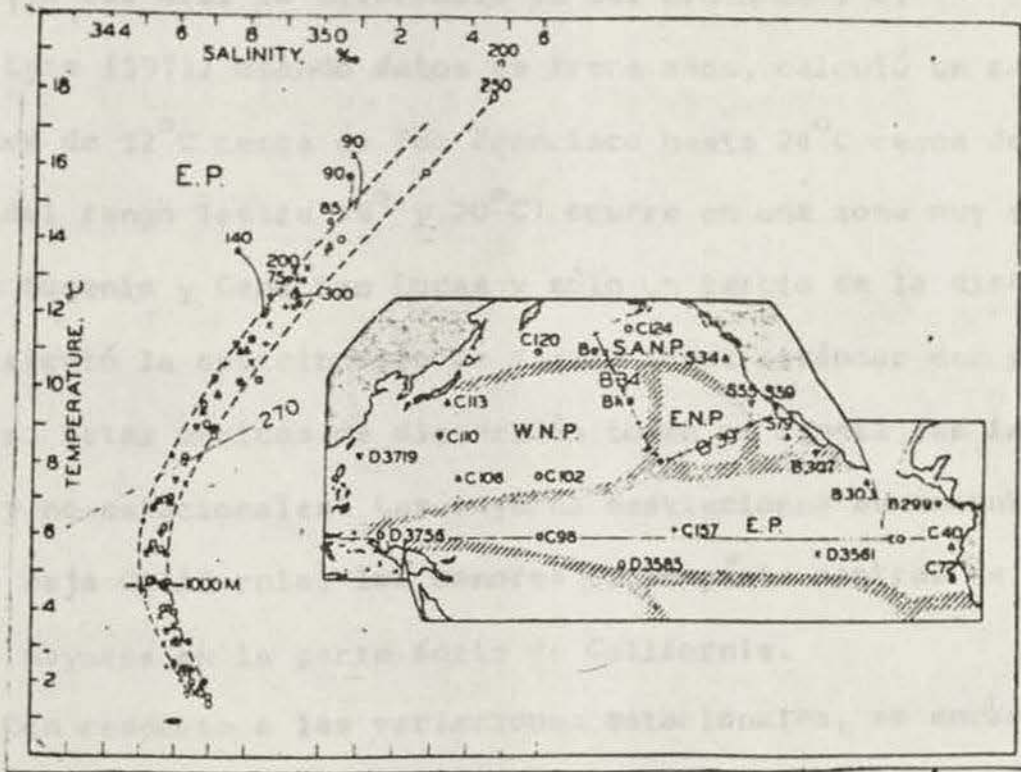


Figura 1b . Relaciones de temperatura y salinidad en el pacífico Ecuatorial. Se muestran las profundidades de los valores más cercanos a la superficie. La localización de las estaciones de las fronteras de las masas de agua se muestran en el mapa inserto. - ABREVIACIONES: C, Carnegie; B, Bushnell; S, E. W. Scripps; D, Dana - B34, Bushnell 1934; B39, Bushnell 1939; E.P., Pacífico Ecuatorial; W.N.P. Pacífico Noroccidental; E.N.P., Pacífico Nororiental; - S.A.N.P. Pacífico Norte Subártico. (Sverdrup, et. al., 1942).

subártica con la del Pacífico Central. Al ir más hacia el Sur, la temperatura aumenta debido a mezcla con el agua Ecuatorial del Pacífico. En algunas partes, el mínimo de temperatura no se encuentra exactamente al Norte, sino en regiones cercanas a la costa, donde ocurre el fenómeno de surgencias.

Con relación a la profundidad, las mayores diferencias entre el Norte y el Sur de la corriente ocurren en las capas superficiales con un rango de 10°C y, a 600 mts. la diferencia es del orden de 1°C .

Lynn (1971) usando datos de trece años, calculó un rango promedio de temperatura de 12°C cerca de San Francisco hasta 24°C cerca de Cabo San Lucas. La mitad del rango (entre 18° y 20°C) ocurre en una zona muy restringida entre Punta Eugenia y Cabo San Lucas y sólo un tercio de la distancia total. También calculó la distribución de desviaciones estándar del promedio de los trece años. Estas medidas de dispersión toman en cuenta las influencias estacionales y no-estacionales. Las mayores desviaciones se encontraron en la parte Sur de Baja California, las menores en la parte central de Baja California y un poco mayores en la parte Norte de California.

Con respecto a las variaciones estacionales, se encuentra que el mínimo de temperatura ocurre en los meses de abril y mayo. Los máximos se producen entre septiembre y octubre y, en regiones de surgencias se retrasa un poco hasta finales de noviembre.

1.3b.- Salinidad

La Corriente de California transporta agua de bajo contenido salino (alrededor de 32.5% es el valor mínimo corriente arriba) desde altas latitudes hacia el Sur, donde se mezcla con aguas de salinidad más alta, aguas que se encuentran abajo de la corriente, al Oeste de la misma agua, cercana a la costa (agua de surgencias) y al Sur.

La historia del agua Subártica de baja salinidad conforme viaja hacia el Sur se muestra en los perfiles verticales de la figura 7. En el tran-

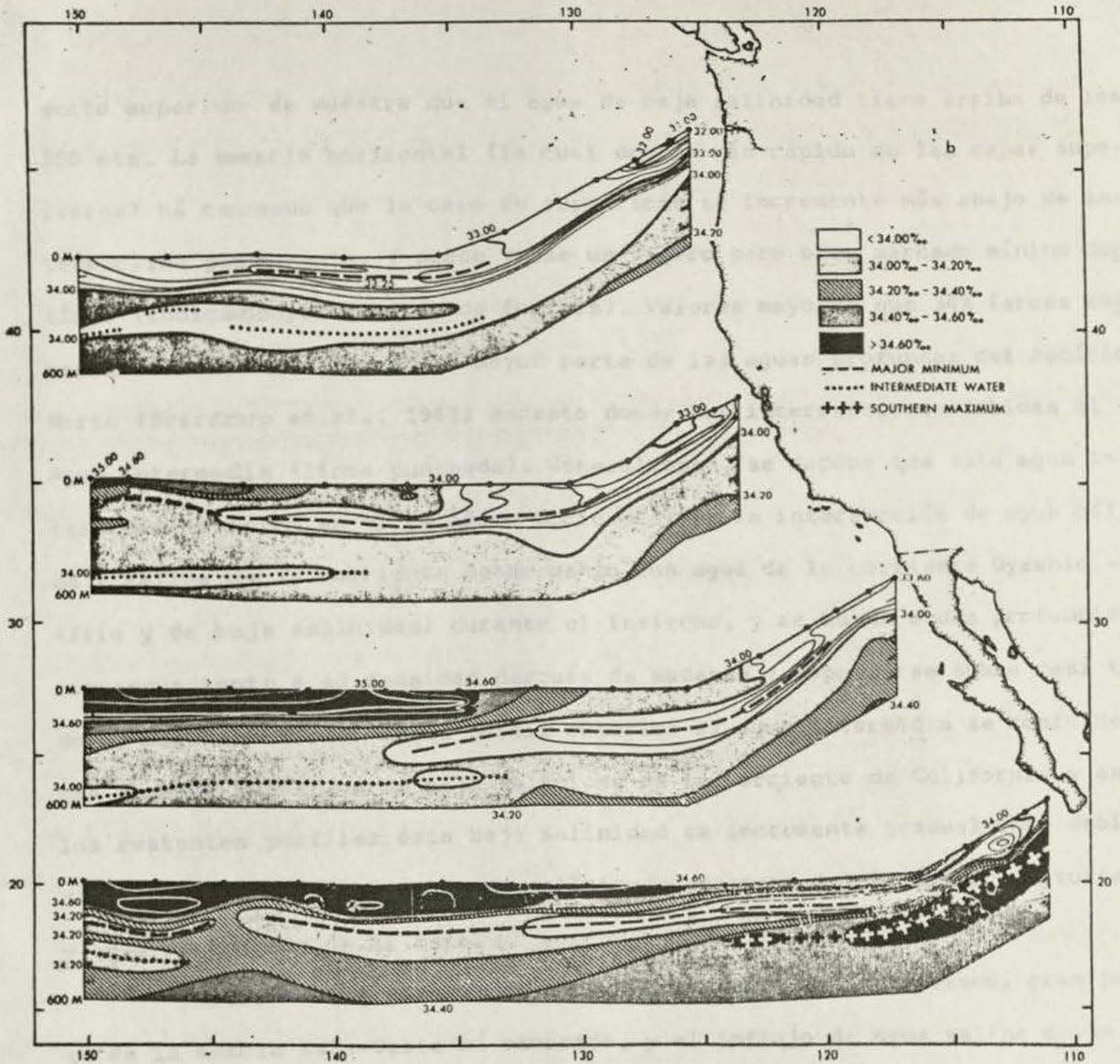


Fig. 2. Perfiles verticales de salinidad desde la superficie hasta los 600 metros de profundidad a lo largo de la Costa Oeste de Norteamérica.

Unidades: partes por mil (Reid et.al., 1955)

secto superior se muestra que el agua de baja salinidad tiene arriba de los 200 mts. La mezcla horizontal (la cual ocurre más rápido en las capas superiores) há causado que la capa de superficie se incremente más abajo de la termoclina permanente, y puede verse un ligero pero bien marcado mínimo continuo (indicado por los trazos fuertes). Valores mayores que 34‰ (arcas sombreadas) se encuentran en la mayor parte de las aguas profundas del Pacífico Norte (Sverdrup et.al., 1942) excepto donde hay interrupciones debidas al Agua Intermedia (línea punteada). Generalmente, se supone que esta agua intermedia se forma en el Pacífico Occidental en la intersección de agua cálida y salina de la corriente de Kuroshio con agua de la corriente Oyashio -- (fria y de baja salinidad) durante el invierno, y se hunde a una profundidad correspondiente a su densidad después de mudarse y esparcirse sobre casi todo el Pacífico Norte. En el perfil superior el agua intermedia se confunde con el agua Subártica de baja salinidad de la Corriente de California y en los restantes perfiles ésta baja salinidad se incrementa gradualmente debido a que se mezcla con aguas de salinidades mayores del Pacífico Ecuatorial y agua de transición al Este.

Antes de que el agua alcance la latitud de San Francisco, gran parte de la mezcla Este-Oeste há ocurrido, y el influjo de agua salina desde el Oeste ha intensificado grandemente la diferencia entre los valores de superficie y el mínimo de salinidad.

Mas hacia el Sur, la cantidad de agua de baja salinidad há disminuído y la capa de mínima salinidad há sido erosionada por mezcla vertical. La Corriente de California no termina aquí y aún puede ser identificada al Oeste dentro de la Corriente Norecuatorial (que fluye al Oeste) debido a su baja salinidad.

El efecto de la contracorriente subsuperficial se observa marcadamente en el perfil inferior. Conforme al agua fluye al Norte por esta localidad, tiene una relación de temperatura-salinidad característica del agua del

Pacífico Ecuatorial. La salinidad es suficientemente mayor que aquella de la Corriente de California (arriba) y de aquella del agua profunda del Pacífico como para producir un máximo, el cual se extiende al Norte hasta la Isla Guadalupe aproximadamente. Este máximo de salinidad disminuye al Norte, conforme se va mezclando el agua Ecuatorial del Pacífico y puede ser identificada en estado de transición a lo largo de la costa, posiblemente hasta el Golfo de Alaska.

El efecto directo de las estaciones sobre el contenido de sal en la superficie está limitado a procesos de evaporación y precipitación. Los cambios estacionales no son grandes, comparados con otras áreas del océano. Se estima que el cambio estacional debido al exceso de precipitación sobre la evaporación al Norte de la corriente (al sur es inversa esta relación) produciría un descenso en la salinidad de 0.12%. Tal variación es, en realidad, difícil de detectar. Al Sur de la Corriente de California, las principales causas de variación estacional en la salinidad son las surgencias y las corrientes. Los valores cambian conforme el agua es desplazada por el viento hacia mar adentro, surgiendo agua de fondo, mas salina. La contracorriente fluye y refluye al Sur de Punta Eugenia (fig. 2). El agua salina del Sur avanza al Norte en otoño y retrocede en primavera.

Hay marcadas diferencias en la variación estacional sobre el área. El efecto extremo de las surgencias se observa al Norte de Punta Concepción y el de la contracorriente al Sur de Punta Eugenia, con sus máximos y mínimos a diferentes períodos. En el área intermedia estos efectos se combinan y reducen el rango estacional. Al Sur, los efectos estacionales se extienden bastante lejos de la costa; pero al Norte, el rango es pequeño y la naturaleza de la variación no es clara.

1.3c.- Oxígeno

El oxígeno se disuelve en el agua máxima hasta un límite superior (valor de saturación) el cual depende de la temperatura y la salinidad. En

la mayor parte de la Corriente de California, la concentración del oxígeno - arriba de la termoclina es de alrededor del 100% de saturación. El contenido de oxígeno no es una propiedad conservativa y disminuye con la "edad" de la masa de agua, esto es, con el tiempo que la masa de agua lleva sin estar en contacto con la superficie, debido a procesos oxidativos. En base a esto, se piensa que las aguas profundas del Pacífico son más viejas que las aguas profundas del Atlántico (Sverdrup et.al., 1942).

Para la Corriente de California, el efecto de la temperatura es dominante sobre la salinidad en cuanto al contenido de oxígeno. A menor temperatura, aumenta la solubilidad del oxígeno. Las aguas profundas son más frías sin embargo, raramente se encuentran saturadas ya que aquí el suministro de oxígeno está limitado a la mezcla y advección verticales. Una característica muy clara en la distribución de oxígeno en la capa superior es un máximo subsuperficial somero que se encuentra en la mayor parte del área durante verano y otoño (fig. 3). Abajo de este máximo, y al nivel que corresponde al mínimo de salinidad, el oxígeno muestra un descenso marcado. Esto puede ser debido a que el agua arriba de la termoclina permanente tiene libre acceso al oxígeno atmosférico, pero que la estabilidad del agua al nivel de mínima salinidad limita la transferencia de oxígeno hacia abajo, desde las ricas capas superiores.

En las capas profundas se encuentran valores muy bajos mar adentro al Sur de Baja California y se extienden hacia el Norte a lo largo de la Costa.

Esta agua de bajo contenido de oxígeno ha sido discutida con respecto a la salinidad y se ha visto que es agua que viene desde el Sur y que gradualmente pierde su identidad conforme se mueve al Noroeste. Esta agua debe de haber permanecido abajo de la superficie por un largo período, ya que su contenido de oxígeno ha sido disminuído debido a la degradación de -

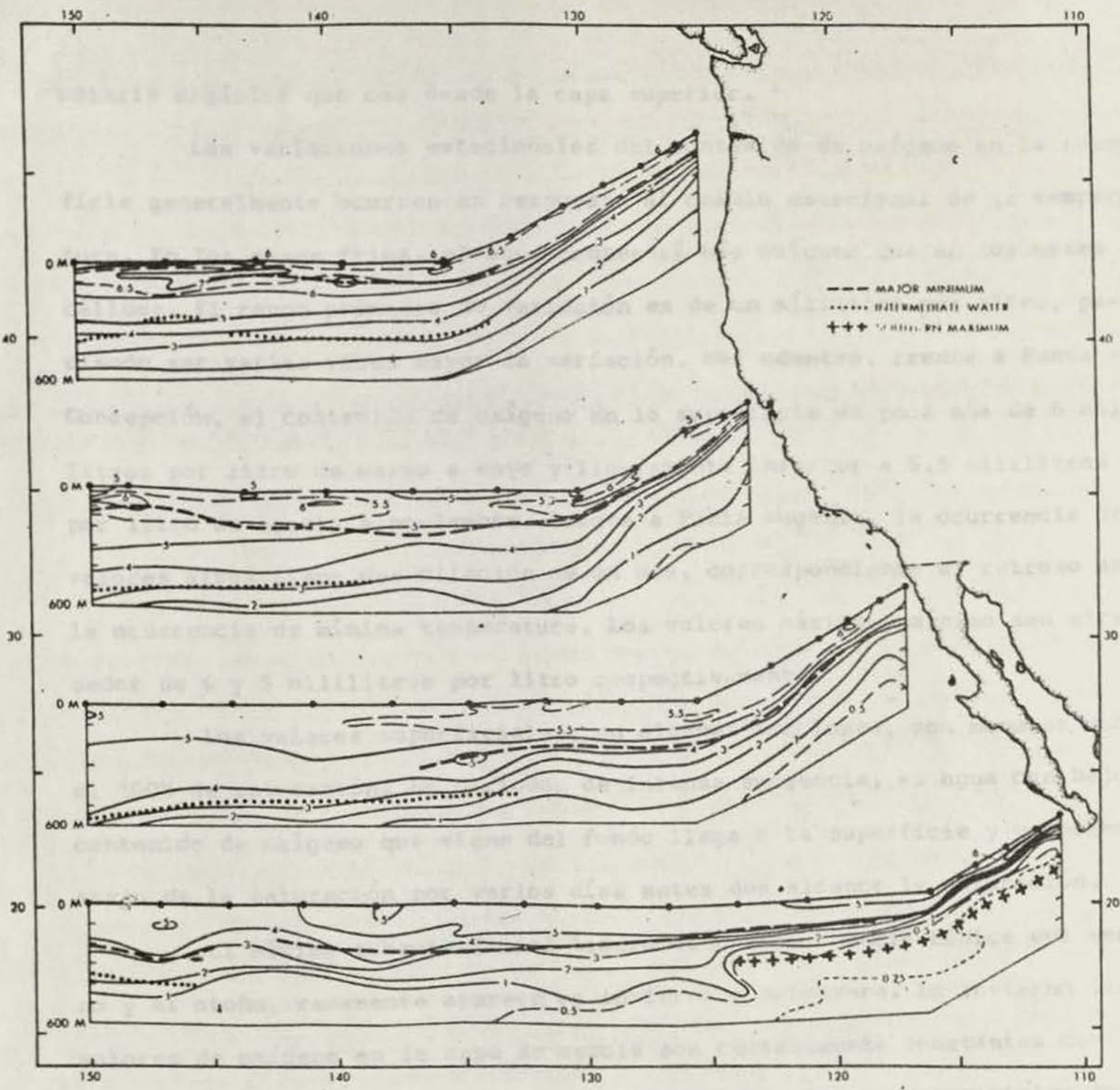


Fig. 3. Perfiles verticales de contenido de oxígeno desde la superficie hasta los 600 metros de profundidad a lo largo de la costa Oeste de Norteamérica.
Unidades: mililitros por litro (Reid et.al., 1955)

materia orgánica que cae desde la capa superior.

Las variaciones estacionales del contenido de oxígeno en la superficie generalmente ocurren en respuesta al cambio estacional de la temperatura. En los meses fríos, el agua contendrá más oxígeno que en los meses cálidos. El rango promedio de variación es de un mililitro por litro, pudiendo ser varias veces mayor la variación. Mar adentro, frente a Punta Concepción, el contenido de oxígeno en la superficie es poca más de 6 mililitros por litro de marzo a mayo y ligeramente inferior a 5.5 mililitros por litro de agosto a noviembre. Frente a Punta Eugenia, la ocurrencia de valores altos tiene una dilación de un mes, correspondiente al retraso en la ocurrencia de mínima temperatura. Los valores máximo y mínimo son alrededor de 6 y 5 mililitros por litro respectivamente.

Los valores superficiales, en algunas ocasiones, son menores que el 100% de saturación. En períodos de intensa surgencia, el agua con bajo contenido de oxígeno que viene del fondo llega a la superficie y permanece abajo de la saturación por varios días antes que alcance la saturación.

El máximo subsuperficial ligero es una ocurrencia típica del verano y el otoño, raramente aparece en invierno o primavera. En invierno los valores de oxígeno en la capa de mezcla son cercanamente constantes con la profundidad (100% o poco más). En primavera los valores superficiales empiezan a decaer (aumento en la temperatura). El contenido de oxígeno de 30 a 70 mts. de profundidad no comienza a caer hasta julio ó agosto, entonces se encuentra un valor máximo alrededor de los 50 mts. desde la primavera tardía hasta invierno. Una causa posible del máximo de oxígeno subsuperficial es la producción de este gas por el fitoplancton, así como el "atrapamiento" de oxígeno durante la mayor parte del año la fotosíntesis tiene -- considerablemente menor efecto sobre el contenido de oxígeno que el cambio en el valor de saturación, durante el período de menor temperatura (y menor variabilidad) la fotosíntesis puede dominar en los cambios del conteni

do de oxígeno.

2). SURGENCIAS

Uno de los aspectos más importantes del estudio de la Corriente de California es el entendimiento de los procesos físicos involucrados en ella y su efecto sobre los organismos que la habitan y, en general de las pesquerías de esa zona. Una gran cantidad de trabajos que se realizan sobre la Corriente de California van dirigidos a entender el fenómeno de surgencias.

2a.- Explicación del Fenómeno de Surgencia

Surgencia es el movimiento ascendente, de cierta extensión y duración mínimas, por medio del cual agua de capas subsuperficiales del océano se desplaza hacia la superficie y se remueve del área por flujo horizontal (Sverdrup, 1938; Wirtky, 1963; Smith, 1968). Las surgencias pueden ocurrir en cualquier parte del océano, pero son un fenómeno particularmente conspicuo a lo largo de las costas occidentales de los continentes, donde los vientos prevalecientes acarrearán agua superficial hacia mar afuera (Sverdrup Johnson y Fleming, 1942). Generalmente el agua asciende de profundidades que no exceden unos cientos de metros. Estas aguas se caracterizan por su baja temperatura, alta salinidad, alta densidad, bajo contenido de oxígeno y alto contenido de nutrientes (fosfatos, nitratos, silicatos, etc.).

En el hemisferio Norte, debido al efecto de la rotación de la tierra, los vientos producen un acarreo neto de agua superficial hacia la derecha, perpendicular a su dirección. Cuando el viento sopla en las cercanías de la costa, con una componente de su dirección paralela a la misma, de tal manera que una persona que observara hacia el punto cardinal de donde viene el viento, quedando la costa a su derecha y el mar a su izquierda, se produce un desplazamiento del agua superficial hacia mar afuera (fig.4). Como consecuencia de este desplazamiento, el agua de capas subsuperficiales asciende para ocupar el espacio que anteriormente ocupaba el agua que se está

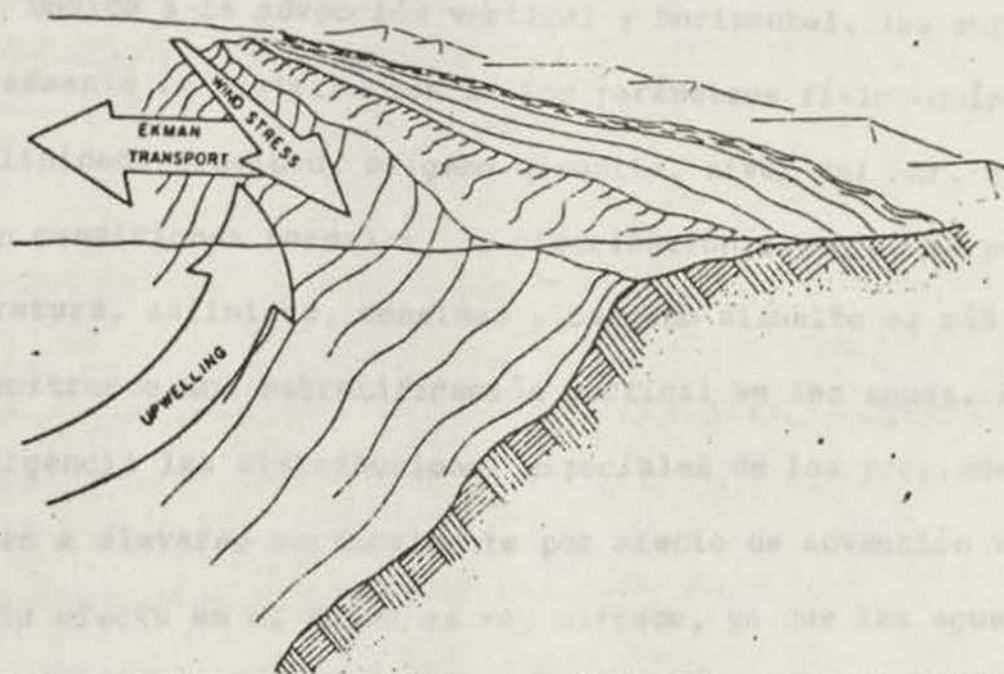


Figura 4. Diagrama conceptual de un proceso de surgencia costero. La costa del continente está representada en vista de corte, con el océano a la izquierda de la figura. El transporte hacia afuera de la costa en la capa de Ekman de superficie debido al esfuerzo del viento paralelo a la costa sobre la superficie del mar es reemplazado por la surgencia de agua de fondo. (Bakun, 1973)

desplazando hacia mar afuera.

2b.- Zonas de Surgencias

Algunas zonas de surgencias más intensas son: frente a las costas de Perú, en el Sistema de la Corriente de California (frente a las costas de Oregon, California y Baja California), frente a la costa de Africa en el Atlántico y en la costa occidental de Australia.

2c.- Efecto de las Surgencias

Debido a la advección vertical y horizontal, las surgencias alteran marcadamente la distribución de los parámetros físico-químicos (temperatura, salinidad, densidad, oxígeno disuelto, nivel del mar, nutrientes, -- etc.). En condiciones normales, la distribución espacial de parámetros como la temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto es más ó menos horizontal, mostrando una estratificación vertical en las aguas. En condiciones de surgencia las distribuciones espaciales de las propiedades anteriores tienden a elevarse verticalmente por efecto de advección vertical.

Su efecto en el clima es muy marcado, ya que las aguas superficiales en una zona de surgencias se encuentran a temperaturas más bajas que la normal, lo cual hace que el aire se enfríe y aumente la humedad relativa. A esto se debe la formación de niebla, muy común en las costas de Baja California.

2d.- Características Generales de las Corrientes en Zonas de Surgencias

Las corrientes en zonas de surgencia, han sido descritas por varios autores (Wooster, Reid, 1963; Smith, 1968, 1974; Johnson et.al., 1975; Mittelstaed y Kolterman, 1973) para diferentes áreas y aunque difieren en pequeños rasgos, conservan características comunes que se consideran como propias de las corrientes en zonas de surgencia. Estas características comunes son:

- Una corriente fuerte hacia el ecuador, paralela a la costa en las capas superficiales

- Un núcleo de altas velocidades a cierta distancia de la costa
- Una contracorriente subsuperficial la cual asciende y se intensifica cuando la surgencia es más débil y desciende y se debilita cuando la surgencia es más fuerte

3). ASPECTOS METEOROLOGICOS

La influencia de los procesos atmosféricos sobre el océano es muy importante. Esta importancia, desde un punto de vista oceanográfico, reside en la capacidad del viento de inducir movimientos en la superficie del océano a través de una transferencia de momentum desde el aire al mar. Esta transferencia ocurre principalmente a través del "esfuerzo del viento" (arrastre de aguas superficiales), definido como la fuerza tangencial ejercida por el viento sobre una superficie unitaria del océano. Un parámetro importante que se calcula a partir del esfuerzo del viento, es la componente vertical del rotacional del esfuerzo del viento. Bastenos por el momento referirnos a este parámetro en forma esquemática (fig. 5), notando que, valores positivos de este parámetro indican un aumento del esfuerzo del viento hacia afuera de la costa (al Oeste) y viceversa. A esto se asocian las situaciones mostradas en la figura referida.

El mismo viento cede momentum al océano en forma tal que genera oleaje en la región donde aquel es suficientemente persistente, tal región es llamada "Fetch" ó zona de generación de oleaje. Los mecanismos de transferencia de momentum que generan al oleaje son complejos y poco comprendidos en detalle.

La transferencia de calor y masa (agua) desde el océano a la atmósfera y viceversa (aire frío sobre agua cálida, evaporación y aire cálido sobre agua fría, precipitación) afectan a la temperatura y a la salinidad del agua oceánica superficial.

Por otra parte, la nubosidad afecta al balance de calor en la superficie del mar, esto es, disminuyendo la cantidad de radiación solar in-

cidente cuando hay nubosidad, por lo tanto, afecta a la temperatura, ya que si bien, parte de la radiación incidente es reflejada, otra parte penetra - las capas superficiales del océano, transformándose finalmente en calor.

Así mismo, el efecto de agitación del viento sobre el océano afecta la distribución de calor y sal.

Finalmente, la respuesta del océano a las fluctuaciones en la presión atmosférica al nivel de la superficie del mar (efecto de barómetro invertido, esto es, a una alta presión atmosférica corresponde una disminución en el nivel del mar y viceversa) pueden no ser ni inmediata ni completa, pero esto no impide que estas fluctuaciones se reflejen en fluctuaciones de presión notables en el océano. Los gradientes de presión resultantes deben inducir movimientos correspondientes en el mar.

3a.- Situación Sinóptica Promedio

En la fig. 6 se presentan mapas estacionales promedio de presión atmosférica al nivel del mar en la región de la Corriente de California. La intensidad del gradiente de presión entre la alta presión del Pacífico Norte y la baja presión térmica continental sobre California, es la fuerza que dirige a los vientos de superficie que se observan en el área. El gradiente es más intenso durante el verano cuando la baja presión continental se establece marcadamente y con valores más bajos (debido al mayor calentamiento) - y a la alta presión del Pacífico Norte se desplaza mar afuera. El viento -- geostrófico es paralelo a las isobaras. En consecuencia, durante la estación invernal, los vientos son típicamente del suroeste frente a Oregon y Washington y débiles ó del Norte alrededor de los 40°N hacia el Sur. Durante el verano, los vientos son generalmente del Norte en la región al Sur de los 50°N (Hickey, 1980).

En realidad, el hecho de que durante otoño-invierno, frente a Oregon y Washington, los vientos sean del Suroeste, se debe a que en estas épocas, el centro de alta presión del Pacífico Norte alcanza su posición mas -

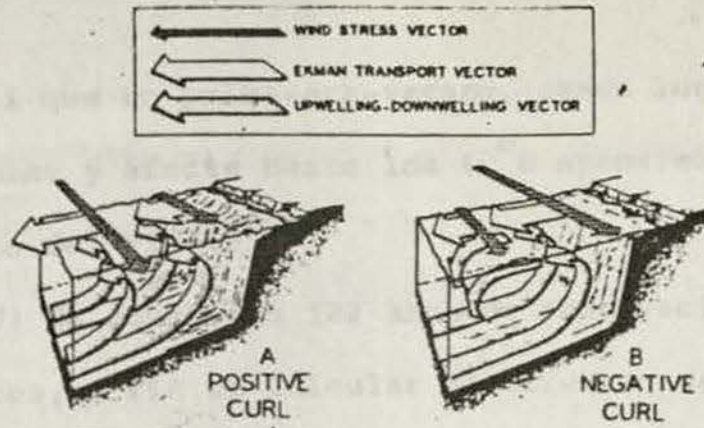


Figura 5. Diagrama conceptual de la relación entre el rotacional del esfuerzo del viento con la divergencia y convergencia del transporte de Ekman superficial hacia afuera de la costa en una zona de surgencia costera incipiente. (Nelson, 1977).

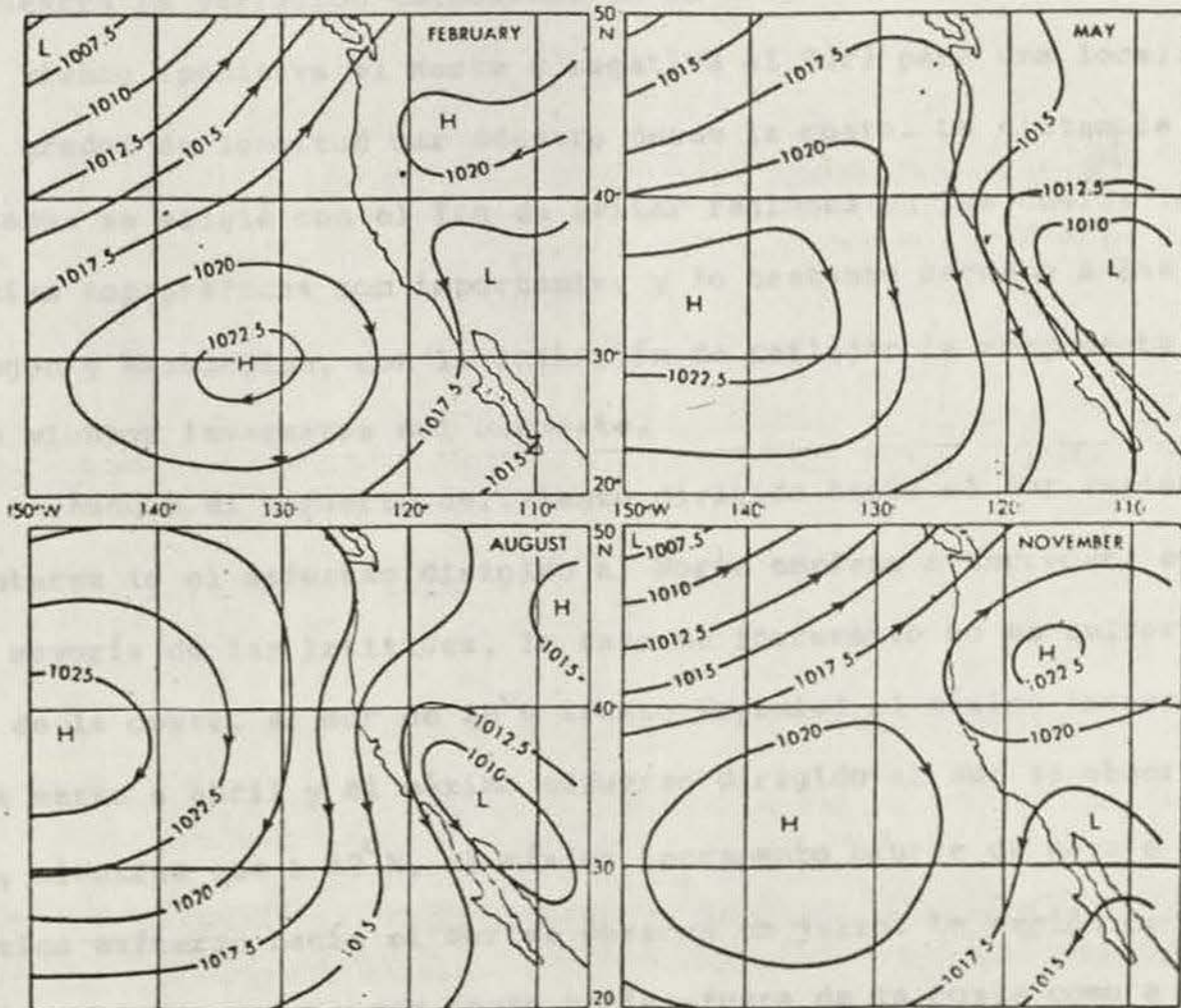


Figura 6. Presión atmosférica al nivel del mar promediada mensualmente (en milibares) sobre el Este del Océano Pacífico del Norte y de la costa Occidental de Norteamérica durante cuatro meses del año. (Reid et al, 1958).

austral y es más débil que en primavera-verano, dando lugar a que la baja presión Aleutiana domine y afecte hasta los 40°N aproximadamente.

3b.- Esfuerzo del Viento

Nelson (1977) há compilado 122 años de observaciones de viento tomadas a bordo de barcos, a fin de calcular el esfuerzo del viento medio mensual de largo plazo. Cartas típicas para invierno y verano se muestran en las figuras 7 y 8 respectivamente. Estas cartas muestran que, exceptuando la región en donde se separa el esfuerzo del viento en las ramas Norte y Sur, este esfuerzo se encuentra generalmente dirigido a lo largo de la costa, y entonces, la componente principal está dirigida al Norte ó Sur. La figura 9, muestra la variación estacional de la componente meridional del esfuerzo del viento (positiva al Norte y negativa al Sur) para una localidad a cuatro grados de longitud mar adentro desde la costa. La distancia de cuatro grados se eligió con el fin de evitar regiones en las cuales las influencias topográficas son importantes y lo bastante cercano a las costas de Oregon y Washington, con la intención de reflejar la componente del Sur de los vientos invernales del Suroeste.

Aunque el esfuerzo del viento dirigido hacía el Sur empieza a incrementarse (o el esfuerzo dirigido al Norte empieza a decrecer) en febrero en la mayoría de las latitudes, la tasa de incremento no es uniforme a lo largo de la costa. Al sur de 28°N (Punta Eugenia) el máximo incremento ocurre de marzo a abril y el máximo esfuerzo dirigido al Sur se observa en abril, mientras que a 47°N , el máximo incremento ocurre de mayo a junio y el máximo esfuerzo hacía el Sur se observa en julio. La región de esfuerzos dirigidos al Sur se expande tanto hacía afuera de la costa como a lo largo de ésta, conforme el máximo esfuerzo avanza hacía el Norte, tal que durante junio y julio, cuando el sistema de vientos del Norte se encuentra más intensamente desarrollados (esto es, en verano), el esfuerzo hacía el Sur excede el valor de 1 dina/cm^2 en una región de 500 km hacía el mar adentro por

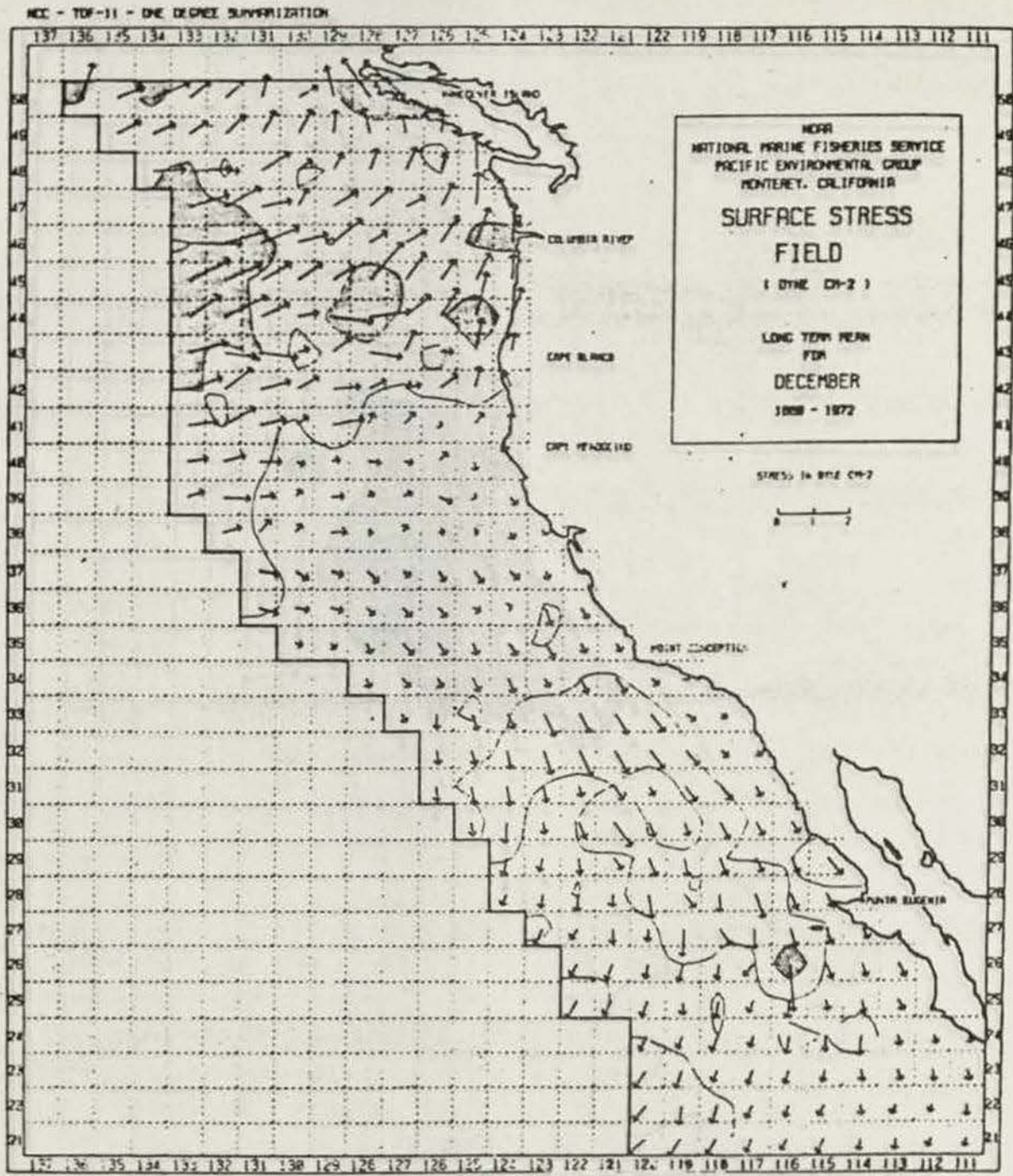


Figura 7. Distribución del esfuerzo del viento de superficie medio mensual compuesto de largo plazo para el mes de diciembre. Los contornos corresponden a magnitudes vectoriales medias, el intervalo entre contornos es de 0.5 dinas/cm². Las áreas donde los valores son mayores que 1.0 dinas/cm² están sombreadas. (Nelson, 1977).

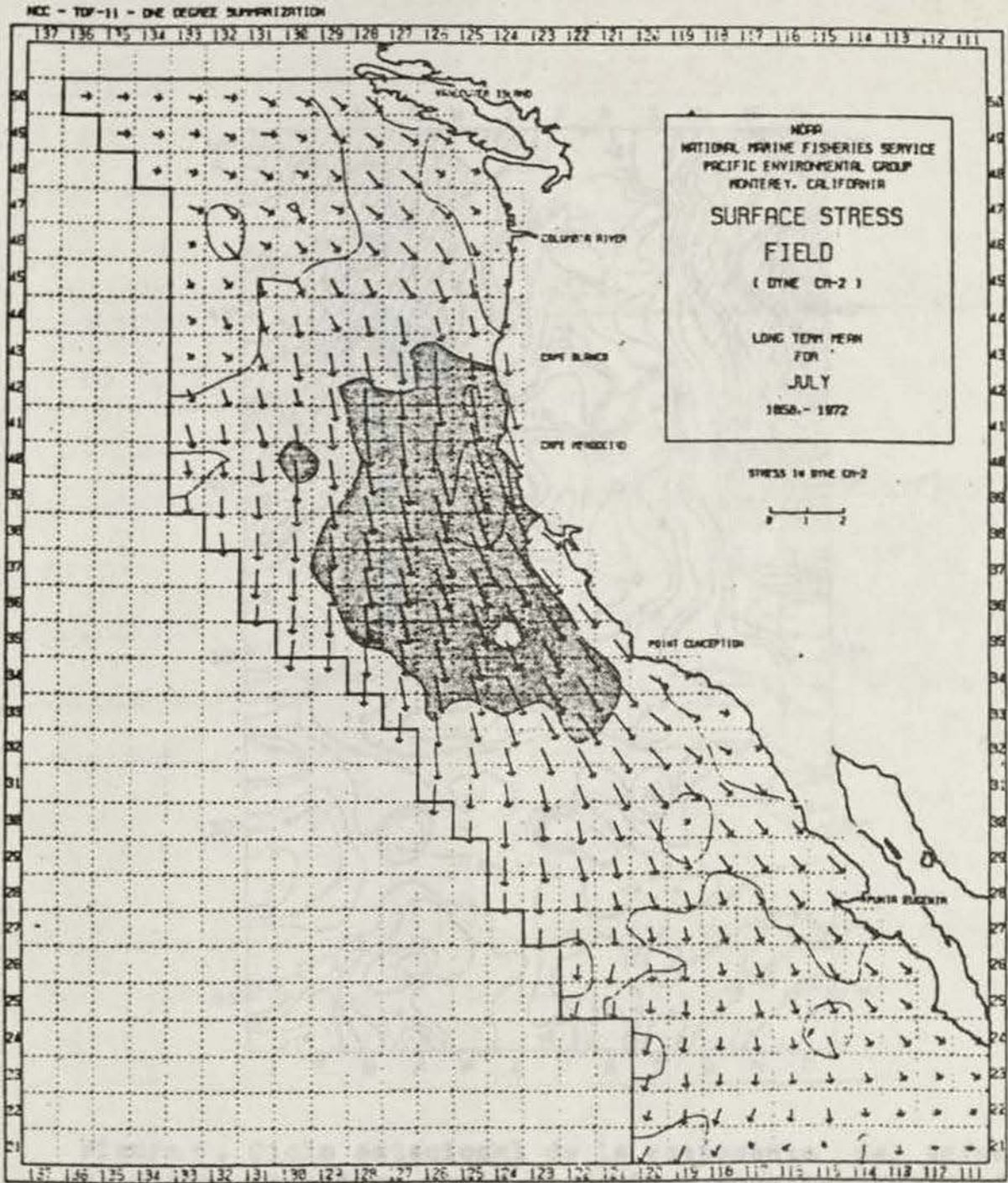


Figura 8. Igual que la figura 7, para el mes de julio.

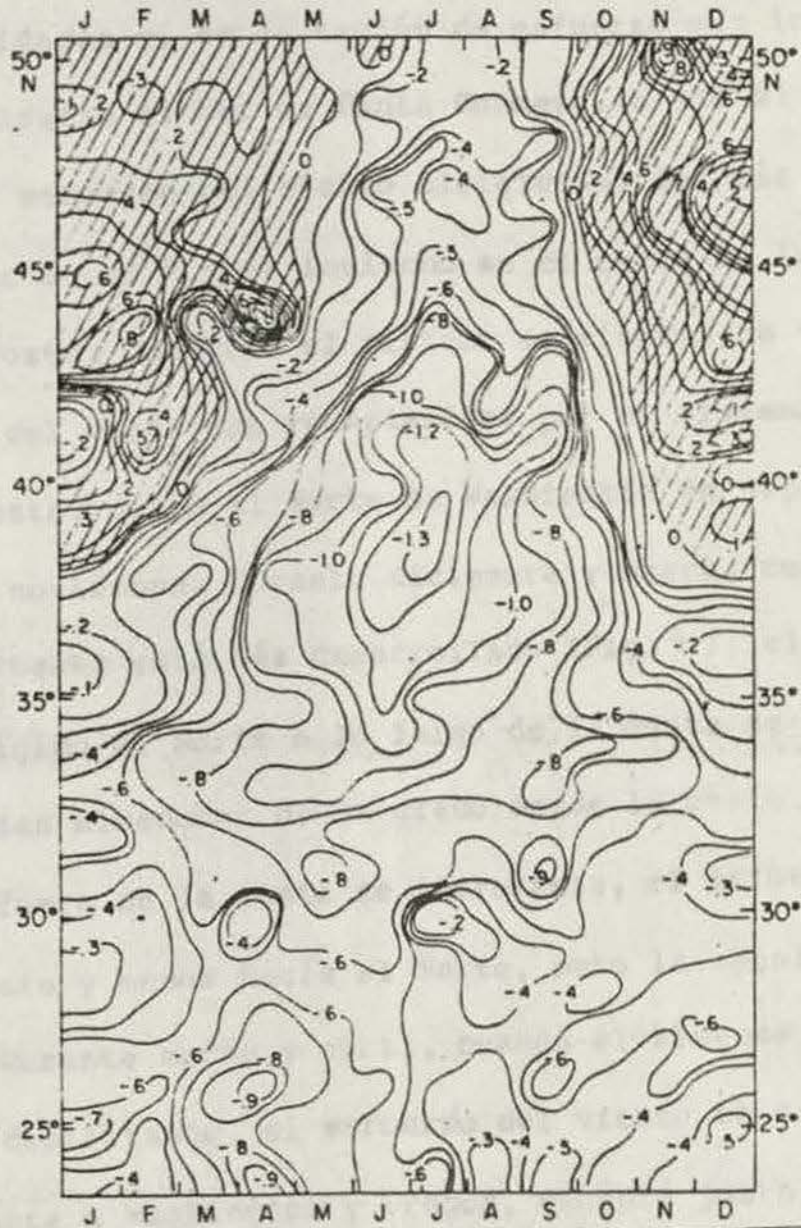


Figura 9. Ciclo estacional de la componente del esfuerzo del viento (positivo hacia el Norte y negativo hacia el Sur) para localidades a 4° desde la costa Oeste de Norteamérica, a partir de 50°N hasta 24°N. Las unidades son centímetros dinámicos. El intervalo entre contornos es de 0.1 dinas/cm². Las regiones en donde el esfuerzo del viento es hacia el Norte están sombreadas. (Hickey, 1980).

1000 km. a lo largo de la costa (fig. 8).

La magnitud de la componente dirigida al Sur del esfuerzo del viento empieza a debilitarse en mayo al Sur de 27°N y en agosto en la mayoría de las otras localidades y, en la región de esfuerzo más intenso se mueve al Sur hasta localizarse al Sur de Punta Concepción (36°N) en diciembre ó enero (fig. 7). El esfuerzo del viento dirigido al Sur más débil se observa en agosto al Sur de 25°N y en invierno en el resto de las localidades a lo largo de la costa. Conforme el sistema de vientos de verano se debilita, los vientos del Norte son reemplazados por un sistema de vientos invernales del Suroeste, desde el Norte de Washington en septiembre hasta Cabo Mendocino en noviembre. Durante diciembre y enero, cuando el sistema de vientos del Suroeste está más desarrollado (fig. 7), el esfuerzo del viento máximo dirigido al Norte a lo largo de la costa se observa en la mayoría de las veces alrededor de un grado desde la costa. Conforme la distancia hacía afuera de la costa se incrementa, el esfuerzo del viento es más hacía el Este y menos hacía el Norte, pero la magnitud es relativamente constante. Durante marzo y abril, cuando el sistema de vientos del Suroeste se está debilitando, el esfuerzo del viento es casi completamente hacía el Este frente a Washington y Oregon, excepto justo en la costa.

Pueden ocurrir variaciones de año a año substanciales en los esfuerzos del viento medio mensual, tal que, para algún año dado, la media mensual del esfuerzo podría ser aún opuesta a la media de largo plazo, -- particularmente en regiones donde el valor medio de largo plazo indica -- vientos ligeros. Bakun (1975) há tabulado valores diarios de índices de surgencia, los cuales son iguales a la componente a lo largo de la costa del esfuerzo del viento (cerca de la costa) dividido entre el parámetro de Coriolis. Los índices están calculados a partir de mapas sinópticos de presión atmosférica de superficie tomados cada seis horas. Mientras que

que los datos de largo plazo muestran que el esfuerzo del viento mensual medio al Sur de 40°N a lo largo de la costa es siempre hacia el Sur, los datos de Bakun para un período de siete años (1967 - 1973) muestran que el esfuerzo del viento mensual medio fué hacia el Norte en 36°N durante enero de 1968, 1969, 1970 y 1973, diciembre de 1968 y febrero de 1973; y en 33°N durante enero de 1968 y 1972 y, diciembre de 1967.

Superpuestos sobre las variaciones estacionales de los vientos, -- existen "eventos" de frecuencia más alta con escalas de tiempo de algunos días. Aunque tales eventos resultan generalmente en una variación en la amplitud de la media estacional del esfuerzo del viento (al Sur e al Norte), -- a veces ocurren inversiones en la dirección. El número de inversiones en la dirección --a estas frecuencias altas-- es una función de la localización a lo largo de la costa relativa a la posición de las altas y bajas presiones atmosféricas estacionales; esto es, aunque los eventos de esfuerzos del viento dirigidos hacia el Sur pueden ocurrir durante invierno a cualquier latitud, la frecuencia de tales eventos se incrementa hacia el Sur, tal que al Sur de 36°N , estos eventos representan más la norma que una anomalía. -- Eventos de esfuerzos del viento hacia el Norte son relativamente raros durante verano al Sur de 45°N , no obstante son más comunes en el verano tardío al Sur de Baja California (21°N).

Puesto que la componente a lo largo de la costa de esfuerzo del viento está relacionada directamente con la componente a lo largo de la costa de la corriente costera, la amplitud relativa de las fluctuaciones del esfuerzo del viento es un factor primordial en la determinación de la amplitud relativa de las fluctuaciones de la corriente costera que pueden ser esperadas.

Al sur de 36°N (Punta Concepción), la variabilidad del esfuerzo del viento es mayor en la primavera (generalmente en abril), excepto a 24°N hacia el Norte de 36°N la varianza es mayor durante los meses tormentosos --

invernales (en diciembre al Norte de Cabo Mendocino y en enero a los 39°N). Tanto la mayor amplitud en la fluctuación estacional de la varianza y la mayor varianza se observan a los 48°N .

La mayor variabilidad durante primavera y verano ocurre alrededor de 39°N (Cabo Mendocino) donde se há observado el máximo esfuerzo del viento dirigido hacia el Sur. Durante esos meses, la variabilidad generalmente decrece tanto al Norte como al Sur de esa latitud, con una mayor tasa de decremento hacia el Sur. Por lo tanto, la varianza cerca de Baja California - para un mes dado siempre es menor que cerca de Oregon y Washington, excepto durante agosto. Durante primavera y principios de verano, la diferencia entre estas dos áreas puede ser tan grande como un factor de dos. Sin embargo el esfuerzo del viento hacia el Sur máximo ocurre durante julio y agosto -- cerca de Washington y Oregon, la máxima variabilidad durante el período de esfuerzos mensuales medios dirigidos hacia el Sur ocurre durante mayo a esas latitudes.

Como há quedado anotado, en la región que comprende al Sistema de la Corriente de California, los vientos son generalmente a lo largo de la - costa Oeste de los Estados Unidos, desviándose hacia el Suroeste a la altura del Sur de Baja California. En esta región, los vientos vienen del Norte -- desde Oregon hasta el extremo sur de Baja California desde marzo a octubre; son más intensos durante primavera y verano y más débiles durante otoño e - invierno. De noviembre a febrero, los vientos se dividen y soplan hacia el Norte justo al Norte de San Francisco. Durante abril-mayo se inicia un desplazamiento de la zona de máximo esfuerzo del viento desde el Sur de Baja - California hacia el Norte, alcanzando la región de California central en mayo-junio, a la región de California Norte hacia junio-julio y la región de Oregon hasta agosto. En el área marina adyacente al Sur de Baja California, los vientos son más débiles durante julio-agosto y para las áreas adyacentes

a California central y Norte durante noviembre-febrero.

3c.- Rotacional del Esfuerzo del Viento

A los vientos más intensos se les encuentra generalmente localizados a cierta distancia de la costa, resultando en una región fuera de la -- costa en donde el rotacional del esfuerzo del viento cambia de signo. Este rotacional es siempre negativo lejos de la costa, como lo es sobre la mayor parte del Pacífico Norte. Sin embargo, hay una región cercana a la costa -- donde el rotacional del esfuerzo del viento es positivo a lo largo del año -- y esta región se localiza a partir de Punta Concepción hacia el Sur. Esta -- región presenta valores del rotacional más débiles en febrero-marzo y más -- intensos en junio-julio. Esta región crece hacia el Norte de Punta Concep-- ción a partir de abril hasta septiembre. La frontera Norte de la región men-- cionada retrocede entonces hacia el Sur (hasta Punta Concepción) a partir -- de octubre a marzo.

La frontera Sur de la región donde el rotacional del esfuerzo del viento es positivo se esparce al Sur de San Diego desde junio a octubre. -- Luego después regresa al Norte, hacia San Diego, desde noviembre hasta mar-- zo.

B I B L I O G R A F I A

- Bakun, Andrew. 1973. Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America. NOAA Technical Report NMSF SSRF-671, U.S. Department of Commerce.
- Barkley, R.A. 1968. Oceanographic Atlas of the Pacific Ocean. University of Hawaii Press. 20 pp.
- Blanton, J and Patullo, J.G. 1970. The Subsurface Boundary between Subarctic Pacific Water and Pacific Equatorial Water in the Transition zone off Southern California, *Limnology and Oceanography*, 15(4), pp 606-614.
- Cannon, G.A., N.P. Laird and T.V. Ryan, 1975. Flow along the Continental Slope off Washington, Autumn 1971. *Journal of Marine Research*, 33 (supplement), pp 97-107.
- Chelton, Dudley B. 1980. Low Frequency Sea Level Variability along the West Coast of North America. Tesis Doctoral. University of California, -- San Diego, U.S.A.
- Gregg, M.C. 1974. Microstructure and Intrusions in the California Current. *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 5.
- Hickey, Barbara M. 1979. The California Current System - Hypothesis and Facts *Progress in Oceanography*, vol. 8. (M.V. Angel, J. O'Brien Eds.) Oxford, Inglaterra. Pergamon Press.
- Johnson D.R., E.D. Barton P. Hughes. C.N.K. Mooers. 1975. Circulation in the Canary Current upwelling region off Cabo Bojador in August 1972. *Deep Sea Res.* 22. 547-558.
- Mittelstaedt E., K.P. Koltermann. 1973. On the Currents over the Shelf off Cap Blanc in the Northwest African Upwelling area. *Deutsches Hydrographisches Zeitschrift*, 26. 193-215.
- Nelson, Craig S. 1977. Wind Stress and Wind Stress Curl over the California Current. NOAA Technical Report NMFS SSFR-714, U.S. Department of Commerce.
- Reed, R.K. and D. Halpern. 1976. Observation of the California Undercurrent off Washington and Vancouver Island. *Limnology and Oceanography*, 21, pp 289-398.
- Reid, J.L., Roden G.I., Wyllie J.G. 1958. Studies of the California Current System. Contributions from the Scripps Institution of Oceanography, - New Series No. 998, pp 27-56.
- Reid, J.L. Jr. 1965a. Intermediate Waters of the Pacific Ocean. The Johns - Hopkins Press, Baltimore U.S.A., 85 pp.
- Reid J.L. Jr. 1965b. Physical Oceanography of the region near Point Arguello. Technical Report, Institute of Marine Resources. University of California. IMR Reference 65-19.

- Schwartzlose, R.A. 1963. Nearshore Currents of the Western United States and Baja California measured by drift bottles. CALCOFI Investigations Progress Report 7-1-60 to 6-3-62. pp 15-22.
- Schwartzlose R.A., Reid J.L. 1963. Direct Measurement of the Davidson Current off central California. *Journal of Geophysical Research* 67(6), pp 2491-2497.
- Smith R.L. 1968. Upwelling Oceanography *Mar. Biol. Ann. Rev.* 6, p 11-46.
- Smith R.L. 1974. A description of current, wind and sea level variations during coast upwelling off Oregon coast, July-August 1972. *Jour. Geoph. Res.*
- Sverdrup, H.U. 1938. On the Process of Upwelling. *Journal of Marine Research* vol. 1, pp 155-164.
- Sverdrup, H.U., Fleming R.H. 1941. The Waters off the Coast of Southern California, March to July, 1937. *Univ. Calif. Scripps Institution of Oceanography Bulletin*, vol. 4, no. 10. pp 261-378.
- Sverdrup, H.U., Fleming R.H., Johnson M.W. 1942. The Oceans, Their physics, chemistry and general biology. New York: Prentice Hall Inc. 1087 pp.
- Tibby, R.B. 1941. The Water Masses off west coast of North America. *Journal of Marine Research*, 4(2). pp. 113-121.
- Wickham, J.B. 1975. Observations of the California Countercurrent. *Journal of Marine Research*, 33(3). pp 325-340.
- Wooster, W.S. and Jones, J.H. 1970. California Undercurrent off northern Baja California. *Journal of Marine Research*, 28(2). pp 235-250.
- Wooster W.S., Reid J.L. 1963. Eastern boundary currents. In the Sea (editor) M.N. Hill. 2, 253-280.
- Wyrtki, K. 1963. The horizontal and vertical field of motion in the Peru Current. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 8, pp 313-346.