



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO



INSTITUTO DE GEOGRAFÍA
POSGRADO EN GEOGRAFÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

Producción primaria nueva (Pnueva) en la región sur
de la Corriente de California: una propuesta
de ordenamiento ecológico marino

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTOR EN GEOGRAFÍA (FÍSICA)
PRESENTA

BENIGNO HERNÁNDEZ DE LA TORRE

Dr. Raúl Aguirre Gómez
Director de Tesis

Dr. Gilberto Gaxiola Castro
Comité

Dr. Gerardo Bocco Verdinelli
Comité

Dr. Artemio Gallegos García
Sinodal

Dr. Saúl Álvarez Borrego
Sinodal

México, D.F. Agosto, 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este proyecto de Tesis nació en el CICESE, se manifestó en el INE y culminó en el Instituto de Geografía de la UNAM.

Gracias CICESE, Gracias INE, Gracias UNAM.

...“Confía en el Señor de todo corazón y no te apoyes en tu propia inteligencia”...

Proverbios 3:5
Ver. Reyna-Valera, 1960

DEDICATORIA

A DIOS
A MI ESPOSA
A MIS PADRES
A MIS HIJOS
A MIS NIETOS
A MIS HERMANOS
A MIS AMIGOS

A CUBA
A MÉXICO

AGRADECIMIENTOS

Cuando comencé a escribir los agradecimientos pensé que por descuido podía dejar de mencionar a alguien importante, por eso desde ya, pido las disculpas correspondientes en caso de que suceda.

Definitivamente agradezco a Dios, mi Señor, sabes lo esencial que has sido en mi posición firme de alcanzar esta meta; que si pudiera hacerla material, la hiciera para entregártela y a través de ella, poder alcanzar a otras personas para tu Gloria.

A mi esposa Doris, mi ayuda idónea, por su paciencia, comprensión y apoyo para culminar la Tesis. Es la persona que más ha sufrido directamente las consecuencias del trabajo realizado.

A mis Padres, Benigno y María Esther a quienes le debo todo en la vida, le agradezco el amor, cariño y el perdón por la ausencia de estos últimos años sin ellos.

A mis hijos, Javier Ernesto y Mónica: mis pensamientos en todo momento han estado en ustedes dos, por eso les agradezco infinitamente su amor, su cariño y comprensión en estos últimos años de lejanía para la obtención de este grado. A mis hijos por adopción más cercanos, Ruth, Eli, Jorge y Juan Ernesto, por su muestra de afecto, comprensión y apoyo en los últimos años.

A mis nietos Estela, Jan Carlos y Maykol, por suavizar mis momentos más tensos con una foto, una sonrisa y un “te quiero, abuelo”.

A mis hermanos Estercita, Migdalia, Friolka, Diana y Luis Manuel, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre en momentos buenos y malos. A mis cuñados Germán y Adriana, Ángel Mario, Javier, José y Yannia, por su apoyo incondicional: cuando los necesité, ahí estuvieron.

A mis sobrinos, Teresita, Dalvis, Damián y Denis; Tommy, Jimmy y Sharon; Dayana y Damaris; Adrián y Abel; Paola, Sarai, Raquel, Rebeca y David.

A mis Pastores Jorge y Elizabeth Sánchez y al Centro Educativo Renacimiento por abrirme las puertas y a todos los que tengo por fortuna conocer, agradecerle algún aspecto de crecimiento en mi vida cristiana.

En las diferentes etapas que comprendió el trabajo de Tesis, tuve la fortuna de contar con la colaboración y el apoyo de un gran número de personas que, de una forma u otra contribuyeron a su realización. Sin embargo mi familia mexicana ha sido el pilar más importante, ya que sólo gracias a ellos fue posible continuar, aún en los momentos en los que el trabajo de investigación parecía más arduo e interminable.

El proyecto de Tesis se formuló en el CICESE como parte de la red IMECOCAL donde fue encabezado por el Dr. Tim Baumgartner, posteriormente por el Dr. Gilberto Gaxiola Castro, Dra. Bertha Lavaniegos y por el Dr. José Gómez, a quienes les expreso mi más profundo agradecimiento por su confianza al permitirme participar y utilizar la información de los cruceros para la Tesis.

La información de la simulación numérica a partir de MatLab se la debo al Dr. Rafael Hernández Walls y a Marcos D. Martínez Gaxiola, quienes realizaron conmigo innumerables horas de trabajo y aprendizaje. Quiero agradecer infinitamente a profesores, amigos y compañeros del Departamento de Ecología Marina del CICESE y del grupo Gilo's Boys, por su ayuda, consejos y críticas constructivas al trabajo de Tesis. Especial agradecimiento a los dibujantes J. M. Domínguez y F. Ponce por la confección de las figuras.

No puedo olvidar al personal de la Dirección de Posgrado del Instituto de Geografía de la UNAM, al Dr. Javier Delgado, al Maestro Macario Arredondo y colegas de la oficina del Posgrado: gracias por la paciencia y la información proporcionada a través de cada semestre para poder cumplir con los requisitos académicos.

Otras personas que contribuyeron de manera importante en el desarrollo de este documento fueron los colegas de trabajo de la Dirección de Ordenamiento Ecológico del INE en el cual laboro. Quiero echarle la culpa al artífice de conciliar la producción primaria nueva con el Ordenamiento Ecológico Marino, el Dr. Gerardo Bocco Verdinelli, quien fungiera en su momento como Director General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas del INE, al cual le agradezco infinitamente su confianza en la aplicación de la investigación o como diría mi buen amigo el Dr. Michael H. Glantz, de la Universidad de Colorado, "hacer ciencia usable".

Agradezco al maestro y amigo Dr. Artemio Gallegos García, profesor e Investigador Asociado del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, por sus sugerencias, enseñanzas y visión

del ordenamiento ecológico marino. Igualmente Gracias Dr. Gallegos, por la ayuda en la entrega de parte de las imágenes de temperatura superficial del mar utilizadas en la Tesis.

Quiero agradecer los consejos recibidos a lo largo de los últimos años del amigo, profesor, maestro y Dr. Honoris Causa por la Universidad Autónoma de Baja California (2006) y por la Universidad de Sonora (2009) al Dr. Saúl Álvarez Borrego, del Departamento de Ecología del CICESE, quien en cada visita a su oficina me colmó de inspiración al trabajo con su sabiduría y ejemplo. Su entusiasmo y aliento, les juro que se pega.

Quiero agradecer sinceramente y reconocer la guía y amistad del Dr. Gilberto Gaxiola Castro, por su esfuerzo y dedicación desde que inicié este trabajo en el Departamento de Ecología Marina del CICESE. Sus conocimientos, orientaciones, manera de trabajar, persistencia, paciencia, motivación y amor por Dios, han sido fundamentales para mi formación como investigador: Gilo, gracias por traerme a México.

Agradezco infinitamente al Dr. Raúl Aguirre Gómez por haber aceptado dirigir esta Tesis, por sus enseñanzas, consejos y valioso apoyo en la realización de la misma, que sin su ayuda, no hubiese sido posible llevarlo a cabo. Gracias Raúl.

Al pueblo de Cuba, familiares y amigos del Centro de Investigaciones Pesqueras en el cual laboré por 20 años; a la Biblioteca Nacional de Cuba; al Instituto de Oceanología; al Instituto de Meteorología de la Academia de Ciencias de Cuba y profesores de la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana.

A México, su pueblo, especialmente Ensenada, por acogerme como su hijo y darme la oportunidad de continuar y concluir los estudios de Maestría y Doctorado; de trabajar por un México que todos queremos con responsabilidad y de conocer la verdadera razón de la palabra "Libertad". En este año 2010 del Bicentenario de la Independencia de México y Centenario de la Revolución Mexicana, Te Dedico Esta Tesis.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo formular una propuesta de Ordenamiento Ecológico Marino en su Fase de Caracterización, a partir del cálculo de la producción primaria nueva desde la línea más al norte de la frontera mexicana de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) en Tijuana, Baja California, hasta Los Cabos, en Baja California Sur (México). El carbono orgánico nuevo o la producción primaria nueva, es el resultado de la entrada de nutrientes alóctonos a la zona eufótica y es una forma semicuantitativa de estimar el carbono particulado que se exporta a profundidades mayores. Los resultados del cálculo de la producción primaria nueva en este trabajo se dividieron en dos: el primero conformado por diez cuadrículas costeras y oceánicas de $1 \times 1^\circ$ de latitud y longitud con una serie de tiempo de septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 y valores integrados en la columna de agua expresados en $\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ y el segundo un método que muestra cómo a partir de imágenes mensuales de satélite de temperatura y color del mar se ofrece valores semicuantitativos de la producción primaria nueva expresado en $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$ en profundidades estándares (0, 10, 30, 50, 75 y 100m) para el 2003. En ambos casos la producción nueva se calculó con base en modelos empíricos de la relación temperatura-nitratos y mediante el producto de la razón- f y de la producción primaria total. Los resultados más importantes del primer cálculo en $\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$, se concentran en la identificación de zonas de mayor o menor aporte de producción nueva por cuadrículas de $1^\circ \times 1^\circ$. Se cuantificó qué porcentaje aproximado de la producción nueva representa la productividad total y cuanto carbono aproximado se dejó de aportar o se aportó en dichas cuadrículas. Los resultados de la serie de tiempo de producción nueva para las estaciones costeras y oceánicas de las Líneas 90, 107, 120, 137 y 157 de la red CalCOFI-IMECOCAL señalan a las del norte y sur de la Península de Baja California, con mayor incremento y, por tanto, las que más exportaron material orgánico fuera de la zona eufótica, mientras que las centrales presentaron valores mínimos de producción nueva y máximos en la tasa de reciclamiento. Con base en el Análisis de Épocas Superpuestas se comprobó la asociación entre las fluctuaciones de producción nueva y producción total y los eventos “El Niño” y “La Niña” representados por el Índice Multivariado de “El Niño/Oscilación del Sur” con una alta probabilidad de que haya un incremento en la productividad un año antes (-1), disminuya durante el año de afectación (0) y se recupere un año después (+1) de la incidencia de este evento frente a la Península de Baja California. El análisis entre los valores medios mensuales de la producción nueva y la Oscilación Decadal del Pacífico, muestra una relación inversa en los distintos cambios de regímenes climáticos entre 1976-1977 y 1998-1999. La fase positiva del Índice de Oscilación Decadal del Pacífico (1976-1998) coadyuvó a la disminución de la producción nueva, se recicló más carbono y disminuyó el transporte a zonas profundas. En este período el ecosistema frente a Baja California disminuyó ~50% de producción nueva. La fase negativa de la Oscilación Decadal del Pacífico (1970-75 y después de 1998)

favoreció a una mayor P_{nueva} y a incrementar la tasa exportable de carbono fuera de la zona eufótica, ayudando a la remoción del carbono hacia el fondo marino. El segundo método de obtención de producción nueva en $mgC\ m^{-3}\ d^{-1}$ mostró la factibilidad de presentar mapas superficiales y en profundidad de la temperatura, nitratos, razón- f , producción total y producción nueva, a partir de los registros de temperatura de sensores remotos en órbita, -para obtener valores de nitrato mediante modelos estadísticos- y color, temperatura y luz también de sensores remotos que captan imágenes de color del mar para obtener la producción primaria total. El incremento de los valores de la producción nueva se produce de diciembre a junio, mientras que de julio a noviembre cae drásticamente a valores cercanos a 0. Los mayores valores de producción nueva inician en diciembre, enero y febrero entre 25 y 30 $mgC\ m^{-3}\ d^{-1}$, concentrándose entre 30 y 50m con un pico en abril-mayo hasta junio y comienzan a disminuir en julio. De agosto a noviembre las temperaturas son altas en la zona con presencia oligotrófica del Pacífico Central acentuando la disminución de producción nueva. Parte importante en los procesos de manejo oceánico son las contribuciones que la oceanografía y particularmente la biogeoquímica pueden ofrecer para definir regiones oceánicas y costeras considerando las variaciones en la concentración del carbono orgánico. Estas regiones requieren de estrategias de manejo para mantener la diversidad marina y la biomasa pescable. Los valores de la P_{nueva} representado en mapas de profundidad, constituye la capacidad de carga del carbono y por tanto la cantidad tope que se puede extraer sin hacerle daño al ecosistema. Se tocan diferentes aspectos de la contribución socioeconómica de la propuesta de regionalización marina y de la importancia de tener en cuenta la interacción del océano, la atmósfera y del cambio climático en la regionalización marina.

LISTA DE ACRÓNIMOS Y TÉRMINOS ESPECIALES MÁS USADOS

¹⁴C: Carbono 14
¹⁵N: Nitrógeno 15
AP: Alta presión (en milibares)
AVHRR: Advance Very High Resolution Radiometer
BCS: Baja California Sur
BP: Baja Presión (en milibares)
CalCOFI: California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations
CC: Corriente de California
CO₂: Bióxido de Carbono
COADS: Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set
CZCS: Coastal Zone Color Scanner
DOF: Diario Oficial de la Federación
E: Este
ENSO: El Niño/Southern Oscillation
FE: Frente de Ensenada
GtC año⁻¹: Giga toneladas de carbono por año
IMECOCAL: Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California
INE: Instituto Nacional de Ecología
IS: Índice de Surgencia expresado en m³ s⁻¹ 100m de costa
JGOFS: Joint Global Ocean Flux Study
LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LME: Grandes Ecosistemas Marinos
MEI: Índice Multivariado de “El Niño/Southern Oscillation”
MODIS: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
N: Norte
Nitratos: NO₃
nm: nanómetro
NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration
OCTS: Ocean Color and Temperature Scanner
OEM: Ordenamiento Ecológico Marino
OPUS: Organization of Persistent Upwelling Structures
PDO: Oscilación Decadal del Pacífico
PFEG: Pacific Fisheries Environment Group
PIC: Profundidad de inicio de la pycnoclina
PNM: Pacífico Norte Mexicano
Pnueva: Producción Primaria Nueva gC m⁻² d⁻¹ y en mgC m⁻³ d⁻¹
PP: Producción primaria
PPz: Producción primaria total en profundidad en mgC m⁻³ d⁻¹
Preg: Producción Primaria Regenerada
Ptotal: Producción Primaria Total gC m⁻² d⁻¹
PVC: Perfiles verticales climatológicos
QuikSCAT: Quick Scatterometer (satélite que mide velocidad y dirección del viento sobre los océanos)
razón-f: Relación o tasa de la Pnueva entre la Ptotal a partir de nitratos
S: Sur
SCB: Ensenada del sur de California, Southern California Bight
SCC: Sistema de la Corriente de California
SEA: Análisis de Épocas Superpuestas, (método estadístico)
SeaWiFS: Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor
SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
TSM: Temperatura superficial del mar, (°C).
W: Oeste
ZE: Zona Eufótica, hasta donde llega el 1% de luz
ZEE: Zona Económica Exclusiva de los mares mexicanos

PRODUCCIÓN PRIMARIA NUEVA (Pnueva) EN LA REGIÓN SUR
DE LA CORRIENTE DE CALIFORNIA: UNA PROPUESTA DE
ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	6
Antecedentes.....	8
Estado del arte de la Pnueva.....	11
Sensores Remotos para estimaciones indirectas de Pnueva.....	12
Ordenamiento Ecológico Marino.....	15
Área de estudio.....	16
Objetivo.....	19
Hipótesis de trabajo.....	20
Estructura capitular.....	20
Literatura citada.....	21
CAPÍTULO I. Serie de tiempo de la Pnueva: variabilidad interanual (1970-2008) frente a la Península de Baja California.....	29
CAPÍTULO II. Relación de la Pnueva con fenómenos hidroclimatológicos (1970-2008) frente a la Península de Baja California.....	72
CAPÍTULO III. Propuesta metodológica para la Fase de Caracterización del Ordenamiento Ecológico Marino.....	103
CAPÍTULO IV. El uso potencial de la producción de carbono orgánico nuevo en el manejo oceánico.....	156
ANEXOS 1.....	183
ANEXOS 2.....	184
ANEXOS 3.....	185
ANEXOS 4.....	185
ANEXOS 5.....	186
ANEXOS 6.....	187
GRÁFICOS DE LOS ANEXOS.....	216
GLOSARIO DE TÉRMINOS ECOLÓGICO-MARINO Y GEOGRÁFICOS.....	228

INTRODUCCIÓN

Una de las características principales de las ciencias geográficas es el entender procesos y fenómenos que ocurren tanto en la parte terrestre, oceánica y atmosférica todos interactuando a la misma vez, con el fin de poder simplificar conceptos de regiones ecológicas cuyas características más sobresalientes sea del conocimiento y de aplicación para el bien de la humanidad.

Desde el punto de vista de la Geografía, los estudios del océano forman parte de un contexto particular poco explotado a nivel mundial, pues la mayoría de sus programas se parcializan en Institutos y Centros de Investigaciones Marinas en materias como la oceanografía física, química o biológica. Sin embargo el término de “biogeoquímica” es el que más se aproxima al ambiente geográfico cuando a la productividad biológica en zonas oceánicas y costeras se refiere.

Consciente de la necesidad de proteger y preservar el medio marino y las zonas costeras contra todo tipo de contaminación, degradación hidroambiental, etc., y convencido del valor ecológico, económico, social y cultural de los ecosistemas costeros y marinos para el uso sostenible de los recursos naturales de los mares de los Estados Unidos Mexicanos, se presenta una propuesta de OEM basado en el concepto de que las tasas de procesos biogeoquímicos (en particular tasas fotosintéticas) están bajo control de forzamientos físicos de los Grandes Ecosistemas Marinos (LME), (Sherman *et al.* 1993; Longhurst, 1998; Sherman y Tang 1999).

Los sistemas de corrientes marinas con flujos hacia el ecuador asociados a los océanos Atlántico y Pacífico llamados “corrientes de las costas oeste”, han sido comúnmente reconocidos por su alta productividad (Barber y Smith, 1981). La riqueza pesquera es consecuencia de altos niveles de producción primaria ocasionados por intensos sistemas de mezcla convectiva que afloran a la superficie llevando altas concentraciones de nutrientes inorgánicos a la zona eufótica (ZE, 1% de luz).

En términos de P_{total} , el SCC aporta aproximadamente $0.04 \text{ GtC año}^{-1}$ detrás de la Corriente de Humboldt ($0.20 \text{ GtC año}^{-1}$), Canarias ($0.33 \text{ GtC año}^{-1}$) y Benguela ($0.37 \text{ GtC año}^{-1}$) (Carr, 2002). En estas zonas se llevan a cabo las principales pesquerías del mundo, entre ellas las de pelágicos menores como la sardina y la anchoveta (Bakun, 1996).

Los eventos de surgencias y/o afloramientos por otra parte, son el mecanismo físico por el cual se incorporan nitratos nuevos a la ZE y son el factor principal en la regulación de la biomasa y producción del fitoplancton en las aguas costeras de la CC (Eppley *et al.* 1979). Las zonas de surgencias cubren decenas de kilómetros en aproximadamente de 15 a 20 días (Zimmerman *et al.* 1987) y se caracterizan por presentar en sus inicios bajas temperaturas, altos nutrientes y bajas concentraciones de clorofila cerca de la costa. Posteriormente se mueven hacia el océano en

forma de brazos o plumas incrementando la temperatura, la concentración de clorofila y disminuyendo la concentración de nutrientes (Jones *et al.* 1988; Chavez y Smith, 1995).

La Pnueva en sistemas de surgencias es el resultado de la introducción de aguas frías ricas en nitratos inorgánicos que llega a la ZE. (Dugdale y Goering, 1967). La tasa de asimilación de nitratos por el fitoplancton puede variar de acuerdo a su composición fitoplanctónica, a los niveles de concentración de nitratos, irradiancia y temperatura (Eppley *et al.* 1979).

Parte del significado de la Pnueva en la oceanografía biológica es ofrecer otra interpretación de lo que pasa en la columna de agua en una concatenación de procesos tanto físicos, como biogeoquímicos. Las altas tasas de Pnueva son una consecuencia directa de la intermitencia del forzamiento físico sobre la columna de agua (Platt *et al.* 1989) y el estudio de la variabilidad temporal, es uno de los aportes más importantes de la oceanografía biológica puesto que permite semicuantificar la producción exportada y por tanto, estimar el potencial de los océanos en remover el carbono atmosférico a las grandes profundidades (Eppley y Peterson, 1979; Chavez y Toggweiler, 1995; Toggweiler y Carson, 1995; Watts *et al.* 1999).

El uso de las imágenes satelitales para estimar indirectamente la Pnueva ha ido ganando importancia y aceptación entre investigadores por ser una herramienta útil para determinar grandes áreas de producción fitoplanctónica (Carr, 2001). Debido a la alta variabilidad espacio-temporal de la Pnueva y a las pocas mediciones directas de la misma, es importante desarrollar métodos indirectos eficazmente rápidos, que estimen la productividad del océano. Las imágenes de sensores remotos juegan un rol importante en este sentido por su extensa cobertura espacial oceánica, permitiendo seguir de cerca la variación de la clorofila a partir del color del mar, procesos de mezcla y eventos de surgencias costeras imposibles de determinar solamente con mediciones a bordo de embarcaciones. Sin embargo, esta técnica aún presenta limitaciones (por ejemplo, variaciones de parámetros físicos por debajo de la capa obtenida del sensor, etc.) pero la tecnología cada día se dirige a solucionar estos problemas (Gurney *et al.* 1993).

La introducción de novedosas técnicas aplicadas al monitoreo e integración de datos ambientales en el océano, pudiera ser una alternativa para llegar a entender la respuesta del ecosistema marino ante perturbaciones de corto y mediado período en el establecimiento de un orden marino. De acuerdo con los términos de la LGEEPA y de la Ley Federal del Mar, los Programas de Ordenamiento Ecológico Marino tienen por objeto establecer los lineamientos y las previsiones a que deberá sujetarse el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad en las zonas marinas mexicanas y sus zonas federales adyacentes. La fase de caracterización marina es de vital importancia porque delimita el área a ordenar. La regionalización ecológica permite la definición del área con ventajas para realizarse a diferentes

niveles jerárquicos, haciendo énfasis en las condiciones homogéneas desde el punto de vista físico-biótico. Sin embargo, los trabajos de regionalización para el OEM en México carecen de un método que integre la variabilidad espacio-temporal de la física y biogeoquímica marina en la ZE, limitándose a análisis generales y descriptivos de la zona a ordenar. En la práctica, aún no existe una regionalización basada en su aspecto puramente marino, no obstante, existen algunos trabajos puntuales que han incorporado algún componente oceanográfico, sin que ello resuelva el problema de la regionalización.

Por la necesidad de contar con una metodología que integre una verdadera regionalización marina, se plantea la siguiente pregunta problema: ¿el conocimiento espacio temporal de la temperatura en profundidad y la variabilidad de la tasa de fijación de carbono nuevo por el fitoplancton marino, como medida del potencial trófico frente a la Península de Baja California, contribuirá a fomentar regiones o zonas que se puedan dividir con características similares y que puedan ser separado posteriormente en unidades mínimas del área a ordenar?.

ANTECEDENTES

Las primeras ideas del concepto de “producción” desde la perspectiva de la planctonología, surgieron a principios del siglo XIX cuando W. Brandt escribió sobre el significado de los nutrientes en el fitoplancton (Eppley, 1989). En esa época R. Nathansohn describió que los nutrientes podían acumularse en aguas profundas como los organismos a partir del hundimiento de las mismas (Mills 1982). Estos antecedentes motivaron el estudio de la producción del plancton en la ZE en años posteriores.

Harvey (1928) elaboró un diagrama sobre las interacciones de la red alimentaria y cerró el ciclo incluyendo a organismos muertos y a las excretas como sustrato de la regeneración de fosfatos y nitratos. Este autor estuvo cerca del concepto de producción nueva cuando escribió que “...la fertilidad del océano depende primariamente de dos factores: el primero, el tiempo en que toman los organismos marinos muertos y las excretas en decaer; y el tiempo que toman los fosfatos y nitratos en volver de nuevo a incorporarse al crecimiento de las algas...”.

Cooper (1933) estimó la producción primaria estacional a partir de cambios en la concentración de nutrientes en el Canal Inglés, reconociendo que esta fue la producción neta (P_n) (fotosíntesis menos la respiración de animales y plantas). Posteriormente Redfield *et al.* (1937) utilizaron un modelo de cuatro capas para calcular la dinámica del fósforo en el Golfo de Maine, entre las cuales plasmaron las siguientes hipótesis: a) toda la síntesis de fósforo orgánico a inorgánico tiene lugar en la primera capa del mar; b) todo movimiento hacia abajo del fósforo es debido a un hundimiento y c) todo movimiento hacia arriba del fósforo es debido a procesos de remolinos. El modelo de Riley (1951) concretó la idea de la producción exportada, especialmente

cuando estimó la Producción Primaria y el consumo de oxígeno por debajo de la ZE (Eppley 1989).

Por otra parte, Blackman (1905), Baly (1935) y Smith (1936) obtuvieron las primeras curvas de fotosíntesis irradiancia experiencia que contribuyó al entendimiento general de la ecofisiología del fitoplancton. A principios de los 60 John H. Ryther amplió los conocimientos de estos parámetros calculando la producción de oxígeno mediante la fotosíntesis en el océano, mientras que Strickland realizó estudios de los parámetros de las curvas de fotosíntesis irradiancia en aguas oceánicas del Perú, contrastando los parámetros de atenuación de la luz entre aguas mezcladas y estratificadas, aspectos fundamentales para el entendimiento de diferentes eventos estacionales y regionales en relación con la Pnueva y la Preg.

Investigadores dedicados al estudio del fitoplancton como E. Steemann Nielsen, G.E. Hutchinson, John F. Talling, G.A. Riley, John H. Ryther, John Strickland, W. Broecker, Tim Parson, Bruce Peterson y Richard W. Eppley, fueron quienes escribieron las primeras enseñanzas de que la producción fitoplanctónica no solamente tiene estrecha relación con las pesquerías, sino también con estudios más complejos que abarcan los campos de la Física, Química, Biología, Geografía, Geología y Matemáticas, entre otros.

El clásico trabajo de Dugdale a finales de los 60 acerca del significado de la asimilación cinética de los nutrientes por el fitoplancton (Dugdale, 1967) conjuntamente con John Goering sobre la metodología para estimar la Pnueva y la Preg con ^{15}N , fueron la inspiración de muchos investigadores de aquella época. Dugdale y Goering (1967) propusieron que la fotosíntesis en el fitoplancton se puede separar en dos fracciones: la basada en el nitrógeno reciclado y la fotosíntesis que se da sobre la base del nitrógeno nuevo. Estos autores nombraron a la entonces fotosíntesis que se basa en el nitrógeno reciclado "producción regenerada", y fotosíntesis nueva o "producción nueva", la que se basa en los aportes de nitratos nuevos provenientes fuera de la ZE. La "Ptotal", sería por tanto la suma de la producción nueva más la Preg ($P_{\text{total}} = P_{\text{nueva}} + P_{\text{reg}}$). La Pnueva puede ser estimada como la tasa de transporte de nitratos a la ZE (Platt *et al.* 1992).

A la relación entre la Pnueva medida con un isótopo estable ^{15}N y la Ptotal medida con ^{14}C , se le llama razón o tasa f donde ($f = P_{\text{nueva}}/P_{\text{total}}$), de tal manera que este factor nunca es mayor que uno y se le considera como una estimación cuantitativa de la Pnueva entre la Ptotal. La dependencia de la razón- f sobre el contenido de nitrato de la ZE es debido en gran parte, a la dependencia de la tasa de consumo de nitratos (P_{nueva}) sobre la concentración de nitratos en el mar (P_{total}) (Eppley, 1989).

A principio de los 70 se estabilizó la técnica del ^{15}N con espectrómetro de masa por Ed Renger, compañero de trabajo de R.W. Eppley a quien se le unió posteriormente Glen Harrison en el grupo de investigaciones de la Food Chain Research Group (FCRG) de Scripps. Otros

investigadores como John H. Martin y George A. Knauer fueron quienes con sus mediciones de flujo en trampas de sedimentos, cerraron el ciclo del nitrógeno y el fósforo en el área de la CC.

En los años 70 los datos de Pnueva basados en la tasa de incorporación de nitratos inorgánicos disueltos fueron extremadamente limitados en tiempo y espacio. En un trabajo de colaboración entre Bruce Peterson y Richard W. Eppley buscaron los pocos datos de nitratos medidos en distintos cruceros oceanográficos para hacer estimaciones globales de la Pnueva. Eppley y Peterson (1979) realizaron un resumen de la producción fotosintética de los océanos y ofrecieron ejemplos de cómo realizar estimaciones globales de Pnueva. A partir de las ideas de Eppley y Peterson (1979) la comunidad de la oceanografía biológica prestó más atención al entendimiento de los bioprocesos oceanográficos (Platt *et al.* 1992) y su investigación fue de las más influyentes en la biogeoquímica oceánica promediando 70 citas por año en los 90's (McCarthy, 2002).

En esta misma década, Eppley *et al.* (1979) realizaron incubaciones de nitratos con ^{15}N para determinar la "tasa f " o "razón- f " en la Ensenada del Sur de California ($f = 0.64 \pm 0.03$, 90% de confiabilidad). Estos mismos autores señalan que el transporte de nitratos a la ZE es el factor principal que regula la disponibilidad de fitoplancton en las aguas del sur de la Corriente de California y concluyeron que la razón- f provee de información adicional muy útil en mediciones de sedimentación a partir del hundimiento de excretas y/o material particulado de la ZE.

Durante la década de los 80's Dugdale (1985) realizó estudios sobre la variación de la concentración de nitratos sobre la producción biológica en regiones de surgencias. Este autor discutió acerca de cómo el flujo y concentración de nitratos afecta directamente la magnitud y patrones de producción biológica en sistemas de afloramientos costeros, entre ellos el aumento del ciclo de pastoreo con el incremento de la producción del nitrógeno nuevo. Chavez y Barber (1987) y más tarde Chavez *et al.* (1989) construyeron un modelo para estimar serie de tiempo de Pnueva y producción primaria potencial a partir de aspectos físicos del mar por más de 30 años en las surgencias de las costas peruanas entre 1953 y 1984. Con datos de la relación entre el nivel del mar y la serie de surgencias y la concentración de nitratos a 60m y la isoterma de los 14°C, construyeron una serie de tiempo de nitratos que convirtieron posteriormente a carbono mediante las relaciones C:N de Redfield (1963). La Pnueva se convirtió a P_{total} dividiendo entre un valor de la razón- f de 0.75. Los autores compararon los valores de Pnueva estimados por el modelo de condiciones físicas con los resultados de mediciones in situ de P_{total} por ^{14}C y los resultados fueron similares.

En la década de los 90 Wilkerson y Dugdale (1992) y Dugdale *et al.* (1992) realizaron mediciones de ^{15}N y ^{14}C para estimar Pnueva y P_{total} en el Pacífico ecuatorial durante investigaciones realizadas en el crucero WEC 88 a lo largo del meridiano 150°W entre los 6°N y

7.5°S comparándolos con los afloramientos de Cabo Blanco, noroeste de África y Punta Concepción en California. Los resultados en el Pacífico mostraron una disminución de P_{total} y de P_{nueva} en aguas adyacentes al Ecuador debido a la presencia de células pequeñas de fitoplancton con bajas capacidad de asimilación de nitratos para llevar a cabo la fotosíntesis o también llamado “shift-up”.

Eppley (1992) resume información de clorofila, fotosíntesis y P_{nueva} en estudios de distribución del fitoplancton en la SCB entre 1973 y 1988. El trabajo contó con mediciones de nutrientes, clorofila y PP en cruceros del programa CalCOFI y de imágenes del sensor CZCS. Los resultados del trabajo fueron muy importantes para los estudios del fitoplancton del SCB y aguas adyacentes.

ESTADO DEL ARTE DE LA P_{nueva}

Para que se presente un alto crecimiento celular del fitoplancton que resulte en P_{nueva}, se necesita nitrógeno en forma de nitratos en el medio. Como el mar es muy oxidante, la concentración de nitrógeno más alta se encuentra por debajo de la ZE en forma de nitratos. Dentro de la célula, la enzima nitrato reductasa se encarga de convertir todos los compuestos nitrogenados en grupos amonio (NH₄) para crecer. Para hacer una conversión de nitratos a amonio, el nitrato se tiene que reducir (pierde oxígeno y gana electrones) por lo que la composición más estable de la molécula de nitrógeno son los nitratos. La célula por tanto, tiene que hacer un esfuerzo o trabajo para reducir los nitratos a amonía mediante la nitrato reductasa. Pero esta no puede hacer el trabajo por sí misma, sino que necesita un electrón que viene del sistema fotosintético.

Cuando la concentración de nitratos en profundidades mayores es alta (por lo general en sistemas estratificados) ya casi no hay luz y por tanto la célula crece poco o no crece, ya que se encuentra cercano al 1% de luz (límite de la ZE). Pero cuando las concentraciones de nitratos son altas en superficie, producidas principalmente por afloramientos y mezcla originados por viento, y en condiciones óptimas de luz, entonces la célula puede desviar electrones para rescatar nitratos, pasarlos a amonio y poder crecer, lo que resulta a menudo en un florecimiento del fitoplancton, esto último sin tomar en cuenta la fotoinhibición que puede llegar a producirse en superficie o al 100% de luz.

Existen varios métodos para estimar la P_{nueva} en el océano que abarcan diferentes escalas de tiempo:

Experimentos de incubaciones con ¹⁵N que abarca desde horas a un día.

Dugdale y Goering (1967) fueron los pioneros en las mediciones de P_{nueva} mediante trazadores de ¹⁵N la cual es interpretada como el flujo nuevo de nitrógeno que se importa a la ZE.

La relación entre la Pnueva medida con ^{15}N y la Ptotal medida con ^{14}C es llamada tasa f (Eppley y Peterson, 1979; Smith y Eppley 1982). Este tipo de experimento requiere de personal calificado para su manejo y actualmente existen protocolos estandarizados para realizar las incubaciones de ^{15}N UNESCO (1994). Autores como Slawyk *et al.* (1977), Eppley *et al.* (1979), Dugdale y Wilkerson (1986), Slawyk *et al.* (1988), Eppley y Renger (1992) y Bury *et al.* (1995) entre otros, han realizado experimentos con ^{15}N para obtener valores in-situ de Pnueva.

El flujo de nitratos exportado a la ZE que se mide en escalas de horas a días.

El nitrógeno exportado a la ZE medido en escala de días, es otra medida de la Pnueva. Bajo el supuesto de un “estado en reposo”, cualquier tipo de nitrógeno exportado de la ZE ha estado balanceado por nitrato nuevo, la cual es en sí misma una medida de la Pnueva. La Pnueva puede ser la fracción de la producción primaria que se pierde de la ZE vía hundimiento (Eppley *et al.* 1979). El término “export-production” fue introducido a partir de los experimentos del programa JGOFS usando trampas de sedimentos (Berger *et al.* 1989; Thunell, 1998) y es una tácita admisión que el supuesto “estado en reposo” no existe.

La tasa de consumo de oxígeno que se mide desde la escala estacional hasta anual.

Los cambios en la tasa de consumo de oxígeno en la ZE es un índice que indica que el material orgánico está siendo suplementado y por tanto es una medida indirecta de la Pnueva. En este sentido, el material biogénico que se hunde es atacado por la actividad microbiana y puede ser descompuesto con una correspondiente tasa de consumo de oxígeno. Este método estima la producción primaria a partir de la regeneración de sustancias medidas que toman parte en la respiración del plancton. Atkins y Cooper en los años 30 lograron estimar la magnitud de la producción fitoplanctónica en el Canal Inglés mediante análisis de oxígeno. Cooper le llamó a estas mediciones producción neta (Harvey, 1928 y Cooper, 1933). Minas y Codispoti (1993) le llamaron producción neta de la comunidad y ésta se refiere a la producción autotrófica menos la respiración de los autótrofos mismos.

SENSORES REMOTOS PARA ESTIMACIONES INDIRECTAS DE Pnueva.

El radiómetro AVHRR fue inicialmente diseñado para la observación meteorológica (determinación de cobertura de nubes y temperatura de la superficie). Posteriormente, los datos que suministra han encontrado numerosas aplicaciones en el campo de la observación terrestre tales como: temperatura superficial de tierra y mar; cobertura de nubes y precipitaciones; detección de frentes; erupciones volcánicas; cobertura de hielo y nieve; índice de vegetación de diferencia normalizada y el seguimiento y detección de incendios forestales. Es por ello que el AVHRR se ha convertido en una de las fuentes más utilizadas en el campo de la Geografía.

Lanzado por primera vez el 19 de Octubre de 1978 mediante el satélite TIROS-N el sensor AVHRR humanizó el trabajo en la toma de la temperatura del mar y creó las condiciones para la elaboración de la base de datos más importante de esta variable oceanográfica. El AVHRR puede enviar sus datos en tres formatos: HRPT (High Resolution Picture Transmission); LAC (Local Area Coverage) y GAC (Global Area Coverage). La transmisión de datos HRPT se realiza de forma continua y se trata de datos de alta resolución. Los datos LAC también son de alta resolución pero se almacenan a bordo y se envían a tierra posteriormente. Los datos GAC se obtienen a partir de los LAC promediando valores muestreados. Las observaciones de teledetección del sensor AVHRR se caracterizan por tener una resolución espacial relativamente alta (1,1 x 1,1 Km en el nadir), optimizada para el estudio de las estructuras de mesoescala y por tiempos de revisita diarios o inferiores, lo que permite hacer un seguimiento de las estructuras hidrográficas en términos de series temporales.

No obstante existen "dificultades" en las imágenes proporcionadas por el AVHRR ya que toda la radiación viene de la "capa más fina y superior" del océano y ello puede no representar la verdadera temperatura superior del océano ya que el sensor no puede "mirar" a través de las nubes y otros "ruidos atmosféricos" que se presentan en la interface del océano con el sensor. Sin embargo, estas dificultades son pequeñas comparadas a las ventajas en la comprensión ganada de estimaciones del satélite en la temperatura superficial del mar.

El color del mar, por otra parte, se puede definir como la respuesta espectral del océano a la entrada de la radiación solar incidente y a la contribución de la radiación difusa del cielo (Curran, 1972). El color del océano está determinado principalmente por la interacción de la luz incidente en el agua de mar y las sustancias o partículas presentes en ella. (Aguirre-Gómez, 2002). El interés científico por obtener las imágenes a color de los océanos, se debe a la variación de la concentración de clorofila y otros pigmentos presentes en el mar. Este tipo de información es útil no sólo para actividades como la pesca, sino que tiene un papel fundamental a la hora de estudiar el ciclo global del carbono en el contexto del Cambio Climático.

El sensor SeaWiFS es un espectroradiómetro montado en el satélite SeaStar orbitando desde septiembre de 1997, con la intención de proporcionar a la comunidad científica imágenes a color que no son más que datos cuantitativos sobre propiedades bio-ópticas del océano. El sensor cuenta con 8 bandas espectrales de las cuales la 1 a la 6 están localizadas en la región óptica del espectro electromagnético (400-700 nm) y se ubican en zonas características de absorción y/o reflexión del fitoplancton. Las bandas 7 y 8 se localizan en la región del infrarrojo cercano ó reflectivo (745-885nm) y son de utilidad para realizar una adecuada corrección atmosférica. SeaWiFS transmite de dos modos: datos LAC y datos GAC. Los datos LAC se transmiten de forma continua y tienen una resolución de 1.2 km. en una franja de 2800 km de ancho. Los datos

GAC se almacenan a bordo y se envían a la estación terrena de Wallops Flight Facility (situada en la Costa Este de Virginia - USA) cada 12 horas. Los GAC se obtienen muestreando los LAC, presentando una resolución de 4 km en una franja de 1,500 km. El proyecto SeaWiFS es muy importante para las comunidades de Ciencias del Mar y de la Tierra. SeaWiFS representa una componente crucial en la continuación de proyectos de observación de color del océano, iniciados a finales de la década de los años 70 por el sensor CZCS. Las bandas del visible y del infrarrojo cercano que posee este sensor son de gran utilidad en investigaciones de la biosfera marina, su variabilidad, la dinámica de sus ecosistemas, sus ciclos biogeoquímicos marinos, y del papel que juegan en el ciclo global del carbono. Le siguen al SeaWiFS una generación de sensores como el MODIS diseñado con 36 canales espectrales para apoyar las observaciones de los océanos, las nubes y la tierra. Los canales tradicionales utilizados para la observación del color del océano son las 9 bandas en el visible al infrarrojo cercano desde 412 hasta 869 nm, que tienen una resolución espacial de aproximadamente 1 km en el nadir. Estas bandas del océano se han diseñado con alta sensibilidad en el rango de reflectancia típica para observaciones del océano abierto (Franz *et al.* 2006).

Algunas propiedades físicas de la superficie del mar, entre ellas la temperatura, tienen una expresión particular en el espectro electromagnético y pueden ser medidas por los sensores remotos. Pero la Pnueva no es una expresión electromagnética que puede ser captada con mediciones directas de sensores remotos ya que la misma proviene de nutrientes alóctonos de aguas subsuperficiales que se incorporan a la ZE. Para estimar dicha producción se tienen que aplicar métodos indirectos como los usados por Traganza *et al.* (1983); Platt *et al.* (1989); Sathyendranath *et al.* (1991); Kudela y Dugdale (1996); Dugdale *et al.* (1997) y Watts *et al.* (1999), Goes *et al.* (1999, 2000 y 2004). Una vía es mediante la interpretación del campo de la TSM del sensor AVHRR y por modelos obtenidos de la relación temperatura-nitratos (Morin *et al.* 1993) en zonas donde el nitrato no sea limitante.

Dugdale *et al.* (1989) desarrollaron un método para estudiar la Pnueva en sistemas de surgencias a partir de imágenes de pigmentos del sensor de color CZCS y de la TSM del sensor remoto AVHRR, en un área del afloramiento de África noroccidental como parte del Programa OPUS de las costas W de los continentes. Posteriormente, este método fue probado en el área de surgencias cercano a Punta Concepción (EUA) dentro del SCC (Kudela y Dugdale, 1996; Dugdale *et al.* 1997) y en la Bahía de Monterey, California (Kudela y Chavez, 2000; Kudela y Dugdale, 2000).

Trabajos importantes relacionados con el cálculo de la Pnueva con sensores remotos es el desarrollado en la región del Banco George plataforma de Nova Escocia, Canadá por Sathyendranath *et al.* (1991). Estos autores utilizan una simple relación empírica donde calculan la

Pnueva del producto entre la razón- f y la P_{total} pixel por pixel, la cual no requiere de suposiciones cinéticas de la tasa de asimilación de nitratos como en el método de Dugdale *et al.* (1989).

Watts *et al.* (1999) realizaron investigaciones en el noroeste del Océano Índico para describir en tiempo real, estimados de la Pnueva a escalas de cuencas a partir de datos del color del océano y de la temperatura superficial del mar, adquiridas mediante sensores remotos del CZCS y del AVHRR, respectivamente.

Morin *et al.* (1993) construyeron mapas de flujos de nitratos superficiales en frentes de mareas a partir de la TSM medido con sensores remotos. Recientemente, Goes *et al.* (1999), Goes *et al.* (2000) y Goes y Gomes (2004), propusieron un método para generar mapas superficiales de nitratos y de Pnueva a partir de imágenes de 4 km de resolución de la TSM del sensor OCTS de la Agencia Nacional de Desarrollo Espacial de Japón. Los mapas de nitratos superficiales generados son consistentes con la climatología de la zona, resultado de investigaciones científicas de varios años en el Pacífico noroccidental. Con estos resultados los autores demuestran la utilidad del uso de los mapas de nitratos derivados de imágenes de la TSM para estimar indirectamente la Pnueva a nivel de cuencas.

ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO (OEM)

El OEM se define, de acuerdo a la LGEEPA (DOF, 1996), como un instrumento de la política ambiental en México, el cual tiene como propósito inducir el aprovechamiento de los recursos naturales del medio marino y de las actividades productivas, bajo un marco de sustentabilidad, que integre la protección del medio ambiente marino y costero.

El ámbito de jurisdicción de este instrumento son los mares mexicanos establecidos en la Ley Federal del Mar (DOF, 1986) y la Zona Federal Marítimo Terrestre, definida en la Ley General de Bienes Nacionales (DOF, 2001). ARTICULO 3^o.- Las zonas marinas mexicanas son: a) El Mar Territorial, b) Las Aguas Marinas Interiores, c) La Zona Contigua, d) La Zona Económica Exclusiva, e) La Plataforma Continental y las Plataformas Insulares y f) Cualquier otra permitida por el derecho internacional.

Para cumplimentar el Programa de OEM se necesita transitar por Fases del Programa, estos son: Caracterización, Diagnóstico, Pronóstico y Propuesta.

El INE organizó en noviembre de 2004 un taller de expertos donde se expusieron las diversas aproximaciones metodológicas al ordenamiento marino. Después de una riquísima discusión, se presenta como conclusión más importante que “la regionalización en el OEM debe basarse en parámetros físicos como primera instancia, por tratarse de los más estables en el tiempo” (Córdova y Vázquez *et al.* 2006). El primer paso para el OEM es la fase de caracterización. Esta requiere de elementos técnicos y metodológicos para realizarla. Es

necesario tener en cuenta aspectos fundamentales como la descripción de los componentes físicos y biológicos; la dinámica oceánica y los procesos de interacción océano-atmósfera del área de estudio. En esta fase el uso de la producción del carbono orgánico se justifica sobre la base de su potencial de aplicaciones: 1) el suplemento de nutrientes, 2) la función básica de la física de los ecosistemas y 3) cómo éstos se relacionan con el ciclo biogeoquímico. Para ello es necesario utilizar la variabilidad espacio-temporal de la Pnueva como elemento básico para conocer qué fenómenos incidieron en las anomalías de esta variable y el utilizar las imágenes de sensores remotos de temperatura y color para obtener mapas en profundidad de Pnueva y así poder caracterizar áreas oceánicas y costeras con mayor o menor aporte productivo.

Los trabajos de OEM o regionalización marina en México se han visto afectados por la falta de un método que integre la variabilidad espacio-temporal de la biogeoquímica marina en la ZE, limitándose en la mayoría de los trabajos a análisis generales y descriptivos. Los valores de estimación de la Pnueva que se presenta en esta Tesis, puede utilizarse como proxy para conocer el estado de las poblaciones de pelágicos menores ya que la Pnueva es considerada como un índice del inicio de la cadena trófica marina, por ejemplo áreas de crianza, refugio y reproducción de varias especies de interés comercial.

ÁREA DE ESTUDIO

El SCC y en general la circulación oceánica del Pacífico oriental ha sido descrito por numerosos investigadores. Sverdrup y Fleming (1941) hicieron una de las primeras interpretaciones dinámicas de las corrientes en el área, estableciendo una fuerte conexión entre la circulación oceánica y los vientos superficiales (Parés-Sierra *et al.* 1997). La circulación oceánica del SCC comprende la CC, la Contracorriente Subsuperficial (CCS) y la Corriente de Davidson (CD) Hickey (1979).

El SCC se caracteriza por presentar diferentes masas de agua entre 0 y 200 m: frías con baja salinidad provenientes de la región subártica que fluyen hacia el ecuador con alto contenido de nutrientes y oxígeno; costeras recién afloradas con baja temperatura, alto contenido de sales y nutrientes y bajo oxígeno, y aguas del Pacífico norcentral calientes, con alto contenido de sales y bajos en nutrientes y oxígeno que son acarreadas por las contracorrientes costeras (Lynn y Simpson, 1987). La velocidad promedio de la CC es aproximadamente 25 cm s^{-1} (Reid y Schwarzlose, 1962) mientras que la contracorriente puede alcanzar hasta los 50 cm s^{-1} .

La profundidad de la nutriclina (en especial nitratos) está muy relacionada con la profundidad de la termoclina (Parés-Sierra *et al.* 1997). En primavera la profundidad de la nutriclina está más somera y varía entre 40-60 m y a finales del verano y todo el otoño se profundiza, llegando hasta cerca de 100 m debido a la fuerte estratificación (Venrick, 2000). La

capa superficial queda aislada de las aguas subsuperficiales cuando la columna de agua se estratifica, entonces los episodios correspondientes a la Pnueva tienden a decrecer.

McGowan *et al.* (1998) señalaron que las variaciones climáticas afectan la estructura y funcionamiento de los ecosistemas marinos. Estas perturbaciones no solamente son evidentes en la Corriente de California, el Golfo de Alaska o el giro del Pacífico Central, sino que también se aprecian en el Atlántico Norte y el Pacífico Sur.

Cuatro centros de presiones atmosféricas controlan la dirección y velocidad del viento en el Océano Pacífico: los centros de AP del Pacífico Norte y Sur y los centros de BP de las Aleutianas e Indonesia (Baumgartner y Christensen, 1985). Los cambios de intensidad y reacomodos de estos sistemas béricos definen las características promedio del viento en el Pacífico. El ajuste estacional del centro de AP del Pacífico Norte controla la variación estacional de los vientos en la Corriente de California (Reid *et al.* 1958). Durante el otoño y el invierno el centro de BP de las Aleutianas-Golfo de Alaska es relativamente fuerte, se debilitan los vientos de las AP y el viento costero está dominado por el paso de tormentas invernales disminuyendo las surgencias (Lentz, 1987). Durante la primavera y el verano se intensifican los vientos noroestes debido a que la BP continental se acentúa (Hickey, 1979). Los vientos son predominantemente del noroeste paralelos a la costa en todas las latitudes del continente americano. Esta es una condición muy favorable para la generación de surgencias (Parés-Sierra *et al.* 1997).

Las surgencias en Baja California han sido poco estudiadas en comparación con aquellas de las costas de California y Óregon. La mayoría de las investigaciones de aspectos físicos de las surgencias en las costas de Baja California fueron realizadas durante la década de los setentas con base en los campos de viento estimados a partir de observaciones de barcos mercantes (Barton y Argote, 1980). Las surgencias más intensas ocurren de marzo a junio en las costas de Baja California (Bakun y Nelson, 1977). La media mensual del IS cerca de Punta Concepción y la SCB oscila alrededor de $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100m de costa y en el resto de la Península de Baja California sobre los $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100m de costa. Técnicamente el término surgencia se utiliza para describir los movimientos verticales ascendentes que transportan agua de niveles subsuperficiales hasta la capa superficial del océano y los movimientos horizontales asociados que remueven esta agua de las regiones donde ocurren las surgencias (Smith, 1968). Para que estos movimientos verticales y horizontales puedan considerarse como surgencias, es necesario que tengan una extensión mínima tanto espacial como temporal. La extensión espacial debe de ser de unas decenas de kilómetros y una duración mínima de días. Dugdale *et al.* (1997) caracterizan los eventos de surgencias como relajación o hundimiento, surgencia moderada y surgencia fuerte, mientras que Wilkerson y Dugdale (1987) y Dugdale *et al.* (1990) concluyeron que los afloramientos varían entre 10-17 días y 10 días, respectivamente.

La acción del viento sobre la superficie del océano y la costa provocan la divergencia horizontal necesaria para la ocurrencia de las surgencias costeras (Bakun, 1973). Las corrientes en la capa superficial del océano originadas por la acción directa del viento no tienen la misma dirección que éste, hecho que se debe al efecto Coriolis por la rotación de la tierra. La dirección del transporte horizontal de masa de agua es perpendicular a la dirección del viento y a la derecha del sentido de éste en el hemisferio norte (Parés-Sierra *et al.* 1997). Un aumento de la velocidad del viento se traduce en un incremento de la turbulencia (V^3) (Elsberry y Garwood, 1978) y según la dirección del viento se incrementarán las surgencias coadyuvando a la redistribución de macros y micronutrientes hacia la superficie. En honor al oceanógrafo y físico sueco Vagn W. Ekman la capa superficial del océano sujeta a la acción directa del viento se denomina “capa de Ekman” y el transporte de masa o volumen se le denomina “transporte de Ekman”.

Las zonas de surgencias tienen importantes consecuencias físico-biogeoquímicas y económicas (Summerhayes *et al.* 1995; Parés-Sierra *et al.* 1997; Pauly *et al.* 2000 y Duda y Sherman, 2002). Las aguas subsuperficiales que alcanzan la ZE tienen menor temperatura, mayor contenido de nitratos y menor cantidad de oxígeno disuelto. El aumento de la Producción Primaria provoca un aumento en la biomasa de los elementos superiores de la cadena alimenticia y por ello, las zonas de surgencia se caracterizan por ser regiones de gran importancia pesquera. A pesar de lo anterior, no se conoce con exactitud que por ciento de la P_{total} es P_{nueva} en un sólo evento de surgencia en la región sur de la CC.

Se han encontrado evidencias de surgencias y distintos tipos de aguas diferentes en la zona del FE que poseen sus propias características hidrológicas y faunísticas obtenidos durante los cruceros CalCOFI (Venrick, 2000). Por otra parte, Gómez-Valdés (1980) utilizando datos hidrográficos desde 1950 hasta 1968 encontró que la TSM promedio mensual desciende de marzo a junio para incrementarse en el verano y principios de otoño y después volver a descender en el invierno en la región sur de la CC. Recientemente, Espinosa-Carreón *et al.* (2001) encontraron aguas de alta salinidad y baja temperatura en las costas de la SCB durante marzo y junio.

Se ha estimado, con base en la posición de la PIC, que el ascenso de agua subsuperficial debido a las surgencias frente a Baja California ocurre por encima de los 100m. El comportamiento de los campos de salinidad y oxígeno disuelto es también concordante con el esperado por una circulación debida a las surgencias: valores máximos de salinidad y mínimos de oxígeno cerca de la costa (Parés-Sierra *et al.* 1997).

Morales *et al.* (1978) encontraron que el origen del agua transportada por las surgencias estuvo entre los 50 y 60m frente a Punta Colonet, Baja California en junio de 1976 y por sus características de salinidad la situaron como agua típica de la CC. Las surgencias más

importantes se presentaron dentro de los 10 km adyacentes a la costa y con base en la velocidad de ascenso de la isoterma de 14°C se estimó una velocidad vertical máxima de 10 m d⁻¹ (Parés-Sierra *et al.* 1997).

La concentración del nitrato a los 60m es un buen indicador para determinar la concentración de nitrato del agua aflorada. Barber y Smith (1981) estimaron entre 50 y 75m el agua aflorada a lo largo de la costa de Perú, resultado que Chavez y Barber (1987) tomaron en cuenta para calcular la Pnueva potencial (2.0×10^{14} gC año⁻¹) asumiendo que todo el nitrato aflorado fue asimilado por el fitoplancton y usando la tasa de conversión de C:N reportada por Redfield *et al.* (1963). Parés-Sierra *et al.* (1989) reportaron igualmente 50-60m el origen de agua transportada por surgencias cerca de los 27° N. Sin embargo, no se ha hecho ningún trabajo que indique cuanto carbono aportan los eventos de surgencias en la región sur de la Corriente de California.

Las zonas de mayor o menor aporte de producción nueva obtenidas representan las condiciones medias de las variables y brindan la posibilidad de implementar una regionalización marina como parte fundamental de la Fase de Caracterización del Ordenamiento Ecológico Marino. Las áreas geográficas con mayor producción nueva observadas en este trabajo, están relacionadas con altos valores de pigmentos fotosintéticos calculados en la región (Thomas y Strub, 2001) y con las principales zonas de desove de pelágicos menores (sardina y anchoveta) propuestas para la región central y sur de la Corriente de California por Husby y Nelson (1982) y Baumgartner *et al.* (2008). Las variaciones temporales y estacionales de producción nueva observadas en la presente Tesis, muestran una gran afinidad con los patrones estacionales de cambios en la distribución de huevos y larvas de peces pelágicos menores descritos por Moser *et al.* (2001), lo que refuerza la importancia de continuar con los estudios de la variabilidad espacio-temporal de producción nueva en la región con fines de ordenamiento.

Finalmente, el estudio de la Pnueva, representado por el carbono, es uno de los elementos esenciales para la formación de la vida de los organismos marinos. El conocimiento cada vez más acertado de los procesos físicos y biogeoquímicos que ocurren en el océano, propicia un nuevo reto para la ciencia marina. Sin embargo, no se resuelve nada con plantear nuevos paradigmas, si los resultados no son pensados en cómo se pueden y deben aplicar, para beneficio de la población. El planteamiento de los resultados de la presente Tesis va en ese camino: hacer ciencia usable.

OBJETIVO

La presente Tesis tiene como objetivo principal estimar tasas de Pnueva a partir de modelos empíricos de la relación temperatura-nitratos y del producto de la razón-*f* y la Ptotal, como propuesta

para aplicarse en la Fase de Caracterización del OEM de los mares mexicanos. La información de Pnueva se divide en dos etapas: una interanual desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 en $\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ constituidas por cuadrículas costeras y oceánica de $1 \times 1^\circ$ de latitud y longitud para conocer tendencias y definir los efectos positivos o negativos de eventos extremos que han afectado la zona. La segunda etapa es un ejercicio mes a mes durante el 2003 para conocer la Pnueva en profundidad en $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$ en una escala más amplia, desde la ensenada del Sur de California, (EUA) hasta las inmediaciones de Los Cabos, BCS, dentro de los límites de la Zona Económica Exclusiva de los mares mexicanos. Con estas dos etapas se podrán conocer el comportamiento trófico de las áreas así como ofrecer una propuesta metodológica que auxilie a todos los usuarios del OEM a conocer que sucede debajo de la superficie marina con los procesos físicos y biogeoquímicos.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Los procesos físicos del océano y la variabilidad espacio-temporal de la temperatura, promueven el transporte y generación de nutrientes (nitratos) en zonas de surgencias costeras que determinan los cambios en la Pnueva en el área del sur de la CC. Las áreas de mayor y menor aporte de Pnueva así como de temperatura, pueden ofrecer el mapa base que coadyuve a la generación de unidades homogéneas de análisis para la regionalización del Pacífico Norte Mexicano.

ESTRUCTURA CAPITULAR

En el Capítulo I se presenta la variabilidad de la Pnueva expresado en $\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ desde 1970 hasta el 2008 en áreas costeras y oceánicas perpendiculares a la costa frente a la Península de Baja California. El objetivo es tener una aproximación cuantitativa de la fertilidad del área, misma que será de utilidad para la regionalización marina en la Fase de Caracterización del OEM.

Tomando como referencia esta variabilidad interanual, en el siguiente Capítulo se estudiaron dos fenómenos importantes de distintas escalas que repercutieron en el área que originaron anomalías de la Pnueva: el primero de ello es “El Niño” y “La Niña” con una escala de variación entre 3-7 años y el segundo es el PDO. Mientras que “El Niño” y “La Niña” tienden a persistir en el orden de 3-4 años, el PDO lo hace en cerca de 30 años. En el Capítulo II se exponen los efectos de “El Niño” 2002-2003 y “La Niña” 2007-2008 sobre la Pnueva con un PDO con fase negativa (fría) apoyados por el campo de presiones atmosféricas, viento, TSM y surgencias costeras. También en este Capítulo se adjuntan resultados de un artículo publicado en el Libro “Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México”, donde se examinan los efectos del PDO en relación a la variabilidad interanual de la Pnueva desde 1970 hasta el 2005.

Es muy importante en la oceanografía biológica tener un acercamiento cuantitativo de la fertilidad debajo de la superficie marina, que auxilie a diferentes usuarios del Sector Pesquero, Turismo y aquellos involucrados en el OEM. Por tal motivo en el Capítulo III se presenta un algoritmo que determina la Pnueva expresado en $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$ en profundidad a partir de imágenes de satélite de la TSM, de relaciones empíricas temperatura-nitratos y de color del océano. A partir de esto, se elabora una propuesta de regionalización marina para el PNM con base en la temperatura y en la Pnueva para ser utilizado en la Fase de Caracterización del OEM del PNM. En la literatura internacional, no se conoce un documento parecido a la presente propuesta de regionalización marina, ya que la mayoría de las áreas oceánicas no presentan un esquema de monitoreo igual al de la zona de estudio regidas por CalCOFI en su inicio e IMECOCAL en su continuación.

Por último se presenta el Capítulo IV donde expone el uso potencial de la producción de carbono orgánico nuevo en el manejo oceánico. En el mismo se hace referencia a distintos ejercicios de manejo oceánico desarrollados con anterioridad en el Golfo de California y Golfo de México y se ofrecen algunos aspectos socioeconómicos (sobre todo pesqueros) en la nueva propuesta de regionalización marina que ofrece este trabajo, y del importante rol que juegan la interacción del océano, la atmósfera y el cambio climático en la regionalización marina.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Gómez, R. 2002. Los mares mexicanos a través de la percepción remota. Temas Selectos de Geografía de México III.1. Instituto de Geografía, ISBN: 968-856-951-8, 95 pp.
- Bakun, A. 1973. Coastal upwelling Indices, west coast of North America, 1946-71. US. Dep. Comm. NOAA. Technical Report NMFS-SSRF 671: 103 pp.
- Bakun, A. Nelson, C.S. 1977. Climatology of upwelling related processes off Baja California. CalCOFI Report 19, 107-127.
- Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. California Sea Grant College System in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S, México.
- Baly, E.C.C. 1935. The kinetics of photosynthesis. Proc. Roy. Soc. Lond. Ser. B. 117, 218-239.
- Barber, R. T. Smith R. L. 1981. Coastal upwelling ecosystems. 32-68 pp. En: Analysis of Marine Ecosystems (Ed). A.R. Longhurst, Academic Press, New York.
- Barton, E.D., Argote, M.L. 1980. Hydrographic variability in an upwelling area of northern Baja California in June 1976. Journal of Marine Research 38 (4): 631-649.
- Baumgartner, T.R., Christensen, N. 1985. Coupling of the Gulf of California to large scale interannual climate variability. Journal of Marine Research 43, 825-848.

- Baumgartner, T., Durazo, R., Lavaniegos, B. Gaxiola, G., Gómez, J., García, J. 2008. Ten years of change from IMECOCAL observations in the southern region of the California Current Ecosystem. GLOBEC International Newsletter, Vol.14; No. 2. 13 pp.
- Behrenfeld, M.J., Falkowski, P.G. 1997. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography* 42 (1): 1-20.
- Berger, W.H., Smetacek, V.S., Wefer, G. 1989. Ocean Productivity and Paleoproductivity –an overview. En: *Productivity of the Ocean: Present and Past.* (Edts): W.H. Berger, V.S. Smetacek y G. Wefer. Wiley, New York.
- Blackman, F.F. 1905. Optima and limiting factors. *Ann. Bot.* 19, 281-295.
- Bury, S.J., Owens, N. J. P., Preston, T. 1995. ^{13}C and ^{15}N uptake by phytoplankton in the marginal ice zone of the Bellingshausen Sea. *Deep-Sea Research II* 42, 1225-1252.
- Carr, M. E. 2001. Remote sensing tools for Ocean Biogeochemistry. *Oceanography* 14, (4): 36-37.
- Carr, M.E. 2002. Estimation of potential productivity in Eastern boundary Currents using remote sensing. *Deep-Sea Research II* 49, 59-80.
- Cervantes-Duarte, R., Muller, J.L. Trees, C.C., Maske, H., Álvarez-Borrego, S., Lara-Lara, R. 2000. Profundidad de la zona eufótica, atenuación de la irradiancia y K_{490} de sensores remotos en las provincias bioópticas del Golfo de California. *Ciencias Marinas* 26, 533-560.
- Chavez, F.P., Barber, R.T. 1987. An estimate of new production in the in the equatorial Pacific. *Deep-Sea Research* 34, 1229-1243.
- Chavez, F.P., Barber, R.T., Sanderson M.P. 1989. The potential primary production of The Peruvian upwelling ecosystem: 1953-1984, p.50-63. En: *The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions.* ICLARM Conference proceedings. (Edts) D. Pauly, P. Muck, J. Mendo and L. Tsukayama. Instituto del Mar del Peru (IMARPE) Callao, Peru; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Hschbom, Federal Republic of Germany; and International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines.
- Chavez, F. P., Smith, S.L. 1995. Biological and chemical consequences of open ocean upwelling. p. 149-170. En: *Upwelling in the ocean: Modern processes and ancient records.* (Edts) C.P. Summerhayes, K.-C. Emeis, M.V. Angel, R.L. Smith, B. Zeitzschel. John Wiley & Sons, 422 pp.
- Chavez, F. P., Toggweiler, J. R. 1995. Physical estimate of Global New Production: The Upwelling Contribution. p. 313-320. En: *Upwelling in the ocean: Modern processes and ancient records.* (Edts) C.P. Summerhayes, K.-C. Emeis, M.V. Angel, R.L. Smith, B. Zeitzschel. John Wiley & Sons, 422 pp.
- Chavez, F. P., Service, S.K., Buttrely, S. 1996. Temperature-nitrate relationships in the central and eastern tropical Pacific. *Journal of Geophysical Research* 101, 20553-20564.
- Coale, K.H., Bruland, K.W., 1985. $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ disequilibria within the California Current. *Limnology and Oceanography* 30, 22-33.
- Cooper, L. H. N. 1933. Chemical constituents of biological importance in the English Channel, November, 1930 to January 1932. Part I Phosphate, silicate, nitrate, nitrite, ammonia. *Journal Marine Biological Assn. UK.* 18, 677-728.

- Córdova, A., Rosete, F., Enríquez, G., Hernández, B. (Compil.). 2006. Ordenamiento Ecológico Marino: Visión Temática de la regionalización. *INE*. ISBN 968-817-807-1, 226 pp.
- Curran, P. J. 1972. Ocean color determination through a scattering atmosphere. *Applied Optics*. Vol. 11(8): 1857-1866.
- Duda, A.M., Sherman, K. 2002. A new imperative for improving management of large marine ecosystems. *Ocean & Coastal Management* 45, 797-833.
- Dugdale, R.C. 1967. Nutrient limitation in the sea: dynamics, identification, and significance. *Limnology and Oceanography* 12, 685-695.
- Dugdale R.C., Goering, J.J. 1967. Uptake of new and regenerate forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography* 12, 196-206.
- Dugdale, R.C. 1985. The effects of varying nutrient concentration on biological production in upwelling regions. *CalCOFI Report* 26, 93-96.
- Dugdale, R.C., Wilkerson, F.P. 1986. The use of ¹⁵N to measure nitrogen uptake in euphotic oceans; experimental considerations. *Limnology and Oceanography* 31, (4): 673-689.
- Dugdale, R. C., Morel, A., Bricaud, A., Wilkerson, F.P. 1989. Modeling New Production in Upwelling Centers: A Case of modeling New Production from Remotely Sensed Temperature and Color. *Journal of Geophysical Research* 94, 18119-18132.
- Dugdale, R., Wilkerson, F.P., Morel, A. 1990. Realization of new production in coastal upwelling areas: A means to compare relative performance. *Limnology and Oceanography* 35 (4): 822-829.
- Dugdale, R.C., Wilkerson, F. P., Barber, R. T., Chavez, F. P. 1992. Estimating new production in the equatorial Pacific Ocean at 150° W. *Journal of Geophysical Research* 97, 681-686.
- Dugdale, R. C., Wilkerson, F., Halpern, D., Chavez, F. P., Barber, R. T. 1994. Remote sensing of seasonal and annual variation of equatorial new production: A model for global estimates. *Advances in Space Research* 16, 169-178.
- Dugdale, R.C., Davis, C.O., Wilkerson F.P. 1997. Assessment of new production at the upwelling center at Point Conception, California, using nitrate estimated from remotely sensed sea surface temperature. *Journal of Geophysical Research* 102, (C4): 8573-8585.
- Elsberry, R.L., R.W. Garwood, Jr. 1978. Sea surface temperature anomaly generation in relation to atmospheric storms. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 59, 786-789.
- Eppley, R.W., Peterson, B.J. 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature* 282, 677-680.
- Eppley, R.W., Renger, E.H., Harrison, W.G. 1979. Nitrate and phytoplankton production in Southern California coastal waters. *Limnology Oceanography* 24, 483-494.
- Eppley, R.W. 1989. New Production: History, Methods, Problems. En: *Productivity of the Ocean: Present and Past*. (Edts): W.H. Berger, V.S. Smetacek y G. Wefer. Wiley, New York. 85-97 pp

- Eppley R.W., Renger, E.H. 1992. Nitrate utilization by plankton in the Equatorial Pacific March 1988 along 150°W. *Journal of Geophysical Research* 97, 663-668.
- Eppley, R.W. 1992. Chlorophyll, photosynthesis and new production in the Southern California Bight. *Progress in Oceanography* 30, 117-150.
- Espinosa-Carreón, L.T., Gaxiola-Castro, G., Robles-Pacheco, J. M., Nájera-Martínez, S. 2001. Temperatura, salinidad, nutrientes y clorofila *a* en aguas costeras de la Ensenada del Sur de California. *Ciencias Marinas* 27, (3): 397-422.
- Franz, B.A., P.J. Werdell, P.J., Meister, G., Kwiatkowska, E. J., Bailey, S.W., Ahmad, Z., McClain, C. R. 2006. MODIS Land Bands for Ocean Remote Sensing Applications, Proc. Ocean Optics XVIII, Montreal, Canada, 9-13 October 2006.
- Goes, J.I., Saino, T., Oaku, H., Jian, D.L. 1999. A method for estimating sea surface nitrate concentrations from remotely sensed SST and chlorophyll *a*: A case study for the North Pacific Ocean using OCT/ADEOS data. *IEEE Transaction Geosciences Remote Sensing* 37, 1633-1644.
- Goes, J.I., Saino, T., Oaku, H., Ishazaka, J., Wong, C.S., Nojiri, Y. 2000. Basin estimates of sea surface nitrate and new production from remotely sensed sea surface temperature and chlorophyll. *Geophysical Research Letter* 27, 1263-1266.
- Goes, J.I., Gomes, H., Atsamon, L, Saino, T. 2004. The influence of large-scale environmental changes on carbon export in the North Pacific Ocean using satellite and shipboard data. *Deep-Sea Research II* 51 (2004) 247–279.
- Goes, J.I., Gomes, H. 2004. Exploiting MODIS Data for Estimating Sea Surface Nitrate from Space. *Eos*, Vol. 85, No. 44, 2 November 2004.
- Gómez-Valdés, J. 1980. Variación estacional en el sistema de la Corriente de California frente a Ensenada, Baja California, Tesis de Maestría. CICESE, 165 p.
- Gurney, R.J., Foster J.L., Parkinson, C. L. 1993. Atlas of satellite observations related to global change. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 1-2.
- Harrison, W. G., Platt, T., Lewis, M.R. 1987. "*f*" -Ratio and its relationship to ambient nitrate concentration in coastal waters. *Journal of Plankton Research* 9, (1): 235-248.
- Harvey, H.W. 1928. *Biological Chemistry and Physics of the Sea Water*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hernández de la Torre, B. 2001. Variabilidad interanual de la Producción Nueva en la Corriente de California. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ecología Marina. CICESE, 100 pp.
- Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., Álvarez-Borrego, S., Gómez-Valdés, J., Nájera-Martínez, S. 2003. Interannual variability of new production in the southern region of the California Current. *Deep-Sea Research Part II* (50):2423-2430.
- Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., Nájera Martínez, S. 2004. Efectos del ENSO en la producción primaria frente a Baja California. *Ciencias Marinas* 30(3): 427-441.

- Hickey, B. M. 1979. The California Current System –hypothesis and facts. *Progress in Oceanography* 8, 191-279.
- Houghton, R.W. 1991. The relationship of sea surface temperature to thermocline depth at annual and interannual time scale in the tropical Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research* 96, 15173-15185.
- Husby, D, M., Nelson, C. S. 1982. Turbulence and vertical stability in the California Current. *CalCOFI Reports* 23, 113-129.
- Jones, B.H., Atkinson L.P., Blasco, D., Brink, K.H., Smith, S.L. 1988. The asymmetric distribution of chlorophyll associated with a coastal upwelling center. *Contribution Shelf Research* 8, 1155-1170.
- Kahru, M. 2002. Windows Image Manager (WIM). Image Display and analysis program for Microsoft Windows Software. <http://www.wimsoft.com>.
- Kamykowski, D., Zentara, S.J. 1986. Predicting plant nutrient concentration from temperature and sigma-*t* in the word. *Deep-Sea Research Part II* 33, 89-105.
- Kamykowski, D. 1987. A preliminary biophysical model f the relationship between temperature and plant nutrients in the upper ocean. *Deep-Sea Research Part II* 34, 1069-1079.
- Kudela, R.K., Dugdale, R.C. 1996. Estimation of new production from remotely-sensed data in a coastal upwelling regime. *Advances in Space Research* 18, 91-97.
- Kudela, R.K., Dugdale, R.C. 2000. Nutrient regulation of phytoplankton productivity in Monterey Bay, California. *Deep-Sea Research II* 47, 1023-1053.
- Kudela, R.K., Chávez, F.P. 2000. Modeling the impact of the 1992 El Niño on new production in the Monterey Bay, California. *Deep-Sea Research II* 47, 1055-1076.
- Lentz, S.J. 1987. Description of the 1981 and 1982 spring transitions over the Northern California Shelf. *Journal of Geophysical Research* 92, 1745-1568.
- Libes, S.M. 1992. *An introduction to Marine Biogeochemistry*. John Wiley & Sons. Inc 734 pp.
- Longhurst, A. R. 1998. *Ecological Geography of the Sea*. Academic Press, San Diego. 398 pp.
- Lynn, R.J., Simpson J.J. 1987. The California Current System: The Seasonal Variability of its Physical Characteristics. *Journal of Geophysical Research* 92, 12947-12966.
- McCarthy, J. J. 2002. Biological response to nutrients. En: *The Sea. Biological-Physical Interactions in the Sea*. A.R. Robinson, J.J. McCarthy y B.J. Rothschild (Edts). J. Wiley & Sons, Inc., New York, 219-244.
- McGowan, J. A., Cayan, D. R., Dorman, L. M. 1998. Climate-Ocean Variability and Ecosystem Response in the Northeast Pacific. *Science* 281, 210-217.
- Millán-Núñez, R. 1996. Caracterización de los parámetros que determinan el perfil vertical de clorofila a en la Corriente de California. Tesis Doctoral en Ciencias. CICESE.

- Mills, E. L. 1982. Saint-Simon and the oceanographers: patterns of change in the study of plankton dynamics 1897-1946. En: Selected Works of Gordon A. Riley. J.S. Wroblewski (Edt) Halifax, Nova Scotia: Dalhousie University, University Press, 3-18.
- Minas, H. J., Codispoti, L. A. 1993. Estimation of primary production by observation of changes in the mesoscale nitrate field. ICES marine Science Symposium 197, 215-235.
- Morales, Z. C., Argote, M. L., Amador, A., Barton, E. D. 1978. Mediciones de vientos, corrientes e hidrografía frente a Punta Colonet, B.C. en Junio de 1976. Reporte de datos CICESE, 236 pp.
- Morel, A., Maritorena, S. 2001. Bio-optical properties of the oceanic waters: a reappraisal Journal of Geophysical Research 106, 7163-7180.
- Morin, P., Wafar, M.V.M., Le Corre, P. 1993. Estimation of Nitrate Flux in a Tidal Front From Satellite-Derived Temperature Data. Journal of Geophysical Research 98, 4689-4695.
- Moser, H.G., Charter, R. L., Smith, P. E., Ambrose D. A., Watson, W., Charter, S. R., Sandknop, E. M. 2001. Distributional Atlas of fish larvae and eggs in the Southern California Bight region: 1951-1998. CalCOFI Atlas (34): 166 p.
- Parés-Sierra, A., O'Brien, J. J. 1989. The seasonal and interannual variability of the California Current System: a numerical model. Journal of Geophysical Research 94, (C3): 3159-3180.
- Parés-Sierra, A. 1991. Remote and local forcing of the Rossby wave variability in the midlatitude Pacific Ocean. Geofísica Internacional 30, 121-134.
- Parés-Sierra, A., White, W. B., Tai, C-K. 1993. Wind-driven coastal generation of annual mesoscale eddy activity in the California Current. Journal of Physical Oceanography 23, 1110-1121.
- Parés-Sierra, A., López, M., Pavía, E. G. 1997. Oceanografía Física del Océano Pacífico Nororiental. En: Contribuciones a la Oceanografía Física de México. M. F. Lavín, (Edt.). Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, 1-24.
- Pauly, D., Christensen, V., Froese, R., Longhurst, A., Platt, T., Sathyendranath, S., Sherman, K., Watson, R. 2000. Mapping fisheries onto marine ecosystems: a consensus approach for regional, oceanic and global integrations. ICES 2000 Annual Science Conference. Classification and Mapping of Marine Habitats CM 2000/T:14.
- Platt, T., Sathyendranath, S. 1988. Oceanic primary production: estimation by remote sensing at local and regional scales. Science 241, 1613-1620.
- Platt, T., Harrison, W.G., Lewis, M.R., Li, K.W., Sathyendranath, S., Smith, R.E., Vezina A.F. 1989. Biological production of the oceans: the case for a consensus. Marine Ecology Progress Series 52, 77-88.
- Platt, T., Jauhari, P., Sathyendranath, S. 1992. The importance and measurement of New Production. En: Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea. (Edts) P.G. Falkowsky y A.D. Woodhead, Plenum Press, New York. 273-284 pp.
- Platt, T., Sathyendranath, S. 1999. Spatial structure of pelagic ecosystem processes in the global ocean. Ecosystems 2, 384-394.

- Redfield, A. C. Smith, H.P. Ketchum, B.H. 1937. The cycle of organic phosphorus in the Gulf of Maine. *Biological Bulletin* 73, 421-443.
- Redfield, A. C., Ketchum, B.H., Richards, F.A. 1963. *The Sea*. Vol.2. Editorial Hill M.N., Interscience, New York.
- Reid, J. L., Roden, G.I., Wyllie, J.G. 1958. Studies of the California Current System. Progress report of 1 July 1954 to 1 January 1958. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigation. 28-56.
- Reid, J. L., Schwartzlose, R.A. 1962. Direct measurement of the Davidson current off central California. *Journal of Geophysical Research* 67, (6): 2491-2497.
- Riley, G. A. 1951. Oxygen, phosphate and nitrate in the Atlantic Ocean. *Bulletin Bingham Ocean Collection* 13, 1-126.
- Ripa, P. 1997. Ondas y Dinámica Oceánica. En: *Contribuciones a la Oceanografía Física de México*. M. F. Lavín, (Edt.). Monografía No. 3 Unión Geofísica Mexicana, 1-24.
- Sathyendranath, S., Platt, T., Horne, E.P.W., Harrison, W.G., Ulloa, O., Outerbridge, R., Hoepffner, N. 1991. Estimation of new production in the ocean by compound remote sensing. *Nature* 353, 129-133.
- Sherman, K., Alexander, L.M., Gold, B.D. 1993. *Large Marine Ecosystem: Stress, Mitigation and Sustainability*. AAAS Press, 376 pp.
- Sherman, K., Q. Tang. 1999. *Large Marine Ecosystems of the Pacific Rim: Assessment, Sustainability, and Management*. Blackwell Science, 465 pp.
- Sherman, K., Duda, A.M. 1999. An ecosystem approach to global assessment and management of coastal waters. *Marine Ecology Progress Series* 190, 271-287.
- Slawyk, G., Collos, Y., Auclair, J.C. 1977. The use of ^{13}C and ^{15}N isotopes for simultaneous measurement of carbon and nitrogen turnover rates in marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography* 22, 925-932.
- Slawyk, G., L'Helguen, S., Collos, Y., Freije, H. 1988. Quantitative determination of particulate organic N and C in marine-phytoplankton samples using mass spectrometer signals from isotope-ratio analyses in ^{15}N - and ^{13}C -tracer studies. *Journal of Explore Marine Biology Ecology* 1, (15): 187-195.
- Smith, E. L. 1936. Photosynthesis in relation to light and carbon dioxide. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 22, 504-511.
- Smith, P. E., Eppley, R.W. 1982. Primary production and the anchovy population in the Southern California Bight: comparison of time series. *Limnology and Oceanography* 27, 1-17.
- Smith, R. L. 1968. Upwelling. *Oceanography Marine Biology Annual Review* 6, 11-46.
- Sosa-Avalos, R., Gaxiola-Castro, G., Mitchell, B. G. 2001. Particles and phytoplankton absorption coefficients in the Southern region of the California Current, during La Niña 1999. *CalCOFI Conference 2001, La Jolla, CA., USA, 05-08*

- Sverdrup, H. U., Fleming, R.H. 1941. The waters off southern California March to July 1937. *Bulletin of the Scripps Institute of Oceanography University of California, La Jolla* 4, 261-378.
- Summerhayes, C. P., K.-C. Emeis., M.V. Angel., R.L. Smith., B. Zeitzschel. 1995. *Upwelling in the ocean: Modern Processes and Ancient Records*. John Wiley & Sons, 422 pp.
- Thomas, A., y Strub, P.T. 2001. Cross-shelf phytoplankton pigment variability in the California Current. *Continental Shelf Research* 21, 1157-1190.
- Thunell, R. C. 1998, Particle fluxes in a coastal upwelling zone: sediment trap results from Santa Barbara Basin, California. *Deep-Sea Research II* 45, 1863-1884.
- Toggweiler, J. R., S. Carson. 1995. What are Upwelling Systems Contributing to the Ocean's Carbon and Nutrient Budgets? p. 337-360. En: *Upwelling in the ocean: Modern processes and ancient records*. (Edts) C.P. Summerhayes, K.-C. Emeis, M.V. Angel, R.L. Smith, B. Zeitzschel. John Wiley & Sons, 422 pp.
- Traganza, E., Silva, V., Austin, D. M., Hanson, W., Bronsink, S.H. 1983. Nutrient mapping and recurrence of coastal upwelling centers by satellite remote sensing: Its implication to primary production and the sediment record. En: *Coastal Upwelling: Its Sediment Record*. (Edts) E. Suess y J. Thiede. Plenum, New York. 1-83 pp.
- UNESCO, 1994. *Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) Core Measurements*. IOC/SCOR Manual and Guides 29, 170 pp.
- Vallega, A. 2002. The regional approach to the ocean, the ocean regions, and ocean regionalization: a post-modern dilemma. *Ocean & Coastal Management* 45:721-760.
- Venrick, E. L. 2000. Summer in the Ensenada Front: The distribution of phytoplankton species, July 1985 and September 1988. *Journal of Plankton Research* 22, (5): 813-841.
- Woodruff, S.D, Slutz, R. J., Jenne, R.L., Steurer, P.M. 1987. A Comprehensive ocean-atmosphere Data Set. *Bull. AMS*, 68:1239-1250.
- Watts, L. J., Sathyendranath, S., Caverhill, C., Maass, H., Platt, T., Owens, N.J.P. 1999. Modeling new production in the northwest Indian Ocean region. *Marine Ecology Progress Series* 183, 1-12.
- Wilkerson, F. P., Dugdale, R. C. 1987. The use of large shipboard barrels and drifters to study the effects of coastal upwelling on phytoplankton dynamics. *Limnology and Oceanography* 32, (2): 368-382.
- Wilkerson, F. P., Dugdale, R. C. 1992. Measurement of Nitrogen Productivity in the Equatorial Pacific. *Journal of Geophysical Research* 97, 669-679.
- Williams, R. G. 1989. The influence of air-sea interaction on the ventilated thermocline. *American Meteorological Society* 19, 1255-1267.
- Zimmerman, R. C., Kremer J. N., Dugdale, R. C. 1987. Acceleration of nutrient uptake by phytoplankton in a coastal upwelling ecosystem: A modeling analysis. *Limnology and Oceanography* 32, (2): 359-367.

CAPÍTULO I

SERIE DE TIEMPO DE LA Pnueva: VARIABILIDAD INTERANUAL (1970-2008) FRENTE A LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	30
ÍNDICE DE FIGURAS.....	31
RESUMEN.....	32
INTRODUCCIÓN.....	33
MATERIALES Y MÉTODOS	34
RESULTADOS.....	36
DISCUSIÓN.....	41
CONCLUSIONES.....	45
LITERATURA CITADA.....	46
FIGURAS Y TABLAS.....	50

ANEXO en disco adjunto.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1. Posición geográfica de las cuadrículas de estudio ($1 \times 1^\circ$) con referencia a la esquina suroeste.

Tabla I.2. Media, error de la media y desviación estándar de la TSM-climatológico por COADS desde enero de 1960 hasta diciembre del 1990 en cada una de las diez regiones de estudio.

Tabla I.3. Variación de la temperatura por profundidad en las diez cuadrículas de estudio: P (primavera), V (verano), O (otoño), I (invierno).

Tabla I.4. Valores medios de K_d (m^{-1}) en época fría (DEFMAM) y caliente (JJASON) según profundidad de la zona eufótica $Z_{(1\%)}$ calculados por Millán-Núñez (1996) y datos *in-situ* de cruceros IMECOCAL.

Tabla I.5. Media, error de la media y desviación estándar de la TSM desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 en las diez regiones de estudio.

Tabla I.6. Media, error de la media y desviación estándar de la TSM desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 en las diez regiones de estudio.

Tabla I.7. Media, error de la media y desviación estándar de la *razón-f* desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 en las diez regiones de estudio.

Tabla I.8. Media, error de la media y desviación estándar de la Pnueva desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 en las diez regiones de estudio.

Tabla I.9. Resultados del Análisis de Varianza que se aplicó a las pendientes de los modelos de relación entre la temperatura y los nitratos en las 10 estaciones estudiadas en la región CalCOFI-IMECOCAL.

Tabla.- I.10. Correlación cruzada entre Pnueva (Líneas costeras) y el índice de surgencias (Lat. N y Long. W) en cuatro áreas frente a la península de Baja California desde enero 1970 hasta diciembre 2008: Línea 90 ($33^\circ\text{N}-119^\circ\text{W}$); Línea 107 ($30^\circ\text{N}-119^\circ\text{W}$); Línea 120 ($27^\circ\text{N}-116^\circ\text{W}$); Línea 137 ($24^\circ\text{N}-113^\circ\text{W}$); (± 0.04 = error estándar).

Tabla I.11. Media, error de la media y desviación estándar, máximo y mínimo de la PDO desde enero de 1960 hasta diciembre del 1990 en cada una de las diez regiones de estudio. -0.64 representa la media de todos los datos desde enero de 1960 hasta diciembre de 1975, mientras que 0.56 representa la media de todos los datos desde enero de 1976 hasta diciembre de 1990.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1. Área de estudio: zona comprendida entre los 33° N y 125° W cerca de Punta Dana (Los Ángeles, EUA), hasta los 22° N y 110° W en la región de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México y hasta aproximadamente 300 millas mar afuera.

Figura I.2. Relación temperatura (°C) nitratos (NO₃, µM/L) de todas las estaciones en la zona de estudio.

Figura I.3. Serie de tiempo (sep-1969 a dic-2008) de las anomalías de la TSM en las diez regiones de estudio.

Figura I.4. Climatología (1970-2008) de la TSM (°C) en las diez regiones de estudio. El cuadro central es la media, el cuadro más grande es el error de la media y las barras es la desviación estándar.

Figura I.5. Serie de tiempo (sep-1969 a dic-2008) de las anomalías de la Ptotal en las diez regiones de estudio.

Figura I.6. Climatología (1970-2008) de la Ptotal (gC m⁻² d⁻¹) en las diez regiones de estudio. El cuadro central es la media, el cuadro más grande es el error de la media y las barras es la desviación estándar.

Figura I.7. Serie de tiempo (sep-1969 a dic-2008) de la razón-*f* en las diez regiones de estudio.

Figura I.8. Climatología (1970-2008) de la razón-*f* en las diez regiones de estudio. El cuadro central es la media, el cuadro más grande es el error de la media y las barras es la desviación estándar.

Figura I.9. Serie de tiempo (sep-1969 a dic-2008) de las anomalías de la Pnueva en las diez regiones de estudio.

Figura I.10. Climatología (1970-2008) de la Pnueva (gC m⁻² d⁻¹) en las diez regiones de estudio. El cuadro central es la media, el cuadro más grande es el error de la media y las barras es la desviación estándar.

Figura I.11. Climatología (1970-2008) del Índice de Surgencias (m³ s⁻¹ 100 m de línea de costa) y de la Pnueva (gC m⁻² d⁻¹) en la Línea 90 costera (33°N y 119°W); 107 costera (30°N y 119°W); 120 costera (27°N y 116°W) y 137 costera (24°N y 113°W). El cuadro central es la media, el cuadro más grande es el error de la media y las barras es la desviación estándar.

RESUMEN

Se presenta la variabilidad interanual de la Pnueva en la región sur de la Corriente de California desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 a partir de modelos estadísticos de la relación temperatura-nitratos en diez grupos de estaciones divididas en costeras y oceánicas de las Líneas 90, 107, 120, 137 y 157 de la red CalCOFI-IMECOCAL. La estimación de la razón- f se obtuvo del modelo de Harrison *et al.* (1987), mientras que los datos de P_{total} se obtuvieron a partir del modelo propuesto por Smith y Eppley (1982) para la zona. La Pnueva se calculó mediante el producto de la razón- f y la P_{total} . Los datos mensuales de la TSM que ofrece COADS que incluyeron las diez estaciones de estudio, facilitaron la complementación de la climatología y de la serie cronológica de la Pnueva. Especialmente, las líneas más productivas fueron la 90, 120 y 157. Dentro de ellas, las estaciones oceánicas mantuvieron mayores valores que las costeras. La Pnueva en la Línea 107 y 137 reporta bajos niveles y se comporta como parteaguas entre la región norte, centro y sur. Estacionalmente se muestra que en la transición primavera-verano la Pnueva es alta; disminuye a finales del verano y todo el otoño y comienza a aumentar hacia finales del invierno. Las anomalías positivas de Pnueva y P_{total} estuvieron relacionadas con eventos fríos en 1970-1975, 1985 y 1989, 1999-2000 y 2007-2008. Las anomalías negativas de Pnueva se presentan en eventos cálidos de 1976-1977, 1982-1984 y 1986-1988, 1992-1994, 1997-98 y 2002-2003. La Pnueva se relacionó con el Índice de Surgencia para cuatro estaciones costeras frente a la Península de Baja California y con base en estos resultados, se concluye que para un Índice de Surgencias menor a los $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}$ de línea de costa, la Pnueva aumenta y el pico se produce en el mismo período de tiempo que la surgencia, con el contrario, para un Índice de Surgencia superior a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100 \text{ m}$ de línea de costa, la Pnueva es baja y se desfasan ambas series.

INTRODUCCIÓN

La suma total de entrada de nitrógeno biológicamente usable dentro de la ZE, se puede considerar como una medida de Pnueva (Platt *et al.* 1992). La Pnueva es la parte de la producción primaria que cuenta con una fuente de nitratos alóctonos mezclado desde el océano más profundo a las capas superficiales variando según las condiciones del medio (Dugdale y Goering (1967). Es considerado además, como la porción de la producción primaria que puede ser transportada fuera de la ZE como materia orgánica particulada y/o disuelta (Eppley 1989).

El transporte de nitratos hacia la ZE es el factor principal en la regulación de la biomasa y producción del fitoplancton en las aguas costeras de la CC, donde la distribución vertical y la profundidad del inicio de la nutriclina, están correlacionados con la razón de producción (Eppley *et al.* 1979). Parte de esta fracción de producción fotosintética juega un rol importante en el transporte del CO₂ de la atmósfera al océano, por lo que su estudio en diversas zonas del océano como la CC, es de reconocida importancia si se tiene en cuenta el aumento sostenido del CO₂ atmosférico en los últimos años a escala mundial (Platt y Harrison, 1985; Sarmiento *et al.* 1987; Denman *et al.* 2007).

Se han realizado estudios de Pnueva en zonas de surgencias en diferentes regiones del mundo. Harrison *et al.* (1987) reportaron relaciones entre la razón- f ($f = \text{producción nueva}/P_{\text{total}}$) y la variación de concentración de nitratos en zonas de surgencias. Dugdale *et al.* (1990) concluyeron que la tendencia del incremento de la Pnueva durante un evento de surgencias, varía entre diferentes regiones como Cabo Blanco (noroeste de África), en la zona cercana a los 15° S fuera de la costa de Perú y en la región de Punta Concepción, California. En otros trabajos Turk *et al.* (2001) concluyeron que las variaciones interanuales de la Pnueva en el Océano Pacífico Central ecuatorial y occidental están correlacionadas con el cambio de la profundidad de la nutriclina dependiendo de la severidad de los eventos ENSO.

En el Océano Pacífico oriental se han llevado a cabo una gran cantidad de estudios sobre la Ptotal y Pnueva relacionadas al flujo de nitratos hacia la capa eufótica por surgencias costeras. Entre ellos están los de Kudela y Chavez (2000) con un modelo del impacto del evento ENSO 1992 sobre la Pnueva en la Bahía de Monterey, California; Eppley *et al.* (1979) y Eppley (1992) en la SCB, acerca de la producción fitoplanctónica y su relación con la concentración de los nitratos en las aguas de la CC. Otros autores como Hayward y Venrick (1998) han realizado trabajos combinando la relación entre factores físicos (termoclina) y la entrada de nitratos en la ZE en la CC.

Cullen *et al.* (1983); Ward (1987) y Hayward y Venrick (1998) utilizaron la relación entre la temperatura y los nitratos para estimaciones de productividad primaria en la zona de estudio, el cual establece la importancia del uso de la temperatura como indicador en estudios

biogeoquímicos. En nuestro país se han llevado a cabo estudios de Pnueva, como en el Golfo de California y Golfo de México (Hidalgo, 2002).

El propósito del presente trabajo es estudiar la variabilidad interanual de la Pnueva desde enero de 1970 hasta diciembre del 2008 en áreas costeras y oceánicas de cinco líneas perpendiculares a la costa de la Península de Baja California, con el objetivo de conocer cuales fenómenos o perturbaciones han incidido en su variación interanual, mismos que se analizarán en el Capítulo II. Para ello se calculó la serie de tiempo de las anomalías de la Pnueva a partir de la temperatura y nitratos obtenidos de la base de datos CalCOFI y de la red IMECOCAL que operó en la región de estudio y complementada por los reportes de COADS (Woodruff *et al.* 1987) para su climatología. Paralelamente se muestra las anomalías de la variabilidad interanual de la TSM y Ptotal, mientras que la razón-*f* se presenta en sus valores normales. Los resultados mostrados en el presente trabajo reflejan una aproximación cuantitativa de la fertilidad del área comprendida entre la SCB y Los Cabos en BCS en áreas costeras y oceánicas frente a la Península de Baja California, mismas que serán de utilidad para la regionalización marina en la Fase de Caracterización del OEM.

MATERIALES Y METODOS

La figura I.1 muestra la red de estaciones del programa CalCOFI-IMECOCAL utilizadas en este trabajo. Las estaciones se agruparon en COSTERAS y OCEÁNICAS, siguiendo el criterio de Lynn y Simpson (1987) para su clasificación. No obstante para este trabajo se tuvo en cuenta que las Líneas 90 y 107 de la estación 40 hacia la costa todas son costeras, mientras que de la 50 hacia el océano todas son oceánicas. Por la configuración de la costa, en la Línea 120 las estaciones 45 y 50 se tomaron como costeras, mientras que las alejadas de la costa fueron la 60, 70 y 80 (Fig. I.1). En las Líneas 137 y 157, de la estación 50 hacia la costa todas son costeras y de la 60 hacia el océano todas son oceánicas.

La Tabla I.1 muestra las posiciones geográficas de las cuadrículas 1° x 1° de latitud y longitud con referencia a la esquina SW. Los datos de temperatura superficial del mar de COADS (enero 1960 hasta diciembre de 1990) para obtener la climatología, fueron brindados por el Dr. R. Mendelssohn, PFEG-NOAA (comunicación personal), (Tabla I.2) mientras que la TSM media mensual para obtener el producto final de Pnueva desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008, en cuadrículas de 1° x 1° de latitud y longitud provienen del sitio Web: http://www.pfeg.noaa.gov/products/PFEL/observed/GTS_surface/sfc_temp.html.

Para la confección de los modelos de la relación temperatura (T°C) y nitratos (NO₃, µM/L) por mejor ajuste, se consultaron los datos de CalCOFI-IMECOCAL, www.calcofi.org y <http://imecocal.cicese.mx/> respectivamente, para las cinco Líneas de estudio. Se estandarizaron a profundidades de 0, 10, 20, 30, 50, 100, 150 y 200 m dándole el valor de NO₃ a cada temperatura, mediante el software Statistica, versión 7.1.

Dada la necesidad de obtener un perfil promedio de temperatura del mar, se procedió a agrupar estacionalmente la información obtenida en todos los cruceros CalCOFI-IMECOCAL en el período 1970-99 en: invierno (I, diciembre, enero y febrero); primavera (P, marzo, abril y mayo); verano (V, junio, julio y agosto) y otoño (O, septiembre, octubre y noviembre) correspondiente a cada una de las líneas y estaciones de estudio. Con esta información se procedió a calcular el valor medio de cada profundidad estándar y se determinó la diferencia entre una profundidad y otra, es decir, entre la superficie y los 10 m (0-10), y así sucesivamente para cada intervalo de profundidad hasta los 200m. Una vez obtenido el valor medio mensual superficial de temperatura por datos COADS, se sustituye por la diferencia correspondiente para cada profundidad y se confecciona un “perfil estadístico” de temperatura en profundidad (Tabla I.3). Una vez obtenido el perfil en profundidad de temperatura para cada una de las seis cuadrículas COADS, se procedió a calcular los NO₃ en la columna de agua según los correspondientes modelos.

La razón-*f* es un estimado cuantitativo entre la Pnueva y la Ptotal ($f \approx P_{nueva}/P_{total}$) y varía entre 0 y 1 (Dugdale y Goering, 1967). Con base en los datos reportados por Eppley *et al.* (1979) para la SCB; 33° latitud N y el modelo empírico propuesto por Harrison *et al.* (1987) para la misma zona, se calculó la razón-*f* mediante la ecuación:

$$f = f_{max} [1 - e^{-(mNO_3/f_{max})}]$$

donde f_{max} es el valor máximo esperado; m es la pendiente inicial de la curva (NO₃ vs. *f*) y NO₃ es la concentración de nitratos (μM) en la columna de agua.

Partiendo del hecho que los altos valores de NO₃ se presentan con mayor frecuencia en las estaciones costeras se calculó $f_{max}=0.67$ y $m=13.7$, mientras que para las estaciones oceánicas se restó (0.03 y 1.60) quedando $f_{max}=0.61$ y $m=10.5$, con base en el conocimiento de que se presenta una disminución progresiva de los NO₃ a medida que se aleja de la costa. Los resultados se graficaron en su serie cronológica.

Para obtener la razón-*f* promedio en la ZE se hizo una corrección por luz en la columna de agua por medio del coeficiente de atenuación de la luz difusa (K_d). La información sobre [$K_d = 4.6/(Z_{1\%})$] se obtuvo a partir de los modelos propuestos por Millán-Núñez (1996) y de los cruceros IMECOCAL donde se estiman los valores promedios de la profundidad de la ZE ($Z_{1\%}$) a partir de la posición del máximo profundo de clorofila en la columna de agua y valores *in-situ*, respectivamente. Se calcularon valores promedios de K_d (Tabla I.4) para la época fría y para la época caliente, para las estaciones y líneas correspondientes. A partir de las consideraciones anteriores se calculó el promedio ponderado de la razón-*f* en la ZE mediante la expresión:

$$\bar{f} = \sum_{i=1}^n [(f_i + f_{i+1}) / 2] * (Z_{i+1} - Z_i) / Z_{eu}$$

donde f es el valor calculado a partir de la concentración de NO_3 , corregido por la irradiancia en la columna de agua, Z es la profundidad en metros y Z_{eu} es la profundidad de la ZE.

La P_{total} se calculó de acuerdo al modelo empírico propuesto por Smith y Eppley (1982) para la SCB, donde la P_{total} es igual a: $P_{total} = e^{(-3.78 - 0.372 (\Delta T) + 0.227 (D))}$ donde ΔT es la anomalía de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) superficial definida como el valor del dato menos la media mensual de los años analizados:

$$\Delta T = T_i - T;$$

donde T_i : $i = 1, 2, 3, \dots, n$ y $T = 1/n \sum_{i=1}^n T_i$ donde n es igual al número de meses; (D) es la duración del día expresado en horas/luz para cada mes según la latitud, ver en página Web: <http://aa.usno.navy.mil/AA/data>. La P_{nueva} ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) se obtuvo del producto de la razón- f y la P_{total} según (Dugdale y Goering, 1967), ver ANEXO en disco.

Para conocer la relación entre la P_{nueva} y las surgencias se obtuvieron los valores medios mensuales de surgencias costeras en cuatro puntos frente a la Península de Baja California: estos son (33°N y 119°W) para la Línea 90 costera; (30°N y 119°W) para la 107 costera; (27°N y 116°W) para la 120 costera y (24°N y 113°W) para la Línea 137 estaciones costera en el sitio Web: <http://www.pfeg.noaa.gov/products/PFEL/modeled/indices/upwelling/upwelling.html>.

Todos los gráficos de series de tiempo que se ofrecen en el presente trabajo, se aplicaron promedios móviles (12 meses) para sustraer la estacionalidad con el paquete estadístico ClimLab versión 1.1.0, según Tanco y Berri (2000). La información mensual de las anomalías del índice de PDO desde enero de 1970 hasta diciembre del 2008 se obtuvo del sitio web: <http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>

RESULTADOS

Datos de temperatura del mar para obtención de Climatología

La Tabla I.2 muestra la climatología, desviación y error estándar de la TSM para cada Línea de estudio. En la misma se aprecia altas temperaturas en agosto para la Línea 90 costera y la Línea 157 oceánica, y en septiembre para el resto de las estaciones. Los meses más fríos recayeron en marzo y abril, solamente enero reporta la temperatura media más baja en la Línea 90 costera. Las temperaturas mínimas oscilaron entre 14.46 y 21.57°C . La TSM máxima varió desde 18.01 hasta 27.3°C casi 10 grados de diferencia.

Relación Temperatura-Nitratos

La figura I.2 muestra la relación entre la temperatura y nitratos de las cinco Líneas de estudio. Existe una correspondencia directa entre las dos variables en toda la columna de agua tanto para las estaciones costeras como las oceánicas. Los coeficientes de determinación explican entre el 80 y 90% de la varianza total. El intercepto que corta el eje de la temperatura, aumenta hacia el S. En la Línea 90, corta en 15.0 y 14.5°C, costera y oceánica, respectivamente; en la Línea 107, 16.0 y 15.5°C; Línea 120, 17.7 y 18.0°C, en la Línea 137, 18.4 y 18.2°C, mientras que en la Línea 157, hay nitratos a temperaturas más cálidas: en la zona costera de 21.6°C y en la oceánica 22.5°C.

Anomalías de Temperatura

El comportamiento interanual de las anomalías de la TSM (Fig. I.3) en las diez áreas de estudio se caracterizó por la presencia de anomalías negativas (frías) en los primeros años de la década de los setentas, un período de anomalías positivas (cálidas) que duró más de 22 años (entre 1977 y 1998) y un retorno, al parecer, a condiciones de anomalías negativas después de 1999 hasta la fecha, pero menos pronunciado que en los setentas.

Los máximos de anomalías de temperatura en las estaciones oceánicas son menores que las costeras. Las anomalías de mayor amplitud se concentran en la zona de la Línea 120 costera, disminuyendo hacia el N y hacia el S como es el caso del año cálido del 1997-1998. A partir de este año, la señal del cambio de régimen climático del PDO (Mantua, 2004) se presentó con anomalías negativas. Solamente en la línea 107 oceánica presenta valores más altos en el último periodo de anomalías negativas de temperatura.

La Línea 157 oceánica es la que ha presentado valores negativos durante más tiempo que el resto de las líneas. La señal de anomalías negativas entre 1985 y 1989 fue más intensa al sur y fue perdiendo la señal hacia el norte.

El período de anomalías negativas de los setentas fue interrumpido por el inicio de fuertes anomalías positivas durante los años 1972-73, manifestadas principalmente en las estaciones cercanas a la costa. De acuerdo con estos datos, el período frío terminó aproximadamente entre 1976 y 1977, originando un cambio a anomalías positivas en la TSM. Este cambio se mantuvo por un período mayor de 20 años con valores extremos de anomalías positivas en los años 1982-84, 1992-93 y 1997-98, con mayor impacto en las áreas costeras debido a la predominio de eventos "El Niño". Durante este período largo de anomalías positivas, se registraron algunos años con anomalías negativas, como lo fueron entre 1985 y 1989, y 1995 (Fig.I.3), relacionadas principalmente con la presencia de eventos hidrometeorológicos fuertes en la región originados por bruscos cambios de gradiente de alta presión y la presencia de eventos "La Niña".

La Figura I.4 muestra la climatología de la TSM desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 representado por su media, error de la media y desviación estándar. En la misma se aprecia que las temperaturas máximas se encuentran oscilando entre agosto y octubre, mientras que las mínimas entre enero y abril. La Línea 90 oceánica muestra la temperatura mínima más baja con 14.48°C y la temperatura más baja de las máximas con 18.09°C, así como también siete meses de diferencia entre mínima y máxima. La 157 oceánica mostró la temperatura mínima más alta de la región con 21.62°C, mientras que Línea 157 costera, reporta la temperatura máxima más elevada con 27.09°C y solamente cuatro meses de diferencia entre mínima y máxima. En general se afirma que hay 13.41°C de diferencia entre el S de Punta Dana y el SW de Los Cabos en 12° de latitud que ocupa este estudio. La Tabla I.4 muestra los valores de la media, el error de la media y la desviación estándar para cada estación.

Anomalías de Ptotal

La serie de las anomalías de Ptotal (Fig. I.5) en la Línea 90 presentaron un período de altos valores positivos en los primeros años de la década de los setenta, disminuyendo a partir de 1976-77 con una caída hacia anomalías negativas en 1982-83. En algunas estaciones la tendencia negativa llegó hasta 1986, como es el caso de la Línea 120 oceánica. Entre 1985 y 1989 la Ptotal se recuperó con tendencias hasta alcanzar anomalías positivas no tan altas como la década de los 70's, pero sí suficientes para alcanzar el tercer máximo importante en la Línea 153 costera. En la década de los 90's las anomalías de la Ptotal fueron negativas producto de dos eventos cálidos diferentes: uno largo, 1992-1994 y el otro muy fuerte 1997-1998, y en medio, la aparición de un evento frío en 1995 que recuperó la productividad a niveles medios, principalmente en las estaciones costeras. A partir del 2000, los períodos de anomalías positivas de producción primaria total estuvieron relacionados con eventos fríos (1999-2000 y 2007-2008). El evento cálido el 2002-2003 no repercutió como su similar del 1982-83 por encontrarse en otra fase del PDO, tema que se discutirá en el Capítulo II. En general la serie de las anomalías de la Ptotal tienen una tendencia positiva en los últimos dos años de la serie analizada.

La Fig. I.6 muestra la climatología de la Ptotal ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) desde enero de 1970 hasta diciembre del 2008 expresado por su valor medio y error además de la desviación estándar. Los máximos de Ptotal se encuentran en grupos de cuatro a cinco meses, algunos comenzando en abril hasta agosto, como las estaciones costeras de las Líneas 90 y 107, mientras que las oceánicas iniciaron en mayo hasta agosto. Los máximos de productividad de las estaciones de la Línea 120 son de mayo a agosto, mientras que las costeras de las Líneas 137 y 157, llegan a septiembre. Las estaciones oceánicas de las Líneas 137 y 157 tienen comportamientos diferentes en sus máximos: la primera de mayo a agosto mientras que la más sureña sólo tiene 3 meses con valores máximos, mayo, junio y julio. Los valores mínimos se reportan desde noviembre hasta

febrero. El máximo valor medio de producción primaria total se reporta en la Línea 157 oceánica con $0.74 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, en junio, mientras que el mínimo valor medio se registra en julio en la Línea 120 costera y fue de $0.46 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. La Tabla I.6 muestra el resumen de la información de las medias, error y desviación estándar de las diez estaciones en la región de estudio.

razón-f

La figura I.7 muestra la variación interanual de la razón-f en la zona de estudio. Las estaciones de la Línea 90 presentan altos valores de razón-f en toda la serie, seguida de la 120 y 157 oceánica. El panorama general de las series de tiempo presentadas en la figura I.7 muestra predominio de valores altos en los primeros años de los 70's, sin embargo es marcado el descenso hasta 1984. La razón-f se recupera en casi todas las estaciones hasta 1990 y descienden de nuevo por el evento cálido de 1992-1993. Durante 1995 la razón-f recobra valores positivos terminando con un descenso en 1997-1998 durante el evento cálido. Un aumento de los valores a partir de 1999 al 2000 se hace evidente en todas las estaciones, con ligera inflexión al descenso en 2002-2003, y franca recuperación en todas las estaciones a partir de este último evento cálido.

La climatología de la razón-f promedio (1970-2008) se muestra en la figura I.8. En general se presentan valores altos en la época fría (DEFMAM) y descienden en la época cálida (JJASON). Por esta razón diciembre es el inicio de altos valores de razón-f en la zona de estudio menos en la Línea 137 oceánica que comienza en enero. Los valores de razón-f van subiendo en latitud durante la época fría de la Línea 157 a la 90 en las estaciones costeras. A partir de la Línea 120 oceánica hacia el N y hacia el S los valores decaen formando un parteaguas en la época fría, representados por las Líneas 107 y 137, respectivamente. El N y S del área de estudio cierran con valores altos de razón-f para el área oceánica. En la Tabla I.7 se muestran la media, el error y la desviación de razón-f para las Líneas de estudio.

Anomalías Pnueva

La serie de tiempo de las anomalías de la Pnueva se muestra en la figura I.9. La serie presenta valores positivos en los primeros años de la década de los setenta, con una ligera inflexión hacia anomalías negativas durante el evento caliente de 1972-1973. Se observan anomalías positivas tanto para las estaciones oceánicas como para las costeras en 1975. Las anomalías de la Pnueva presenta valores negativos a partir del evento cálido de 1976-1977 los que continuaron debido a eventos similares del 1982-1984 y 1986-1988.

En 1979-1980 las anomalías presentaron signos positivos en las estaciones costeras, no así en las oceánicas. La serie muestra una disminución de las anomalías positivas hacia el norte durante 1985 y 1989 en las costeras, mientras que las oceánicas no presentan valores positivos.

Sólo la Línea 157 oceánica mostró un ligero incremento de anomalías. Una señal positiva de anomalías de Pnueva se refleja desde 1990 hasta el primer semestre de 1992, con la consiguiente disminución de estos valores durante el evento cálido desde 1992-1993 y 1994. Sólo en las costeras de las Líneas 90 y 107, la señal positiva de 1995 se reflejó con intensidad.

El evento cálido de 1997-1998 afectó la región de estudio, inclusive llegaron a obtener los valores más bajos de anomalías negativas en la serie analizada. A mediados de 1998 comienza el incremento de las anomalías de la Pnueva y durante el evento frío de 1999-2000. Las anomalías de la Pnueva alcanzan valores positivos importantes principalmente en las oceánicas de sur a norte, mientras que en las costeras disminuye de la Línea 120 a la 90. No sucede así con la Línea 137 costera, pues comienza desde 1999 un incremento en sus anomalías que llega hasta el 2001 con su tercer máximo importante. No se reporta anomalías positivas en la Línea 157 costera desde 1989. Un evento cálido de bajas proporciones afecta toda la zona disminuyendo ligeramente los valores de Pnueva durante 2002-2003. Después de este último evento, la zona ha recuperado la producción con valores positivos a causa de la presencia de eventos fríos en la región sur de la CC que han afectado la mayoría de las estaciones menos la más sureña de todas: la Línea 157 costera y oceánica.

La figura I.10 muestra la climatología de la Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) promedio (1970-2008) en la región de estudio. Primavera (MAM) es la mayor época de producción, algunas estaciones se adelantan en marzo y otros se retrasan a junio como las oceánicas de las Líneas 107 y 120, respectivamente. Mayo presenta los mayores valores medio de la Línea 120 al sur y abril en las costeras de las Líneas 90 y 107. El menor valor medio se presenta de agosto a noviembre. Diciembre presenta valores notables de Pnueva en la Línea 90, 120 y 157, mientras que las Líneas intermedias como la 107 y 137 son bajas. El valor medio más alto se observó en la estación oceánica de la Línea 90, mientras que el más bajo en la 107 oceánica. La figura I.10 destaca los bajos valores que presenta el otoño. Septiembre, octubre y noviembre se presentan con los valores medios más bajos, aunque algunos noviembres son representativos como se destaca en la Línea 90 costera y 120 oceánica. Las áreas consideradas nulas en producción en la época otoñal son las estaciones costeras de las Líneas 107, 137 y 157, y la 137 oceánica. La Tabla I.8 señala los estadígrafos de la Pnueva en las Líneas de estudio.

Relación Pnueva-Índice de Surgencia

La figura I.11 muestra las climatologías de las surgencias y la Pnueva en cuatro puntos cercanos a la costa frente a la Península de Baja California. En la Fig. I.11 (b) abril presenta el máximo de Pnueva ($0.25 \pm 0.02, \text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$), correspondiendo con un intervalo de surgencia para ese mismo mes de aproximadamente $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100 m de línea de costa Fig. I.11 (a). Sin embargo, mayo y junio presenta máximos de surgencias en el intervalo entre 275 y $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100

m de línea de costa lo que corresponde a una menor Pnueva para la misma Línea y meses. En la Fig. I.11 (c) la Línea 107 costera presenta niveles de surgencias cercanos a $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100 m de línea de costa en abril, mayo y junio, coincidiendo con los tres meses de máxima Pnueva ($0.16-0.17 \pm 0.03, \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) para la misma estación costera Fig. I.11 (d). Las Líneas 120 y 137 costeras muestran un comportamiento similar en los primeros seis meses de la climatología, tanto del IS Fig. I.11 (e, g) como de la Pnueva Fig. I.11 (f, h): el primero reporta niveles por debajo de los $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100 m de línea de costa, mientras que el segundo ($0.25 \pm 0.03, \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) y ($0.18 \pm 0.03, \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), respectivamente.

El análisis de correlación cruzada entre la Pnueva y el IS en las cuatro Líneas de estudio indica que, las Líneas 120 y 137 costeras responden con máxima productividad sin desfase en meses con respecto del IS, mientras que las Líneas 90 y 107 si presentan un desfase de tres meses con respecto del máximo del Pnueva. La Tabla I.10 señala los meses de desfase y el coeficiente de correlación cruzada entre la Pnueva y el IS.

DISCUSIÓN

Por su fácil obtención y medición, la temperatura del mar es usada en este trabajo como un proxy geográfico porque con su serie de tiempo, permite obtener la variabilidad espacio-temporal de la Pnueva. La temperatura del mar es conocida como la 'huella digital térmica', ya que imprime diversos procesos mecánicos y termodinámicos que suceden en la interface océano-atmósfera (Gallegos *et al.* 2006). Los datos de temperatura cuidadosamente medidos en el océano, pueden incorporarse sin reservas dentro del propio mecanismo físico-biológico que se presenta en una determinada región (Platt *et al.* 1992). Teniendo en cuenta lo anterior, se consideró incluir los valores de la PDO (Mantua 2004) para hacer más efectiva la confección de la climatología de la TSM a partir de los datos COADS. La media anual del PDO desde enero de 1960 hasta diciembre de 1975 fue de -0.64 (época fría) y desde enero de 1976 hasta diciembre de 1990 fue de 0.56 (época cálida), Tabla I.11. De esta manera se obtuvieron las anomalías de la TSM en las diferentes Líneas de la zona de estudio, a partir de la climatología de la PDO en su serie de tiempo de 30 años (1960-1990).

El transporte de nitratos hacia la ZE es el factor principal en la regulación de la biomasa y producción del fitoplancton en las aguas costeras de la CC (Eppley *et al.* 1979). Hayward y Venrick (1998) encontraron una estrecha relación entre las anomalías negativas de la TSM y las concentraciones de nitratos en la profundidad de inicio de la pycnoclina para la misma zona. En el presente trabajo los nitratos aparecen relacionados con la temperatura en una relación causa-efecto y se presentan en secuencia latitudinal (21- 33°N) y desde la superficie hasta los 200m a partir de los cruceros de la red CalCOFI-IMECOCAL. El número de observaciones (n) se muestra

en la figura 1.2. La Línea 90 y la 120 son las estaciones que sobrepasan las mil observaciones, quinientas en las Líneas 107 y 137 mientras que la Línea 153 sobrepasa las 100 observaciones. Aún así la calidad del dato fue estrechamente vigilada, verificado y reexaminado para evitar errores que pudiera dañar la solidez del trabajo.

Se aplicó un Análisis de Varianza a las pendientes de los modelos estadísticos de la relación temperatura-nitratos en las diez estaciones de estudio, donde muestran diferencias significativas entre las mismas, ya que la $F_c < F_t$; $F_{(4,8)} = 0.082^{**}$ (Tabla I.9), por lo que la diferencia entre las pendientes de las cinco Líneas de la región CalCOFI-IMECOCAL es significativa y se rechaza la hipótesis de nulidad. La prueba Tukey (Zar, 1984) demostró que existen diferencias significativas entre cada una de las pendientes de los modelos presentados ($\alpha = 0.05$; $\gamma = 5$ y $k = 10$).

Los resultados de las anomalías de la TSM en las cinco Líneas de estudio, indican que el régimen frío duró hasta 1976 a partir de la influencia del fenómeno ENSO de ese año originando un cambio en el régimen hidroclimático brusco a anomalías positivas (Minobe, 1998 y 1999; Wu y Hsieh, 1999). A pesar de que la serie que se analiza inició en 1970, todo indica que las condiciones frías ya estaban constituidas en años anteriores (Moser *et al.* 2001). Por otra parte, el régimen cálido (Mantua, 2004) comenzó en 1977 hasta al menos el primer semestre de 1998, reforzadas por los eventos ENSO 1982-83; 1992-93 y 1997-98 (Parés-Sierra y O'Brien, 1989; Hayward *et al.* 1999; Moser *et al.* 2001) que impactaron latitudinalmente la productividad en la zona de estudio.

El largo período de anomalías positivas de la TSM (1977-1998) se vio interrumpido por dos eventos importantes de anomalías negativas ó frías. El primero fue en 1988-89 con anomalías que no sobrepasaron los -0.5°C en todas las cuadrículas correspondientes al evento frío "La Niña" de esos años. El segundo evento se debió a la presencia de aguas con anomalías negativas de temperatura en 1991. Aunque el inicio del evento ENSO 1992-93 tuvo sus primeras señales en julio y agosto de 1991, las aguas desde Vancouver hasta el sur de Baja California estuvieron más frías de lo normal desde la primavera de 1991. El persistente viento soplando sobre la superficie del mar a lo largo de la costa provocó, intensas surgencias que influyeron más en las estaciones alejadas de la costa que en las cercanas, como preludio del evento ENSO 1992-1993 (Lynn *et al.* 1995).

Después del régimen frío de los primeros años de los setenta, "La Niña" del período 1998-1999-2000 registró los valores negativos de TSM más importantes acontecidos en la zona de estudio. Según Minobe (1999) a partir de este último evento frío se espera un cambio en el régimen climático regresando a las condiciones similares al período 1948-76. Los resultados de la variabilidad interanual de P_{total} demuestran que existió un etapa de alta productividad en los primeros años de los setenta decayendo con la afectación del ENSO 1976-77 hasta el 2001. Los

mínimos valores de P_{total} están relacionados con anomalías positivas de TSM, específicamente con eventos ENSO, ya que por lo general la termoclina se profundiza, la capa de mezcla disminuye y existe una mayor estratificación del mar, aumentando la temperatura en la ZE. Los máximos valores de P_{total} están relacionados con anomalías negativas de la TSM en 1991, 1995 y 1999 como los eventos “La Niña” ya que el proceso de mezcla se intensifica y la termoclina se encuentra cercana a la superficie trayendo agua fría rica en nutrientes hacia la superficie (Miller, 1996). Los valores medios, tanto mensuales como estacionales de P_{total} que se reportan en el presente trabajo, coinciden con los reportados anteriormente por Eppley y Peterson (1979); Smith y Eppley (1982); Ward (1987); Eppley (1992) para el SCB; (Longhurst *et al.* 1995) en las surgencias costeras californianas y Gaxiola-Castro y Álvarez-Borrogo (1986) en el Océano Pacífico abierto frente a México.

Otro aspecto importante que reafirma la relación temperatura-nitratos son las surgencias costeras. Como se conoce, el origen de las surgencias proviene del viento soplando sobre la superficie del océano y por efecto de rotación de la Tierra, origina un desplazamiento de agua fuera de la costa que es sustituida por agua profunda normalmente con mayor concentración de nutrientes, y que son fundamentales para mantener la producción biológica. Aunque el área de estudio forma parte de las costas oeste de los continentes, en la porción sur de la CC las surgencias no son representativas como las del norte. Schwing y Mendelssohn (1997).

Las surgencias costeras es el motor principal de la producción primaria nueva Eppley *et al.* (1979), Bakun y Parrish (1980, 1991), pero las escalas difieren de sus respectivas génesis. El promedio de vida de una surgencia es de 7-10 días (Zimmerman *et al.* 1987) y la unidad de tiempo con la cual se mide es $m^3 s^{-1} 100 m$ de línea de costa, Bakun (1973) y Bakun y Nelson (1977). El tiempo que toma el fitoplancton para asimilar nitratos y efectuar la fotosíntesis varía, ya que las aguas recién afloradas tienen baja disponibilidad de fitoplancton lo cual reduce la capacidad para la asimilación instantánea de nutrientes y para su crecimiento (Eppley *et al.* 1979). Por esta razón, el tiempo requerido para la utilización de nitratos por parte del fitoplancton está temporalmente desacoplado a partir de la concentración de nitratos en el agua recién aflorada con la demanda fitoplanctónica, Haury y Shulenberger (1998). Se requiere de un estudio minucioso sobre este aspecto donde al menos, la escala de trabajo sea diaria. Sin embargo, tratándose de ecosistemas marinos y conociendo los procesos que en ella se llevan a cabo, se puede interpretar algunos signos que pueden dar una respuesta de la relación surgencias- P_{nueva} a una escala mensual que se brinda en este trabajo.

Los resultados de este estudio demuestran que con un IS promedio de $200 m^3 s^{-1} 100 m$ de línea de costa o menor, la P_{nueva} aumenta y se produce en el mismo período de tiempo que la surgencia, es decir, no tiene lapso de desfase y viceversa para un índice de surgencia mayor de los $200 m^3 s^{-1} 100 m$ de línea de costa. A partir de este resultado se puede construir una ventana

ambiental óptima (Lasker, 1978; Cury y Roy, 1989) para la Pnueva donde la surgencia por arriba de $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100 m de línea de costa no contribuye a un máximo de producción, ya que antecede a la surgencia un aumento de la velocidad del viento que produce mayor turbulencia, la capa de mezcla se hace más profunda y la presencia de nutrientes a la ZE es baja, lo que coadyuva a la disminución de la razón- f . Aunque estudios empíricos de afloramientos y sus efectos sobre la predicción biológica indican que en los sistemas de corrientes de las costas oeste de los continentes, la producción óptima en las pesquerías ocurre dentro de un límite de velocidad del viento que no excede los 5-7 m/s ya que la biomasa de pelágicos menores decrece (Schwing y Mendelssohn, 1997). Aún así en este estudio se muestra una tendencia al incremento de la razón- f a partir del 2000 en la región de estudio.

La distribución espacio-temporal de la Pnueva muestra que las Líneas 90, 120 y 157 oceánica son las más productivas. Las Líneas 107 y 137 pueden considerarse como zona de transición entre la 90 y 120. Los años de Pnueva más altas fueron: 1975, 1991, 1995, 1999 y se reporta una recuperación a partir del 2007. La tendencia observada en las Líneas de estudio está relacionada con un cambio de régimen climático (los cambios a gran escala del esfuerzo del viento: a finales del invierno e inicio de la primavera cuando los vientos se incrementan, el índice de afloramiento se vuelve positivo y sube la termoclina a niveles superficiales (Parrish *et al.* 1981; Husby y Nelson 1982). Esto trae consigo un acarreamiento hacia la superficie de nitratos subsuperficiales aumentando así los valores de razón- f y la Pnueva (Eppley *et al.* 1979).

Los resultados de la variabilidad interanual desde 1970 hasta 2008 muestran que los eventos ENSO afectaron la Pnueva en las líneas en estudio principalmente desde 1976-77 hasta 1997-98, siendo las estaciones costeras las más vulnerables a esta señal. En la serie analizada, las anomalías (positivas-negativas) representadas por picos tanto de la TSM, P_{total} , razón- f y Pnueva, que se transmiten de sur a norte pueden estar relacionadas con ondas barotrópicas. Parés-Sierra y O'Brien (1979) demostraron que gran parte de la energía contenida en las bajas frecuencias de registros de nivel del mar en las costas de California y Baja California es introducida al océano en latitudes bajas pero transmitidas hacia los polos en forma de ondas costeras de Kelvin (Ripa, 1997). Este modo contribuye de manera significativa a la energía total de la zona relacionada con fenómenos de escala interanual Parés-Sierra (1991).

Un cambio de régimen (régimen shift) se define como el proceso por el cual un ecosistema que está estrechamente vinculado con el clima, ha sido sometido a un cambio de estado durante un período de 10-30 años, para que peces y la biota marina respondan por los cambios en su dinámica (Cury y Shannon, 2004). Con los resultados del estudio de la variabilidad interanual de la Pnueva en la CC (1970-2008) se puede afirmar que después del evento cálido ENSO de 1997-1998, hay una tendencia a la recuperación de la Pnueva que corresponde con los valores la fase negativa (fría) de la PDO. Partiendo de lo anterior se puede dar respuesta a interrogantes sobre

fluctuaciones pesqueras tanto costeras como oceánicas, partiendo del hecho que la Pnueva es el alimento nuevo que inicia la formación de parches de fitoplancton y, por tanto de la intensa cadena trófica y la salud del mar (Hernández-de la Torre, 2001).

CONCLUSIONES

Agosto presentó la temperatura más alta en las Líneas 90 y 157; septiembre fue la más alta para el resto. Las máximas oscilaron entre 18 y 27°C. Enero fue el mes más frío para la Línea 90. Marzo y abril fueron fríos para el resto. Las mínimas oscilaron entre 14.46 y 21.57°C. Desde el punto de vista estadístico, la r^2 explica entre el 80 y 90% de la varianza total de la relación temperatura-nitratos. Los interceptos mostrados señalan que al sur se hallan nitratos con temperaturas altas. Las anomalías positivas de P_{total} estuvieron relacionados con eventos fríos en 1970-1975, 1985 y 1989, 1999-2000 y 2007-2008. En los 90's las anomalías de la Pnueva fueron negativas. El máximo valor medio de P_{total} se reporta en junio la Línea 157 oceánica con $0.74 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ y el mínimo de $0.46 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ en julio en la Línea 120 costera. Las anomalías negativas de Pnueva se presentan en eventos cálidos de 1976-1977, 1982-1984 y 1986-1988, 1992-1994, 1997-98, 2002-2003. Con IS de $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100 m de línea de costa o menor, la Pnueva aumenta y el pico se produce en el mismo período de tiempo que la surgencia, y viceversa para un IS mayor de los $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 100 m de línea de costa la Pnueva disminuye. Con estas conclusiones pasaremos al Capítulo II donde se ahondará más en este tópico de la influencia de factores hidrometeorológicos sobre la Pnueva y se tomará como ejemplo el fenómeno ENSO del 2002-2003 y la "La Niña" del 2007-2008 en las mismas cuadrículas frente a la península de Baja California.

LITERATURA CITADA

- Bakun, A. 1973. Coastal upwelling Indices, west coast of North America, 1946-71. U.S. Dep. Comm, NOAA Tech. Rep. NMFS-SSRF-671, 103pp.
- Bakun, A., Nelson, S.C. 1977. Climatology of upwelling related processes off Baja California. CalCOFI. Inv. Rep. 19:107-127.
- Bakun, A., Parrish, R. H. 1980. Environmental inputs to fishery population models for Eastern Boundary Currents Regions. IOC, Workshop Report No 28, 67-104.
- Bakun, A. 1991. Comparative studies of coastal fish reproductive habitats: the anchovy (*Engraulis anchoita*) of the southwestern Atlantic. ICES. J. Mar. Sci. 48, 343-361.
- Cullen, J. J., Stewart, E., Renger, E., Eppley, R.W., Winant, C.D. 1983. Vertical motion of the thermocline, nitracline and chlorophyll maximum layers in relation to currents on the Southern California shelf. Journal of Marine Research 41, 239-262.
- Cury, P., Roy, C. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. Can. Jour. Fish. and Aq. Sc. 46 (4); 670-680.
- Cury, P., Shannon, L. 2004. Regime shifts in upwelling ecosystems: observed changes and possible mechanisms in the northern and southern Benguela. Progress in Oceanography 60, 223-243.
- Denman, K. L., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, P. M., Dickinson, R.E., Hauglustaine, D., Heinze, C., Holland, E., Jacob, D., Lohmann, U., Ramachandran, S., da Silva, P.L., Dias, S.C. Wofsy X. Zhang, 2007. Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Dugdale, R. C., Goering, J.J. 1967. Uptake of new and regenerate forms of nitrogen in primary productivity. Limnology Oceanography 12, 196-206.
- Dugdale, R. C., Wilkerson, F.P., Morel, A. 1990. Realization of New Production in coastal upwelling areas: a means to compare relative performance. Limnology Oceanography 35, 822-829.
- Eppley, R. W., Renger, E.H., Harrison, W.G. 1979. Nitrate and phytoplankton production in Southern California coastal waters. Limnology Oceanography 24, 483-494.
- Eppley, R. W., Peterson, B.J. 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. Nature 282, 677-680.
- Eppley, R. W. 1989. New Production: History, Methods, Problems. In: W. H. Berger, V.S. Smetacek y G. Wefer (Eds.), Productivity of the Ocean: Present and Past. Wiley, New York. pp. 85-97.
- Eppley, R. W. 1992. Chlorophyll, photosynthesis and new production in the Southern California Bight. Progress in Oceanography 30, 117-150.

- Gallegos-García, A., Zavala-Hidalgo, J., Lecuanda, R. 2006. Huellas térmicas sobre la superficie oceánica resultado de procesos físicos a escala regional y local detectados con radiómetros satelitales AVHRR. Algunos ejemplos en el Pacífico Mexicano. En Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (Compil.). Ordenamiento Ecológico Marino: Visión Temática de la regionalización. *INE*. ISBN 968-817-807-1, 226 pp.
- Gaxiola-Castro, G., Álvarez-Borrego, S. 1986. Productividad Primaria del Pacífico Mexicano. *Ciencias Marinas*. 12(3): 26-33.
- Harrison, W. G., Platt, T., Lewis, M.R. 1987. "*f*"-ratio and its relationship to ambient nitrate concentration in coastal waters. *Journal of Plankton Research* 9, 235-248.
- Haury, L., Shulenberger, E. 1998. Surface nutrient enrichment in the California Current off Southern California: description a possible causes. *Deep Sea Research II* 45, 1577-1601.
- Hayward, T.L., Venrick, E. 1998. Nearsurface pattern in the California Current: coupling between physical and biological structure. *Deep Sea Research II*. 45, 1617-1638.
- Hayward, 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., Tegner, M. 1999. The State of the California Current in 1998-1999: Transition to Cool-Water Conditions. *CalCOFI Rep.* 40, 29-62.
- Hernández-de la Torre, B. 2001. Variabilidad interanual de la producción primaria nueva (Pnueva) en la región sur de la Corriente de California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. CICESE. División de Oceanología. Departamento de Ecología. Ensenada, B.C. México, 100 pp.
- Hidalgo-González, R. M. 2002. Producción primaria total y nueva en los Golfos de California y México estimada a partir de los datos de color del océano del sensor de satélite SeaWiFS. Tesis de Doctor en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. CICESE. División de Oceanología. Departamento de Ecología. Ensenada, B.C. México, 137 pp.
- Husby D, M., Nelson, C.S. 1982. Turbulence and Vertical stability in the California Current. *CalCOFI Rep.* 23:113-129.
- Kudela, R.M., Chavez, F.P. 2000. Modeling the impact of the 1992 El Niño on new production in Monterey Bay, California. *Deep Sea Research II* 47, 1055-1076.
- Lasker, R. 1978. The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food un the California Current: identification of factors contributing to recruitment failure. *Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 173:212-230.
- Longhurst, A., Sathyendranath, S., Platt, T., Caverhill, C. 1995. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *Journal. of Plank. Res.* 17(6):1245-1271
- Lynn, R. J., Simpson, J.J. 1987. The California Current System: The Seasonal Variability of its Physical Characteristics. *J. Geophys. Res.* 92:12,947-12,966.
- Lynn, R. J., Schwing, F.B., Hayward, T. L. 1995. The effect of the 1991-1993 ENSO on the California Current System. *CalCOFI Rep.* 36:57-71.

- Mantua, N. J. 2004. Methods for detecting regime shifts in large marine ecosystems: a review with approaches applied to North Pacific data. *Progr. Oceanogr.* 60:165–182.
- Millán-Núñez, R. 1996. Caracterización de los parámetros que determinan el perfil vertical de clorofila a en la Corriente de California. Tesis Doctoral en Ciencias. CICESE.
- Miller, A. 1996. Recent advances in California Current modeling: Decadal and interannual thermocline variations. *CalCOFI Rep.* 37:69-79.
- Minobe, S. 1998. Bidecadal and Pentadecadal Climate Oscillations over the North Pacific and North America. 5-14 pp. In: Holloway, G, P.Muller y D.Henderson, (Eds): Biotic impacts of extratropical climate variability in the Pacific Proceedings 'Aha Huliko'a' Hawaiian Winter Workshop. Univ. Of Hawaii at Manoa. Jan.25-29. NOAA
- Minobe, S. 1999. Resonance in bidecadal and pentadecadal climate oscillations over the North Pacific: Role in climate regime shifts. *Geoph. Res. Lett.* 26 (7): 855-858.
- Moser, H.G., Charter, R.L., Smith P.E., Ambrose, D. A., Watson, W., Charter, S. R., Sandknop, E. M. 2001. Distributional Atlas of fish larvae and eggs in the Southern California Bight region: 1951-1998. *CalCOFI Atlas (34)*: 66 pp.
- Parés-Sierra, A. 1991. Remote and local forcing of the Rossby wave variability in the midlatitude Pacific Ocean. *Geofísica Internacional*, 30:121-134.
- Parés-Sierra, A., López, M., Pavía, E.G. 1997. Oceanografía Física del Océano Pacífico Nororiental, en: M.F. Lavín, (ed.). *Contribuciones a la Oceanografía Física de México. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana*, 1-24.
- Parés-Sierra, A., O'Brien, J. J. 1989. The seasonal and interannual variability of the California Current system: A numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 94:3159-3180.
- Parrish, R. H., Nelson, C. S., Bakun, A. 1981. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. *Biol. Oceanogr.* 1(2):175-203.
- Platt, T., Harrison, W.G. 1985. Biogenic fluxes of carbon and oxygen in the ocean. *Nature* 318:55-58.
- Platt, T., Jauhari, P., Sathyendranath, S. 1992. The importance and measurement of new production. In: Falkowsky P.G. and Woodhead, A.D. (edits), *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*. Plenum Press, New York. pp 273-284.
- Ripa, P. 1997. Ondas y dinámica Oceánica. En: M.F. Lavín (Edt). *Contribuciones a la oceanografía Física en México. Monografía No. 3 Unión Geofísica Mexicana*.
- Sarmiento, J., Frost. B., Wroblewski, J. eds. 1987. Workshop on Modeling in GOFs. US GOFs Report 4, Woods Hole, MA: US GOFs Planning Office, Woods Hole Oceanographic Institution.
- Schwing, F.B., Mendelssohn, R. 1997. Increased coastal upwelling in the California Current. *J.Geophys. Res.* 102(C2):3421-3438.
- Smith, P. E., Eppley, R.W., 1982. Primary production and the anchovy population in the Southern California Bight: comparison of time series. *Limnology Oceanography* 27:1-17.

- StatSoft, Inc. 2005. STATISTICA (Data Analysis Software System), version 7.1. www.statsoft.com.
- Tanco, R.A., Berri, G. J. 2000. CLIMLAB 2000 (versión 1.1.0). Un paquete de programa estadístico para aplicaciones climáticas. IRI for Climate Prediction.
- Turk, D., Lewis, M., Harrison, G. W., Kawano, T., Asanuma, I. 2001. Geographical distribution of new production in the western/central equatorial Pacific during El Niño and non-El Niño conditions. *Journal of Geophysical Research* 106:4501-4515.
- Ward, B.B. 1987. Nitrogen transformations in the Southern California Bight. *Deep-Sea Research* 34:785-805.
- Woodruff, S. D., Slutz, R. J., Jenne, R. L., Steurer, P. M. 1987. A Comprehensive ocean-atmosphere Data Set Bulletin AMS 68:1239-1250.
- Wu, J.Q., Hsieh, W.W. 1999. A modelling study of the 1976 climate regime shift in the North Pacific Ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* (56):2450-2462.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Inc. Segunda Edición. Englewoods Cliffs, New Jersey 07632. 718 pp.
- Zimmerman, R.C., Kremer, J. N, Dugdale, R. C. 1987. Acceleration of nutrient uptake by phytoplankton in a coastal upwelling ecosystem: a modeling analysis. *Limnol. Oceanogr.*, 32(2): 359-367.

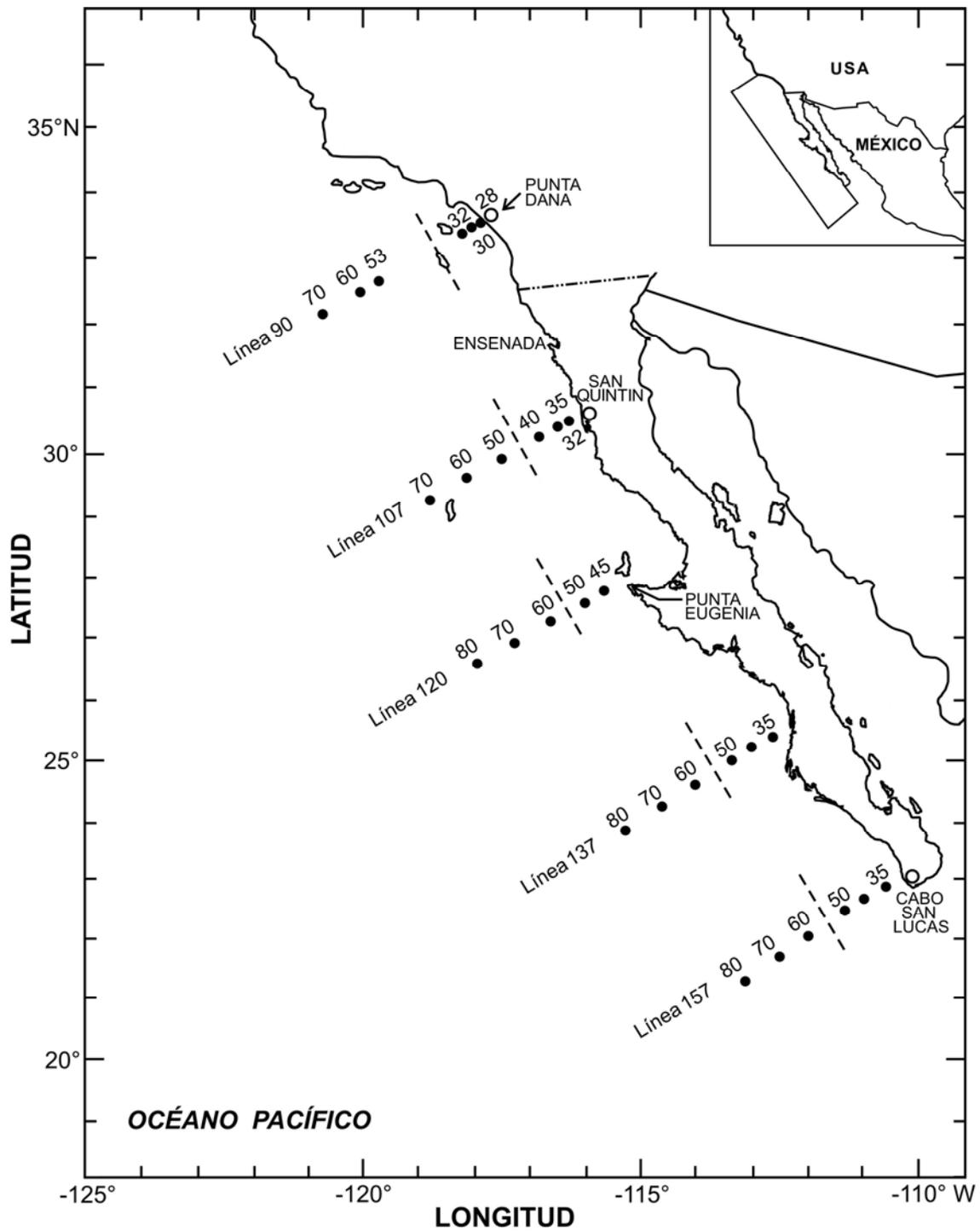


Figura I.1. Área de estudio: zona comprendida entre los 33°N y 125°W cerca de Punta Dana (Los Ángeles, EUA), hasta los 22°N y 110°W en la región de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México y hasta aproximadamente 300 millas mar afuera.

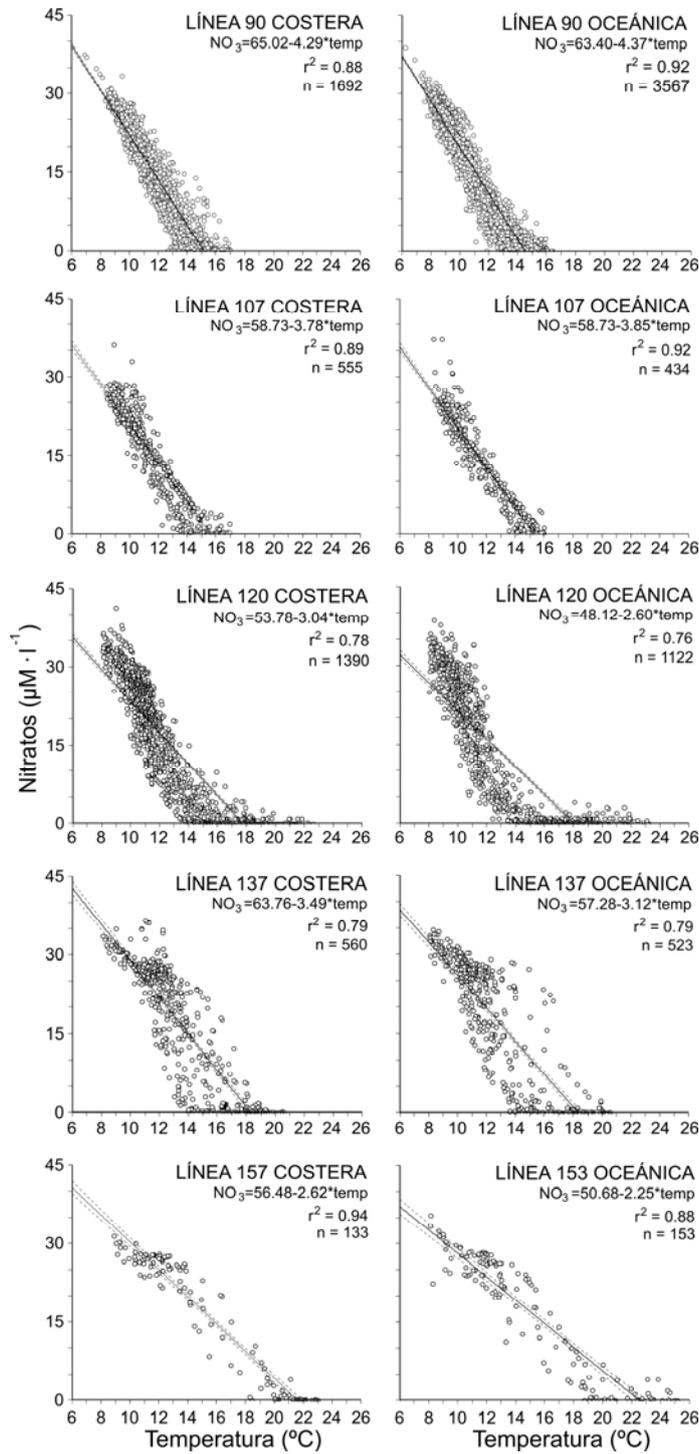


Figura I.2. Relación temperatura (°C) nitratos (NO_3 , $\mu\text{M}/\text{L}$) de todas las estaciones en la zona de estudio.

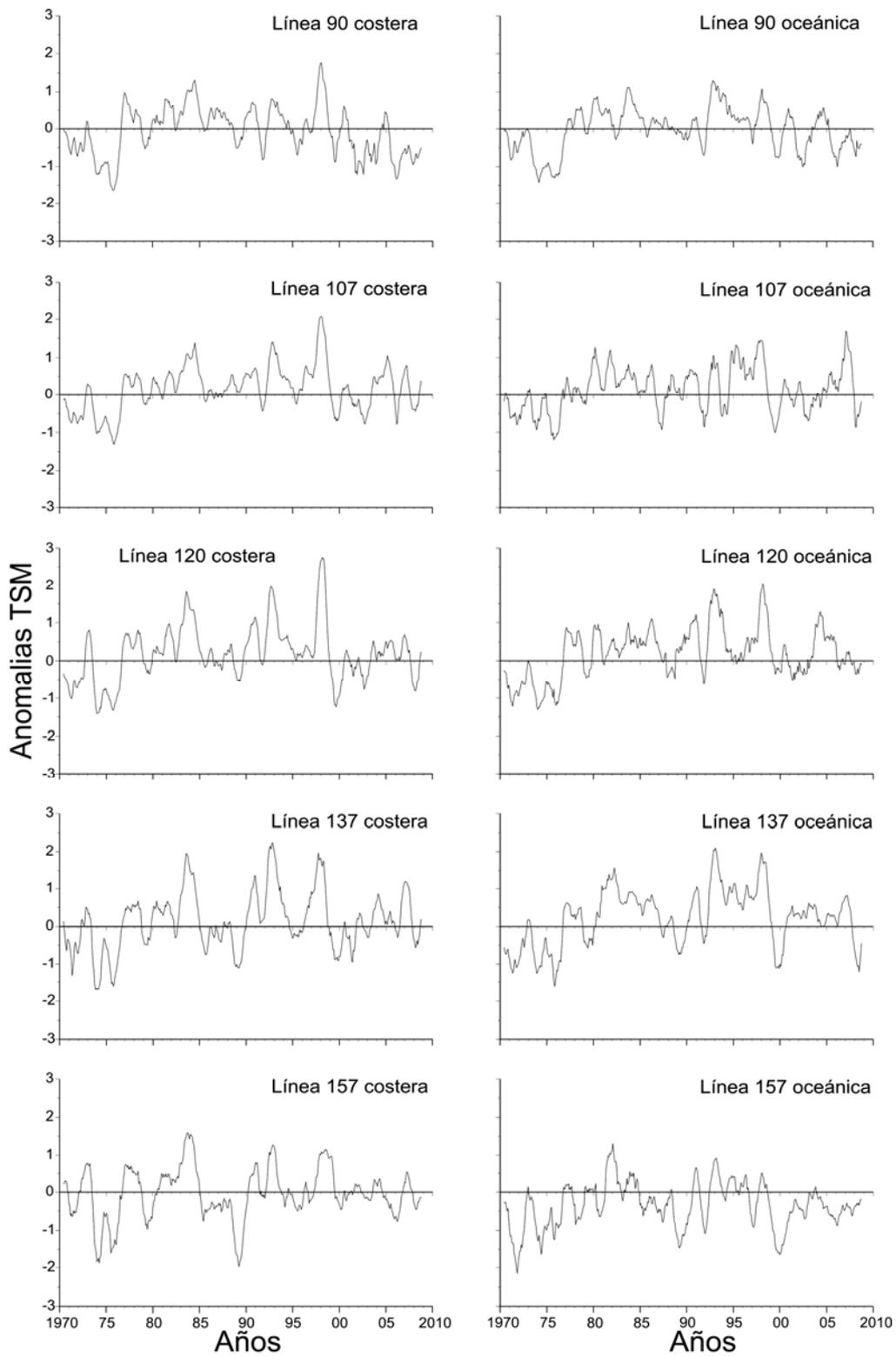


Figura I.3. Serie de tiempo (septiembre-1969 a diciembre-2008) de las anomalías de la TSM en las diez regiones de estudio.

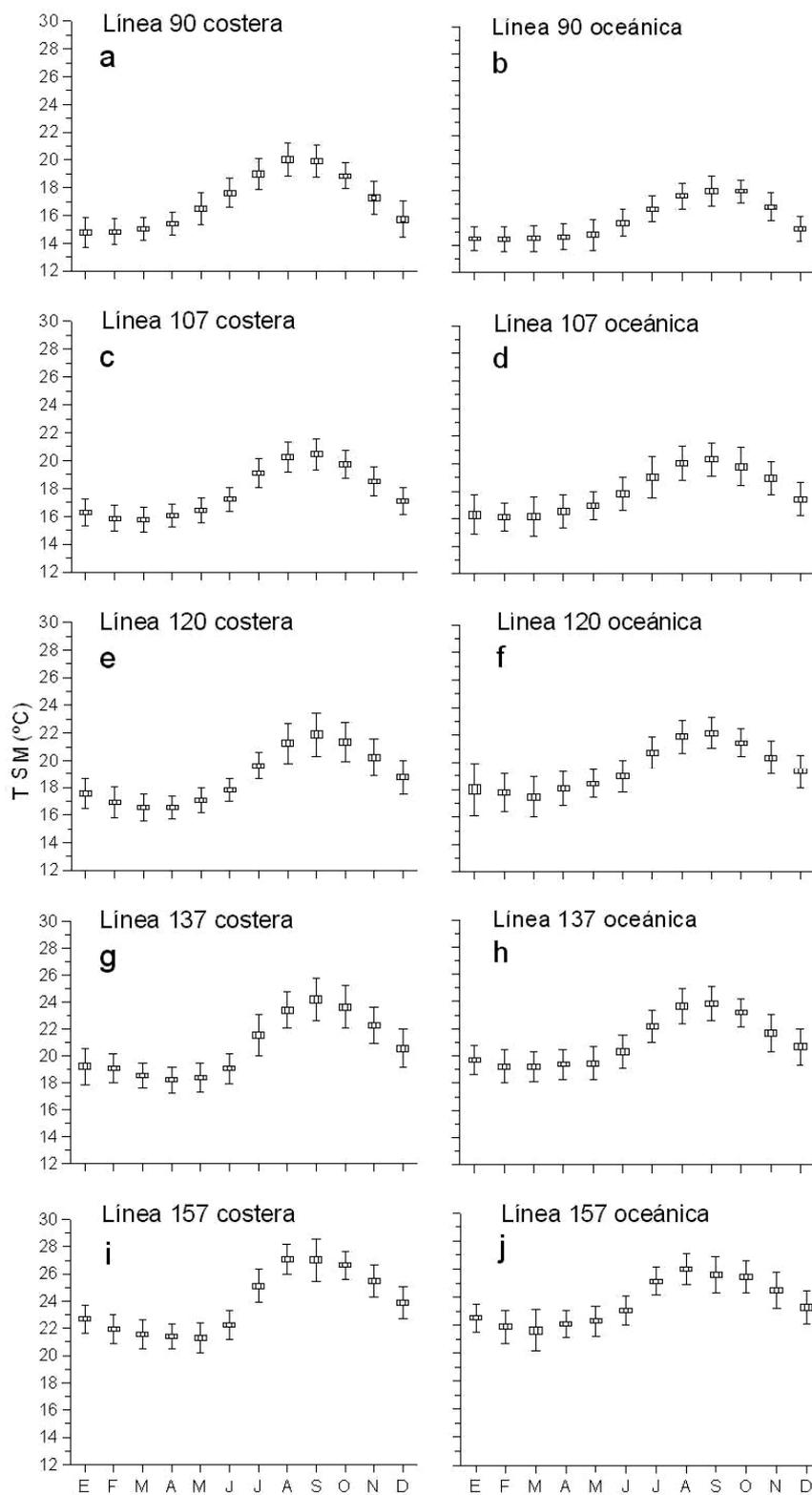


Figura I.4. Climatología (1970-2008) de la TSM (°C) en las diez regiones de estudio. El cuadro central es la media, el cuadro más grande es el error de la media y las barras es la desviación estándar.

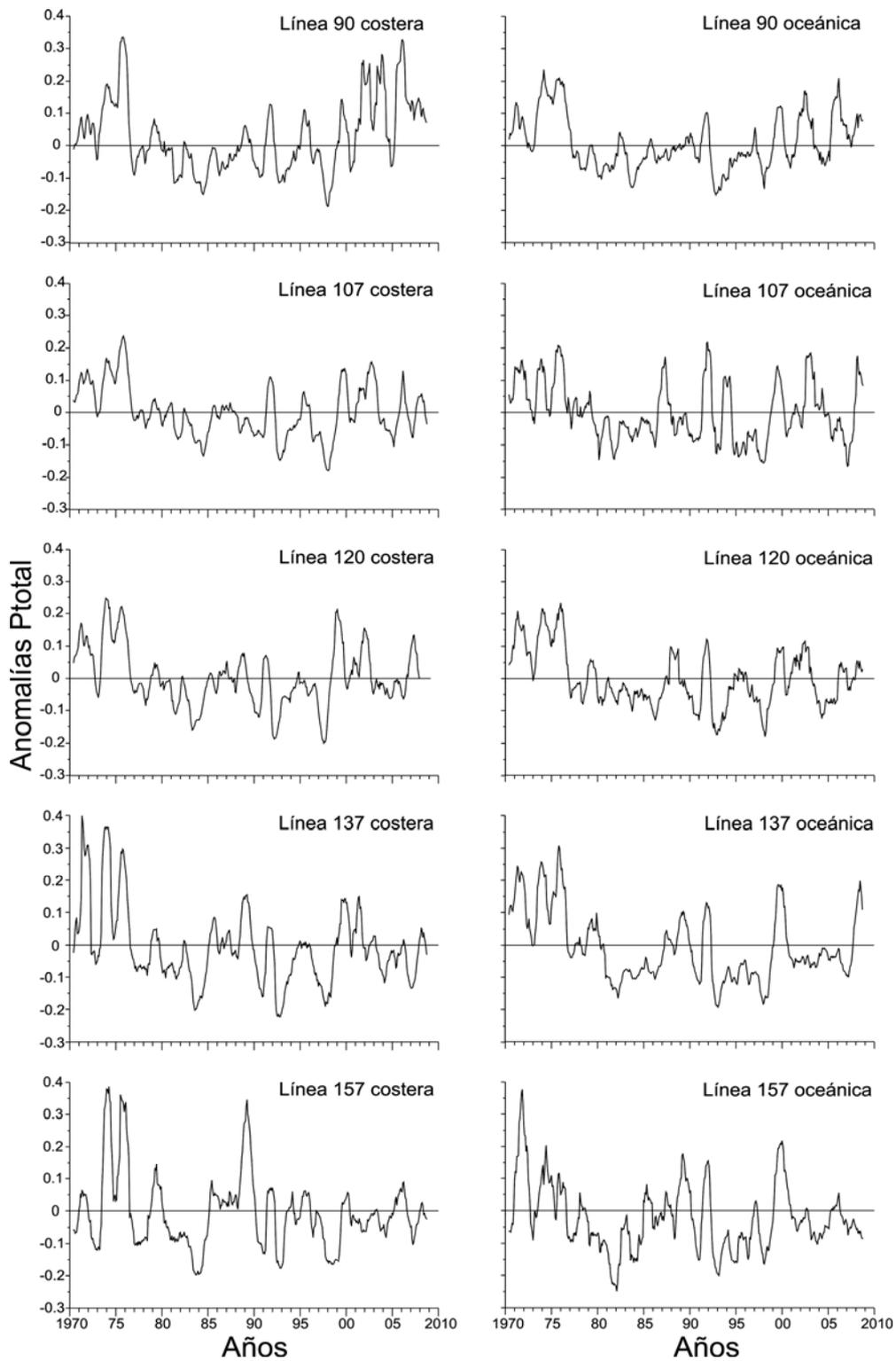


Figura I.5. Serie de tiempo (sep-1969 a dic-2008) de las anomalías de la Ptotal en las diez regiones de estudio.

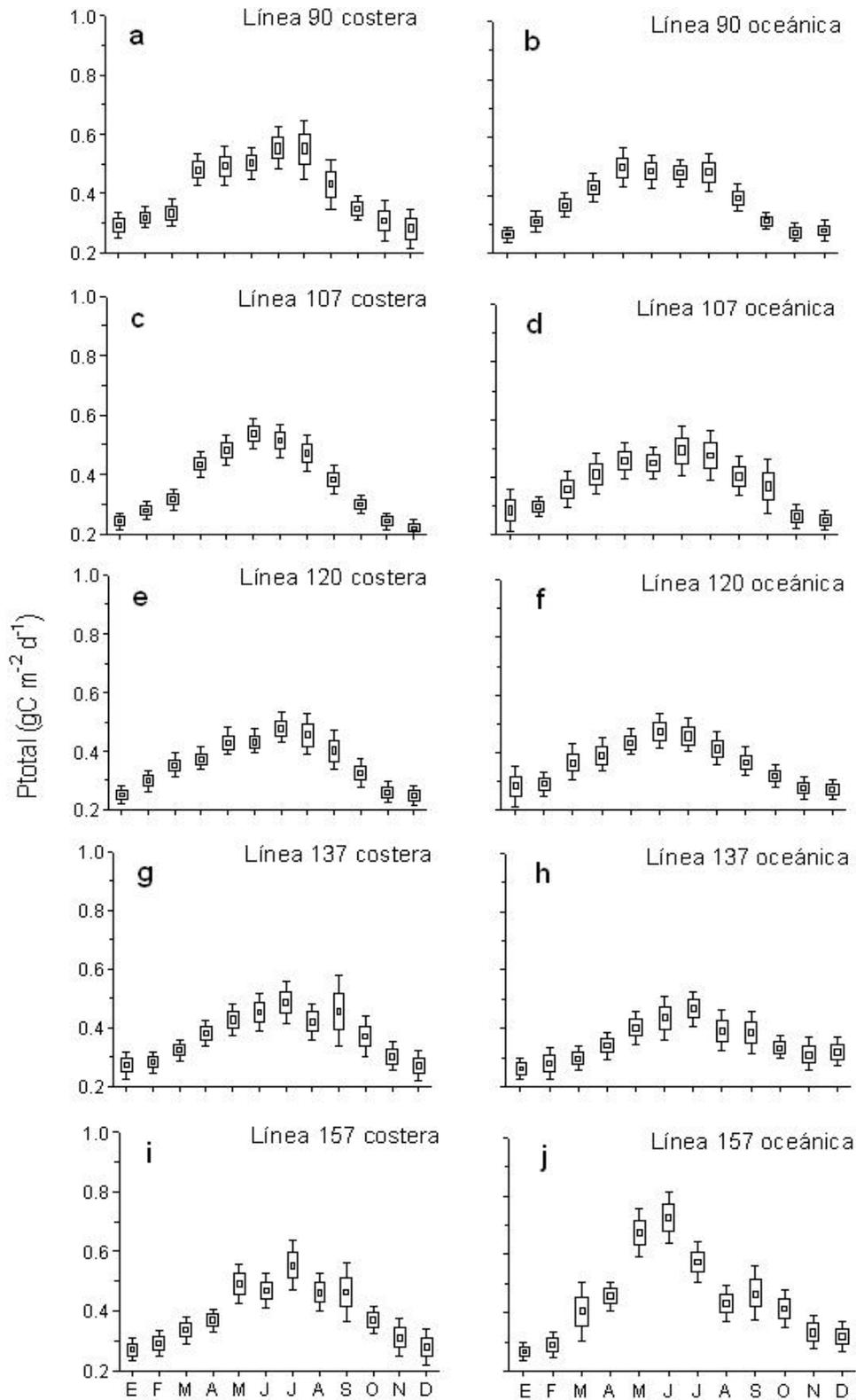


Figura I.6. Climatología (1970-2008) de la P_{total} ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en las diez regiones de estudio. El cuadro central es la media, el cuadro más grande es el error de la media y las barras es la desviación estándar.

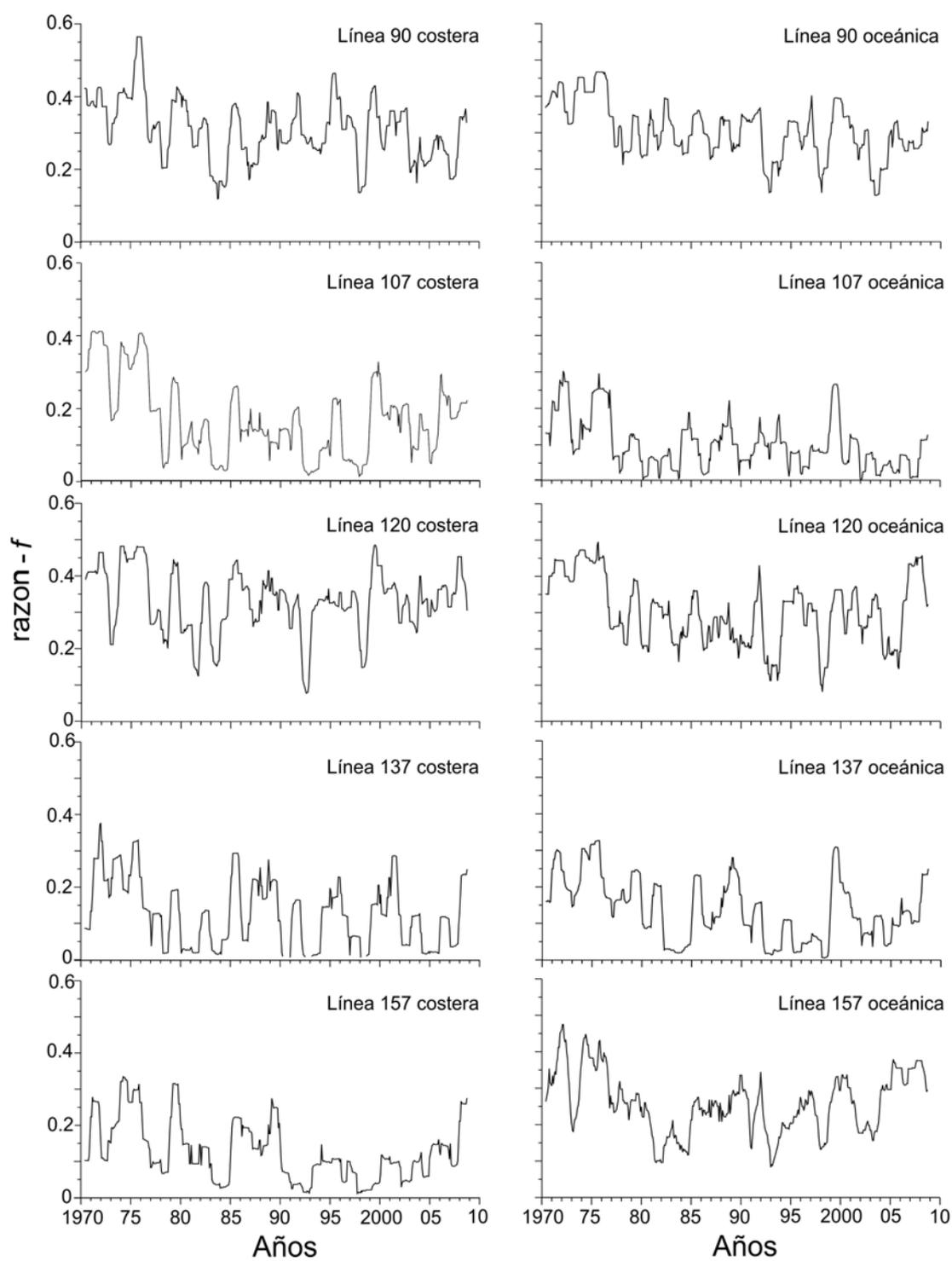


Figura I.7. Serie de tiempo (septiembre-1969 a diciembre-2008) de la razón- f en las diez regiones de estudio.

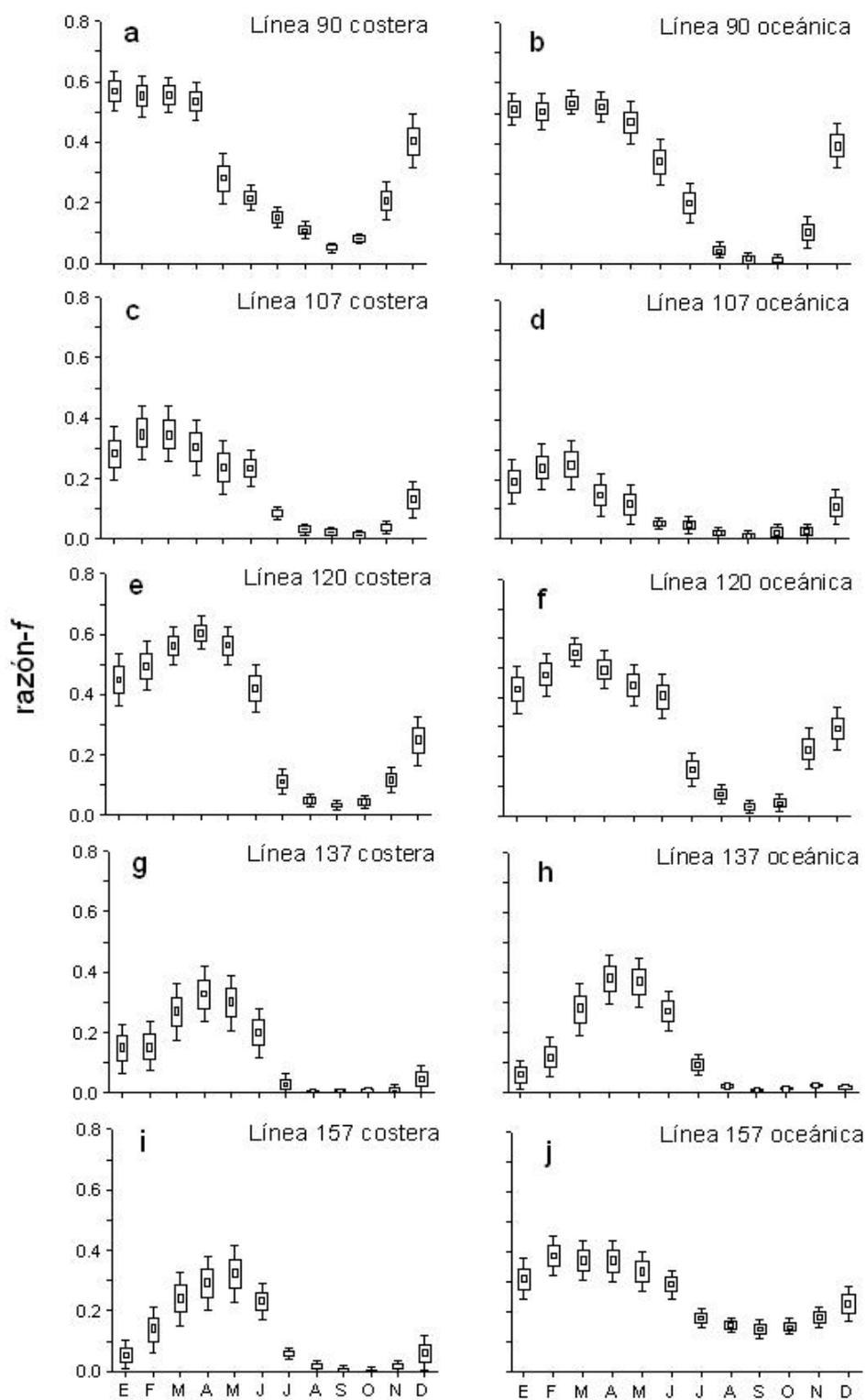


Figura I.8. Climatología (1970-2008) de la razón- f en las diez regiones de estudio. El cuadro central es la media, el cuadro más grande es el error de la media y las barras es la desviación estándar.

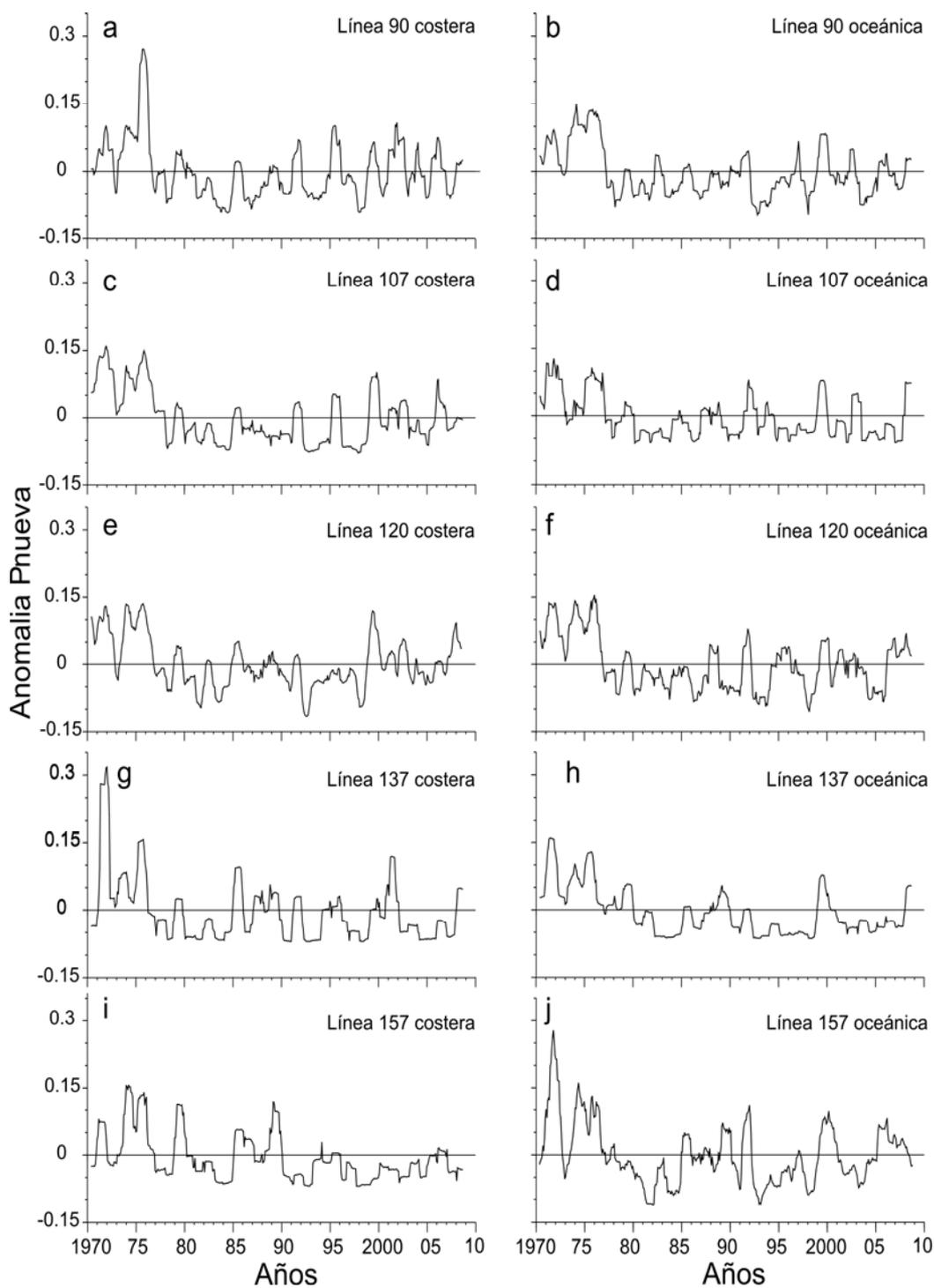


Figura I.9. Serie de tiempo (septiembre-1969 a diciembre-2008) de las anomalías de la Pnueva en las diez regiones de estudio.

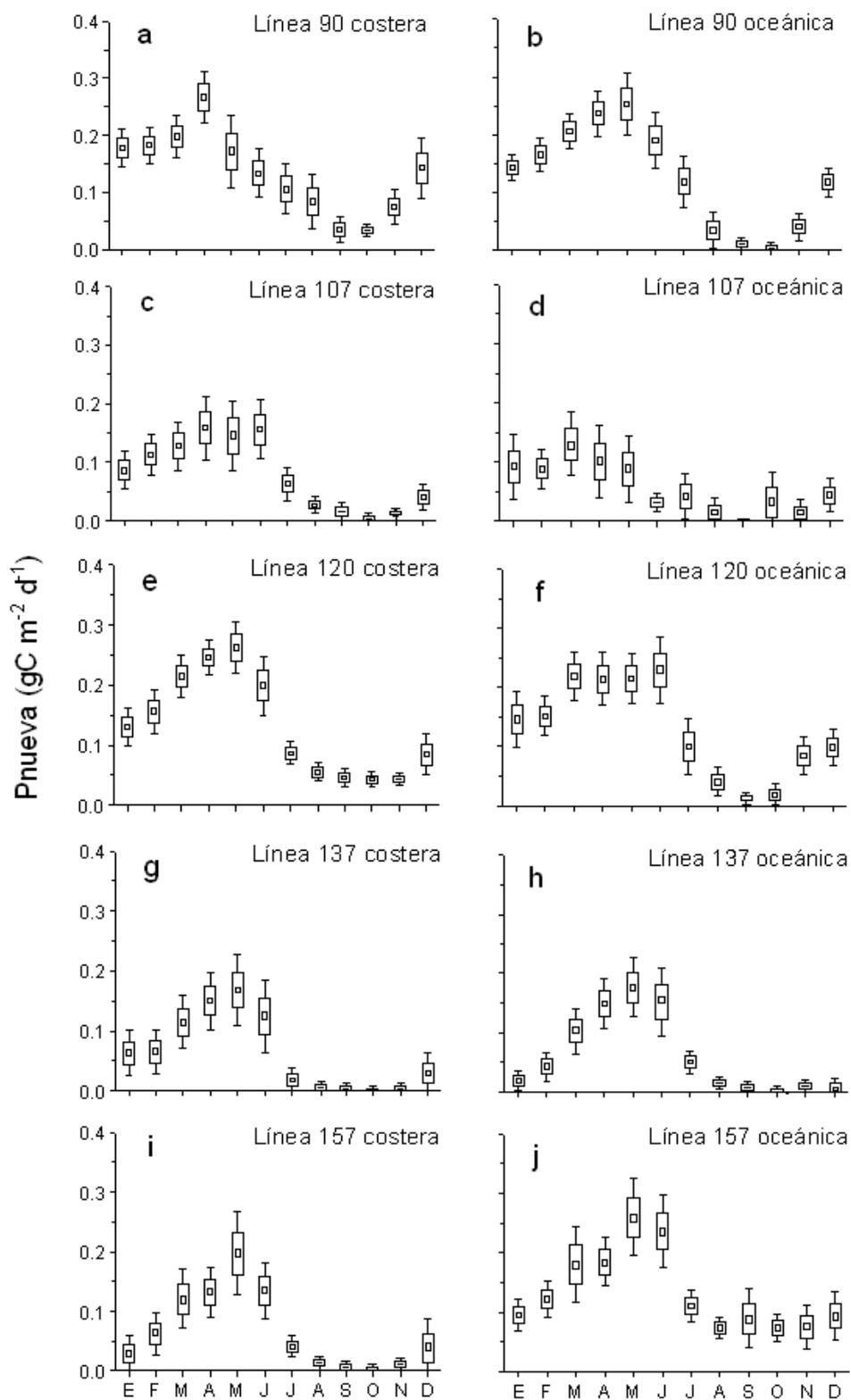


Figura I.10. Climatología (1970-2008) de la Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en las diez regiones de estudio. El cuadro central es la media, el cuadro más grande es el error de la media y las barras es la desviación estándar.

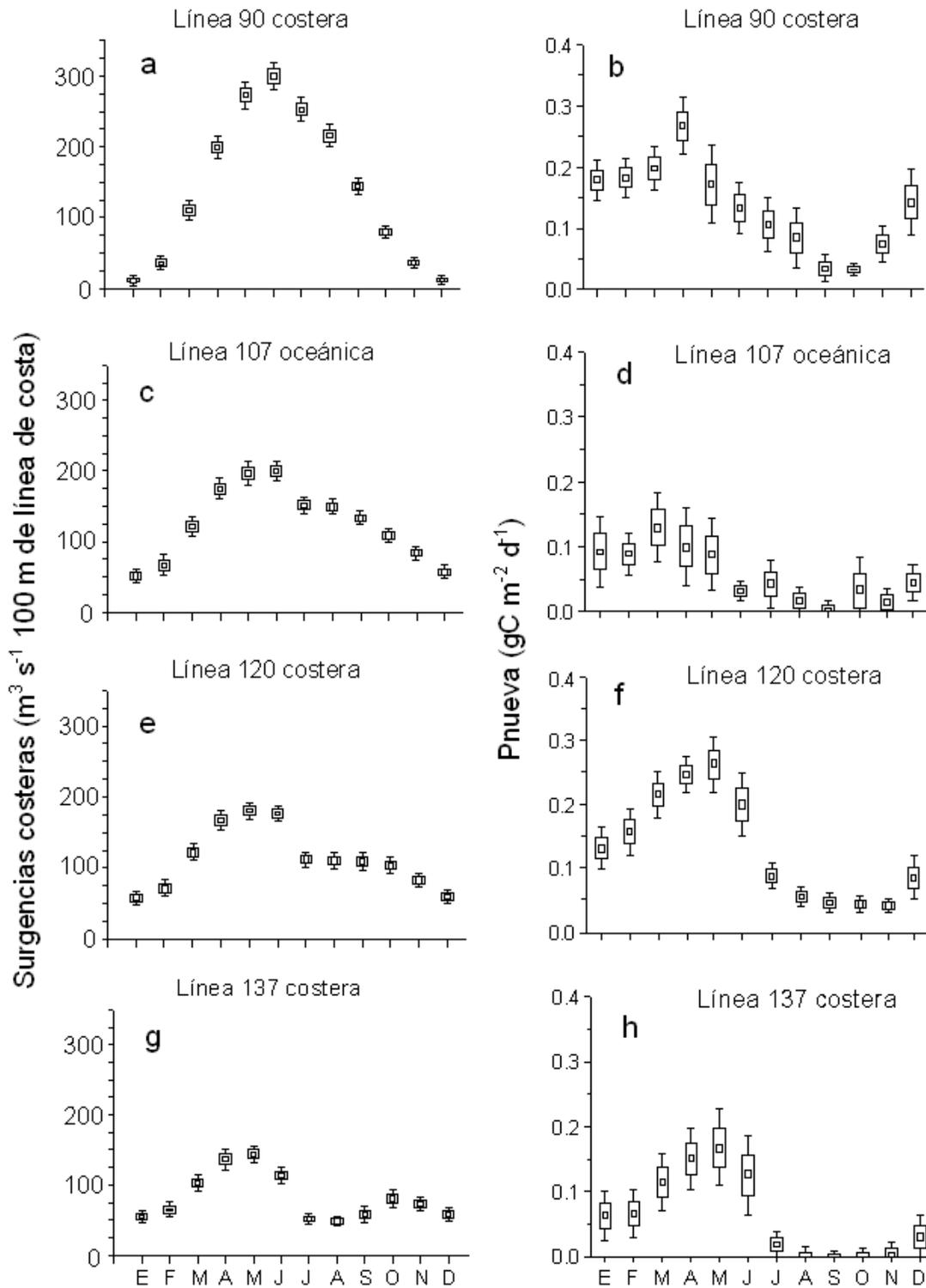


Tabla I.1 Posición geográfica de las cuadrículas de estudio (1 x 1°) con referencia a la esquina suroeste.

	Latitud N	Longitud W
Línea 90 costera	33.0	119.0
Línea 90 oceánica	32.0	121.0
Línea 107 costera	30.0	117.0
Línea 107 oceánica	29.0	119.0
Línea 120 costera	27.0	116.0
Línea 120 oceánica	26.0	118.0
Línea 137 costera	25.0	114.0
Línea 137 oceánica	24.0	116.0
Línea 157 costera	22.0	112.0
Línea 157 oceánica	21.0	114.0

Tabla I.2 Media, desviación y error de la TSM por COADS desde enero de 1960 hasta diciembre del 1990 para la obtener la climatología en cada una de las diez regiones de estudio.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
90 C	MEDIA	14.91	14.92	14.95	15.35	16.27	17.24	18.70	19.94	19.78	18.86	17.46	15.82
	DESVIACIÓN	1.07	0.94	0.81	0.82	1.14	1.05	1.13	1.17	1.13	0.93	1.18	1.30
	ERROR	0.20	0.17	0.15	0.15	0.21	0.19	0.21	0.21	0.21	0.17	0.22	0.24
90 O	MEDIA	14.58	14.51	14.46	14.66	14.68	15.51	16.49	17.66	18.01	17.97	16.84	15.49
	DESVIACIÓN	0.76	0.93	0.84	0.77	0.92	0.75	0.82	0.69	1.10	0.77	0.98	0.91
	ERROR	0.14	0.17	0.15	0.14	0.17	0.14	0.15	0.13	0.20	0.14	0.18	0.17
107 C	MEDIA	16.05	15.70	15.62	15.91	16.23	17.01	18.71	20.14	20.38	19.64	18.39	16.94
	DESVIACIÓN	0.84	0.84	0.73	0.68	0.68	0.64	0.93	0.85	1.08	0.94	0.96	0.97
	ERROR	0.15	0.15	0.13	0.12	0.12	0.12	0.17	0.16	0.20	0.17	0.18	0.18
107 O	MEDIA	16.24	16.06	15.90	16.42	16.70	17.37	18.69	19.90	20.31	19.93	18.84	17.34
	DESVIACIÓN	1.13	1.05	1.10	0.96	0.97	0.75	1.44	0.84	1.14	1.01	0.97	1.16
	ERROR	0.21	0.19	0.20	0.18	0.18	0.14	0.26	0.15	0.21	0.18	0.18	0.21
120 C	MEDIA	17.43	16.82	16.38	16.36	16.71	17.41	19.47	20.99	21.78	21.26	20.03	18.65
	DESVIACIÓN	0.97	0.92	0.85	0.75	0.73	0.74	1.00	1.12	1.40	1.10	1.25	1.13
	ERROR	0.18	0.17	0.16	0.14	0.13	0.13	0.18	0.20	0.26	0.20	0.23	0.21
120 O	MEDIA	17.76	17.52	17.24	17.84	18.10	18.68	20.40	21.46	21.99	21.44	20.42	19.47
	DESVIACIÓN	1.87	1.31	1.03	1.12	0.55	0.89	1.01	0.87	1.06	1.13	1.12	1.39
	ERROR	0.34	0.24	0.19	0.21	0.10	0.16	0.18	0.16	0.19	0.21	0.21	0.25
137 C	MEDIA	19.15	18.81	18.18	18.01	18.04	18.71	21.35	23.27	24.32	23.75	22.44	20.51
	DESVIACIÓN	1.28	0.95	1.00	0.95	0.92	1.03	1.68	1.30	1.69	1.66	1.32	1.36
	ERROR	0.23	0.17	0.18	0.17	0.17	0.19	0.31	0.24	0.31	0.30	0.24	0.25
137 O	MEDIA	19.63	18.83	18.57	18.86	18.88	19.79	21.95	23.33	23.71	23.28	21.92	21.12
	DESVIACIÓN	1.14	1.20	1.23	0.99	1.14	1.34	1.34	1.02	1.29	1.06	1.37	1.37
	ERROR	0.21	0.22	0.22	0.18	0.21	0.25	0.24	0.19	0.24	0.19	0.25	0.25
157 C	MEDIA	22.72	21.74	21.27	21.17	21.30	22.02	25.32	27.28	27.30	27.01	25.69	23.91
	DESVIACIÓN	1.33	1.11	1.17	1.02	0.98	1.40	1.27	1.15	1.77	1.09	1.30	1.62
	ERROR	0.24	0.20	0.21	0.19	0.18	0.26	0.23	0.21	0.32	0.20	0.24	0.30
157 O	MEDIA	22.53	21.61	21.54	22.41	23.16	24.02	25.32	26.01	25.95	26.08	24.91	23.71
	DESVIACIÓN	1.16	1.34	1.66	1.65	1.51	1.68	1.56	0.93	1.53	1.45	1.57	1.28
	ERROR	0.21	0.24	0.30	0.30	0.28	0.31	0.28	0.17	0.28	0.26	0.29	0.23

Tabla I.3 Variación de la temperatura por profundidad en las diez cuadrículas de estudio: P (primavera), V (verano), O (otoño), I (invierno).

	Línea 90 costera				Línea 90 oceánica			
	P	V	O	I	P	V	O	I
0-10m	0.479	1.990	0.607	0.174	0.049	0.171	0.044	0.150
10-20m	1.212	3.318	2.191	0.173	0.017	0.306	0.223	0.047
20-30m	1.341	1.772	1.824	0.517	0.209	1.069	0.748	0.092
30-50m	1.302	1.046	1.657	0.939	0.485	2.128	3.192	0.534
50-100m	1.397	1.176	1.660	2.036	2.565	2.955	3.181	2.957
100-150m	0.809	0.626	1.191	1.208	1.768	1.268	1.351	1.552
150-200m	0.694	0.895	0.992	0.795	0.930	0.688	0.781	0.781
	Línea 107 costera				Línea 107 oceánica			
	P	V	O	I	P	V	O	I
0-10m	0.041	1.251	0.357	0.062	0.022	0.168	0.080	0.049
10-20m	0.216	1.236	0.520	0.442	0.085	0.592	0.033	0.176
20-30m	0.224	1.525	2.178	0.190	0.047	0.841	0.650	0.260
30-50m	1.246	1.474	2.042	1.131	0.528	1.676	2.328	0.483
50-100m	2.261	2.101	2.655	2.348	1.800	2.991	2.197	3.074
100-150m	0.998	0.959	0.895	1.659	2.386	2.158	2.740	1.985
150-200m	0.955	0.520	0.920	0.788	1.284	0.982	1.345	1.026
	Línea 120 costera				Línea 120 oceánica			
	P	V	O	I	P	V	O	I
0-10m	0.066	0.064	0.185	0.168	0.011	0.172	0.046	0.010
10-20m	0.036	0.189	0.830	0.050	0.020	0.429	0.127	0.089
20-30m	0.316	1.765	1.155	0.136	0.092	0.962	0.159	0.034
30-50m	1.503	2.630	2.424	0.815	0.379	1.870	3.654	0.272
50-100m	2.703	3.249	4.252	3.131	3.091	3.312	3.922	3.671
100-150m	0.824	0.740	1.395	1.887	2.546	2.666	2.282	2.277
150-200m	0.428	0.507	0.750	0.849	0.983	0.973	1.174	0.829
	Línea 137 costera				Línea 137 oceánica			
	P	V	O	I	P	V	O	I
0-10m	0.049	0.098	0.071	0.084	0.256	0.649	0.029	0.076
10-20m	0.246	0.253	0.248	0.043	0.042	0.744	0.345	0.027
20-30m	0.343	0.329	0.463	0.048	0.113	1.538	0.815	0.208
30-50m	1.165	0.982	3.430	1.482	0.460	1.643	2.820	0.507
50-100m	2.525	3.126	4.418	4.258	4.138	4.167	4.317	4.830
100-150m	1.153	1.503	1.658	1.504	2.003	1.597	0.940	1.904
150-200m	0.643	0.607	0.764	0.890	0.644	0.678	0.598	0.635
	Línea 157 costera				Línea 157 oceánica			
	P	V	O	I	P	V	O	I
0-10m	0.105	0.298	0.400	0.055	0.079	0.242	0.041	0.034
10-20m	0.433	1.459	0.942	0.233	0.082	1.060	0.315	0.064
20-30m	0.433	1.534	0.725	0.246	0.092	1.091	0.315	0.064
30-50m	1.665	2.658	3.925	1.460	0.654	2.712	3.386	0.941
50-100m	3.040	3.988	5.833	4.765	4.711	4.403	6.178	5.991
100-150m	1.254	1.738	1.426	1.548	2.586	1.919	2.183	2.456
150-200m	0.763	1.021	0.819	0.900	0.783	0.671	0.759	0.984

Tabla I.4 Valores medios de K_d (m^{-1}) en época fría (DEFMAM) y caliente (JJASON) según profundidad de la zona eufótica $Z_{(1\%)}$ calculados por Millán-Núñez (1996) y datos *in-situ* de cruceros IMECOCAL.

Líneas	K_d (m^{-1}) Época Fría	K_d (m^{-1}) Época Caliente
90 costera	0.1192	0.0990
90 oceánica	0.0781	0.0734
107 costera	0.1060	0.0811
107 oceánica	0.0798	0.0637
120 costera	0.1060	0.0811
120 oceánica	0.0798	0.0637
137 costera	0.0736	0.0573
137 oceánica	0.0673	0.0599
153 costera	0.0766	0.0617
153 oceánica	0.0661	0.0576

Tabla I.5 Climatología de la TSM desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 en cada una de las diez regiones de estudio.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
90 C	MEDIA	14.80	14.83	15.04	15.43	16.51	17.63	18.97	20.04	19.91	18.85	17.28	15.72
	DESVIACIÓN	1.07	0.94	0.81	0.82	1.14	1.05	1.13	1.17	1.13	0.93	1.18	1.30
	ERROR	0.20	0.17	0.15	0.15	0.21	0.19	0.21	0.21	0.21	0.17	0.22	0.24
90 O	MEDIA	14.49	14.48	14.59	14.76	14.75	15.64	16.69	17.76	18.09	18.13	16.81	15.25
	DESVIACIÓN	0.86	0.97	1.01	0.90	1.23	0.94	1.02	0.72	1.16	0.80	0.97	0.82
	ERROR	0.16	0.18	0.19	0.16	0.22	0.17	0.19	0.13	0.21	0.15	0.18	0.15
107 C	MEDIA	16.30	15.87	15.87	16.03	16.45	17.22	19.03	20.30	20.51	19.77	18.53	17.13
	DESVIACIÓN	0.98	0.95	0.85	0.80	0.89	0.84	0.96	0.98	1.10	1.02	1.12	1.04
	ERROR	0.18	0.17	0.16	0.15	0.16	0.15	0.18	0.18	0.20	0.19	0.20	0.19
107 O	MEDIA	16.24	16.02	16.06	16.54	16.88	17.82	18.97	19.94	20.41	20.06	18.96	17.39
	DESVIACIÓN	1.36	1.08	1.35	0.96	1.14	1.17	1.58	1.31	1.26	1.20	1.25	1.29
	ERROR	0.25	0.20	0.25	0.17	0.21	0.21	0.29	0.24	0.23	0.22	0.23	0.24
120 C	MEDIA	17.53	17.05	16.68	16.59	17.04	17.78	19.74	21.30	21.85	21.41	20.16	18.76
	DESVIACIÓN	1.17	1.11	0.98	0.87	0.90	0.76	1.01	1.57	1.73	1.44	1.46	1.32
	ERROR	0.21	0.20	0.18	0.16	0.16	0.14	0.19	0.29	0.32	0.26	0.27	0.24
120 O	MEDIA	17.96	17.85	17.65	18.09	18.46	18.92	20.68	21.82	22.13	21.48	20.30	19.51
	DESVIACIÓN	2.03	1.50	1.49	1.11	0.95	1.23	1.26	1.34	1.21	1.02	1.13	1.28
	ERROR	0.37	0.27	0.27	0.20	0.17	0.22	0.23	0.24	0.22	0.19	0.21	0.23
137 C	MEDIA	19.19	19.11	18.54	18.12	18.37	18.97	21.53	23.40	24.14	23.59	22.39	20.65
	DESVIACIÓN	1.36	1.10	0.96	1.07	1.05	1.12	1.67	1.46	1.67	1.67	1.26	1.45
	ERROR	0.25	0.20	0.18	0.20	0.19	0.20	0.31	0.27	0.30	0.31	0.23	0.26
137 O	MEDIA	19.82	19.34	19.24	19.45	19.46	20.26	22.14	23.59	23.72	23.20	21.72	20.79
	DESVIACIÓN	1.03	1.37	1.18	1.17	1.36	1.35	1.24	1.40	1.29	1.08	1.41	1.43
	ERROR	0.19	0.25	0.22	0.21	0.25	0.25	0.23	0.26	0.24	0.20	0.26	0.26
157 C	MEDIA	22.68	21.87	21.54	21.36	21.37	22.32	25.15	27.09	27.02	26.84	25.44	23.88
	DESVIACIÓN	1.12	1.15	1.15	0.98	1.19	1.20	1.36	1.20	1.74	1.03	1.24	1.30
	ERROR	0.20	0.21	0.21	0.18	0.22	0.22	0.25	0.22	0.32	0.19	0.23	0.24
157 O	MEDIA	22.62	21.95	21.62	22.05	22.39	23.06	25.01	25.89	25.44	25.53	24.54	23.33
	DESVIACIÓN	1.02	1.24	1.65	1.51	1.15	1.17	1.57	1.20	1.41	1.25	1.41	1.34
	ERROR	0.19	0.23	0.30	0.28	0.21	0.21	0.29	0.22	0.26	0.23	0.26	0.25

Tabla I.6 Climatología de la Producción primaria total (Ptotal) desde septiembre de 1960 hasta diciembre del 1990 en cada una de las diez regiones de estudio.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
90 C	MEDIA	0.28	0.31	0.32	0.44	0.49	0.52	0.55	0.49	0.38	0.31	0.28	0.26
	DESVIACIÓN	0.11	0.11	0.10	0.14	0.20	0.18	0.23	0.26	0.15	0.10	0.11	0.12
	ERROR	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02
90 O	MEDIA	0.26	0.31	0.36	0.39	0.50	0.49	0.47	0.44	0.38	0.29	0.27	0.27
	DESVIACIÓN	0.08	0.12	0.14	0.13	0.24	0.15	0.15	0.12	0.15	0.09	0.10	0.08
	ERROR	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01
107 C	MEDIA	0.24	0.28	0.30	0.44	0.48	0.54	0.52	0.46	0.38	0.29	0.24	0.22
	DESVIACIÓN	0.09	0.10	0.10	0.14	0.15	0.16	0.18	0.17	0.14	0.09	0.09	0.08
	ERROR	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
107 O	MEDIA	0.28	0.31	0.37	0.40	0.48	0.44	0.50	0.49	0.39	0.32	0.26	0.26
	DESVIACIÓN	0.21	0.11	0.20	0.16	0.22	0.16	0.29	0.30	0.22	0.18	0.14	0.12
	ERROR	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02
120 C	MEDIA	0.25	0.28	0.33	0.37	0.43	0.44	0.46	0.45	0.42	0.32	0.27	0.25
	DESVIACIÓN	0.10	0.11	0.12	0.12	0.14	0.12	0.17	0.23	0.23	0.16	0.12	0.12
	ERROR	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02
120 O	MEDIA	0.29	0.29	0.34	0.38	0.43	0.49	0.47	0.43	0.38	0.31	0.28	0.26
	DESVIACIÓN	0.24	0.15	0.17	0.17	0.13	0.22	0.21	0.19	0.17	0.12	0.12	0.11
	ERROR	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
137 C	MEDIA	0.28	0.28	0.32	0.40	0.43	0.47	0.55	0.43	0.48	0.38	0.29	0.26
	DESVIACIÓN	0.15	0.11	0.12	0.15	0.16	0.22	0.58	0.21	0.43	0.24	0.14	0.13
	ERROR	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.11	0.04	0.08	0.04	0.03	0.02
137 O	MEDIA	0.25	0.28	0.30	0.34	0.41	0.45	0.48	0.41	0.41	0.33	0.31	0.31
	DESVIACIÓN	0.09	0.19	0.14	0.16	0.20	0.26	0.21	0.25	0.25	0.13	0.20	0.16
	ERROR	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.02	0.04	0.03
157 C	MEDIA	0.28	0.30	0.35	0.38	0.49	0.46	0.56	0.47	0.52	0.35	0.32	0.28
	DESVIACIÓN	0.14	0.15	0.16	0.13	0.23	0.21	0.30	0.22	0.51	0.15	0.22	0.22
	ERROR	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.05	0.04	0.09	0.03	0.04	0.04
157 O	MEDIA	0.26	0.29	0.42	0.56	0.66	0.74	0.67	0.45	0.50	0.41	0.34	0.32
	DESVIACIÓN	0.10	0.15	0.36	0.70	0.28	0.32	0.82	0.21	0.32	0.22	0.21	0.18
	ERROR	0.02	0.03	0.07	0.13	0.05	0.06	0.15	0.04	0.06	0.04	0.04	0.03

Tabla I.7 Climatología de la razón-*f* desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 en cada una de las diez regiones de estudio.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
90 C	MEDIA	0.57	0.56	0.59	0.54	0.30	0.24	0.16	0.11	0.04	0.07	0.22	0.42
	DESVIACIÓN	0.20	0.22	0.14	0.19	0.27	0.14	0.11	0.10	0.03	0.03	0.21	0.28
	ERROR	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.04	0.05
90 O	MEDIA	0.54	0.51	0.53	0.50	0.49	0.41	0.20	0.03	0.02	0.02	0.12	0.44
	DESVIACIÓN	0.11	0.19	0.12	0.17	0.20	0.22	0.22	0.03	0.03	0.02	0.19	0.23
	ERROR	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.03	0.04
107 C	MEDIA	0.28	0.33	0.32	0.31	0.28	0.23	0.08	0.03	0.01	0.02	0.05	0.15
	DESVIACIÓN	0.28	0.29	0.28	0.30	0.30	0.18	0.07	0.03	0.01	0.02	0.04	0.21
	ERROR	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04
107 O	MEDIA	0.22	0.29	0.28	0.16	0.15	0.05	0.05	0.02	0.00	0.01	0.03	0.12
	DESVIACIÓN	0.24	0.25	0.26	0.23	0.23	0.05	0.11	0.05	0.01	0.02	0.09	0.21
	ERROR	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04
120 C	MEDIA	0.45	0.43	0.56	0.63	0.55	0.42	0.16	0.10	0.09	0.11	0.14	0.26
	DESVIACIÓN	0.29	0.30	0.23	0.13	0.23	0.25	0.08	0.05	0.06	0.07	0.08	0.26
	ERROR	0.05	0.05	0.04	0.02	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
120 O	MEDIA	0.47	0.46	0.54	0.50	0.46	0.43	0.16	0.06	0.01	0.03	0.22	0.28
	DESVIACIÓN	0.23	0.25	0.18	0.19	0.21	0.23	0.20	0.11	0.01	0.09	0.24	0.23
	ERROR	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.00	0.02	0.04	0.04
137 C	MEDIA	0.14	0.15	0.29	0.33	0.34	0.20	0.03	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04
	DESVIACIÓN	0.25	0.26	0.30	0.29	0.29	0.26	0.12	0.01	0.02	0.02	0.01	0.12
	ERROR	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
137 O	MEDIA	0.07	0.12	0.27	0.39	0.39	0.30	0.08	0.03	0.01	0.01	0.03	0.02
	DESVIACIÓN	0.18	0.22	0.28	0.26	0.26	0.22	0.07	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04
	ERROR	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
157 C	MEDIA	0.07	0.17	0.27	0.32	0.31	0.22	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02	0.08
	DESVIACIÓN	0.17	0.26	0.29	0.30	0.30	0.20	0.04	0.01	0.02	0.01	0.02	0.20
	ERROR	0.03	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
157 O	MEDIA	0.32	0.36	0.35	0.33	0.31	0.29	0.18	0.15	0.15	0.15	0.19	0.25
	DESVIACIÓN	0.22	0.22	0.21	0.22	0.20	0.15	0.11	0.06	0.11	0.08	0.12	0.21
	ERROR	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.04

Tabla I.8 Climatología de la Pnueva ($\text{gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 en cada una de las diez regiones de estudio.

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
90 C	MEDIA	0.17	0.18	0.20	0.25	0.19	0.15	0.11	0.07	0.02	0.03	0.08	0.14
	DESVIACIÓN	0.09	0.09	0.08	0.13	0.21	0.14	0.15	0.16	0.03	0.02	0.10	0.11
	ERROR	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.00	0.02	0.02
90 O	MEDIA	0.15	0.16	0.20	0.21	0.27	0.23	0.12	0.02	0.01	0.01	0.05	0.13
	DESVIACIÓN	0.06	0.09	0.10	0.11	0.18	0.15	0.15	0.02	0.02	0.01	0.08	0.08
	ERROR	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
107 C	MEDIA	0.09	0.11	0.11	0.16	0.17	0.16	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.05
	DESVIACIÓN	0.11	0.11	0.12	0.17	0.19	0.16	0.10	0.05	0.02	0.01	0.02	0.08
	ERROR	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
107 O	MEDIA	0.10	0.11	0.14	0.10	0.11	0.03	0.05	0.02	0.00	0.01	0.02	0.05
	DESVIACIÓN	0.16	0.11	0.17	0.16	0.20	0.04	0.14	0.08	0.01	0.02	0.08	0.10
	ERROR	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
120 C	MEDIA	0.14	0.14	0.20	0.24	0.26	0.21	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.09
	DESVIACIÓN	0.10	0.12	0.11	0.10	0.14	0.16	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.12
	ERROR	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
120 O	MEDIA	0.17	0.15	0.20	0.21	0.22	0.25	0.11	0.04	0.01	0.02	0.09	0.09
	DESVIACIÓN	0.16	0.11	0.11	0.13	0.13	0.18	0.17	0.09	0.01	0.06	0.11	0.10
	ERROR	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02
137 C	MEDIA	0.06	0.06	0.12	0.16	0.18	0.13	0.09	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
	DESVIACIÓN	0.11	0.12	0.14	0.16	0.17	0.21	0.41	0.00	0.01	0.01	0.01	0.07
	ERROR	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
137 O	MEDIA	0.02	0.04	0.10	0.15	0.19	0.17	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
	DESVIACIÓN	0.06	0.08	0.13	0.14	0.16	0.20	0.07	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02
	ERROR	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
157 C	MEDIA	0.04	0.07	0.13	0.14	0.20	0.13	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
	DESVIACIÓN	0.11	0.12	0.17	0.14	0.23	0.17	0.06	0.01	0.03	0.01	0.02	0.17
	ERROR	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03
157 O	MEDIA	0.10	0.12	0.19	0.23	0.24	0.25	0.19	0.08	0.10	0.07	0.08	0.11
	DESVIACIÓN	0.09	0.11	0.23	0.45	0.21	0.21	0.48	0.06	0.18	0.08	0.13	0.14
	ERROR	0.02	0.02	0.04	0.08	0.04	0.04	0.09	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03

Tabla 1.9.- Resultados del Análisis de Varianza que se aplicó a las pendientes de los modelos de relación entre la temperatura y los nitratos en las 10 estaciones estudiadas en la región CalCOFI-IMECOCAL.

<u>Fuente de variabilidad</u>	<u>Suma de Cuadrados</u>	<u>g/l</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>F Calculada</u>
ENTRE	-4.58	4	-1.15	0.082
DENTRO	-111.86	8	-13.98	
Suma Total	-116.44	12		

$F_{\text{calculada}} = 0.085$ F_{tabla} (para $P_{0.95}$) con 4 y 8 g/l = 3.84

Tabla.- I.10 Correlación cruzada entre Pnueva (Líneas costeras) y el índice de surgencias (Lat. N y Long. W) en cuatro áreas frente a la península de Baja California desde enero 1970 hasta diciembre 2008: Línea 90 (33°N-119°W); Línea 107 (30°N-119°W); Línea 120 (27°N-116°W); Línea 137 (24°N-113°W); (± 0.04 = error estándar).

	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4
Línea 90	0.06 (± 0.04)	0.25 (± 0.04)	0.38 (± 0.04)	0.42 (± 0.04)
Línea 107	0.04 (± 0.04)	0.15 (± 0.04)	0.21 (± 0.04)	0.23 (± 0.04)
Línea 120	0.49 (± 0.04)	0.47 (± 0.04)	0.43 (± 0.04)	0.30 (± 0.04)
Línea 137	0.33 (± 0.04)	0.25 (± 0.04)	0.09 (± 0.04)	-0.03 (± 0.04)

Tabla I.11.- Media, error de la media y desviación estándar, máximo y mínimo de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) desde enero de 1960 hasta diciembre del 1990 en cada una de las diez regiones de estudio. -0.64 representa la media de todos los datos desde enero de 1960 hasta diciembre de 1975, mientras que 0.56 representa la media de todos los datos desde enero de 1976 hasta diciembre de 1990.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL	
1960	0.30	0.52	-0.21	0.09	0.91	0.64	-0.27	-0.38	-0.94	0.09	-0.23	0.17	0.06	
1961	1.18	0.43	0.09	0.34	-0.06	-0.61	-1.22	-1.13	-2.01	-2.28	-1.85	-2.69	-0.82	
1962	-1.29	-1.15	-1.42	-0.80	-1.22	-1.62	-1.46	-0.48	-1.58	-1.55	-0.37	-0.96	-1.16	
1963	-0.33	-0.16	-0.54	-0.41	-0.65	-0.88	-1.00	-1.03	0.45	-0.52	-2.08	-1.08	-0.69	
1964	0.01	-0.21	-0.87	-1.03	-1.91	-0.32	-0.51	-1.03	-0.68	-0.37	-0.80	-1.52	-0.77	
1965	-1.24	-1.16	0.04	0.62	-0.66	-0.80	-0.47	0.20	0.59	-0.36	-0.59	0.06	-0.31	
1966	-0.82	-0.03	-1.29	0.06	-0.53	0.16	0.26	-0.35	-0.33	-1.17	-1.15	-0.32	-0.46	
1967	-0.20	-0.18	-1.20	-0.89	-1.24	-1.16	-0.89	-1.24	-0.72	-0.64	-0.05	-0.40	-0.73	
1968	-0.95	-0.40	-0.31	-1.03	-0.53	-0.35	0.53	0.19	0.06	-0.34	-0.44	-1.27	-0.40	
1969	-1.26	-0.95	-0.50	-0.44	-0.20	0.89	0.10	-0.81	-0.66	1.12	0.15	1.38	-0.10	
1970	0.61	0.43	1.33	0.43	-0.49	0.06	-0.68	-1.63	-1.67	-1.39	-0.80	-0.97	-0.40	
1971	-1.90	-1.74	-1.68	-1.59	-1.55	-1.55	-2.20	-0.15	0.21	-0.22	-1.25	-1.87	-1.29	
1972	-1.99	-1.83	-2.09	-1.65	-1.57	-1.87	-0.83	0.25	0.17	0.11	0.57	-0.33	-0.92	
1973	-0.46	-0.61	-0.50	-0.69	-0.76	-0.97	-0.57	-1.14	-0.51	-0.87	-1.81	-0.76	-0.80	
1974	-1.22	-1.65	-0.90	-0.52	-0.28	-0.31	-0.08	0.27	0.44	-0.10	0.43	-0.12	-0.34	
1975	-0.84	-0.71	-0.51	-1.30	-1.02	-1.16	-0.40	-1.07	-1.23	-1.29	-2.08	-1.61	-1.10	-0.64
1976	-1.14	-1.85	-0.96	-0.89	-0.68	-0.67	0.61	1.28	0.82	1.11	1.25	1.22	0.01	
1977	1.65	1.11	0.72	0.30	0.31	0.42	0.19	0.64	-0.55	-0.61	-0.72	-0.69	0.23	
1978	0.34	1.45	1.34	1.29	0.90	0.15	-1.24	-0.56	-0.44	0.10	-0.07	-0.43	0.24	
1979	-0.58	-1.33	0.30	0.89	1.09	0.17	0.84	0.52	1.00	1.06	0.48	-0.42	0.34	
1980	-0.11	1.32	1.09	1.49	1.20	-0.22	0.23	0.51	0.10	1.35	0.37	-0.10	0.60	
1981	0.59	1.46	0.99	1.45	1.75	1.69	0.84	0.18	0.42	0.18	0.80	0.67	0.92	
1982	0.34	0.20	0.19	-0.19	-0.58	-0.78	0.58	0.39	0.84	0.37	-0.25	0.26	0.11	
1983	0.56	1.14	2.11	1.87	1.80	2.36	3.51	1.85	0.91	0.96	1.02	1.69	1.65	
1984	1.50	1.21	1.77	1.52	1.30	0.18	-0.18	-0.03	0.67	0.58	0.71	0.82	0.84	
1985	1.27	0.94	0.57	0.19	0.00	0.18	1.07	0.81	0.44	0.29	-0.75	0.38	0.45	
1986	1.12	1.61	2.18	1.55	1.16	0.89	1.38	0.22	0.22	1.00	1.77	1.77	1.24	
1987	1.88	1.75	2.10	2.16	1.85	0.73	2.01	2.83	2.44	1.36	1.47	1.27	1.82	
1988	0.93	1.24	1.42	0.94	1.20	0.74	0.64	0.19	-0.37	-0.10	-0.02	-0.43	0.53	
1989	-0.95	-1.02	-0.83	-0.32	0.47	0.36	0.83	0.09	0.05	-0.12	-0.50	-0.21	0.18	
1990	-0.30	-0.65	-0.62	0.27	0.44	0.44	0.27	0.11	0.38	-0.69	-1.69	-2.23	-0.36	0.56
MEDIA	-0.11	-0.03	0.06	0.12	0.01	-0.10	0.06	-0.02	-0.05	-0.09	-0.27	-0.28		
DESVESTP	1.04	1.12	1.17	1.04	1.06	0.94	1.09	0.93	0.90	0.90	1.02	1.10		
ERROR	0.19	0.20	0.21	0.19	0.19	0.17	0.20	0.17	0.16	0.16	0.18	0.20		
MAX	1.88	1.75	2.18	2.16	1.85	2.36	3.51	2.83	2.44	1.36	1.77	1.77		
MIN	-1.99	-1.85	-2.09	-1.65	-1.91	-1.87	-2.20	-1.63	-2.01	-2.28	-2.08	-2.69		

CAPÍTULO II

RELACIÓN DE LA Pnueva CON FENÓMENOS HIDROCLIMATOLÓGICOS (1970-2008) FRENTE A LA PENÍNSULA DE BAJA CALIFORNIA

CONTENIDO

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	73
RESUMEN.....	75
INTRODUCCIÓN.....	76
MATERIALES Y MÉTODOS	78
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	80
CONCLUSIONES.....	86
LITERATURA CITADA.....	88
TABLAS Y FIGURAS.....	92

ARTÍCULOS ANEXOS

Hernández-de la Torre, B. y G. Gaxiola-Castro. S. Álvarez-Borrego, R. Aguirre-Gómez. 2007. Variabilidad interanual de la producción nueva (1970–2005) frente a Baja California en relación a la Oscilación Decadal del Pacífico. En (Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro, Eds.). Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México. ISBN 978-968-817-855-3, 319-334 pp.

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla II.1. Resultado del Análisis de Épocas Superpuestas aplicado a la media otoño-invierno de la Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en la región CalCOFI-IMECOCAL, basado en cinco eventos “La Niña”: 1973-1974; 1975-1976; 1988-1989; 1999-2000; 2007-2008.

Figura II.1. Centros de presiones atmosféricas dominantes en el Océano Pacífico: centros de alta presión (AP) del Pacífico N y S y los centros de baja presión (BP) de las Aleutianas y de Indonesia. Tomado y adaptado de Tomczak y Godfrey, 1994.

Figura II.2. Campo de presiones atmosféricas (mb) a nivel del mar de septiembre 2002 a febrero del 2003 en la cuenca del Pacífico nororiental durante el evento “El Niño” según el sitio Web: <http://www.cdc.noaa.gov>

Figura II.3. Surgencias ($\text{m}^{-3} \text{s}^{-1}$ 100 m de costa) de septiembre a febrero en años “El Niño” 2002-2003 y “La Niña” 2007-2008 (a, c) obtenido de (<http://www.pfeg.noaa.gov>) y Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) para los mismos eventos (b, d) de cuatro estaciones cercanas a los puntos de surgencias en la zona de estudio.

Figura II.4. Campo de TSM y dirección y velocidad del viento desde septiembre 2002 a febrero del 2003 durante el evento “El Niño” 2002-2003” obtenido de (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/coastwatch/CWBrowser.jsp>). Los círculos representan los lugares donde miden surgencias (<http://www.pfeg.noaa.gov>) que corresponden de N a S a las Líneas 90, 107, 120 y 137.

Figura II.5. Comportamiento de las anomalías de la TSM de septiembre a febrero en a) “El Niño” 2002-2003 y b) “La Niña” 2007-2008 en las cuatro estaciones concordantes con los puntos de surgencias ofrecidos por <http://www.pfeg.noaa.gov>.

Figura II.6. Comportamiento por meses de la Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en siete eventos “El Niño” (1972, 1977, 1983, 1987, 1992, 1997 y 2003) (a) y cinco eventos “La Niña” (1973, 1975, 1989, 1999 y 2008) (b) según el Índice Multivariado del ENSO (MEI), que han afectado la región desde 1970 al 2008.

Figura II.7. Conformación del análisis de épocas superpuestas para los valores medios (septiembre-febrero) de la Pnueva un año antes (-1), durante (0), y un año después (+1) del evento “El Niño” 2002-2003.

Figura II.8. Campo de presiones atmosféricas (mb) a nivel del mar de septiembre 2007 a febrero del 2008 en la cuenca del Pacífico nororiental durante el evento “La Niña” según el sitio Web: <http://www.cdc.noaa.gov>

Figura II.9. Campo de TSM y dirección y velocidad del viento desde Septiembre 2007 a Abril del 2008 durante el evento “La Niña” 2007-2008 obtenido del sitio Web: (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/coastwatch/CWBrowser.jsp>). Los círculos representan los lugares donde miden surgencias (<http://www.pfeg.noaa.gov>) que corresponden de N a S a las Líneas 90, 107, 120 y 137.

Figura II.10. TSM en la Línea 107 oceánica (esquina SW de los 29°N y 119°W) en enero a) y febrero b) durante el evento “La Niña” 2007-2008 según el sitio Web: <http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/coastwatch/CWBrowser.jsp>. Obsérvese la diferencia marcada de temperatura entre enero y febrero, mismos que se reflejan en altas y bajas anomalías de Pnueva, respectivamente.

Figura II.11. Conformación del análisis de épocas superpuestas para los valores medios (septiembre-febrero) de la Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) un año antes (-1), durante (0), y un año después (+1) del evento “La Niña” representados por los valores medios del MEI (f) para los años a) 1973-1974; b) 1975-1976; c) 1988-1989; d) 1999-2000 y e) 2007-2008.

RESUMEN

En el presente capítulo se estudia el efecto del evento “El Niño” 2002-2003 y de “La Niña” 2007-2008 sobre la Pnueva en las cinco Líneas de estudio. Se comprueba estadísticamente mediante el análisis de épocas superpuestas y apoyados por el campo de presiones atmosféricas a nivel del mar (mb), viento (dirección y velocidad), TSM (°C) y surgencias costeras ($m^{-3} s^{-1}$ 100 m de costa). “El Niño” 2002-2003 mostró poco impacto sobre la Pnueva en el área de estudio debido a varios factores relacionados con el cambio de régimen climático del PDO en el área de estudio. Durante el período de “La Niña” hubo un aumento significativo de la Pnueva ya que los mecanismos de interacción océano-atmosfera favorecen el aumento. El sistema barométrico estacional imperante del Pacífico Norte cambia en presencia de eventos “El Niño o La Niña” fortaleciéndose aquel que por su magnitud predomina: en caso de “El Niño” se robustece las BP de las Aleutianas, disminuyen las surgencias y hay poca intensidad de horas/luz, mientras que en “La Niña”, se fortalece el AP del Pacífico Norte, prevalece el buen tiempo y aumentan las surgencias. Existe una tendencia que en presencia de eventos ENSO con PDO negativo hay mayor presencia de aguas frías en áreas usualmente ocupadas por aguas cálidas provenientes del Ecuador. En el caso del evento “El Niño” 2002-2003 septiembre presentó la alberca de agua más cálida no sobrepasando el umbral de Punta Eugenia hacia el norte. Misma situación se presenta durante el evento “La Niña” del 2007-2008, donde febrero presentó la alberca de agua más fría no sobrepasando el umbral de Punta Eugenia hacia el sur. Al parecer en este último lugar existe una barrera física que impide el traspaso de condiciones frías al sur y cálidas al norte.

INTRODUCCIÓN

Al igual que en el terrestre, en el ecosistema marino no existe fotosíntesis sin dos materias primas fundamentales: nutrientes y luz. La atmósfera y el océano están interconectados de tal manera que los procesos biogeoquímicos que se llevan a cabo en la ZE (hasta el 1% de luz) no ocurrirían si no hay un suplemento de aguas profundas cargadas de nutrientes, para desplazar a las que se alejan en superficie ocasionadas por la acción del viento soplando paralelo a la costa. La asociación biorrítica entre el complejo sistema físico-biogeoquímico que suceden en el mar, entre ellos el viento, los nutrientes y la luz, permiten englobar en la Pnueva un resultado que tiene varias aristas; relaciones temperatura-nitratos como proxy; nitrógeno exportado a profundidades y el secuestro del CO₂ como consecuencia de la bomba biológica.

Las observaciones sostenidas de los océanos (series de tiempo) son necesarias para mejorar nuestra comprensión y predicción del ecosistema con la finalidad de aprovechar al máximo los recursos marinos y costeros. En los análisis de la serie espacio-temporal de la productividad marina, reviste gran importancia los procesos de interacción océano atmósfera, ya que la energía que se produce como consecuencia del movimiento y oscilaciones de los centros de presión atmosférica, hace que el viento sople sobre la superficie marina y desencadene una serie de procesos oceánicos que derivan en la presencia o no de nutrientes en la ZE.

En el Océano Pacífico el viento está dirigido principalmente por los cambios en la posición e intensidad de cuatro centros de presión atmosférica: los centros de AP del Pacífico N y S y los centros de BP de las Aleutianas y de Indonesia (Baumgartner y Christensen, 1985) (Fig.- II.1). Normalmente, las AP del Pacífico N que influyen en la Península de Baja California, es la que condiciona que el viento sople paralelo a la costa con dirección al Ecuador y se produzcan surgencias costeras por el efecto del transporte Ekman frente a la Península de Baja California.

Existe una variación interanual que se refleja en los cambios de baja frecuencia (3-7 años) en el nivel del mar y en la temperatura superficial del océano. Parte de esta variación de baja frecuencia, pero de alta energía, ha sido identificada como la respuesta del océano en las latitudes medias al fenómeno de "El Niño" (Parés-Sierra, *et al.* 1997).

"El Niño" puede ser identificado por la invasión de aguas cálidas provenientes del Pacífico Ecuatorial Occidental dentro del Océano Pacífico Ecuatorial Oriental, provocando una disminución de las surgencias de agua fría a lo largo del ecuador, la costa peruana y chilena y en las costas de California y Baja California unido a variaciones en la atmósfera que afectan las características hidrometeorológicas en una gran parte de la cuenca del Pacífico.

"El Niño" es la componente oceánica del ENSO. La Oscilación del Sur es un índice producto de teleconexiones atmosféricas (diferencias de presiones atmosféricas) a nivel del

mar en puntos distantes de la cuenca del Pacífico. Walker y Bliss (1932, 1937) fueron los primeros en documentar las características y extensión de la oscilación de la presión atmosférica y los cambios asociados en temperatura y precipitación (Trenberth, 1991).

En el área de estudio y en presencia de un evento ENSO, el mar se manifiesta con la presencia de anomalías positivas de la TSM producto de ondas atrapadas hacia el continente que transportan aguas cálidas provenientes de la región ecuatorial a la subtropical (Pares-Sierra y O'Brien, 1979). En el aspecto climatológico, el AP o anticiclón del Pacífico N se debilita y tiende a moverse hacia el continente, mientras que la BP de las Aleutianas aunque lejos de la zona de estudio, se fortalece e interviene con la presencia por encima de lo normal, de la corriente en chorro o "jet stream" y trenes de frentes fríos que afectan la zona de estudio.

"La Niña" se manifiesta con anomalías negativas de la TSM y atmosféricamente se caracteriza mediante un reacomodo de las BP de las Aleutianas sobre el continente americano invadiendo de aire más seco que inhibe las precipitaciones en invierno del hemisferio N, mientras que las AP del Pacífico N se fortalecen favoreciendo el buen tiempo con suficiente luz y el incremento de las surgencias costeras por el viento soplando paralelo a la costa. "La Niña" es la fase fría del ENSO (IMARPE, 2009).

Aunque no se conoce aún el origen de "El Niño", actualmente el conocimiento de los eventos "El Niño/La Niña" ha sobrepasado las expectativas. Los pronósticos han dejado de ser una incertidumbre, han aumentado su certeza y contrario a la época de los 80-90's cuando los fenómenos "El Niño" desataron su severidad con una PDO positiva (cálida), hoy en día se conoce que su efecto meteorológico y oceánico son menos impactantes por encontrarnos con tendencia negativa (fría) al menos durante los próximos diez años (Peterson y Schwing, 2003). A partir de "El Niño" 1997-1998 las condiciones hidroclimatológicas de la región cambiaron a PDO negativo (frías) restándole el efecto cálido severo de los ENSO. (Hernández *et al.* 2007, adjunto a este capítulo).

El basamento científico del efecto ENSO en la zona que abarca la costa W de Estados Unidos y México, ha sido demostrado por varios autores (Galindo-Bect *et al.* 1999; Durazo y Baumgartner, 2002; Durazo, *et al.* 2005; Pennington, *et al.* 2006; Shipea y Brzezinski, 2003; Auad, *et al.* 2006; McGowan *et al.* 2003). No obstante, los trabajos basados en el efecto de estos fenómenos con la Pnueva en el área de estudio, son limitados. Hernández-de la Torre (2001) demostró la relación estadística entre la Pnueva y los fenómenos ENSO desde 1970 hasta el 2001 mediante el SEA para seis eventos "El Niño": 1972-73; 1976-77 (con PDO negativo); 1982-83; 1987-88; 1992-93 y 1997-98 (con PDO positivo), donde se indicó alta probabilidad de disminución de Pnueva (media septiembre-febrero) durante el año (0) y aumento un año antes (-1) y un año después (+1). Más adelante, Hidalgo-González (2002) en su Tesis de Doctorado

estima la Pnueva en los Golfos de California y México mediante datos de color del océano del sensor SeaWiFS y menciona el efecto de los eventos ENSO sobre la Pnueva. Hernández *et al.* (2004) demostraron los efectos del ENSO en la Ptotal frente a Baja California. Martínez-Gaxiola *et al.* (2007) usaron la Pnueva como aproximación de la cantidad de carbono orgánico transportado por debajo de la ZE y Hernández *et al.* (2007), señalaron que la variabilidad de la Pnueva en el período 1970-2005 está insertada en las variaciones a largo plazo de la PDO.

Un adecuado conocimiento de los factores ambientales locales, imprescindibles para el aprovechamiento integral de los recursos naturales, no es posible sin considerar la permanente interacción e impacto de los procesos de escalas mayores que fijan el marco de referencia sobre el que se desarrollan dichas condiciones locales (Rutllant, 1985). En el presente artículo se estudia el efecto del evento "El Niño" 2002-2003 sobre la Pnueva y se compara con los resultados obtenidos por Hernández-de la Torre *et al.* (2003). El último evento fuerte de La Niña 2007-2008 es analizado mediante el apoyo del campo de presiones atmosféricas a nivel del mar (mb), viento (dirección y velocidad), TSM (°C) y surgencias costeras ($\text{m}^{-3} \text{s}^{-1}$ 100 m de costa), además se comprueba estadísticamente el efecto de los últimos cinco eventos fuertes de "La Niña" sobre la Pnueva desde 1970 en las cinco Líneas de estudio, con la finalidad de conocer el efecto de estos fenómenos sobre el ecosistema frente a la Península de Baja California.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos de la Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) desde septiembre de 1969 hasta diciembre del 2008 proviene del Capítulo I. Para los estudios del evento "El Niño" se utiliza como indicador climático el MEI. Este índice representa el análisis de componentes principales de seis campos observados en el Pacífico Ecuatorial: presión a nivel del mar; componente superficial del viento norte-sur; componente superficial del viento este-oeste; TSM-COADS (Woodruff *et al.* 1987), temperatura del aire y cantidad de nubes, que se combinan entre sí. Los valores positivos-negativos del MEI, representan la fase caliente-fría o "El Niño"/"La Niña" (Wolter y Timlin 1993; 1998, <http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso.mei.index>). Se revisó la bibliografía internacional y se obtuvieron los diferentes años de incidencia de eventos fríos/calientes según Kiladis y Díaz (1989) y el Climate Diagnostic Center (CDC): eventos fríos fuertes del 1973-1974, 1975-76, 1988-89, 1999-2000 y 2007-2008. Los eventos cálidos fueron 1972-1973, 1976-1977, 1982-1983, 1987-1988, 1992-1993, 1997-1998 y 2002-2003.

El segundo indicador climático es la PDO que se define como la primera componente principal de la variabilidad mensual de la TSM, la presión atmosférica a nivel del mar y el viento superficial del Pacífico N (Mantua *et al.* 1997, Mantua 2004), y al igual que el ENSO ejerce una influencia en diferentes variables oceanográficas y atmosféricas. El índice de la PDO media

mensual desde septiembre de 1969 hasta febrero del 2009 se obtuvo del sitio web: (<http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>).

Los datos del índice de surgencia costera (Bakun, 1973) provienen del sitio Web: <http://www.pfeg.noaa.gov/products/PFEL/modeled/indices/PFELindices.html>. Estos datos han sido durante tiempo una herramienta de trabajo en los estudios de acoplamiento físico-biológico en el sistema de las costas oeste de los continentes. El índice se deriva exclusivamente de las estimaciones geostroficas del esfuerzo del viento en el océano, por lo tanto, no contiene la información relevante sobre las propiedades del agua que afloran en esos puntos. La posición geográfica de las surgencias corresponden a las mismas posiciones de cuatro estaciones de las Líneas de estudio: Línea 90 (33°N-119°W); Línea 107 (30°N-119°W); Línea 120 (27°N-116°W); Línea 137 (24°N-113°W).

Los datos de TSM (°C), presión atmosférica (mb), dirección y velocidad del viento a nivel del mar cada medio grado de latitud del sensor QuikSCAT se obtuvo de la página Web: <http://coastwatch.pfel.noaa.gov/>.

Para relacionar los valores mensuales de Pnueva con los eventos ENSO y de la PDO se llevaron a anomalías (valor mensual menos la media estacional). Conociendo que los meses de mayor efecto de "El Niño/La Niña" se produce en primavera-verano del hemisferio S, se procedió a agrupar la información de Pnueva, MEI y la PDO en el período otoño-invierno desde 1969 hasta el 2008.

Se utilizó el SEA (Panofski y Brier, 1965; Haurwitz y Brier, 1981; Hoenig *et al.* 1989; Prager y Hoenig, 1989; 1992) para relacionar estadísticamente las variaciones de la Pnueva con los eventos "La Niña". Esta es una técnica no-paramétrica que puede ser usada para probar significancias estadísticas de asociaciones entre eventos discretos (fenómenos ambientales extremos como "El Niño", "La Niña", huracanes, frentes, etc.) y otros sucesos. La prueba que se utiliza (W) es una análoga al " t " de Student, que compara la media obtenida en cada evento clave con los años contiguos (referencia), según la fórmula:

$$W = \bar{d} (N_B)^{1/2} / S_w$$

donde \bar{d} es la media de todas las diferencias entre la Pnueva en los años claves y la Pnueva en los años contiguos; N_B es el número de observaciones de la Pnueva en años contiguos y S_w es el error estándar. Una vez obtenido este número, se simula por el método de Monte Carlo, brindando la probabilidad que este análisis tiene de no ser aleatorio, más dependiente del evento clave en cuestión (Prager y Hoenig, 1992). Como el análisis no requiere de suposiciones iniciales, su aplicación directa es válida y adecuada. El programa original en FORTRAN (Hoenig *et al.* 1989), que permite computar las pruebas estadísticas mediante simulación aleatoria por

Monte Carlo, fue brindado por el Dr. M. H. Prager (NOAA , Southeast Fisheries Science Center, comunicación personal).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Breve análisis hidroclimático en la zona de estudio: “El Niño” 2002-2003.

Septiembre 2002

Se presenta el AP del Pacífico fortalecido y un sistema de BP impera al S sobre la República Mexicana. (Fig. II.2). Esta situación provocó un relajamiento del sistema de viento en la parte S de la Península de Baja California con bajo índice de surgencias en la Línea 137 costera. En el N la velocidad del viento fue más alta que la del S y la Línea 90 costera presentó un máximo de surgencias al igual que la 107 oceánica y 120 costera (Fig. II.3a). Los patrones de anomalías de TSM representan una respuesta directa a las anomalías del esfuerzo (stress) del viento (Venrick *et al.* 2003; Samelson *et al.* 2006; Rykaczewski y Checkley, 2008). Al N se desprende una lengua de agua fría desde Punta Concepción hacia el S con temperatura aproximada de 14-15°C, por lo que el diferencial de temperatura entre N y S es de aproximadamente 15°C (Fig. II.4). La temperatura del mar en gran parte de la zona de estudio fue cerca de 20°C en septiembre. El agua cálida de aproximadamente 23°C no sobrepasa la latitud de Punta Eugenia hacia el N. Temperaturas con 28 y 29°C se reporta en la parte S de la Península ocasionado por la presencia de “El Niño”.

Octubre

Comienza a migrar al continente americano el AP del Pacífico N, mientras que la BP de las Aleutianas comienzan a intensificarse (Fig. II.2). El reacomodo de los centros de presiones al N y S provoca mayor rapidez del viento que se refleja en el incremento del Índice de surgencia de los cuatro puntos más cercanos a la región de estudio (Fig. II.3a). Persiste el desprendimiento de agua fría en las cercanías de Punta Concepción ocasionado por las fuertes surgencias que se producen al N fuera de la zona de estudio, mientras que al S las aguas siguen manteniendo la influencia cálida del evento ENSO, existiendo un diferencial de temperatura de aproximadamente 10°C (Fig. II.4).

Noviembre

Se intensifica el centro de BP de las Aleutianas y se desplaza al E sobre la Península de Alaska con presión cercana a 985 mb (Fig. II.2). La mayor parte del AP del Pacífico N migró hacia el continente americano y en consecuencia bajó la intensidad de las surgencias costeras (Fig. II.3a). Sin embargo, al N hubo mayor presencia de aguas frías que se desprendieron de Punta Concepción, mientras que al S las aguas ya no se presentaron tan cálidas. A pesar de las

anomalías positivas de la temperatura que se desarrollaron en los trópicos por el evento “El Niño” en otoño-invierno de 2002, la zona oriental del Pacífico N se mantuvo fría (Venrick *et al.* 2003) (Fig. II.4).

Diciembre

El campo de presiones muestra el mayor y más grande reforzamiento de la BP de las Aleutianas en el evento “El Niño”. Las AP del Pacífico N salen del continente y se fortalecen en el océano con mayor velocidad al S de la zona de estudio (Fig. II.2), mientras que las surgencias no son fuertes al N pero logran ser mayores al S (Líneas 137 y 120) producto de una mayor rapidez del viento (Fig. II.3a). Agua fría se localiza en la zona del frente de Ensenada, mientras que el diapasón de temperatura del mar entre el N y el S se hace más corto por la presencia de agua fría proveniente del N (Fig. II.4).

Enero 2003

Se presenta una intensa BP que afecta gran parte del Pacífico N y región subtropical central (Fig. II.2). La influencia anticiclónica se localiza más al E sobre el continente americano reduciendo las surgencias costeras (Fig. II.3a). La temperatura del mar es cada vez más fría en contraste con el evento cálido de “El Niño”. Venrick *et al.* (2003), señalaron que la BP de las Aleutianas se desarrolló muy fuerte y de forma inusual en el verano de 2002, resultando en una gran anomalía de viento ciclónico en la mayor parte del noreste del Pacífico. Este patrón persistió hasta principios del 2003 contribuyendo a la disminución de las surgencias en el N del sistema de la Corriente de California. Los máximos valores del MEI y del PDO en el evento “El Niño” del 2002-2003 fueron de 1.23 y 2.1 respectivamente, en enero del 2003 (Fig. II.4).

Febrero

Comienza la retirada al N de la BP de las Aleutianas y el fortalecimiento de la AP del Pacífico (Fig. II.2), mismos que se reflejan en los bajos valores del MEI y del PDO con 0.91 y 1.75, respectivamente, mientras que la velocidad del viento se reduce al mínimo. Las surgencias que se reportan en las cuatro Líneas de referencia del presente trabajo, mantienen los mismos valores por debajo de $50 \text{ (m}^{-3} \text{ s}^{-1} \text{ 100 m de costa)}$ (Fig. II.3a). La temperatura del mar muestra cuatro gradientes importantes en la zona de estudio: temperaturas que oscilan entre los 22 y 23°C desde Punta Magdalena al S; sobre los 20°C al S de Punta Eugenia; 17-18°C entre Punta Baja y Punta Eugenia y 14-15°C desde Punta Concepción, la Ensenada del Sur de California y frente de Ensenada (Fig. II.4).

Se puede afirmar que el efecto del evento “El Niño” 2002-2003 sobre la Pnueva mostró poco impacto. La figura II.3b muestra las anomalías de la Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) para las cuatro Líneas que coinciden con la latitud y longitud de las surgencias, con una tendencia manifiesta a decrecer de septiembre a febrero al igual que los valores de las surgencias costeras (Fig. II.3a).

Sin embargo las anomalías de la TSM para estas cuatro Líneas (Fig. II.5a) muestran anomalías negativas de septiembre a noviembre pasando a ser positivas en diciembre. La anomalía negativa de octubre para la Línea 107 oceánica, pudo deberse al desprendimiento de una lengua de agua fría desde Punta Concepción al S y que escasamente se logra visualizar en la figura II.4. No se considera que este valor haya sido producto de una surgencia intensa. La Línea 90 costera conservó anomalías negativas en diciembre del 2002, mismas que se reflejaron con mayor Pnueva para este mismo mes (Fig. II.3b).

El comportamiento de la Pnueva por meses en años “El Niño” se presenta en la figura II.6a. De noviembre-diciembre a mayo-junio se muestran los máximos de Pnueva con valores cercanos a $0.3 \text{ (gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}\text{)}$, mientras que de junio-julio hasta octubre-noviembre se presentan los mínimos que pueden variar de acuerdo a la zona. Hernández *et al.* (2003) presentaron los resultados del SEA para seis eventos “El Niño” durante 1972-73; 1976-77; 1982-83; 1987-88; 1992-93 y 1997-98 donde se demostró una alta probabilidad de disminución de Pnueva el año (0) en los eventos ENSO, mientras que un año antes (-1) y un año después (+1) aumenta. La figura II.7 muestra la conformación de este análisis para los valores medios (septiembre-febrero) de la Pnueva un año antes (-1), durante (0), y un año después (+1) del evento “El Niño” 2002-2003. Como se observa en la figura, no todas las estaciones presentan un descenso de la Pnueva en el año (0) y ascenso un año antes y otro después. Esta situación pudo deberse a varias razones: 1) a la influencia del agua de origen subártica con anomalías bajas en temperatura y salinidad y altas concentraciones de nutrientes inorgánicos y oxígeno que se presentaron durante el verano del 2002 (Bograd y Lynn, 2003); 2) evento ENSO con señal débil (McPhaden, 2004); 3) que la señal cálida del ENSO estuvo precedida de cuatro años con anomalías negativas de la TSM y 4) todas ellas enmarcadas en el cambio de régimen climático del PDO a condiciones negativas (frías) (Chavez *et al.* 2002; Venrick *et al.* 2003; Peterson y Schwing, 2003; Cloern *et al.* 2007, y Hernández de la Torre *et al.* 2007, publicación adjunta a este capítulo), o también a la combinación de todos estos y otros factores regionalmente importantes.

Los bajos valores medios de Pnueva en eventos ENSO permiten distinguir que los mecanismos físicos-biogeoquímicos que se originan en la ZE no favorecen la disposición de nutrientes para realizar la fotosíntesis. Los procesos físicos a escala pequeña que ocurren en la ZE durante estos procesos anómalos, presentan una fuerte estratificación vertical que inhibe el movimiento vertical asociado con la turbulencia (Gargett, 1997). A mayor escala la termoclina se hunde y se eleva el nivel del mar en la zona costera (Huyer y Smith, 1985). Al hundirse la termoclina la temperatura aumenta en la capa superficial, por lo que las surgencias durante ese periodo aunque pocas, transportan hacia la superficie agua cálida con baja concentración de

nutrientes. Según Durazo *et al.* 2005, la estructura termohalina cercana a la superficie, la ausencia del flujo costero hacia el polo y el comportamiento de los vientos del noroeste observados durante el periodo, no evidencian la presencia de un evento “El Niño” frente a Baja California durante el período 2002–2003, tal y como fue definido para los eventos previos, por ejemplo el de 1997–1998 (Lynn *et al.* 1998; Hayward *et al.* 1999; Bograd *et al.* 2000; Durazo y Baumgartner, 2002; Lynn y Bograd, 2002). La aseveración de Durazo *et al.* (2005), indiscutiblemente se refiere a que el evento 2002-2003 no tuvo el impacto de un evento “El Niño” fuerte.

Análisis hidroclimático en la zona de estudio: “La Niña” 2007-2008

Septiembre 2007

Se observa un reforzamiento de las AP en la mitad E del Pacífico subtropical cerca del continente, mientras que las BP de las Aleutianas se mantiene transitando hacia el E (Fig.II.8). Las TSM se presentan sobre los 20°C al N con agua fría en Punta Concepción, mientras que al S la temperatura oscila cercano a los 30°C, incluso más cálido que en septiembre con el inicio de “El Niño” 2002-2003 (Fig.II.9). Los vientos en septiembre y octubre fueron fuertes y las surgencias costeras fueron relativamente fuertes en las Líneas de estudio (Fig. II.3c).

Octubre 2007

El AP se debilita pero aumenta en estructura. Domina toda el área subtropical del Pacífico N con vientos fuertes que incrementan las surgencias costeras (Fig. II.8 y Fig. II.3c). Al S de Punta Concepción se observa un área con temperaturas bajas, mientras que gran parte del área marina tiene temperatura alrededor de los 20°C. De Bahía Santo Domingo al S, la temperatura es cercana a los 23°C. Al S de Los Cabos la temperatura es de aproximadamente 28-29°C, mientras que en la zona costera de San Quintín y Rosario se localizan surgencias costeras con temperaturas medianamente frías (Fig.II.9).

Noviembre 2007

La BP de las aleutianas se fortalece por el inicio de la temporada invernal. El AP del Pacífico se debilita en estructura y comienza a moverse hacia el continente (Fig. II.8), mientras que los vientos y las surgencias costeras disminuyen (Fig. II.3c). Meandros se desprenden de Punta Concepción al S con temperaturas bajas abarcando la costa y el frente de Ensenada. Cerca de la costa y desde San Diego hasta más al S de Punta San Carlos, se observa agua fría con temperatura entre 15 y 16°C y entre 18 y 20°C se localizan en la parte central y S del área de trabajo. Cerca de Los Cabos la temperatura es de 26 °C (Fig.II.9).

Diciembre 2007

Se incrementan las AP frente a las costas de Baja California pero su estructura está localizada entre el océano y el continente (Fig. II.8). El viento no es suficientemente fuerte para provocar surgencias importantes (Fig.II.9 y Fig. II.3c). Aún así se incrementa la invasión de agua fría proveniente del N con temperatura entre 12 y 13°C al S de Punta Concepción, mientras que agua con temperatura entre 14-15°C se localiza sobre la zona costera de la Península hasta Punta Eugenia. Cerca de Los Cabos la temperatura continúa entre 23 y 24°C (Fig.II.9).

Enero 2008

Aunque más debilitado el AP del Pacífico se encuentra dominando toda el área, mientras que el centro de la BP de las Aleutianas está retirado al W sobre la Península de Kamchatka (no mostrado). Un área de débiles BP se formó cercana a la costa en el continente americano razón por la cual no hay un gradiente importante de vientos lo que se refleja en los mínimos de surgencias costeras del área de estudio (Fig. II.8 y Fig. II.3c). La TSM refleja un ambiente fresco, provocado por una masa intensa que irrumpe al S con temperaturas entre 10 y 12°C, mientras que aguas con temperatura entre 14-15°C y menores se localiza sobre la zona costera y oceánica de la Península de Baja California hasta Punta Eugenia. Al S y cerca de Los Cabos la temperatura es de aproximadamente 23°C con dos zonas limitadas de temperatura más cálida (Fig.II.9).

Febrero 2008

Se robustece la BP de las aleutianas propias de la época invernal y el AP del Pacífico no sólo no deja dominar el área con buen tiempo, sino que baja en latitud, provocando que el gradiente de presiones entre la baja y la alta sea lo suficientemente fuerte como para aumentar la velocidad del viento de componente NW y N y provocar surgencias importantes en el área de estudio (Fig. II.8 y Fig. II.3c). Estos eventos transportan nutrientes hacia la ZE e incrementan el crecimiento del fitoplancton, principalmente diatomeas y dinoflagelados. La TSM es más fría cercana a Punta Concepción por la intrusión de agua de surgencias con altos nutrientes que proviene de la región N de la Corriente de California, McClatchie *et al.* (2008). La TSM en la zona costera desde Tijuana a Punta Eugenia oscila entre los 14 y 15°C, más al S hasta Punta Magdalena predomina temperatura cercana a los 17°C y cerca de Los Cabos temperaturas entre 21 y 22°C. Es de destacar que la alberca de agua fría provenientes del N no sobrepasa el umbral de Punta Eugenia hacia el S. Al parecer existe una barrera física que impide el traspaso de condiciones frías al S y cálidas al N. Después de la temperatura baja de 14-15°C se nota un brazo con temperatura un poco más cálida que se dirige al N (Fig.II.9) que pudiera afectar la producción primaria de la zona cercana a la Línea 107 oceánica.

El efecto de “La Niña” sobre el océano cercano a la Península de Baja California favorece a la Pnueva. Durante el evento frío del 2007-2008 la tendencia fue al incremento en la Línea 120 costera; la 90 se mantuvo estable con una disminución importante en noviembre mientras que la 137 costera después de un mínimo en enero, reportó la más alta anomalía en febrero. La Línea 107 oceánica mostró una tendencia estable de los valores de Pnueva de septiembre a diciembre, con un aumento en enero por la presencia de agua fría con alto contenido de nutrientes proveniente de Punta Concepción. McClatchie *et al.* (2008) señalaron que la nutriclina (sin tomar en cuenta concentraciones de silicato y fosfato) en la capa de mezcla fue anómalamente alta en el área de CalCOFI. Durante febrero la presencia de aguas proveniente del S más cálida con menos nutrientes coadyuvó a una baja en las anomalías de Pnueva (Figs. II.5b y II.10a, b). Los valores de Pnueva en la Línea 107 oceánica representan los valores medios mensuales de lo que acontece en la zona N de la Isla Guadalupe (Hernández, *et al.* 2005). Aún así en el período septiembre-febrero del 2007-2008 las anomalías de Pnueva se mantuvieron al incremento. McClatchie *et al.* (2008) señalaron que el MEI registró los valores más bajos desde 1976 durante enero y febrero del 2008 reflejados en las anomalías de TSM de la región S del sistema de la CC.

El comportamiento mensual de la Pnueva de “La Niña” durante los años 1973, 1975, 1989, 1999 y 2008 se presenta en la figura II.6b. Los primeros 6-7 meses muestran los máximos de Pnueva con valores cercanos a $0.5 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, mientras que de junio-julio hasta noviembre se presentan los mínimos que pueden variar de acuerdo a la zona. Desde enero, los valores de Pnueva en evento “La Niña” están por encima de $0.1 \text{ gC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Los altos valores de Pnueva en eventos “La Niña” permiten visualizar que los mecanismos físicos-biogeoquímicos que se producen en la ZE favorecen la disposición de nutrientes para realizar la fotosíntesis. En el océano la termoclina se presenta más superficial y se hunde el nivel del mar en la zona costera del sistema de la CC. Al aflorar la termoclina, la temperatura disminuye en la capa superficial, la columna de agua está pobremente estratificada, aumenta la difusión turbulenta y el transporte de nitratos hacia la ZE no se interrumpe. La climatología de la zona no cambia su estatus en otoño-invierno, solamente se refuerzan las condiciones con escasas precipitaciones y un aumento de las AP que se refuerzan en el área oceánica.

Cloern *et al.* (2007) encontraron que el cambio de régimen climático del PDO a la fase fría en 1997-98 desencadenó la aparición de nuevos tipos de fitoplancton nunca antes visto en la Bahía de San Francisco. McClatchie *et al.* (2008) afirman que el SCC ha estado fría desde 1998-2000 y que responden a un cambio de régimen climático la temperatura del mar, la profundidad

de la nutriclina, la concentración de clorofila y el volumen de zooplancton en el área de CalCOFI (N del área de estudio).

Comprobación estadística del efecto “La Niña” sobre la Pnueva

La figura II.11 muestra los valores medios de Pnueva (septiembre-febrero) con respecto de los años “La Niña” 1973-1974; 1975-1976; 1988-1989; 1999-2000 y 2007-2008, tomando como referencia el valor medio de MEI para los mismos meses, con el objeto de conocer la correspondencia entre la Pnueva con los años contiguos. Con tal propósito se asume la siguiente hipótesis nula para la utilización del método, como:

H₁: No hay asociación entre los valores de Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en las 10 Líneas de estudio con el fenómeno “La Niña” un año antes (-1) y un año después (+1).

Utilizando el programa SEA se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla II.1. La asociación entre la Pnueva con los eventos “La Niña” son significativas, ya que durante los cinco eventos “La Niña” analizados, existe alta probabilidad de aumentar la Pnueva rechazándose la hipótesis nula antes planteada. Estos resultados demuestran estadísticamente el aumento de la Pnueva en las distintas líneas durante los eventos “La Niña”. La probabilidad mientras más cercana al valor 0 es más dependiente del evento clave (0).

En un estado en reposo, la Pnueva puede ser igual a la cantidad de material orgánico que es removido a la ZE (Eppley y Peterson, 1979). Este material exportado es un importante componente del ciclo de carbono y es el principal objetivo de los oceanógrafos biológicos y químicos a escala regional y global.

CONCLUSIONES

“El Niño” 2002-2003 mostró poco impacto sobre la Pnueva en el área de estudio debido a varios factores relacionados con el cambio de régimen climático del PDO. “La Niña” 2007-2008 tuvo un aumento significativo de la Pnueva ya que los mecanismos de interacción océano-atmosfera favorecen este aspecto. El sistema barométrico estacional del Pacífico N cambia en presencia de eventos “El Niño o La Niña” fortaleciéndose aquel que por su magnitud predomina: en caso de “El Niño” se robustece las BP de las Aleutianas y disminuyen las surgencias, mientras que en “La Niña”, se fortalece el AP del pacífico N y aumentan las surgencias con buen tiempo.

Las anomalías negativas de la TSM dispersan hacia el S las aguas cálidas provenientes del ecuador en presencia de eventos ENSO. En el caso del evento “El Niño” 2002-2003 septiembre presentó la alberca de agua más cálida no sobrepasando el umbral de Punta Eugenia hacia el N. Misma situación se presentó en el evento “La Niña” del 2007-2008, donde

febrero presentó la alberca de agua más fría no sobrepasando el umbral de Punta Eugenia hacia el S. Al parecer existe una barrera física que impide el traspaso de condiciones frías al S y cálidas al N.

Al presentar estas conclusiones queda estadísticamente demostrado el efecto de los fenómenos hidrometeorológicos sobre la Pnueva y de la importancia que tiene seguir sus estudios en el PNM. El siguiente capítulo va dirigido a la confección de un algoritmo para determinar Pnueva en profundidad en $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$. Se reconocerán aquellas profundidades donde la Pnueva presenta valores constantes y se planteará una propuesta metodológica de regionalización para la fase de caracterización del OEM.

LITERATURA CITADA

- Auad, G., Miller, A., Di Lorenzo, E. 2006. Long-term forecast of oceanic conditions off California and their biological implications. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 111, C09008, doi: 10.1029/2005JC003219, 2006
- Bakun, A. 1973. Coastal upwelling indices, west coast of North America, 1946-71. US. Dep. Comm. NOAA. Tech. Rep. NMFS-SSRF 671: 103 pp.
- Baumgartner, T.R., Christensen, N. 1985. Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *Journal of Marine Research*, 43, 825-848.
- Bograd, S, J., Digiaco, P. M., Durazo, R., Hayward, T.L., Hyrenbach, K.D., Lynn, R.J., Mantyla A.W., Schwing, F.B., Sydeman W.J. Baumgartner, T., Lavaniegos, B., Moore, C.S. 2000. The state of the California Current, 1999-2000: forward to a new regime? *CalCOFI Rep.*, Vo. 41. 26-52.
- Bograd, S, J., Lynn, R. J. 2003. Anomalous subarctic influence in the southern California Current during 2002. *Geophysical Research Letters* Vol. 30 No. 15, 8020, doi:10.1029/ 2003GL017446. CCR 2-1, CCR2-4.
- Chavez, F. P., Pennington, J. T., Castro, C.G., Ryan J.P, Michisaki, R.P, Schlining, B., Walz, P., Buck, K. R., McFadyen, A. Collins C. A. 2002. Biological and chemical consequences of the 1997-1998 El Niño in central California waters. *Progress in Oceanography* 54, 205-232.
- Cloern, J.E., Jassby, A.D. Thompson, J.K., Hieb, K.A. 2007. A cold phase of the East Pacific triggers new phytoplankton blooms in San Francisco Bay. *PNAS* (104) No. 47:18561–18565.
- Durazo, R., Baumgartner, T. 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997–1999. *Prog. Oceanogr.* 54:7–31.
- Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Lavaniegos, B., Castro-Valdez, R., Gómez-Valdés, J., Mascarenhas, A.D.S. 2005. Condiciones oceanográficas frente a la costa occidental de Baja California, 2002–2003: Influencia de un El Niño débil y del incremento de agua subártica. *Ciencias Marinas* (2005), 31(3):537–552.
- Eppley, R.W., Peterson, B.J. 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature* 282, 677-680.
- Galindo-Bect, M.S., Galindo-Bect, L. A., Hernández-Ayón, J. M., Francisco Ley-Lou, F., Álvarez-Borrego, S. 1999. Efecto de “El Niño” en los nutrientes y el carbón orgánico total de una laguna costera del noroeste de Baja California. *Ciencias Marinas*, 25(2): 225–237.
- Gargett, A. E. 1997. Physics to Fish: Interactions between Physics and Biology on a variety of Scales. *Oceanography*, (10) 3; 128-131.
- Haurwitz, M.W., G.W. Brier. 1981. A Critique of the Superposed Epoch Analysis Method: Its Application to Solar-Weather Relations. *Mon.Wea.Rev.*109:2074-2079.
- Hayward, 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, Tegner, M. 1999.

The State of the California Current in 1998-1999: Transition to Cool-Water Conditions. CalCOFI Rep. 40:29-62.

Hernández- de la Torre, B. 2001. Variabilidad interanual de la producción primaria nueva (Pnueva) en la región sur de la Corriente de California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. CICESE. División de Oceanología. Departamento de Ecología. Ensenada, B.C. México, 100 pp.

Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., Álvarez-Borrego, S., Gómez-Valdés, J., Nájera-Martínez, S. 2003. Interannual variability of new production in the southern region of the California Current. *Deep-Sea Research Part II* (50):2423-2430.

Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., Nájera Martínez, S. 2004. Efectos del ENSO en la producción primaria frente a Baja California. *Ciencias Marinas* 30(3):427-441.

Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., Aguirre Gómez, R., Álvarez-Borrego, S., Lara-Lara, R., Nájera Martínez, S. 2005. Serie de tiempo de productividad (1970-2003) en el ecosistema marino de la Isla Guadalupe. En: *Restauración y Conservación de la Isla Guadalupe*. (K. Santos y E. Peters, Edts) 135-141.

Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., Álvarez-Borrego, S., Aguirre-Gómez, R. 2007. Variabilidad interanual de la producción nueva (1970–2005) frente a Baja California en relación a la Oscilación Decadal del Pacífico. En (Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro, Edts). *Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México*. ISBN 978-968-817-855-3, 319-334 pp.

Hidalgo-González, R. M. 2002. Producción primaria total y nueva en los Golfos de California y México estimada a partir de los datos de color del océano del sensor de satélite SeaWiFS. Tesis de Doctor en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. CICESE. División de Oceanología. Departamento de Ecología. Ensenada, B.C. México, 137 pp.

Hoenig, J. M., Prager, M. H., Payton, N.B. 1989. Computer Programs for Investigating the Effects of Environmental Events on a Time Series of Recruitment. *Can.Tech.Rep. Fish. Aquat. Scien.* No.1713.

Huyer, A., Smith, R. L. 1985. "The signature of El Niño off Oregon in 1982-83". *J. Geophys. Res.* 90:7133-7142 p.

IMARPE. 2009. Condiciones climáticas en el Pacífico tropical y sus impactos en las condiciones meteorológicas, oceanográficas y biológico-pesqueras en el territorio peruano. Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Comité Técnico de Coordinación ENFEN. Informe Técnico www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_inftec_inf_tec_enfen_mar09.pdf

Kiladis, G.N., Díaz, H. F. 1989. Global climatic anomalies associated with extremes in Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 2:1069-1090 p.

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., Tegner, M.J. 1998. The state of the California Current, 1997–1998: Transition to El Niño conditions. *CalCOFI Rep.*, 39:25–49.

Lynn, R.J., Bograd, S. 2002. Dynamic evolution of the 1997–1999 El Niño-La Niña cycle in the southern California Current System. *Prog. Oceanogr.*, 54:59–75.

- Mantua, N. J., Hare, S. R., Zhang, Y., Wallace, J. M., Francis, R. C. 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 78: 1069– 1079.
- Mantua, N. J. 2004. Methods for detecting regime shifts in large marine ecosystems: a review with approaches applied to North Pacific data. *Progr. Oceanogr.* 60:165–182.
- Martínez-Gaxiola, M.D., Sosa-Ávalos, R., Gaxiola-Castro, G. 2007. Producción de carbono orgánico en los mares mexicanos (1998–2005). En (Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro, Edts). *Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México*. ISBN 978-968-817-855-3, 251-266 pp.
- McClatchie, S., Gottschalck, J., L`Heureux, M., Xue, Y., Kahru, M., Mitchell, B. G., Goericke, R., Koslow, J. A., Peterson, W. T., Emmett, R., Hydenbach, K. D., Schwing, F. B., Bograd, S. J., Collins, C., Bradley, R. W., Warzybok, P., Charter, R., Watson, W., Lo, N., Hill, K., Gaxiola-Castro, G., Durazo, R., Bjorkstedt, E. 2008. The State of the California Current, 2007-2008: La Niña conditions and their effects on the ecosystem. *CalCOFI Rep.*, Vol. 49:39-76.
- McGowan, J. A., Bograd, S. J., Lynn, R. J., Miller, A. J. 2003. The biological response to the 1977 regime shift in the California Current. *Deep-Sea Research II* 50:2567–2582.
- McPhaden, M.J. 2004. Evolution of the 2002–2003 El Niño. *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 85, 677, doi:10.1175/BAMS-85-5-677.
- Panofski, W.H., Brier, G.W. 1965. Some applications of statistics meteorology. *Coll.Min. Ind.*, Pennsylvania State Univ., 159 p.
- Pares-Sierra, A., O'Brien, J. J. 1979. The seasonal and interannual variability of the California Current system: A numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 94:3159-3180.
- Parés-Sierra, A., López, M., Pavía, E.G. 1997. Oceanografía Física del Océano Pacífico Nororiental, en: M.F. Lavín, (ed.). *Contribuciones a la Oceanografía Física de México*. Monografía No. 3 Unión Geofísica Mexicana, 1-24.
- Pennington, J. T., Mahoney, K. L., Kuwahara, V. S., Kolber, D., Calienes, R., Chavez, F. P. 2006. Primary production in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69:285–317.
- Peterson W.T., Schwing, F.B. 2003. A new climate regime in northeast pacific ecosystems. *Geophysical Research Letters*, Vol. 30 (17) doi: 0.1029/ 2003GL 017528. OCE6-1, OCE6-4. 1992
- Prager, M.H., Hoenig, J.M. 1989. Superposed Epoch Analysis: A Randomization Test of Environmental Effects on Recruitment with Application to Chub Mackerel. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 118:608-618 p.
- Prager, M.H., J.M. Hoenig, J.M. 1992. Can we determine the significance of key-event effects on a recruitment time series? - A power study of superposed epoch analysis. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 121: 123-131.
- Rutllant, J.C. 1985. Algunos aspectos de la influencia climática, a nivel mundial y regional, del fenómeno El Niño. *Invest. Pesq., Chile*, 32:9-17.

Rykaczewski, R.R., Checkley, D.M. Jr. 2008 Influence of ocean winds on the pelagic ecosystem in upwelling regions. PNAS, Vol. 105; (6):1965–1970.

Samelson, R.M. Skillingstad, E.D., Chelton, D.B. Esbensen, S.K., O'Neill, I.W. Thum, N. 2006. On the Coupling of Wind Stress and Sea Surface Temperature. American Meteorological Society (19):1557-1566.

Shipea, R. F., Brzezinski, M. A. 2003. Siliceous plankton dominate primary and new productivity during the onset of El Niño conditions in the Santa Barbara Basin, California. Journal of Marine Systems 42:127– 143.

Tomczak, M., Godfrey, J. S. 1994. Regional Oceanography: an introduction. Pergamon 422 pp.

Trenberth, K.E. 1991. General Characteristics of El Niño-Southern Oscillation. In (Glantz, M.H., R. W. Katz y N. Nicholls, Edts), Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies. Cambridge University Press, 13-42 pp.

Venrick, E, Bograd, J. S., Checkley, D., Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Hunter, J., Huyer, A., Hyrenbach, K.D., Lavaniegos, B. E., Mantyla, A., Schwing, F.B., Smith, R. I., Sydeman, W. J., Wheeler, P. A. 2003. The State of the California Current, 2002-2003: Tropical and subarctic influences vie for dominance. CalCOFI Rep., Vol. 44:33pp.

Walker, G. T., Bliss, E.W. 1932. World Weather V. Mem., Royal Meteorological Society, 4 (36):53-84.

Walker, G. T., Bliss, E.W. 1937. World Weather VI. Mem., Royal Meteorological Society, 4 (39): 119-139.

Wolter, K., Timlin, M.S. 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. In: Proceedings of the 17 Th. Climate Diagnostic Workshop, Norman, Oklahoma, 52-57.

Wolter, K., Timlin, M.S. 1998. Measuring the strength of ENSO events: How does 1997/98 rank? Weather, 53:315-324.

Woodruff, S.D., Slutz, R. J., Jenne, R. L., Steurer, P. M. 1987. A Comprehensive ocean-atmosphere Data Set. Bull. AMS, 68:1239-1250.

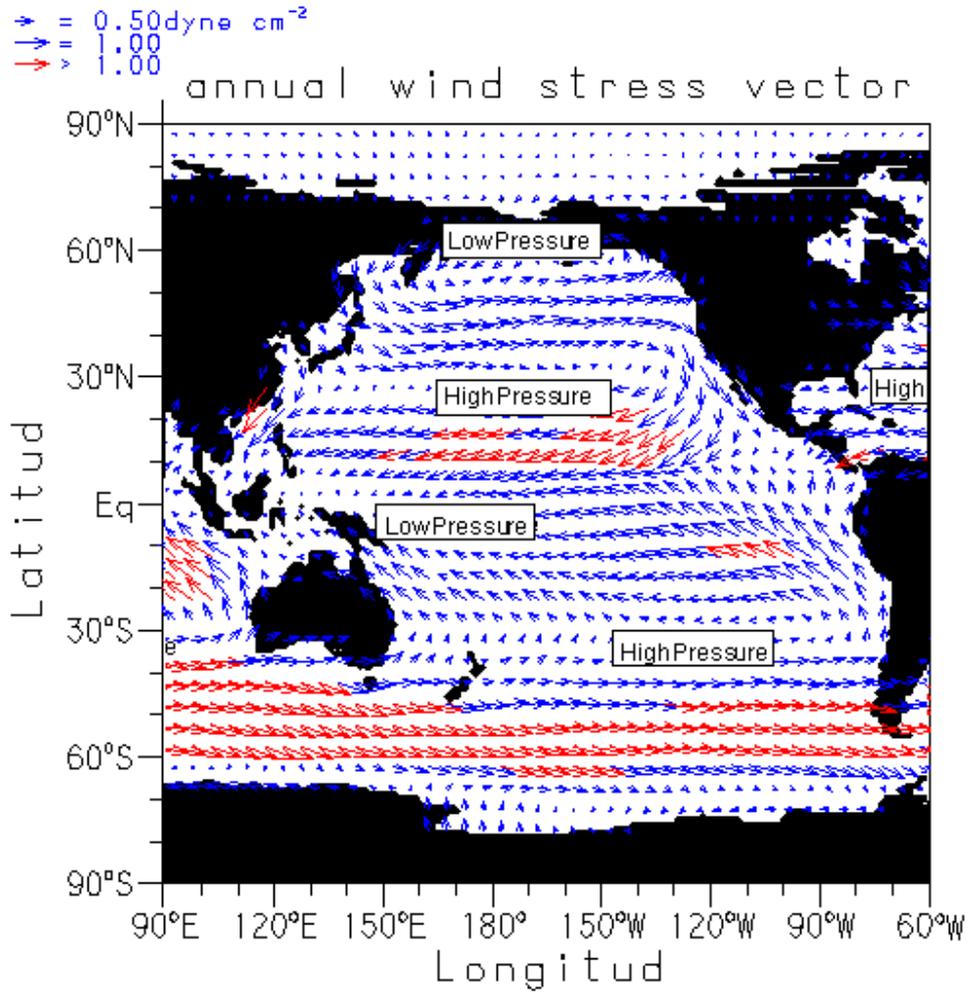


Figura II.1.- Centros de presiones atmosféricas dominantes en el Océano Pacífico: centros de alta presión (AP) del Pacífico N y S y los centros de baja presión (BP) de las Aleutianas y de Indonesia. Tomado y adaptado de Tomczak y Godfrey, 1994.

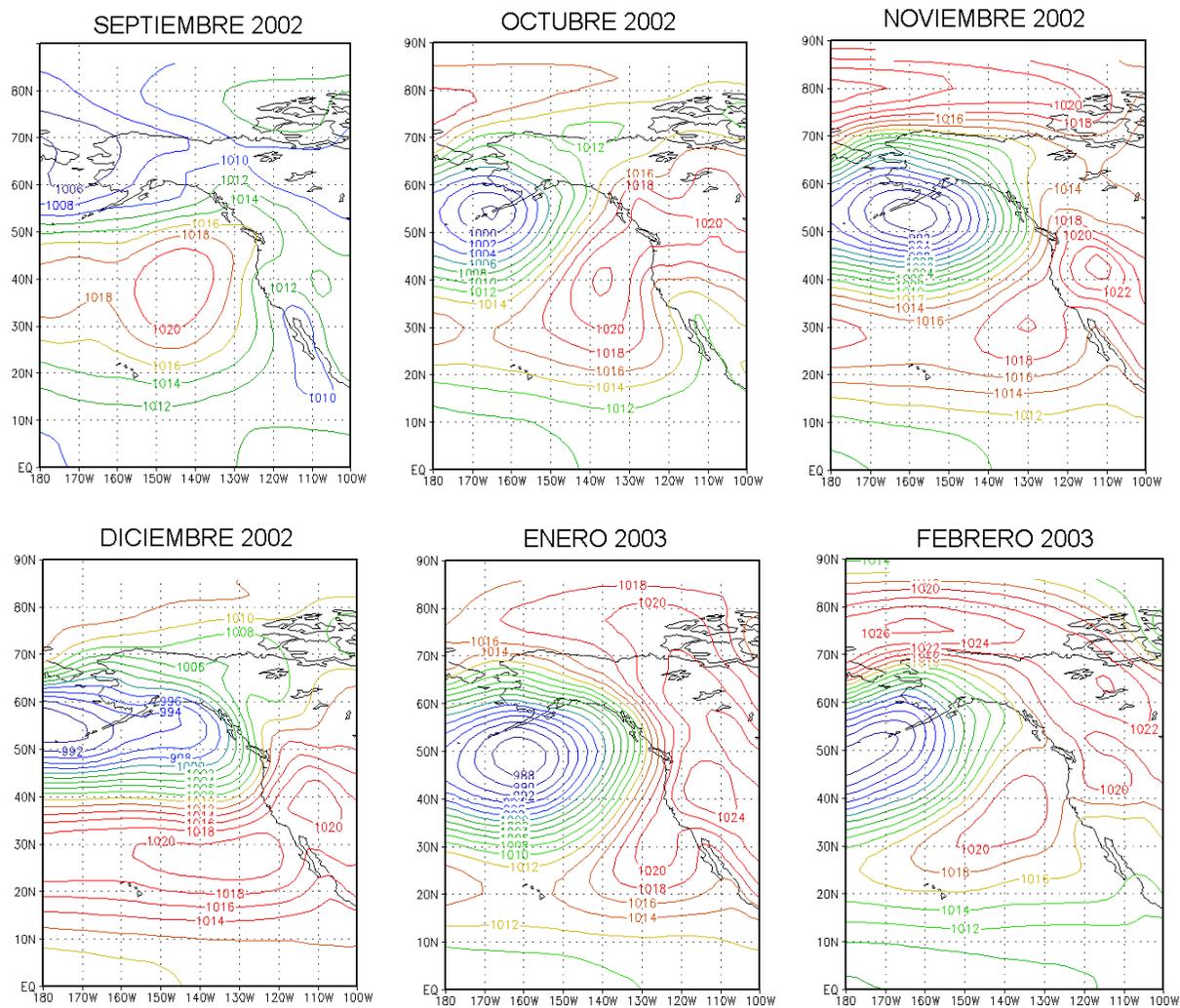


Figura II.2 Campo de presiones atmosféricas (mb) a nivel del mar de septiembre 2002 a febrero del 2003 en la cuenca del Pacífico nororiental durante el evento “El Niño” según el sitio Web: <http://www.cdc.noaa.gov>

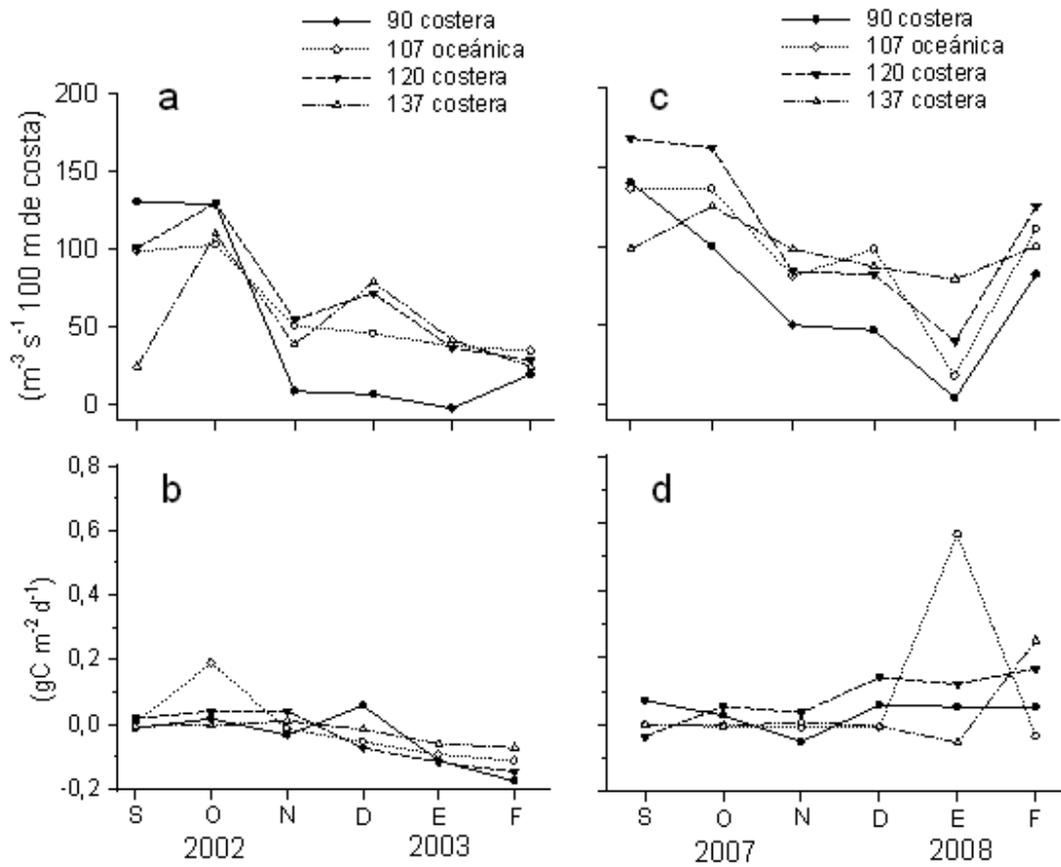


Figura II.3.- Surgencias ($m^3 s^{-1} 100 m de costa$) de septiembre a febrero en “El Niño” 2002-2003 (a) y “La Niña” 2007-2008 (c) obtenido de (<http://www.pfeg.noaa.gov>) y anomalías de Pnueva ($gC m^{-2} d^{-1}$) para los mismos eventos (b, d) de cuatro estaciones cercanas a los puntos de surgencias en la zona de estudio.

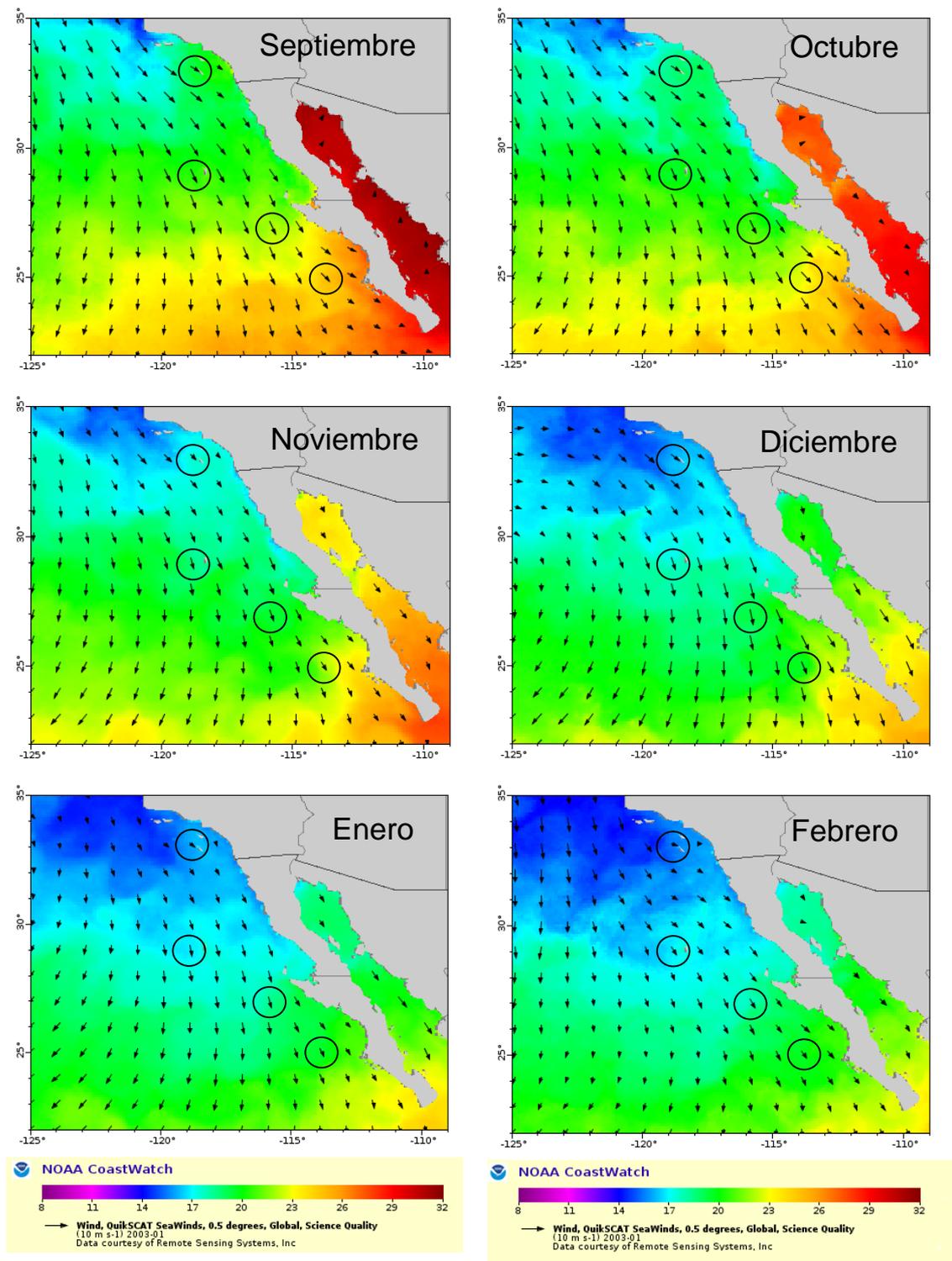


Figura II.4 Campo de temperatura superficial del mar y dirección y velocidad del viento desde septiembre 2002 a febrero del 2003 durante el evento “El Niño” 2002-2003” obtenido de (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/coastwatch/CWBrowser.jsp>). Los círculos representan los lugares donde miden surgencias (<http://www.pfeg.noaa.gov>) que corresponden de N a S a las Líneas 90, 107, 120 y 137.

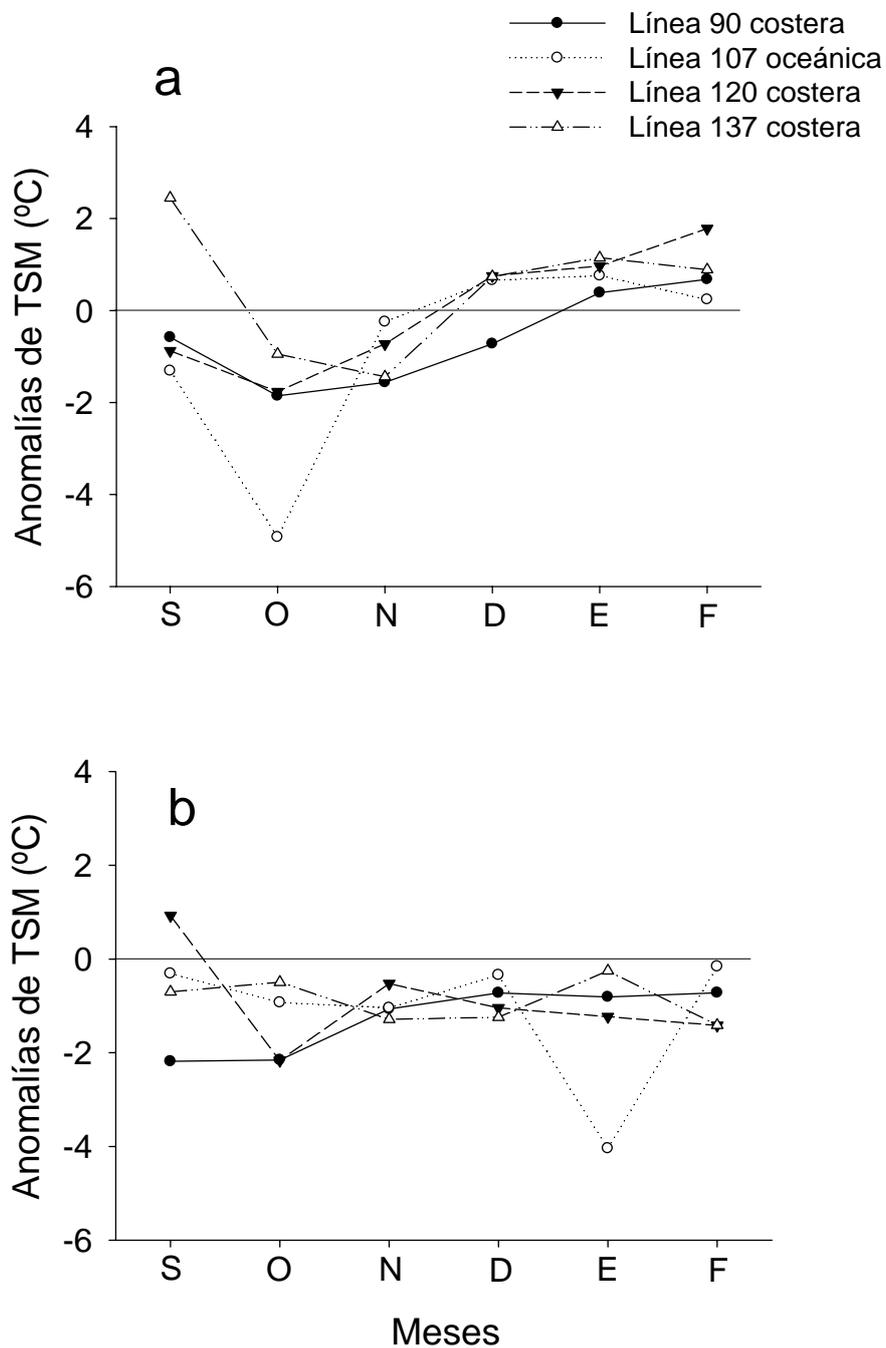


Figura 11.5 Comportamiento de las anomalías de la temperatura superficial del mar de septiembre a febrero en a) "El Niño" 2002-2003 y b) "La Niña" 2007-2008 en las cuatro estaciones concordantes con los puntos de surgencias ofrecidos por el sitio Web: <http://www.pfeg.noaa.gov>.

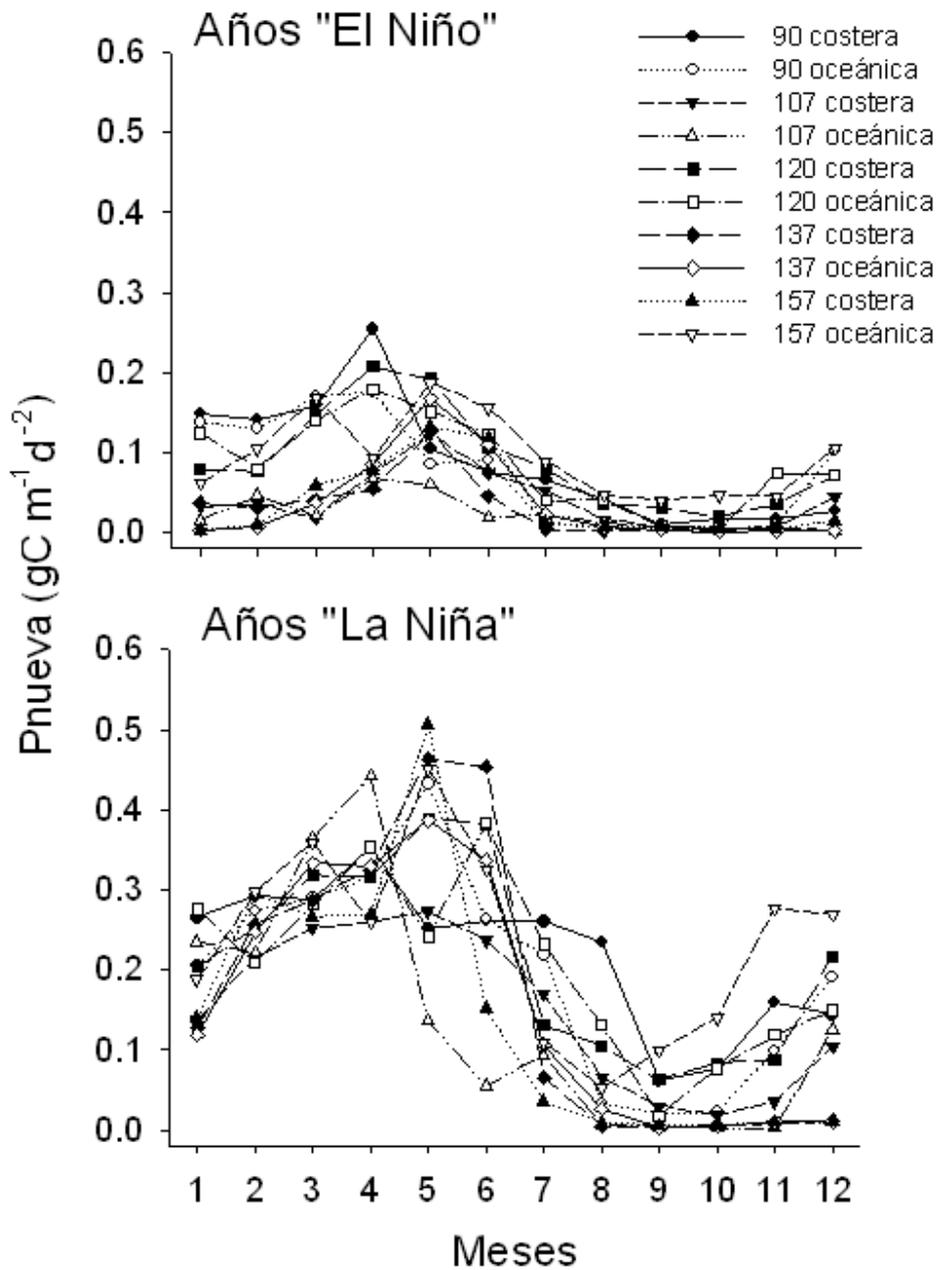


Figura II.6.- Comportamiento por meses de la Pnueva ($\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en siete eventos "El Niño" (1972, 1977, 1983, 1987, 1992, 1997 y 2003) (a) y cinco eventos "La Niña" (1973, 1975, 1989, 1999 y 2008) (b) según el Índice Multivariado del ENSO (MEI), que han afectado la región desde 1970 al 2008.

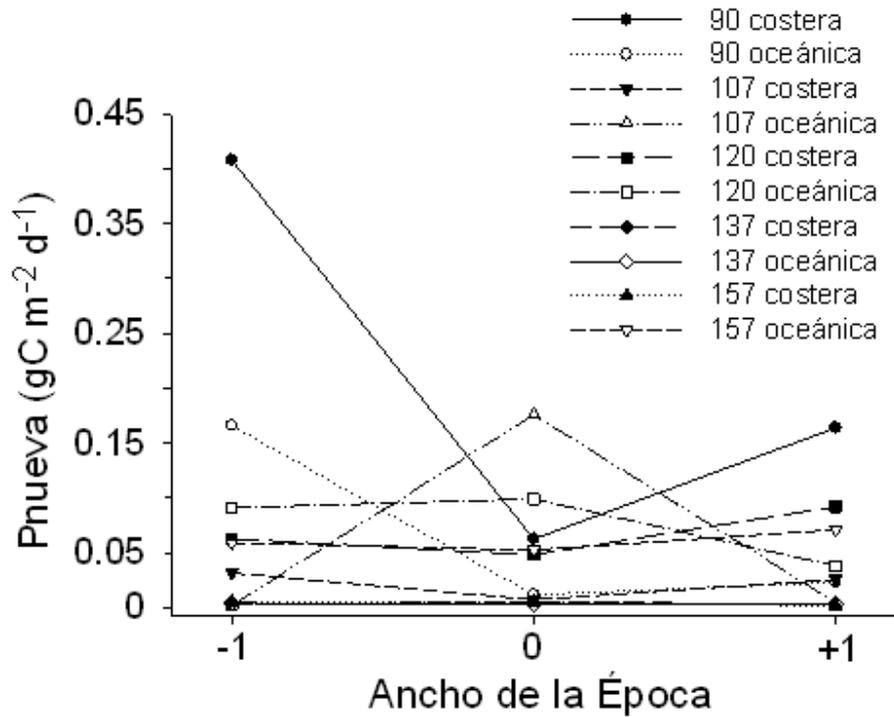


Figura II.7.- Conformación del análisis de épocas superpuestas para los valores medios (septiembre-febrero) de la Pnueva un año antes (-1), durante (0), y un año después (+1) del evento "El Niño" 2002-2003.

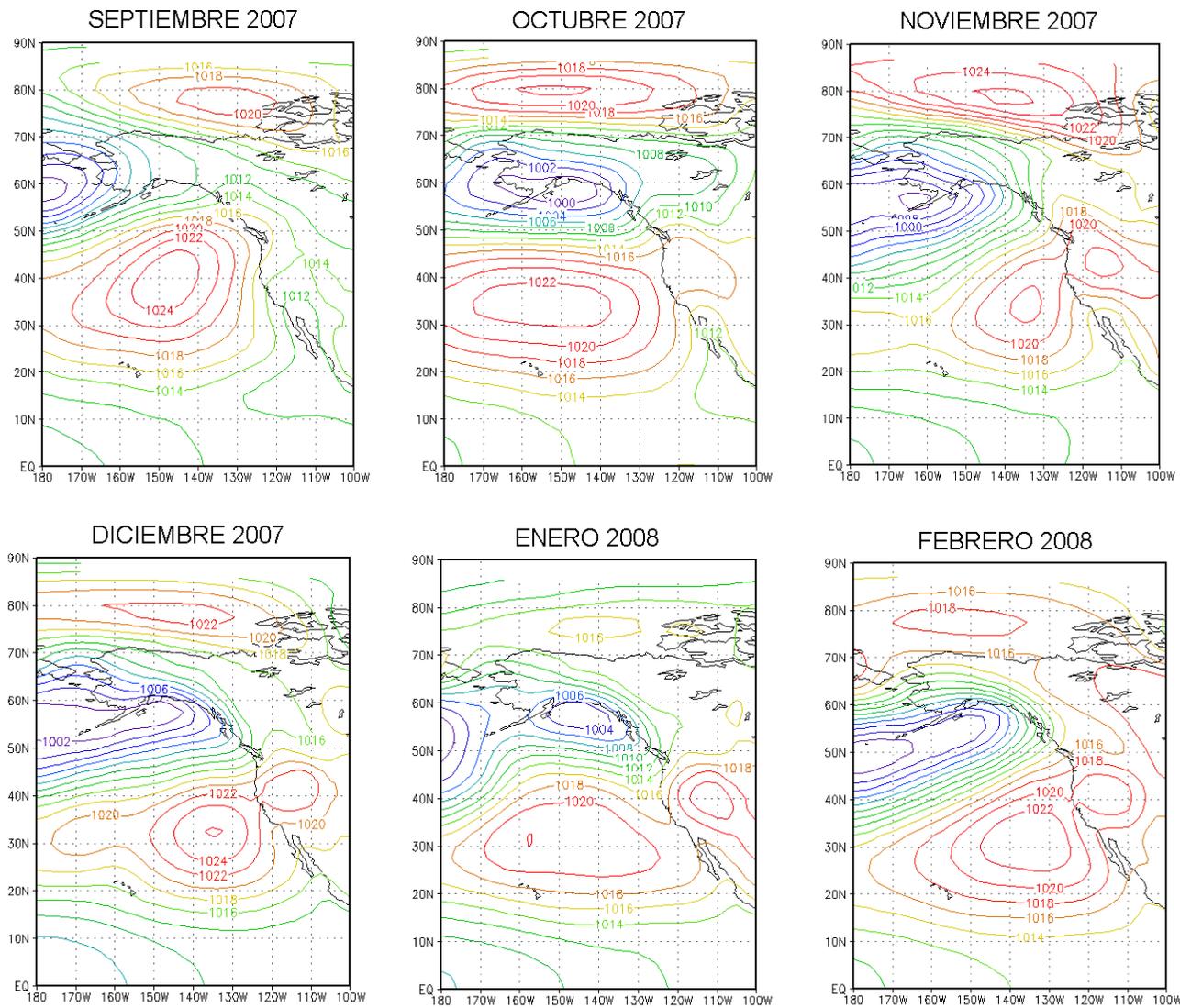


Figura II.8 Campo de presiones atmosféricas (mb) a nivel del mar de septiembre 2007 a febrero del 2008 en la cuenca del Pacífico nororiental durante el evento “La Niña” según el sitio Web: <http://www.cdc.noaa.gov>.

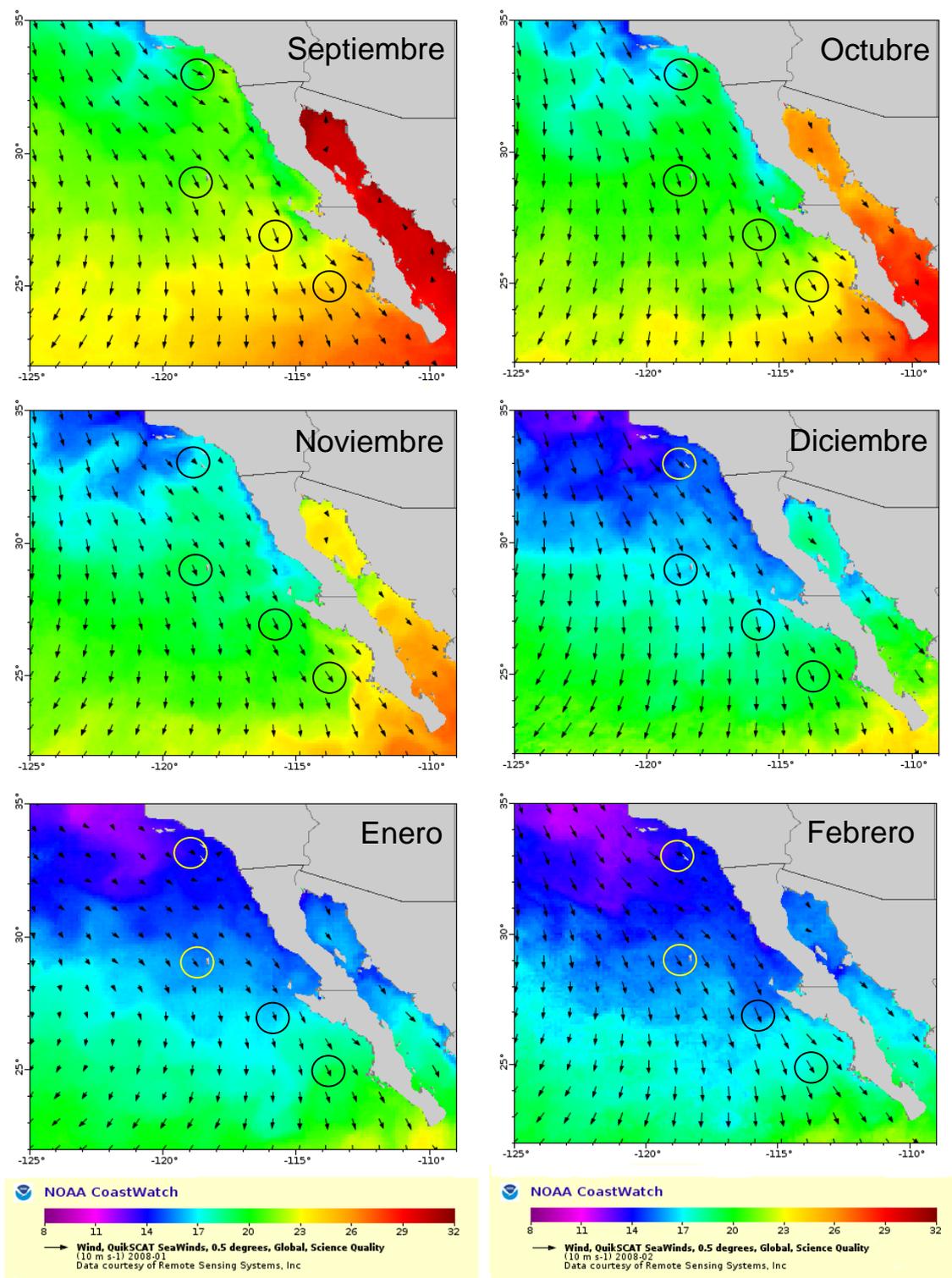


Figura II.9 Campo de temperatura superficial del mar y dirección y velocidad del viento desde septiembre 2007 a febrero del 2008 durante el evento “La Niña” 2007-2008” obtenido de (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/coastwatch/CWBrower.jsp>). Los círculos representan los lugares donde miden surgencias (<http://www.pfeg.noaa.gov>) que corresponden de N a S a las Líneas 90, 107, 120 y 137.

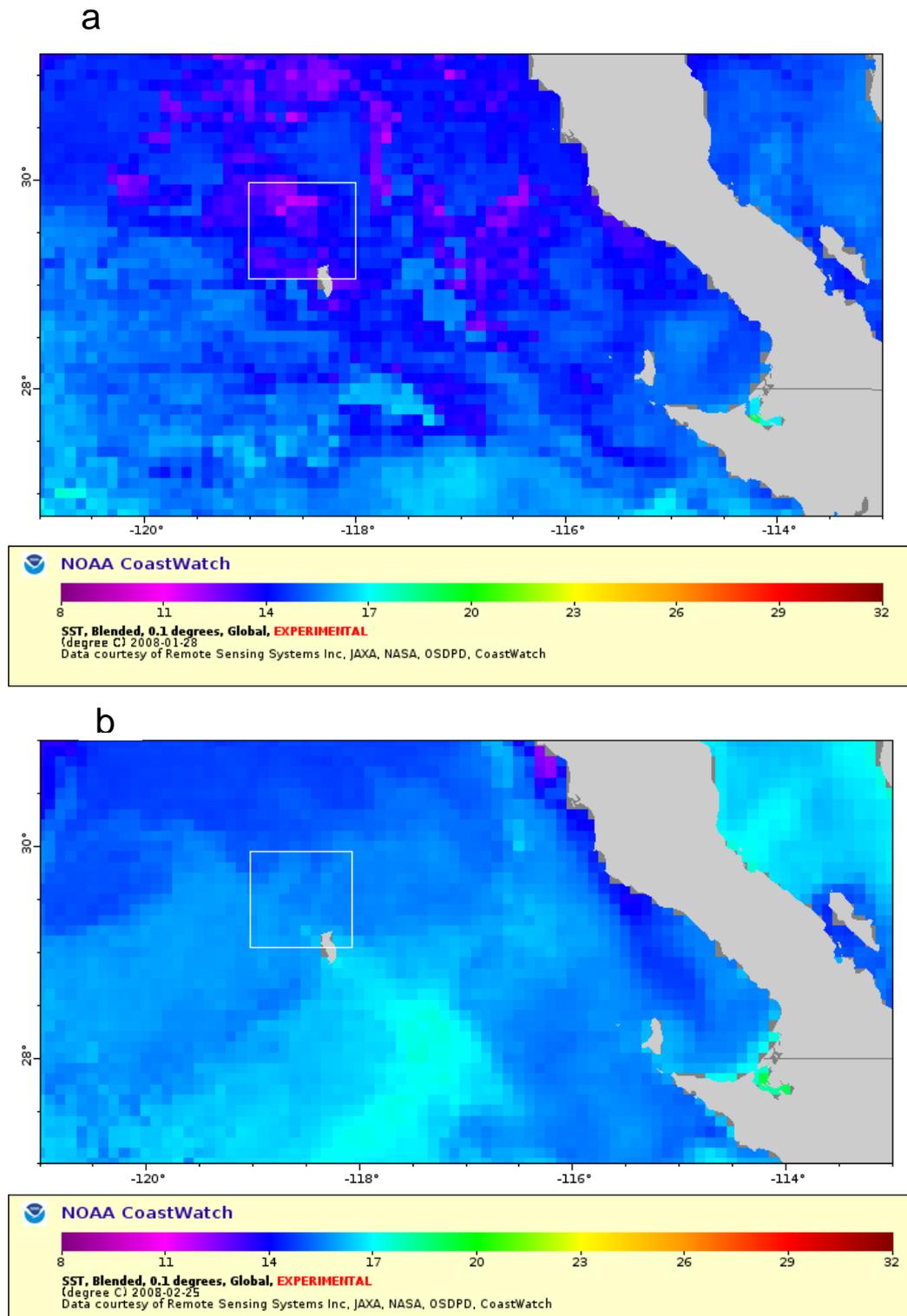


Figura II.10.- Temperatura superficial del mar en la Línea 107 oceánica (esquina SW de los 29°N y 119°W) en enero a) y febrero b) durante el evento “La Niña” 2007-2008 según el sitio Web: <http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/coastwatch/CWBrowser.jsp>. Obsérvese la diferencia marcada de temperatura entre enero y febrero, mismos que se reflejan en altas y bajas anomalías de Pnueva, respectivamente.

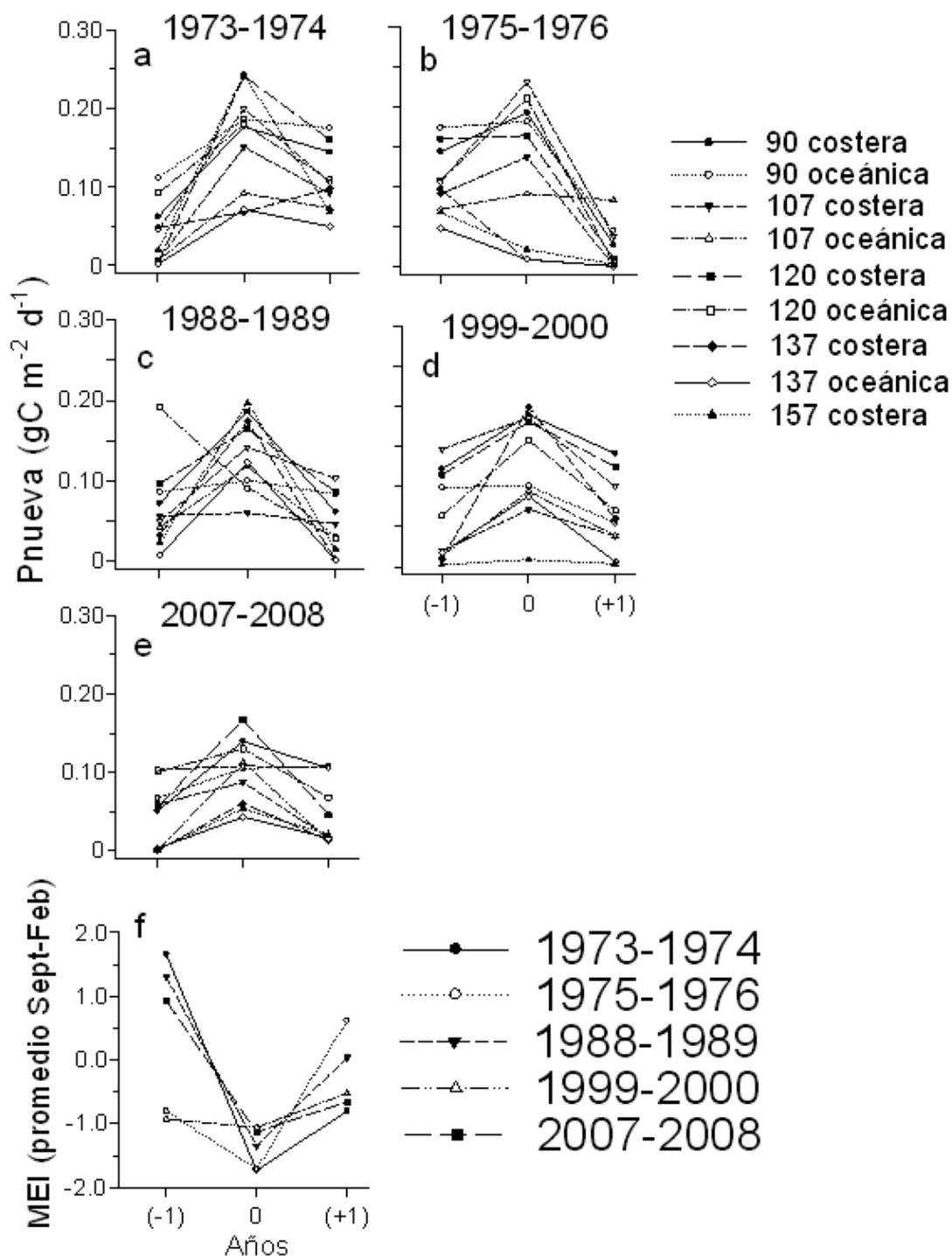


Figura II.11 Conformación del análisis de épocas superpuestas para los valores medios (septiembre-febrero) de la Pnueva (gC m⁻² d⁻¹) un año antes (-1), durante (0), y un año después (+1) del evento “La Niña” representados por los valores medios del MEI (f) para los años a) 1973-1974; b) 1975-1976; c) 1988-1989; d) 1999-2000 y e) 2007-2008.

CAPÍTULO III

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA FASE DE CARACTERIZACIÓN DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	104
RESUMEN.....	107
INTRODUCCIÓN.....	108
OBJETIVO.....	112
HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	112
MATERIALES Y MÉTODOS.....	112
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	117
CONCLUSIONES.....	125
LITERATURA CITADA.....	126
FIGURAS.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1. a) Área escogida de la Red CalCOFI para realizar el estudio físico y biogeoquímico del Pacífico norte mexicano. Se consultaron datos aportados en la zona comprendida desde la Línea 90.26 (33°.551N y 117°.63W) hasta la 90.120 (30°.418N y 124°.00W) y desde la Línea 157.10 (22°.532N y 109°.43W), hasta la 157.80 (20°.199N y 113°.74W), abarcando más de 400 km fuera de la costa y de forma longitudinal.

Figura III.1. b) Área de estudio propuesta para la regionalización para la región del Pacífico norte mexicano: delimitado hacia el océano por la marcación de la ZEE; hacia el continente: por la línea de costa o borde de la plataforma y en profundidad hasta los 100m, donde llega aproximadamente el 1% de luz o zona eufótica.

Figura III.2. Temperatura superficial mes a mes para el año 2003 del Pacífico norte mexicano.

Figura III.3. a) Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) superficial mes a mes para el año 2003.

Figura III.3. b) Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) en 30m mes a mes para el año 2003.

Figura III.4. Regionalización en profundidad con base en la temperatura INVIERNO: 0-50m: RmF norte de los 25°N y RmC sur de los 25°N. 75m: RF norte de Punta Eugenia y RmF sur de Punta Eugenia y resto del área. 100m: RF en toda la zona y RmF al sur del Trópico de Cáncer.

Figura III.5. Regionalización en profundidad con base en la temperatura PRIMAVERA: 0-10m: RmF penetrando en forma de lengua pegado a la costa de la PBC hasta Los Cabos. RmC sur del Trópico de Cáncer. 30-50m: RF penetrando en forma de lengua pegado a la costa desde Bahía de Ballenas con dirección norte de Isla Guadalupe. RmF resto del área hasta el SW de la ZEE con condiciones de RmC. 75m: RF norte de los 26°N y RmF el resto del área. 100m: RF toda el área de estudio, principalmente áreas de surgencias desde Ensenada hasta Punta Baja.

Figura III.6. Regionalización en profundidad con base en la temperatura VERANO: 0-50m: RmF norte de 27°N y RmC al sur de 25°N. 75m: toda la zona se comporta como RmF. 100m: RF al norte de 25°N y sur de 25°N RmF.

Figura III.7. Regionalización en profundidad con base en la temperatura OTOÑO: 0-10m: RmC todo el norte con isotermas perpendiculares a la costa en región de Punta Eugenia. RC de Bahía Banderas hacia el sur perpendicular a la costa de la PBC. 30-50m: RmF todo el norte hasta zona de Bahía de Ballenas y RC sur de los 25°N para 30m y RmC sur hasta 25°N en 50m. Una cuña de agua cálida proveniente de la región ecuatorial se refleja desde superficie a 50m. 75m: RmF en la zona de estudio excepto al SW de Los Cabos con RmC 100m: RF de Bahía de Ballenas hacia el norte en zona costera y oceánica. RmF de Punta Eugenia al sur perpendicular a la costa.

Figura III.8. Regionalización en profundidad con base en la Temperatura del mar ÉPOCA FRÍA: (DEFMAM). 0-10m: Punta Eugenia marca superficialmente la frontera entre aguas RmF al norte y RmC al sur. 30m: norte del Trópico de Cáncer RmF y al sur RmC. 50m: RmF en toda el área de estudio. 75m: RF de Punta Eugenia al W perpendicular a la costa. RmF sur de los 26°N. 100m: RF toda el área de estudio.

Figura III.9. Regionalización en profundidad con base en la Temperatura del mar ÉPOCA CÁLIDA: (JJASON). 0-10m: RmC al norte del Trópico de Cáncer y RC al sur de Bahía Magdalena. 30m: RmF en la zona norte de Punta Eugenia, RmC en el resto del área. 50m: RmF al norte de Punta Eugenia y RmC al sur de Bahía Magdalena. 75m: RmF en toda la zona. 100m: Bahía de Ballenas marca el límite entre RF al norte y RmF al sur.

Figura III.10. a) A la izquierda en blanco y negro, campo de temperatura a 10m para enero (Venrick *et al.* 2003) y abril del 2003 (Goericke *et al.* 2005). A la derecha y a color el campo de temperatura a 10m para la misma fecha propuesta en Hernández-de la Torre (este artículo).

Figura III.10. b) A la izquierda en blanco y negro, campo de temperatura a 10m para julio y octubre del 2003 (Goericke *et al.* 2005). A la derecha y a color el campo de temperatura a 10m para la misma fecha propuesta en Hernández-de la Torre (este artículo).

Figura III.11. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) INVIERNO: 0-10m: RO al norte de los 24°N y RM al sur de los 23°N . 30-50-75m: RM al norte de los 30°N y sur de los 25°N . RO presente como cuña entre los 25° y 30°N . 100m: RO toda la zona de estudio.

Figura III.12. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) PRIMAVERA: 0m: RO zona oceánica fuera de la costa hasta los 25°N . RM en zona costera desde norte de ZEE hasta Punta Eugenia y sur del Trópico de Cáncer. 10m: RO en el área oceánica fuera de la costa hasta los 24°N . RM en zona costera desde límite de la ZEE al norte hasta sur de Punta Eugenia. RM al sur del Trópico de Cáncer. 30-50m: RO zona oceánica desde los 117°W y 26°N . RM todo el sur y zona costera de la PCB. RE de Bahía de Ballenas hasta Punta Magdalena y zonas asociadas a giros anticiclónicos al W de Punta Eugenia. 75m: RO zona oceánica desde los 118°W y 27°N y RM resto del área. 100m: RO en toda la zona de estudio.

Figura III.13. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) VERANO: 0-10m: RO en toda el área. 30m: RO al norte de la zona de Bahía de Ballenas y al sur RM. 50m: RM al sur de los 26°N y RO al norte de la zona de estudio. 75m: RO al norte de la zona de Bahía de Ballenas y RM al sur. 100m: RO en toda la zona.

Figura III.14. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) OTOÑO: RO en todo el área de estudio con valores cercanos a RM al sur de Los Cabos y extremo W de la ZEE.

Figura III.15. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) ÉPOCA FRÍA (DEFMAM). 0-10m: RO al norte del Trópico de Cáncer y RM cerca del suroeste de la ZEE; 30-50m: RO por intrusión de aguas del Pacífico Central hasta cercanías de Punta Eugenia y RM desde la frontera norte de la ZEE al sur bordeando zona costera de BC y resto de la ZEE. 75-100m: RO en toda el área de estudio.

Figura III.16. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) ÉPOCA CÁLIDA (JJASON). 0-10m: RM en la zona de Bahía Sebastián Vizcaíno y Punta Eugenia, el resto RO. 30m: RO como intrusión de aguas del Pacífico Central al oeste y sureste de la Isla Guadalupe y región sur del Trópico de Cáncer. RE desde Punta Baja, Bahía Sebastián Vizcaíno y Punta Eugenia. RM el resto de zona oceánica hasta sur de Bahía Magdalena. 50m: RM en área oceánica y RE en zona costera desde Punta Baja hasta el sur de Bahía Magdalena. RO sur del Trópico de Cáncer. 75m: Trópico de Cáncer dividiendo la zona de estudio al norte RM y sur RO. 100m: RO en toda el área de estudio.

Figura III.17. a) Desviación estándar de la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) en Época Cálida y b) Época Fría desde superficie hasta los 100m. Se interpreta como la desviación del valor del alimento nuevo en áreas concentradas desde superficie hasta los 100m. En el caso de la Época Cálida, se indican las áreas de mayor concentración de Pnueva desde Punta Eugenia al S de Bahía Magdalena. Un área Oligotrófica del Pacífico Central se manifiesta con baja desviación al igual que el S cerca de Los Cabos. En el caso de la Época Fría hay que destacar que el invierno del 2002-2003 (EFM) se presentó un evento “El Niño” débil y esto pudo haber ocasionado baja producción en los primeros meses que repercutió en la época fría.

Figura III.18. a) Muestra la distribución de los huevos de sardinas y anchoveta en superficie (Baumgartner *et al.* 2008) del 4 al 24 de abril del 2003. La línea discontinua representa la frontera de transición entre el hábitat de desove de la sardina y la anchoveta. En los mapas de Pnueva b), además de mostrar la profundidad de los desovadores (padres), brinda también la posibilidad de aumentar una escala más con el alimento nuevo; c) muestra la temperatura de abril 2003 a 10m y la localización aproximada de los huevos a temperaturas entre 14 y 17°C.

Figura III.19. a) Datos combinados de CalCOFI-IMECOCAL para indicar el acoplamiento biofísico a macroescala entre la región central y S de las Californias en abril del 2000, combinando la circulación en superficie y concentración de volúmenes de zooplancton según Baumgartner *et al.* 2008. b) Pnueva a 30m en la primavera del 2003. Aunque ambas figuras no corresponden a la misma fecha, se puede constatar la similitud de las áreas de Pnueva con altas concentraciones de zooplancton en la región de Punta Eugenia y San Quintín y se muestra además como coincide la zona de intrusión de aguas oligotróficas del Pacífico Central con tendencia a la disminución tanto de zooplancton como de Pnueva.

Figura III.20. Señala la similitud de las área de Pnueva con la distribución de biomasa fitoplanctónica, concentraciones de macrozooplanton y densidad promedio de larvas de peces neríticos, pelágicos y bentónicos según Lluch-Belda, (2000) para Punta Baja, Bahía Sebastián Vizcaíno y el Golfo de Ulloa a). Al igual que la figura anterior, se muestra la coincidencia de la zona de intrusión de aguas Oligotróficas del Pacífico Central con tendencia a la disminución tanto de biomasa fitoplanctónica, concentraciones de macrozooplanton como de Pnueva b).

Figura III.21. a) Cambios en la distribución de abundancias de tres poblaciones de la sardina del Pacífico propuesto por Bakun, 2005. En la fase de baja abundancia muestra las inmediaciones de Bahía Sebastián Vizcaíno hasta al S de Bahía Magdalena, mientras que la fase de abundancia alta señala desde la costa W de La Paz, BCS, hasta Canadá. b) La Época Cálida de la Pnueva a 50m señala la posible causa de concentración de estas poblaciones de sardinas.

RESUMEN

Los trabajos de regionalización para el OEM en México carecen de un método que integre la variabilidad espacio-temporal de la física y biogeoquímica marina en la ZE, limitándose a análisis generales y descriptivos de la zona a ordenar. Por la necesidad de contar con una metodología que integre una verdadera regionalización marina, se realizó un ejercicio para el año 2003 donde se propone modelar la temperatura y producción primaria nueva (Pnueva) en dos dimensiones: superficie y profundidad hasta los 100m. Se utilizaron datos de la TSM (1952-2002) en la región CalCOFI-IMECOCAL. La temperatura se ordenó considerando la superficial en agrupaciones de 0.5°C, respetando la forma del perfil de temperatura con la profundidad. Con base en el MEI los datos de temperatura se separaron en años “El Niño”, “La Niña” o “normales”. Se obtuvieron los perfiles verticales climatológicos (PVC) desde superficie hasta los 200m. Estos se convirtieron a nitratos a partir de modelos estadísticos de la relación temperatura-nitratos calculados para la región. La Pnueva por profundidad se obtuvo mediante la multiplicación de la PPz y la razón-fz. Se confeccionó un algoritmo que permite adaptar los PVC a imágenes de TSM por el sensor AVHRR para el año 2003. Con este procedimiento se confeccionaron mapas para superficie (0m), 10, 30, 50, 75 y 100m de profundidad de la temperatura, nitratos, razón-fz, PPz y Pnueva. Este último parámetro a partir de registros de imágenes de temperatura del AVHRR y el color y la radiación fotosintéticamente activa (luz PAR) del sensor SeaWiFS. Los resultados muestran la dinámica secuencial del océano desde la superficie hasta los 100m frente a la Península de Baja California, variando de la costa al océano y de forma latitudinal. Se observó la presencia de una zona de aguas oligotróficas a distintas profundidades proveniente del Pacífico central alrededor de los 30°N. Tanto la temperatura como la Pnueva, presentaron contornos que responden a penetraciones de agua subsuperficiales, giros, surgencias y frentes. Los máximos de la Pnueva se presentan entre los 30 y 50m en primavera-verano y los mínimos durante otoño. Con estos resultados se presenta una propuesta de regionalización marina con base en la temperatura y en la Pnueva y se discuten aspectos importantes que califican a la temperatura y Pnueva como multiatributos para la Fase de Caracterización del OEM del Pacífico Norte Mexicano (PNM).

INTRODUCCIÓN

La LGEEPA y su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico, establecen la competencia de la SEMARNAT en la formulación, aplicación, expedición, ejecución, evaluación y modificación de los programas de OEM. Asimismo, definen el carácter vinculante de esta modalidad promoviendo la participación y la coordinación de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal como son la SEMARNAT, SEDESOL, SEMAR, SAGARPA, SECTUR, SRA, SEGOB, SCT, SENER, PEMEX y CFE. De acuerdo con los términos de la LGEEPA y de la Ley Federal del Mar, los Programas de OEM tienen por objeto establecer los lineamientos y las previsiones a que deberá sujetarse el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad en las zonas marinas mexicanas y sus zonas federales adyacentes. La fase de caracterización marina es de vital importancia porque delimita el área a ordenar. La regionalización ecológica permite la definición del área con ventajas para realizarse a diferentes niveles jerárquicos, haciendo énfasis en las condiciones homogéneas desde el punto de vista físico-biótico. (INE, 2006).

En la práctica, aún no existe una regionalización basada en su aspecto puramente marino. Sin embargo, algunos trabajos han incorporado un componente oceanográfico como el de Merino (1987), en el que distingue siete zonas costeras, poniendo el borde de plataforma como límite oceánico de la zona costera, y la isohipsa de los 200 m sobre el nivel medio del mar como límite continental. La Secretaría de Marina (SEMAR) por otro lado, reconoce regiones y subprovincias dentro de la ZEE (INEGI, 2009) definidas por características oceanográficas geológicas, biológicas, físicas y químicas. Arriaga *et al.* (1998) y Botello *et al.* (2000), reconocen siete provincias costeras y cinco provincias oceánicas en los mares mexicanos. Las provincias costeras se establecen entre el borde de plataforma y la isohipsa de 15 m sobre el nivel medio del mar; y las oceánicas, por el borde externo de la plataforma continental y hasta el límite de la ZEE. Ambas contribuciones contienen la recomendación de Sorensen y Brandani (1987) acerca de incluir porciones marinas y terrestres para definir zonas costeras.

El Instituto Nacional de la Pesca (1994) elaboró su propia regionalización en función de la explotación de los recursos bióticos-pesqueros en los mares mexicanos en el Atlas Pesquero. World Wildlife Fund, dividió al país en cinco regiones para la conservación de zonas costeras y marinas, mientras que la CONABIO diseñó una regionalización que considera áreas prioritarias de conservación (Arriaga *et al.* 1998, tomado de Espejel y Bermúdez, 2009).

Bezaury *et al.* (1996) y Gutierrez y Bezaury (2001), realizaron una propuesta de regionalización marina como parte del "Proyecto Mapeo de Ecosistemas Marinos y Estuarinos de

Norte América (B2B)” y también se realizó la propuesta de “Eco-regiones Marinas de Norte América” para la Comisión de Cooperación Ambiental (Wilkinson *et al.* 2003) que incluyen parte sur del Golfo de México, el Mar Caribe, el Pacífico Mexicano, la Zona de transición del Pacífico Mexicano, Golfo de California y Pacífico Sur Californiano. Se estima que estos trabajos fueron un ejercicio importante donde se realizaron distintas clasificaciones de ecosistemas estuarinos y marinos de Canadá, Estados Unidos y México.

El I Taller de Aproximaciones Metodológicas al OEM se celebró en noviembre del 2004 en la Ciudad de México, con la intención de concentrar los aspectos metodológicos de la regionalización marina integrados en Mesas Costera, Marina, Biológica y Socioeconómica. Dos años más tarde el II Taller de OEM trabajó el tema “Visión integrada de la regionalización”, donde se señaló la necesidad de tener una regionalización que reflejara mejor los procesos biofísicos del medio marino, incorporando otras variables para complementar el modelo desarrollado para la temperatura superficial del mar, así como tratar de generar modelos más complejos (Córdova *et al.* 2009). El III Taller de Expertos en el OEM realizado en Ciudad México, en octubre del 2007, tuvo como aporte principal la Integración de Ambientes Terrestres y Marinos en la Zona Costera en particular en la Mesa del PNM. Se señalaron los factores generales que dominan en esta región: zonas de surgencias, aumento de la producción primaria y disminución de la temperatura con un aumento de nutrientes (GEA, 2007).

En el año 2004 y 2008 se llevaron a cabo las regionalizaciones marinas del Golfo de California y Golfo de México, respectivamente, a partir de datos de PP tomados de trabajos realizados en el área por Santamaría-del-Ángel *et al.* (1994) y/o imágenes tanto de temperatura superficial como de clorofila integrados en la columna de agua disponible en la Bitácora Ambiental del Golfo de California, según el sitio Web de la SEMARNAT: http://www.semarnat.gob.mx/queessesemarnat/politica_ambiental/ordenamientoecologico/Pages/bitacora_golfo.aspx y en la Bitácora Ambiental del Golfo de México en el sitio Web: http://www.semarnat.gob.mx/queessesemarnat/politica_ambiental/ordenamientoecologico/Pages/bitacora_ambiental_golfo_mexico.aspx

En el caso específico del OEM existe aún poca experiencia a nivel técnico e institucional para su desarrollo, ejecución y seguimiento. Con el impulso metodológico que coordina el INE con investigadores en la materia, así como con la elaboración del programa de OEM del Golfo de California, se espera generar la experiencia necesaria a nivel técnico e institucional que permita ir mejorando los próximos ejercicios en la materia Rosete *et al.* (2006).

Durante el I Taller de OEM la Mesa Oceánica aprobó presentar una regionalización enfocada en la necesidad de ofrecer una representación espacial dinámica, principalmente de

temperaturas superficiales, que se correlacionaran con la presencia de clorofila y consecuentemente con la productividad primaria (Córdova *et al.* 2006) de esta idea, parte el origen y justificación de la presente regionalización.

¿Por qué la producción nueva y no la producción primaria total? Porque la primera hace más fácil entender lo que está ocurriendo en el ecosistema. La Pnueva es considerada como una porción importante de la producción primaria total, y está definida por Dugdale y Goering (1967) como la producción primaria en la ZE resultante de la aparición de nitratos (NO_3) alóctonos provenientes de aguas profundas. Se puede conceptualizar mediante un modelo de caja: la producción nueva son los nutrientes que ingresan nuevos a la misma desde fuera de la ZE, mientras que la producción regenerada es producto del reciclaje de estos nutrientes. La Pnueva permite semicuantificar la extracción y exportación de materia orgánica del ecosistema pelágico sin colapsarlo, vital para la sustentabilidad en las capturas de peces de interés comercial, ya que las mismas están controladas por la producción de carbono orgánico nuevo a través de su consumo por organismos de niveles tróficos mayores en la ZE y de su transporte vertical hacia el fondo marino (Chen-Tung, 2003).

Pielou (1979), Hayden *et al.* (1984) y Zacharías y Roff (2000), refieren que la regionalización basada en el entorno físico, es generalmente un buen medio para predecir respuestas de las regiones bióticas. Bocco *et al.* (2001), señalaron que la vegetación y los suelos tienden a variar en forma predecible dentro de una unidad de relieve y además señaló que éstas son clasificadoras integradas del paisaje.

Si tomamos el color del mar (fitoplancton marino) como una analogía de la vegetación terrestre y la temperatura del mar como el suelo donde crece la vegetación, e interpretamos el "paisaje" como "paisaje marino" dentro del concepto de ordenamiento, entonces no estaremos alejados del camino para justificar la cimentación de la propuesta de regionalización marina basada en la temperatura y la Pnueva por dos razones: primero el color del mar quien representa al fitoplancton por los pigmentos fotosintéticos y en última instancia, es quien altera el color del océano adquiridos por sensores remotos; y segundo, la temperatura de la superficie del mar se reconoce como la 'huella digital térmica', que imprimen diversos procesos mecánicos y termodinámicos que ocurren en la interface océano-atmósfera; y también de diversos fenómenos dinámicos del océano que tienen una expresión térmica en la superficie del mar (Gallegos García, *et al.* 2003).

Los procesos de surgencias costeras que transportan temperaturas bajas y altos nutrientes a la superficie (fuentes de aporte de nitratos), son fundamentales para que se lleve a cabo la fotosíntesis originando más pigmentos fotosintéticos. El color del mar es un indicador de

las propiedades bio-ópticas y de la estructura de la comunidad del fitoplancton marino (Eppley 1972; Bouman *et al.* 2003). Como se debe notar, la física meteorológica y oceanográfica controla la biología y el resultado de ello es el aumento de la productividad primaria. Si bien las variables a considerar en la regionalización marina, y el orden en el que son incorporadas, difieren de las consideradas en una regionalización terrestre, su conceptualización es la misma, y está definida por un procedimiento metodológico que comienza con las variables de mayor estabilidad geográfica en el tiempo, para concluir con las variables que presentan un mayor dinamismo de cambio sobre el territorio (Bocco *et al.* 1999).

Es conocido que la Pnueva no se puede medir de forma directa a través de la percepción remota por no existir una expresión electromagnética que pueda ser correlacionada directamente con ella. En este sentido, diferentes grupos de investigadores han calculado la Pnueva usando imágenes de sensores remotos de diferentes maneras: mediante la relación temperatura-nitratos usando barcos mercantes, investigaciones *in situ* y temperatura por satélite (Goes *et al.* 2000, 2001, 2004; <http://bigelow.org/elnino/ssn.htm>), usando imágenes de la TSM del AVHRR o del MODIS, también conociendo la razón-*f* y la Ptotal, (Martínez-Gaxiola, 2007) y con modelos que determinan el máximo profundo de clorofila (Sathyendranat *et al.* 1991) o la relación de Chl *a* con la Pnueva (Kudela y Chavez, 2002) por citar algunos.

Utilizando la base de datos de la red CalCOFI desde 1949 hasta 1984 y la continuación de la misma por IMECOCAL a partir de 1997 hasta el presente, se ha podido construir un algoritmo que permite realizar el cálculo de la Pnueva en profundidad único en la región. La técnica de calcular la Pnueva por estimaciones *in situ* y por sensores remotos a bordo de satélites, ha ganado importancia y aceptación entre investigadores, ya que es una herramienta útil para determinar grandes áreas de producción fitoplanctónica (Kudela y Dugdale 1996, Dugdale *et al.* 1997, Watts *et al.* 1999, Carr, 2001, Henson *et al.* 2003 y Coles *et al.* 2004).

La presente tesis recomienda una metodología para conocer que sucede debajo de la superficie marina con los procesos físicos y biogeoquímicos con el fin de regionalizar el océano dentro de la ZEE de México mediante el estudio de la Pnueva que es representativa de nutrientes nuevos que llegan a la ZE y que mediante la fotosíntesis da inicio a la cadena trófica, proceso ecológico responsable de la vida en el medio marino y la mayor fuente de oxígeno en la tierra.

La propuesta de regionalización marina en profundidad del PNM expuesta en la presente tesis, está alineada con la “Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas” (SEMARNAT, 2007), propuesta por el Presidente Felipe Calderón el 21 de

enero del 2007, como marco rector de la Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de los Océanos y Costas que dirigen la SEMARNAT y el INE.

OBJETIVO

Ofrecer una propuesta metodológica de regionalización marina en profundidad para el PNM basada en el cálculo de la Pnueva en $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$ que auxilie a todos los usuarios del OEM (Pesca Industrial, Ribereña, Turismo, Acuacultura, Grupos Indígenas, Sector Académico) además de la SEMARNAT, SAGARPA, SEMAR y SCT.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las áreas de mayor y menor aporte de Pnueva así como de temperatura, pueden ofrecer el mapa base que coadyuve a la regionalización del PNM.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó la base de datos del programa CalCOFI para las variables de temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) y nitratos (NO_3) disponible en el sitio Web (<http://www.calcofi.org>) del Instituto de Oceanografía de Scripps (SIO), de la Universidad de California en San Diego (UCSD), desde enero de 1952 a diciembre del 2002 y los datos de la red IMECOCAL (<http://imecocal.cicese.mx>) desde 1997 hasta el 2008. Para el estudio físico y biogeoquímico, se trabajó desde la Línea 90.28 ($33^{\circ}.551\text{N}$ y $117^{\circ}.63\text{W}$) hasta la 90.120 ($30^{\circ}.418\text{N}$ y 124.00W) y en el sur, desde la Línea 157.10 ($22^{\circ}.532\text{N}$ y $109^{\circ}.43\text{W}$), hasta la 157.80 ($20^{\circ}.199\text{N}$ y $113^{\circ}.74\text{W}$) (Fig. III.1a), abarcando más de 400 km de la costa hacia el océano y de forma longitudinal. Con vistas a la implementación de la regionalización marina, se utilizó una máscara superpuesta a la zona de estudio, para delimitar el área de la Zona Económica Exclusiva (INEGI, 2009).

Perfiles verticales climatológicos (PVC)

Los datos de temperatura del mar se ordenaron considerando sólo la temperatura superficial en agrupaciones cada 0.5°C tomando como referencia desde la temperatura más fría hasta la más cálida. El intervalo es aceptable si se considera que la aplicación de este trabajo es para fines de regionalización marina. Los perfiles sólo fueron tomados en cuenta en los primeros 200 metros de profundidad, divididos en profundidades estándar (0, 10, 30, 50, 75, 100, 125, 150 y 200 metros) mismas profundidades que existen desde 1949 por la red CalCOFI. Se eliminaron aquellos perfiles que contaran con datos menores a 200m, mientras que los mayores se recortaron a esa profundidad, revisándose minuciosamente todos los datos para detectar

posibles errores, ya que los datos de los perfiles podían venir con una profundidad adicional a los estándares. Los errores se subsanaron mediante un sencillo programa en Excel. Los perfiles se separaron por años desde 1952 hasta 2002 y después se clasificaron de acuerdo al MEI (Wolter y Timlin 1993; 1998), en años ENOS, (1952, 57, 58, 65, 69, 72, 77, 80, 82, 83, 87, 91, 92, 93, 94, 97, 2002); “La Niña” (1954, 55, 56, 62, 64, 67, 70, 71, 74, 75, 85, 89, 99, 2000); y “Año Normal” (1953, 59, 60, 61, 63, 66, 68, 78, 81, 84, 86, 88, 90, 95, 96, 98, 2001), según la página Web: http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso.mei_index. Este índice representa el análisis de componentes principales de seis campos observados en el Pacífico Ecuatorial como son: presión a nivel del mar; componente superficial del viento norte-sur; componente superficial del viento este-oeste; TSM-COADS (Wolter y Timlin, 1993, 1998) temperatura del aire y cantidad de nubes, que se combinan entre sí. Posterior al agrupamiento se obtuvo la media, la desviación estándar, el máximo y el mínimo para cada profundidad por rango de temperatura y para los años anteriormente señalados. A estos perfiles en profundidad se les denominó, perfiles verticales climatológicos (PVC) y son la media por profundidad por cada año agrupados por los eventos oceanográficos de “El Niño”, “La Niña” y “Años normales” (ANEXO 1).

Relación temperatura-nitratos

Existe una relación empírica entre la temperatura y los nitratos a través de los procesos de mezcla de transporte turbulento de sustancias disueltas hacia la ZE, principalmente en las zonas costeras del área de estudio (Dr. S. Álvarez-Borrego, comunicación personal). En estas áreas los nitratos aumentan en años de “La Niña”, o disminuyen en años de “El Niño”. Para que se presente un alto crecimiento celular del fitoplancton que resulte en Pnueva, se necesita nitrógeno en forma de nitratos en el medio. Con este fin, se utilizaron los datos históricos de temperatura y nitratos por profundidad del programa CalCOFI-IMECOCAL desde enero de 1952 a diciembre del 2002. Se realizaron modelos estadísticos de la relación temperatura-nitratos desde la línea 90 hasta la 157 separados en costeras y oceánicas (ver Materiales y Métodos del Capítulo I). Paralelamente se calcularon ecuaciones polinomiales de segundo y tercer grado, pero se rechazaron debido a que no mejoró significativamente el coeficiente de determinación de cada una de ellas.

A los PVC de temperatura se le aplicaron los modelos obtenidos de la relación temperatura-nitratos interpolando los parámetros de la regresión en forma latitudinal y longitudinal, de forma tal que se crearon 60 ecuaciones a partir de las 26 propuestas entre las Líneas 90 y la 157 costeras y oceánicas, con vistas a mostrar mapas de nitratos por profundidad a partir de una imagen de TSM (ANEXO 2).

Cálculo de la razón-f

La razón-f ha sido probada como un índice adecuado y práctico del estatus trófico de la comunidad fitoplanctónica en la ZE) y está dada en función de la tasa de consumo de nitratos (Pnueva) entre la tasa de producción fitoplanctónica (PPz), (Eppley, 1992). Para calcular la razón-f se aplicó el modelo de Harrison *et al.* (1987) con base en los datos reportados por Eppley y Peterson (1979) para la Ensenada del Sur de California en los 33° N y 119° W, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{razón-f} = f_{\max} [1 - e^{-(m \text{NO}_3 / f_{\max})}]$$

donde $f_{\max} = 0.64 \pm 0.03$; $m = 12.10 \pm 1.60$; y NO_3 proviene de las ecuaciones; f_{\max} del modelo se normalizó en función de la longitud, quedando como 0.67 (costera) y 0.61 (oceánica) con 10 valores intermedios, ya que por lo general en la región cercana a la costa se concentra más nitratos que en el océano. Por tener pocos valores de razón-f en los primeros 30-50 m en la mayor parte del área de estudio, se interpolaron los valores de fz desde la primera profundidad que tuviese valores mayores que cero hasta la superficie a la que se asignó el valor tentativo de 0.01 a la razón-f, ya que el nitrato es limitante en superficie (ANEXO 3).

Producción primaria total

Para obtener la PPz, $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$ se necesitaron imágenes compuestas mensuales del 2003 de TSM del sensor AVHRR de 4 x 4 km en formato HDF (Hierarchical Data Format) así como del color y luz PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa, por sus siglas en inglés) del sensor SeaWiFS (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/Cgi/L3>). Se utilizó el programa Windows Image Manager (WIM, versión 6.56, Junio 2009, Kahru, 2007) para procesar imágenes de clorofila, temperatura y PAR. Se estimó la producción primaria integrada en la columna de agua (PPI, $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) a partir del Modelo de Producción Vertical Generalizado (VGPM, por sus siglas en inglés) de Behrenfeld y Falkowski (1997) del área previamente recortada por el programa WAM (Kahru, 2007) según la fórmula:

$$PPI = 0.66125 \times P_{\text{opt}}^B \times [E_o / (E_o + 4.1)] \times Z_{\text{eu}} \times Chl_{\text{sat}} \times D_{\text{irr}}$$

donde: P_{opt}^B : es la tasa máxima de fijación de carbono [$\text{mgC (mgChl-a)}^{-1} \text{h}^{-1}$] en la columna de agua normalizada por la concentración de clorofila. Se calcula partir de un polinomio de séptimo orden en función de la temperatura superficial del mar (T, en la formula), obtenida del sensor satelital AVHRR:

$$P_{\text{opt}}^B = -3.27 \times 10^{-8} T^7 + 3.4132 \times 10^{-6} T^6 - 1.348 \times 10^{-4} T^5 + 2.462 \times 10^{-3} T^4 - 0.0205 T^3 + 0.0617 T^2 + 0.2749 T + 1.2956$$

E_0 : es la irradiancia superficial diaria ($E \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) o PAR estimada por sensores remotos satelitales. Z_{eu} : es la profundidad de la ZE (m) estimada a partir de la temperatura satelital con el modelo de Morel y Berthon (1989). Chl_{sat} : es la concentración de clorofila superficial (mg m^{-3}) derivada del sensor remoto SeaWiFS. D_{irr} : es el periodo de luz de día o fotoperiodo de la latitud de la zona de estudio desde que amanece hasta que anochece, de las imágenes de los sensores remotos (<http://wimsoft.com/wim.pdf>, Spencer 1971, Kirk 1986).

Para pasar la PPI a PPz, se obtuvieron los perfiles promedio de producción primaria de mediciones *in situ* durante los cruceros IMECOCAL en 2003. Se realizó una integración por luz del área bajo la curva para obtener la proporción o el porcentaje de área de PPz correspondiente a cada profundidad. En el ANEXO 4 se especifican más detalles de la obtención de PPz.

Para obtener la producción primaria nueva en profundidad, se multiplicó la matriz de la imagen de PPz ($\text{mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$) por la correspondiente razón- f_z (ANEXO 5).

Planteamiento general de la metodología para la elaboración de mapas en profundidad.

Los compuestos mensuales de las imágenes de TSM fueron obtenidos del AVHRR 4 x 4 km en formato HDF. La información recopilada para confeccionar los mapas, se automatizó en un programa elaborado en MatLab el cual lee el archivo de datos contenido en la imagen de TSM del sensor AVHRR. Después calcula la información por pixeles de la imagen seleccionada y le adjudica los PVC correspondientes al año que corresponda si el “El Niño”, “La Niña” o “Año Normal”, creando una nueva imagen para cada profundidad estándar de temperatura y a continuación de nitratos. Posteriormente a las matrices de datos de la imagen de nitratos, se le aplica el modelo de Harrison *et al.* (1987) para hallar la razón- f por profundidad. Por último, la matriz de datos de la razón- f se multiplica por las matriz de datos de la imagen de producción primaria total, previamente elaborada por el programa WIM-WAM obtenida de un compuesto mensual de TSM, clorofila y PAR del sensor SeaWiFS, obteniendo una imagen final que estima finalmente, tasas de Pnueva a 0, 10, 30, 50, 75 y 100m de profundidad.

Los resultados derivados del algoritmo en MatLab (2008), se llevaron a gráficas con el programa Ocean Data View (ODV) Schlitzer (2008). Se graficaron mapas de 0 a 100m de la temperatura, nitratos, razón- f , producción primaria total y finalmente la producción primaria nueva. De esta información se derivaron otros mapas resumidos en primavera, verano, otoño e invierno, época fría y época cálida, tanto para la temperatura como para la Pnueva. También se

elaboraron mapas de la desviación estándar de la Pnueva en Época Cálida y Fría con el objeto de conocer la desviación del valor del alimento nuevo con respecto de su media en áreas concentradas desde superficie hasta los 100m. El algoritmo elaborado en MatLab se encuentra recopilado en el ANEXO 6.

Propuesta de Regionalización Marina para el PNM

Con la información de los mapas tanto de superficie como en profundidad, se procedió a consultar el Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico, publicado por el INE (2006), para describir el estado de los componentes natural y social del área a ordenar. Por esta razón se construyeron las Unidades Físico-Bióticas para la regionalización ecológica.

El área del PNM se enmarca dentro de la clasificación provisional de Ecosistemas Marinos Costeros basados en procesos dominantes de suplemento de nutrientes (California Upwelling) propuesto por Caddy y Bakun (1994); en la regionalización propuesta por Longhurst (2007) como "Provincia de la CC" (CALC) y dentro del esquema de los LME (California Current LME), como regionalización oceánica mundial de gran aceptación según Sherman (1994, 1996) y Sherman y Tang (1999) según el sitio Web: <http://www.edc.uri.edu/lme/maps-and-data.htm>.

Para caracterizar en el plano horizontal el área de estudio, se utilizó la propuesta de "esquemas de franjas" de Escofet (2004, 2009), mientras que la regionalización en profundidad, por no existir antecedentes en el país, permanece como primera propuesta la que se deriva en la presente Tesis. De este modo, el espacio de la regionalización para la región del PNM, queda delimitado hacia el océano: por la marcación de la ZEE; hacia el continente: por la línea de costa o franja intermareal de la Península de Baja California, y en profundidad: hasta los 100m, donde llega aproximadamente el 1% de luz (ZE) (Fig. III.1).

La escala de los mapas es de 1:2 500 000 iniciando desde 0m en 10, 30, 50, 75 y 100m considerando la información contenida en cada uno de los mapas como niveles jerárquicos. Estas profundidades no se decidieron arbitrariamente, sino que desde su origen, CalCOFI decidió promoverlas en profundidades estándares en función de variables claves en la vertical, como es el conocimiento de la profundidad de inicio de la termoclina u "omniclina" o "clinas" que no es más que detectar a que profundidad se manifiestan los gradientes de temperatura y nutrientes más intensos.

La caracterización de regiones con base en la temperatura es como sigue: Regiones Frías (RF): aquellas que presentan una dominancia de temperatura entre 10 y 14.9°C; Regiones medianamente frías (RmF): son aquellas que presentan una dominancia de temperatura entre 15 y 19.9°C; Regiones medianamente cálidas (RmC): las que presentan una dominancia de

temperatura entre 20 y 24.9°C; y Regiones Cálidas (RC): son las que presentan una dominancia de temperatura entre 25 y 30.0°C.

Se propone la caracterización de regiones con base en la Pnueva en $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$ a partir de la siguiente clasificación: Regiones Oligotróficas (RO), son aquellas que presentan una dominancia de Pnueva $< 5 \text{ mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$; Regiones Mesotróficas (RM), son aquellas que presentan una dominancia de Pnueva entre 5 y 15 $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$; Regiones Eutróficas (RE), son aquellas que presentan una dominancia de Pnueva $>$ de 15 $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura superficial mes a mes durante 2003

La figura III.2 muestra la temperatura superficial mes a mes durante el 2003. En la porción sur de la CC, las temperaturas superficiales muestran un gradiente que se desplaza hacia el sur coincidiendo con lo señalado por Hickey (1979); Parés-Sierra *et al.* (1997) y Venrick (2000) para esta región. De enero a marzo el Frente de Ensenada (FE) muestra temperaturas superficiales cercanas a los 15°C siendo más intenso en marzo, abril y mayo, disminuyendo su influencia de agua fría a partir de junio (Haury *et al.* 1993; Venrick, 2000). De julio a octubre se presentan aguas más cálidas (aproximadamente 18°C) en este FE. Al parecer el FE se comporta como un área de confluencias de aguas donde intervienen la CC y las aguas provenientes del Pacífico Central la cual podría tener bajo contenido de nutrientes y fitoplancton (Hickey 1979; Haury *et al.* 1993; McGowan *et al.* 1996). Las surgencias frente a San Quintín se incrementan en marzo alcanzando un máximo en mayo, disminuyendo en junio con un flujo cerca de la costa, llegando más al sur de Punta Eugenia, hasta ser nulo en septiembre. Del área central de la Península de Baja California hacia el sur las isotermas se presentan casi perpendiculares a la costa en todo el año, siendo notables en la época cálida. Durante el año de estudio, las temperaturas cálidas tuvieron un aumento abrupto entre junio y julio. De agosto a noviembre se presentaron aguas más cálidas (cerca de 27-28°C) de San Carlos hacia el sur. En diciembre se reduce en el sur la influencia de aguas cálidas y comienza en el norte con la penetración de aguas más frías.

En el Archivo Temperatura 2003, (en disco) se muestran los mapas superficiales y en profundidad que se originaron a partir de imágenes compuestas (media mensual) de TSM del AVHRR en los diferentes meses del 2003.

Pnueva mes a mes durante 2003

Como se muestra en la Figura III.3a, el incremento de los valores de la Pnueva se produce de enero a junio, mientras que de julio a noviembre baja drásticamente a valores cercanos a cero. De marzo a junio se presentan los mayores niveles de Pnueva cerca de la costa siendo mayo los más altos a lo largo de la Península de Baja California. A 30m de profundidad, (Fig. III.3b) la Pnueva presenta valores por arriba de 2 ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) en toda el área de estudio durante el 2003. Los mayores valores se concentran de marzo a junio con un pico en abril-mayo con valores entre 25 y 30 ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$). Diciembre, enero y febrero mantienen valores altos al sur de la Península de Baja California. En casi todo el año se presenta un área de baja Pnueva que está relacionada con aportes oligotróficos del Pacífico Central, aporte que llega hasta la zona oceánica frente a San Quintín. Esta “cuña oligotrófica” se presenta en todas las profundidades. Se destaca la alta producción en diciembre del 2003 en el Frente de Ensenada. Los mapas de Pnueva mes a mes y en profundidad durante el 2003, se encuentran en el Archivo Pnueva 2003 (en disco) adjunto al Capítulo III.

Propuesta metodológica para la Fase de Caracterización (regionalización ecológica) del PNM

Tomando como base la construcción de las Unidades Físico-Bióticas en la regionalización ecológica, en la presente Tesis se representa dentro del Medio Natural la temperatura como la expresión física del océano, y lo biológico representado por la Ptotal. Ambas variables se unen para brindar un producto: la Pnueva como un generador de indicadores en la fase de caracterización marina del PNM.

Regionalización marina con base en la temperatura:

INVIERNO: 0-50m: RmF norte de los 25°N y RmC sur de los 25°N. 75m: RF norte de Punta Eugenia y RmF sur de Punta Eugenia y resto del área. 100m: RF en toda la zona y RmF al sur del Trópico de Cáncer (Fig. III.4).

PRIMAVERA: 0-10m: RmF penetrando en forma de lengua pegado a la costa de la PBC hasta Los Cabos. RmC sur del Trópico de Cáncer. 30-50m: RF penetrando en forma de lengua pegado a la costa desde Bahía de Ballenas con dirección norte de Isla Guadalupe. RmF resto del área hasta el SW de la ZEE con condiciones de RmC. 75m: RF norte de los 26°N y RmF el resto del área. 100m: RF toda el área de estudio, principalmente áreas de surgencias desde Ensenada hasta Punta Baja.

VERANO: 0-50m: RmF norte de 27°N y RmC al sur de 25°N. 75m: toda la zona se comporta como RmF. 100m: RF al norte de 25°N y sur de 25°N RmF (Fig.III.6).

OTOÑO: 0-10m: RmC todo el norte con isotermas perpendiculares a la costa en región de Punta Eugenia. RC de Bahía de Ballenas hacia el sur perpendicular a la costa de la PBC. 30-50m: RmF todo el norte hasta zona de Bahía de Ballenas y RC sur de los 25°N para 30m y RmC sur hasta 25°N en 50m. Una cuña de agua cálida proveniente de la región ecuatorial se refleja desde superficie a 50m. 75m: RmF en toda la zona de estudio excepto al SW de Los Cabos con RmC 100m: RF de Bahía de Ballenas hacia el norte en zona costera y oceánica. RmF de Punta Eugenia al sur perpendicular a la costa (Fig.III.7).

Se consideró la regionalización en la Temperatura por Época Fría considerando los meses de (DEFMAM) y Cálida (JJASON) con la finalidad de resumir aún más el año de estudio.

ÉPOCA FRÍA: 0-10m: Punta Eugenia marca superficialmente la frontera entre aguas RmF al norte y RmC al sur. 30m: norte del Trópico de Cáncer RmF y al sur RmC. 50m: RmF en toda el área de estudio. 75m: RF de Punta Eugenia al W perpendicular a la costa. RmF sur de los 26°N. 100m: RF toda el área de estudio (Fig. III.8).

ÉPOCA CÁLIDA: 0-10m: RmC al norte del Trópico de Cáncer y RC al sur de Bahía Magdalena. 30m: RmF en la zona norte de Punta Eugenia, RmC en el resto del área. 50m: RmF al norte de Punta Eugenia y RmC al sur de Bahía Magdalena. 75m: RmF en toda la zona. 100m: Bahía de Ballenas marca el límite entre RF al norte y RmF al sur (Fig.III. 9).

La regionalización marina de temperatura por Épocas Cálida y Fría, por estaciones del año y mes a mes (no mostrado), nos brinda la posibilidad de conocer el comportamiento medio de la dinámica de la zona durante el 2003 si lo vemos en forma de película, por ejemplo en el caso de la temperatura, refleja los movimientos importantes hacia donde se dirige la CC. Indica igualmente una aproximación de la profundidad de inicio de la termoclina. Se pueden definir zonas de frentes térmicos y gradientes de temperatura en la cual pueden llegar a residir hasta un mes las ballenas azules (Etnoyer *et al.* 2004); áreas de divergencias y convergencias (áreas de temperaturas bajas-altas), zonas de surgencias, profundidad de intrusión de masas de aguas ajenas a la zona (aguas subecuatoriales). Por ejemplo el atún prefiere las aguas superficiales calientes, sobre todo para poder mantener su temperatura interna relativamente caliente. Sin embargo, de vez en cuando necesita ir a las zonas más frías de surgencias para alimentarse (Teo *et al.* 2004). Los frentes entre las estructuras calientes y frías (diferencias de anomalías) son por consiguiente, zonas en las que existen más oportunidades de encontrar atunes.

Con vista a acreditar la validez de los mapas de temperatura aportados en este trabajo, se comparan los mismos con resultados ya publicados en CalCOFI Report 2003 y 2005. La Figura III.10 a y b, muestra las isotermas a 10m de profundidad de la región IMECOCAL durante cuatro cruceros en enero, abril, julio y octubre del 2003 señalados por Venrick *et al.* (2003) y

Goericke *et al.* (2005). En la b) se presenta el mapa de temperaturas a 10 m de profundidad que ofrece la metodología que se señala en esta tesis, mostrando la similitud de las isolíneas en regiones más abiertas. Es importante señalar que los mapas mostrados desde superficie hasta 100m de profundidad aparte que tuvieron un costo mínimo de elaboración, se pueden procesar con bastante rapidez para los tomadores de decisiones.

Regionalización marina del PNM a partir de la Pnueva.

INVIERNO: 0-10m: RO al norte de los 24°N y RM al sur de los 23°N. 30-50-75m: RM al norte de los 30°N y sur de los 25°N. RO presente como cuña entre los 25° y 30°N. 100m: toda la zona RO (Fig. III.11).

PRIMAVERA: 0m: RO zona oceánica fuera de la costa hasta los 25°N. RM en zona costera desde norte de ZEE hasta Punta Eugenia y sur del Trópico de Cáncer. 10m: RO en el área oceánica fuera de la costa hasta los 24°N. RM en zona costera desde límite de la ZEE al norte hasta sur de Punta Eugenia. RM al sur del Trópico de Cáncer. 30-50m: RO zona oceánica desde los 117°W y 26°N. RM todo el sur y zona costera de la PCB. RE de Bahía de Ballenas hasta Punta Magdalena y zonas asociadas a giros anticiclónicos al W de Punta Eugenia. 75m: RO zona oceánica desde los 118°W y 27°N y RM resto del área de estudio. 100m: RO (Fig. III.12).

VERANO: 0-10m: RO en toda el área de estudio. 30m: RO al norte de la zona de Bahía de Ballenas y al sur RM. 50m: RM al sur de los 26°N y RO al norte de la zona de estudio. 75m: RO al norte de la zona de Bahía de Ballenas y RM al sur. 100m: RO en toda la zona (Fig.III.13).

OTOÑO: RO en todo el área de estudio con valores cercanos a RM al sur de Los Cabos y extremo W de la ZEE. (Fig.III.14).

Se consideró la regionalización de la Pnueva por Época Fría considerando los meses de (DEFMAM) y Cálida (JJASON) con la finalidad de delimitar mejor las áreas a regionalizar y resumir aún más el año de estudio

ÉPOCA FRÍA: Regionalización en profundidad con base en la Pnueva Época Fría (DEFMAM). 0-10m: RO al norte del Trópico de Cáncer y RM cerca del suroeste de la ZEE; 30-50m: RO por intrusión de aguas del Pacífico Central hasta cercanías de Punta Eugenia y RM desde la frontera norte de la ZEE al sur bordeando zona costera de BC y resto de la ZEE. 75-100m: RO en toda el área de estudio (Fig.III.15).

ÉPOCA CÁLIDA: Regionalización en profundidad con base en la Pnueva Época Cálida (JJASON). 0-10m: RM en la zona de Bahía Sebastián Vizcaíno y Punta Eugenia, el resto RO. 30m: RO como intrusión de aguas del Pacífico Central al oeste y sureste de la Isla Guadalupe y

región sur del Trópico de Cáncer. RE desde Punta Baja, Bahía Sebastián Vizcaíno y Punta Eugenia. RM el resto de zona oceánica hasta sur de Bahía Magdalena. 50m: RM en área oceánica y RE en zona costera desde Punta Baja hasta el sur de Bahía Magdalena. RO sur del Trópico de Cáncer. 75m: Trópico de Cáncer dividiendo la zona de estudio al norte RM y sur RO. 100m: RO en toda el área de estudio (Fig. III.16).

La Figura III.17 a) muestra la desviación estándar de la Pnueva en Época Cálida y la Figura III.17 b) la Época Fría desde superficie hasta los 100m. Se interpreta como la desviación del valor del alimento nuevo en áreas concentradas desde superficie hasta los 100m. En el caso de la Época Cálida, se indican las áreas de mayor concentración de Pnueva desde Punta Eugenia al sur de Bahía Magdalena. Un área de RO del Pacífico Central se manifiesta con baja desviación al igual que el sur cerca de Los Cabos. Las altas desviaciones de Pnueva en la Época Cálida mostradas en la figura III.17 al parecer responden a intrusiones de agua frías en “un raro año normal” reportadas por Goericke *et al.* (2005). En el caso de la desviación en Época Fría, ésta ocurrió al final de un evento “El Niño” débil (invierno del 2002-2003). Esta situación pudo haber ocasionado poco aporte de nutrientes a la ZE, provocando baja producción en los primeros meses del 2003.

Como se muestra en las figuras de regionalización marina de Pnueva para el PNM, el incremento de sus valores se produce en invierno en la región norte de 30°N y sur de 25°N para el 2003. Presenta un máximo en primavera, que en superficie parece que están localizados en zonas de surgencias costeras, pero a 30 y 50m presentan la mayor concentración de Pnueva con parches por arriba de 20 mgC m⁻³ d⁻¹. La Pnueva comienza a decaer en el verano y se hace nulo en el otoño, presentando un área oligotrófica que está relacionado con aguas cálidas y bajos en nutrientes proveniente del Pacífico Central.

La fotosíntesis significa la base de todos los recursos pesqueros que en definitiva es lo que le interesa a la sociedad, por tanto es lo que se debe regular, cuidar y hacer sustentable (Álvarez-Borrego, comunicación personal). La Pnueva es una “bolsa general” de alimento nuevo que se va desarrollando y donde participan además el zooplancton, para formar un equilibrio entre las poblaciones vegetales (fitoplancton) y los animales que constituyen el zooplancton. Este primer equilibrio se fundamenta en la cadena alimentaria de las que el primer eslabón (formados por vegetales microscópicos), requieren para su nutrición de sustancias minerales con las que forman su propia sustancia orgánica. El segundo equilibrio es un tipo de relación a la inversa, se da cuando primero abunda el fitoplancton y hasta un tiempo después lo hace el zooplancton, es decir, el máximo de éste es posterior a una etapa en la que aumentó el

fitoplancton. Al consumo de fitoplancton que realiza el zooplancton es el "pastoreo" y es causa de la disminución del fitoplancton en una región determinada.

Una actividad social relacionada directamente con el zooplancton son las áreas de avistamientos de ballenas y tiburones ballenas, ya que éstos se alimentan solamente de plancton y zooplancton, y donde el número de personas interesadas en ver al estos gigantes del mar va en aumento y la comunidad se ha visto beneficiada por el desarrollo de esta actividad económica (Dr. Oscar Sosa, CICESE, comunicación personal).

La Pnueva por meses y en profundidad brinda la posibilidad de conocer el comportamiento medio del alimento nuevo. Con ello se pueden enmarcar por ejemplo, zonas de plataforma donde existe el alimento nuevo formando un hábitat marino-costero y terrestre característico, como arrecifes coralinos, pastos marinos, humedales costeros, zonas estuarinas y planicies de inundación (Toledo, 2003), exitosas zonas de confort para la retención de puerulos de langosta, reclutamiento de juveniles y adultos jóvenes de peces como la sardina, crustáceos, erizos, etc.

En la literatura, el recurso sardina o al grupo de especies de pelágicos menores, se le denomina "especies de forraje". En términos pesqueros, la sardina es el producto más importante de México y en la región de estudio, podría ser una herramienta adecuada para verificar desplazamientos de otros cardúmenes más grandes, es decir: de sardina se alimentan atunes, tiburones, pez espada, delfines, y varios organismos mayores. Por ejemplo, Baumgartner *et al.* (2008), realizaron aproximaciones con la temperatura superficial en la localización de grandes biomasas de desovadores (padres) de huevos de sardinas. En la Figura III.18 se muestra la distribución de los huevos que solamente pueden estar en los primeros metros de profundidad y la línea discontinua representa la frontera de transición entre el hábitat de desove de la sardina y la anchoveta en cada año. En los mapas de Pnueva (misma figura) además de mostrar la profundidad de donde están los que produjeron esos huevos, brinda también la posibilidad de aumentar una escala más: el alimento nuevo. Blaxter y Hunter (1982), en trabajos de laboratorio demostraron que la primera comida de la anchoveta requiere de muy altas concentraciones de plancton. Estas altas concentraciones pueden ser encontradas en la ZE, pero sólo durante períodos de poco viento y turbulencia reducida (Lasker, 1975, Owen, 1989). La Pnueva en profundidad es una importante información que sirve para determinar cuál es la profundidad, el volumen de agua o hábitat favorable para desovadores de pelágicos menores y poder entender la conexión en profundidad para recursos tan importantes como sardina, anchoveta y otros pelágicos menores.

Baumgartner *et al.* (2008), presenta datos conjuntos para indicar el acoplamiento macrobiofísico entre la región central y sur de las Californias en abril del 2000, combinando la circulación en superficie y concentración de volúmenes de zooplancton (Fig.- III.19). En la misma figura se muestran las áreas de Pnueva a 30m en la primavera del 2003 concordando con altas concentraciones de zooplancton tres años antes en la región de Punta Eugenia y también muestra parecido del área de intrusión de aguas oligotróficas del Pacífico central con tendencia a la disminución, señalado también en los mapas de Pnueva.

La Figura III.20 muestra la similitud de las áreas de Pnueva en primavera a 30m de profundidad con la distribución de biomasa fitoplanctónica, concentraciones de macrozooplancton y densidad promedio de larvas de peces neríticos, pelágicos y bentónicos según Lluch-Belda (2000) para Punta Baja, Bahía Sebastián Vizcaíno y el Golfo de Ulloa. Al igual que la figura III.19, se muestra la coincidencia de la zona de intrusión de aguas oligotróficas del Pacífico central con tendencia a la disminución tanto de biomasa fitoplanctónica, concentraciones de macrozooplancton como de Pnueva.

Bakun (1993) señala que los efectos de las surgencias costeras, eventos “El Niño-La Niña” y los efectos a largo plazo del PDO, dan por resultado una fuerte variabilidad interanual en la productividad de los ecosistemas y por consecuencia en los niveles de capturas de diferentes grupos de especies marinas. Bakun *et al.* (2010), señala dos cambios en distribuciones de abundancias correspondientes a tres poblaciones de la sardina del Pacífico: una fase de abundancia alta entre los años 1920 y 1940 desde Canadá hasta la Península de Baja California, y otra fase de baja abundancia. Esta última fase correspondiente a los años 70’s se observa desde las inmediaciones de la Bahía Sebastián Vizcaíno hasta al sur de Bahía Magdalena, en el PNM. (Fig.III.21a). Altas concentraciones de alimento nuevo a 30 y 50m puede ser la posible causa de que persistan en el área estas poblaciones de sardina (Fig.III.21b). Lasker y MacCall (1983), revisaron los mecanismos propuestos por diversos autores para explicar las variaciones de la supervivencia de larvas de pelágicos menores, y llegaron a la conclusión de que el elemento crítico es la disponibilidad de alimento al momento de la eclosión de las larvas. Si no hay alimento nuevo, no hay suficientes larvas.

En el proceso de la regionalización marina, es necesario también observar la complejidad de los procesos de interacción océano-atmósfera y la dinámica del océano ya que estos inducen en el mar efectos y fenómenos cuya expresión en términos de ubicación geográfica, forma, regularidad, duración, intensidad, tamaño y variabilidad determinan una regionalización natural, sustantiva para un OEM (Gallegos, 2009). Hernández-de la Torre *et al.* (2003) demostraron alta probabilidad de disminución de Pnueva en el año (0) de los eventos ENSO, mientras que un año

antes (-1) y un año después (+1) aumenta la disponibilidad del alimento. Lo contrario pasa con los eventos de “La Niña”, donde se produce un aumento significativo de la Pnueva en el año (0) ya que los mecanismos de interacción océano-atmosfera favorecen este aspecto.

En la modelación de la temperatura y Pnueva en profundidad para la Fase de Caracterización del OEM del PNM, los tomadores de decisiones podrán encontrar respuesta a preguntas como: ¿cuál fue el problema en el hábitat para la disminución de capturas de tal especie o un desembarque de sardinas tan importante en tal época? o resolver un conflicto de coincidencias por el mismo espacio de actividades pesqueras. Una aplicación de la modelación de la Pnueva en profundidad es que permitirá hacer una tridimensionalidad a partir de los mapas en profundidad, es decir, se puede cuantificar los km^3 disponibles para el inicio de la cadena trófica, o los km^3 destinados para el alimento nuevo que necesitan los desovadores de especies de interés comercial. La modelación de la temperatura y Pnueva en profundidad puede contribuir a justificar un balance energético a partir de un volumen de alimento nuevo y la asociación con la biomasa de zooplancton. Si se conoce que biomasa de este último puede producir tanta biomasa de sardina, entonces se podrá lograr tener un conocimiento bastante acertado del reclutamiento a las pesquerías y tendencias pesqueras a corto plazo o modelar ciclos pesqueros con la información de temperatura y Pnueva (1970-2008) que hay detrás de la presente Tesis.

En síntesis, los valores de la Pnueva en profundidad, representa la capacidad de carga del carbono y por tanto la cantidad tope que se puede extraer sin hacerle daño al ecosistema. La temperatura y la Pnueva integran adecuadamente la naturaleza multiatributo del problema. Cumplen con la condición de medible, completo, operacional y no redundante. Cubren gran parte de los aspectos del problema de regionalizar el océano en la Fase de Caracterización del OEM del PNM. La presente propuesta da un paso más en la consecución de mejoras a nivel técnico y un impulso metodológico que el INE está buscando para coadyuvar a romper el esquema de que el mar es muy dinámico y no se puede ordenar. Partiendo del conocimiento de cómo funciona un ecosistema, se pueden ofrecer incontables soluciones para el progreso de una región determinada.

El OEM es un proceso que se revierte en mejoras para la población, en proveer oportunidades de empleo, proteger la biodiversidad y reducir la vulnerabilidad de la población a desastres naturales. Va dirigido al desarrollo sostenible donde se construye colectivamente un estado “ideal”, donde se establece una línea base de donde todos debemos partir. Propicia acercamiento entre sectores productivos, unifica metas regionales; se somete a una Gestión Ambiental coordinada donde se crea el mecanismo de resolución de conflictos ambientales y se utiliza mejor los recursos asignados para el bien del país (Bitácora Ambiental, OEMPNM, 2009).

CONCLUSIONES

Se presenta la distribución horizontal y vertical de la temperatura y Pnueva durante el 2003 como atributo principal en la confección de una propuesta de OEM en su Fase de Caracterización para el PNM. La presente metodología expone por vez primera una regionalización oceánica usando los mismos conceptos de regionalización territorial, definidos por un procedimiento metodológico que comienza con las variables de mayor estabilidad geográfica en el tiempo: la física (temperatura) y biogeoquímica marina (Pnueva). Se demuestra que los procesos físicos del océano representado por la variabilidad espacio-temporal de la temperatura, promueven el transporte de nitratos que determinan los cambios en la tasa de producción primaria nueva en el área del sur de la Corriente de California. Los valores de la Pnueva representa la capacidad de carga del carbono orgánico nuevo y por tanto la capacidad de extracción (pesca) sin dañar el ecosistema. La metodología expuesta beneficia a los usuarios del sector pesquero, de Turismo, Acuicultura, Académico, además de la SEMARNAT, SAGARPA, SEMAR, SECTUR y SCT porque permite conocer por una parte, lo que sucede debajo de la superficie marina hasta la zona eufótica mediante mapas de la temperatura, nitratos, razón-*f*, PPtotal y Pnueva en profundidad y por otra, a encontrar respuestas o tal vez preguntas más complejas que lleven a la toma de mejores decisiones. Las limitaciones metodológicas pueden estar orientadas al agrupamiento inicial de 0.5°C de la temperatura superficial en los 12,907 perfiles analizados desde 1952 para confeccionar los PVC. No obstante se estima que medio grado de diferencia es suficiente intervalo para su aplicación en trabajos de regionalización marina. Otra limitación del método expuesto es que los valores de la razón-*f* fueron calculados por Eppley y Peterson 1979 para el SCB, siendo trasladados a la zona de estudio por recomendaciones del Dr. Trevor Platt (Bedford Institute of Oceanography, comunicación personal) por formar parte del SCC.

El Capítulo IV se expone el uso potencial de la producción de carbono orgánico nuevo en el manejo oceánico y se profundiza en los aspectos de la contribución socioeconómica de la propuesta de regionalización marina en el contexto de la interacción del océano-atmósfera y del cambio climático en la regionalización marina del PNM.

LITERATURA CITADA

- Arriaga, L., Vázquez, E., González, J., Jiménez, R., Muñoz, E., Aguilar, V. 1998. Regiones prioritarias marinas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Bakun, A. 1993. The California Current, Benguela Current and Southwestern Atlantic Shelf Ecosystems: A comparative approach to identifying factors regulating biomass yield, p.199-221 in: Sherman, K., Alexander, L.M., and Gold B.D. (Eds.) Large Marine Ecosystems: Stress, Mitigations and Sustainability. AAAS. Washington DC., US
- Bakun, A., Babcock, E. A., Lluch-Cota, S.E., Santora, C., Salvadeo, C. J., 2010. Issues of ecosystem-based management of forage fisheries in “open” non-stationary ecosystems: the example of the sardine fishery in the Gulf of California. *Rev Fish Biol Fisheries* 20:9–29, DOI 10.1007/s11160-009-9118-1.
- Baumgartner, T., Durazo, R., Lavaniegos, B. Gaxiola, G., Gómez, J., García, J. 2008. Ten years of change from IMECOCAL observations in the southern region of the California Current Ecosystem. *GLOBEC International Newsletter*, Vol.14; No. 2. 13 pp.
- Behrenfeld, M. J., Falkowski, P. G. 1997. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography* 42 (1): 1-2
- Bezaury-Creel J., Mosso, A., Gutierrez, D. 1996. Estrategia para la Conservación de Aéreas Costeras y Marinas para México. Borrador para discusión. UICN - CNPPA - Montreal, Canadá. Documento Interno Amigos de Sian Ka'an A.C.
- Bitácora Ambiental, OEMPNM. 2009. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (<http://www.semarnat.gob.mx>)
- Blaxter, J. H. S. Hunter, J.R. 1982. The Biology of cupleoid fishes. In: J. H. S. Blaxter, F. S. Russell, M. Young (Editors), *Advances in marine biology*. Vol.20,1-223p. Acad. Press. London.
- Bocco, G., Mendoza, M. Velázquez, A., Torres, A. 1999. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. *Investigaciones geográficas* 40:7-21.
- Bocco, G., Mendoza, M., Velázquez, A. 2001. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping – a tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology* 39:211-219.
- Botello, A. V., A. Toledo, G. de la Lanza-Espino, Villanueva, S. 2000. The Pacific Coast of Mexico. En: C. Sheppard (Eds.). *Seas of the Millennium: An Environmental Evaluation*. Elsevier Science.
- Bouman, H. A., Plat, T., Sathyendranath, S., Li, W.K.W., Stuart, V., Fuentes-Yaco, C., Maass, H., Horne, E, P, Ulloa, U., Lutz V., Kyewalyanga, M. 2003. Temperature as indicator of optical properties and community structure of marine phytoplankton: implications for remote sensing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 258: 19-30.

Caddy, J.F., Bakun, A. 1994. A tentative Classification of coastal Marine Ecosystems Base on Dominant processes of Nutrient Supply. *Ocean and Coastal Management* 23: 201-211.

Carr, M. E. 2001. Remote sensing tools for Ocean Biogeochemistry. *Oceanography* 14, (4):37.

Chen-Tung, A.C. 2003. New vs. export production on the continental shelf. *Deep-Sea Res. II* 50: 1327–1333.

Coles, V.J., Wilson, C. Hood, R. 2004. Remote sensing of new production fuelled by nitrogen fixation. *Geophy. Res. Lett.* Vol. 31, L06301, doi10.1029/2003GL019018, 2004.

Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (Compil.). 2006. Ordenamiento Ecológico Marino: Visión Temática de la regionalización. INE. ISBN 968-817-807-1, 226 pp.

Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández (Compil.). 2009. Ordenamiento Ecológico Marino: Visión Integrada de la regionalización. INE. ISBN 978-968-817-944-4, 242 pp.

Dugdale R.C., Goering, J.J. 1967. Uptake of new and regenerate forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography* 12, 196-206.

Dugdale, R.C., Davis, C.O., Wilkerson F.P. 1997. Assessment of new production at the upwelling center at Point Conception, California, using nitrate estimated from remotely sensed sea surface temperature. *Journal of Geophysical Research* 102, (C4): 8573-8585.

Eppley, R. W. 1972. Temperature and phytoplankton growth in the sea. *Fisheries Bulletin*, Vol. 70; 1063-1085.

Eppley, R.W., Peterson, B.J. 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature* 282, 677-680.

Eppley, R.W. 1992. Chlorophyll, photosynthesis and new production in the Southern California Bight. *Prog. Oceanogr.* Vol. 30. Pp. 117-150.

Escofet, A. 2004. Marco operativo de macro y meso escala para estudios de planeación de zona costera en el Pacífico Mexicano. *En: Rivera-Arriaga, E. Villalobos-Zapata, G. J., I. Azuz-Adeath y F. Rosado-May (comps.). El manejo costero en México.* UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO. México. Pp. 223-234.

Escofet, A. 2009. Síntesis y proyecciones de la regionalización marino-costera. *En: Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández Compil. 2009. Ordenamiento Ecológico Marino: Visión integrada de la regionalización.* INE. ISBN 978-968-817-944-4, 242 pp.

Espejel, I., Bermúdez, R. 2009. Propuesta metodológica para la regionalización de los mares mexicanos. *En: Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández Compil. 2009. Ordenamiento Ecológico Marino: Visión integrada de la regionalización.* INE. ISBN 978-968-817-944-4, 242 pp.

Etnoyer, P., Canny, D., Mate, B., Morgan, L. 2004. Persistent Pelagic Habitats in the Baja California to Bering Sea (B2B) Ecoregions. *Oceanography*, Vol. 17, No. 1. 12pp.

Gallegos García, A., Rodríguez, R., Márquez, E., Lecuanda, R. 2003. Temperatura de la Superficie de los Mares de México. El Faro, sección Asómata a la Ciencia. Boletín informativo de la CIC-UNAM 3: 30.

Gallegos García, A., Zavala Hidalgo, J., Zavala Romero, O., Lecuanda, R., Mateos Jasso, A., Rodríguez Sobreyra, R. 2009. Imágenes dinámicas de la temperatura de la superficie de los mares de México, 1996-2003. En: Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández Compil. 2009. Ordenamiento Ecológico Marino: Visión integrada de la regionalización. INE. ISBN 978-968-817-944-4, 242 pp.

GEA. 2007. Memoria documental de los trabajos del III Taller de Ordenamiento Ecológico Marino. Grupo de Estudios Ambientales, AC, coordinado por Alfonso González Martínez, Lourdes Chávez, Verónica Lorea y Antonio Rodríguez, a petición del Instituto Nacional de Ecología. México, DF., Diciembre de 2007. 127 pp.

Goericke, R., E. Venrick, E. Mantyla, A., Hooff, R., Bograd, S. J., Schwing, F. B. Peterson, W., Huyer, A., Smith, R. L., Wheeler, P., Hyrenbach, R. D., Gaxiola-Castro, G. Lavaniegos, B. E., Gómez-Valdés, J. 2005. The State of the California Current, 2003-2004: a rare "normal" year. CalCOFI Rep., Vol. 45: 33pp.

Goes, J. I., Saino, T., Oaku, H., Ishizaka, J., Wong, Ch. S., Nojiri, Y. 2000. Basin scale estimates of Sea Surface Nitrate and New Production from remotely sensed sea surface temperature and chlorophyll. Geophy. Res. Letters. Vo. 27 No. 9; 1263-1266.

Goes, J.I., Gomes, H do R., Limsakul, A., Balch, W.M., Saino, T. 2001. El Niño related Interannual variations in biological production in the North Pacific as evidenced by satellite and ship data. Progress in Oceanography 49, 211-225.

Goes, J. I., Gomes, H. do R., Limsakul, A. Saino, T. 2004. The influence of large-scale environmental changes on carbon export in the North Pacific Ocean using satellite and shipboard data. Deep-Sea Research II 51 (2004) 247-279

Gutierrez, C., Bezaury, J. 2001. Mapeo de Ecosistemas Marinos y Estuarinos de Norte América, Documento de Trabajo. Comisión de Cooperación Ambiental, Fondo Mundial para la Naturaleza. WWF-México 117 pp.

Harrison, W.G., Platt, T., Lewis, M.R. 1987. "*f*" -Ratio and its relationship to ambient nitrate concentration in coastal waters. Journal of Plankton Research 9, (1): 235-248.

Haury, I.R., Venrick, E., Fey, C.L., McGowan, J. A., Niiler, P. P. 1993. "The Ensenada Front: July 1985. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep. 34: 69-88 p.

Hayden, B. P., Ray, G.C., Dolan, R. 1984. Classification of coastal and marine environments. Environmental Conservation 11(3): 199-207.

Henson, S. A., Sanders, R., Allen, J.T., Robinson, I.S., Brown, L. 2003. Seasonal constraints on the estimation of new production from space using temperature-nitrate relationships. Geophy. Res. Lett. Vol. 30 No. 17, 1912, OCE 10-1, doi10.1029/2003GL017982, 2003.

Hernández, B., Gaxiola-Castro, G., Álvarez-Borrego, S., Gómez-Valdés, J., Nájera-Martínez, S. 2003. Interannual variability of new production in the southern region of the California Current. Deep-Sea Research Part II (50):2423-2430.

Hickey, B. M. 1979. The California Current System –hypothesis and facts. *Progress in Oceanography* 8, 191-279.

INE (Instituto Nacional de Ecología). 2006. Manual del proceso de ordenamiento ecológico. INE-SEMARNAT. ISBN 968-817-828-4, 335 pp.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. ZEE de México. Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/prodyserv/oceanografia/oceano23.cfm?c=1011>

INP (Instituto Nacional de Pesca). 1994. Atlas Pesquero de México. Secretaría de Pesca, México.

Kahru, M. 2007. Windows Image Manager (WIM). Image Display and analysis program for Microsoft Windows Software. <http://www.wimsoft.com>.

Kirk, J. T. 1986. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Cambridge University Press, London. 401 pp.

Kudela, R., Dugdale, R. C. 1996. Estimation of new production from remotely-sensed data in a coastal upwelling regime. *Advances in Space Research* 18, 91-97.

Kudela, R., Chavez, F.P. 2002. Multi-platform remote sensing of new production in central California during the 1997–1998 “El Niño”. *Progress in Oceanography* 54 (2002) 233–249

Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: The relationship between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fish.Bull.U.S.* 73: 453-462 pp.

Lasker, R., MacCall, A. 1983. New ideas on the fluctuations of clupeid stock off California. *Proceedings of the Joint Oceanographic Assembly. 1982. General Symposia: 110-120pp.*

LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente). 1996. Diario Oficial de la Federación, (DOF), Reformas y Adiciones, 13 de diciembre, 1996.

Lluch-Belda, D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la costa occidental de Baja California. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay., S.E. Lluch-Cota, G. Ponce-Díaz, (Eds.) BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano, CIBNOR, S.C. 2000. ISBN-970-18-6285-6

Longhurst, A. 2007. *Ecological Geography of the Sea*. ISBN: 0-12-455521-7. Elsevier Inc.

Martínez-Gaxiola, M. D., Sosa-Ávalos, R., Gaxiola-Castro, G. 2007. Producción de carbono orgánico en los mares mexicanos 1998–2005. En Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro (Editores). *Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México*. ISBN 978-968-817-855-3 508 pp.

MatLab 7.6.0. R2008a. The Math Works, Inc. Software License Agreement. www.mathwoks.com

McGowan, J. A., Chelton, D. B. Conversi, A. 1996. Plankton pattern, climate and change in the California Current. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 37: 45-68 p.

Merino, M. 1987. The coastal zone of Mexico. *Coastal Management* 15:27-42.

- Morel, A., Berthon, J. 1989. Surface pigments, algal biomass profiles, and potential production of the euphotic layer: Relationships reinvestigated in view of remote sensing applications. *Limnol. Oceanogr.* 34:1545–1562.
- Owen, R. W. 1989. Microscale and finescale variations of small plankton in coastal and pelagic environmental. *J. Mar. Res.* 47:197-240 pp.
- Parés-Sierra, A., M. López, E.G. Pavía. 1997. Oceanografía Física del Océano Pacífico Nororiental, en: M.F. Lavín, (ed.). Contribuciones a la Oceanografía Física de México. Monografía No. 3 Unión Geofísica Mexicana, 1-24 p.
- Pielou, E. C. 1979. Biogeography. Wiley-Interscience, Nueva York.
- Rosete, F., Enríquez, G., Córdova y Vázquez, A. 2006. El Ordenamiento Ecológico Marino y Costero: tendencias y perspectivas. Gaceta ecológica 78. Instituto Nacional de Ecología. México. 84 pp.
- Santamaría-del-Ángel, E., Álvarez-Borrego, S, Müller-Karger, F. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *J. Geophys. Res.* 99:7411-7421.
- Sathyendranath, S., Platt, T., Horne, E.P.W., Harrison, W.G., Ulloa, O., Outerbridge, R., Hoepffner, N. 1991. Estimation of new production in the ocean by compound remote sensing. *Nature* 353, 129-133.
- Schlitzer, R. 2008. Ocean Data View <http://odv.awi.de>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas. Colección Legal. 28pp,
- Sherman, K. 1994. Sustainability, biomass yields and health of coastal ecosystems: an ecological perspective. *Marine Ecology Progress Series* 112:277-301.
- Sherman, K. 1996. Achieving regional cooperation in the management of marine ecosystems: the use of the large marine ecosystem approach. *Ocean and Coastal Management* 29(1-3):165-185.
- Sherman, K., Tang, Q. 1999. Large Marine Ecosystems of the Pacific Rim, Assessment, Sustainability and Management. Blackwell Science, Massachusetts.
- Sorensen, J., Brandani. A. 1987. An overview of coastal management efforts in Latin America. *Coastal Management* 15:1-25.
- Spencer, J. W. 1971. Fourier series representation of the position of the sun. *Search* 2: 172.
- StatSoft, Inc. 2005. STATISTICA (Data Analysis Software System), version 7.1. www.statsoft.com
- Teo, S. L. H., Boustany, A., Blackwell, S., Walli, A., Weng, K.C., Block, B.A. 2004. Validation of geolocation estimates based on light level and sea surface temperature from electronic tags. *Mar Ecol Prog Ser* Vol. 283:81-98.
- Toledo, A. 2003. Ríos, Costas, Mares. Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México, INE-SEMARNAT, México. 117pp. ISBN: 968-817-5331.

- Venrick, E. L. 2000. Summer in the Ensenada Front: The distribution of phytoplankton species, July 1985 and September 1988. *Journal of Plankton Research* 22, (5): 813-841.
- Venrick, E., Bograd, J. S., Checkley, D., Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Hunter, J., Huyer, A., Hyrenbach, K.D., Lavaniegos, B. E., Mantyla, A., Schwing, F.B., Smith, R. I., Sydeman, W. J., Wheeler, P. A. 2003. The State of the California Current, 2002-2003: Tropical and subarctic influences vie for dominance. *CalCOFI Rep.*, Vol. 44: 33pp.
- Watts, L.J., Sathyendranath, S., Caverhill, C., Maass, H., Platt, T., Owens, N.J.P. 1999. Modeling new production in the northwest Indian Ocean region. *Marine Ecology Progress Series* 183, 1-12.
- Wilkinson, T., Bezaury-Creel, J., Gutierrez, F., Hourigan, T., Janishevski, L., Madden, C., Padilla, M., Wiken, E. 2003. *Marine Ecoregions of North America*. Draft for review. For the Commission for Environmental Cooperation, September 2003
- Wolter, K., Timlin, M.S. 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. In: *Proceedings of the 17 Th. Climate Diagnostic Workshop*, Norman, Oklahoma, pp.52-57.
- Wolter, K. Timlin, M.S. 1998. Measuring the strength of ENSO events: How does 1997/98 ranks? *Weather*, 53: 315-324.
- Zacharias, M., Roff, J. 2000. A hierarchical approach to conserving marine biodiversity. *Conservation Biology* 14(5):1327-1334.

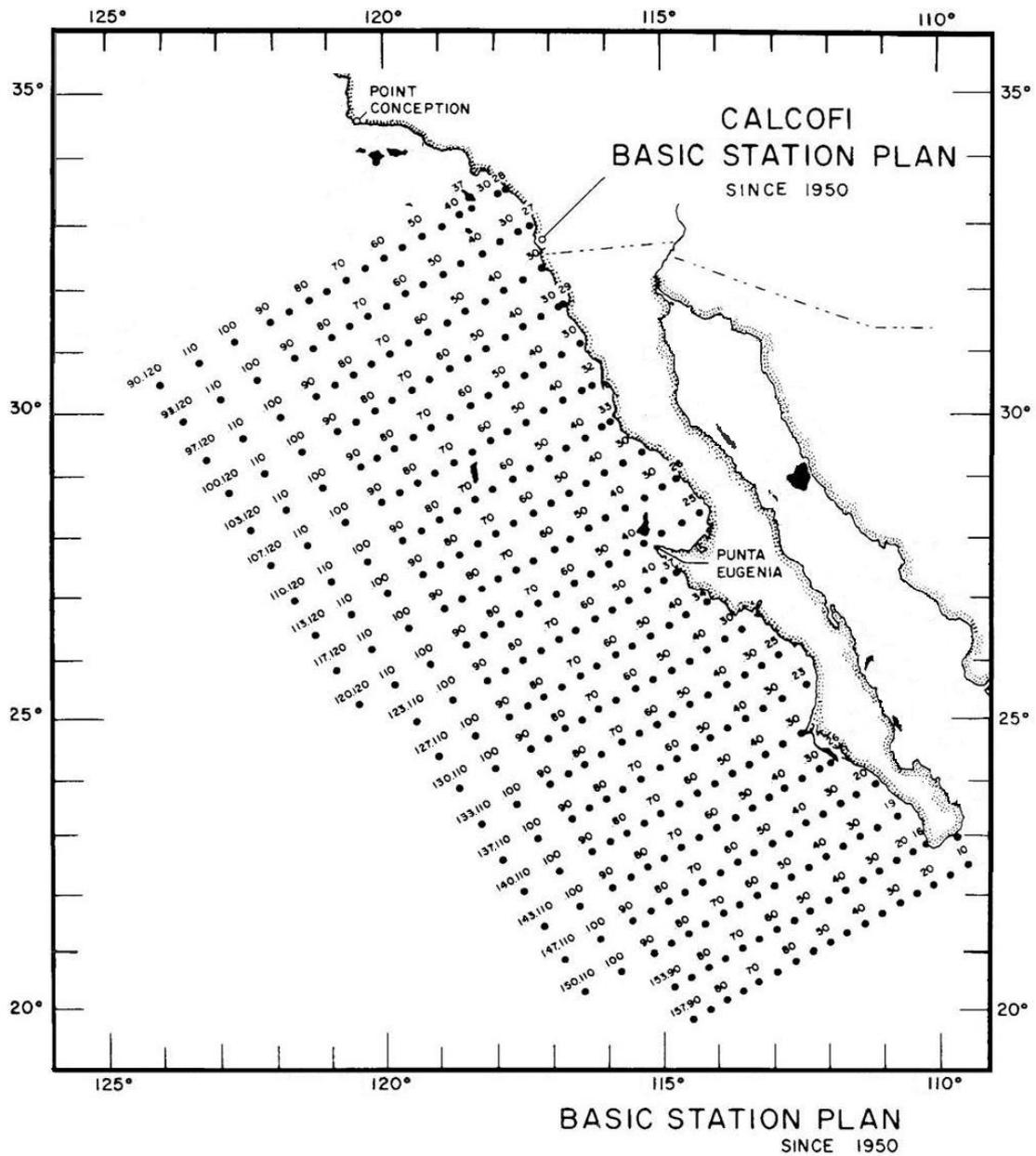


Figura III.1. a) Área escogida de la Red CalCOFI para realizar el estudio físico y biogeoquímico del Pacífico norte mexicano. Se consultaron datos aportados en la zona comprendida desde la Línea 90.26 (33°.551 N y 117°.63 W) hasta la 90.120 (30°.418 N y 124°.00 W) y desde la Línea 157.10 (22°.532 N y 109°.43 W), hasta la 157.80 (20°.199 N y 113°.74 W), abarcando más de 400 km fuera de la costa y de forma longitudinal.

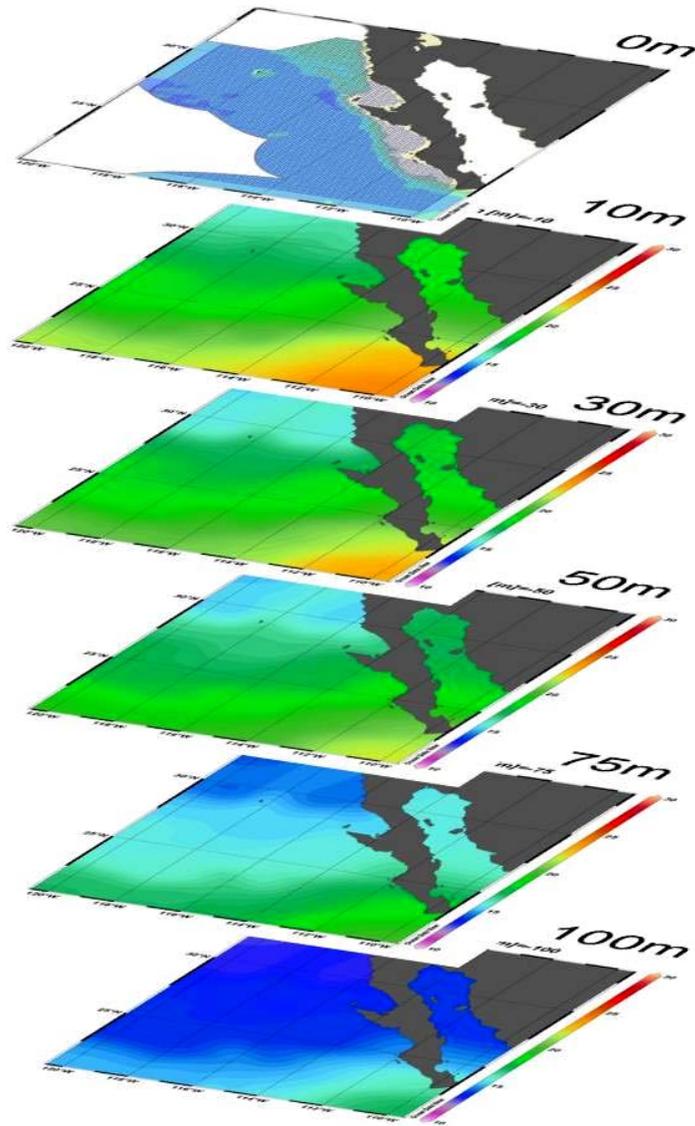


Figura III.1. b) Área de estudio propuesta para la regionalización para la región del Pacífico norte mexicano: delimitado hacia el océano por la marcación de la ZEE; hacia el continente: por la línea de costa o borde de la plataforma y en profundidad hasta los 100m, donde llega aproximadamente el 1% de luz o zona eufótica.

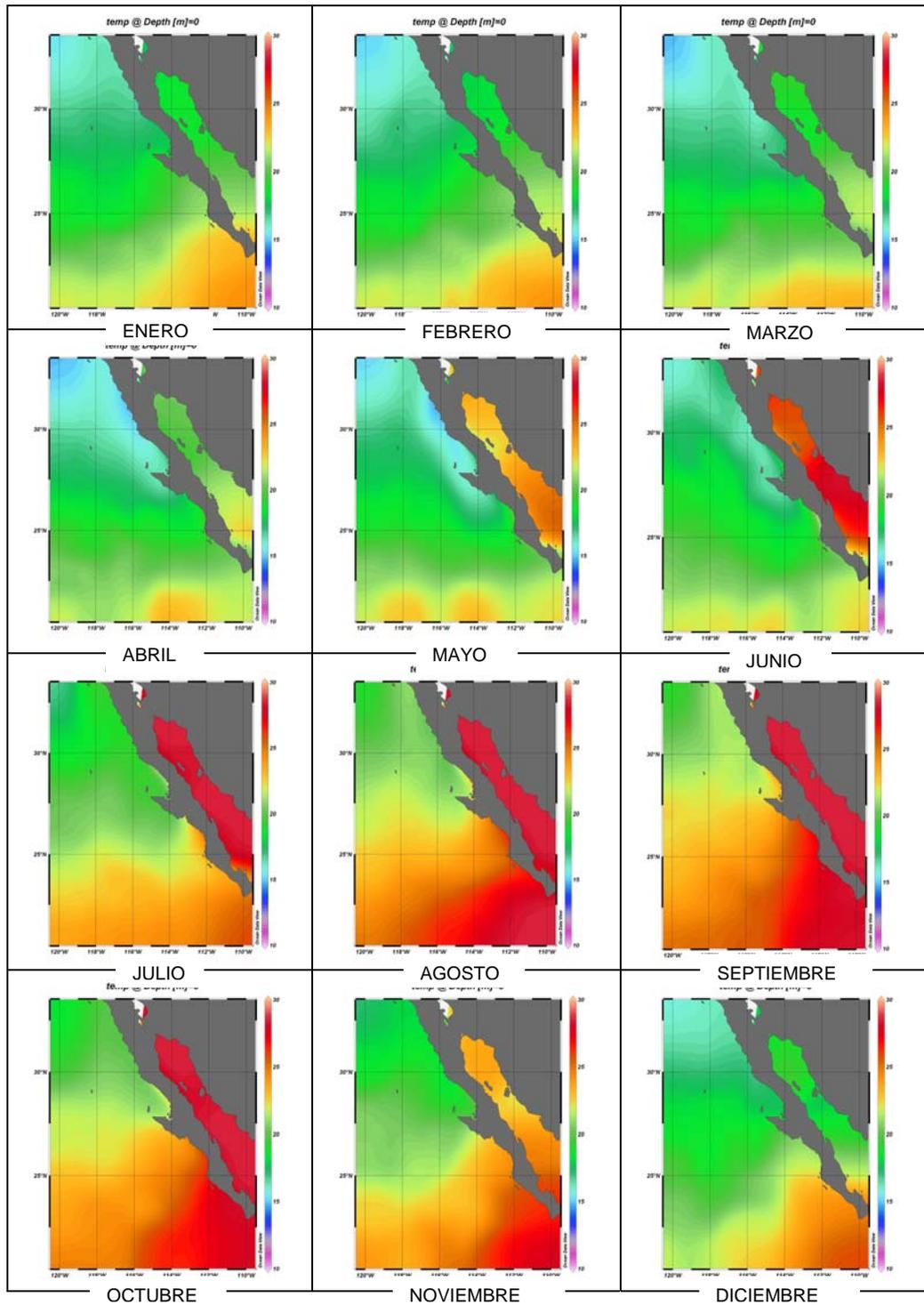


Figura III. 2. Temperatura superficial mes a mes para el año 2003 del Pacífico norte mexicano.

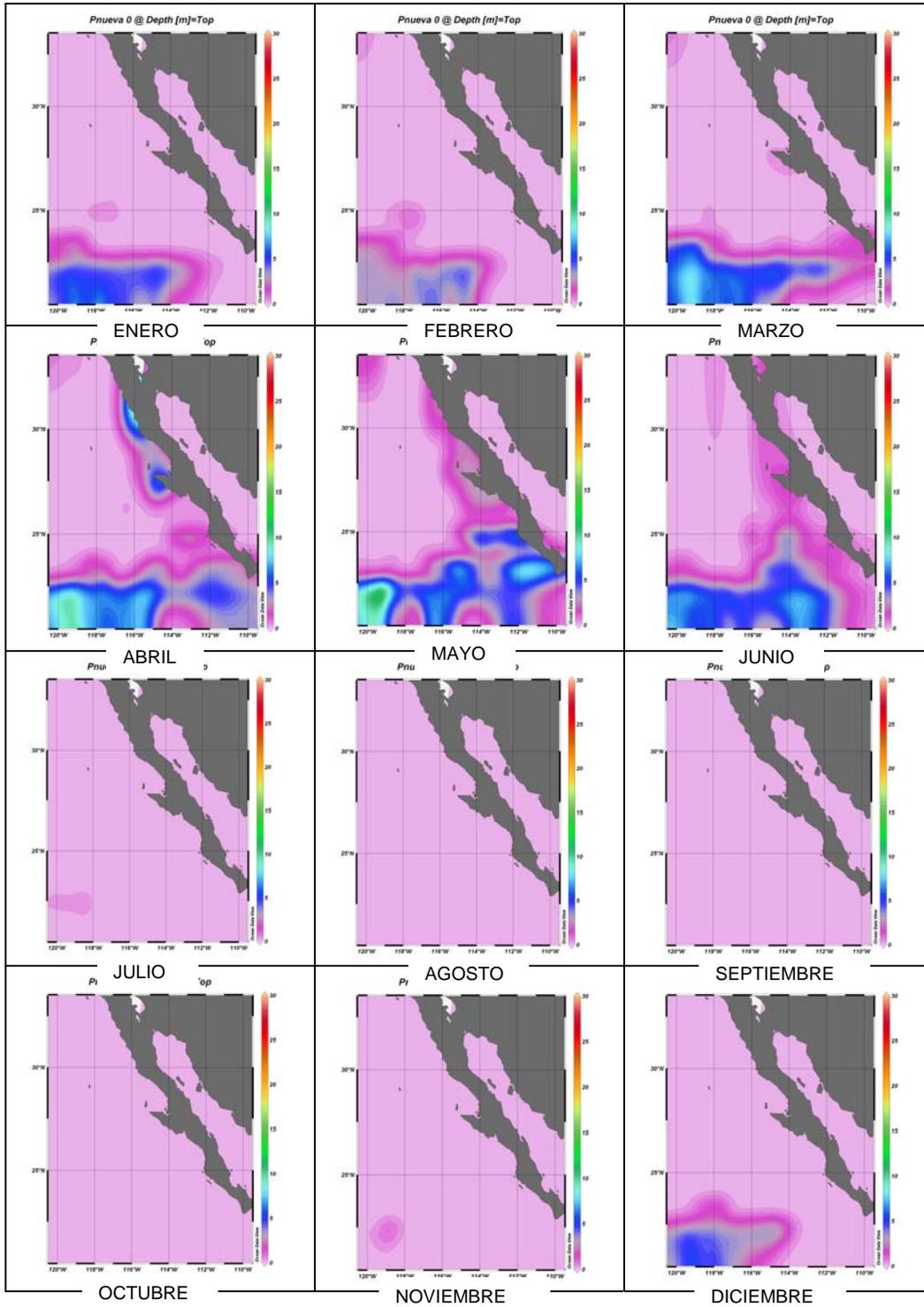


Figura III.3. a) Pnueva superficial mes a mes para el año 2003.

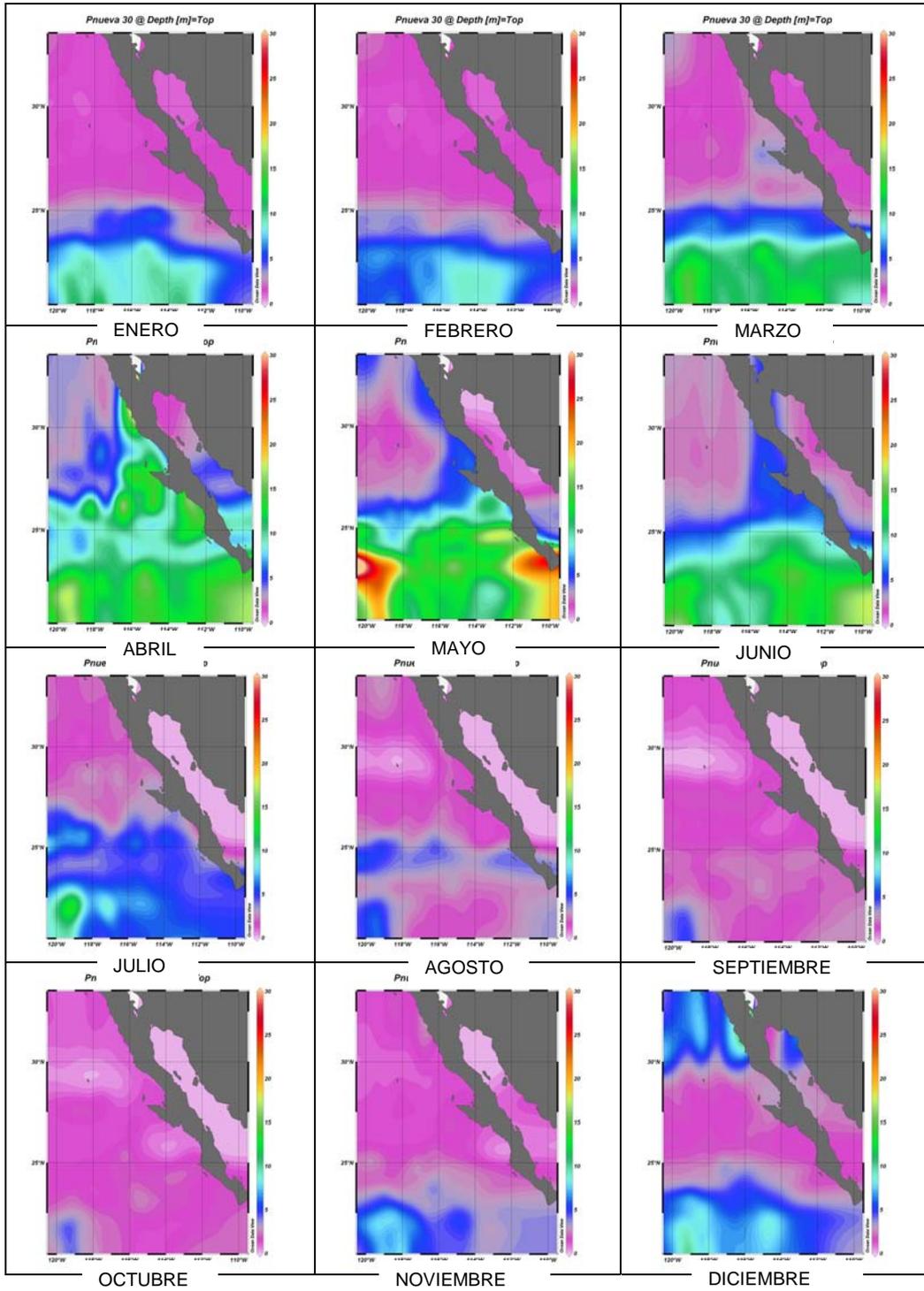


Figura III.3. b) Pnueva en 30m mes a mes para el año 2003.

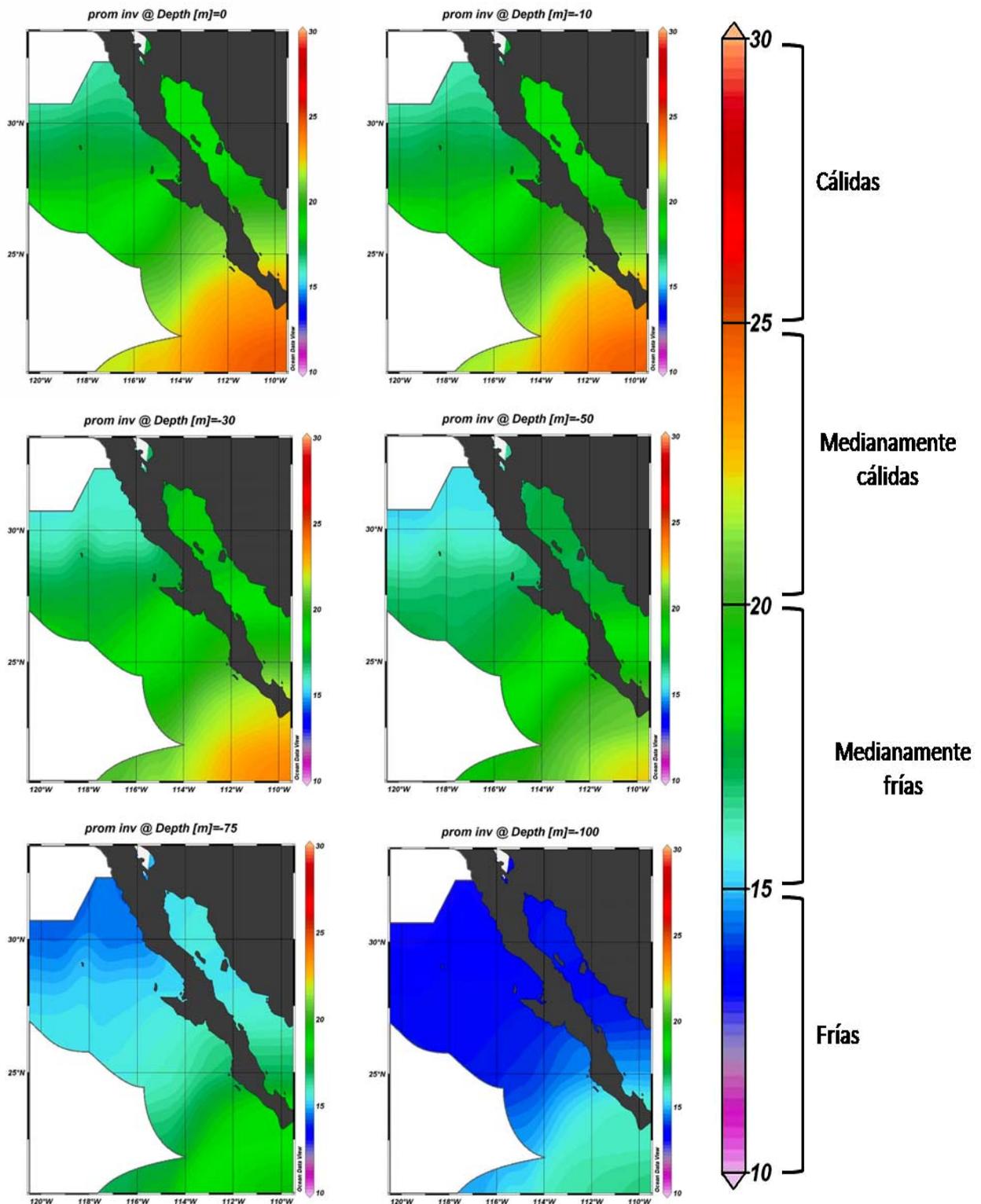


Figura III.4. Regionalización en profundidad con base en la temperatura INVIERNO: 0-50m: RmF norte de los 25°N y RmC sur de los 25°N. 75m: RF norte de Punta Eugenia y RmF sur de Punta Eugenia y resto del área. 100m: RF en toda la zona y RmF al sur del Trópico de Cáncer.

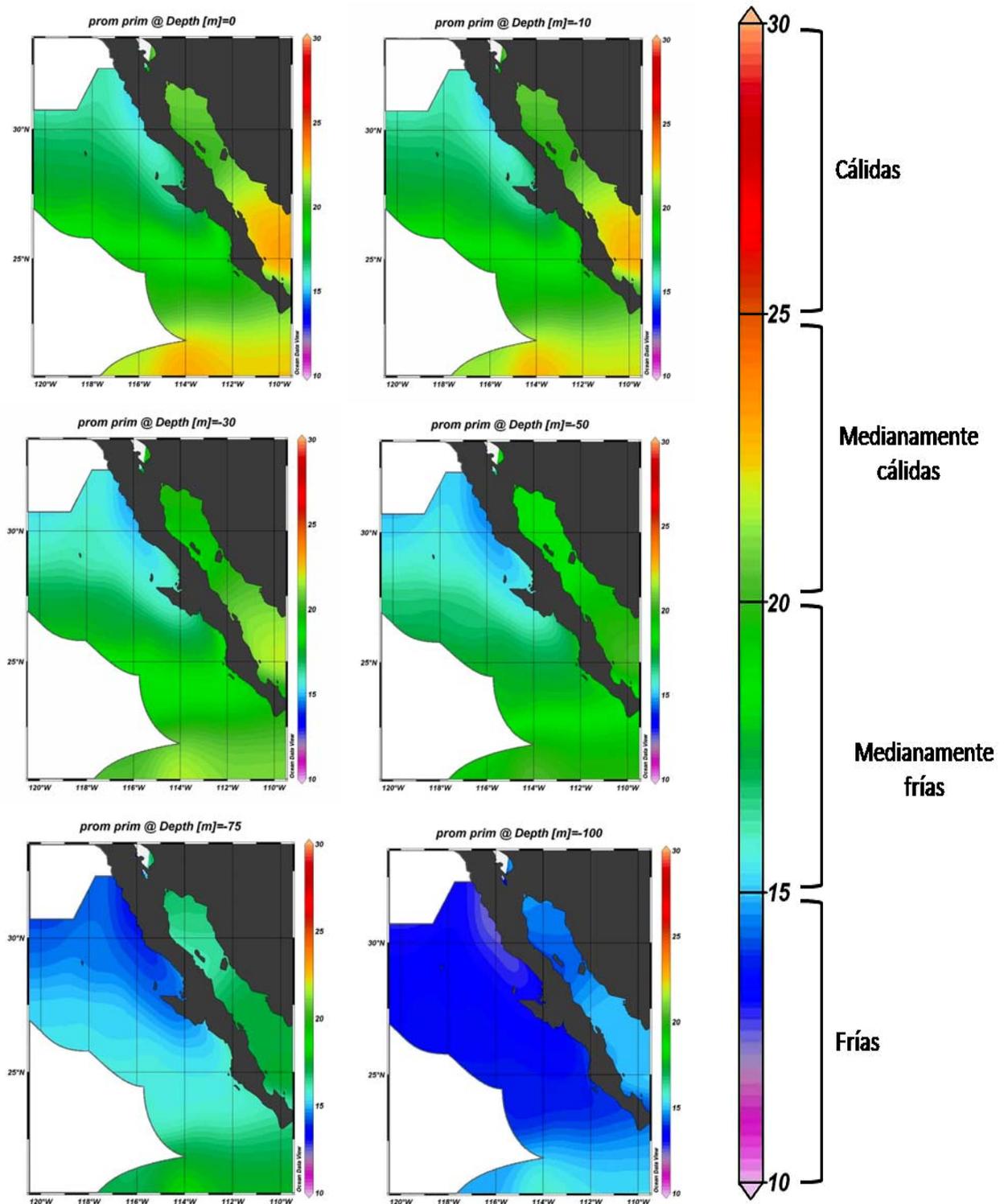


Figura III.5. Regionalización en profundidad con base en la temperatura PRIMAVERA: 0-10m: RmF penetrando en forma de lengua pegado a la costa de la PBC hasta Los Cabos. RmC sur del Trópico de Cáncer. 30-50m: RF penetrando en forma de lengua pegado a la costa desde Bahía de Ballenas con dirección norte de Isla Guadalupe. RmF resto del área hasta el SW de la ZEE con condiciones de RmC. 75m: RF norte de los 26°N y RmF el resto del área. 100m: RF toda el área de estudio, principalmente áreas de surgencias desde Ensenada hasta Punta Baja.

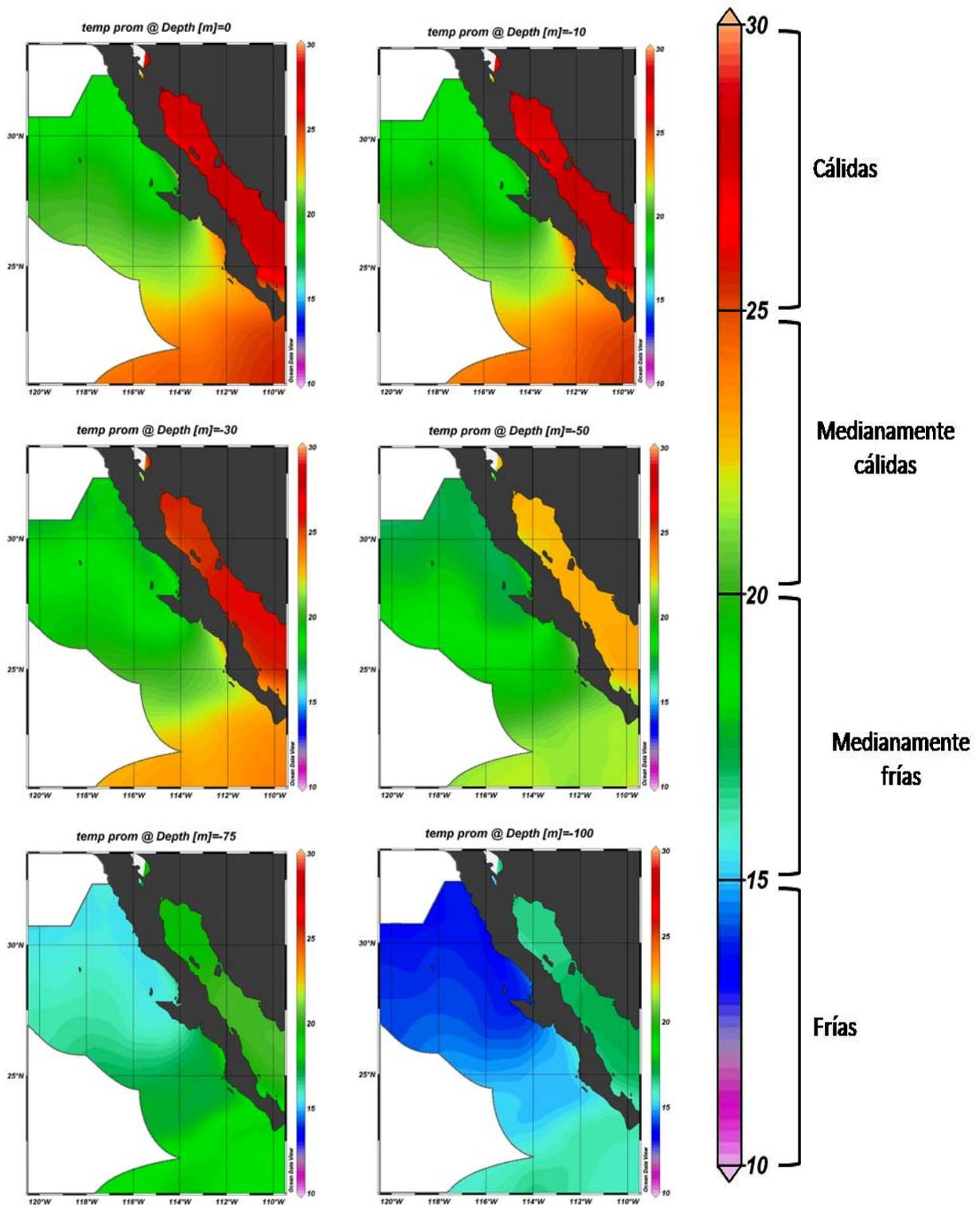


Figura III.6. Regionalización en profundidad con base en la temperatura VERANO: 0-50m: RmF norte de 27°N y RmC al sur de 25°N. 75m: toda la zona se comporta como RmF. 100m: RF al norte de 25°N y sur de 25°N RmF.

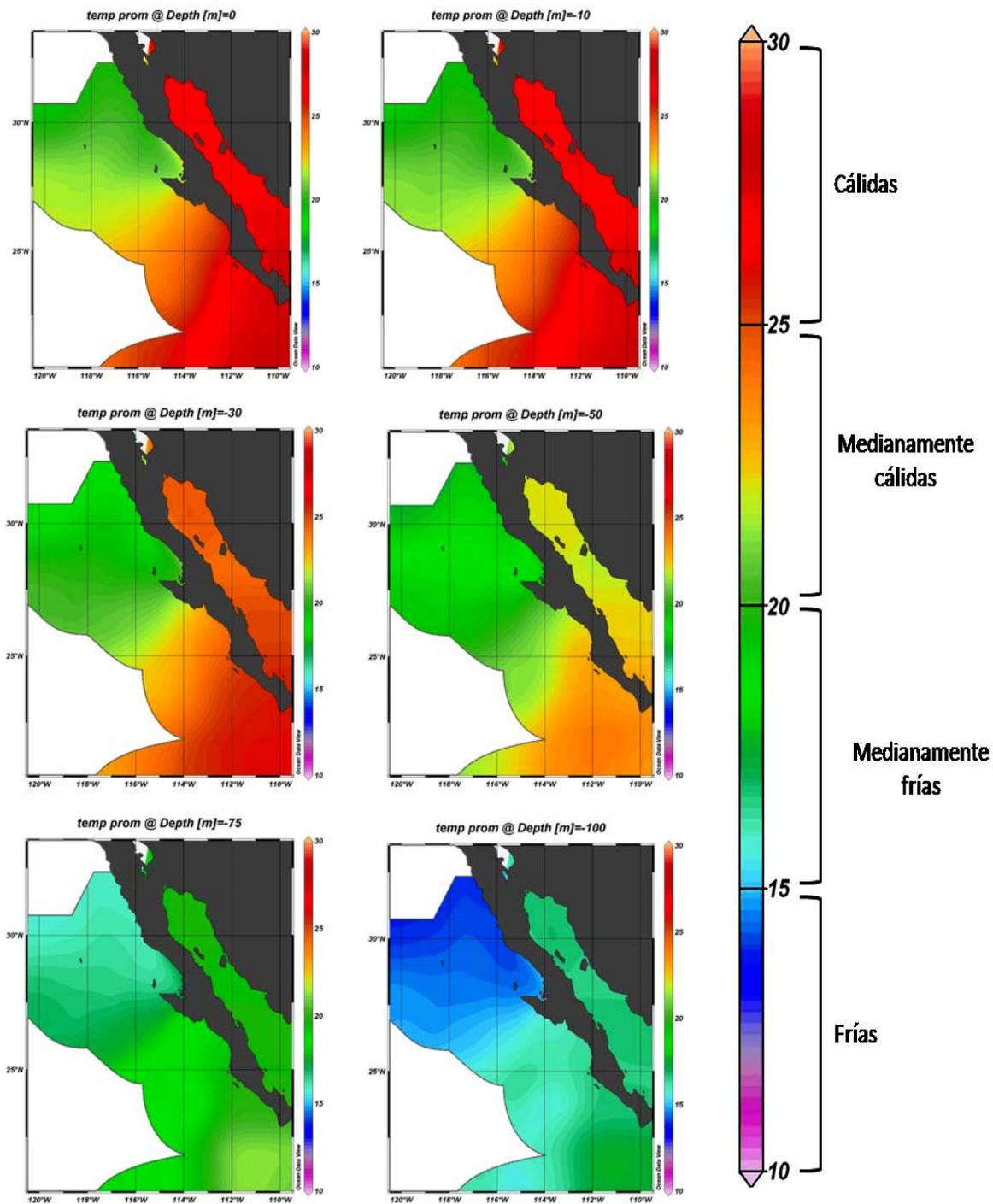


Figura III.7. Regionalización en profundidad con base en la temperatura OTOÑO: 0-10m: RmC todo el norte con isotermas perpendiculares a la costa en región de Punta Eugenia. RC de Bahía Banderas hacia el sur perpendicular a la costa de la PBC. 30-50m: RmF todo el norte hasta zona de Bahía de Ballenas y RC sur de los 25°N para 30m y RmC sur hasta 25°N en 50m. Una cuña de agua cálida proveniente de la región ecuatorial se refleja desde superficie a 50m. 75m: RmF en la zona de estudio excepto al SW de Los Cabos con RmC 100m: RF de Bahía de Ballenas hacia el norte en zona costera y oceánica. RmF de Punta Eugenia al sur perpendicular a la costa.

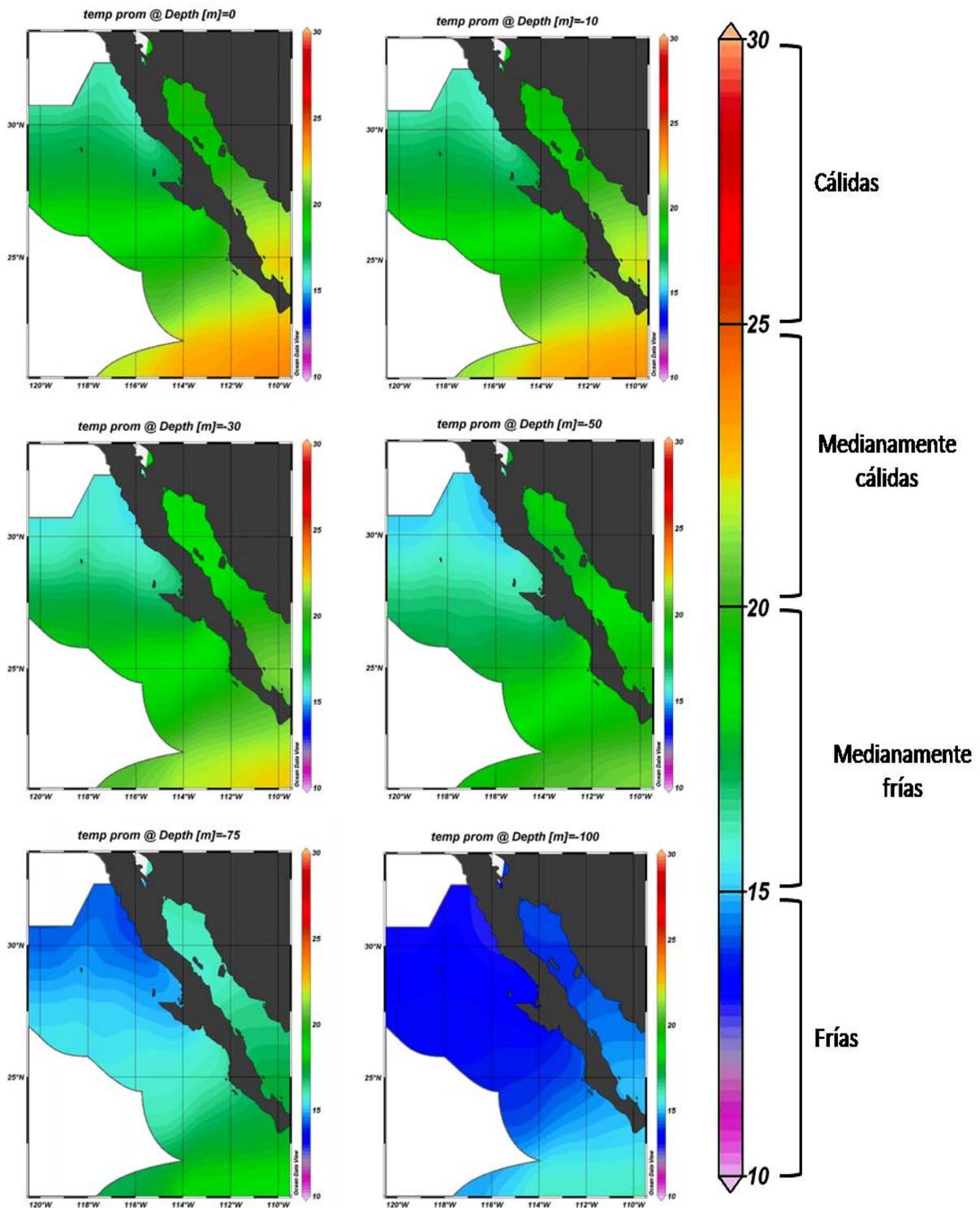


Figura III.8. Regionalización en profundidad con base en la Temperatura del mar ÉPOCA FRÍA (DEFMAM). 0-10m: Punta Eugenia marca superficialmente la frontera entre aguas RmF al norte y RmC al sur. 30m: norte del Trópico de Cáncer RmF y al sur RmC. 50m: RmF en toda el área de estudio. 75m: RF de Punta Eugenia al W perpendicular a la costa. RmF sur de los 26°N. 100m: RF toda el área de estudio.

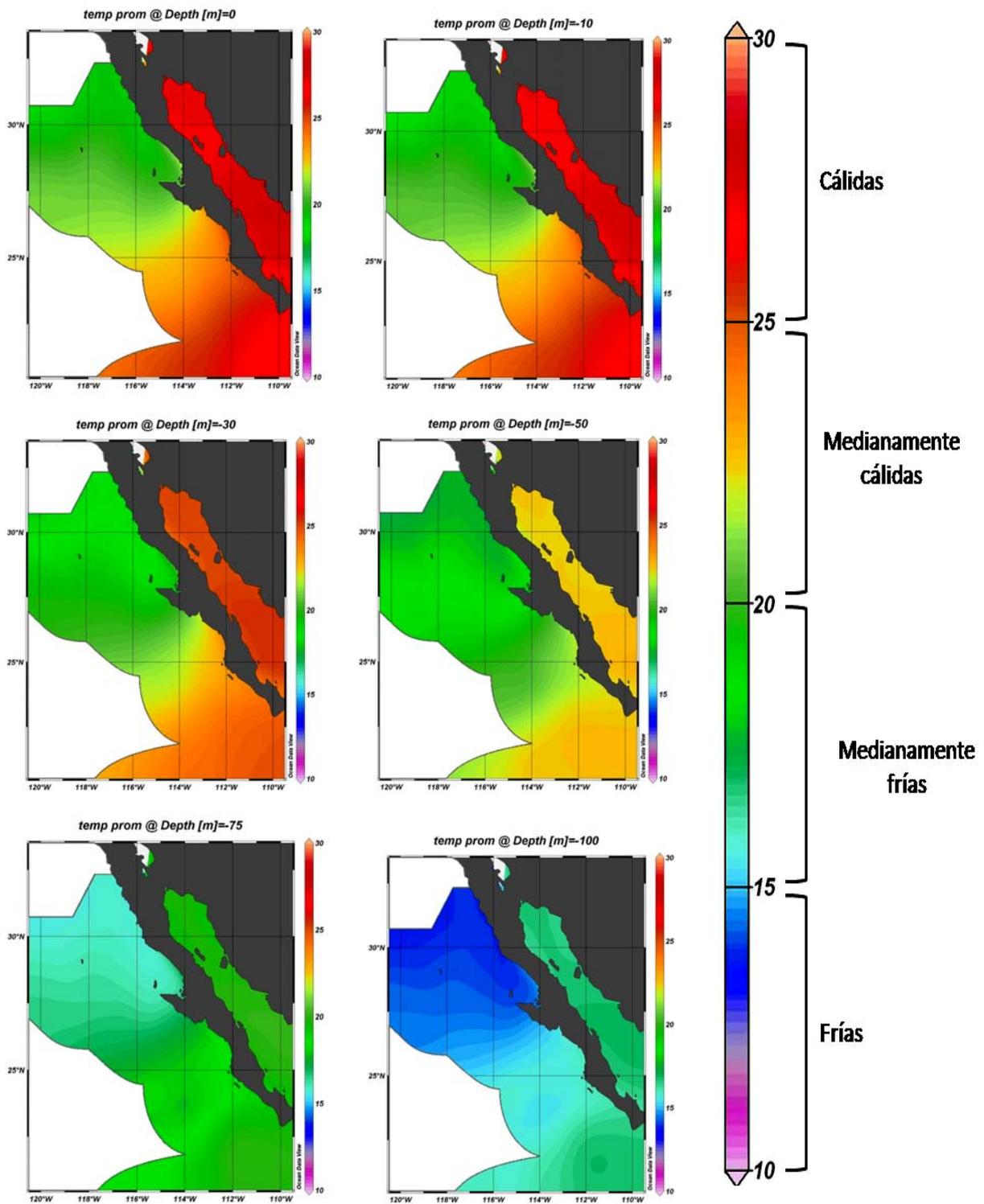


Figura III.9. Regionalización en profundidad con base en la Temperatura del mar ÉPOCA CÁLIDA (JJASON). 0-10m: RmC al norte del Trópico de Cáncer y RC al sur de Bahía Magdalena. 30m: RmF en la zona norte de Punta Eugenia, RmC en el resto del área. 50m: RmF al norte de Punta Eugenia y RmC al sur de Bahía Magdalena. 75m: RmF en toda la zona. 100m: Bahía de Ballenas marca el límite entre RF al norte y RmF al sur.

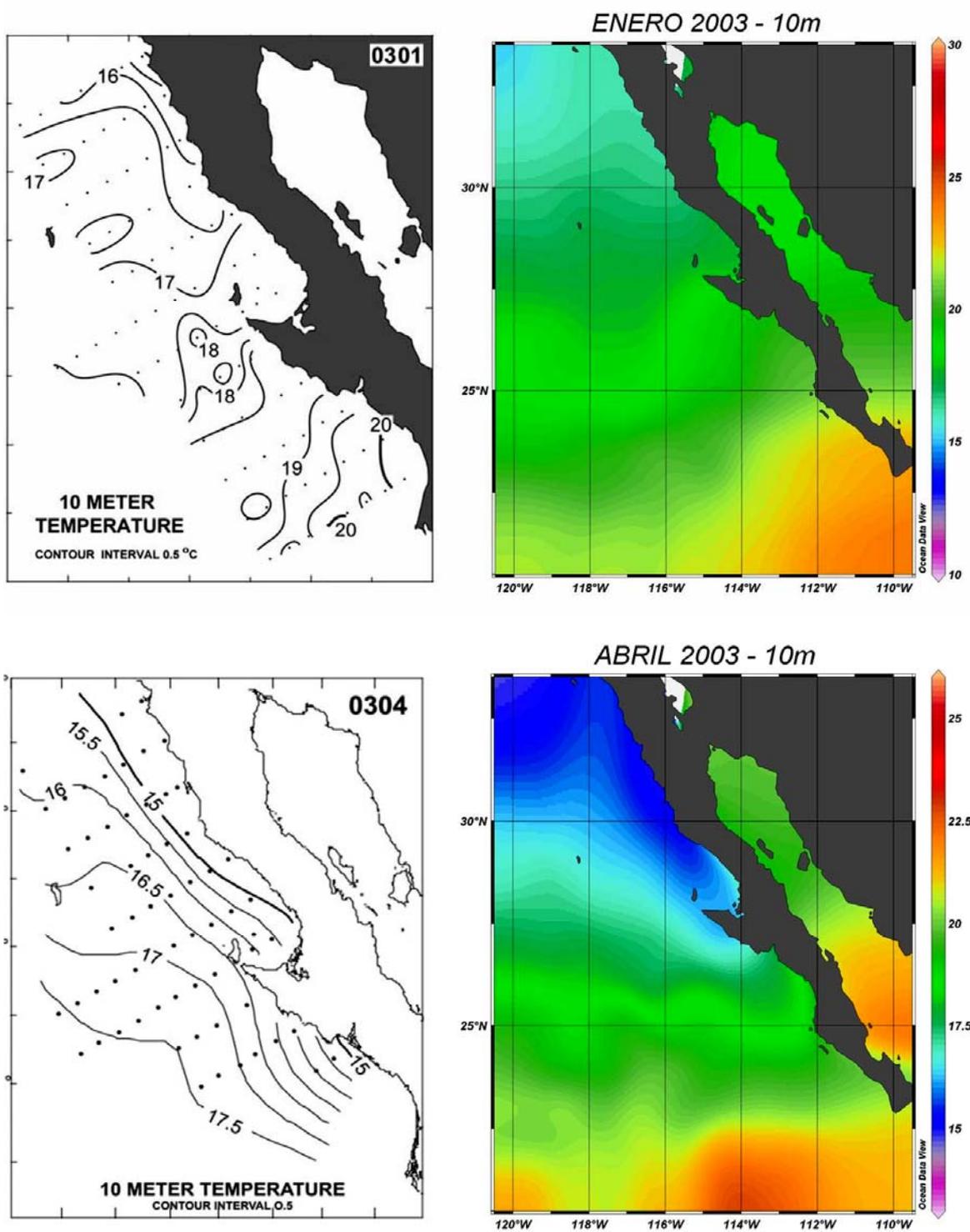


Figura III.10 a) A la izquierda en blanco y negro, campo de temperatura a 10m para enero (Venrick *et al*, 2003) y abril del 2003 (Goericke *et al*, 2005). A la derecha y a color el campo de temperatura a 10m para la misma fecha propuesta en Hernández (este artículo).

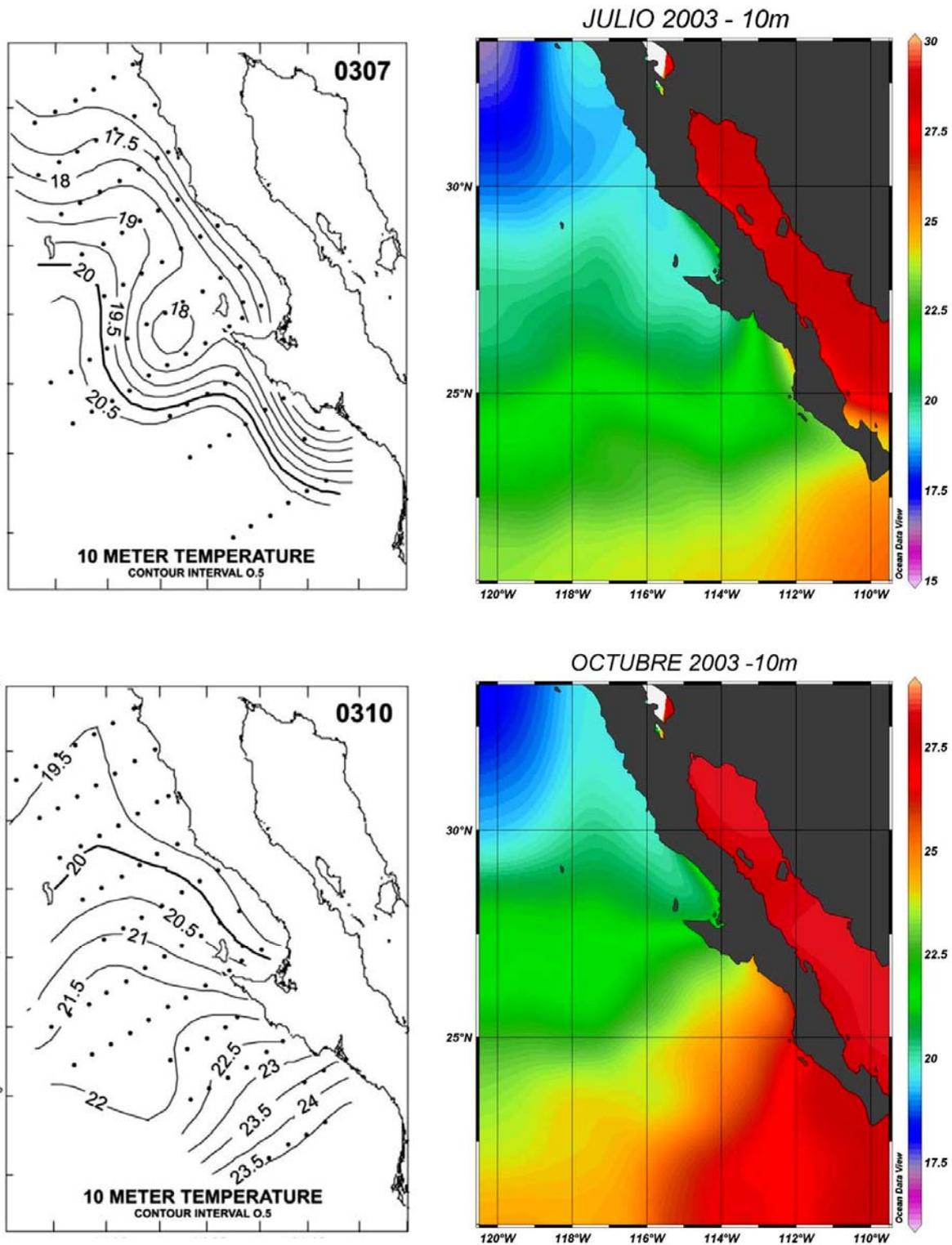


Figura III.10. b) A la izquierda en blanco y negro, campo de temperatura a 10m para julio y octubre del 2003 (Goericke *et al*, 2005). A la derecha y a color el campo de temperatura a 10m para la misma fecha propuesta en Hernández (este artículo).

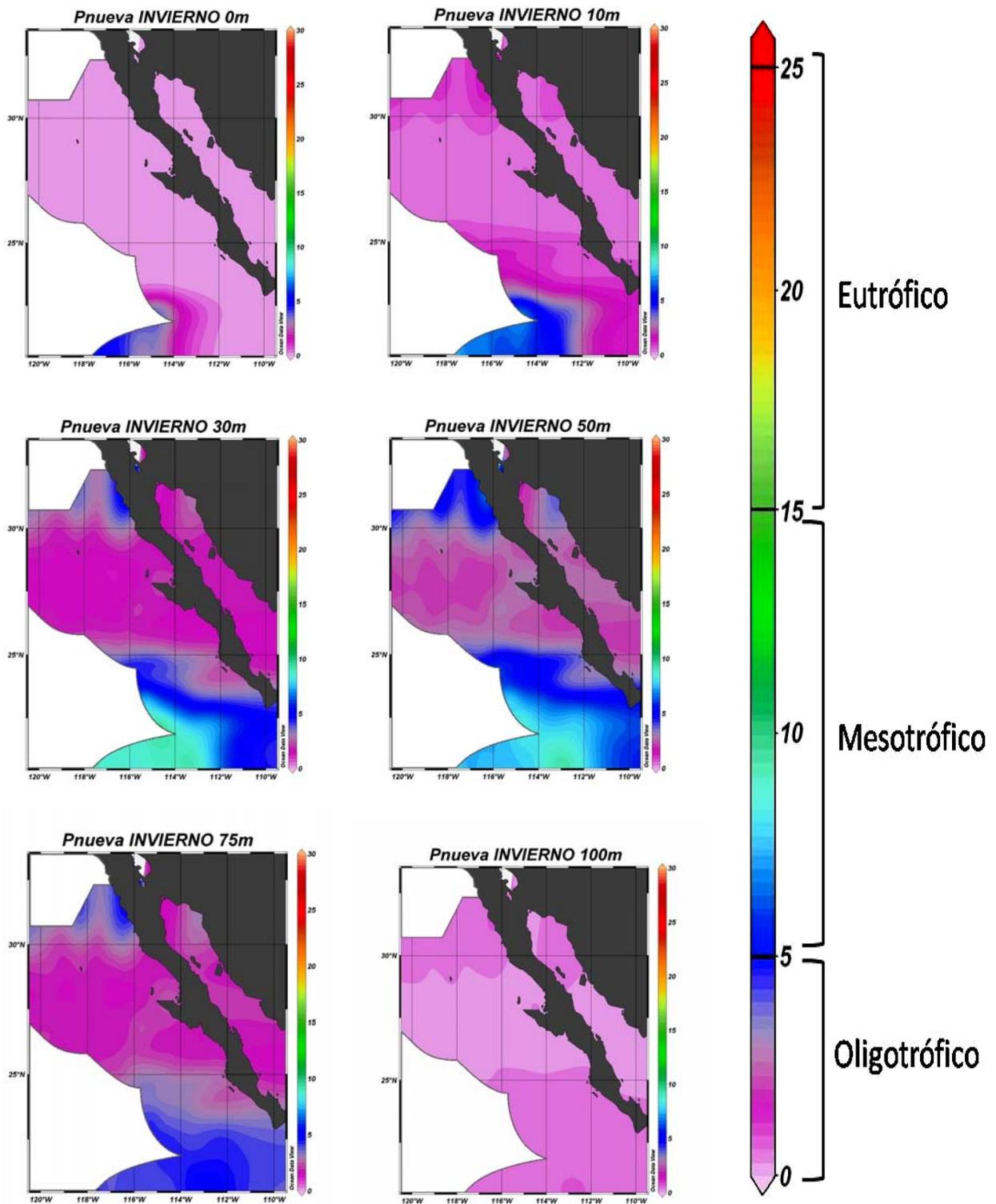


Figura III.11. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) INVIERNO: 0-10m: RO al norte de los 24°N y RM al sur de los 23°N . 30-50-75m: RM al norte de los 30°N y sur de los 25°N . RO presente como cuña entre los 25° y 30°N . 100m: RO toda la zona de estudio.

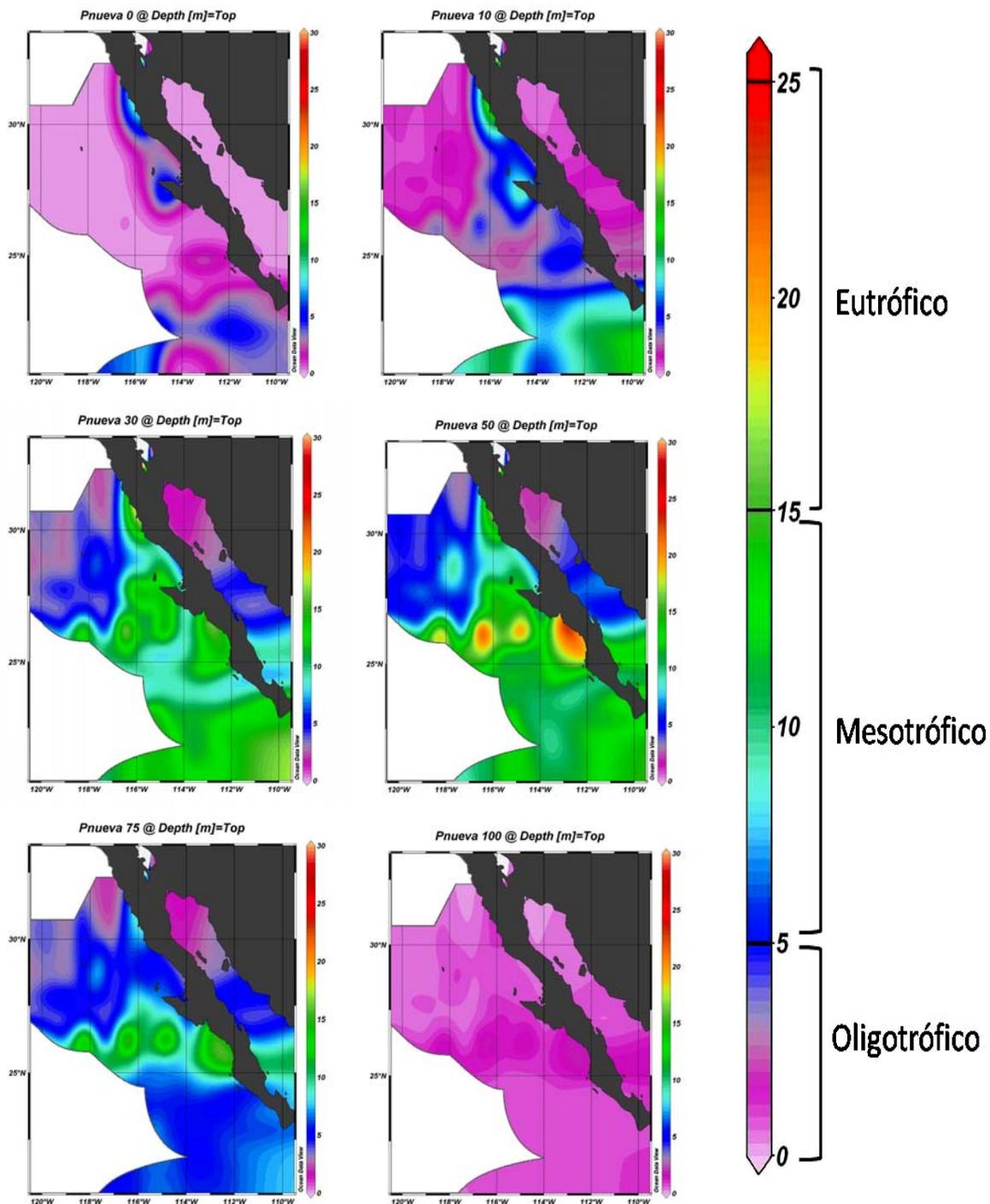


Figura III.12. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) PRIMAVERA: 0m: RO zona oceánica fuera de la costa hasta los 25°N . RM en zona costera desde norte de ZEE hasta Punta Eugenia y sur del Trópico de Cáncer. 10m: RO en el área oceánica fuera de la costa hasta los 24°N . RM en zona costera desde límite de la ZEE al norte hasta sur de Punta Eugenia. RM al sur del Trópico de Cáncer. 30-50m: RO zona oceánica desde los 117°W y 26°N . RM todo el sur y zona costera de la PCB. RE de Bahía de Ballenas hasta Punta Magdalena y zonas asociadas a giros anticiclónicos al W de Punta Eugenia. 75m: RO zona oceánica desde los 118°W y 27°N y RM resto del área. 100m: RO en toda la zona de estudio.

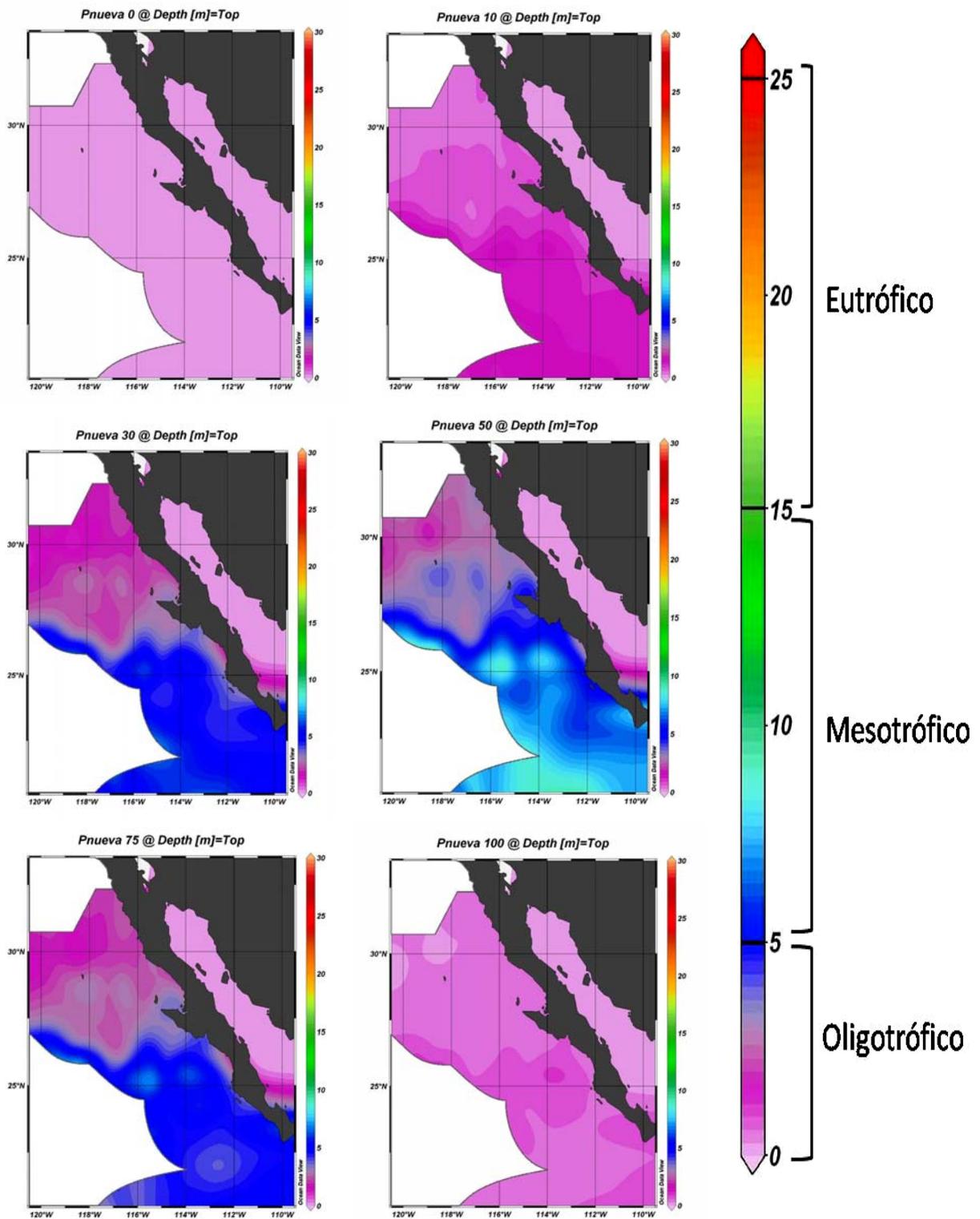


Figura III.13. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) VERANO: 0-10m: RO en toda el área de estudio. 30m: RO al norte de la zona de Bahía de Ballenas y al sur RM. 50m: RM al sur de los 26°N y RO al norte de la zona de estudio. 75m: RO al norte de la zona de Bahía de Ballenas y RM al sur. 100m: RO en toda la zona.

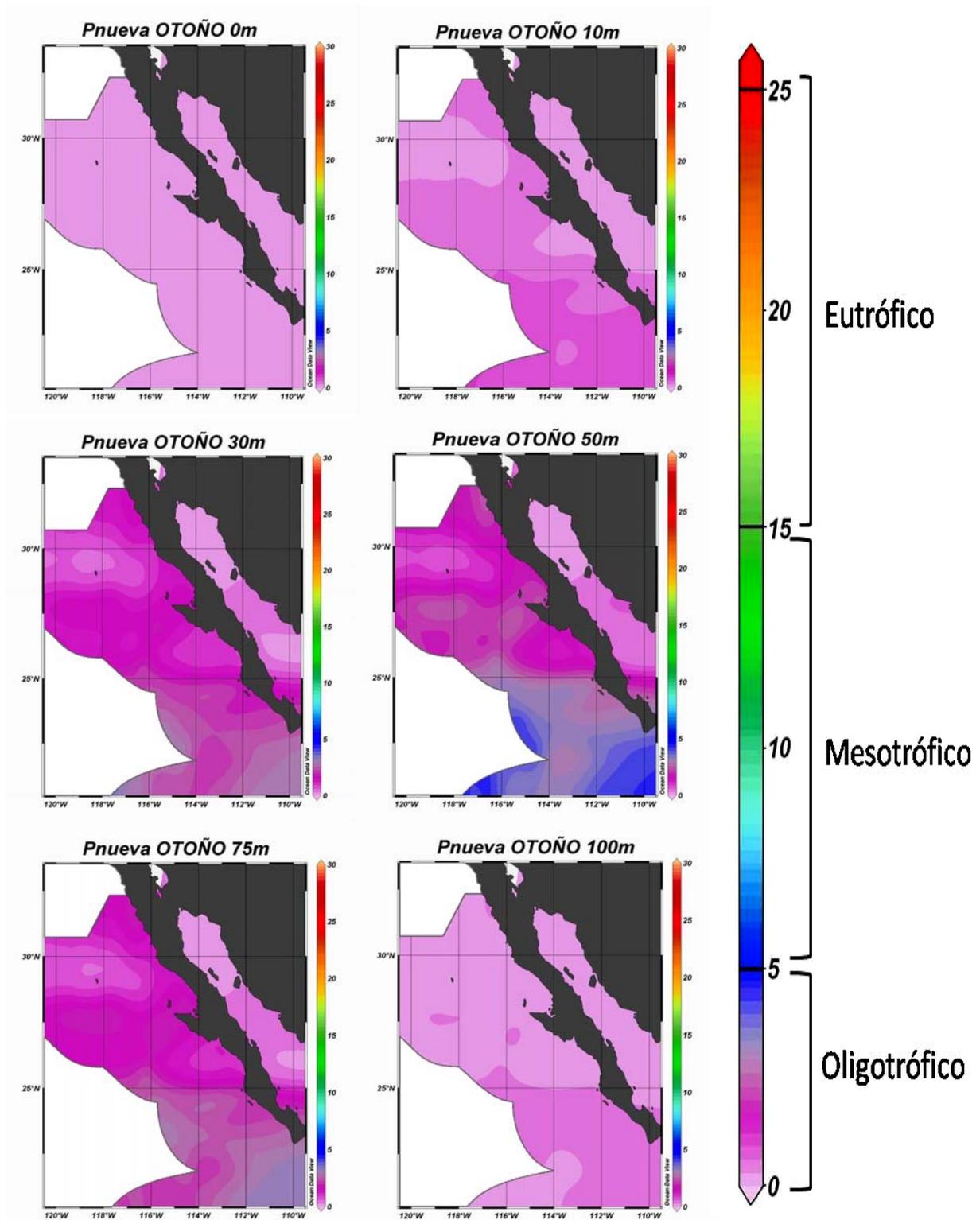


Figura III.14. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) OTOÑO: RO en todo el área de estudio con valores cercanos a RM al sur de Los Cabos y extremo W de la ZEE.

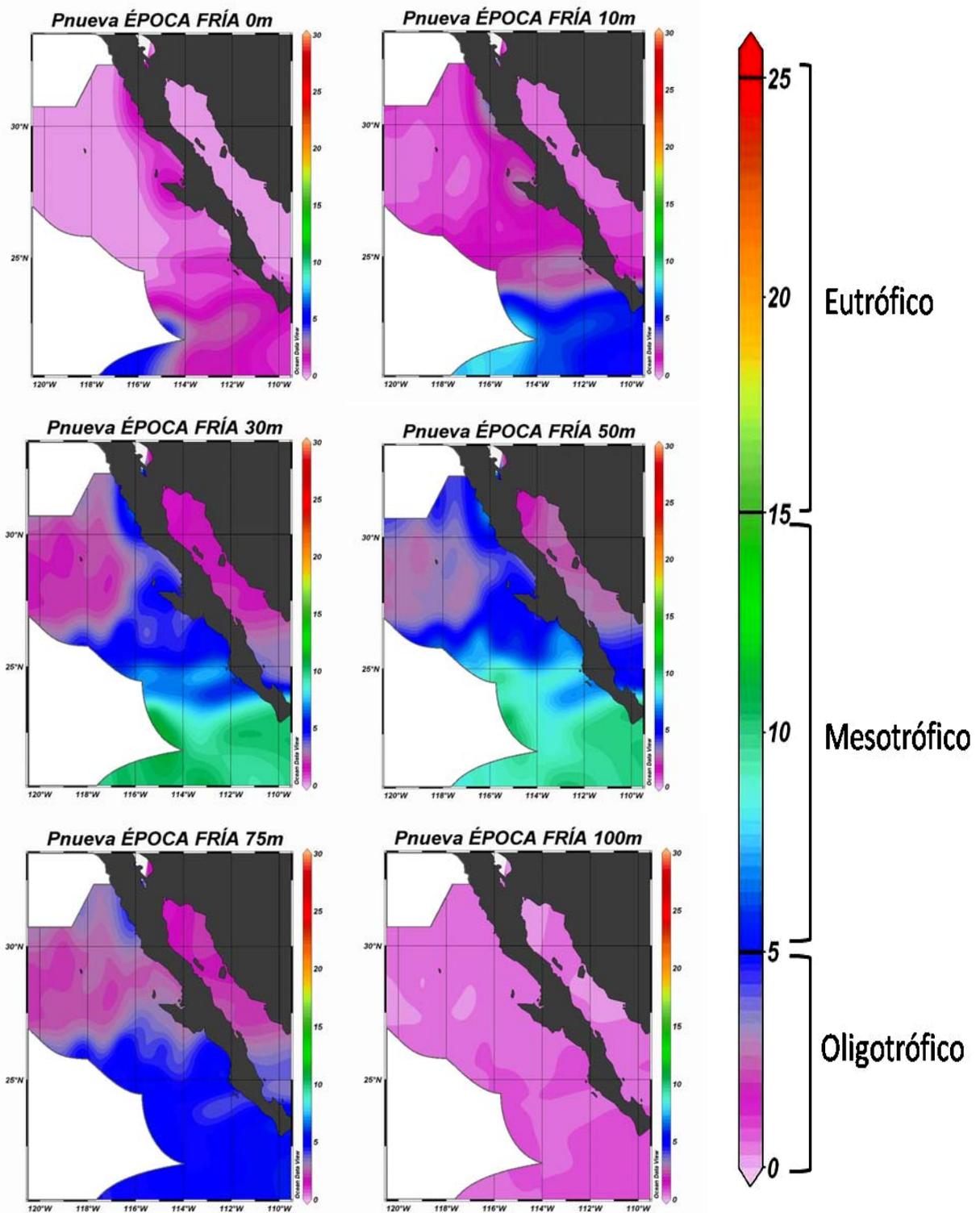


Figura III.15. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) ÉPOCA FRÍA (DEFMAM). 0-10m: RO al norte del Trópico de Cáncer y RM cerca del suroeste de la ZEE; 30-50m: RO por intrusión de aguas del Pacífico Central hasta cercanías de Punta Eugenia y RM desde la frontera norte de la ZEE al sur bordeando zona costera de BC y resto de la ZEE. 75-100m: RO en toda el área de estudio.

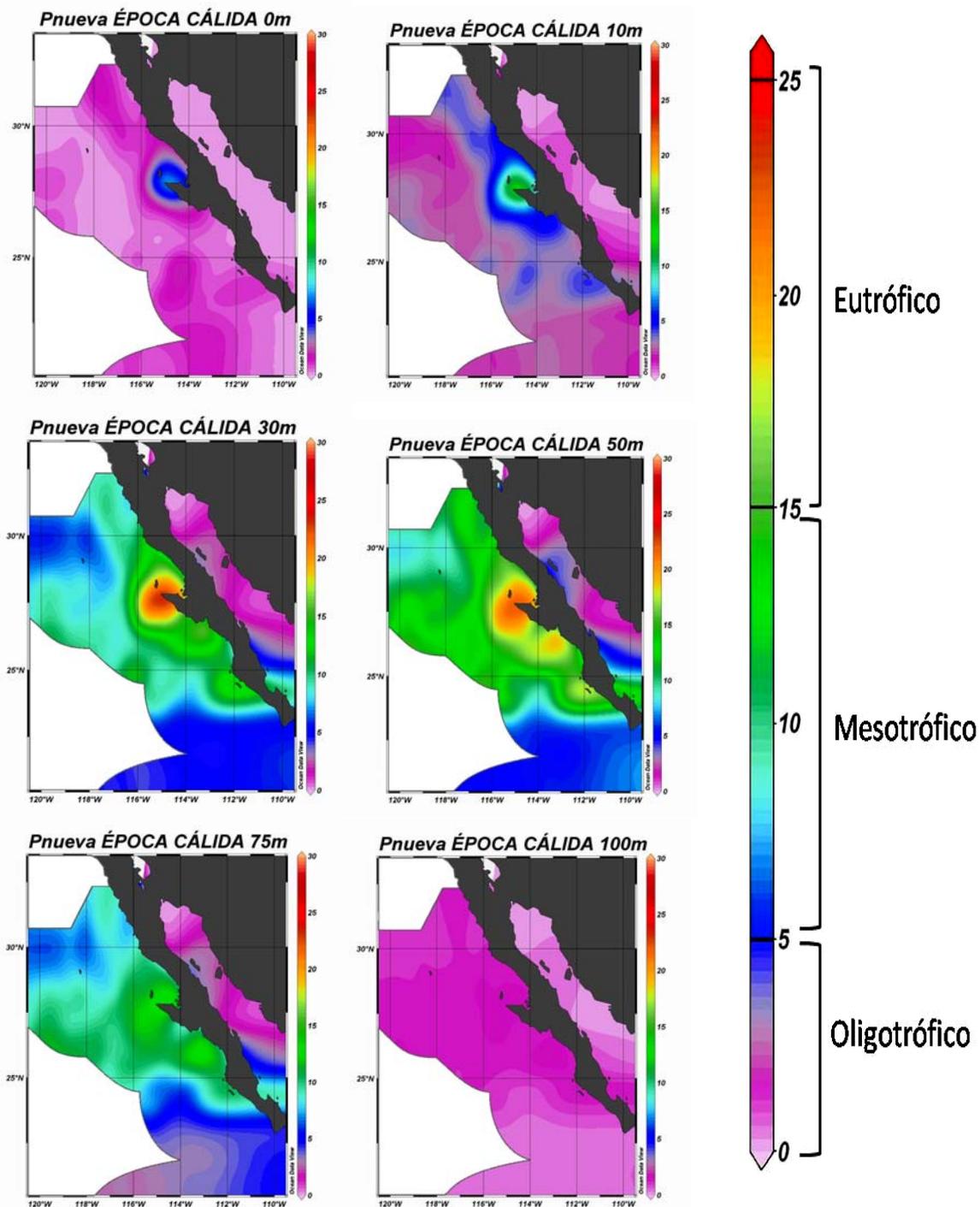


Figura III.16. Regionalización en profundidad con base en la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) ÉPOCA CÁLIDA (JJASON). 0-10m: RM en la zona de Bahía Sebastián Vizcaíno y Punta Eugenia, el resto RO. 30m: RO como intrusión de aguas del Pacífico Central al oeste y sureste de la Isla Guadalupe y región sur del Trópico de Cáncer. RE desde Punta Baja, Bahía Sebastián Vizcaíno y Punta Eugenia. RM el resto de zona oceánica hasta sur de Bahía Magdalena. 50m: RM en área oceánica y RE en zona costera desde Punta Baja hasta el sur de Bahía Magdalena. RO sur del Trópico de Cáncer. 75m: Trópico de Cáncer dividiendo la zona de estudio al norte RM y sur RO. 100m: RO en toda el área de estudio.

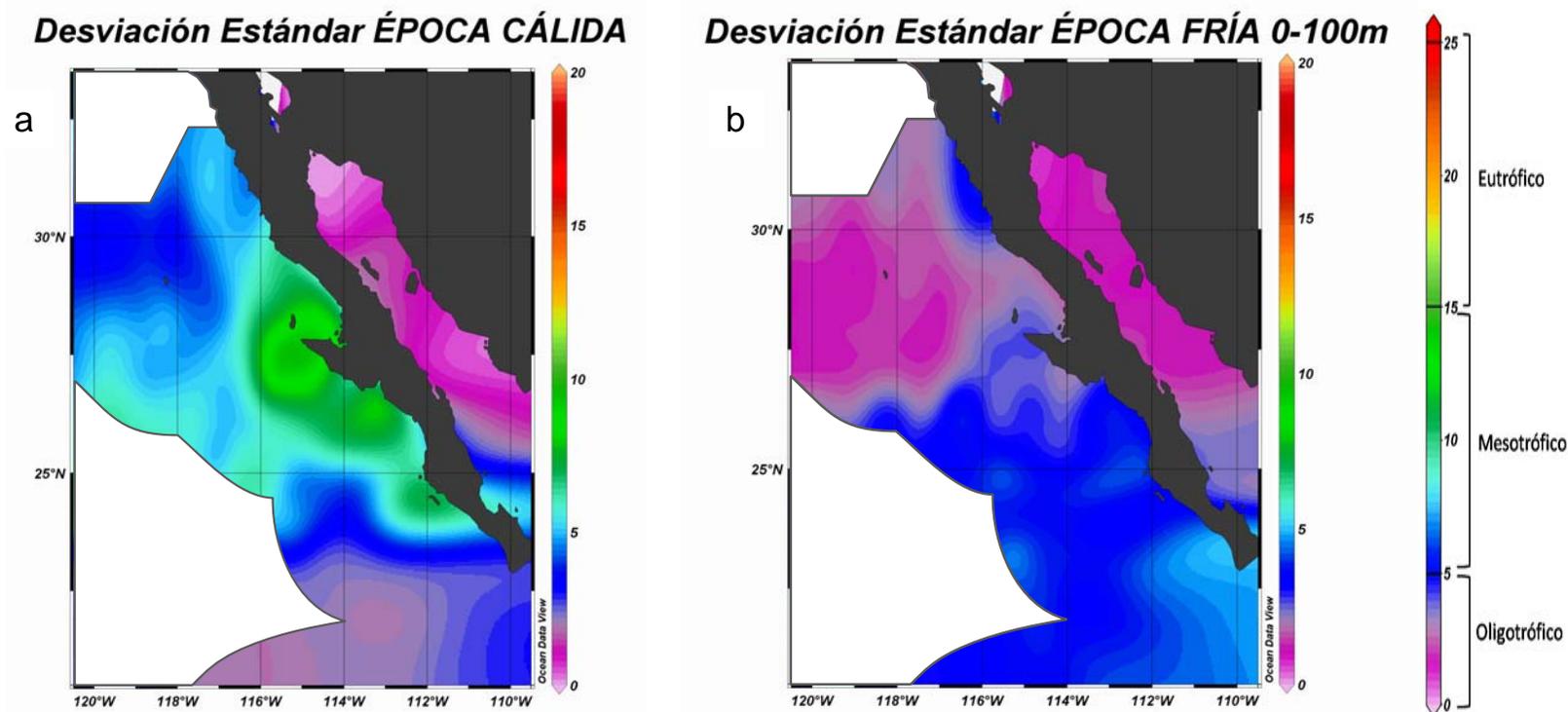


Figura III.17 a) Desviación estándar de la Pnueva ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) en Época Cálida y b) Época Fría desde superficie hasta los 100m. Se interpreta como la desviación del valor del alimento nuevo en áreas concentradas desde superficie hasta los 100m. En el caso de la Época Cálida, se indican las áreas de mayor concentración de Pnueva desde Punta Eugenia al S de Bahía Magdalena. Un área Oligotrófica del Pacífico Central se manifiesta con baja desviación al igual que el S cerca de Los Cabos. En el caso de la Época Fría hay que destacar que el invierno del 2002-2003 (EFM) se presentó un evento “El Niño” débil y esto pudo haber ocasionado baja producción en los primeros meses que repercutió en la época fría.

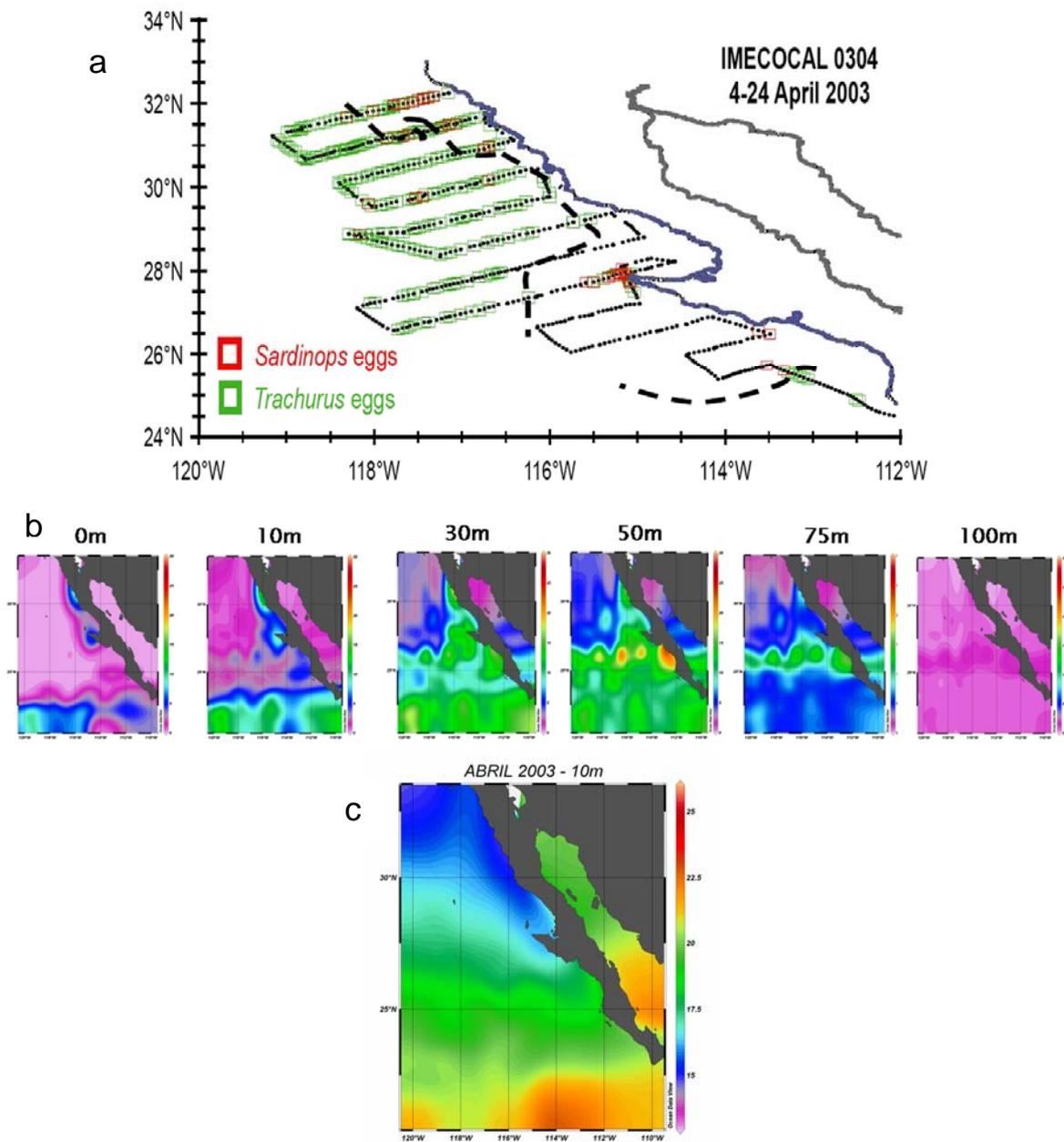


Figura III.18. a) Muestra la distribución de los huevos de sardinas y anchoveta en superficie (Baumgartner *et al*, 2008) del 4 al 24 de Abril del 2003. La línea discontinua representa la frontera de transición entre el hábitat de desove de la sardina y la anchoveta. En los mapas de Pnueva b), además de mostrar la profundidad de los desovadores (padres), brinda también la posibilidad de aumentar una escala más con el alimento nuevo; c) muestra la temperatura de Abril 2003 a 10m y la localización aproximada de los huevos a temperaturas entre 14 y 17°C

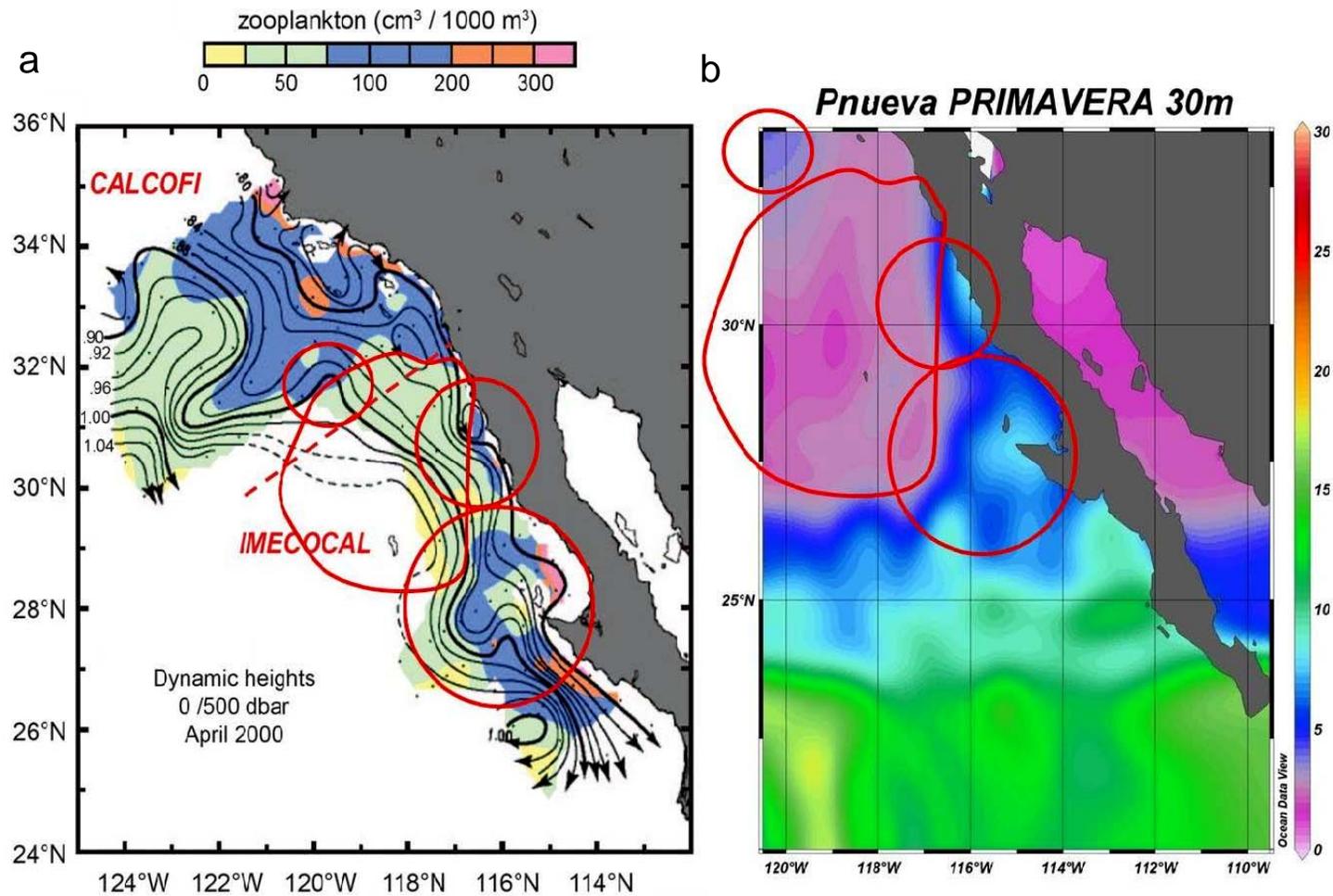


Figura III.19. a) Datos combinados de CalCOFI-IMECCAL para indicar el acoplamiento biofísico a macroescala entre la región central y sur de las Californias en abril del 2000, combinando la circulación en superficie y concentración de volúmenes de zooplancton según Baumgartner *et al*, 2008. b) Pnueva a 30m en la primavera del 2003. Aunque ambas figuras no corresponden a la misma fecha, se puede constatar la similitud de las áreas de Pnueva con altas concentraciones de zooplancton en la región de Punta Eugenia y San Quintín y se muestra además como coincide la zona de intrusión de aguas oligotróficas del Pacífico central con tendencia a la disminución tanto de zooplancton como de Pnueva.

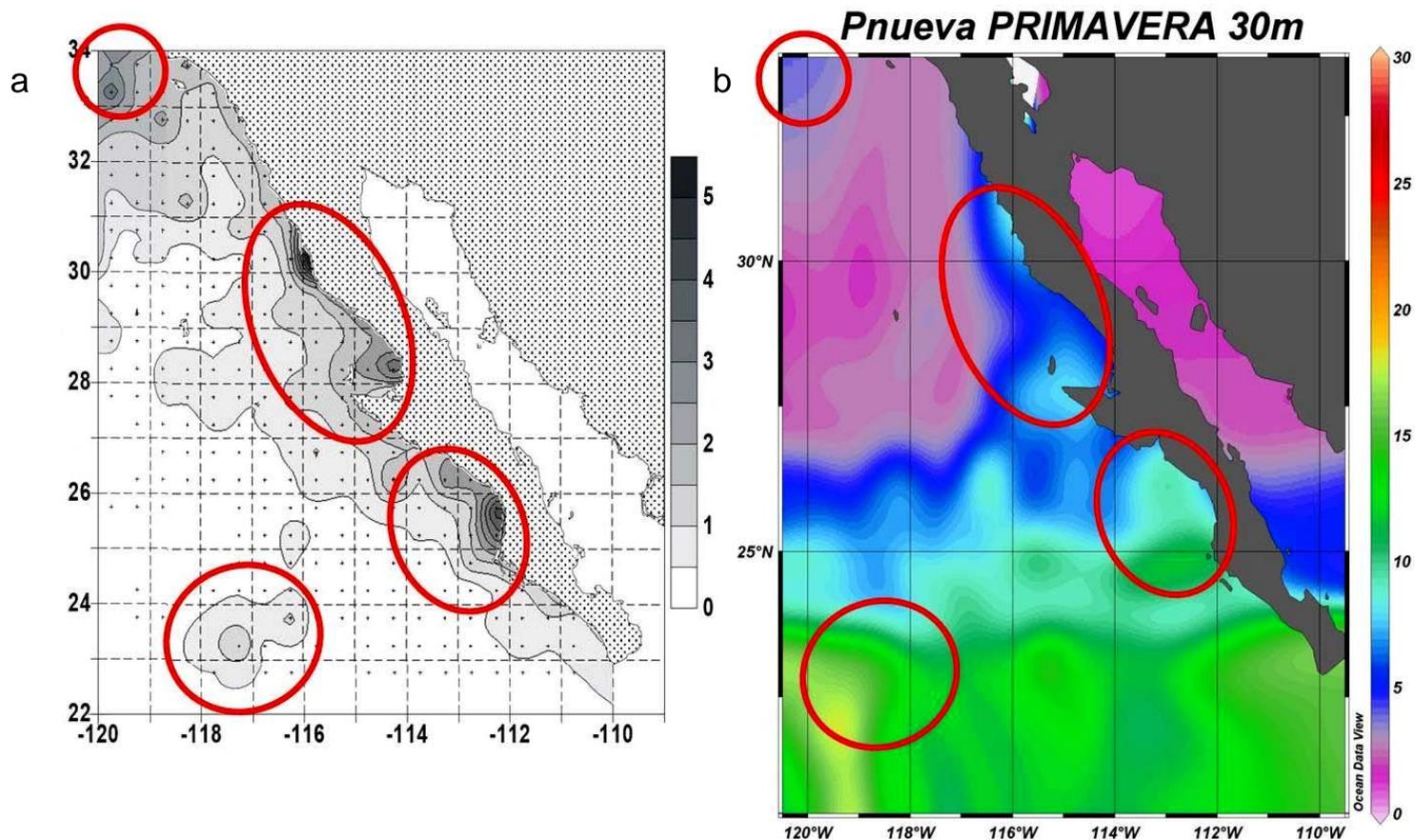


Figura III.20. Similitud de las área de Pnueva con la distribución de biomasa fitoplanctónica, concentraciones de macrozooplanton y densidad promedio de larvas de peces neríticos, pelágicos y bentónicos según Lluch-Belda, (2000) para Punta Baja, Bahía Sebastián Vizcaíno y el Golfo de Ulloa a). Al igual que la figura 12, se muestra la coincidencia de la zona de intrusión de aguas oligotróficas del Pacífico central con tendencia a la disminución tanto de biomasa fitoplanctónica, concentraciones de macrozooplanton como de Pnueva b).

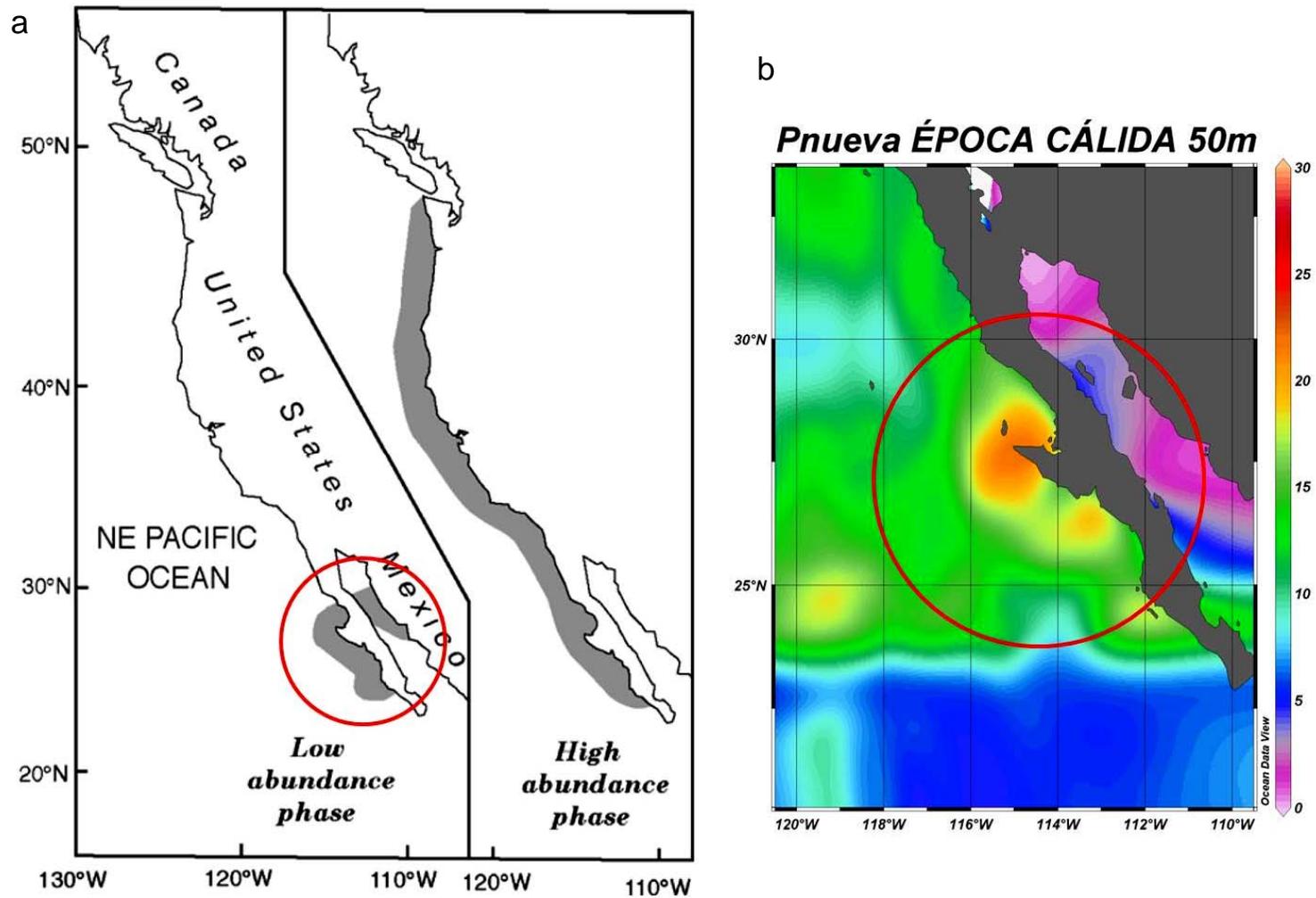


Figura III.21. a) Cambios en la distribución de abundancias de tres poblaciones de la sardina del Pacífico. En la fase de baja abundancia muestra las inmediaciones de Bahía Sebastián Vizcaíno hasta al S de Bahía Magdalena, mientras que la fase de abundancia alta señala desde la costa oeste de La Paz, BCS, hasta Canadá. b) La Época cálida de la Pnueva a 50m señala la posible causa de concentración de estas poblaciones de sardinas.

CAPÍTULO IV

EL USO POTENCIAL DE LA PRODUCCIÓN DE CARBONO ORGÁNICO NUEVO EN EL MANEJO OCEÁNICO

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	157
RESUMEN.....	158
INTRODUCCIÓN.....	159
DISCUSIÓN.....	164
COMENTARIOS FINALES.....	171
LITERATURA CITADA.....	174
FIGURAS.....	181

ARTÍCULOS ANEXOS

Enríquez-Hernández, G., Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G. 2007. El uso de la producción de carbono orgánico en el manejo oceánico. En (Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro, Edts). Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México. Editores. INE-CICESE. ISBN 978-968-817-855-3, 439-450 pp.

Hernández-de la Torre, B. y Gaxiola-Castro, G. (Editores). 2007. Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México. (ISBN 978-968-817-855-3), 508 pp.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV.1. Resumen de la variabilidad espacial y temporal de la temperatura y la Pluviómetro en el ecosistema marino del PNM. Anchoqueta con PDO Fase fría y Sardinas con PDO fase cálida, fue tomado de la figura 2 de Chavez *et al.* (2003).

Figura IV.2. Capturas totales por pesquería de camarón para la costa occidental de Baja California. a) Desde la temporada 1998-1999 existe poco cambio en las temporadas de pesca de la flota industrial. b) Capturas de camarón de la flota artesanal: las capturas se encuentran por encima del promedio histórico desde la temporada "El Niño" 2002-2003. Las capturas de ambas flotas se efectúan principalmente en el sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, BCS. Figuras tomadas del INP, 2009.

RESUMEN

El presente capítulo aborda el tema sobre el uso potencial del carbono marino como instrumento operativo para hallar respuestas de regionalización en la administración de los ecosistemas marinos mexicanos. Parte importante de los procesos de administración marina son las contribuciones que la oceanografía física y biogeoquímica pueden ofrecer para definir regiones oceánicas, considerando las variaciones en la concentración del carbono. Estas zonas, debido a su relativa proximidad a la costa, requieren de estrategias de manejo para mantener la biomasa pescable, la diversidad marina y mejorar la calidad de vida de familias que dependen del sustento que ofrece el mar. A partir de la incorporación del OEM en la LGEEPA en 1996, el esfuerzo gubernamental recayó en impulsar el manejo oceánico en el Golfo de California a través del proceso de OEM que dio inicio el 5 de junio de 2004. Han seguido otros ordenamientos como el Golfo de México y del PNM. Sin embargo las propuestas de regionalización marina de las zonas anteriormente mencionadas, necesitan ser cartografiadas tanto en superficie como en profundidad con vistas a representar los principales procesos físicos y biogeoquímicos que suceden frecuentemente en diferentes estaciones o épocas del año. La diferencia de las anteriores regionalizaciones con la propuesta de regionalización marina del PNM en la presente Tesis, radica precisamente en esto: la cartografía de la temperatura y la Pnueva, escogidos para representar los principales procesos que ocurren debajo de la superficie marina en la escala temporal. En este último aspecto se discuten la diferencia de escala a tomar en cuenta para la zona costera como para el océano. En este capítulo se retoma también la importancia de tomar en cuenta la interacción océano-atmósfera para el OEM y se muestran algunos intentos de regionalización marina basado en la tasa de asimilación de carbono. Se exponen ejemplos de la fertilización de las aguas con nutrientes para elevar la capacidad de producción en la acuicultura, pesca y en la conservación de la biodiversidad, así como su efecto en el clima local costero de algunas ciudades de la costa bajacaliforniana. Por último se presentan algunos puntos de vista del uso del carbono marino bajo efectos de huracanes y en el contexto del cambio climático.

INTRODUCCIÓN

México tiene una superficie marina de 3,149,920 km² de ZEE, superando en 1.6 veces la superficie continental. En ella hay 159 islas entre el Mar Territorial y la ZEE (12 y 200 millas de franja adyacente a la costa, respectivamente) (INEGI 2007), muchas de ellas aún vírgenes, por lo cual el país mantiene la larga tradición de conservación de especies en sus ecosistemas marinos. De las 32 entidades federativas del país, 17 tienen frente litoral. La longitud de la línea de costa de dichos estados, sin contar el territorio insular, es de 11,122 km, de los cuales, 7,828 km corresponden a estados que tienen acceso al Océano Pacífico y Golfo de California, mientras que los estados del Golfo de México y Mar Caribe comparten 3,294 km de línea de costa (INEGI, 2001).

En México se estima que una cuarta parte de la población habita en las planicies costeras y que carece de una cultura marina y cuyo desarrollo, hasta tiempos recientes se dio “de espaldas al mar”, basado en actividades económicas establecidas en el interior (Tudela-Abad, 2006). Los datos presentados revelan la necesidad de entender mejor el rol del océano y las zonas costeras mexicanas ante las variaciones del clima, dinámica de las poblaciones, biodiversidad, cambios estacionales, flujo de energía y productividad que habitan en la delgada interface entre lo costero y lo oceánico para el bien de la población.

El principal referente en materia de legislación marítima-costera se encuentra dentro de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, donde se define la propiedad del territorio nacional, tanto terrestre como marino y se establece la soberanía y jurisdicción sobre los mismos (Cortina-Segovia y Quiñones-Valadez 2005).

La adopción de una aproximación multidisciplinaria e integrada dentro del marco normativo de las instituciones de gobierno para regular las actividades antropogénicas y sus efectos en el océano, son parte de los avances que se han obtenido a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992, como un intento de lograr la gobernabilidad sustentable del océano (UNESCO 2001). Sin embargo, el proceso para transformar las propuestas en acciones concretas de gobierno ha sido lento, sobre todo en los países del tercer mundo.

En el caso particular de México, a pesar de las mejoras en el marco de la planificación a nivel nacional, de los progresos en el marco normativo en materia de protección al ambiente y de que el país ha firmado numerosos tratados internacionales específicos para costas y océanos, se cuenta con escasa experiencia en cuanto a las políticas de manejo de áreas oceánicas y costeras. No es hasta el 8 de junio del 2006 que se publica el documento “Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de los Océanos y Costas” en un intento de establecer estrategias y lineamientos de

política pública para fortalecer la gestión ambiental del océano y la zona costera de manera integral. Dentro de sus objetivos generales está conducir al desarrollo sustentable y la salud de los ecosistemas, en el desarrollo económico y social de pobladores que habitan en estas regiones para el mejoramiento de su calidad de vida y la prevención de riesgos ambientales (SEMARNAT 2006).

El 21 de enero del 2007, nuestro Presidente Felipe Calderón Hinojosa lanza la “Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas” donde toma como marco institucional la “Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de los Océanos y Costas” y concreta y reprograma el reto de alcanzar la transversalidad y la integralidad de los océanos y costas y establece estrategias por zonas para poder llegar a la meta sexenal de contar con ordenamientos ecológicos marinos y costeros a escala regional en todas las aguas marinas nacionales (SEMARNAT, 2007).

Paralelo a los ordenamientos, México también se trabaja en temas de conservación de la biodiversidad marina. CONANP, CONABIO, Pronatura y TNC (2007), lanzaron una compilación de análisis de vacíos y omisiones de la biodiversidad marina en costas y mares de México, (http://www.conanp.gob.mx/analisis_vacios.html). Se identificaron áreas y sitios de alta prioridad para la conservación de la biodiversidad del PNM, con fichas de caracterización y de evaluación. Se seleccionaron sitios prioritarios por especialidades: vertebrados, bentos, plancton y pesquerías, vegetación costera y marina, y se caracterizaron los procesos oceanográficos de los mares mexicanos, entre ellos el PNM, estos son: Surgencias de la costa occidental de Baja California, Surgencias del Vizcaíno, Frente de Cabo San Lucas y Frente de Ensenada.

Con el objeto de hacer operativos estos principios dentro del OEM, es indispensable contar con la delimitación y regionalización de cada área específica en el océano, -a escalas adecuadas- a través de una caracterización marina que describa los componentes físicos, biológicos y socioeconómicos de mayor importancia, e identifique y priorice aquellos atributos ambientales de interés sectorial, con el fin de establecer los mecanismos adecuados que permitan implementar acciones para el desarrollo de actividades productivas y la conservación de los ecosistemas. Es por esta razón que se expone desde distintas perspectivas, el uso potencial de la producción de carbono orgánico nuevo en el manejo oceánico.

Ejemplos de manejo oceánico: el caso del Golfo de California

El primer esfuerzo a nivel gubernamental en impulsar el manejo oceánico a través de un OEM fue en el Golfo de California. Esta región marina se encuentra entre los cinco ecosistemas con mayor biodiversidad y productividad del mundo, además de

ser un sitio importante para la explotación de recursos marinos y el desarrollo de actividades recreativas de tipo náutico (Enríquez-Andrade *et al.* 2005). Tales características han fomentado acciones de conservación en la parte terrestre, insular y oceánica del Golfo de California, y han conducido a la definición de diferentes áreas para la protección y cuidado de los recursos disponibles. Sin embargo, los esfuerzos se han planteado de manera fragmentada y no son todavía suficientes para asegurar la integridad ecológica del Golfo de California como ecosistema (Coalición para la Sustentabilidad del Golfo de California 2001).

Para proteger la biodiversidad de la zona y hacer compatible con ella el desarrollo de actividades a nivel regional, tanto en la zona costera como oceánica, se llevó a cabo la primera caracterización y diagnóstico del Golfo de California entre 1997 y 2000. Posteriormente, se intentó generar programas de OEM y de ordenamiento costero en el Golfo de California (Consultores Internacionales 1999, RIMIRCOM 2002, COLMEX 2002, Espejel *et al.* 2004). Sin embargo, la falta de consenso multisectorial, de un marco administrativo adecuado y de experiencia en procesos de esta naturaleza, fueron factores que impidieron que ambos proyectos se concretaran.

El 5 de junio de 2004 se suscribió el Convenio de Coordinación del OEM del Golfo de California, tendiente a elaborar una nueva propuesta de ordenamiento para planificar el desarrollo de las actividades oceánicas (SEMARNAT 2006). Considerando las experiencias fallidas mencionadas anteriormente, el nuevo OEM del Golfo de California cuenta con un reglamento específico para el desarrollo de las diferentes etapas del ordenamiento ecológico y con una participación activa de diferentes sectores para consensuar las estrategias. Con ello se propician mayores posibilidades de éxito en la implementación del programa a nivel regional.

El caso del Golfo de México

El Golfo de México forma parte de la región del Gran Caribe y es considerado como la cuenca de aguas protegidas más grande del Océano Atlántico (Zárata-Lomelí *et al.* 2004). Este mar semicerrado es compartido por México, los Estados Unidos de América (EUA) y Cuba, por lo que su manejo adquiere una relevancia especial. El Golfo de México se encuentra expuesto a los impactos de las actividades humanas que se realizan en sus aguas, principalmente por parte de México y EUA, llevando a la degradación de los ecosistemas costeros y marinos de la región (Toledo-Ocampo, 1996, Vázquez-Botello *et al.* 1996, Zárata-Lomelí *et al.* 1999, Yáñez-Arancibia y Day, 2004).

Debido a problemas de contaminación y otros impactos ambientales que ponen en riesgo la integridad ecológica del Golfo de México, se han realizado dos paneles de discusión llamados "Necesidades para la Gestión Integrada de la Zona Costera del

Golfo de México y el Mar Caribe". La finalidad de estos eventos ha sido impulsar el Programa de Manejo Integral de la Zona Costera-Marina de la región (Zárate-Lomelí y Yáñez-Arancibia 2003, Zárate-Lomelí *et al.* 2004).

De manera multilateral, México, EUA y Cuba sometieron un proyecto al Fondo Mundial del Ambiente (Global Environment Facility, GEF) durante 2000 para promover el manejo del gran ecosistema marino (GEM) del Golfo de México. La primera fase del proyecto fue aprobada en 2002 e incluyó la elaboración de un diagnóstico transfronterizo para el desarrollo del plan de acción estratégico, el cual será la base de este proyecto en el Golfo de México, a través de la implementación de los cinco módulos que consiste un programa de este tipo (Díaz de León *et al.* 2004).

En el 2008 finalmente se concreta el proceso de OEM y Regional del Golfo de México y Mar Caribe, (región costero-terrestre y marina) en su fase de caracterización, (Ver. 8 mayo del 2008) en Bitácora Ambiental OEMyR-GMyMC (2009), donde se busca establecer un programa de manejo integral costero, al considerar al mismo tiempo los procesos entre las cuencas hidrográficas, las zonas costeras y marinas de esta región y su interconexión con el diseño de estrategias y alineamiento de programas con el enfoque de ecosistemas.

La importancia del carbono marino en la regionalización oceánica

En los OEM, los procesos oceanográficos determinan por sí mismos la regionalización marina (Gallegos, comunicación personal) y cualquier metodología que se utilice para representar y establecer áreas oceánicas debe reconocer la complejidad de los procesos oceánicos del área de estudio, los cuales están dados por la interacción y la variabilidad espacio-temporal entre la atmósfera y el océano. (Steele, 1989).

Parte esencial para el desarrollo de un OEM eficaz, radica en las contribuciones que la biogeoquímica y la oceanografía pueden hacer a la fase de caracterización de las áreas oceánicas y costeras. En los procesos de caracterización, el uso de la producción del carbono orgánico se justifica sobre la base de su potencial de aplicaciones: el suplemento de nutrientes, la función básica de la física de los ecosistemas y cómo éstos se relacionan con el ciclo biogeoquímico. Para ello es necesario utilizar la variabilidad espacio-temporal de la producción primaria como elemento básico para caracterizar áreas oceánicas y costeras.

La Pnueva es la parte de la producción primaria total que está íntimamente relacionada con el flujo del material orgánico hacia las aguas profundas. Este transporte de material orgánico desde aguas superficiales sustenta a los organismos meso y batipelágicos e influye en el intercambio de gases con la atmósfera, tales como el dióxido de carbono y oxígeno. El interés en las mediciones de Pnueva a nivel mundial

aumentó considerablemente desde que Eppley y Peterson (1979) la expusieron en el contexto biogeoquímico (Peña y Harrison, 1995).

La Pnueva en aguas oceánicas puede estudiarse por diferentes vías: (1) por la entrada de nitrógeno en forma de nitratos a la ZE, utilizada en esta Tesis, (2) por medio de trampas de sedimento para medir la suma del nitrógeno exportado de la ZE al fondo del océano, (3) por variaciones en la tasa de consumo de oxígeno en la ZE, (4) a partir de coeficientes de acoplamiento de la columna de agua. El concepto de Pnueva brinda la capacidad de distinguir entre la energía requerida para mantener la integridad metabólica del ecosistema pelágico-bentónico y la energía disponible para el sostenimiento de estos ecosistemas.

Existen algunas estimaciones recientes de la variabilidad espacio-temporal del carbono orgánico en los mares de México. Por ejemplo, Martínez-Gaxiola *et al.* (2007) estimaron la Pnueva integrada en la ZE a partir de información obtenida por sensores remotos del color y la temperatura del océano, desde enero de 1998 a diciembre de 2005. Dicho estudio se realizó en siete regiones de los mares mexicanos: Golfo de México Norte, Golfo de México Sur, Caribe mexicano, Golfo de California, PNM, Golfo de Tehuantepec y Océano Pacífico Tropical y los resultados obtenidos permiten concluir que la variabilidad espacial de la producción de carbono orgánico está determinada por los diferentes procesos que se llevan a cabo en cada una de las regiones estudiadas, siendo el PNM el área con mayor potencial de exportación de carbono orgánico por debajo de la ZE. La anterior conclusión, corrobora los resultados obtenidos por Hernández-de la Torre *et al.* (2003 y 2007) y Espinosa-Carreón *et al.* (2007) para la misma región. Sin embargo aunque el artículo de Martínez-Gaxiola *et al.* (2007) se refiere a Pnueva en regiones marinas, no ofrece una caracterización ecológica en profundidad.

Las estimaciones de la variación interdecadal de Pnueva a nivel regional, obtenidas por Hernández-de la Torre *et al.* (2007) para la región del PNM a partir de series de tiempo (1970-2005), son un ejemplo del uso de grandes bases de datos, aunque éstas sólo existen para esta región del país. El estudio ha permitido identificar entre 1970–1975 un período positivo en el estimado de la remoción de carbono orgánico hacia el fondo marino (coincidiendo con la fase fría de la PDO) y un período negativo entre 1976 y 1998 (coincidiendo con la fase cálida). Estos resultados se completan con la regionalización discutida anteriormente, conformando una integralidad entre la biogeoquímica y los estudios de interacción océano-atmósfera (Figura IV.1).

DISCUSION

Aportes socioeconómicos de la propuesta de regionalización marina en profundidad a partir de temperatura y Pnueva en el PNM

Uno de los problemas claves en el proceso de OEM, es el aspecto socioeconómico que se deriva de las acciones pesqueras que se llevan a cabo en el PNM, básico para el sustento diario de los pobladores y un rubro importante de la economía nacional.

La propuesta de regionalización marina a partir de la temperatura y la producción del carbono orgánico nuevo (ver Capítulo III), se ajusta a los aspectos socioeconómicos más importantes en la región por su estrecha relación con la variabilidad, abundancia y la disponibilidad de poblaciones marinas comercialmente explotables y políticamente conservables.

Al realizar la regionalización marina con base en la temperatura y Pnueva en profundidad, no solamente estamos dando opciones de lo que sucede en zonas de plataforma a 10m, 30m, 50m, etc., sino también por estaciones del año, época fría y cálida, tanto del campo termodinámico como áreas con alimento nuevo y fresco con vistas a la sustentabilidad de la acuicultura y las pesquerías ya sea de altura o ribereña.

Las áreas de alta Pnueva en primavera conlleva a una mayor presencia de organismos desovadores, que debido al "frenesí alimenticio", construyen un nicho ecológico cuya duración persistirá en dependencia de las concentraciones de los productores secundarios sea o no, limitante en otoño. Lavaniegos *et al.* (2002) propusieron que la biomasa del zooplancton en la región IMECOCAL es mayor en verano y otoño, compuesta principalmente por copépodos, eufáusidos y otros grupos con menores abundancias, así como por gran abundancia de salpas observadas principalmente durante eventos cálidos como "El Niño" 1997–1998.

Áreas similares de afloramientos en el Atlántico han sido descritas como "celdas de surgencia" (Lutjeharms y Meeuwisa, 1987), frentes de marea (Cushing, 1995) o en zonas de concentración de larvas de peces (Iles y Sinclair, 1982). Sin embargo Bakun (1996), describió la "tríada" de procesos que favorecen la alta abundancia biológica como enriquecimiento, concentración y retención; evidentemente éstos no ocurren con la misma intensidad, ni a la misma profundidad (Lluch-Belda, 2000). Si se relacionan estos "parches alimentarios" con los procesos como el ENSO, o el PDO se podrá evaluar mejor la energía disponible y la requerida del ecosistema para la sustentabilidad de las pesquerías un año antes (-1), durante (0) y un año después (+1).

Pero no todas las especies de peces y crustáceos responde de manera negativa en años ENSO. Por ejemplo, una respuesta favorable de estos eventos de interacción océano-atmósfera con la metodología de regionalización marina expuesta con

anterioridad, son las pesquerías de camarón (industriales) en Bahía Magdalena BCS. Estas pesquerías no se han recuperado desde la temporada 1997-1998 cuando se presentó un “El Niño” considerado de categoría fuerte y de transición rápida. Sin embargo, esa misma pesquería pero de forma artesanal, muestra picos de ascensos en todos los fenómenos “El Niño” que afectaron la zona desde 1986-87 (INP, 2009). En especies con un ciclo de vida corto (menos de dos años) como los camarones *peneideos*, la lluvia que producen los eventos ENSO aportan nutrientes por escurrimientos costeros y esto trae competencia por alimento, depredación o canibalismo, lo que aumenta la probabilidad de especies al medio y por tanto se elevan las capturas artesanales mientras disminuyen las industriales (Fig. IV.2).

En el sector acuícola del PNM la regionalización marina propuesta en la presente Tesis puede ayudar en el aspecto de crear modelos estadísticos a fin de semicuantificar la Pnueva en zonas de surgencias costeras. Las surgencias proveen aparte de nutrientes como el nitrato, CO₂, y material orgánico que pueden ser transportados hacia el interior de las bahías y lagunas bajacalifornianas por efectos de pulsos de surgencias y de marea (Camacho-Ibar, 2009). Tales condiciones favorecen a que estos sistemas operen con excedentes en su producción primaria, convirtiéndolos en sistemas exportadores de fitoplancton cuyo desarrollo representa una de las alternativas más viables para la diversificación productiva y generación de empleos permanentes en zonas con serias limitantes naturales para su desarrollo, derivadas principalmente de la escasez de agua.

Las aguas del PNM no sólo ha favorecido el asentamiento natural de especies como el Mejillón Mediterráneo (*Mytilus galloprovincialis*), la Almeja Blanca (*Chione sp.*) y la Almeja Garra de León (*Lyropecten subnodosus*), sino que establece condiciones muy favorables para la introducción de especies que se cultivan en el mediterráneo europeo, Japón y en la costa W del los Estados Unidos de Norteamérica, como lo son el Ostión del Pacífico (*Crassostrea gigas*), Ostión Kumamoto (*Crassostrea sikamea*) y la Almeja Manila (*Tapes philippinarum*). Si a la anterior circunstancia se agrega la cercanía con uno de los mercados más importantes como es la costa occidental de Estados Unidos que incluye a los Estados de California, Óregon y Washington, resulta evidente el enorme potencial que se posee para la exportación (Guevara-Escamilla, 2009), generando empleos y servicios a las comunidades aledañas. La capacidad de regulación que ejercen los bivalvos en la calidad del agua de los sistemas estuarinos y antiestuarinos, ha llevado a reconocerlos como especies clave que se integran como parte esencial de la comunidad biótica de los ecosistemas estuarinos sanos alrededor del mundo (Gottlieb y Schweighofer, 1996).

Se estima que la SAGARPA (INP y CONAPESCA) tienen un gran reto dentro del OEM del PNM: necesita ordenamiento sobre sus pesquerías. Esto conllevaría a un mejor aprovechamiento de los recursos potenciales tanto en infraestructura (pesca ribereña y flota mayor) así como sustentar las pesquerías con el fin de ser más eficientes y poder competir en el mercado internacional. Sin embargo, en el análisis de la Fase de Caracterización de la regionalización marina, debe tenerse en cuenta la diferencia de escala entre la regionalización marina y la costera. Mientras que la “marina” se lleva a cabo en una escala mayor (gruesa) para intentar recoger la mayor cantidad de información de procesos oceánicos, en la regionalización “costera” se debe implementar una escala menor (fina) a fin de particularizar los procesos marino-costeros y el manejo de los recursos del PNM. En la regionalización marina se determina la dimensión de los procesos y se adapta a la escala más adecuada. En el caso de regionalización costera se puede establecer referencias geográficas básicas que fortalezcan las acciones de inspección y vigilancia (con dispositivos GPS) en el control de embarcaciones y de control bentónico, ya que su naturaleza sésil o de movilidad limitada las hace vulnerable a efectos ambientales y de sobre-pesca costera.

Es complicado interpretar desde un plano horizontal lo que sucede en profundidad. La ventaja de construir una película con al menos 10 años del comportamiento medio mensual de la Pnueva por profundidad (a posteriori), coadyuvará a tomar las mejores decisiones por los responsables del medio ambiente para hacer evidente la frase que “conservar, no quiere decir, dejar de usar”. Las áreas regionalizadas a partir de temperatura y Pnueva involucran la protección de la biodiversidad en la ZEE del PNM: siendo detectadas, se preservarán en bien de la biodiversidad marina.

La aplicación de la Pnueva en aspectos de la interacción océano-atmósfera en el contexto del OEM

Como se conoce, la interacción entre el océano y la atmósfera es compleja y en muchos casos es difícil establecer causa-efecto. La circulación del océano depende principalmente de dos factores: el viento y el gradiente de densidad del agua de mar. El conocimiento de la capacidad de almacenamiento de calor o enfriamiento del mar territorial es muy importante porque modifica la influencia del clima continental y es un aspecto de la interacción entre el océano y la atmósfera que tiene aplicación directa sobre la economía de la región donde se aplica el OEM.

La parte S de la CC presenta un desprendimiento de aguas en las cercanías de Punta Concepción, en el estado de California, Estados Unidos. Este desprendimiento tiene la tendencia de formar chorros y separarse de la costa por la presencia de una

cordillera submarina que no permite la entrada de estas aguas a la SCB. Así, una parte de las aguas mezclada ricas en nutrientes (Zimmerman y Kremer, 1984; Eppley y Renger, 1986 y Roemmich, 1989) que se desprenden de Punta Concepción, se unen o arrastran aguas oligotróficas del Pacífico central y se dirige hacia el SCB ayudado por la contracorriente de Davidson que va de S a N cercana a la costa (Dr. T. Baumgartner, comunicación personal). La otra parte de aguas mezcladas continua rumbo al S como parte del SCC (Lynn y Simpson, 1987).

La inyección de nutrientes hacia el SCB es llevada por la acción de las corrientes costeras que tienen un efecto del bombeo de “Ekman” en la zona de Punta Concepción en el océano abierto fuera de la costa (Dr. Tim Baumgartner, comunicación personal). Estas aguas entran muy productivas al SCB, caracterizadas por altas tasas de Pnueva (Zimmerman y Kremer, 1983; Dugdale y Wilkerson, 1989; Eppley, 1992; Dugdale *et al.* 1997) y van disminuyendo por dominancia de un proceso sobre otro o por presión del pastoreo del zooplancton, reflejándose en períodos de la serie de tiempo (1970-2008) de las anomalías de la Pnueva en el PNM.

La zona de convergencia entre la CC y la intrusión del agua del Pacífico Central, es una zona de transición ecológica del plancton, donde especies del norte son reemplazadas por especies de aguas cálidas del Pacífico Central y Ecuatorial (McGowan *et al.* 1996). Peláez y McGowan (1986) fueron los primeros en reportar altas concentraciones de pigmentos entre San Diego y San Quintín de abril a junio: esta zona fue llamada posteriormente Frente de Ensenada (FE) (Haury *et al.* 1990; Venrick, 1990). Esta última mantiene su identidad a lo largo del año principalmente en primavera, y aunque puede moverse, cambiar de posición e incluso desaparecer por un tiempo, su presencia es recurrente (Gaxiola-Castro y Álvarez-Borrego, 1991). Trabajos anteriores de Peláez y McGowan (1986); Thomas y Strub (1990); Haury *et al.* (1993); Santamaría-del-Ángel *et al.* (2003) y Espinosa-Carreón *et al.* (2004), localizan al FE entre los 30°N-34°N y 118°W-122°W e indican que su desplazamiento latitudinal y longitudinal oscila ~150 km.

El clima costero que se produce a consecuencia de la influencia marina en las zonas de surgencias costeras, es otro aspecto de las actividades productivas –no pesqueras- que se llevan a cabo en el noroeste de la Península de Baja California. Cuando las condiciones atmosféricas son favorables a la persistencia de vientos del cuadrante N, el área de enfriamiento de la superficie marina por surgencias, abarca centenas de kilómetros costeros e interviene un proceso climatológico terrestre que modula el clima de la región y se vuelve productivo (clima mediterráneo). Este efecto se presenta en los valles del noroeste de la Península de Baja California especial para el cultivo de la uva, convirtiendo esta zona en la de mayor importancia vinícola del país.

Si el FE se ubica mas al S se tendrá un clima parecido al de San Francisco, (frío con neblinas en primavera-verano), pero si está más al N, el clima de Ensenada aunque mediterráneo, será más cálido porque está afectado por condiciones húmedas de las aguas del Pacífico central.

En capítulos anteriores se ha discutido las consecuencias negativas del fenómeno oceanográfico de “El Niño” y las positivas de “La Niña” sobre la Pnueva. Pero ¿de qué manera la Pnueva puede ser efectiva como pronóstico pesquero en presencia de estos años de afectación? Según resultados del capítulo dos, la probabilidad de que la Pnueva sea alta un año antes (-1) de que ocurra un evento “El Niño”, es del 99.9% al igual que el año de ocurrencia del fenómeno “La Niña” en el año (0) según el Análisis de Épocas Superpuestas (SEA). Luego entonces, los bajos valores medios de Pnueva en eventos “El Niño” radican en el pobre aporte de nitratos hacia la ZE y viceversa en eventos “La Niña”. Sin embargo, vale destacar que no todos los procesos físicos y biogeoquímicos que se relacionan con estos eventos en el océano frente a la Península de Baja California, se manifiestan de la misma manera que en otras áreas donde incide el fenómeno directamente (Gaxiola-Castro, comunicación personal).

La región sur del SCC es considerada como una zona de transición (Roden 1971) y estudios recientes afirman que la región IMECOCAL está separada en dos zonas dinámicamente distintas con respuestas disímiles a los forzamientos físicos (Durazo, 2009). Al norte de Punta Eugenia (28°N) las aguas de origen subártico dominan durante todo el año la capa superior del océano (0–100 m), mientras que al sur se encontró influencia de agua tropical y subtropical durante verano y otoño (Durazo, 2010). Partiendo de esta premisa, si la región N de la Península es perturbada por un evento “El Niño”, los procesos físicos y biogeoquímicos se disparan en menor proporción que en el S, inclusive desde el punto de vista meteorológico, el viento de la región costera norteña, es influenciado principalmente por las condiciones del clima el pacífico norte (Gaxiola-Castro *et al.* 2010). Pese a lo anterior, no se puede precisar aún qué dominio físico predomina sobre otro: si la climatología o la oceanografía quien se dispara primero en años ENSO frente a las costas de la Península de Baja California. Desde el punto de vista oceanográfico, no se conoce aún si es a partir de la presencia de ondas atrapadas a la costa en la zona de estudio y por consecuencia el aumento del nivel del mar, que se desencadena todo el proceso de aumento de la temperatura, de hundimiento de la termoclina, de estratificación de la columna de agua, de aumento de la capa de mezcla y disminución de las surgencias por cambios en la dirección y velocidad del viento con respecto de la costa. Lo que sí es un hecho, que los efectos antes mencionados estarán presente en la zona durante los meses de máxima afectación de “El Niño” y disminuirán posteriormente. Tomando en consideración el

esquema anterior y conociendo además, la profundidad aproximada del alimento nuevo que se ofrece en el Capítulo III de la presente Tesis, se podrá ejercer un mejor uso de los recursos disponibles, de tal manera que, el OEM habrá logrado su objetivo ante esta contingencia de interacción océano-atmósfera.

Al igual que el ENSO (http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso.mei_index) los valores y tendencias del PDO (<http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>) se conocen. Para obtener un buen pronóstico pesquero basado en el comportamiento de la Pnueva con respecto del PDO, se puede afirmar que los años de períodos fríos (negativos) de PDO la capa superficial está fuertemente acoplada con la subsuperficial, entonces la Pnueva puede ser una fracción grande de la Ptotal. Contrariamente cuando la columna está estratificada la capa superficial está aislada de las aguas sub-superficiales, (períodos cálidos de PDO) y la Pnueva tiende a decrecer (artículo Anexo al Capítulo II). La profundidad de la nutriclina en la CC está fuertemente relacionada con el ciclo del PDO, siendo más profunda cuando el índice es altamente positivo Goericke *et al.* (2004). Por lo tanto, es posible anticipar bajas concentraciones de nutrientes superficiales en la región del PNM durante la fase cálida del PDO y, por consecuencia, bajas abundancias de diatomeas y de dinoflagelados en la ZE (Gaxiola *et al.* 2008).

No hay que dejar de mencionar dentro de los fenómenos hidrometeorológicos a los Huracanes, considerados por muchos máquinas destructoras afectando principalmente la porción sur del PNM con inundaciones, desbordamiento de ríos y destrucción de inmuebles, entre otros. El Océano Pacífico Nororiental es una región donde la actividad de tormentas tropicales y huracanes es mayor entre junio y noviembre (Álvarez-Borrego, 1983; Díaz *et al.* 2008). Generalmente los huracanes se dirigen hacia aguas abiertas del Pacífico, pero algunos de ellos ingresan al Golfo de California (Zehnder y Gall, 1991), causando severos daños en las regiones costeras, principalmente en BCS. Gray y Sheaffer, (1991) expusieron las primeras evidencias de que la actividad de los huracanes en el Atlántico durante “El Niño” es baja en comparación con los años no-Niños en una serie de 89 años y ésta evidencia es tomada en cuenta hoy en día para conformar los pronósticos de temporadas de huracanes para el Atlántico y el Pacífico por el SMN, según <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/tempo2009/prono2009.pdf>. Fuentes-Yaco *et al.* (2007) mostraron la importancia de tener en cuenta estos fenómenos al aumentar el transporte de agua fría de las capas profundas, rica en nutrientes, hacia la capa de mezcla incrementando la intensidad de la Ptotal y la biomasa de fitoplancton (clorofila-a). Este estudio ejemplifica la influencia positiva de los ciclones en la generación de florecimientos importantes de fitoplancton y los mecanismos implicados en la producción de la cadena alimenticia, en particular para el sostenimiento de las pesquerías. Al final de esta serie de transformaciones biológicas

se observa un incremento neto en la concentración de carbono orgánico (biomasa de fitoplancton) en la región pelágica marina.

La regionalización de los océanos en el contexto del cambio climático

De todo el carbono capturado anualmente en el mundo, el de la actividad fotosintética marina representa el 55% (Falkowski *et al.* 2004; Arrigo, 2005; González *et al.* 2008; Bowler *et al.* 2009). Este ciclo del carbono oceánico está dominado por micro, nano, y picoplancton incluyendo bacterias. A pesar de que la biomasa de plantas en los océanos es sólo una fracción de que hay en la tierra (0.05%) (Bouillon *et al.* 2008; Houghton, 2007), esta cantidad representa sumideros de carbono extremadamente eficiente. Sin embargo, aunque los esfuerzos más crecientes se están realizando para frenar la degradación de la tierra, por ejemplo, mediante la protección de los bosques como un medio para mitigar el cambio climático, el papel de los ecosistemas marinos hasta la fecha ha sido ignorada.

No obstante con los escasos presupuestos para investigación marina, se realizan esfuerzos para estudiar todo lo relacionado con el carbono marino en el contexto del Cambio Climático en el país. Por una parte, el lanzamiento del libro “Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México” hace la primera exposición de las investigaciones que realizan expertos nacionales y extranjeros en este tema y provee las bases científicas para el entendimiento de la función del carbono en los ecosistemas acuáticos de México y su interacción con procesos atmosféricos de escala variable; y por la otra, se llevan a cabo programas de investigación con cruceros oceanográficos cuatrimestrales, además de la implantación de boyas oceanográficas para determinar cuáles regiones son fuente o sumidero mediante diferencias en la presión parcial del CO₂ en el medio marino.

En un ejemplo de cómo el Cambio Climático puede influir en las condiciones oceánicas a pequeña escala Bakun (1990) postuló que, bajo un escenario de calentamiento global, las masas de aire continentales pueden calentarse más rápidamente que las masas de aire oceánicas, principalmente hacia una intensificación de la baja continental en el verano, provocando un fuerte gradiente de presión entre la baja continental y las altas presiones sobre el océano frío en la interface costera con el continente. Esto generará fuertes vientos hacia el S incrementando las surgencias costeras a lo largo de la frontera este del continente. El efecto sobre el sistema de las corrientes en las fronteras W de los continentes, puede ser significativa a causa de la productividad de estos ecosistemas y su importante rol en el presupuesto global del CO₂ (Schwing y Mendelssohn, 1997). Bajo un escenario de este tipo, la bomba biológica será más evidente depositando al fondo marino el CO₂ atmosférico y la región del PNM

sufrirá cambios que repercutirá en el OEM. Posiblemente la consecuencia más evidente de Cambio Climático, son los resultados de Belkin (2009) donde señala la tendencia de enfriamiento del LME de la Corriente de California. Este mecanismo explicado satisfactoriamente por Bakun (1990) predice el enfriamiento observado en el PNM.

La amenaza inminente en la pérdida de los sumideros marinos de carbono, es de importancia crucial en la gestión del clima, la salud, la seguridad alimentaria y el desarrollo económico en las zonas costeras mexicanas. Es una de las mayores brechas en curso para atender el clima en sus esfuerzos de mitigación por el cambio climático. Una inteligente gestión en el OEM basado en efectivos estudios del ecosistema y las opciones de un esquema de adaptación científicamente usable, pueden no sólo reducir y ayudar a mitigar el cambio climático, sino en aumentar la producción pesquera, llevar más proteínas a la población, traer beneficios en la salud, generar puestos de trabajo y aumentar la productividad. Se requiere de un esfuerzo de todos, donde todos tenemos la opción de ganar-ganar.

La zonificación o regionalización marina, es una herramienta de implementación y típicamente una de las muchas que se usan con frecuencia en el manejo. Es una herramienta para la implementación de un plan que está basado en información acerca de los recursos, su importancia ecológica, funciones naturales y valores económicos, así como políticas y objetivos adoptados que reflejan los valores de las sociedades. Determinar y priorizar dichos valores en el ambiente marino es uno de los más grandes retos de gestión. Al igual que en tierra, la fortaleza de la zonificación en una aplicación marina recae en su utilidad para permitir o prohibir usos en áreas específicas. Puede excluir usos únicamente para propósitos de proteger los recursos naturales o bien para reducir o eliminar conflictos entre usuarios que compiten. Los usos permitidos (o prohibidos) en una zona estarán en función de las capacidades o impedimentos del ambiente natural así como de un reflejo de las necesidades e intereses de las sociedades por explotar recursos (Díaz de León *et al.* 2009).

COMENTARIOS FINALES

Con los resultados expuestos en la presente Tesis se cumple con los objetivos planteados en la parte introductoria. Se elaboró una secuencia cronológica de 38 años de temperatura superficial del mar en 10 zonas oceánicas y costeras relativamente equidistantes frente a Baja California y con la ayuda de modelos de producción primaria sugeridos para la zona de estudio, se delimitaron y probaron estadísticamente distintos procesos hidrometeorológicos responsables de las anomalías en la Pnueva. Estos datos servirán para conocer en lo adelante, el comportamiento trófico aproximado de la región ante la presencia de eventos como “El Niño y/o La Niña” con un PDO positivo o negativo.

Las temporadas de anomalías positivas de Pnueva permiten visualizar que los mecanismos físicos-biogeoquímicos que se producen en la ZE, favorecen la disposición de nutrientes para realizar la fotosíntesis, ayudado por una termoclina menos profunda, temperaturas bajas y presencia de nitratos en la superficie. Este escenario con fase negativa (fría) del PDO favorece una mayor tasa exportable de carbono fuera de la ZE, contribuyendo a la remoción del carbono hacia el fondo marino sin perder la integridad del ecosistema.

Las anomalías negativas de Pnueva generalmente se presentan con temperaturas cálidas, mayor estratificación en la columna de agua, poco suministro de nutrientes a la ZE, por lo que se recicla más carbono y disminuye su transporte a zonas profundas. Por esta razón, desde 1976 hasta 1998 la Pnueva disminuyó aproximadamente un 50% en el ecosistema frente a Baja California, ocasionado por 22 años de anomalías positivas (cálidas) del índice del PDO. Los eventos “El Niño” de las mencionadas temporadas, se presentaron con PDO positivo y fueron catalogados más fuertes, con temperaturas muy cálidas y termoclina más profunda.

Por la antigüedad de los muestreos que datan desde 1952 (Programa CalCOFI), se obtuvieron perfiles verticales climatológicos y se realizó un ejercicio de modelación de la Pnueva en profundidad dentro de los límites de la ZEE partiendo de imágenes de satélite de temperatura y de color para el 2003. Se presentó la propuesta de regionalización marina con base en la temperatura y en la Pnueva y se discutieron aspectos importantes que las califican como multiatributos para la Fase de Caracterización del Ordenamiento Ecológico Marino.

De los resultados se sacaron algunos subproductos que poco se mencionan en la Tesis: los estudios de la relación temperatura-nitratos hasta los 200m, las anomalías de la temperatura de la serie 1970-2008 para todas las cuadrículas, así como la P_{total} y razón- f . También surgieron subproductos de la modelación de Pnueva en profundidad con la elaboración de mapas a 0, 10, 30, 50, 75, y 100m de temperatura, nitratos, P_{total} , razón- f y algoritmos elaborados. Para ello se considera crear un sitio Web donde se aloje estos productos mes a mes para ofrecerlos al público en general con el fin de dar continuidad a la serie de anomalías de la Pnueva en el PNM y resaltar la importancia del estudio del carbono orgánico marino para el Cambio Climático.

Con base en los resultados que se discuten, se corrobora la tendencia de que las tasas de producción de carbono orgánico son mayores en zonas costeras y van disminuyendo hacia el océano profundo (Gaxiola-Castro y Álvarez-Borrego, 1991; IOCCG, 2000; Kahru y Mitchell, 2001; Platt *et al.* 2003; Hernández-de la Torre *et al.* 2003, 2004; Espinosa-Carreón *et al.* 2004; Sosa-Ávalos *et al.* 2007). Debido a la proximidad con la costa de las áreas de alta producción primaria, se requieren de

estrategias de manejo por parte de los tomadores de decisiones que permitan mantener la diversidad marina y la biomasa de pesca comercial asociados a estas áreas, como medida para ayudar a la sustentabilidad de los recursos disponibles.

La existencia de un marco normativo y una estructura administrativa para la realización de programas de OEM, es ya un paso importante en el desarrollo de las capacidades del Gobierno Federal para la planificación del océano. No obstante, la consolidación de los programas de OEM sólo podrá darse con acciones concretas y mediante el compromiso de las instituciones de gobierno y de los actores involucrados. Paralelamente, es necesario coordinar mediante los OEM las acciones derivadas de acuerdos internacionales y las iniciativas dictadas a nivel nacional, dado que el OEM es el instrumento más adecuado para conjuntar ambos esfuerzos y producir programas operativos.

Para realizar una efectiva Fase de Caracterización en el OEM hay que tener en cuenta la cantidad y calidad de la información marina disponible en centros de investigaciones, institutos y universidades que estudian el mar. Existen zonas como el Pacífico Mexicano, el Golfo de Tehuantepec y el Caribe que si bien presentan trabajos principalmente desde el punto de vista pesquero, no son suficientes ni periódicos para caracterizar oceanográficamente la zona, por lo que se hace necesario de inmediato la recopilación de la información generada en Banco de Datos, y la implementación y puesta en marcha de una "Red de Investigaciones Oceanográficas" (RIO) que abarque la ZEE de todo el país. Es evidente que una Tesis Doctoral no puede cambiar el rumbo de los que hacen la legislación política para llamar su atención por una RIO.

Faltan muchas cosas por hacer y por aportar, pero las conclusiones de esta parte de la investigación ya están escritas en la presente Tesis y la propuesta metodológica de regionalización marina concluida. Sólo resta que los Tomadores de Decisiones del primer instrumento legal que tiene que ver con el mar, el Ordenamiento Ecológico Marino, lo echen a andar.

Salvaguardar el océano hoy, dependerá el futuro de nuestros hijos mañana. Debemos ponernos de acuerdo para hacer todo lo posible en dedicarle más recursos a las investigaciones oceanográficas para hacer también de México una potencia basada en sus recursos marinos.

Los ejemplos de manejo oceánico expuestos en los párrafos anteriores, representan el interés por parte de las instituciones de gobierno, de investigación y la sociedad civil por mantener las condiciones ecológicas de estas áreas oceánicas.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. Capítulo 17: 427-449. En: Ketchum BH (ed.) *Estuaries and Enclosed Seas, Ecosystems of the World 26*, Elsevier Scientific Publishing Co. New York, 500p.

Arrigo, K. R. 2005. Marine micro-organisms and global nutrient cycles. *Nature*, Sep. 15; 437(7057):349-55.

Bakun, A. 1990. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, 247, 198-201.

Bakun, A. 1996. *Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics*. San Diego, California, University of California, Sea Grant-CIBNOR.

Belkin, I. M. 2009. Rapid warming of Large Marine Ecosystems. *Progress in Oceanography* 81:207-213

Bitácora Ambiental del OEMyR-GMyMC. 2009. SEMARNAT. En página Web: http://www.semarnat.gob.mx/QUEESSEMARNAT/POLITICA_AMBIENTAL/ORDENAMIENTOECOLOGICO/Pages/bitacora_ambiental_golfo_mexico.aspx

Botello, A. V, Rojas Galviz, J.L, Benítez, J, Zárate-Lomelí, D. (eds.) 1996. *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX, Serie Científica 5: 25–44.

Bouillon, S., A. V. Borges, E. Castañeda-Moya, K. Diele, T. Dittmar, N. C. Duke, E. Kristensen, S. Y. Lee, C. Marchand, J. J. Middelburg, V. H. Rivera-Monroy, T.J. Smith III, y R. R. Twilley. 2008. Mangrove production and carbon sinks: A revision of global Budget estimates. *Glob. Biogeoche. Cycles*. 22: GB2013, doi: 10.1029/2007GB003052.

Bowler, C., Karl, D.M., Colwell, R.R. 2009. Microbial oceanography in a sea of opportunity. *Nature* 459:180-184

Camacho-Ibar, V. 2009. ¿Son los ecosistemas costeros mexicanos fuentes o sumidero de carbono? Conferencia Magistral en Primer Simposio Internacional del Carbono en México. Octubre 7-9, Ensenada, Baja California, México.

Chavez, F.P., Ryan, J., Lluch-Cota, S. E., Ñiquen, M. 2003. From Anchovies to Sardines and Back: Multidecadal Change in the Pacific Ocean. *Science* 299, 217, DOI: 10.1126/science.1075880.

COALICIÓN PARA LA SUSTENTABILIDAD DEL GOLFO DE CALIFORNIA. 2001. Memoria Técnica del Mega Taller de Definición de Prioridades de Conservación del Golfo de California. Mazatlán, Sinaloa, 14 al 18 de Mayo de 2001. 140 pp.

CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C. México, D.F.

COLMEX. 2002. Bases para el Ordenamiento Ecológico de la Región de la Escalera Náutica (componente social y económico). Informe Final. 535 pp.

CONSULTORES INTERNACIONALES. 1999. Ordenamiento Ecológico Marino de la Región de Mar de Cortés (fases 1 y 2). CECARENA-ITESM - CIAD- Mazatlán - Conservación Internacional México -CRIP Guaymas, La Paz, Mazatlán y Ensenada - Dirección General de Ordenamiento INE, SEMARNAP-ICMyL Estación Mazatlán - Gobiernos Estatales - Delegaciones SEMARNAP - UABCS - UABC. Disco Compacto.

Cortina-Segovia, S., Quiñones-Valadez, L. 2005. Análisis y Recomendaciones del Marco Jurídico Aplicable a Océanos y Costas. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental-INE. Documento de trabajo

Cushing, D. 1995. Population production and regulation in the sea. A fisheries perspective. Cambridge, Cambridge Univ. Press.

Díaz de León, A., Álvarez-Torres, P., Mendoza-Alfaro, R., Fernández-Méndez, J.I, Ramírez-Flores, O. 2004. Hacia un Manejo Integrado del Gran Ecosistema Marino del Golfo de México. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. (Coords.), Diagnóstico Ambiental del Golfo de México Vol. 2. SEMARNAT – INE, Instituto de Ecología AC, Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 985–1006p.

Díaz de León, A., Álvarez-Torres, P., Iglesias-Barrón, O. 2009. Experiencias globales de clasificación y ejercicios de zonificación marina. En: Córdova, A., F. Rosete, G. Enríquez y B. Hernández Compil. 2009. Ordenamiento Ecológico Marino: Visión integrada de la regionalización. INE. ISBN 978-968-817-944-4, 242 pp.

Díaz, S. C., Salinas-Zavala, C.A. Hernández-Vázquez, S. 2008. Variability of rainfall from tropical cyclones in northwestern Mexico and its relation to SOI and PDO. *Atmósfera* 21, (2):213-223 pp.

Dugdale, R. C., Wilkerson, F.P. 1989. New Production in the upwelling center al Point Conception, California: temporal and spatial patterns. *Deep-Sea Research*, Vol. 36, No. 7:985-1007.

Dugdale, R. C., Curtiss, D.O., Wilkerson, F.P. 1997. Assessment of New Production at the upwelling center al Point Conception, California, using nitrate estimated from remotely sensed sea surface temperature. *Journal of Geophys. Res.* Vol. 102, No. C4: 8573-8585.

Durazo, R. 2009. Climate and upper ocean variability off Baja California, Mexico: 1997–2008. *Progress in Oceanography*, 83: 361–368

Durazo, R., Ramirez-Manguilar, A. M., Miranda, L. E., Soto-Mardones, L. A., 2010. Climatología de variables hidrográficas. En: (Gaxiola-Castro, *et al* Compiladores). *Dinámica del Ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1997–2007. Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California. I. Patrones y procesos a escalas estacional e interanual.* INE-CICESE. (En prensa).

Eppley, R. W., Peterson, B.J. 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature* 282:677-680.

Eppley, R., Renger, E. H. 1986. Nitrate-based primary production in nutrient-depleted surface waters off California. *Oceanogr. Trop.* 21, (2):229-238.

Eppley, R. W. 1992. Chlorophyll, photosynthesis and new production in the Southern California Bight. *Prog. Oceanogr.* Vol. 30:117-150

Enríquez-Andrade, R., Anaya-Reyna, G., Barrera-Guevara, J.C., Carvajal-Moreno, M. de los A., Martínez-Delgado, M. E, Vaca-Rodríguez, J., Valdés-Casillas, C. 2005. An analysis of critical areas for biodiversity conservation in the Gulf of California region. *Ocean Coast. Manag.* 48:31–50.

Espejel, I., León, C., Fermán, J., Bocco, G., Rosete, F., Graizbord, B., Castellanos, A., Arizpe, O., Rodríguez, G. 2004. Planeación del Uso del Suelo en la Región Costera del Golfo de California y Pacífico Norte de México. En: Rivera-Arriaga E, Villalobos–Zapata G, Azuz–Adeath I, Rosado–May F. (eds.), *El Manejo Costero en México*. Universidad Autónoma de Campeche-SEMARNAT- CETYS Universidad-Universidad de Quintana Roo:321–339.

Espinosa-Carreón, T. L, Gaxiola-Castro, G., Robles-Pacheco, J.M., Nájera-Martínez, S. 2001. Temperatura, salinidad, nutrientes y clorofila a en aguas costeras de la ensenada del sur de California. *Ciencias Marinas*, 27(3):397-422.

Espinosa-Carreón, T. L, Cepeda-Morales, J, Gaxiola-Castro, G. 2007. Influencia de los procesos físicos en la producción de carbono orgánico frente a Baja California. En (Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro, Edts). *Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México*. Editores. INE-CICESE. ISBN 978-968-817-855-3:439-450.

Espinosa-Carreón, T. L., Strub, T., Beier, E., Ocampo-Torres, F., Gaxiola-Castro, G. 2004. Seasonal and Interannual variability of satellite-derived chlorophyll pigment, surface height and temperature off Baja California. *J. Geophys. Res.* 109, C03039. doi: 10.1029/2003JC002105.

Falkowski, P. G., Katz, E., Knoll, A. H., Quigg, A., Raven, J. A., Schofield, O., Taylor, F. J. R. 2004. The Evolution of Modern Eukaryotic Phytoplankton. *Science* 305:354-360.

Fuentes-Yaco, C., Valdez-Holguín, J. E., Devred, E., Platt, T., Sathyendranath, S., Halfar, J., Godínez-Orta, L., Borges, J. M. 2007. Teledetección del impacto del Huracán Ignacio (2003) en el Pacífico Tropical Oriental. En (Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro, Edts). *Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México*. Editores. INE-CICESE. ISBN 978-968-817-855-3:439-450.

Gaxiola-Castro, G., Alvarez-Borrego, S. 1991. Relative assimilation numbers of phytoplankton across a seasonally recurring front in the California Current off Ensenada. *CalCOFI Rep.* 32:91–96.

Gaxiola-Castro, G., Durazo, R., Lavaniegos, B., De La Cruz-Orozco, M. Millán-Núñez, E, Soto-Mardones, L., Cepeda-Morales, J. 2008. Respuesta del ecosistema pelágico a la variabilidad interanual del océano frente a Baja California *Ciencias Marinas*, 34(2):263–270

Gaxiola-Castro, G., Lavaniegos, B. E., Martínez, A., Castro, R., Espinosa-Carreón, T.L. 2010. Pelagic ecosystem response to climate variability in the Pacific Ocean off Baja California. En: *Climate Change and Variability*. SCIYO, Austria (aceptado para su publicación).

Goericke, R., Bograd, S.J., Gaxiola-Castro, G., Gómez-Valdés, J., Hooff, R., Huyer, A., Hyrenbach, K.D., Lavaniegos, B.E., Mantyla, A., Peterson, W.T., Schwing, F.B., Smith, R.L., Sideman, W.J., Venrick, E., Wheeler, P.A. 2004. The state of the California Current, 2003–2004: A rare “normal” year. *CalCOFI Rep.* 45:27–60.

Gonzalez, J. M., Fernandez-Gomez, B., Fernandez-Guerra, A., Gomez-Consarnau, L., Sánchez, O., Coll-Llado, M., Del Campo, J., Escudero, L., Rodriguez-Martinez, R., Alonso-Saez, L., Latasa, M., Paulsen, I., Nedashkovskyaya, O., Lekunberri, I., Pinhassi, J. Pedros-Alio, C. 2008. Genome analysis of the Proteorhodopsin containing marine bacterium *Polaribacter* sp. MED152 (Flavobacteria): A tale of two environments. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 105:8724–8729.

Gottlieb, S. J., Schweighofer, M.E. 1996. Oysters and the Chesapeake Bay ecosystem: a case for exotic species introduction to improve environmental quality? *Estuaries* 19:639–650.

Gray, W. M., Sheaffer, J. D. 1991. El Niño and QBO influences on tropical cyclone activity. En: Glantz, M. H., Katz, R. W., Nicholls, N. (Edts). *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies: scientific basis and societal impact*. Cambridge University Press, ISBN: 0 521-36475-2: 533pp.

Guevara-Escamilla, S. 2009. Acuicultura de moluscos bivalvos: alternativa de diversificación productiva y sustentabilidad para las comunidades costeras del Pacífico norte. Bitácora Ambiental, OEMPNM. 2009. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (<http://www.semarnat.gob.mx>)

Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G-, Álvarez-Borrego, S., Gómez-Valdés, J., Nájera-Martínez, S. 2003. Interannual variability of new production in the southern region of the California Current. *Deep-Sea Research II* 50:2423-2430.

Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., Nájera Martínez, S. 2004. Efectos del ENSO en la producción primaria frente a Baja California. *Ciencias Marinas* 30:427-441

Hernández-de la Torre, B., Gaxiola-Castro, G., Álvarez-Borrego, S., Aguirre-Gómez, R. 2007. Variabilidad interanual de la producción nueva (1970-2005) frente a Baja California en relación a la Oscilación Decadal del Pacífico. En (Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro, Edts). *Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México*. Editores. INE-CICESE. ISBN 978-968-817-855-3: 439-450p.

Houghton, R. A. 2007. Balancing the global carbon budget. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 35:313-347.

Haurly, L., McGowan, J., Brinton, E., Walker, P., Fey, C., Townsend, A. 1990. Distribution of zooplankton biomass/species and fish eggs/larvae across the Ensenada Front in 1985. *EOS* 71:147 p.

Iles, T.D., Sinclair, M. 1982. Atlantic Herring. Stock Discreteness and Abundance. *Science* 215:627-633.

INEGI. 2001 Anuario Estadístico Estados Unidos Mexicanos 2001. INEGI, México, 701pp.

INEGI. 2007. Información Geográfica. En: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/español/datosgeogra/>

INE-SEMARNAP. 2000. El Ordenamiento Ecológico del Territorio: Logros y Retos del Desarrollo Sustentable 1995-2000. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto y Ambiental, México, 174 pp.

INP. 2009. Resultados del análisis de las poblaciones de camarón del litoral del Pacífico para implementar la veda durante el 2009. Informe de investigación. Dirección General de Investigación Pesquera en el Pacífico Norte

IOCCG. 2000. Remote Sensing of Ocean Color in Coastal, and Other Optically-Complex, Waters. Sathyendranath S (ed.), Reports of the International Ocean-Color Coordinating Group, No. 3, IOCCG, Dartmouth, Canada.

Kahru, M., Mitchell, G. 2001. Seasonal and nonseasonal variability of satellite-derived chlorophyll and colored dissolved organic matter concentration in the California Current. *Geophys. Res. Lett.* 106:2517–2529.

Lavaniegos, B. E., Jiménez-Pérez, L. C., Gaxiola-Castro, G. 2002. Plankton response to El Niño 1997–1998 and La Niña 1999 in the southern region of the California Current. *Prog. Oceanogr.* 54:33–58.

Lluch-Belda, D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la costa occidental de Baja California. En: Lluch-Belda, D., J. Elorduy-Garay., S.E. Lluch-Cota, G. Ponce-Díaz, (Eds.) BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano, CIBNOR, S.C. 2000. ISBN-970-18-6285-6

Lutjeharms, J. R. E., Meeuwis, J. M. 1987. The extent and variability of south-east Atlantic upwelling. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 5:51-62.

Lynn, R. J., Simpson, J. J. 1987. The California Current System: the seasonal variability of physical characteristics. *J. Geophys. Res.* 92:12947-12966.

Martínez-Gaxiola, M. D., Sosa-Avalos, R., Gaxiola-Castro, G. 2007. Producción de carbono orgánico en los mares mexicanos (1998-2005). En (Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro, Edts). *Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México*. Editores. INE-CICESE. ISBN 978-968-817-855-3: 439-450 pp.

McGowan, J. A., Chelton, D.B. Conversi, A. 1996. Plankton pattern, climate and change in the California Current. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 37:45-68.

Pelaez, J., McGowan, J. A. 1986. Phytoplankton pigment patterns in the California Current as determined by satellite. *Limnol. Oceanogr.* 31:927-950.

Peña, M. A., Harrison, W.G. 1995. Determinación de Producción Primaria mediante el método de nitrógeno-15. *Manual de Métodos Ficológicos*. En: Alveal, K., Ferrario, M.E., Oliveira, E.C., Sar, E., (Eds). Universidad de Concepción, Concepción, Chile:387-396.

Platt, T., Sathyendranath, S., Edwards, A.M., Broomhead, D. S., Ulloa, O. 2003. Nitrate Supply and Demand in the Mixed Layer of the Ocean. *Marine Ecology Progress Series* 254:3-9.

RIMIRCOM. 2002. Ordenamiento Ecológico de la región de la Escalera Náutica: Aspectos Biofísicos e Integración. UABC – COLMEX – UNISON - UABCS - UAS - COLEF – CICESE – WWF – IMADES - CIIDIR. Disco Compacto.

Roden, G. I. 1971. Aspects of the transition zone in the Northeastern Pacific. *J. Geophys. Res.* 76:3462–3475.

Roemmich, D. 1989. Mean transport of mass, heat, salt and nutrients in southern California coastal waters: implication for primary production and nutrient cycling. *Deep-Sea Research* (36), No 9:1359-1378.

Schwing, F. B., Mendelssohn, R. 1997. Increased coastal upwelling in the California Current. *J. Geophys. Res.* 102(C2):3421-3438.

SEMARNAT. 2003. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico. Diario Oficial de la Federación, Viernes 8 de agosto de 2003.

SEMARNAT. 2006a. Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México: Estrategias para su Conservación y uso Sustentable. SEMARNAT, Pp 86.

SEMARNAT. 2006b. Ordenamiento Ecológico del Golfo de California. En: www.semarnat.gob.mx

SEMARNAT. 2007. Estrategia Nacional para el Ordenamiento Ecológico del Territorio en Mares y Costas. 28pp.

Sosa-Ávalos, R., Espinosa-Carreón, L.T., Gaxiola-Castro, G. 2007. ¿Causaron las condiciones de La Niña 1999 un incremento en la producción de carbono orgánico frente a Baja California? En (Hernández-de la Torre, B y G. Gaxiola-Castro, Edts). *Carbono en Ecosistemas Acuáticos de México*. Editores. INE-CICESE. ISBN 978-968-817-855-3:439-450.

Steele, J. H. 1989. The ocean landscape. *Landscape Ecology* 3:185–192.

Toledo-Ocampo, A. 1996. Marco Conceptual: Caracterización Ambiental del Golfo de México. En: Botello, A. V., Rojas-Galviz, J. L, Benítez J, Zárata-Lomelí D. (eds.), *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica 5. 1–24.

Tudela-Abad, F. 2006. Prefacio. En: SEMARNAT. *Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México: Estrategias para su Conservación y uso Sustentable*. SEMARNAT, 86p.

UNESCO. 2001. *Toward the 2002 World Summit on Sustainable Development, Johannesburg. Reports of the Conference Working Groups. The Global Conference on Ocean and Coasts*, UNESCO, Paris. 46p.

Vázquez-Botello, A., Ponce-Vélez, G., Toledo-Campo, A., Díaz-González, G., Villanueva S. 1996. *Ecología, Recursos Costeros y Contaminación en el Golfo de México*. En: Bouillon, S., A.V. Borges, E. Castañeda-Moya, K. Diele, T. Dittmar, N.C. Duke, E. Kristensen, S. Y. Lee, C. Marchand, J.J. Middelburg, V.H. Rivera-Monroy, T.J. Smith III, y R.R. Twilley. 2008. Mangrove production and carbon sinks: A revision of global Budget estimates. *Global Biogeochemical Cycles* 22: GB2013, doi:10.1029/2007GB003052.

Venrick, E. L. 1990. Behind a front: an overview of the Ensenada Front program. *EOS* 71: 148.

Venrick, E. L. 2000. Summer in the Ensenada Front: The distribution of phytoplankton species, July 1985 and September 1988. *Journal of Plankton Research* 22, (5):813-841.

Yáñez-Arancibia, A., Day, J. 2004. The Gulf of Mexico: Towards an integration of coastal management and large marine ecosystem management. *Ocean Coast. Manag.* 47:537–563.

Zárate-Lomelí, D., Saavedra-Vázquez, T., Rojas-Galvís, J. L., Yáñez-Arancibia, A., Rivera-Arriaga, E. 1999. Terms of reference toward an integrated management policy in the coastal zone of the Gulf of México. *Ocean Coast. Manag.* 42:345–368.

Zárate-Lomelí, D., Yáñez-Arancibia, A., Day, J.W., Ortíz-Pérez, M., Lara-Domínguez, A., Ojeda-de la Fuente, C., Morales-Arjona, L.J., Guevara-Sada, S. 2004. Lineamientos para el Programa Regional de Manejo Integrado de la Zona Costera del Golfo de México y el Caribe. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. (Coor.), *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México Vol. 2.* SEMARNAT-INE- Instituto de Ecología A.C. Harte Research Institute for Gulf of México Studies. Pp:899–935.

Zárate-Lomelí, D., Yáñez-Arancibia, A. 2003. Necesidades para la Gestión y el Manejo Integrado de la Zona Costera del Golfo de México y Mar Caribe (Segundo Foro): Conclusiones. Instituto de Ecología A.C.- SEMARNAT- Louisiana State University, México, 23 pp.

Zehnder, Z. A., Gall, R. L. 1991. On a mechanism for orographic triggering of tropical cyclones in the Eastern North Pacific. *Tellus*, 43A, 25-36.

Zimmerman, R. C., Kremer, J. N. 1984. Episodic nutrient supply to a kelp forest ecosystem in Southern California. *Journal of Marine Research*, (42):591-604.

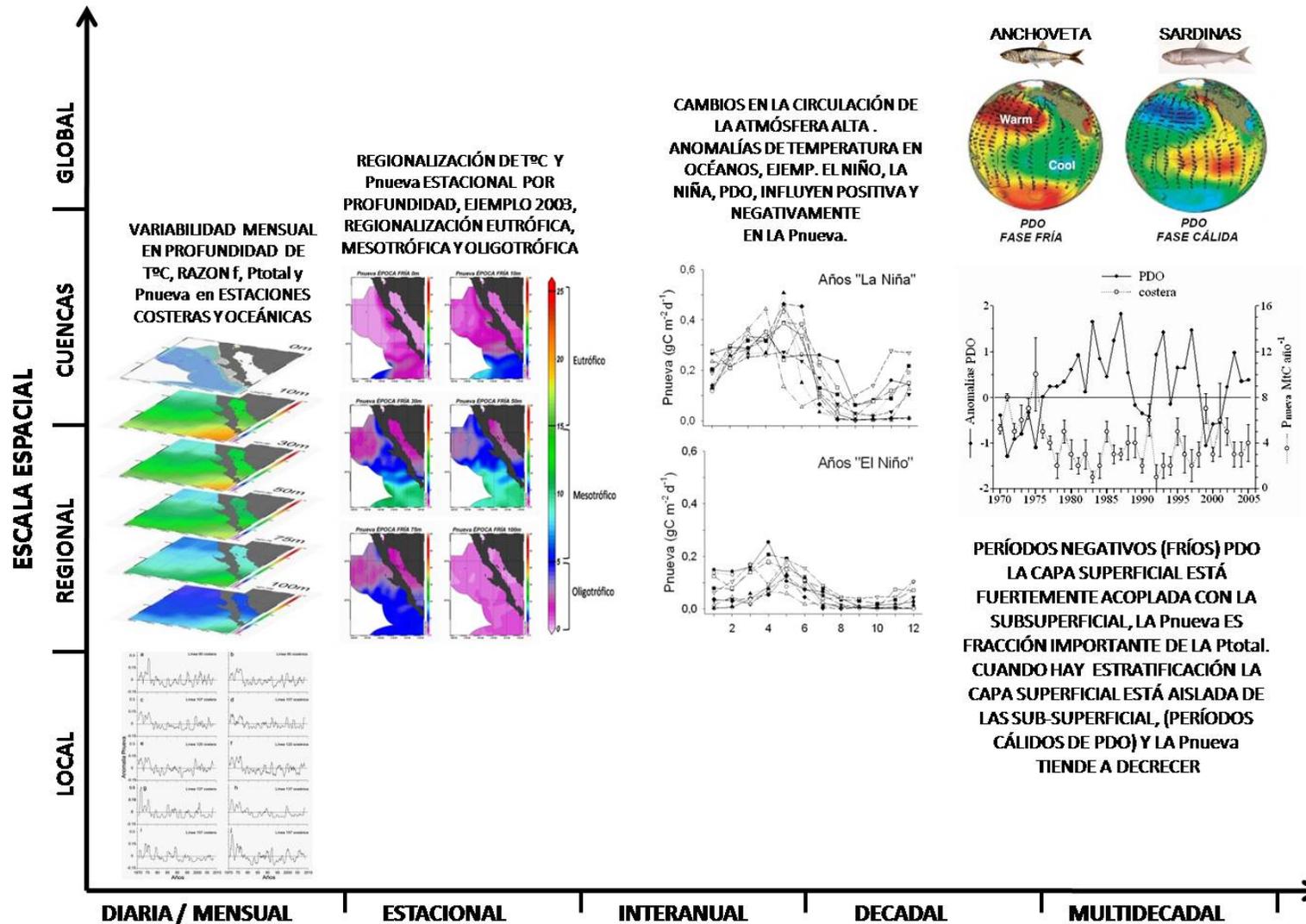


Figura IV.1. Resumen de la variabilidad espacial y temporal de la temperatura y la Pnueva en el ecosistema marino del PNM. Anchoveta con PDO Fase fría y Sardinias con PDO fase cálida, fue tomado de la figura 2 de Chavez *et al.* (2003).

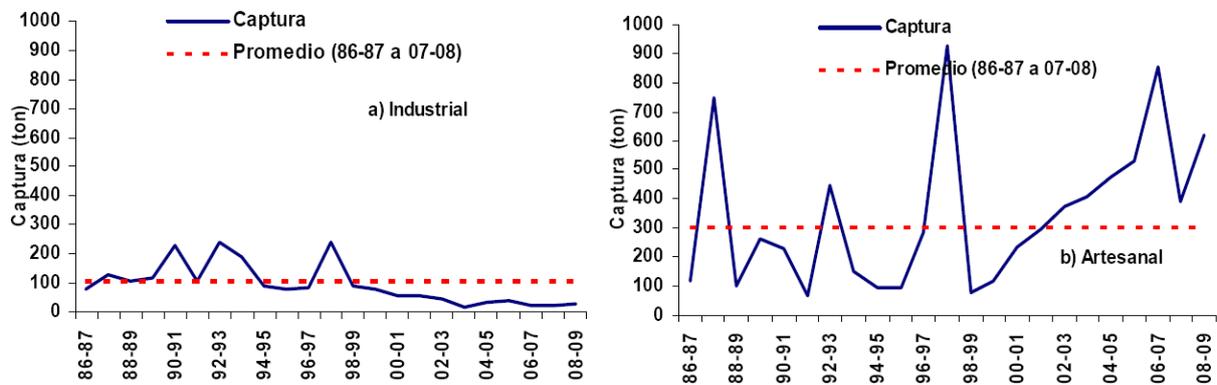


Figura IV.2. Capturas totales por pesquería de camarón para la costa occidental de Baja California. a) Desde la temporada 1998-1999 existe poco cambio en las temporadas de pesca de la flota industrial. b) Capturas de camarón de la flota artesanal: las capturas se encuentran por encima del promedio histórico desde la temporada “El Niño” 2002-2003. Las capturas de ambas flotas se efectúan principalmente en el sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, BCS. Figuras tomadas del INP, 2009.

ANEXO 1.

Perfiles verticales climatológicos (PVC)

La CC es una región que presenta una dinámica oceanográfica característica de los grandes sistemas de corrientes de las costas oeste de los continentes. La Red CalCOFI que opera en esta área, tiene la característica de tener la base de datos más grande del mundo y ha permitido hacer uso de su información desde 1949. Gracias a ello se han podido calcular los perfiles verticales climatológicos de temperatura y con ello poder inferir, la información vertical a partir de sensores de temperatura superficial (AVHRR) en nitratos, razón-*f* y Pnueva para la Fase de Caracterización del OEM en la región del pacífico norte mexicano. Esta representación estadística, solo será válida para la región estudiada y no se podrá trasladar a otras zonas.

En la Figura 1 se muestra la representación del número de observaciones por los grados de temperatura encontrados en superficie en la zona del pacífico norte mexicano. Como se aprecia 16 y 18 °C es la temperatura más representativa del área S de la Corriente de California. Los extremos van de 10° hasta 28°C representando la forma de una campana.

La Tabla 1 muestra la sumatoria de perfiles por año y por rango de temperatura en el área de estudio. Se trabajaron 12,907 perfiles de temperatura hasta los 200 m de profundidad, con un diapasón de 18°C que van desde los 10 hasta los 28°C. Cada número en la tabla representa la cantidad de perfiles encontrados con esa temperatura en superficie. Cabe destacar que en el año 1953 se encontraron 187 perfiles con la temperatura superficial de 15°C. En la misma se puede observar que en cada año el comportamiento de la temperatura presenta una distribución gaussiana. Los años con más información para la zona de estudio fueron los 50's y 60's. Los años donde sus perfiles comienzan en temperaturas bajas, generalmente coinciden con años "La Niña" y son los años donde mayor diapasón de temperatura se encontró. Mientras que los años "El Niño", los perfiles comenzaron con temperaturas más calientes y su diapasón escasamente rebasa los 10°C.

La Tabla 2 y Figura 2 muestra los perfiles promedios climatológicos (0-200m) encontrados para años Normales, años "La Niña" y "El Niño". Se calculó igualmente la desviación estándar en cada uno de los perfiles (no mostrado). El diapasón de temperatura media durante los años normales va desde los 10.9°C hasta los 28.5°C en superficie, mientras que a 200m la temperatura promedio oscila entre los 6.6°C hasta los 12.3°C. La mayor variación de la desviación estándar en profundidad para esta época oscila entre los 50 y 125m, estando en 75m la mayor variación. El diapasón de

temperatura media durante los eventos “La Niña” va desde los 10.8°C hasta los 27.7°C en superficie, mientras que a 200m la temperatura promedio oscila entre los 8.2°C y 11.7°C. La mayor variación de la desviación estándar en la columna de agua hasta los 200 m está entre los 30 y los 125 m de profundidad, estando en los 100 m la mayor variación. El diapasón de temperatura media durante los años “El Niño” va desde los 10.8°C hasta los 28.7°C en superficie, mientras que a 200m la temperatura promedio oscila entre los 7.9°C hasta los 12.5°C. La mayor variación de la desviación estándar en profundidad para esta época oscila entre los 50 y 100 m, estando en 75m la mayor variación. En la figura 2 se muestra los perfiles en profundidad para los años señalados.

Se realizó un Análisis de Varianza Factorial con el paquete estadístico StatSoft, Inc. (2005) para determinar si existe diferencia significativa entre los años Normales, La Niña y El Niño. La prueba demuestra que existe diferencia significativa entre los diferentes los años señalados. La prueba Tukey HSD a posteriori, comprueba que efectivamente hay una diferencia significativa entre las dos condiciones (Tabla 3).

Para el proceso de validación, se procesó la información de los perfiles medidos in-situ por el programa CalCOFI del 2003 al 2005. (Figura 3). Para ello se agruparon estos cruceros por 0.5°C de temperatura superficial y se obtuvo el perfil de temperatura hasta los 200m. Una vez concluido el proceso, se obtuvo la media la desviación estándar, el máximo y mínimo para los años 2003, 2004 y 2005. Se realizó una comparación de los datos in situ 2003-2005 con los PVC y el coeficiente de determinación $r^2 = 0.95$. La información de los PVC es muy importante conocerla porque resume el comportamiento promedio de la temperatura en profundidad divididos en años anómalos y normales, que usualmente el ecosistema va teniendo año tras año. La información de los PVC servirá para endosarse a la imagen de satélite de la temperatura superficial del mar compuesto por pixeles térmicos, y así obtener mapas del campo de temperatura a las profundidades anteriormente expuestas.

ANEXO 2

Relación temperatura-nitratos

Se realizaron modelos estadísticos StatSoft, Inc. (2005) de la relación temperatura-nitratos (Temp-NO₃) en la región CalCOFI-IMECOCAL desde la línea 97 hasta la 157 separados en costeras (las estaciones más próximas a la costa) y oceánicas (Figuras 4-7) con el fin de conocer un aproximado cuantitativo de la cantidad de nutriente en cada zona. La relación temperatura-nitratos no es la misma por región. Como se puede apreciar en los diferentes gráficos, el intercepto al eje de las X se va ampliando a medida que bajamos en latitud, lo que implica que a temperaturas cálidas hay nitratos.

Con vista a acreditar la validez de los modelos de la relación temperatura-nitratos se procedió a compararlos con datos *in situ*. La figura 8 muestra el nitrato medido y calculado a partir del modelo estadístico con la temperatura en la estación Línea 90.28 (arriba) y Línea 90.60 (debajo) durante el crucero 01/00 de la red CalCOFI. La figura 9 muestra la relación entre los nitratos medidos según cruceros CalCOFI 2000 y los calculados en este trabajo para la Línea 90 cerca y lejos de la costa. Ambos tienen un coeficiente de determinación altos. El Archivo de Nitratos, ofrecen los mapas superficiales y en profundidad durante el 2003.

ANEXO 3

Cálculo de la razón-*f*

La razón-*f* es determinada por el balance entre los procesos físicos y biológicos en la regulación de la P_{total} . La razón-*f* puede interpretarse también como un índice del estatus trófico de la región. Esta interpretación es correcta solamente si la *f* es requerida a escalas de tiempo interanuales (Platt *et al.* 1992). La razón-*f* está en función de los nitratos (NO_3) y es la relación entre la P_{nueva} medida con un isótopo estable por ejemplo ^{15}N y la P_{total} medida con ^{14}C $f = P_{nueva}/P_{total}$. Los mapas en superficie y por profundidad durante 2003, se muestran en el Archivo Razón-*f* (en disco).

ANEXO 4

Producción primaria total

1. En cada PVC se integró el área bajo la curva (A_1) con el área en 1m de profundidad en cada nivel de la columna de agua (A_2 : 0-1m, 9-10m... 99-100m), obteniendo la proporción o el porcentaje de área (PP) correspondiente a cada profundidad.

$$\%PP \text{ en } z = (A_2/A_1) * 100 \quad \text{ó} \quad rP = \text{Proporción de la PPI en } z = (A_2/A_1)$$

2. Se estimó la PPI ($mgC \ m^{-2} \ d^{-1}$) a partir de información satelital y el modelo de Behrenfeld y Falkowski (1997) usando el programa WIM (Kahru, 2007) para procesar las imágenes de clorofila, temperatura y PAR, según

Usando los puntos 1 y 2 anteriormente descritos, se obtuvo la cantidad de PPz ($mgC \ m^{-3} \ d^{-1}$) correspondiente a cada profundidad ($PPz = PPI * rP$)

Nota dimensional:

Dado que PPI y PPz están en $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$, el hecho de que el cálculo de la rP se haga en un metro, implica que es la PP integrada en 1m, por lo que se puede obtener el valor SIN integrar en 1 metro, dividiendo entre 1m: $\text{PPz} = (\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}) / 1\text{m} = \text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$ y son estas unidades las que corresponden a la PP sin integrar por z en cada z.

Las imágenes que muestran los mapas de Ptotal mes a mes y en profundidad durante el 2003, se encuentran en el Archivo Ptotal.

ANEXO 5

Producción primaria Nueva (Pnueva)

Para obtener la producción primaria nueva en profundidad, se multiplicó la imagen de PPz ($\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) por la correspondiente razón-fz. (Ver Capítulo III). Las imágenes que muestran los mapas de Pnueva mes a mes y en profundidad durante el 2003, se encuentran en el Archivo Pnueva.

ANEXO 6

Algoritmo en MatLab

Se desarrollo un programa en MatLab (2008) que agrupa toda la información a partir de una imagen de temperatura superficial del mar del AVHRR, como sigue:

```
% *****
%
% Programa que estima tasas de Producción Nueva a 0, 10, 30, 50, 75 y
% 100m
% de profundidad a partir de datos de Temperatura Superficial del Mar
% derivados de Sensores Remotos Satelitales.
%
% Como subproductos, se generan matrices de Temperatura, Nitratos,
% y Razones-f de 0 a 100 m de profundidad
%
%                               Elaborado por:
%                               Martínez-Gaxiola Marcos David
%                               Hernández-de-la-Torre Benigno
%
%                               Versión Julio 2008
% *****

% Prepara las rutas de trabajo

clear all, close all, clc
path(path, 'C:\BENIGNO\Programas_Jul08')
path(path, 'C:\BENIGNO\DatosSST')

% Se debe adecuar la siguiente información.
%
% a) Nombre de archivos de temperatura y producción primaria derivados de
% sensores remotos:

load sstfeb03.txt; DAT=ssstfeb03; % Carga la matriz mas pequeña y asigna
variables a lat lon val (SST)
load ppfeb03.txt; DATOS=ppfeb03; % Carga la matriz mas grande y asigna
valores a lat lon val (PP)

% b) Los coeficientes para estimar la tasa de PP por profundidad en la
% columna de agua. Estos corresponden al porcentaje de PP aportado por
una profundidad z
% respecto al área bajo la curva del perfil promedio generado en
% IMECOCAL... Deberán considerarse a partir del mes indicado en el inciso
% anterior.

% coef_0m= 0.008336;
% coef_10m= 0.011951;
% coef_30m= 0.014953;
% coef_50m= 0.012899;
% coef_75m= 0.006737;
% coef_100m= 0.000784;

coef_0m= 0.008336;
coef_10m= 0.011951;
coef_30m= 0.014953;
coef_50m= 0.012899;
```



```

% *****
% GENERACION DE PP en z=0 m
% *****

PP_0m=[];

PP_0m=coef_0m*PPI;

% *****
% GENERACION DE PP en z=10 m
% *****

PP_10m=[];

PP_10m=coef_10m*PPI;

% *****
% GENERACION DE PP en z=30 m
% *****

PP_30m=[];

PP_30m=coef_30m*PPI;

% *****
% GENERACION DE PP en z=50 m (1.2899 % de PPI)
% *****

PP_50m=[];

PP_50m=coef_50m*PPI;

% *****
% GENERACION DE PP en z=75 m (0.6737 % de PPI)
% *****

PP_75m=[];

PP_75m=coef_75m*PPI;

% *****
% GENERACION DE PP en z=100 m (0.0784 % de PPI)
% *****

PP_100m=[];

PP_100m=coef_100m*PPI;

% LA MATRIZ DE SALIDA ES:

PPPERFIL=[LATF LONN PP_0m PP_10m PP_30m PP_50m PP_75m PP_100m];

clear DATA; clear PP_0m; clear PP_10m; clear PP_30m; clear PP_50m;
clear PP_75m; clear PP_100m;

```

```

% *****
%
% SECCION 3.
% *****
%
% Conversion de SST a perfiles (0 - 100 m de profundidad) de
% Temperatura, Nitratos y razones-f frente a Baja California
% *****

% Secciones de la rutina

% I. Lee un archivo ascii "Lon, Lat, Value" de SST derivado de sensores
satelitales

% II. Establece de antemano los valores de Profundidad y de Temperatura
que
% se manejaran en cada perfil resultante (que a su vez dependeran de SST)

% III. A cada valor de SST georreferenciado le asigna un perfil de T de 0
a 200 m

% IV. A cada perfil georreferenciado, de 0 a 200 m, le asigna un perfil
de NO3, en funcion del area geografica
% (Cerca o Lejos de la Costa y por secciones de latitud)

% V. Genera una matriz de salida en formato ascii:
% CRUISE STATION LONGITUDE LATITUDE PROF
TEMPERATURE NO3- r-fi

%
% *****
% SECCION I
%
% *****

DATA=SST; format short; [r,c]=size(DATA);

%
% *****
% SECCION II
% Establece de antemano los valores de Profundidad y de Temperatura que
% se manejaran en cada perfil resultante (que a su vez dependeran de SST)

```

```

%
*****

PROF=[0 -10 -30 -50 -75 -100];
T10_5=[10.85 10.90 10.85 10.79 10.47 9.93];
T11=[11.28 11.24 11.13 11.06 10.59 9.53];
T11_5=[11.80 11.72 11.65 11.40 11.03 10.24];
T12=[12.28 12.22 12.07 11.81 11.18 9.96];
T12_5=[12.74 12.67 12.51 12.26 11.60 10.50];
T13=[13.25 13.13 12.95 12.71 11.97 10.70];
T13_5=[13.76 13.64 13.47 13.15 12.48 11.33];
T14=[14.25 14.16 13.97 13.70 12.84 11.58];
T14_5=[14.74 14.68 14.51 14.26 13.41 11.95];
T15=[15.25 15.15 14.93 14.59 13.74 12.36];
T15_5=[15.75 15.66 15.32 14.99 14.04 12.92];
T16=[16.24 16.14 15.93 15.58 14.59 13.19];
T16_5=[16.74 16.66 15.32 14.99 14.04 12.92];
T17=[17.25 17.20 16.96 16.57 15.29 13.71];
T17_5=[17.75 17.62 17.22 16.60 15.15 13.36];
T18=[18.24 18.11 17.66 17.01 15.39 13.58];
T18_5=[18.74 18.57 18.09 17.41 15.60 13.75];
T19=[19.23 19.10 18.39 17.49 15.63 13.74];
T19_5=[19.72 19.49 18.63 17.66 15.50 13.74]; %INTERPOLADO ENTRE 19 Y 20
T20=[20.25 19.89 18.86 17.83 15.77 13.75];
T20_5=[20.72 20.41 19.70 18.78 16.55 14.49];
T21=[21.22 20.87 19.90 18.80 16.71 14.64];
T21_5=[21.71 21.34 20.36 19.24 16.87 14.77]; %INTERPOLADO
T22=[22.23 21.81 20.83 19.68 17.03 14.91];
T22_5=[22.74 22.44 21.24 19.87 17.80 15.46];
T23=[23.26 23.12 22.20 21.03 18.56 16.29];
T23_5=[23.80 23.73 22.60 21.22 19.19 16.39];
T24=[24.18 24.02 23.26 22.19 20.16 17.17];
T24_5=[24.65 24.48 23.37 21.48 19.11 16.99];
T25=[25.24 25.21 23.66 21.52 17.78 15.02];
T25_5=[25.70 25.68 24.46 22.53 17.79 15.13];
T26=[26.21 26.13 25.25 23.70 18.68 15.64];
T26_5=[26.80 26.80 25.57 23.72 19.15 16.28];
T27=[27.12 26.85 25.84 24.68 22.32 18.08];
T27_5=[27.73 27.69 25.88 23.66 21.26 17.51]; %INTERPOLADO
T28=[28.30 28.53 25.91 22.63 20.19 16.94]; %INTERPOLADO
T28_5=[28.5 28.5 25.9 22.6 20.2 16.9];

%
*****

%
% SECCION III
% A cada valor de SST georreferenciado le asigna un perfil de T de 0 a
200 m
%
*****

RESUL=[];
SALIDA=[];

for dato=1:r

    Lat=DATA(dato,1);
    Long=DATA(dato,2);

```

```

LATITUDE=[Lat Lat Lat Lat Lat Lat];
LONGITUDE=[Long Long Long Long Long Long];

CRUISE=[9999 9999 9999 9999 9999 9999];

STATION=[dato dato dato dato dato dato];

if DATA(dato,3)>=10.5
    if DATA(dato,3)<11
        TEMPERATURE=T10_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=11
    if DATA(dato,3)<11.5
        TEMPERATURE=T11;
    end
end

if DATA(dato,3)>=11.5
    if DATA(dato,3)<12
        TEMPERATURE=T11_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=12
    if DATA(dato,3)<12.5
        TEMPERATURE=T12;
    end
end

if DATA(dato,3)>=12.5
    if DATA(dato,3)<13
        TEMPERATURE=T12_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=13
    if DATA(dato,3)<13.5
        TEMPERATURE=T13;
    end
end

if DATA(dato,3)>=13.5
    if DATA(dato,3)<14
        TEMPERATURE=T13_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=14
    if DATA(dato,3)<14.5
        TEMPERATURE=T14;
    end
end

if DATA(dato,3)>=14.5
    if DATA(dato,3)<15
        TEMPERATURE=T14_5;
    end
end

```

```

    end
end

if DATA(dato,3)>=15
    if DATA(dato,3)<15.5
        TEMPERATURE=T15;
    end
end

if DATA(dato,3)>=15.5
    if DATA(dato,3)<16
        TEMPERATURE=T15_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=16
    if DATA(dato,3)<16.5
        TEMPERATURE=T16;
    end
end

if DATA(dato,3)>=16.5
    if DATA(dato,3)<17
        TEMPERATURE=T16_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=17
    if DATA(dato,3)<17.5
        TEMPERATURE=T17;
    end
end

if DATA(dato,3)>=17.5
    if DATA(dato,3)<18
        TEMPERATURE=T17_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=18
    if DATA(dato,3)<18.5
        TEMPERATURE=T18;
    end
end

if DATA(dato,3)>=18.5
    if DATA(dato,3)<19
        TEMPERATURE=T18_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=19
    if DATA(dato,3)<19.5
        TEMPERATURE=T19;
    end
end

if DATA(dato,3)>=19.5

```

```

        if DATA(dato,3)<20
            TEMPERATURE=T19_5;
        end
    end

if DATA(dato,3)>=20
    if DATA(dato,3)<20.5
        TEMPERATURE=T20;
    end
end

    if DATA(dato,3)>=20.5
        if DATA(dato,3)<21
            TEMPERATURE=T20_5;
        end
    end

if DATA(dato,3)>=21
    if DATA(dato,3)<21.5
        TEMPERATURE=T21;
    end
end

if DATA(dato,3)>=21.5
    if DATA(dato,3)<22
        TEMPERATURE=T21_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=22
    if DATA(dato,3)<22.5
        TEMPERATURE=T22;
    end
end

if DATA(dato,3)>=22.5
    if DATA(dato,3)<23
        TEMPERATURE=T22_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=23
    if DATA(dato,3)<23.5
        TEMPERATURE=T23;
    end
end

if DATA(dato,3)>=23.5
    if DATA(dato,3)<24
        TEMPERATURE=T23_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=24
    if DATA(dato,3)<24.5
        TEMPERATURE=T24;
    end
end
end

```

```

if DATA(dato,3)>=24.5
    if DATA(dato,3)<25
        TEMPERATURE=T24_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=25
    if DATA(dato,3)<25.5
        TEMPERATURE=T25;
    end
end

if DATA(dato,3)>=25.5
    if DATA(dato,3)<26
        TEMPERATURE=T25_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=26
    if DATA(dato,3)<26.5
        TEMPERATURE=T26;
    end
end

if DATA(dato,3)>=26.5
    if DATA(dato,3)<27
        TEMPERATURE=T26_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=27
    if DATA(dato,3)<27.5
        TEMPERATURE=T27;
    end
end

if DATA(dato,3)>=27.5
    if DATA(dato,3)<28
        TEMPERATURE=T27_5;
    end
end

if DATA(dato,3)>=28
    if DATA(dato,3)<28.5
        TEMPERATURE=T28;
    end
end

if DATA(dato,3)>=28.5
    if DATA(dato,3)<29
        TEMPERATURE=T28_5;
    end
end

```

```

% CASOS ESPECIALES... cuando hay valores menores que
% 10.5 y mayores que 29.0, no considerados en los
% perfiles promedio:

```

```

    if DATA(dato,3)<10.5
        TEMPERATURE=T10_5;
    end

    if DATA(dato,3)>=29
        TEMPERATURE=T28_5;
    end

RESUL=[LATITUDE' LONGITUDE' PROF' TEMPERATURE'];
SALIDA=[SALIDA;RESUL];

end

DAT=SALIDA;
clear DATA; clear SALIDA; clear RESUL; clear CRUISE, clear STATION;
clear LATITUDE;
clear LONGITUDE; clear PROF; clear TEMPERATURE;

% *****
% Obtencion de NO3 y f-ratio en funcion del area que ocupa el
% perfil TEMPERATURE
% *****

SALIDA2=[]; DATA=[]; NIT=[]; F=[]; NITRATOS=[]; FRATIO=[]; TEMP=[];
TEMPERATURE=[]; LATT=[]; LONN=[]; LA=[]; LO=[]; Z=[]; PROF=[];

% Línea 97 Subregión A ...

DATA=[]; RES=[];

I=find(DAT(:,1)<=33); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>31); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-118); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=63.767-4.260*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];

```

```

TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 97 Subregión B

I=find(DAT(:,1)<=33); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>31); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<-118);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=58.507-3.972*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 100 Subregión C

I=find(DAT(:,1)<=31); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>30.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-118.5); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=62.915-4.188*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

```

```

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 100 Subregión D

I=find(DAT(:,1)<=31); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>30.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<-118.5);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=61.258-4.281*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 103 Subregion E.

I=find(DAT(:,1)<=30.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>30); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-117.5); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);

```

```

DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=63.515-4.285*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 103 Subregión F

I=find(DAT(:,1)<=30.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>30); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<-117.5);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=63.518-4.634*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];

```

```

NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 107 Subregion G

I=find(DAT(:,1)<=30); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>29.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-117); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=64.129-4.206*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r
    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 107 Subregion H

I=find(DAT(:,1)<=30); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>29.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-117);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=70.406-5.117*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

```

```

        if NIT(i)<0
                NIT(i)=0;
        end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Lineas 110 y 113. Subregion I

I=find(DAT(:,1)<=29.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>28.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-116); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=65.294-4.337*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

        if NIT(i)<0
                NIT(i)=0;
        end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Lineas 110 y 113. Subregion J

I=find(DAT(:,1)<=29.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>28.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-116);
DATA=DDD(I4,:);

```

```

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=66.647-4.651*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r
    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 117 Subregion K

I=find(DAT(:,1)<=28.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>28); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-116); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=61.178-3.740*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r
    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];

```

```

FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 117 Subregion L

I=find(DAT(:,1)<=28.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>28); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<-116);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=62.429-4.073*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 120 y 123 Subregion M

I=find(DAT(:,1)<=28); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>26.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-115.5); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=61.087-3.666*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0

```

```

                                NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 120 y 123 Subregion N

I=find(DAT(:,1)<=28); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>26.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<-115.5);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=58.604-3.588*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r
    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 127 Subregión O

I=find(DAT(:,1)<=26.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>26); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-114.5); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);

```

```

TEMP=DATA(:,4);

NIT=62.921-3.779*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Linea 127 Subregión P

I=find(DAT(:,1)<=26.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>26); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<-114.5);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=66.829-4.239*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Lineas 130 y 133 Subregión Q

```

```

I=find(DAT(:,1)<=26); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>25); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-114); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

```

```

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

```

```

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

```

```

NIT=71.034-4.339*TEMP;

```

```

[r,c]=size(DATA);

```

```

for i=1:r

```

```

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;

```

```

    end
end

```

```

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

```

```

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

```

```

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

```

```

% Líneas 130 y 133 Subregión R

```

```

I=find(DAT(:,1)<=26); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>25); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-114);
DATA=DDD(I4,:);

```

```

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

```

```

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

```

```

NIT=61.553-3.609*TEMP;

```

```

[r,c]=size(DATA);

```

```

for i=1:r

```

```

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;

```

```

    end
end

```

```

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

```

```

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Lineas 137, 140 y 143 Subregión S

I=find(DAT(:,1)<=25); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>23.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-113); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=63.762-3.486*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Lineas 137, 140 y 143 Subregión T

I=find(DAT(:,1)<=25); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>23.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<-113);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=57.282-3.124*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

```

```

        if NIT(i)<0
            NIT(i)=0;
        end
    end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Lineas 147, 150 Subregión U

I=find(DAT(:,1)<=23.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>22.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-112); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=61.033-2.957*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Lineas 147, 150 Subregión V

I=find(DAT(:,1)<=23.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>22.5); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-112);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

```

```

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=52.489-2.633*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

% Lineas 153, 157 Subregión W

I=find(DAT(:,1)<=22.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>=21); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-111.5); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<=-110);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=56.479-2.619*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.67*(1-exp(-NIT*13.7/0.67));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

```

```

% Lineas 153, 157 Subregión X

I=find(DAT(:,1)<=22.5); D=DAT(I,:); I2=find(D(:,1)>=21); DD=D(I2,:);
I3=find(DD(:,2)>=-120); DDD=DD(I3,:); I4=find(DDD(:,2)<-111.5);
DATA=DDD(I4,:);

clear I; clear I2; clear I3; clear D; clear DD;

LA=DATA(:,1); LO=DATA(:,2); Z=DATA(:,3);
TEMP=DATA(:,4);

NIT=50.676-2.251*TEMP;

[r,c]=size(DATA);

for i=1:r

    if NIT(i)<0
        NIT(i)=0;
    end
end

F=0.61*(1-exp(-NIT*10.5/0.61));

LATT=[LATT;LA]; LONN=[LONN;LO];
PROF=[PROF;Z];
TEMPERATURE=[TEMPERATURE;TEMP];
NITRATOS=[NITRATOS;NIT];
FRATIO=[FRATIO;F];

clear NIT; clear TEMP; clear DATA;

SALIDA2=[LATT LONN PROF TEMPERATURE NITRATOS FRATIO];
clear DAT;

% *****
% *****(interpolacion de f cuando son CERO) *****
% *****

DAT=SALIDA2; SALIDA3=[]; [r,c]=size(DAT);

clear SALIDA2; clear DAT;

for i=1:r

    if FRATIO(i)==0
        if FRATIO(i+1)>0

            if PROF(i+1)==-10;
                FRATIO(i)=0.01;
            end

            if PROF(i+1)==-30

```



```

% Estimación de Producción Nueva a Partir de Perfiles de PPz y
% razones_f modeladas
%
%*****

% Carga de archivos de datos...

DAT2=SSTNF; format short;
DAT=PPPERFIL; format short;

PP0m=DAT(:,3); PP10m=DAT(:,4); PP30m=DAT(:,5); PP50m=DAT(:,6);
PP75m=DAT(:,7); PP100m=DAT(:,8);

RES=[];

% ***** 0 m
I=find(DAT2(:,3)==0); D=DAT2(I,:);
LAT=D(:,1); LON=D(:,2);
F=D(:,6);

PN0m=PP0m.*F; clear D; clear F;

% ***** 10 m
I=find(DAT2(:,3)==-10); D=DAT2(I,:);
F=D(:,6);

PN10m=PP10m.*F; clear D; clear F;

% ***** 30 m
I=find(DAT2(:,3)==-30); D=DAT2(I,:);
F=D(:,6);

PN30m=PP30m.*F; clear D; clear F;

% ***** 50 m
I=find(DAT2(:,3)==-50); D=DAT2(I,:);
F=D(:,6);

PN50m=PP50m.*F; clear D; clear F;

% ***** 75 m
I=find(DAT2(:,3)==-75); D=DAT2(I,:);
F=D(:,6);

PN75m=PP75m.*F; clear D; clear F;

% ***** 100 m
I=find(DAT2(:,3)==-100); D=DAT2(I,:);
F=D(:,6);

PN100m=PP100m.*F; clear D; clear F;

% LA MATRIZ DE SALIDA ES:

PNPERFIL=[];
PNPERFIL=[LAT LON PN0m PN10m PN30m PN50m PN75m PN100m];

```

```
save C:\BENIGNO\Matrices_Resultados\ppfeb03q.DAT PP -ASCII
save C:\BENIGNO\Matrices_Resultados\sstfeb03q.DAT SST -ASCII
save C:\BENIGNO\Matrices_Resultados\ppzifeb03q.dat PPPERFIL -ASCII
save C:\BENIGNO\Matrices_Resultados\sst_N_f_feb03q SSTNF -ASCII
save C:\BENIGNO\Matrices_Resultados\pnzifeb03.dat PNPERFIL -ASCII
```

LITERATURA CITADA

Behrenfeld, M.J., Falkowski, P.G. 1997. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography* 42 (1): 1-2

Eppley, R.W., Peterson, B.J. 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature* 282, 677-680.

Kahru, M. 2007. Windows Image Manager (WIM). Image Display and analysis program for Microsoft Windows Software. <http://www.wimsoft.com>.

Kudela, R., Dugdale, R. C. 1996. Estimation of new production from remotely-sensed data in a coastal upwelling regime. *Advances in Space Research* 18, 91-97.

MatLab 7.6.0. R2008a. The Math Works, Inc. Software License Agreement. www.mathwoks.com

Platt, T., Jauhari, P., Sathyendranath, S. 1992. The importance and measurement of new production. In: Falkowsky P.G. and Woodhead, A.D. (edits), *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea*. Plenum Press, New York. pp 273-284.

StatSoft, Inc. (2005). STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com

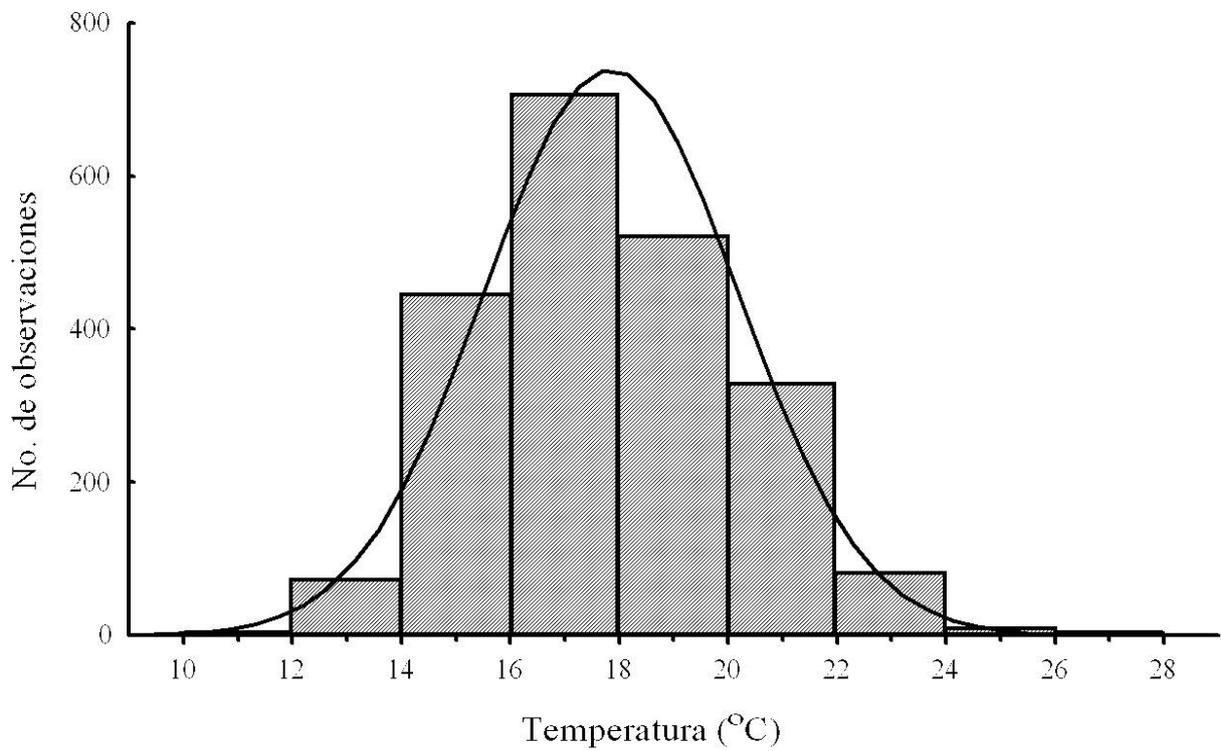


Figura III.1. Representación del número de observaciones por los grados de temperatura en superficie en el pacífico norte mexicano. Como se aprecia en la figura entre 16 y 18 °C es la temperatura más representativa del área S de la Corriente de California. Los extremos van de 10° hasta 28°C representando la forma de campana.

Tabla III.1. Sumatoria de perfiles para los rangos de temperatura desde 10 hasta 28°C desde 1952 hasta 2002 en la región CalCOFI-IMECOCAL.

(°C)	(°C)	Años																									
		1952	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	1977
10.0-10.4	10.5-10.9		4																								
11.0-11.4	11.5-11.9		14	1	2	3	1			2	2		5		1						6						
12.0-12.4	12.5-12.9	1	81	6	13	19	4			5	2	7	2	3	8	4	4	2	4		2	37					42
13.0-13.4	13.5-13.9	8	113	18	30	43	4	5	6	35	6	12	6	30	11	9	18	4	12		2	76	1		77		4
14.0-14.4	14.5-14.9	26	165	71	55	48	15	30	38	59	24	30	14	28	28	24	52	29	18		6	93	14		90		8
15.0-15.4	15.0-15.9	35	187	67	87	56	34	26	75	84	43	33	33	32	27	35	48	40	91	2	4	87	11		103		8
16.0-16.4	16.5-16.9	75	158	74	74	45	45	71	94	116	33	40	35	18	34	39	39	28	116	2	2	45	34		89		8
17.0-17.4	17.5-17.9	107	129	54	44	27	43	88	115	72	41	39	27	23	20	60	71	23	110	4		26	21		48		10
18.0-18.4	18.5-18.9	95	63	42	22	11	50	62	105	46	30	34	22	17	13	51	69	8	64	2		45	6		45		2
19.0-19.4	19.5-19.9	57	46	35	14	9	55	50	57	31	20	14	25	7	7	29	34	3	57	4		56	7		21		
20.0-20.4	20.5-20.9	44	34	17	12	13	38	40	67	23	16	11	14	7	4	15	11	1	43	2		39	3		16		
21.0-21.4	21.5-21.9	26	24	13	5	2	54	35	61	34	13	9	15	3	4	4	4		17			28	1		11		
22.0-22.4	22.5-22.9	17	4	5	1	2	27	33	40	18	6	2	7	3	3	23	1		17			18			3		
23.0-23.4	23.5-23.9	6	3	5	1	2	11	9	26	6	5	1	3	1	3		4		4			11			3		
24.0-24.4	24.5-24.9	4	1	2	1	6	4	12	27	4	1	6	2				1		2			10			1		
25.0-25.4	25.5-25.9	2		3	3			4	16				2						7			11					
26.0-26.4	26.5-26.9				4			9	11													3					
27.0-27.4	27.5-27.9							11	1													2					
28.0-28.4	28.5-28.9							5	1																		
		1978	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000	2001	2002	
10.0-10.4	10.5-10.9	1																				1			1		
11.0-11.4	11.5-11.9	3										1	6	3			1	1		1			3		1		3
12.0-12.4	12.5-12.9	7						6	4	2		5	13	11	5	1	2	2	1	1	4		21	2	6	14	
13.0-13.4	13.5-13.9	48			10	1		21	36	5	4	23	23	14	9	13	3	4	10	8	13	2	24	12	23	26	
14.0-14.4	14.5-14.9	87		4	16	9		78	23	30	40	29	18	27	32	24	26	18	16	17	29	20	30	40	20	38	
15.0-15.4	15.0-15.9	84		3	33	8	34	110	25	39	34	12	25	20	39	26	41	49	46	32	35	58	14	33	30	29	
16.0-16.4	16.5-16.9	92		11	46		10	161	8	27	18	18	31	16	28	21	15	28	26	38	26	57	10	29	25	40	
17.0-17.4	17.5-17.9	63		7	33		6	74	23	31	30	20	34	21	21	10	22	20	16	32	17	46	27	24	21	21	
18.0-18.4	18.5-18.9	50		5	9		4	71	17	19	31	28	26	27	16	25	41	27	29	27	10	36	27	6	22	2	
19.0-19.4	19.5-19.9	22		1			15	41	13	8	12	24	3	22	9	29	12	22	13	12	17	15	11	1	10	1	
20.0-20.4	20.5-20.9	18		3			14	22	3	2	2	1	5	1	1	19	3	4	3	8	18	5	1				
21.0-21.4	21.5-21.9	10					8	17					1	1		4	1	2		1	5	4					
22.0-22.4	22.5-22.9	4					4	3								1					1	1					
23.0-23.4	23.5-23.9	3																									
24.0-24.4	24.5-24.9	1																									
25.0-25.4	25.5-25.9																										
26.0-26.4	26.5-26.9																										
27.0-27.4	27.5-27.9																										
28.0-28.4	28.5-28.9																										

Tabla III.2. Valores por profundidad hasta los 200m de los perfiles verticales climatológicos PVC por rangos de temperatura cada 0.5°C para los años Normales (superior); La Niña (centro) y El Niño (inferior),

Profund	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
0	12.28	13.25	13.73	14.25	14.76	15.25	15.75	16.24	16.75	17.29	17.75	18.24	18.74	19.23	19.74	20.25	20.76	21.21	21.70	22.20	22.70	23.30	23.80	24.18	24.64	25.24	25.78	26.16	26.80	27.34	28.47																																																																																																																																																																										
10	12.22	13.13	13.64	14.16	14.68	15.15	15.66	16.14	16.66	17.20	17.62	18.11	18.57	19.10	19.57	19.89	20.41	20.87	21.30	21.80	22.40	23.10	23.73	24.02	24.48	25.21	25.68	26.13	26.80	26.85	28.53																																																																																																																																																																										
30	12.07	12.95	13.47	13.97	14.51	14.93	15.32	15.93	15.32	16.96	17.22	17.66	18.09	18.39	18.93	18.86	19.70	19.90	20.30	20.80	21.20	22.20	22.60	23.26	23.37	23.66	24.46	25.25	25.57	25.84	25.91																																																																																																																																																																										
50	11.81	12.71	13.15	13.70	14.26	14.59	14.99	15.58	14.99	16.57	16.60	17.01	17.41	17.49	18.11	17.83	18.78	18.80	19.20	19.70	19.90	21.00	21.22	22.19	21.48	21.52	22.53	23.70	23.72	24.68	22.63																																																																																																																																																																										
75	11.18	11.97	12.48	12.84	13.41	13.74	14.04	14.59	14.04	15.29	15.15	15.39	15.60	15.63	16.17	15.77	16.55	16.71	17.01	17.00	17.80	18.60	19.19	20.16	19.11	17.78	17.79	18.68	19.15	22.32	20.19																																																																																																																																																																										
100	9.96	10.70	11.33	11.58	11.95	12.36	12.92	13.19	12.92	13.71	13.36	13.58	13.75	13.74	14.08	13.75	14.49	14.64	14.60	14.90	15.50	16.30	16.39	17.17	16.99	15.02	15.13	15.64	16.28	18.08	16.94																																																																																																																																																																										
125	9.28	9.83	10.21	10.52	10.76	11.10	11.46	11.83	11.46	12.18	11.94	12.22	12.26	12.30	12.66	12.39	12.88	12.95	12.90	13.30	13.60	14.20	14.59	14.42	14.29	13.44	13.69	13.89	14.70	15.81	15.37																																																																																																																																																																										
150	8.92	9.30	9.48	9.86	10.02	10.17	10.68	10.75	10.68	10.96	10.86	11.11	11.11	11.16	11.53	11.31	11.71	11.72	11.70	12.00	12.20	12.70	13.37	12.82	12.51	12.66	12.84	12.74	13.49	15.30	13.83																																																																																																																																																																										
175	8.66	8.94	9.03	9.35	9.50	9.55	9.91	9.95	9.91	10.13	10.11	10.31	10.30	10.41	10.70	10.58	10.94	10.96	10.90	11.20	11.50	11.80	12.34	11.98	11.54	11.89	12.21	12.11	13.22	14.02	13.21																																																																																																																																																																										
200	8.23	8.36	8.40	8.68	8.74	8.73	8.93	9.02	8.93	9.16	9.22	9.33	9.36	9.49	9.71	9.78	10.11	10.15	10.10	10.40	10.70	11.00	11.26	11.21	10.81	11.36	11.14	11.54	12.01	12.28	12.09																																																																																																																																																																										
0	10.85	11.24	11.80	12.28	12.74	13.27	13.76	14.25	14.69	15.25	15.68	16.23	16.72	17.25	17.72	18.25	18.73	19.22	19.68	20.25	20.72	21.22	21.67	22.18	22.74	23.18	23.63	24.17	24.65	25.22	25.67	26.23	26.80	27.00	27.67																																																																																																																																																																						
10	10.82	11.19	11.72	12.18	12.64	13.19	13.68	14.11	14.59	15.16	15.60	16.10	16.59	17.10	17.58	18.12	18.59	19.08	19.45	20.01	20.34	20.94	21.00	21.44	21.82	22.98	23.02	24.11	24.37	25.12	25.54	20.78	26.00	26.50	26.91																																																																																																																																																																						
30	10.58	10.71	11.54	12.02	12.51	13.04	13.51	13.97	14.33	14.97	15.34	15.89	16.32	16.78	17.22	17.68	18.05	18.59	18.77	19.57	19.53	20.11	19.48	20.23	20.29	22.43	22.14	23.92	23.91	25.10	25.39	18.54	22.36	23.59	22.55																																																																																																																																																																						
50	10.26	10.29	11.19	11.84	12.31	12.82	13.29	13.68	13.99	14.65	15.03	15.51	15.87	16.28	16.72	17.05	17.27	17.99	17.82	18.80	18.68	19.09	17.99	17.99	17.77	20.92	21.12	23.68	21.97	24.80	25.17	17.04	19.18	21.33	19.09																																																																																																																																																																						
75	10.06	9.78	10.65	11.24	11.70	12.12	12.43	12.84	13.02	13.76	14.06	14.35	14.26	14.64	15.12	15.28	15.33	16.11	15.45	16.44	16.46	16.95	15.52	14.76	13.95	16.84	18.37	19.00	17.99	21.87	23.50	13.83	16.41	19.84	15.33																																																																																																																																																																						
100	9.51	9.29	9.86	10.50	10.82	11.10	11.17	11.60	11.75	12.43	12.72	12.94	12.61	12.86	13.25	13.28	13.35	13.92	13.27	14.04	14.26	14.75	13.74	12.77	12.31	14.32	16.01	15.17	14.85	17.69	17.35	11.47	13.81	16.13	13.37																																																																																																																																																																						
125	8.86	8.91	9.29	9.64	9.90	10.14	10.21	10.63	10.70	11.20	11.46	11.64	11.33	11.56	11.86	11.89	11.89	12.59	11.90	12.44	12.56	12.84	12.39	11.95	11.45	13.15	13.99	13.62	13.43	14.79	13.93	10.37	12.50	13.69	12.33																																																																																																																																																																						
150	8.69	8.63	8.93	9.14	9.25	9.48	9.59	9.88	9.99	10.36	10.53	10.65	10.44	10.60	10.87	10.95	11.01	11.59	11.04	11.36	11.50	11.74	11.44	11.26	10.90	12.41	12.68	12.74	12.53	13.28	13.15	10.60	11.85	11.72	11.49																																																																																																																																																																						
175	8.39	8.36	8.66	8.77	8.83	9.02	9.12	9.32	9.47	9.72	9.88	9.94	9.83	9.97	10.22	10.26	10.33	10.78	10.46	10.72	10.95	11.09	10.95	11.02	10.59	12.27	12.14	12.36	12.04	12.70	12.36	11.17	11.77	11.13	11.37																																																																																																																																																																						
200	8.19	8.20	8.27	8.23	8.19	8.34	8.38	8.53	8.75	8.93	9.08	9.13	9.03	9.08	9.36	9.37	9.49	9.82	9.87	10.13	10.32	10.42	10.26	10.39	10.36	11.22	11.00	11.64	11.32	11.67	11.28	10.39	11.55	10.56	10.78																																																																																																																																																																						
0	10.84	11.34	11.80	12.38	12.72	13.24	13.78	14.26	14.74	15.24	15.75	16.25	16.74	17.23	17.75	18.24	18.74	19.24	19.75	20.26	20.71	21.25	21.75	22.23	22.73	23.26	24.20	24.65	25.32	25.70	26.21	26.64	27.12	27.79	28.66																																																																																																																																																																						
10	10.83	11.33	11.70	12.26	12.71	13.15	13.74	14.18	14.67	15.18	15.68	16.16	16.60	17.14	17.61	18.12	18.59	19.07	19.56	20.04	20.41	21.08	21.52	22.07	22.58	23.04	24.02	24.30	25.11	25.68	26.06	26.62	27.07	27.79	28.24																																																																																																																																																																						
30	10.80	11.28	11.43	12.16	12.65	13.02	13.65	14.06	14.54	15.04	15.52	15.89	16.36	16.90	17.35	17.75	18.11	18.54	18.91	19.44	19.90	20.39	20.98	21.54	21.90	22.51	23.51	23.77	24.18	25.35	25.84	26.49	26.90	27.75	28.16																																																																																																																																																																						
50	10.76	11.27	11.27	11.96	12.57	12.89	13.51	13.85	14.30	14.83	15.29	15.52	16.00	16.48	16.87	17.07	17.41	17.80	17.98	18.58	19.16	19.56	20.26	20.80	21.01	21.76	22.73	20.86	23.26	24.92	25.19	26.09	26.59	27.63	28.11																																																																																																																																																																						
75	10.78	11.06	10.82	11.05	12.02	12.32	12.95	13.25	13.53	14.05	14.52	14.34	14.78	14.94	15.35	15.39	15.56	15.89	15.92	16.34	16.57	16.99	17.60	18.28	19.09	19.28	20.08	17.24	19.62	20.62	21.66	23.02	22.67	24.03	25.30																																																																																																																																																																						
100	10.99	9.87	9.91	10.54	10.87	11.29	11.72	12.06	12.31	12.68	13.17	12.93	13.10	13.08	13.38	13.69	13.47	13.82	13.64	14.03	14.08	14.31	14.99	15.85	16.32	15.77	16.84	14.93	16.05	16.54	17.76	19.32	17.89	19.66	19.64																																																																																																																																																																						
125	10.12	9.01	9.53	9.77	9.76	10.31	10.64	10.84	11.06	11.44	11.74	11.67	11.71	11.63	12.00	12.19	11.97	12.27	12.17	12.48	12.36	12.62	13.16	13.64	13.97	13.45	14.42	13.12	14.18	14.28	15.24	16.28	15.42	16.51	16.34																																																																																																																																																																						
150	9.42	8.81	9.22	9.25	9.36	9.63	9.92	10.03	10.15	10.51	10.68	10.61	10.65	10.59	10.86	10.99	10.91	11.07	11.11	11.33	11.37	11.50	11.86	12.31	12.54	12.41	12.99	12.31	13.02	12.70	13.29	15.28	13.87	14.66	14.92																																																																																																																																																																						
175	8.77	8.51	8.97	9.02	9.00	9.21	9.39	9.45	9.51	9.82	9.91	9.88	9.91	9.92	10.10	10.18	10.21	10.29	10.38	10.56	10.72	10.87	11.16	11.49	11.79	11.85	12.34	11.75	12.37	12.42	12.61	13.89	12.73	13.72	13.79																																																																																																																																																																						
200	8.40	7.88	8.42	8.51	8.31	8.53	8.65	8.65	8.75	8.98	9.03	9.04	9.03	9.10	9.24	9.27	9.27	9.35	9.55	9.73	9.95	10.07	10.21	10.81	11.05	11.07	11.43	11.31	11.57	11.32	11.62	12.31	11.71	12.27	12.48																																																																																																																																																																						

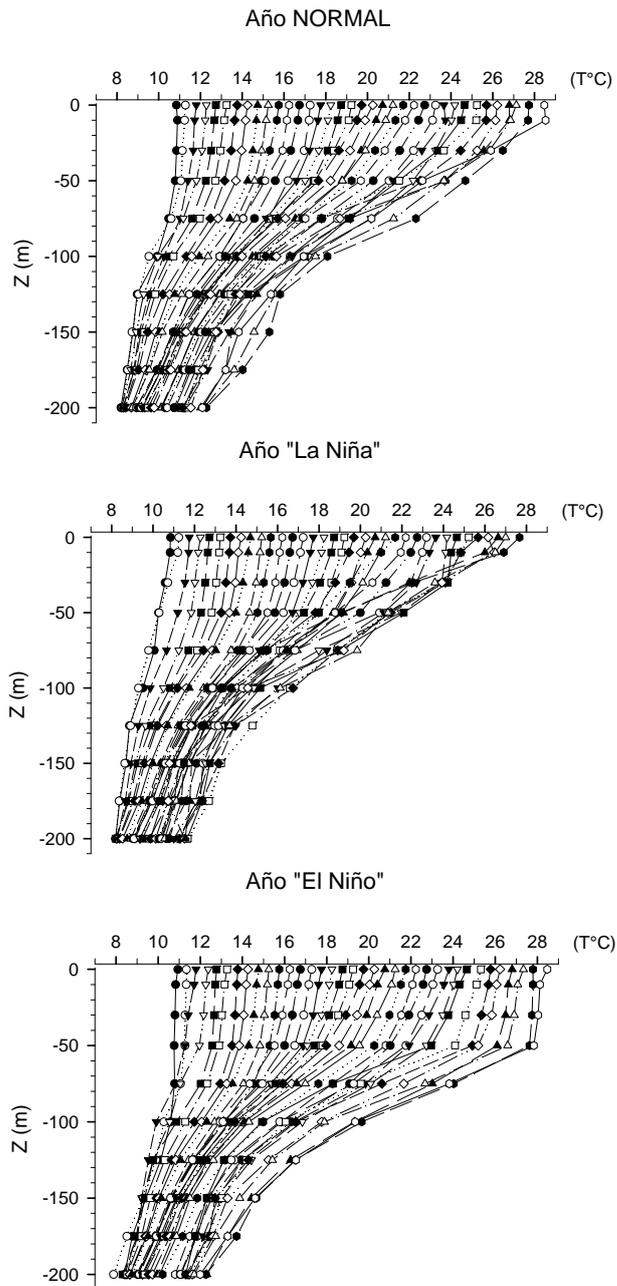


Figura III.2. Perfiles verticales climatológicos para años “El Niño”, “La Niña” y “Año Normal” según el Índice Multivariado del ENSO, (MEI) (Wolter y Timlin 1993; 1998). http://www.cdc.noaa.gov/ENSO/enso.mei_index

Tabla III.3. Análisis de Varianza Factorial (StatSoft, Inc. 2002) para determinar si existe diferencia significativa entre los años Normales, La Niña y El Niño en los perfiles verticales climatológicos. La prueba demuestra que existe diferencia significativa entre los diferentes los años señalados. La prueba Tukey HSD a posteriori, comprueba que efectivamente hay una diferencia significativa entre las dos condiciones. (Tabla 2).

	SS	Grados de Libertad	MS	F	p
Intercepto	217595,2	1	217595,2	20080,87	0,000000
"Var1"	82,8	2	41,4	3,82	0,022262
"Var3"	12082,5	9	1342,5	123,89	0,000000
"Var1"*"Var3"	37,5	18	2,1	0,19	0,999914
Error	10727,6	990	10,8		

Condición La Niña hay diferencias significativas (f=3.82 p= 0.000).

Condición El Niño hay diferencias significativas.

Con respecto al año Normal no hay interacción entre las variables (f=0.19, p=0.99).

Entre condiciones hay diferencias.

Hay diferencias significativas en condiciones La Niña, El Niño y año Normal. En la prueba Tukey HSD, A posteriori, comprueba que efectivamente hay una diferencia significativa entre las tres condiciones.

Mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula, no hay diferencias significativas los resultados están en rojo. Menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y los resultados están en negro

-1 La Niña; 0 Año Normal; 1 El Niño.

El patrón de cambios de temperatura entre las condiciones se mantiene constantes.

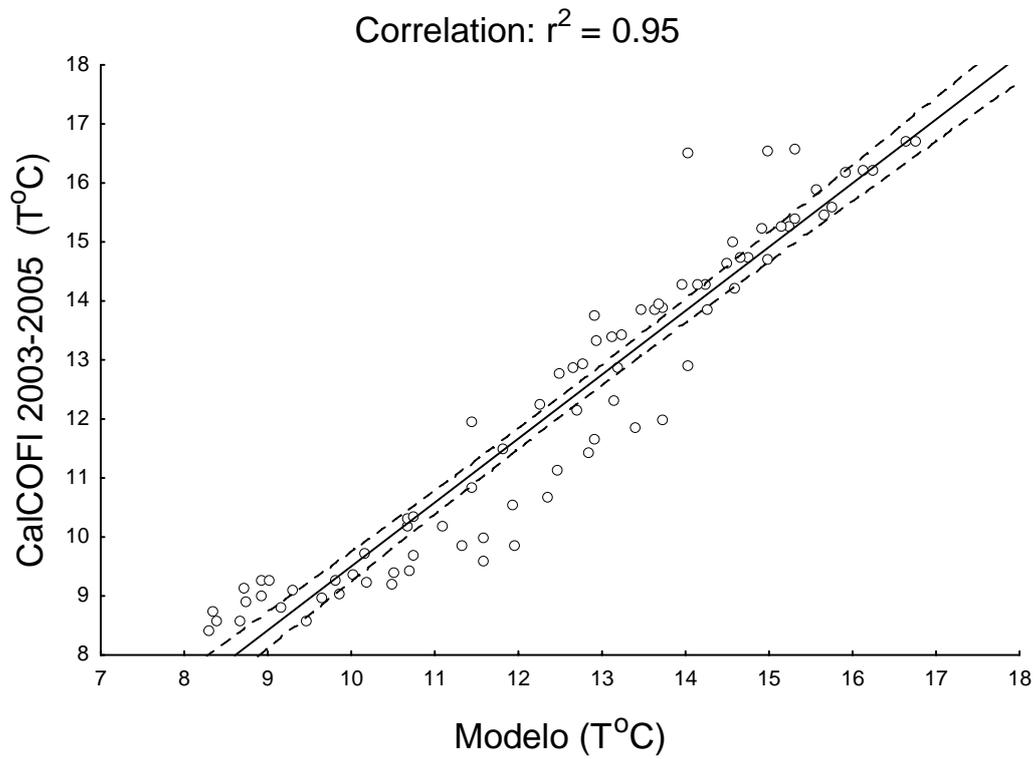


Figura III.3. Coeficiente de variación entre perfiles medidos in situ por el programa CaICOFI 2003-2005 y los PVC obtenidos en este trabajo hasta los 200m.

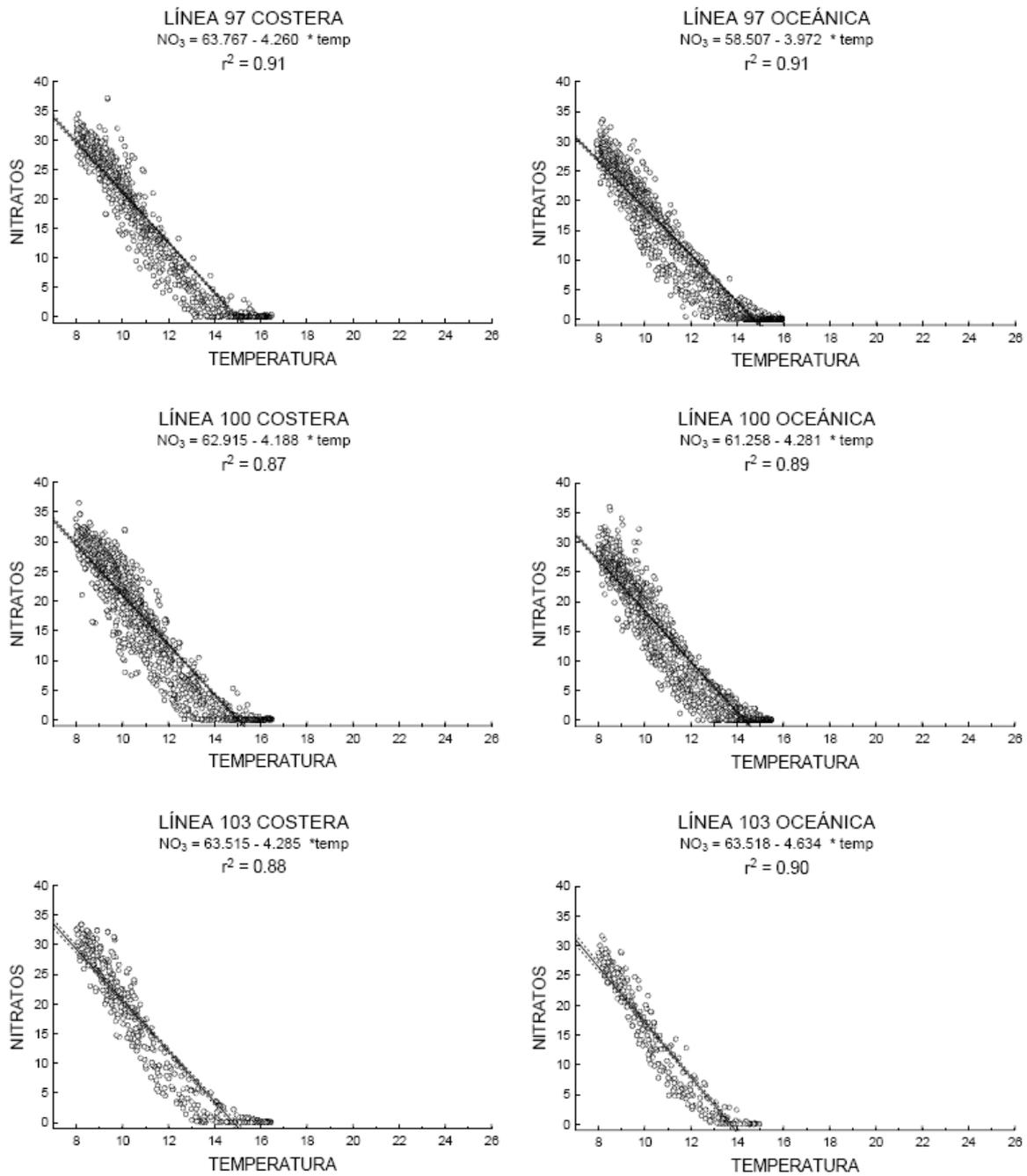


Figura III.4. Relación temperatura-nitratos desde la Línea 97 a la 103 en la región de estudio.

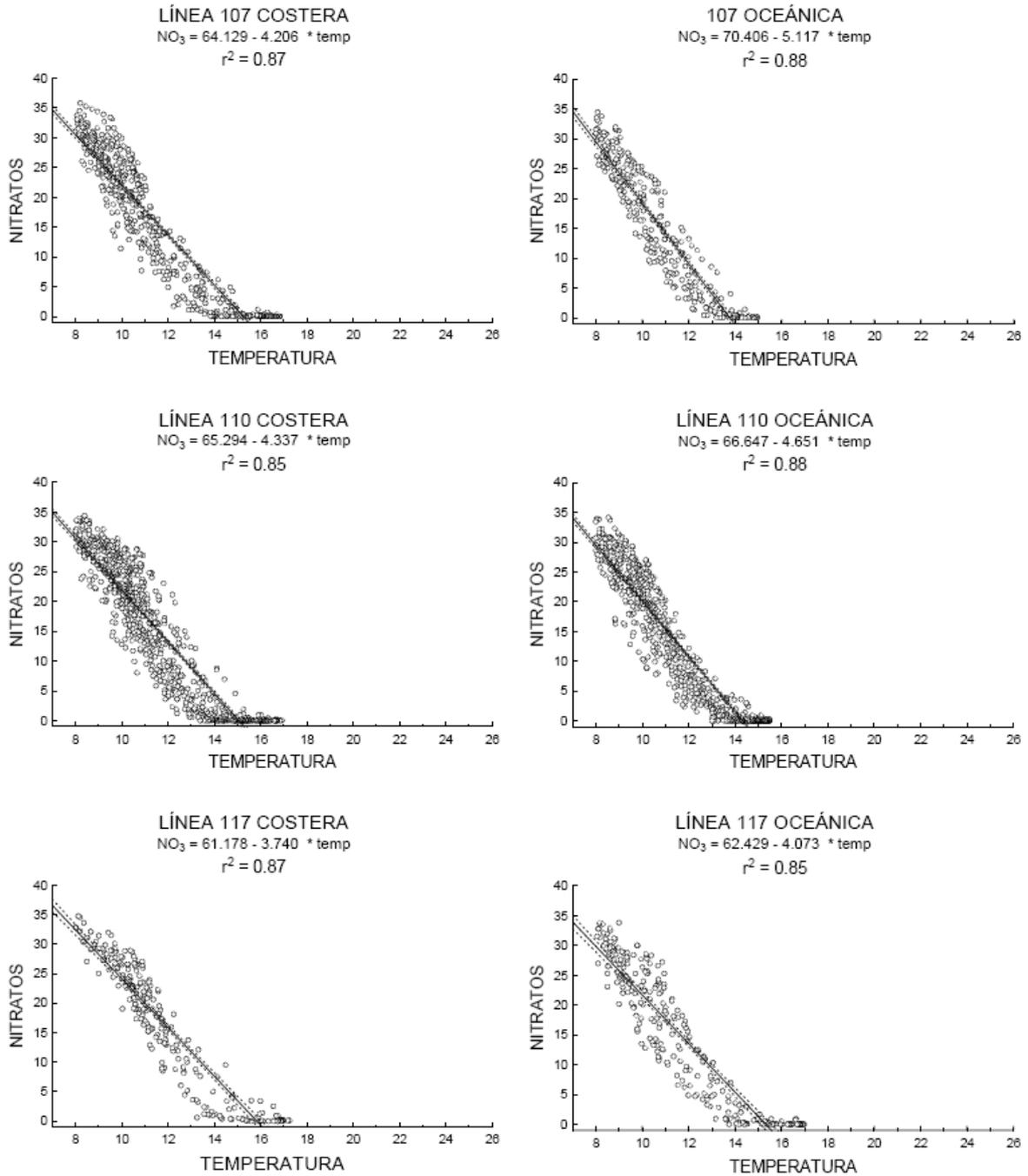


Figura III.5. Relación temperatura-nitratos desde la Línea 107 a la 117 en la región de estudio.

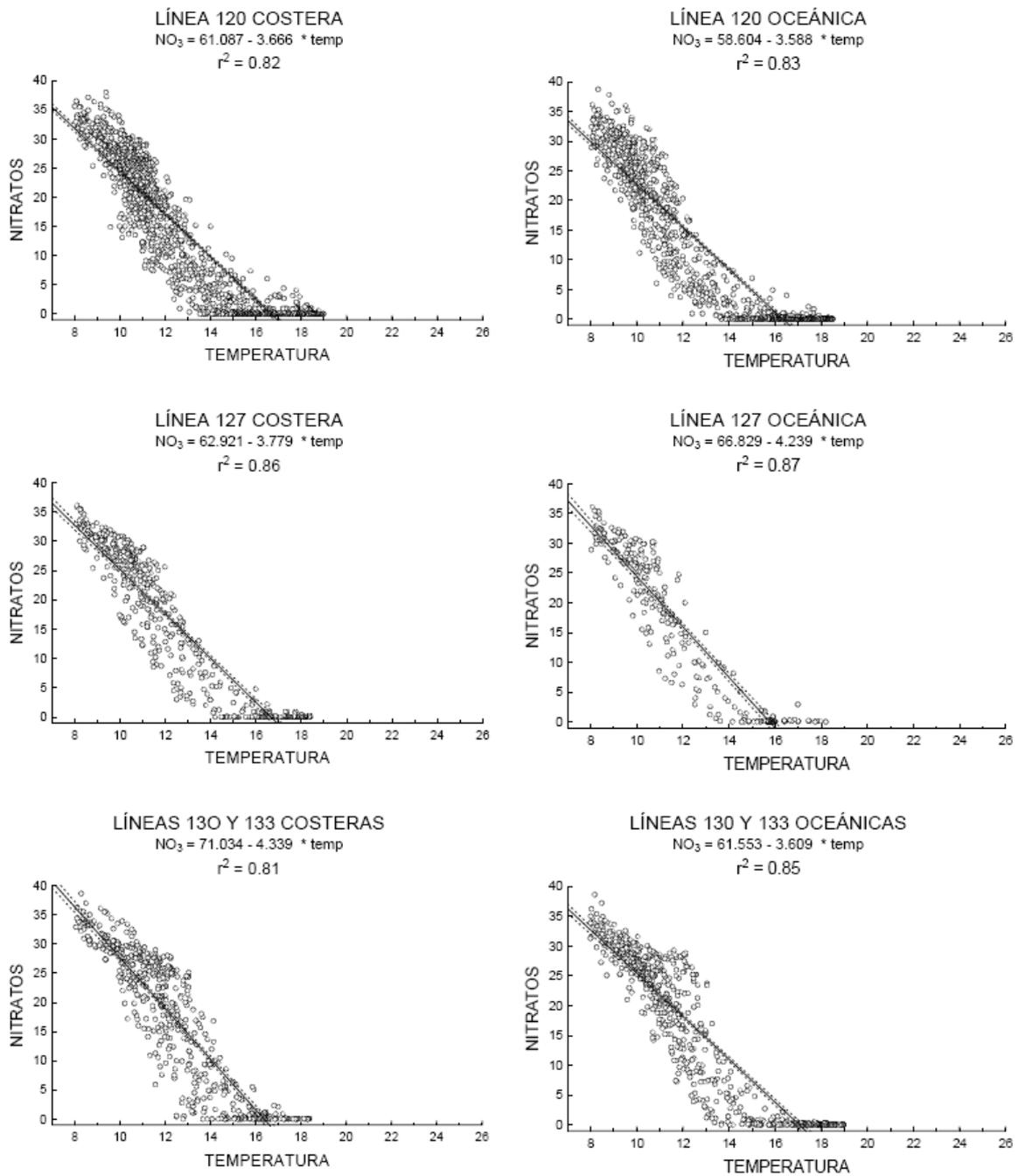


Figura III.6. Relación temperatura-nitratos desde la Línea 120 a la 130 en la región de estudio.

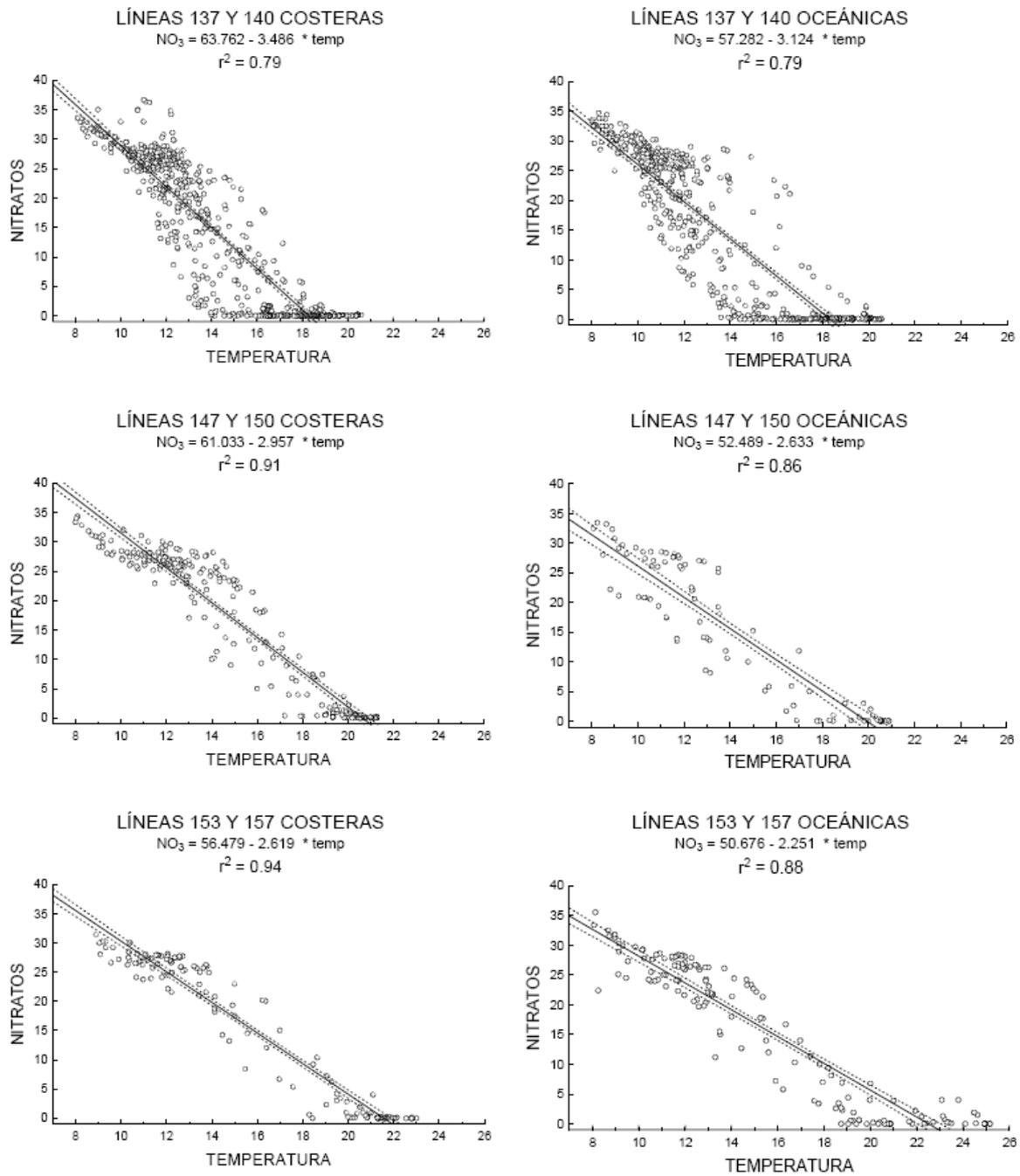


Figura III.7. Relación temperatura-nitratos desde la Línea 130-140 a la 153-157 en la región de estudio.

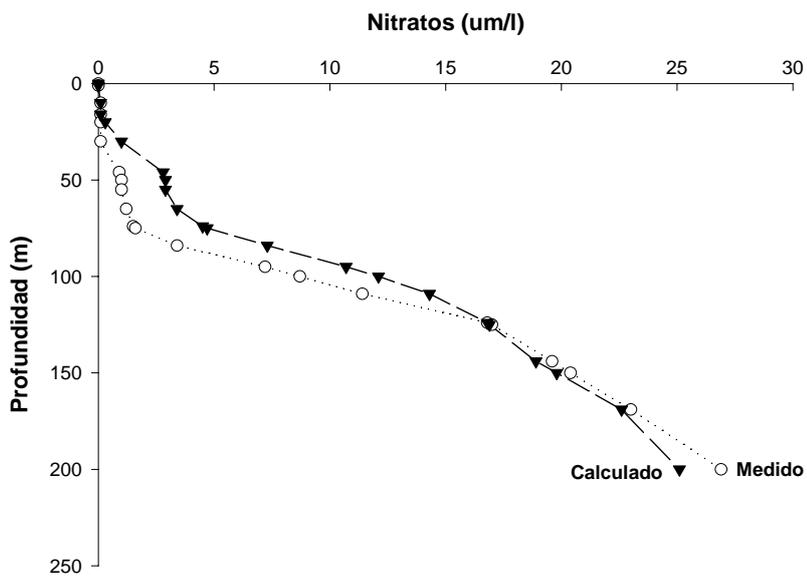
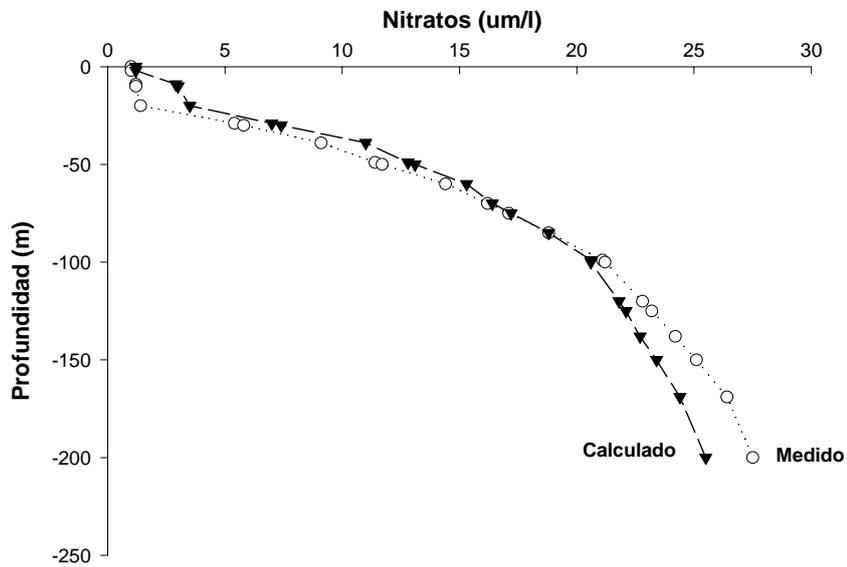


Figura III.8. Nitratos medidos y calculados a partir del modelo estadístico con la temperatura en la estación Línea 90.28 costera (arriba) y Línea 90.60 oceánica (debajo) durante el crucero 01/00 de la red CalCOFI.

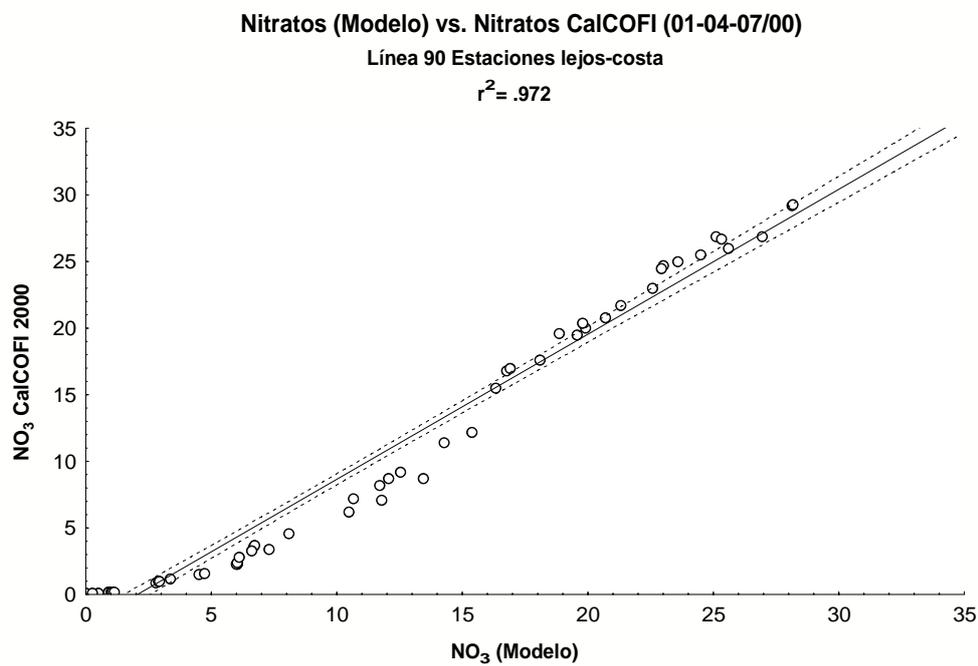
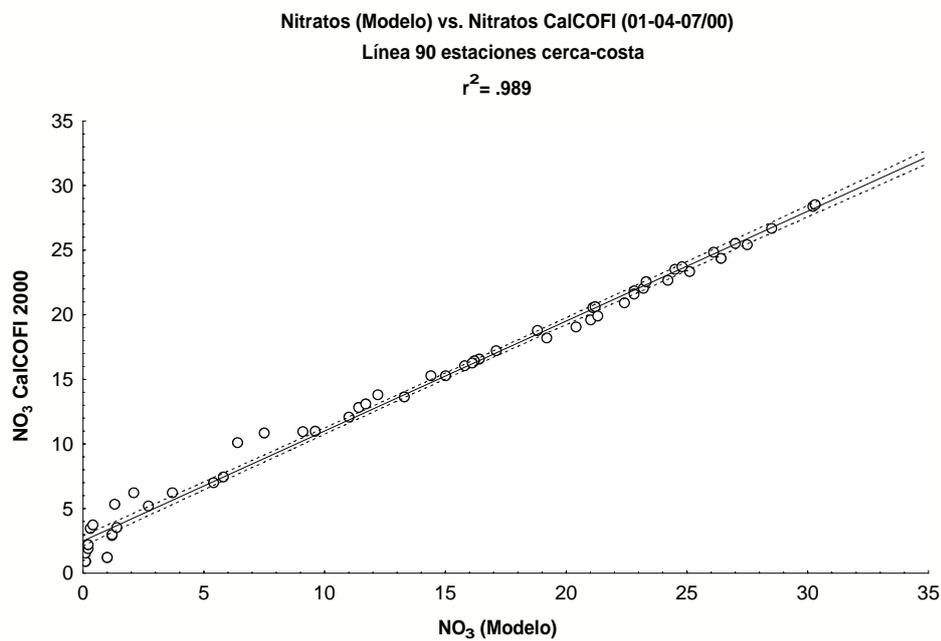


Figura III.9. Relación entre los nitratos medidos según cruceros CalCOFI 2000 y los calculados en este trabajo para la línea 90 cerca y lejos de la costa. Ambos tienen un coeficiente de determinación altos.

GLOSARIO

Términos ecológico-marinos y geográficos.

Introducción

El presente Glosario de términos ecológico-marinos y geográficos es un documento que se elaboró como complemento de la Tesis Doctoral “Producción primaria nueva (Pnueva) en la región sur de la Corriente de California: una propuesta de ordenamiento ecológico marino”. Tiene como objetivo mostrar y uniformar significados y conceptos de palabras técnicas a personas que no están relacionadas con aspectos marinos como la ecología marina, la biogeoquímica y la oceanografía.

En la preparación de este Glosario se han considerado diferentes publicaciones sobre materias ecológicas, marinas y oceanográficas editadas por organismos internacionales, de los cuales México es miembro activo, así como de países en la cual nuestro país tiene relaciones bilaterales.

El Glosario de términos ecológico-marinos y geográficos se adjunta a la presente Tesis y se pone a disposición de cualquier persona. Se espera que a pesar de lo largo del documento, sea de fácil manejo.

M. en C. Benigno Hernández de la Torre
Posgrado en Geografía.
Instituto de Geografía, UNAM.

A

ABIÓTICO: Que carece de vida. Estructuras, formaciones, elementos inertes en lo que no es posible la vida. Condiciones ambientales que impiden el desarrollo de ésta. En el ecosistema, se denominan así aquellos componentes que no tienen vida, como son las sustancias minerales, los gases, los factores climáticos que influyen ampliamente en los organismos. Lo contrario es: *Biótico*.

ABISAL: Grandes profundidades que se encuentran en el océano. Relativo a una región oceánica de zonas profundas o “abismos marinos” debajo de los 1000 m del nivel del mar, donde la presión atmosférica es máxima y la obscuridad total.

AGUAS INTERIORES: Espacio marítimo existente entre la tierra firme las líneas de base establecidas a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial. Su trazado se regula a partir del Convenio de Ginebra (1958).

AGUAS TERRITORIALES: Espacios marinos que, a raíz de la nueva territorialización del mar por reciente desarrollo del derecho marítimo internacional, pasan al control directo y exclusivo del estado ribereño, siendo incorporados como parte integrante de su territorio.

ALGAS, Macroalgas: Nombre dado a más de dos mil especies de organismos unicelulares autótrofos. Grupo de plantas relativamente simples que contienen clorofila y carotina. La mayor parte de estos vegetales viven libres en las aguas de todo tipo y temperaturas, sobre sustratos húmedos y varias especies forman parte del plancton. Planta simple y primitiva de agua de mar o agua dulce que contiene clorofila; el alga marina es la más generalmente conocida. Las algas no tienen la estructura del tipo normal de plantas que se compone de raíces, tallos y hojas sino que consisten de una sola célula o de un conjunto de células simples. Cada célula está formada de una membrana que encierra el protoplasma; éste contiene el citoplasma y el núcleo. Las formas simples de algas se reproducen por división de sus células. En sus variedades más complejas la reproducción es tanto sexual como asexual.

ALTAS PRESIONES POLARES: Las altas presiones polares son centros de acción permanentes de raigambre térmica, formados sobre los casquetes polares a favor de la presencia de aire muy frío.

ALTAS PRESIONES SUBTROPICALES: Las altas presiones subtropicales son piezas maestras de la circulación atmosférica general dada su condición de centros de acción dinámicos de carácter permanente. En el esquema planetario de balance energético los anticiclones subtropicales forman parte del sector a mayor latitud de la célula de Hadley que desempeña papel decisivo en el proceso de transferencia de calor de Ecuador a Polo. Se ubican en un sector de subsidencia intensa que impone sequía, cielos despejados y altas temperaturas en las latitudes señaladas. Además delimitan las grandes zonas de circulación atmosférica general, es decir, marcan la frontera entre la circulación atmosférica de rasgos tropicales y las latitudes medias y altas dominadas por los vientos del oeste.

ALTURA DEL SOL: Viene dada por el ángulo de incidencia de los rayos solares con la horizontal. La altura del sol varía con la latitud, época del año y hora del día. Tras esas

modificaciones se hallan el geoide, la inclinación del eje terrestre sobre el plano de la eclíptica y los movimientos de traslación y rotación, ya que estos dos últimos determinan respectivamente la sucesión de estaciones y el ciclo diario. El sol, que alcanza su cénit sobre el ecuador en los equinoccios y para cada trópico en el solsticio de verano correspondiente, tan sólo se levanta, por entonces, 23° 27' en los polos, con noche invernal de seis meses.

AMBIENTE. Conjunto de procesos y funciones con los que se desarrolla y opera un ecosistema; forma el dintorno en el cual se presentan las cualidades específicas por la interacción de los factores limitativos y la biota.

AMBIENTE FÍSICO. Cualidades presentes en el hábitat por efectos de la interrelación de los elementos abióticos en los procesos químicos y meteorológicos en dicha zona.

ANAEROBIO: Organismo que respira sin utilizar el oxígeno.

ANCHOVETA: Pez pelágico, es decir que nada entre la superficie y 50 metros de profundidad; pertenece a la familia de los engráulidos, también le llaman anchoa.

ANOMALÍAS: Tendencias en los datos registrados (por ejemplo: precipitación, temperatura, presencia de polen) que no responden a la norma establecida. Se dice que el cambio climático global se basa en las anomalías térmicas producidas por el calentamiento por el efecto de invernadero. En estadística es la variación de un valor con respecto de su media diaria, mensual, anual. En términos biológicos es una malformación, alteración biológica, congénita o adquirida.

ANTICICLÓNICO, MOVIMIENTO O GIROS (Área de alta presión): Se refiere a un área o sistema de presión atmosférica alta que tiene un modelo característico de circulación que normalmente induce condiciones de tiempo fijas. Los vientos fluyen en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario a las agujas del reloj en el hemisferio del sur. Movimiento Ciclónico es el movimiento contrario

ARRECIFE: Agrupación de rocas que se encuentran bajo las aguas del mar. Formación submarina mayormente constituida de Carbonato de Calcio por su origen de invertebrados marinos coloniales, como el coral. Es el más rico ecosistema marino y a veces constituye tierra emergente donde se encuentran plantas y animales estrictamente terrestres.

ATMÓSFERA: Término compuesto de las raíces griegas *atmoV* (vapor, humo) y *sjaira* (esfera) con el que se designa la envoltura gaseosa que rodea un planeta. Su composición varía según la altura. Consiste esencialmente en un 21% de oxígeno, 78% de Nitrógeno y un 0,3 % de anhídrido carbónico el resto corresponde a "gases raros". La terrestre se organiza en capas, más o menos homogéneas, según comportamiento térmico, composición química y estructura electromagnética. Es una mezcla de gases, no una combinación, puesto que aquéllos no reaccionan químicamente entre sí.

AUTÓTROFOS: (del griego *autos* = propio; *trophe* = nutrición): término utilizado para nombrar a organismos que sintetizan sus propios nutrientes a partir de materia prima inorgánica. Organismo que transforma la sustancia inorgánica en alimentación orgánica.

AVHRR: Por sus siglas en inglés (Advanced Very High-Resolution Radiometer). Radiómetro experimental a bordo del satélite TIROS-N lanzado por primera vez el 19 de Octubre de 1978 con el objetivo de humanizar el trabajo en la toma de la temperatura del mar y crear la base de datos mas importante de esta variable oceanográfica.

B

BACTERIA: Organismo unicelular microscópico sin núcleo pero con gránulos de cromatina dispersos en el citoplasma, provistos a veces de organoides de locomoción. Muchas especies viven en aguas dulces o marinas, en el suelo y materia orgánica en putrefacción; otras están asociadas con organismos que pueden ser protozoarios.

BAJA POLAR: Se trata de una pequeña depresión, con frecuencia muy activa, que se produce preferentemente en invierno, con un gradiente térmico mar-tierra muy acentuado. La advección, con procedencia continental, de aire ártico o polar, y de ahí el nombre, sobre una superficie marina sensiblemente menos fría, ocasiona una fuerte inestabilización de dicho flujo, tanto por calentamiento basal como a causa del caudal de energía latente que supone la transferencia al mismo de importantes cantidades de vapor de agua. La exageración del gradiente térmico estático en la vertical propicia el desarrollo de cumulonimbos, con aguaceros de gran intensidad, nevadas, granizadas y, en ocasiones, vientos a gran velocidad, que excepcionalmente superan los 200 km/h.

BAJA PRESION: (Vid. Mapa de Tiempo)

BAJA SUBPOLAR: Depresión de origen primordialmente dinámico ubicada en latitudes subpolares y atribuida al efecto hidrodinámico del obstáculo ejercido, a gran escala, sobre el flujo general del oeste por un relieve sinóptico. Así, pues, se trata de depresiones de sotavento de gigantescas dimensiones.

BAJAS PRESIONES ECUATORIALES: Resulta preferible el calificativo de intertropicales, ya que dichas áreas no tienen siempre por eje la línea equinoccial; ésta cumple ese papel en enero, pero queda atrás en el verano boreal, con máximo desplazamiento en julio, cuando las bajas presiones migran hacia el norte una decena de grados y, a veces, más. Conocidos internacionalmente como doldrums, no se trata de espacios de calma estricta, conocen una circulación horizontal muy débil, con gradientes horizontales de presión prácticamente despreciables.

BANCOS: Región de aguas someras usualmente con arena, rodeado por aguas profundas asociado a altos niveles de productividad.

BAROCLÍNICAS: Son las que son perpendiculares. Siguen cierto movimiento pero con el gradiente de densidad, que se cruzan.

BARÓMETRO: Instrumento para medir la presión atmosférica.

BAROTRÓPICAS: Son las corrientes que no tienen cambios en las pendientes. Son paralelas a la costa. Las corrientes Barotrópicas son calculadas, es que siguen la superficie pero de la misma densidad, que no se cruzan.

BATIAL: Pertenece a las profundidades oceánicas o al fondo del océano.

BATIMETRÍA: Medición de las profundidades del mar.

BATIPELÁGICO: Pez que se localiza a considerable profundidad pero desligado completamente del sustrato.

BENTOS o BENTÓNICO: Organismos que viven en el fondo del los mares, lagos y ríos.

BIODIVERSIDAD: Este es el término utilizado para describir la riqueza de vida animal y vegetal que existe en el planeta. Los científicos de vanguardia y los defensores del ambiente consideran que el mantenimiento de la mayor variedad posible de formas de vida no es solamente una cuestión moral relacionada con la protección de especies en peligro sino que también es de vital importancia en términos de supervivencia misma del planeta y de la calidad de vida de sus habitantes. Sinónimo: Diversidad biológica.

BIOGEOGRAFÍA: La distribución de una o más especies que es definida por factores abióticos como temperatura, salinidad, corrientes superficiales, productividad, etc.

BIOLUMINISCENCIA: Propiedad que presentan algunos de los seres vivos que les permite emitir luz propia.

BIOSFERA: Conjunto de organismos tanto vegetales como animales que viven en el planeta.

BIOTA: Relativo o perteneciente a los seres vivos.

BRISAS: Las brisas son vientos de carácter horario que soplan en relación con factores térmicos que modifican los campos de presión. Se habla de brisa de mar y tierra (marinada o virazón y terral) cuando el fenómeno se producen en zonas costeras o islas, y de brisa de valle y montaña si el soplo de estos viento se produce en áreas montañosas.

BOMBA BIOLÓGICA: Si no hubiesen existido los océanos para formar los sedimentos y las rocas sedimentarias, la concentración de CO₂ en la atmósfera sería mucho más elevada y la temperatura media de nuestro planeta sería comparable con la de Venus cuya elevadísima concentración de CO₂ lo hace tan caliente que el agua no permanece líquida en su superficie. En este sentido la biología ha controlado los procesos físicos en nuestro planeta. La atmósfera contiene ~0.75×10¹² t C y cada año la sociedad humana produce ~7×10⁹ t C en forma de CO₂ (equivalente a más del doble del carbono contenido en toda la biota marina) debido a la quema de combustibles fósiles, fabricación de cemento, deforestación y cambios en el uso de suelo. La “bomba biológica” deposita en los fondos marinos ~0.1×10⁹ t C año⁻¹ y aunque esto ha sido muy efectivo para secuestrar CO₂ en la escala geológica está muy lejos de compensar apropiadamente el aporte antropogénico de CO₂ en el corto plazo. La “bomba biológica” juega un papel importante en la distribución de carbono en el océano, y a través de esto en la pCO₂ atmosférica. La “bomba biológica” es responsable del 75% de la diferencia del carbono inorgánico total (TCO₂) entre las aguas superficiales y las profundas, el resto se debe a las diferencias de solubilidad por temperatura. Por lo tanto, los procesos biológicos afectan la capacidad del océano para absorber CO₂ antropogénico porque influyen la composición química de las aguas superficiales. Sin embargo, la única manera en que los procesos biológicos pueden jugar un papel directo en la absorción oceánica del CO₂ antropogénico es si cambiaran con el tiempo.

C

CADENA TRÓFICA: Cadena de seres vivos en que cada eslabón se alimenta y obtiene energía del eslabón precedente y a su vez sirve de alimento y proporciona energía al siguiente.

CALIDAD AMBIENTAL: Valoración que se atribuye a los distintos elementos del medio y a su reunión en el interior de los núcleos de población. Se puede determinar diferentes grados de calidad medioambiental mediante parámetros como contaminación, proporción de zonas verdes, equipamientos, densidad, higiene, entre otros.

CALOR ESPECÍFICO: Viene dado por la cantidad de calorías requeridas para elevar 1° C la temperatura de un gramo de determinada sustancia. Por la propia definición de caloría como el calor necesario para incrementar 1° C la temperatura de un gramo de agua, el calor específico de ésta es 1.

CAMBIO CLIMÁTICO: El clima es, por propia naturaleza, cambiante. Desde la formación de la Tierra hasta la actualidad los rasgos del sistema climático planetario, manifestado en unos mecanismos de circulación atmosférica que imprimen su impronta en los elementos climáticos, han experimentado alteraciones debidas a causas naturales. La energía solar que alcanza a la atmósfera terrestre experimenta variaciones debidas a factores astronómicos, aunque las erupciones volcánicas y otros factores geográficos son también capaces de influir decisivamente. Los cambios en la inclinación del eje de rotación terrestre respecto del plano de la eclíptica, con ciclos de 41.000 años, señalados por el astrónomo serbio Milankovitch, la excentricidad de la órbita terrestre, que oscila cada 100.000 años, y la precesión o giro en peonza del eje terrestre respecto a la eclíptica o al resto de las estrellas, con períodos de 23.000 años, causan variaciones en la radiación solar incidente del hemisferio sur. En la actualidad con la expresión cambio climático se alude a la hipótesis actual de alteración del clima terrestre que defiende el origen antropogénico del incremento térmico observado a partir del decenio de los años setenta.

CAMBIO GLOBAL: Alteración de los patrones “normales” de circulación atmosférica y la resultante distribución de las lluvias y los climas del mundo, debido a los efectos antropogénicos del efecto de invernadero y sus implicaciones en la lluvia ácida, la deforestación, el descongelamiento de los glaciares y la actividad volcánica incrementada.

CANTIL: Escalón que se forma en la costa o en el fondo del mar.

CARBONO: El carbono es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. Es sólido a temperatura ambiente. Dependiendo de las condiciones de formación, puede encontrarse en la naturaleza en distintas formas. Es el pilar básico de la química orgánica; se conocen cerca de 15 millones de compuestos de carbono, aumentando este número en unos 500.000 compuestos por año, y forma parte de todos los seres vivos conocidos. En unión con el oxígeno forman el dióxido de carbono (CO₂) que es vital en el crecimiento de plantas, tanto marinas como terrestres. El bióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera constituye ~0.038% del total (380 ppm ó μatm en unidades de presión parcial). En el océano la solubilidad del CO₂ en el agua de mar es mayor que la del nitrógeno y la del oxígeno. El agua de mar en equilibrio con el CO₂ atmosférico es ligeramente alcalina, con un pH de 8.1 a 8.3. El CO₂ disuelto reacciona con el agua formando ácido carbónico y

sus productos de disociación, bicarbonato y carbonato. Los océanos contienen ~cincuenta veces más CO₂ que la atmósfera y quince veces más que el contenido en suelos y biota terrestre. El CO₂ se mueve entre la atmósfera y el océano por difusión molecular cuando hay una diferencia de presión parcial (Δp_{CO_2}) cerca de la interface.

CARDUMEN: Conjunto de peces, también llamado banco.

CARGA DEL VIENTO (PRESIÓN DE VIENTO): Fuerza total que el viento ejerce sobre una estructura. Para superficies planas; es la suma de la presión dinámica ejercida sobre el lado expuesto al viento, y la disminución de la presión o succión producida en el lado resguardado del viento.

CARTA: Mapa, generalmente usado por los navegantes, que delinea y demuestra las características de una área específica con sus profundidades y alturas de accidentes geográficos y artificiales, con el fin de orientar y poder determinar la posición de un buque.

CEIBADAL: Pasto marino.

CETÁCEO: Orden de los mamíferos que viven en el agua y cuyas extremidades toman la forma de remos o aletas, pero en respiración toman oxígeno del aire; como las ballenas y los delfines.

CICLO: Período regular de tiempo en el cual se repite circunstancias o fenómenos.

CICLOGÉNESIS: Se denomina así al proceso por el que se desarrollan depresiones o ciclones (de kuklow, arremolinarse) a favor de determinadas condiciones de temperatura (gradiente térmico vertical) y presión atmosférica (campos de presión). La ciclogénesis tiene fundamento teórico en la "teoría del desarrollo" elaborada por el meteorólogo británico R.C. Sutcliffe, en 1947, según la cual en la troposfera media (600-500 hPa) existe un nivel de "no divergencia", por encima o por debajo del cual se producen divergencias de distinto signo.

CICLÓN: Viento con gran velocidad que gira formando grandes círculos. En esta denominación se incluyen los HURACANES y los tifones. Sistema cerrado de circulación a gran escala, dentro de la atmósfera, con presión barométrica baja y fuertes vientos que rotan en dirección contraria a las manecillas del reloj en el hemisferio Norte, y en dirección de las manecillas del reloj en el hemisferio Sur. En el Océano Indico y en el Pacífico del sur se les denomina así (ver huracán y tifón).

CICLON EXTRATROPICAL: Tras relacionar, con evidente acierto, parámetros climáticos básicos y sistemas nubosos, Jacob Bjerknes identificó las superficies de discontinuidad denominadas sucesivamente líneas de turbonada, de convergencia, rumbo y, definitivamente, frentes. Concibió, así, una depresión o borrasca estructurada en torno a dos superficies de discontinuidad o frentes, uno anterior cálido y otro posterior frío, acompañados de sistemas nubosos característicos y precipitaciones, y animado todo el conjunto de giro ciclónico. En suma, en su fase de madurez, el ciclón extratropical, llamado también en honor a su descubridor, ciclón noruego, fue representado, en cuanto prototipo, como una depresión más o menos circular, en cuyo centro queda el vértice o punto de unión de ambos frentes. Los contrastes de temperatura y densidad, a los cuales se concedió importancia primordial, nacían del pinzamiento de un sector cálido central entre dos fríos, uno anterior y otro posterior.

CICLÓN TROPICAL: Término genérico que designa un ciclón de escala sinóptica no frontal que se origina sobre las aguas tropicales o subtropicales y presenta una convección organizada y una circulación ciclónica caracterizada por el viento de superficie. Perturbación tropical: vientos de superficie ligeros con indicios de circulación ciclónica. Depresión tropical: velocidad del viento de hasta 33 nudos. Tempestad tropical: velocidad máxima del viento de 34 a 47 nudos. Huracán: velocidad máxima del viento de 64 nudos o más. Tifón: velocidad máxima del viento de 64 nudos o más. Ciclón tropical (suroeste del océano Índico): velocidad máxima del viento de 64 a 90 nudos. Ciclón tropical (bahía de Bengala, mar de Arabia, sudeste del océano Índico, Pacífico meridional): velocidad máxima del viento de 34 nudos o más.

CIRCULACION ATMOSFÉRICA GENERAL: Los dos grandes motores de la circulación atmosférica general son la rotación terrestre y la radiación solar. A ellas, junto con la distribución de tierras y mares, se debe la organización de los grandes flujos planetarios, al igual que la presencia de los centros de acción permanentes, cuasipermanentes, semipermanentes o estacionales.

CIRCULACIÓN TERMOHALINA: Se refiere a los movimientos internos de agua que ocurren en el océano profundo por diferencias de densidad de las masas de agua que se ordenan las más livianas y menos densas sobre las más densas.

CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS: La climatología regional maneja sistemas de referencia en el estudio de la diversidad de climas terrestres. Las clasificaciones climáticas difieren según criterio y escala de trabajo. Se establecen umbrales numéricos que suelen coincidir con límites de desarrollo biológico de plantas, formaciones vegetales en su conjunto o cultivos o, bien, son frecuencias estadísticas de ocurrencia de circulaciones atmosféricas características. Las propuestas elaboradas consideran el conjunto planetario como escala de trabajo, sin olvidar que la bondad de una clasificación climática depende de la versatilidad que ofrezca para adaptarse a ámbitos menores. A tenor del enfoque escogido se diferencian dos grandes grupos de clasificaciones climáticas: a) las fisionómicas que combinan parámetros climáticos, obedecen a criterios biogeográficos u optan por un enfoque de síntesis geográfica y b) las genéticas que consideran las matizaciones que imponen los hechos geográficos en la circulación atmosférica general.

CLIMA ECUATORIAL: Denominada, asimismo, hipertropical, tropical siempre lluvioso o clima guineano, en la clasificación geográfica de Viers, es la variedad climática propia de tierras situadas en las des de la línea equinoccial, con influencia del desplazamiento de la Convergencia Intertropical, que las atraviesa dos veces al año y de las masas de aire ecuatoriales que se generan en los dominios selváticos ecuatoriales y en los mares muy cálidos.

CLIMA MEDITERRÁNEO: Clima templado, representado en los países ribereños del mar Mediterráneo, de donde toma su nombre, caracterizado por la sequía estival, parquedad general de precipitaciones anuales y benignidad térmica. El mediterráneo, por ubicación, es un clima de transición entre el ámbito subtropical-desértico y el dominio de climas templados donde, con matizaciones, estas se presentan con abundancia y regularidad. Es un ámbito de teórico equilibrio calorífico y, justamente por ello, es acreedor de constantes transferencias energéticas entre trópico y latitudes polares, que se plasman en el juego alternativo de dominio de la subsidencia subtropical y de advecciones de masas de aire

polares o árticas, en el seno de la circulación general del oeste. Pluviométricamente el clima mediterráneo es un dominio de contrastes en el que, bajo el común denominador de la escasez, se presentan sectores realmente semiáridos con totales anuales que no alcanzan 150 mm y áreas imbríferas que, a favor de la altitud y disposición de los relieves, registran máximos de cuantía próxima a la de climas oceánicos de tipo noruego (casi 5 m. en el observatorio montenegrino de Boka Kotorska).

CLIMA URBANO: El clima urbano es un clima local caracterizado por las diferencias que se registran en los valores de las variables atmosféricas en el interior de la ciudad, que supone contrastes significativos entre aquélla y el área rural periférica. El rasgo más característico de la influencia de la ciudad en el clima es la formación de “islas térmicas” cuyo exponente más representativo es la “isla de calor”, termino acuñado, en 1958, por Gordon Manley para designar al área urbana con temperaturas nocturnas elevadas respecto a su entorno a causa del aumento de calor artificial de origen antropogénico.

CLIMA: La etimología del vocablo es griega (klima) y dice relación con el verbo klinw (inclinarse), aludiendo a la inclinación de los rayos solares y, con ello, a la duración del día, ya que prístinamente dicha voz posee una acepción horaria. Desde entonces acá el concepto amplió su campo semántico y evolucionó hasta dar cabida a los distintos mecanismos, procesos y fenómenos atmosféricos. Alcanzó la resonancia y difusión la propuesta por el meteorólogo austríaco Julius von Hann (1839-1921), quien, en su Manual de Climatología (1883), conceptuó el clima como el conjunto de fenómenos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto determinado de la superficie terrestre.

CLIMAS DE LATITUDES POLARES: Las tierras insertas o próximas a los círculos polares disfrutan de unos rasgos climáticos caracterizados por la ausencia de verano meteorológica y la existencia más o menos prolongada de nieve y hielo a lo largo del año. La delimitación de los climas polares resulta problemática puesto que la isoterma de 10° C para el mes más cálido propuesta por Köppen no deja de ser una umbral biogeográfico de transición entre la taiga y la tundra, si bien bajo ese límite se encierran regiones con temperaturas medias anuales superiores a las de muchos observatorios de clima templado frío que cuentan entre sus promedios mensuales con, al menos, uno superior a 10° C. A fin de evitar esta contradicción Trewartha propuso que la media anual, en todos ellos, no excediese de 0° C, lo que según este autor vendría a coincidir con la existencia de suelo helado (permafrost), cuestión, sin embargo, no exenta de matizaciones.

CLIMAS DESÉRTICOS: Con esta denominación se identifican una variedad de climas caracterizados paisajísticamente por la aridez. Son los climas secos, caracterizados en la notación de Köppen, por la mayúscula B que se acompaña de las letras S ó W en función de la mayor escasez de precipitaciones. Estas condiciones se vinculan a la existencia de condiciones atmosféricas de subsidencia, de origen diverso. Por su desarrollo territorial, la más destacada es la subsidencia de origen dinámico relacionada con la presencia de altas presiones subtropicales, responsables de la formación del rosario de desiertos que rodea cada hemisferio hacia los 30° de latitud. A este mecanismo se vinculan los climas saharianos, senegaleses y sirios o de transición al dominio mediterráneo. Las subsidencias de origen térmico se vinculan al contacto de aire con masas de agua frías por la existencia de corrientes marinas frías y dan lugar a la formación de los desiertos brumosos costeros chileno-peruano y de Namib.

CLIMAS TEMPLADOS: Son aquellos que conocen la sucesión de rasgos meteorológicos propios de las distintas estaciones del año. La denominación de templados, alusiva a la bondad térmica, no resulta del todo idónea, puesto que esta templanza sólo conviene a los climas de influencia marítima. En latitudes medias se reparte gran variedad de climas desde los de invierno rigurosamente frío del dominio siberiano o yakuto a los mediterráneos de inviernos suaves y veranos muy cálidos. La clasificación algebraica de Köppen matiza entre climas templados sensu stricto, en los que ninguna media mensual baja de -3°C y climas templado fríos en los que algún mes desciende de dicho umbral.

CLIMAS TROPICALES: La denominación tropical alude al significativo cambio (del griego, troph, cambio, alteración) que sufren, en esta variedad climática, las condiciones atmosféricas a lo largo del año, y que permiten distinguir entre una estación seca y otra lluviosa. Esta modificación estacional se vincula al balanceo de la Zona de Convergencia Intertropical que organiza el ritmo pluviométrico de los climas tropicales.

CLIMATOLOGÍA: Ciencia de la Geografía que estudia los climas.

CLOROFILA: Pigmento verde que presentan la mayoría de los vegetales y que les permite realizar la fotosíntesis.

CLOROFLUROCARBONOS (CFC): Grupo de componentes químicos usados en la industria y el hogar, de los cuales se cree que el uso excesivo y universal es una de las causas del agotamiento del ozono, causando daños en el medio ambiente.

COASTAL ZONE COLOR SCANNER (CZCS de sus siglas en inglés): Radiómetro experimental a bordo del satélite NIMBUS-7 que funcionó entre 1978 y 1986. Primer instrumento en adquirir datos de color del océano y en brindar las primeras imágenes de la temperatura superficial del mar a nivel global desde el espacio. Obtuvo datos de la radiancia visible de la mayor parte de los océanos del mundo. Fue puesto en órbita una cámara multispectral designado al satélite NIMBUS-7 para medir concentraciones de clorofila en los océanos a partir del color del mar. Aunque fue diseñado para funcionar por espacio de tres meses, se mantuvo en funcionamiento desde el otoño de 1978 hasta el verano de 1986.

COCOLITOFÓRIDO: Organismo microscópico que presenta flagelos como órganos de locomoción y un exoesqueleto formado por pequeñas piezas calizas en forma de rombo.

COLOR. Propiedad física de la luz reflejada que puede ser captada en los niveles del espectro electromagnético correspondiente a la luz "visible" (como la que se observa en el arco iris o en la luz refractada por un prisma de cristal). El blanco —por ejemplo— es la mezcla total de todos los colores y el negro es la ausencia total; cada color posee una banda de absorción típica dentro del continuum electromagnético. Los colores son primarios, secundarios y terciarios y son fácilmente discernibles usando la escala de colores internacional.

COMUNIDAD BIÓTICA: Conjunto de especies que interactúan en un medio ambiente estable o ecosistema.

CONJUNTO CONVECTIVO DE MESOSCALA: Un conjunto convectivo de mesoescala es una formación nubosa de grandes dimensiones (trascienden el estado de cúmulo) que se

origina en condiciones atmosféricas de intensa baroclínia, con alto grado de organización interna, dentro de la mesoescala, que les hace evolucionar con ciclo de vida propio, pudiendo, incluso, interactuar con el entorno sinóptico y modificarlo. La superación del estado de "cúmulo" aislado y la adquisición de dimensiones de mesoescala se consigue por la coalescencia sucesiva de núcleos convectivos de menor tamaño que convergen en un conjunto mayor a favor de determinadas condiciones sinópticas. El resultado final, identificable en las imágenes infrarrojas del Meteosat, es la aparición de áreas de ingente condensación, de tonalidad muy oscura, debido a la intensa liberación de calor latente en el marco de activas condiciones atmosféricas nubígenas. La enorme energía acumulada convierte a estos conjuntos nubosos de mesoescala en una de las mayores fuentes generadoras de rayos del sistema atmosférico planetario.

COPÉPODO: Animal del grupo de los crustáceos que abunda en el plancton y es alimento de los peces.

CORAL: Colonia de animales pertenecientes a los celenterados, tienen forma de pólipo y su cuerpo está cubierto por un exoesqueleto calcáreo.

CORIOLIS, FUERZA DE (llamada también fuerza geostrófica o fuerza desviadora de la Tierra): No se trata de un fuerza real, sino ficticia o aparente, que se introduce para justificar las consecuencias del torbellino absoluto, cuya existencia evidenciaría, unos años después, en 1851, León Foucault, con su célebre experimento, basado en la invariabilidad del plano de oscilación del péndulo. Coloquialmente se dice que la Fuerza de Coriolis desvía los móviles hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur. Dicha oposición no es sino consecuencia del torbellino absoluto, cuyo sentido de giro es contrario al de las manecillas del reloj en el hemisferio septentrional y conforme con él en el meridional. Todo lo relativo a la superficie terrestre se ve solidariamente afectado por dicho giro, sean coordenadas geográficas o isólinas climáticas. Viene dada por la fórmula $AC=2V v \text{ sen } a$, siendo V la velocidad del móvil, v la velocidad angular de la Tierra y a la latitud considerada. El torbellino absoluto y, con él, la Aceleración y Fuerza de Coriolis son inexistentes, con valor cero, en el ecuador. Por el contrario, la velocidad del torbellino absoluto es máxima en los polos, donde coincide con la angular del planeta; en función de ello, y a igualdad de otras condiciones, la Aceleración y Fuerza de Coriolis resultan asimismo máximas a 90° de latitud.

CORRENTÓMETRO: Instrumento para medir la velocidad de la corriente. Existen algunos modelos que además registran su dirección, profundidad e inclinación respecto de la vertical, temperatura de agua de mar, presión y conductividad. Su modalidad de registro puede ser papeleta inscriptora, cinta magnética o memoria de estado sólido.

CORRIENTE DE MAREA: El término se aplica exclusivamente a las corrientes periódicas producidas por la marea. Por lo general, son débiles en altamar, pero pueden adquirir cerca de las costas velocidades suficientes para arrastrar las materias del fondo removidas por las olas. Las corrientes de marea son corrientes que desplazan las aguas de mar sobre un gran espesor. La velocidad es débil en el océano, pero ya cerca de las orillas, varían mucho en dirección e intensidad, según la configuración de las orillas; por eso puede llegar a ser considerable en las entradas de golfos profundos y relativamente angostos. Pero cualquiera que sea la complejidad de estas corrientes, su característica es su renovación sin cambio con las mismas mareas. En consecuencia, pueden ser previstas muy exactamente, después de ser objeto de observaciones precisas.

CORRIENTE EN CHORRO: Las corrientes en chorro son piezas básicas de la circulación atmosférica planetaria, en particular, de latitudes medias y altas. La Organización Meteorológica Mundial las define como “una corriente fuerte y estrecha, concentrada a lo largo de un eje cuasihorizontal en la alta troposfera o en la estratosfera, caracterizada por fuertes gradientes verticales y laterales en la velocidad del viento y uno o más máximos de velocidad”. Una corriente en chorro tiene una longitud de varios miles de kilómetros, una anchura de cientos de kilómetros y un espesor de varios kilómetros. El gradiente vertical en la velocidad del viento es del orden de 5-10 m/s. por kilómetro y el lateral de 5 m/s por 100 km. La corriente en chorro se presenta centrada sobre una línea de máxima velocidad de viento, al menos 100 km/h en su eje, que supera, con frecuencia, los 300 Km/h.

CORRIENTE MIXTA: Tipo de corriente de marea caracterizada por una marcada diferencia entre los dos flujos y los dos reflujos que generalmente ocurren cada día de marea.

CORRIENTE SUPERFICIAL: Movimiento del agua que, cercano a la costa, no se extiende más allá de 3 metros y en el océano abierto, se extiende desde la superficie hasta cerca de 10 metros.

CORRIENTE: Movimiento horizontal del agua. Se clasifican en corrientes de marea y corrientes oceánicas. Las primeras son producidas por las mismas fuerzas que provocan las mareas. Las corrientes oceánicas, o corrientes propiamente dichas, constituyen los movimientos de un sistema circulatorio general.

CORRIENTES CONVECTIVAS: Movimientos de agua que se generan en el interior del océano por diferencias de densidad, son independientes de la acción del viento.

CORRIENTES ECUATORIALES: Corrientes que fluyen hacia el oeste cerca de la línea ecuatorial. Hay dos de estas corrientes en los océanos Atlántico y Pacífico, la corriente ecuatorial del norte y la del sur; entre estas dos corrientes fluye hacia el este la contracorriente ecuatorial. También se refiere a corrientes de marea que tienen lugar dos veces al mes, debido a la posición de la Luna sobre el ecuador. En esta ocasión es mínima la tendencia de la Luna a producir una desigualdad diurna en la corriente.

CORRIENTES MARINAS: Circuitos de flujo oceánico que transportan masa, energía y sustancias químicas y nutritivas a gran distancia. Su origen se relaciona con la existencia de dos tipos de fuerzas, las primarias, que impulsan las aguas vinculadas a los sistemas de presión y vientos y el juego combinado de temperaturas y salinidad, y las secundarias, que modifican la velocidad y dirección del movimiento de las corrientes, entre las que sobresale la fuerza desviadora de Coriolis.

CORRIENTES OCEÁNICAS: Movimiento de las aguas del océano que se caracteriza por su regularidad, así como por su naturaleza cíclica. Son producidos principalmente por la circulación atmosférica sobre la superficie y los gradientes de densidad en el agua de mar, dando lugar a la formación de grandes giros oceánicos y sistemas de corrientes, entre los cuales se pueden citar: corriente de Humboldt, corrientes Ecuatoriales, corriente de California, etc.

COSTA: Franja de tierra que bordea el mar o área de contacto entre el medio marino y el terrestre.

COTA FIJA DE MAREA: Marca o punto de referencia que se establece cerca de una estación mareográfica, con el objeto de controlar todas las fases de un estudio mareográfico y, principalmente, para el establecimiento y conservación del nivel medio del mar. Se materializa por un disco de bronce de diez (10) centímetros de diámetro, rotulado reglamentariamente por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. En una estación de marea patrón o de referencia, se instalan cinco discos y en una estación de mareas secundaria, tres discos, en lo posible en dirección perpendicular a la línea de la costa. Las características de cada cota deben ser: a) Permanencia, b) Estabilidad, c) Localización adecuada, d) Recuperación fácil.

COTA FIJA PRIMARIA DE MAREA: Se designa a la marca de referencia más estable de una red de cotas fijas de mareas. Generalmente, es la más próxima al mareógrafo. La cota así designada es, por lo tanto, el eslabón de enlace entre el nivel medio del mar y la red de control geodésico vertical y horizontal.

COTA: Término genérico que se refiere a la elevación o altitud de una marca de referencia, ya sea convencional o especial de carácter temporal o permanente.

CROMATÓFORO: Cuerpo que contiene un pigmento.

CRUSTÁCEO: Animal del grupo de los artrópodos, con antenas, patas articuladas, respiración por branquias y cuerpo protegido por una cubierta gruesa como el camarón y la langosta.

CUADRATURA: Posición de la Luna cuando su longitud celeste difiere 90° de la longitud del Sol. Las fases correspondientes se denominan creciente y menguante. Las amplitudes de mareas durante la cuadratura son las mínimas del mes.

CUENCA OCEÁNICA: Lugar plano del océano rodeado por elevaciones.

CURVA DE CORRIENTE: Representación gráfica de la dirección e intensidad que sigue una corriente. Cuando es reversible la curva está referida a coordenadas rectangulares: en el eje de las abscisas se plotea el tiempo y la velocidad sobre el eje de las ordenadas. La velocidad de la corriente se considera positiva cuando asciende y negativa cuando descende. En general, la curva de una corriente reversible se aproxima a la curva del coseno.

CURVA DE MAREA: Representación gráfica de las oscilaciones del nivel del mar, debidas a las acciones lunisolares y que además incluye todos los agentes perturbadores ajenos a la marea misma, principalmente la acción atmosférica. Esta curva la inscriben automáticamente los mareógrafos en la carta de registro: el tiempo está representado por las abscisas y la altura de la marea por las ordenadas de la curva. Para una marea normal esta curva se aproxima a la del coseno.

D

DECLINACIÓN: Distancia angular norte o sur del ecuador celeste, tomándose como positiva (+) al norte y negativa (–) al sur del ecuador. El Sol pasa a través de su ciclo declinacional una vez al año, alcanzando su máxima declinación de $23^\circ 27'$ N, alrededor del 21 de junio, y la máxima sur de $23^\circ 27'$ S, alrededor del 21 de diciembre. La Luna tiene un ciclo declinacional promedio de $27 \frac{1}{3}$ días, que se llama mes trópico. Las mareas o

corrientes de marea que ocurren cerca de los períodos de declinación máxima norte o sur de la Luna, se denominan mareas o corrientes trópicas, y cuando la Luna está en el ecuador, se denominan mareas o corrientes ecuatoriales. La declinación máxima que alcanza la Luna en meses sucesivos depende de la longitud del nodo lunar y varía desde 28° 31', cuando la longitud del nodo ascendente es cero, hasta 18° 23' cuando la longitud del nodo es 180°. El ciclo del nodo o el tiempo requerido para que el nodo recorra 360° de longitud, es aproximadamente 18,6 años.

DEGRADACIÓN AMBIENTAL: Modificaciones desfavorables del estado ecológico y ambiental como resultado de procesos naturales y/o actividades humanas.

DELTA: Zona generalmente triangular comprendida entre los brazos de un río en su desembocadura.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO: La Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, es la cantidad de oxígeno en mg/l necesaria para descomponer la materia orgánica presente mediante acción de los microorganismos aerobios presentes en el agua. Normalmente se emplea la DBO₅, que mide el oxígeno consumido por los microorganismos en cinco días.

DEMERSAL: Organismo acuático que se desplaza en o cerca del fondo. También llamado Bentónico.

DENSIDAD DEL AGUA DE MAR: Peso de un volumen determinado de agua de mar a una temperatura específica, comparada con el peso del mismo volumen de agua pura a la temperatura de 4° centígrados; debido a que el peso de un volumen determinado de agua de mar variará según su propia temperatura, se ha generalizado la adopción de 15 °C como temperatura patrón para el agua de mar con fines de comparación, y al efecto, los hidrómetros o densímetros están graduados de conformidad para las observaciones a efectuar. La densidad media del agua de mar es aproximadamente 1,026 gr/cm³ a una temperatura de 15 °C.

DENSIDAD: Relación entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa. Es la masa contenida en la unidad de volumen en gramos de agua de mar por mililitros de fluido. Los factores que afectan la densidad incluye la salinidad (alto=denso) y la temperatura (frío=denso). También se refiere al número de organismos por área o unidad de volumen (indicador de abundancia).

DEPREDADOR: Organismo que captura a sus presas con violencia.

DEPRESION TROPICAL: se forman sobre los mares abiertos y se caracterizan por sus vientos con una velocidad menor a los 64 km/h, acompañados de lluvias torrenciales.

DEPRESIÓN: Región donde la presión atmosférica es relativamente más baja que la de regiones que la rodean de mismo nivel. (Vid. Mapa de Tiempo)

DERIVA: Desviación que sufre una embarcación por acción del viento o de las corrientes marinas.

DETRITOS: Restos orgánicos producidos por la descomposición de vegetales y animales. Los detritos proveen de energía a muchos ecosistemas costeros.

DÍA SOLAR: Período de rotación de la Tierra con respecto al Sol, al completar una vuelta alrededor de su eje. El día solar medio es el tiempo o período de rotación con respecto al sol medio. El día solar que comienza a medianoche se llama día civil o día calendario, pero si el día comienza a mediodía, se le denomina día astronómico y fue usado primitivamente en los cálculos astronómicos.

DIATOMEA: Vegetal microscópico con su célula cubierta por una pared dividida en dos tapas o valvas formadas por sílice; integran el fitoplancton.

DIFERENCIA DE CORRIENTE: Tiempo transcurrido entre la hora de la estoa y la hora de la mayor intensidad de la corriente, para cualquier lugar, con respecto a una estación de referencia cuya predicción diaria figure en las Tablas de Corrientes.

DIFERENCIA DE MAREA: Tiempo transcurrido entre la hora de la pleamar y bajamar de un puerto secundario y su puerto patrón o de referencia. Refiriéndose a las alturas, es la diferencia entre las alturas del puerto secundario y del puerto patrón que corresponde. Ambas diferencias en hora y altura aplicadas con su signo a la predicción del puerto patrón o de referencia, dan la hora y altura de las pleamares y bajamares para la estación o puerto secundario.

DIFRACCIÓN: Desviación de ondas sonoras, luminosas, etcétera, alrededor de algún obstáculo.

DIFUSIÓN ESPACIAL: Propagación o divulgación de una novedad, una noticia, una moda, un conocimiento o una actitud de un lugar a otros. Para que se materialice un proceso de este tipo es necesaria la existencia de un foco en el que se origine, de un conjunto potencial de receptores, de canales de comunicación entre el punto emisor y el los receptores, y de un período de tiempo variable en cada caso.

DIFUSIÓN: Migración de partículas desde una sustancia más concentrada a otra menos concentrada, tratando de igualar la concentración.

DINOFLAGELADO: Organismo microscópico cubierto por una membrana silicosa dividida en dos zonas por un surco, la epiteca y la hipoteca. Presenta dos flagelos, uno transversal y otro longitudinal.

DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE: Sentido hacia el cual fluye la corriente.

DIRECCIÓN DEL VIENTO: Sentido desde el cual sopla el viento.

DISCO DE SECCHI. Dispositivo que permite establecer la extinción media de luz en el agua; es un disco blanco de 30 cm. de diámetro que se introduce mediante una cuerda hasta que el disco desaparezca del campo visual; generalmente el coeficiente global de extinción es una constante (1.7) sobre la profundidad en metro.

DISPERSIÓN LARVAL: Fase de vida inmadura de los organismos marinos que se sostienen en la columna de agua en un cierto período de vida durante la cual son transportados algunas distancias donde nacieron.

DORSAL: (Vid. Mapa de Tiempo)

DRAGA: Aparato que se utiliza para colectar muestras del fondo en cuerpos de agua. Barco que tiene una máquina con la que extrae el fango y la arena del fondo marino.

DRAGADO: Acción de excavar el fondo de los puertos, ríos o canales.

E

ECOLOGÍA. Término acuñado por Haeckel (1866). Es la ciencia natural que estudia las relaciones sistémicas entre los individuos, dentro de ellos y entre ellos y el medio ambiente (definición funcional). Es el estudio científico de la distribución y abundancia de los organismos que interactúan entre sí y con su medio ambiente en un tiempo y espacio definidos (definición estructural). Es la ciencia del medio ambiente (definición holística).

ECOSISTEMA: Unidad ecológica básica, formada por el ambiente viviente (biotopo) y de organismos animales y vegetales que interactúan como un ente funcional único.

ECOSONDA: Aparato que utiliza el sonido reflejado o eco y sirve para caracterizar las profundidades del mar y detectar bancos de peces. Ver Medidor Acústico de Sondaje.

ECOTONO: una línea de transición entre ecosistemas

EFECTO DE CORIOLIS: Efecto de la rotación de la Tierra, en virtud de la cual actúa sobre los cuerpos en movimiento desviándolos hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur. La fuerza de desviación varía con el seno de la latitud y una aceleración en la dirección del movimiento; se puede expresar por la fórmula: $Aceleración = 2 w v \text{ sen. } (L.)$; $w =$ velocidad angular de la rotación de la Tierra $0,0000729$ rad/seg., $v =$ velocidad de movimiento del cuerpo; $L =$ latitud del lugar. La dirección de la aceleración es en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio norte y contrario en el sur. Esta fuerza tiene un efecto material sobre el flujo de las corrientes de marea y las corrientes libres de marea, y también crea una diferencia en la amplitud en lados opuestos de un canal de marea.

EFECTO INVERNADERO: En el análisis del balance energético planetario (vid.) se ha señalado la importancia que tiene el flujo de energía en forma de onda larga que recibe la superficie terrestre procedente de la troposfera por efecto de la radiación efectuada por las nubes que, a dichos efectos, actúan como cuerpos negros y por gases absorbentes como el vapor de agua y dióxido de carbono, entre otros. De no existir las nubes y estos gases de efecto invernadero la temperatura efectiva a la que el sistema Tierra-atmósfera se encuentra en equilibrio de radiación sería de -18° C en vez de los $+15^{\circ} \text{ C}$ actuales. Esta diferencia es el denominado "efecto invernadero natural", que hace habitable nuestro planeta a semejanza del confort térmico que registran las plantas en un invernadero. Cuestión distinta es el aumento de este efecto invernadero natural por efecto de la emisión antropógena de determinados gases, proceso en el que se apoya la hipótesis actual de cambio climático.

EL NIÑO: Es necesario precisar que "El Niño", es un suceso marítimo *per sé*. Es un hecho que ocurre, cada año, frente a las costas pacíficas de Perú, conocido desde hace siglos por los pescadores de dicho ámbito que lo identifican con la aparición, en fechas navideñas (de ahí el nombre de "El Niño", en honor al Niño Dios), de aguas cálidas mar adentro en un sector recorrido por la corriente fría de Humboldt o del Perú, rica en

nutrientes que alimentan el fitoplancton y favorece la presencia de ricas pesquerías de anchoveta. La llegada de estas aguas cálidas en Navidad empobrece el contenido de nutrientes causando la caída de la actividad pesquera. Este calentamiento no trasciende el norte de Perú y hacia marzo-abril (Semana Santa, siguiendo el calendario religioso) vuelven las aguas frías a ocupar la superficie marina. No obstante, algunos años "El Niño" viene con intensidad redoblada rebasando los límites espacio-temporales señalados, de manera que las aguas cálidas ocupan un amplio sector del Pacífico Ecuatorial y permanecen en ese estado un año o más. Entonces se registran temperaturas superiores a las habituales, lluvias intensas e inundaciones, es decir, un acusado cambio ambiental, con repercusiones muy negativas para la cadena trófica generada a expensas de la corriente de Humboldt, al originar ingente mortandad de plancton, graves perjuicios a las pesquerías y gran mortandad de aves acuáticas. Los eventos "El Niño" ocurren irregularmente a intervalos de 2 a 7 años, aunque en promedio puede presentarse uno cada 3 ó 4 años. Duran entre 12 y 18 meses y son acompañados por cambios en el Índice de Oscilación Austral (IOA), también llamado Índice de Oscilación del Sur. Este índice refleja una variación interanual de la presión atmosférica al nivel del mar entre los hemisferios oriental y occidental.

ENDEMISMO: Un organismo o grupo de organismos pertenecientes a una localidad específica.

ENOS/ENSO: Es el efecto de interacción Océano-Atmósfera cuando ocurre un evento "El Niño". Acrónimo de "El Niño", Oscilación del Sur (ENOS) o en inglés "El Niño", Southern Oscillation (ENSO). El termino ENOS o ciclo ENOS se usa para describir el rango completo de variabilidad observada en el Índice de Oscilación Austral (IOA) -en inglés Southern Oscillation Index (SOI)-, que incluye eventos tanto "El Niño" como "La Niña". Como resultado de las anomalías en la temperatura superficial en las costas frente a América del Sur, "El Niño" se volvió sinónimo de eventos cálidos a gran escala, significativos desde el punto de vista climático. Sin embargo, a pesar de que su uso no es unánime, la tendencia entre la comunidad científica es referirse a "El Niño" como la fase cálida del ENOS (o episodio cálido), con anomalías cálidas en la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico Tropical, en sus porciones central y oriental. Por consiguiente, "La Niña" es la fase fría del ENOS, y describe aquel periodo de anomalías frías en la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico Tropical, en sus porciones occidental y central.

EQUILIBRIO BIOLÓGICO. Estado en el que las poblaciones naturales mantienen su número de individuos mediante las fuerzas de predación (*i.e.*: productor (planta) comido por herbívoro (presa), éste comido por carnívoro (predador), éstos comidos por omnívoro (depredador), y así, sucesivamente)

EQUILIBRIO ECOLÓGICO. Sinónimo del anterior pero incluye también el reciclaje de los materiales en la biósfera mediante los ciclos biogeoquímicos manteniendo estabilidad sobre la Tierra; una característica esencial de la biosfera es que constituye un sistema abierto desde el punto de vista energético pero cerrado desde el punto de vista de los materiales, de ahí la necesidad de reciclarlos. (*Sinónimo:* Homeostasis).

EQUINOCCIOS: Los dos puntos en la esfera celeste donde el ecuador celeste corta a la eclíptica; también las horas en que el Sol cruza el ecuador en estos puntos. El equinoccio vernal es el punto donde el Sol cruza el ecuador de sur a norte y ocurre alrededor de 21 de marzo. La longitud celeste se calcula hacia el este desde el equinoccio vernal. El

equinoccio otoñal es el punto donde el Sol cruza el ecuador de norte a sur y ocurre alrededor del 23 de septiembre.

EQUINODERMO: Animal marino, la mayoría de vida libre, con esqueleto calcáreo y espinas. Su cuerpo está dividido por cinco radios, como estrellas y erizos de mar.

ESCALA: En Ecología de Paisajes es la dimensión temporal o espacial de un objeto o un proceso caracterizado por el tamaño de grano y la extensión (*sensu* Turner).

ESCALA ABSOLUTA: La distancia, dirección, forma y geometría reales del objeto o proceso dentro del paisaje.

ESCALA BEAUFORT: Escala de fuerza del viento, medida desde 0 (clama), hasta 12 (viento con fuerza de huracán).

Velocidad	Fuerza	Denominación	m/seg.	Nudos
0	Calma		Menos de 0,3	Menos de 1
1	Brisa leve		0,3 - 1,5	1 - 3
2	Brisa		1,6 - 3,3	4 - 6
3	Viento suave		3,4 - 5,4	7 - 10
4	Viento moderado		5,5 - 8,0	11 - 16
5	Viento regular		8,1 - 10,7	17 - 21
6	Viento fuerte		10,8 - 13,8	22 - 27
7	Viento muy fuerte		13,9 - 17,1	28 - 33
8	Temporal		17,2 - 20,7	34 - 40
9	Temporal fuerte		20,8 - 24,4	41 - 47
10	Temporal fortísimo		24,5 - 28,4	48 - 55
11	Temporal deshecho		28,5 - 33,5	56 - 65
12	Huracán más de		33,5	Sobre 65

ESCALA CARTOGRÁFICA: El grado de reducción espacial indicando la longitud utilizada para representar una unidad más larga de medida; es la relación de distancia en un mapa con la superficie terrestre real representada (*sensu* Turner).

ESCALA ESPACIAL: Término de referencia de extensión de un proceso en el paisaje. Puede ser nanómetros, milímetros, centímetros, metros cuadrados, hectáreas, kilómetros cuadrados.

ESCALA DE MAREA: Regla graduada en metros, decímetros y centímetros o también en pies y décimos de pies. Se coloca verticalmente próxima al mareógrafo y en ella se lee directamente la altura del nivel del mar. Durante el período de observación de la marea, las lecturas de la escala de marea y la posición de la pluma inscriptora, deben ser coincidentes en hora y altura.

ESCALA RELATIVA: Una transformación de la escala absoluta a una escala en la que se describe la distancia relativa entre las localidades, basadas en el esfuerzo requerido para que un organismo se mueva entre ellas.

ESCALA TEMPORAL: Término de referencia de duración de un proceso a lo largo del tiempo. Puede ser microsegundos, segundos, minutos, horas, días, años, décadas, siglos, milenios.

ESTUARIO O ESTERO: Área donde desemboca un río en el mar, formándose un valle en donde se mueve el agua de la marea.

EVAPORACIÓN: Vaporización de un líquido sin ebullición. Este proceso reviste singular trascendencia climática sobre los océanos, transfiriendo a la atmósfera cantidades ingentes de vapor de agua, es decir, el agua y la energía latente sustraída al líquido evaporante. A favor de la evaporación juegan aire seco a elevada temperatura, agua más cálida que aquél, viento y presión atmosférica baja.

EVAPOTRANSPIRACIÓN: Pérdida combinada de agua de un área. Transferencia de vapor de agua a la atmósfera por una superficie con vegetación, como resultado de la acción conjunta de evaporación directa y transpiración de las plantas.

EUTRÓFICO: Biotopo acuático o terrestre con un alto nivel en alimentos asimilables por los organismos que viven en él. Es lo contrario a oligotrófico. En la presente Tesis se enmarca dentro de la regionalización marina como el área oceánica donde la Producción primaria nueva (Pnueva) está por encima de $15 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$.

EUTROFIZACIÓN: En ecología se utiliza para designar un proceso de desajuste inducido por el hombre. El desecho de las aguas negras (materia orgánica, detergentes y fertilizantes inorgánicos) provoca el aumento espectacular de producción primaria, disminución en oxígeno y proliferación de malos olores. La eutrofización deteriora la calidad de las aguas y hace desaparecer las especies propias de aguas limpias, frías y oxigenadas. La eutrofización es un proceso natural en lagos y ríos, pero a un ritmo muy lento.

EXTRATROPICAL. Que se encuentra fuera de los trópicos de Cáncer y de Capricornio que conforman el cinturón tropical del planeta, llamado a veces la zona "tórrida".

F

FAUNA: Conjunto de todos los animales del planeta o en particular los de un medio o zona determinada.

FASE: Cualquier aspecto que se repita de un fenómeno periódico tal como: luna nueva, pleamar, mayor velocidad. etc. Determinado instante de una función periódica expresada en medidas angulares y considerada desde el momento de su valor máximo hasta cubrir un período completo de 360° . Los puntos de pleamar y bajamar de una componente armónica tienen como valor de fase 0° y 180° , respectivamente.

FITOPLANCTON: Vegetales, generalmente microscópicos, que se encuentran flotando en el seno de las aguas dulces o marinas.

FLUJOS DE ENERGÍA: Es la corriente de energía que necesita un ecosistema para funcionar en equilibrio. Esta energía se recibe a un nivel trófico determinado y procede de

otro nivel inferior, hasta llegar al nivel productor u organismo vegetal que toma la energía solar y reinicia el ciclo.

FORAMINÍFERO: Animal microscópico perteneciente a los protozoarios, que posee conchas o caparazones calcáreos o silicosos.

FOSA OCEÁNICA: Depresión del fondo marino, larga, angosta, característicamente muy profunda y asimétrica, con flancos relativamente escarpados.

FOTOPIGMENTO: Pigmento que absorbe las radiaciones luminosas.

FOTORRECEPTOR: Organoide que percibe la luz.

FOTOSÍNTESIS: Proceso de captación y utilización de la energía radiante del sol para convertirla en energía de enlace químico y hacerla aprovechable para los animales y el hombre (i.e.: organismos consumidores). Este proceso lo realizan las plantas verdes y las bacterias fotosintéticas y, entre otras cosas, sirve como sumidero de Carbono, fuente de oxígeno molecular que se libera a la atmósfera, y para la producción de azúcares que pasan a constituir la base de la cadena alimenticia.

FRENTE (ATMOSFÉRICO): 1.-La interfaz o zona de transición entre masas de aire de diferentes propiedades físicas (temperatura, humedad). 2.-Línea de intersección en la superficie, que separa dos masas de aire generalmente con la tierra.

FRENTE POLAR: Concepto enunciado por Jacob Bjerknes y Halvor Solberg en 1920, surgido en la búsqueda del origen y evolución de la borrasca hasta alcanzar su fase de madurez, así como los estadios posteriores. Los meteorólogos noruegos observaron la aparición de una nueva borrasca sobre el frente frío de la precedente, y ello les sugirió la idea del Frente Polar, al suponer que los frentes cálido y frío del ciclón extratropical no eran sino segmentos de una discontinuidad principal, entre el aire polar y tropical, el denominado Frente Polar, cuya inestabilidad, a través de sucesivas ondulaciones, daría nacimiento a las familias de borrascas.

FRENTE: La aportación más señera y valiosa de la Escuela de Bergen a la ciencia meteorológica es la descripción y representación de la imagen del ciclón extratropical o noruego, realizada por Jacob Bjerknes en 1919. Tras relacionar, certeramente, parámetros climáticos básicos y sistemas nubosos, dicho investigador llegó a la conclusión de que dos superficies de discontinuidad, es decir, un frente cálido anterior y un frente frío posterior estructuraban la borrasca. En efecto, las referidas superficies de discontinuidad llamadas, sucesivamente, líneas de turbonada, de convergencia o rumbo, acabaron por recibir la denominación de frentes, como resonancia y recuerdo de la guerra de trincheras que había caracterizado el primer conflicto mundial.

FRONTERAS HIDROLÓGICAS: Constituye el frente de contacto entre masas de agua diferentes (frente polar, convergencia subtropical, frente ecuatorial).

FUERZA DE FLUJO: La corriente de flujo en el instante de su máxima velocidad, usualmente asociado con la fase lunar de sicigia cercano a perigeo.

FUERZA DE LA CORRIENTE: Ver Intensidad de la Corriente.

FUERZA DE REFLUJO: La corriente de reflujo en el instante de su máxima velocidad, usualmente asociado con la fase lunar de sicigia cercano a perigeo.

FUERZA DEL VIENTO: Número en una escala de Beaufort correspondiente a los efectos producidos por vientos dentro de una gama de velocidad.

G

GEOGRAFÍA. Ciencia que estudia la superficie terrestre y sus fenómenos, diferencias locales, interrelaciones causales y sus típicos cambios temporales. La geografía moderna tiene como punto central el hombre en sus relaciones con espacios físicos; así tenemos divisiones y subdivisiones: geografía matemática, geografía física (climatología, geomorfología, oceanografía, y glaciología, e hidrografía continental), geografía orgánica o biogeografía, que estudia las poblaciones de animales y plantas, y la antropogeografía o geografía humana (geomedicina, demografía).

GRADO TRÓFICO. Medida del contenido en materias alimenticias existentes en un cuerpo de agua; aquí nace una escala aplicable a los cuerpos de agua dulce y en océanos:

1. Eutrófico
2. Mesotrófico
3. Oligotrófico

GOLPE DE MAR (MAREMOTO): Elevación del nivel del mar que da como resultado la inundación de áreas a lo largo de la costa. Estos fenómenos son causados por el movimiento de corrientes marinas y oceánicas, vientos y tormentas mayores.

GRADIENTE: Se entiende por gradiente la diferencia entre los registros de un elemento climático a la distancia espacial establecida. Sin que falten otros, los gradientes climáticos más usuales y difundidos atañen a presión atmosférica y temperatura. El gradiente horizontal de presión viene dado como la diferencia de presión por grado de meridiano o segmento de sesenta millas marinas, distancia medida sobre la perpendicular a las porciones infinitesimales de dos isobaras consecutivas, que, a dicho efecto, se consideran rectilíneas; se expresa, habitualmente, en mb. o hPa./111 Km. Existe también el llamado gradiente barométrico de altura, que mide los metros de ascenso hasta que la presión atmosférica se reduce 1 mm. Hg, es decir, 1,3 mb. o hPa. El gradiente horizontal de temperatura, particularmente importante para evaluar el desfase de aquélla entre tierras y mares, por la inercia térmica de las aguas marinas. Para el plano o vertical se manejan los conceptos de gradiente de estado medio, gradiente real, gradiente adiabático y gradiente pseudoadiabático.

GUANO: La acumulación de excrementos de pájaros colectado para usar como fertilizante.

H

HÁBITAT. Lugar que ocupa el organismo o la población. Es la suma total de las condiciones ambientales características de un sitio específico ocupado adecuado a las demandas de la población (e.g.: una playa, la corteza de un árbol, un río, la sangre de un mamífero, etc.).

HETERÓTROFO: (del griego *heteros* = otro, diferente, *trophe* = nutrición): Organismos que obtienen sus alimentos rompiendo moléculas orgánicas sintetizadas por otros organismos, incluyen a animales y hongos.

HUMEDAD ATMOSFÉRICA: El vapor de agua es incoloro y su densidad 5,8 veces superior a la del aire. Incorporado a la masa atmosférica por los procesos de evaporación y transpiración, el vapor de agua forma parte de la masa atmosférica con porcentajes superiores a 0 e inferiores a 5. Su presencia posee singular trascendencia meteorológica, y no solo porque a sus expensas se generan los distintos hidrometeoros, sino debido también a su excepcional protagonismo como regulador térmico, a causa de su extraordinaria capacidad tanto para absorber la radiación solar como para retener la reenviada por la superficie terrestre. Dicha función reducida al mínimo, por su ínfima presencia, en determinados desiertos subtropicales (Sahara, Arizona, entre otros), ocasiona temperaturas elevadísimas durante el día e intensos enfriamientos nocturnos, con brutales oscilaciones térmicas diarias, que exceden el medio centenar de grados centígrados. Por todo ello, la medida y estudio del vapor de agua reviste el mayor interés. Para dicho objetivo se emplean una serie de instrumentos (higrómetros, higrógrafos, termohigrógrafos, evaporímetros, psicrómetros) y manejan un conjunto de conceptos, tales como humedad absoluta, humedad específica, relación o proporción de mezcla, presión de vapor, humedad relativa, curva de saturación y punto de rocío.

HURACÁN: Son gigantescos torbellinos atmosféricos, con vientos de más de 117 km/h; se originan en las zonas de calma tropicales desde donde se desplazan en trayectorias a menudo caprichosas hacia latitudes superiores. En el Atlántico occidental y el Pacífico oriental se les denomina así a los ciclones.

I

ICTIOFAUNA: Parte de la zoología que estudia a la fauna ictícola (peces).

IMPACTO AMBIENTAL: Es la incidencia de la actividad humana en su entorno natural, en el ecosistema del que forma parte, y que puede resumirse en tres grandes sectores: cambios de uso del suelo, contaminación del suelo, agua y atmósfera y agotamiento de los recursos. Es un estudio previo al emprendimiento de una obra, actividad, etc.

ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN: Es un número que indica el comportamiento positivo o negativo de un parámetro (la lluvia), con base en datos estadísticos, el cual puede ser relacionado o comparado con otro parámetro afín. Durante «El Niño», para formular un pronóstico objetivo de lluvia, se debe correlacionar el Índice de Oscilación Austral (IOA) con el correspondiente Índice de Precipitación de cada localidad.

ÍNDICE DE SEQUÍAS: Valor computado que se relaciona con algunos de los efectos acumulados de una prolongada y anormal deficiencia de humedad.

INESTABILIDAD ATMOSFÉRICA: Situaciones originadas por mecanismos dinámicos o condicionamientos térmicos, en ocasiones combinados.

INSOLACIÓN: A despecho de las elevadísimas temperaturas que reinan en el interior de la Tierra, la contribución geotérmica a la temperatura del aire, dado que el roquedo es un pésimo conductor, resulta desdeñable. La gran fuente de energía calorífica es el sol. Y en relación con ello se maneja el concepto, a todas luces impropio, de constante solar, considerando como tal la radiación solar recibida en el límite de la atmósfera terrestre, a la distancia media entre el sol y la tierra, por una superficie perpendicular a los rayos solares (capa límite), cifrando aquélla en 2 Ly/min., es decir, 2 cal/cm²/min. Ni que decir tiene que la constante solar es inexistente, por cuanto la radiación solar antes de penetrar la atmósfera terrestre queda supeditada a la propia actividad solar y a la propia excentricidad de la órbita terrestre en torno al sol. Teóricamente, todos los puntos de la superficie terrestre cuentan con igual número de horas de sol (4.380 horas anuales), tanto en el ecuador (365/12) como en los polos (365/24). La realidad es bien distinta, con el condicionante de la nubosidad en primer término. A la hora de explicar los fuertes contrastes en las aportaciones de energía calorífica han de tenerse muy en cuenta, la cantidad de radiación por unidad de superficie y las pérdidas registradas al atravesar la masa atmosférica.

INTENSIDAD DE LA CORRIENTE: Es la velocidad máxima de la corriente en un momento considerado. A partir de la estoa anterior al flujo en la corriente de marea reversible, la velocidad aumenta gradualmente hasta la fuerza del flujo, disminuyendo luego hasta la otra estoa; después del cambio de dirección de la corriente, aumenta la velocidad hasta la fuerza del reflujó, disminuyendo luego hasta la estoa anterior al flujo. Suponiendo que la velocidad varía durante todo el ciclo, como las ordenadas en la curva del coseno, puede demostrarse que la velocidad media de un período completo de flujo y reflujó es igual a $\frac{2}{\pi}$ = 0,6366 de la velocidad de la fuerza correspondiente a la corriente.

INUNDACIÓN, CRECIDA O AVENIDA: Aumento significativo del nivel de agua de un curso de agua, lago reserva o región costera. La crecida es una inundación perjudicial de los bienes y terrenos utilizados por el hombre, que puede clasificarse en dos tipos: rápidas y lentas.

INUNDACIÓN: Desbordamiento de un curso fluvial motivado por el desarrollo de precipitaciones intensas, fusión rápida de nieve o rotura de embalses, por causa diversa. Las inundaciones de origen natural deben su génesis a lluvias abundantes originadas por ciclones tropicales, precipitaciones monzónicas o tormentas convectivas en el ámbito intertropical y a temporales de lluvia, de origen diverso, en latitudes medias.

INVERSIÓN TÉRMICA: Implica una alteración de la curva de estado, consistente en que aparece aire a más temperatura que el infrayacente, invirtiendo la secuencia normal de ésta con el ascenso. Son varias las modalidades y causas de las inversiones térmicas.

INVERTEBRADO: Animal que no presenta columna vertebral

IOA-SOI: Acrónimo de Índice de Oscilación Austral (IOA) o en inglés Southern Oscillation Index (SOI). Se define como la diferencia normalizada de la presión atmosférica a nivel del mar entre Tahití (Polinesia francesa) y Darwin (Australia), y es una medida de la fuerza de los vientos Alisios. La fuerza de estos vientos determina parcialmente el flujo de

zonas de alta a baja presión atmosférica, en regiones tan distantes como el hemisferio oriental y el occidental. Además, el IOA parece ser la señal más importante para la precipitación en Baja California. Un valor alto del IOA (gran diferencia de presión atmosférica) se asocia a vientos Alisios más fuertes que lo normal y a una condición "La Niña". Un valor bajo del IOA (diferencia de presión atmosférica pequeña) se asocia a vientos Alisios más débiles de lo normal y a condiciones "El Niño".

ISLA. Pedazo de tierra relativamente grande que se encuentra en los mares y océanos.

ISLA OCEÁNICA. Aquella constituida por corteza oceánica y que se ha formado por la sucesiva acumulación de material piroclástico que se va enfriando, solidificándose, hasta emerger sobre el nivel del agua (e.g.: Isla Guadalupe)

ISOBARA: Línea representada en una carta o mapa, que une los puntos en la superficie que tienen la misma presión barométrica durante un período de tiempo dado.

ISÓBATAS: Ver Veriles.

ISOHALINA: Línea que une puntos de igual salinidad.

ISOHIETA (ISOYETA): Línea en una carta o mapa, que une puntos que tienen la misma cantidad de precipitación para períodos de tiempo iguales.

ISOLINEAS: La cartografía de elementos meteorológicos y climáticos se sirve, como instrumento básico, de distintas isolíneas, construidas todas ellas a intervalos fijos. La más antigua es la isoterma.

ISOPICNA: Línea que une puntos de igual densidad. Diagrama T-S. Método gráfico para determinar la densidad a una determinada temperatura y salinidad.

ISOTERMA: Línea dibujada en una carta o mapa, que une puntos de igual temperatura del aire o del agua.

ISÓTOPOS RADIACTIVOS: Una de las varias formas posibles de un elemento químico cargado con radiactividad.

J

K

L

LAGUNA COSTERA: Cuerpo de agua protegido que tiene acceso limitado al mar. Depresión somera por debajo del nivel medio de marea alta conectada con el mar por uno o varios canales. Cubren del 10 al 15% de las costas del mundo y son comunes en planicies costeras de poca pendiente.

LA NIÑA: Períodos con temperatura superficial del mar anómalamente fría en el Océano Pacífico Ecuatorial, en sus porciones occidental y central, asociado a una inusual baja

presión atmosférica hacia el oeste (izquierda) de la línea internacional del tiempo, y una alta presión atmosférica al este de la línea. Esto provoca que los vientos Alisios sean más fuertes de lo normal. Los términos "El Viejo" y el "Anti-Niño" también se aplicaban a la fase fría del ENOS; sin embargo, se usan menos frecuentemente.

LARVA: Fase intermedia de desarrollo de muchos animales. Entre el momento que salen del huevo y su transformación en crisálida se diferencian del estado adulto por su forma o modo de vivir. Pueden tener su hábitat en el suelo, en el agua, adheridos a vegetales o animales en forma parásita o no. Este término se utiliza también en el caso de otros animales que pasan por transformaciones o estadios larvarios entre ellos los crustáceos como la langosta (*Panulirus argus*).

LIMNOLOGÍA. Ciencia que estudia las propiedades y el desarrollo de los cuerpos de agua dulce continentales, así como la cuota de organismos que viven en los lagos y lagunas, los ríos y los estuarios, los casquetes polares, hielos, lluvia y su acumulación en charcos temporales.

LÍNEA DE BAJAMAR: La intersección del plano de la bajamar de sicigias con perigeo con la playa.

LÍNEA DE PLAYA: Aquélla que de acuerdo con lo estipulado en el artículo 594 del Código Civil, señala el deslinde superior de la playa según hasta donde llegan las olas en las más altas mareas y, por lo tanto, sobrepasa tierra adentro a la línea de la pleamar máxima o línea de las más altas mareas.

LÍNEA DE PLEAMAR MÁXIMA: La intersección del plano de la pleamar máxima (mareas de sicigias en proximidades del perigeo lunar) con la costa.

LÍNEA DE PLEAMAR: La intersección del plano de las medias de las pleamares con la playa. Esta es la línea de la costa, indicada en las cartas náuticas y representa la unión de la tierra con el agua.

LÍNEA RIBEREÑA: Ver Línea de Pleamar.

LÍPIDO: Compuesto orgánico también denominado grasa.

LITORAL: Franja comprendida entre pleamar y bajamar cuya extensión depende de la amplitud de la marea o de su ausencia y de la conformación y topografía del terreno en dicha franja.

LONGITUD DE ONDA: Distancia entre dos crestas o dos senos consecutivos de una ola, una curva de marea, etc.

LL

M

MACROESCALA: Procesos o eventos a gran escala medidos en miles de kilómetros.

MANEJO AMBIENTAL: Planeación e implementación de funciones orientadas a mejorar la calidad de vida del ser humano. Movilización de recursos o empleo de medidas para controlar el uso, el mejoramiento o la conservación de recursos y servicios naturales y económicos, en forma que permita minimizar los conflictos originados por dicho uso.

MANGLAR: Área de la zona tropical inundada por las grandes mareas en donde se forman esteros, islas bajas y en donde la vegetación predominante son los mangles. Son ecosistemas neríticos típicos de las zonas tropicales y son importantes “constructores terrestres,” que contribuyen a la formación de costas extensas, al reducir el impacto de las mareas depositando barro y cieno para formar pantanos en donde podrán fijarse los organismos.

MAPA DE TIEMPO: Fuente de trabajo básica para la climatología y, en particular, de su rama sinóptica es la cartografía de los sistemas de presión a diferente altitud. Las primeras cartografías meteorológicas se elaboraron en los primeros decenios siglo XIX por Brandes (1820), Redfield (1825), Henry (1849) y Le Verrier (1854), pero será en la segunda mitad de dicho siglo cuando la edición regular de mapas del tiempo (boletines diarios) alcance difusión merced a la publicación de boletines a cargo de las instituciones meteorológicas nacionales y su inclusión en algunos periódicos de prestigio. El boletín se completa con la hoja de datos analíticos que incluye valores de los registros térmicos (máxima y mínima), precipitaciones acumuladas y horas de sol de las estaciones de primer orden tuteladas por el Instituto Nacional de Meteorología. La proyección de representación cartográfica es la estereográfica polar con mapas a escala 1: 40.000.000.

MAR DE LEVA (SWELL): Movimiento regular y ondulante de la superficie del mar, que no llega a romper en olas. Puede obedecer a alguna perturbación producida a gran distancia y su formación a veces prosigue una vez cesada aquella causa. El mar de levass o marea de tempestad es el resultado de grandes vientos y presiones atmosféricas bajas; algunas veces llamadas mareas de tormenta, olas de tormenta, olas de marea (esta última denominación designa las olas originadas por las mareas lunares o solares, al igual que las mareas ordinarias. Se suele aplicar erróneamente a los tsunamis). Generalmente afecta solo áreas costeras, pero puede incluir algunas distancias tierra adentro.

MAR TERRITORIAL: Mar considerado como una ampliación del continente, en el que los países tienen el derecho sobre la navegación y explotación de los recursos. Franja de mar adyacente al territorio o aguas interiores del estado ribereño que ejerce su soberanía nacional (aguas superficiales, lecho y subsuelo) con la única limitación del llamado “derecho de paso inocente” de los buques que enarbolan el pabellón de otros estados. Su extensión comprende hasta 12 millas máximo, contadas a partir de las líneas de base, normal o rectas.

MAR: Cualquiera de las pequeñas divisiones de los océanos, especialmente si se hallan encajonados entre tierras; ejemplo: mar Mediterráneo, mar del Norte. Se aplica también por extensión este nombre a la gran masa de agua salada que cubre parte de la superficie terrestre.

MAREA ECUATORIAL: Tienen lugar semimensualmente cuando la Luna está sobre el ecuador. En ese momento es mínima la tendencia de la Luna a producir una desigualdad diurna de la marea.

MAREA EQUINOCCIAL: Se produce cuando el Sol está en los equinoccios.

MAREA ORDINARIA: Es la marea normal de un lugar, es decir, la marea más frecuente. Desechando, naturalmente, lo extraordinario o lo menos frecuente.

MAREA ROJA: Concentración de organismos acuáticos microscópicos, generalmente dinoflagelados, que le dan al agua una coloración roja o pardo rojiza.

MAREA: El ascenso y descenso rítmico y alternado de la superficie del océano (o nivel del agua) y de los cuerpos de agua conectados con el océano, tales como: estuarios, golfos y canales, que ocurren dos veces al día sobre la mayor parte de la Tierra y que resultan de la atracción gravitacional de la Luna y en menor grado de la del Sol, actuando desigualmente sobre partes diferentes de la Tierra en rotación.

MAREAS TRÓPICAS O TROPICALES: Son aquéllas que ocurren en las épocas de máxima declinación norte o sur de la Luna y se caracterizan por un notable aumento en la desigualdad diurna. Este efecto se produce uno o dos días después de la fecha de la máxima declinación de la Luna, retardo que se conoce con el nombre de edad de la desigualdad diurna.

MAREJADA: Ola larga ocasionada generalmente por una tormenta lejana; tienen por lo común varios centenares de metros de longitud.

MAREMOTO (TSUNAMI): Una serie de ondas, cuyos período y longitud de onda son muy grandes, generadas por perturbaciones asociadas con sismos que ocurren bajo o cerca del piso oceánico. Una onda oceánica producida por un sismo, derrumbe o erupción volcánica submarinos. Estas ondas pueden alcanzar propiedades enormes y tienen la energía suficiente para viajar a través de océanos completos. Se comportan como ondas gravitatorias ordinarias con un período que oscila entre 15 y 60 minutos. Las ondas de maremoto se hacen más escarpadas y aumentan en altura al aproximarse a aguas someras, inundando áreas de poca altura y en aquellos lugares donde la topografía submarina provoca que se hagan aún más escarpadas, las ondas pueden romper y causar enormes daños.

MAREOGRAFO: Instrumento para registrar y medir oscilaciones del nivel del mar. Los hay de distintos tipos: presión de gas, flotador, electrónica y acústica.

MAREOGRAMA: Gráfica de la variación de la marea registrada por un mareógrafo.

MARISMA: Formación intermareal compuesta por sedimentos muy finos (limos y coloides) de origen marino y fluvio-marino, es inundable por la marea y parcialmente cubierta por la vegetación, se localizan en los bordes de costas bajas y planas, en una bahía, o en un estuario.

MASA DE AGUA: Cuerpo de agua del mar caracterizado por su salinidad y su temperatura. Un gran volumen de agua que puede ser reconocida por tener un área de origen común. Pueden formarse por interacciones entre aire y mar o, por mezcla de dos o más cuerpos de agua. Una masa de agua se caracteriza en un diagrama T-S por un grupo de valores que pueden unirse en una línea curva o recta. Una vez formadas, las masas de agua se hunden a una profundidad determinada según su densidad relativa a las aguas de más arriba y más abajo de ellas en la columna vertical.

MASAS DE AIRE: Expresión acuñada en los años veinte en el seno de la Escuela de Meteorología de Bergen para designar a una porción o volumen de aire que ocupa un territorio extenso, con gran homogeneidad en sus rasgos térmicos e higrométricos en origen y capacidad para modificar los caracteres del tiempo atmosférico de las regiones que interesa.

MEDIDOR DE PRECIPITACIÓN: Término general para cualquier aparato que mide la cantidad de precipitación, principalmente un pluviómetro o un nivómetro.

MES NÓDICO: Período de la revolución de la Luna alrededor de la Tierra con respecto al nodo ascendente de la Luna. Tiene aproximadamente una duración de 27,21222 días.

MES SIDERAL: Período medio de la revolución de la Luna alrededor de la Tierra con respecto a una estrella fija. Tiene aproximadamente una duración de 27,321661 días.

MES SINÓDICO: Período medio de la revolución de la Luna alrededor de la Tierra con respecto al Sol, o el intervalo medio entre las fases correspondientes de la Luna. Tiene aproximadamente una duración de 29,530588 días.

MES TRÓPICO: Período medio de la revolución de la Luna alrededor de la Tierra con respecto al equinoccio vernal. Su duración es aproximadamente de 27,321582 días.

MESOESCALA: Procesos o eventos de media escala medidos en 10 o cientos de kilómetros para procesos oceanográficos y climáticos.

MESOPELÁGICO: Porción de la provincia oceánica que se extiende entre los 200 metros y los 1 000 metros de profundidad.

MESOTRÓFICO: Biotopo acuático o terrestre con un nivel intermedio en alimentos asimilables por los organismos que viven en él. Es un término medio entre oligotrófico y eutrófico. En la presente Tesis se enmarca dentro de la regionalización marina como el área oceánica donde la Producción primaria nueva (Pnueva) está entre $5 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ y $14.9 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$.

METABOLISMO: Conjunto de reacciones químicas que se desarrolla en los seres vivos durante sus funciones. Comprende la fase de construcción de materia orgánica o anabolismo y la destrucción o catabolismo.

METEOROLOGÍA: En su acepción más sencilla Meteorología es la ciencia que trata de los meteoros, vocablo éste de etimología griega (metewroV) que significa, literalmente, alto o elevado en el aire.

MICROESCALA: Procesos o eventos a una escala pequeña medidos en kilómetros para los estudios de oceanografía o climatología.

MICROZONIFICACIÓN: Subdivisión de una región en áreas donde pueden esperarse efectos similares causados por un mismo peligro. La microzonificación es la cartografía a gran escala (orden de magnitud de 1/5000 a 1/10000) de una amenaza sísmica local.

MILLA NÁUTICA (INTERNACIONAL): Unidad de distancia que, a partir del año 1730, quedó definida como la longitud equivalente a la extensión del arco de un minuto de meridiano. En el año 1929, durante la conferencia Hidrográfica Internacional, se adoptó que el largo de una milla náutica es igual a 1.852 metros o 6.076,103 pies o 1.151 millas terrestres.

MITIGACIÓN: el propósito de la mitigación es la reducción de la vulnerabilidad, es decir la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes.

MODIS: De sus siglas en inglés (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Es un instrumento sobre dos satélites que circundan la tierra, el Terra y el Aqua. Es un sensor de tipo Espectroradiómetro Experimental lanzado en el 2001. Su objetivo es entender las interacciones entre el océano, atmósfera, la tierra y la biosfera mediante las mediciones de la luz provenientes de la superficie de la tierra en diferentes longitudes de ondas. El sensor MODIS puede medir hasta 36 longitudes de ondas diferentes en el visible e infrarrojo. El nombre de Resolución moderada indica que cada píxel de las imágenes tomadas en el océano tiene una resolución espacial de 1km cuadrado. Sin embargo en tierra la calidad de las imágenes puede tener una resolución espacial de hasta 250 m.

MOLUSCOS: Grupo de animales de cuerpo no segmentado y generalmente protegido por una concha calcárea, con cabeza y pie muscular; comprende a los ostiones, caracoles, pulpos, etcétera.

MONZÓN O MONZONES: Monzón, significa en árabe (mausim) “estación”, y con este término los navegantes del Índico aludían a la gigantesca inversión de vientos que, con carácter estacional, tiene lugar en dicho océano, base para la navegación entre las costas de África y la India: en verano rumbo hacia el noreste (monzón de verano o monzón de las lluvias) y en invierno hacia el suroeste (monzón de invierno o monzón seco). El trabajo clásico de Chromow sobre el monzón (1950), identificaba como áreas monzónicas aquellas en las que la dirección del viento en superficie experimenta un cambio de rumbo de, al menos, 120° en el transcurso de las estaciones del año. Así, se habla de circulaciones monzónicas para el sur y sudeste de Asia, sur del archipiélago nipón, entorno del Golfo de Guinea y norte de Australia. La causa última de la estacionalidad monzónica, radica, según Webster, en los procesos de reajuste de energía calorífica que se producen a lo largo del año entre Océano Índico y continente asiático.

MORFOLOGÍA COSTERA: Estudios basados en la forma y configuración de las costas.

MUNICIPIO: Entidad local básica de la organización territorial del estado. Institución política representativa dotada de autonomía para la gestión de los intereses de la colectividad correspondiente y, en consecuencia, de personalidad jurídica y plena capacidad para el desempeño de sus funciones. La atribución de sus competencias municipales emana de la legislación del estado y de las comunidades autónomas.

N

NECTON: Animales nadadores de la zona pelágica del mar o de los lagos.

NITRATOS y NITRITOS: Los iones nitrato (NO_3) y nitrito (NO_2) son iones inorgánicos de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno (N). En este ciclo los desechos que

contienen nitrógeno orgánico se descomponen en el suelo o el agua, por acción de microorganismos, para formar amoníaco en primera instancia. Posteriormente éste se oxida para formar iones nitrito y éstos, a su vez, para dar nitratos. Presentes en el agua de mar fundamentalmente en las zonas de surgencia con otros nutrientes, los nitratos son un elemento básico para el crecimiento de la célula fitoplanctónica medida a través de la producción primaria nueva (Pnueva).

NITRÓGENO: El nitrógeno es un elemento químico, de número atómico 7, símbolo N y que en condiciones normales forma un gas diatómico (nitrógeno diatómico o molecular) que constituye del orden del 78% del aire atmosférico. El ciclo de este elemento es bastante más complejo que el carbono, dado que está presente en la atmósfera no sólo como N_2 (78%) sino también en una gran diversidad de compuestos. Se puede encontrar principalmente como N_2O , NO y NO_2 , los llamados NO_x . También forma otras combinaciones con oxígeno tales como N_2O_3 y N_2O_5 (anhídridos), "precursores" de los ácidos nitroso y nítrico. Con hidrógeno forma amoníaco (NH_3), compuesto gaseoso en condiciones normales.

NIVEL MEDIO DEL MAR: Como su nombre lo indica es el nivel promedio de los movimientos del nivel del mar. Su expresión física sería la del plano que adoptarían las aguas en reposo, depurada la acción de la marea. Coincide muy aproximadamente con el geoide. Aunque parece muy simple, no es fácil obtener un valor preciso del N.M.M. puesto que el nivel real del agua está variando constantemente. Existen variaciones de corto período causadas por condiciones atmosféricas y de mar (marejadas anormales, mar de fondo); de período medio (variaciones estacionales de la presión y del viento atmosférico) y de largo período, que pueden tomar décadas y aun siglos. La excelencia del N.M.M. dependerá, entonces, de la longitud del período de observación tomado para determinarlo. El período ideal es de 18,6 años, que corresponde a un ciclo del nodo lunar, en el cual se cumplen todas las posiciones relativas de la Luna y del Sol respecto de la Tierra. La obtención del N.M.M. mediante análisis no-armónico se hace promediando todas las alturas horarias de la marea, sobre todo el período de observación. Este nivel se ha adoptado como plan fundamental o de origen de las nivelaciones geodésicas y desde el cual se cuentan las alturas topográficas.

NIVEL TRÓFICO. Compartimento que agrupa organismos que se alimentan de manera similar. Los del nivel productor son todos autótrofos; de los productores o heterótrofos; se distingue el nivel consumidor I (herbívoro, presa) el nivel consumidor II (carnívoro, predador), el nivel consumidor III (carnívoro, depredador), el nivel consumidor IV (detritívoro, carroñero) y el nivel descomponedor.

NORTE: El norte o norther es un viento regional frío que sopla, durante el invierno, en el Golfo de México, cuando tienen lugar invasiones de aire polar continental procedente de las tierras septentrionales de Estados Unidos y Canadá.

NUBES: La aparición de nubes supone la transformación en agua o hielo de vapor de agua; hay, en efecto, nubes de agua líquida, de hielo y también de carácter mixto. Esta diversidad de estados se corresponde con la de sus procesos causantes, es decir, condensación, sublimación y congelación. El método taxonómico que se utiliza es la propuesta de Ralph Abercromby y H. Hildebrand Hildebrandsson, adoptada en 1896 por la Organización Meteorológica Internacional. Se identifican cuatro tipos morfológicos y seis combinaciones entre ellos; en total, diez, agrupados, atendida la altitud basal de las nubes, en cuatro familias. Los cuatro tipos morfológicos básicos son: Cirrus (nubes

deshilachadas, filamentosas, fibrosas, blanquísimas, sin sombra); Stratus (nubes sin formas diferenciadas, en estrato, capa o velo); Cumulus (nubes de cimas redondeadas y globulares, bien recortadas, con sombras) y Nimbus (nubes sombrías y amorfas, con precipitaciones). Mediante la adscripción a familias, se diferencian cuatro grupos, es decir, nubes altas, nubes medias, nubes bajas y nubes de desarrollo vertical. Formas, dimensiones y configuración general permiten distinguir especies; así, en el caso del género Cumulus, se diferencian Cumulus humilis, Cumulus mediocris, Cumulus congestus, Cumulus calvus, Cumulus capillatus, etc. Aspectos más detallados de formas, apéndices o modos en que interceptan o permiten el paso de la radiación luminosa, permiten establecer las variedades. Especial mención ha de hacerse de nubes asociadas a accidentes orográficos, denominadas banderas, capuchones, monteras o tocas, en cuyo desarrollo colaboran eficazmente las brisas de valle diurnas, que las adosa a dichos relieves, mientras las separan o disocian de los mismos las descendentes, en especial las que soplan al amanecer.

NUDO: Unidad de velocidad equivalente a una milla náutica por hora, es decir, 1.852 metros por hora (6.076,1 pies p/h) o 0,5144 metros por segundo (1.688 pies por segundo). Para convertir centímetros por segundo en nudos se aplica el factor 0,0194. Un nudo equivale a 0,515 m/seg.

NUTRIENTE. Sustancia necesaria para el crecimiento y desarrollo normal de un organismo. Estos elementos nutritivos, o nutrimentos, circulan por la biósfera en ciclos bioquímicos, por lo cual se designan también como ciclos nutritivos. Los nutrientes se clasifican en macronutrientes (C, H₂, O₂, K, Ca, Mg, S, P) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Bo, Na, Zn, Mb, Cl, Va, Co).

O

OCÉANO. Masa de agua salada separada por continentes.

OCEANOGRAFÍA. Ciencia que estudia los mares y sus características físicas, químicas y biológicas; así, estudia la división horizontal y vertical de las aguas, los movimientos marinos, las propiedades del mar y la vida dentro de él.

OLAS. Formación de irregularidades ondulantes en la interfaz agua-aire, formadas por el viento a una velocidad entre 45 y 90 cm/s (umbrales inferior y superior). Las olas pueden ser superficiales y profundas, largas y cortas, forzadas y libres (marejadas). Todas son producidas por el viento; las olas originan en el agua tan solo un movimiento vertical de las partículas, que no avanzan teóricamente ni un solo centímetro; la altura de una ola es mayor cuando es mayor la distancia que la separa de la precedente.

OLA DE CALOR: Tipo de tiempo caracterizado por la súbita elevación de los registros térmicos, que tornan extremos en las máximas. Aunque la expresión ha hecho fortuna entre el gran público, resulta más apropiado el término advecciones de aire cálido, o golpes de calor, alusivas a la causa genética que las origina y la corta duración que suelen tener. Golpes de calor tienen por causa la llegada de aire tropical y, en puridad, de la masa de aire tropical continental a latitudes superiores a las de su manantial y aunque se desarrollan, preferentemente en verano, estación en la que los valores de temperatura máxima se disparan, en latitudes medias, por encima de los 30°, alcanzan e, incluso,

rebasan los 40° C, advecciones de aire tropical pueden causar elevación súbita de registros térmicos en cualquier época del año.

OLA DE FRIO: Tipo de tiempo caracterizado por el ambiente helador, con registros térmicos exigüos que puede acompañarse, en ocasiones, de nevadas copiosas. Con mayor precisión debe hablarse de advecciones de masas de aire frías o muy frías, puesto que este es el mecanismo meteorológico que las genera. En el hemisferio norte, las olas de frío tienen su época principal de riesgo entre mediados de los meses de noviembre y marzo, con ápice en enero-febrero, intervalo en el que masas polares y árticas alcanzan valores térmicos mínimos en sus manantiales que mantienen, en gran medida, en su desplazamiento hacia latitudes templadas. Las advecciones frías, afectan a un amplio territorio, el que queda bajo los efectos de las vaguadas instaladas en las capas altas de la troposfera y ocasionan graves daños en la actividad agraria al provocar las bajísimas temperaturas destrozando en cultivos de temporada por congelación.

OLEAJE: Término que se aplica al movimiento de las olas de viento y de marea. Oscilación vertical del agua durante un período relativamente corto y de gran velocidad relativa.

OLIGOTRÓFICO: Biotopo acuático o terrestre muy pobre en alimentos asimilables por los organismos que viven en él. Es el término opuesto a eutrófico. En la presente Tesis se enmarca dentro de la regionalización marina como el área oceánica donde la Producción primaria nueva (Pnueva) es menor a $4.9 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$.

ONDA DE MAR: Movimiento oscilatorio en una extensión de agua que se manifiesta por una subida y bajada alterna de la superficie.

ONDA DE MAREA: Abrupto incremento de la marea (causada por actividades atmosféricas) que se mueve rápidamente tierra adentro, desde la boca del estuario. Onda de larga duración que tiene su origen en la fuerza productora de la marea y la cual se manifiesta en la subida y bajada de ésta. Cuando el agua alcanza su altura máxima se la llama pleamar y la altura mínima equivale a la bajamar. El período de una onda de marea es el tiempo transcurrido entre dos pleamares sucesivas.

ONDAS DE ROSSBY: A finales de los años treinta del siglo veinte, el meteorólogo sueco, afincado en los Estados Unidos, Carl-Gustaf Rossby señaló la existencia de unos patrones de movimiento en la circulación atmosférica de altitud en la zona de circulación del oeste, que denominó "ondas largas" u "ondas de Rossby", confirmadas, con posterioridad, por las observaciones aerológicas y los experimentos hidrodinámicos realizados con un disco giratorio calentado en sus bordes por Fultz, en 1949. Se trata de un patrón de comportamiento de la circulación del oeste, cuyo funcionamiento depende del valor del índice zonal (o número de Rossby) de dichas corrientes. El comportamiento de las ondas de Rossby es decisivo para la circulación de altitud en latitudes medias y altas; y lo que es más importante, hoy se sabe que la localización y amplitud de determinadas configuraciones de superficie, en latitudes medias y altas, están regidas por las ondas de Rossby.

ONDAS DEL ESTE: En el seno del flujo de los alisios se desarrollan, en determinadas condiciones atmosféricas, perturbaciones que, apenas perceptibles en los análisis de superficie, adoptan la forma de vaguadas abiertas al ecuador, de escasa amplitud, y se

acompañan de tiempo lluvioso. Se trata de ondas formadas sobre las superficies oceánicas (Atlántico, Pacífico e Indico) que se desplazan de este a oeste (de ahí su nombre), con velocidad media de 20 Km/h. y unas dimensiones de hasta 500 Km de longitud. Su origen se relaciona con modificaciones momentáneas de velocidad y dirección que tienen lugar en el seno de los vientos alisios que circulan por el sector a menor latitud (10-15°) de las altas subtropicales, donde la intensidad de la subsidencia es menor.

ONDAS DEL OESTE: Las ondas del oeste (westerly-waves) son perturbaciones atmosféricas que afectan el ámbito intertropical y provocan mal tiempo con aguaceros copiosos. Se originan por instalación de una vaguada de aire frío en niveles superiores, que se propagan de oeste a este, de ahí su nombre; ello origina fuerte inestabilidad atmosférica, acusada exageración de gradiente térmico estático en la vertical y la presencia adicional de un mecanismo de divergencia por difluencia en altitud.

ONDAS METEOROLÓGICAS: Términos armónicos obtenidos del desarrollo de la fuerza productora del Sol y la Luna y que tienen su origen en cambios estacionales de temperatura, presión atmosférica, etc. Las principales son: Sa, Ssa y S1.

ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO: Política que se ocupa de la presencia, distribución y disposición en el territorio de aquellos hechos a los que se confiere la capacidad de condicionar o influir en el desarrollo y bienestar de sus habitantes.

ORDENAMIENTO RURAL: Disposición adecuada de los usos y los elementos constituyentes de los espacios de funcionalidad predominantemente agraria, o conformados como tales, en etapas en que prevalecía dicha orientación.

ORDENAMIENTO URBANA: Voluntad y acción de disponer adecuadamente los diversos componentes físicos y funcionales que forman el hecho humano. Prácticamente es sinónimo de "urbanismo".

ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL: Organismo intergubernamental que, en el seno de la ONU, está encargado de potenciar y difundir la investigación y conocimientos del estado y comportamiento de la atmósfera y el clima terrestre.

ORGANIZACIÓN TERRITORIAL: División del espacio correspondiente a un ente político diferenciado en entes menores a los que también se atribuye territorios propios. En el caso del estado español se organiza territorialmente en comunidades autónomas, provincias y municipios.

OSCILACIÓN DECADAL DEL PACÍFICO: Ver PDO.

OZONO: Gas derivado del oxígeno que se encuentra en la zona superior de la atmósfera. Variedad alotrópica del oxígeno, de fórmula O₃, que forma parte del aire. En cantidad suficiente, posee color azul, fuerte olor, poder oxidante muy superior al del oxígeno y una gran capacidad de absorción de la radiación ultravioleta.

P

PACÍFICO ECUATORIAL: Franja del Océano Pacífico a lo largo del Ecuador, comprendida entre la costa de América y la costa sur de Asia. También se denomina Pacífico Tropical porque los trópicos de Cáncer y de Capricornio acotan esta franja oceánica en los hemisferios norte y sur, respectivamente.

PACÍFICO OCCIDENTAL: Porción del Océano Pacífico próxima a la costa del continente asiático. Se localiza al este del Pacífico.

PACÍFICO ORIENTAL: Porción del Océano Pacífico próxima a la costa del continente americano. Se localiza entonces al oeste del Pacífico.

PAISAJE: Aspecto o forma del territorio tal como es visualmente percibido y estéticamente valorado, en conjunto y a una distancia que permita, simultáneamente, la apreciación panorámica y la percepción de detalles que componen la estructura de la imagen, la cual varía según su complejidad y textura.

PALEOCLIMÁTICO: Descripción del clima en el pasado geológico.

PALEOGEOGRÁFICO: Descripción de la Tierra en el pasado geológico.

PARADIGMA: Acuñado por Kuhn en 1972. Se refiere a la visión mundial compartida en una disciplina científica o las creencias, como valores y técnicas utilizadas por una comunidad, tomadas como verdades incuestionables.

PDO (Oscilación Decadal del Pacífico, por sus siglas en inglés): Definido por N.J. Mantua y colaboradores en 1997 como la primera componente principal de la variabilidad mensual de la temperatura superficial del mar (TSM), la presión atmosférica a nivel del mar y el viento superficial del pacífico N y al igual que el ENOS ejerce una influencia en diferentes variables oceanográficas y atmosféricas. Sin embargo, la diferencia entre ambas oscilaciones es su escala de tiempo. Mientras que el ENOS tiende a persistir en el orden de un año, la PDO lo hace en cerca de 30 años.

PELÁGICO: Zona oceánica que comprende la altamar de una cuenca oceánica; subdividida en zona nerítica y zona oceánica.

PERIGEO: Punto de la órbita de la Luna que está más próximo a la Tierra.

PERIHELIO: Punto más cercano al Sol en la órbita de la Tierra u otro planeta.

PERIODO DE SEQUÍA (PERIODO SECO): Periodo de tiempo anormalmente seco. El uso de este término se debe dejar para el caso de condiciones menos severas que las de sequías.

PERÍODO: Tiempo necesario para completar un ciclo, tal como el movimiento de revolución de un cuerpo celeste. También es el tiempo transcurrido entre la producción de dos fenómenos consecutivos, tales como dos fases de marea o corriente. Un período puede expresarse en medidas angulares y en tal caso vale 360°. El término también puede expresarse como duración de tiempo determinado.

PERCEPCIÓN REMOTA: Describe el estudio de un objeto sin tener un contacto físico con él. Mediciones de las propiedades físicas de un objeto realizadas a distancia. La tecnología satelital es un ejemplo de percepción remota, dado que los sensores transportados en los satélites están diseñados para estudiar la energía reflejada y emitida por la superficie terrestre.

PERTURBACIÓN TROPICAL: Ver “ciclón tropical”.

PESQUERÍAS ARTESANALES: Pesquerías de subsistencia local para el sostenimiento de la familia o vender. Usualmente usan botes pequeños y de bajo nivel de tecnología. El opuesto es Pesquerías Comerciales de gran escala.

PICNOCLINA: Gradiente fuerte o discontinuidad de densidad de una masa de fluidos a otra.

PIGMENTO: Sustancia colorante. En los seres vivos se puede encontrar disuelto o formando organoides en sus células.

PINÍPEDO: Mamífero carnívoro de vida acuática, como las focas y los manatíes.

PISCICULTURA: Técnica para manejar e incrementar la reproducción de los peces. Procedimiento para la repoblación con peces de los ríos, lagos y estanques.

PLAN NACIONAL DE ORDENACIÓN (anteriormente Plan Nacional de Ordenación Urbanística): Plan propuesto en la Ley del Suelo de 1956 y en las versiones sucesivas de esta norma estatal, salvo en la de 1996, pero que nunca se ha redactado, cuya finalidad era la ordenación de todo el ámbito territorial español.

PLANCTON: Organismos pequeños que se encuentran flotando en la región superficial de las aguas dulces y marinas. Pueden presentar movimientos de desplazamiento. Se dividen en fitoplancton y zooplancton.

PLANEAMIENTO DE DESARROLLO: Conjunto de figuras de ordenación establecidas en la legislación urbanística para ampliar, detallar o ajustar las determinaciones del planeamiento general. Son considerados como tales el plan parcial, el programa de actuación urbanística, el estudio de detalle y los planes especiales.

PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO: Método de planificación que selecciona propuestas consideradas desencadenantes para la consecución de objetivos o beneficios generales. Esta figura pretende la consecución de objetivos tales como provocar un proceso de valoración económica o social respecto a un ámbito degradado o poco atractivo, eliminar un obstáculo físico, crear una tendencia de ocupación o de crecimiento urbano, a través de un tipo y método de planificación que pone especial atención en la participación pública para la selección de actuaciones.

PLANEAMIENTO GENERAL: Denominación genérica aplicada a los instrumentos destinados a establecer la ordenación integral del ámbito municipal, previendo la evaluación a medio y largo plazo de todo el término municipal mediante su planificación urbana, el establecimiento de los medios necesarios para su ejecución, la definición del contenido de la propiedad, la programación temporal de sus acciones y su evaluación

económica. Los instrumentos que engloba esta denominación son el plan general municipal (para municipios de mayor complejidad urbana y territorial, mayor tamaño poblacional o por un más amplia capacidad de gestión de aparato administrativo local) y las normas subsidiarias municipales.

PLANEAMIENTO TERRITORIAL: Expresión prácticamente sinónima de ordenación del territorio y que está referida, por tanto, a ámbitos supramunicipales. La legislación del suelo española lo define como el Plan Nacional de Ordenación y el Plan Director Territorial de Coordinación (PDTC). El planeamiento territorial, con la entrada de las competencias a las distintas comunidades autónomas españolas, ha pasado a denominarse de distinta forma, entre las que destacan: directrices de ordenación territorial, plan territorial general, plan territorial parcial, plan insular, plan con incidencia territorial.

PLANEAMIENTO URBANÍSTICO: Ordenación o planificación del suelo a escala local. Acción de prever la evolución deseada para el territorio en relación al proceso de urbanización. Conjunto de instrumentos de planificación a dicha escala.

PLANIFICACIÓN FÍSICA: Acto de prever y realizar conforme a planes el orden físico, espacial o territorial de un ámbito determinado. Este concepto, que se estima como de gran valor aunque de escasa utilización, surge como complementario al de planificación económica, más asentado y admitido en general.

PLANIFICACIÓN SECTORIAL: Tipo de acción planificadora o conjunto de planes dedicados a prever y hacer posible la evolución deseada para una determinada actividad. En relación a la planificación pública se entienden como tales los planes dedicados a carreteras, recursos hídricos, ferrocarril, energía, sanidad, educación o cualquiera de los departamentos en que está dividida o subdividida una administración de estructura preferentemente sectorial o vertical.

PLANIFICACIÓN: Acción humana de prever a corto, medio o largo plazo la evolución de una variable sujeta a procesos complejos o a una componente compleja de la realidad natural, económica o social.

PLATAFORMA CONTINENTAL: Comprende el lecho y el subsuelo de las áreas submarinas que se extienden más allá del mar territorial ya todo lo largo de la prolongación natural del territorio hasta el borde exterior del margen continental, o bien, hasta una distancia de 200 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial, en los casos en que el borde exterior del margen continental no llegue a esa distancia.

PLAYA: Acumulación litoral de sedimentos libres formados por arenas, gravas y cantos en superficie casi plana y con poco declive, como consecuencia de la acción del oleaje y del flujo y reflujo de las mareas. También se aplica a las acumulaciones arenosas en la ribera de los ríos y lagos. Los orígenes normales de dichos sedimentos son las corrientes marinas y fluviales, los acantilados en fase de retroceso, los restos de conchas marinas y corales, los transportes eólicos y los vertidos artificiales.

PLEAMAR MÁS ALTA O SUPERIOR: La más alta de dos pleamares en cualquier día de marea. Se considera como pleamar superior, la pleamar única que tiene lugar diariamente durante los períodos de marea diurna.

PLEAMAR MÁS BAJA O INFERIOR: La más baja de dos pleamares de un mismo día.

PLEAMAR MEDIA DE CUADRATURA: Valor medio de las pleamares de cuadraturas deducidos de una larga serie de observaciones.

PLEAMAR MEDIA DE SICIGIAS: Valor medio de las pleamares de sicigias deducido de una larga serie de observaciones.

PLEAMAR MEDIA SUPERIOR: Altura promedio de las pleamares superiores durante un período de 19 años. Para períodos más cortos de observaciones, se aplican correcciones para eliminar las variaciones conocidas y reducir el resultado al equivalente de un valor medio de 19 años.

PLEAMAR MEDIA: Altura media de las pleamares durante un período de 19 años. Para períodos más cortos de observaciones, se aplican correcciones para eliminar las variaciones conocidas y reducir el resultado al equivalente de un valor medio de 19 años. Todas las alturas de la pleamar se incluyen en el promedio donde el tipo de marea es semidiurno o diurno. Determinada en esta forma la pleamar media en este último caso es o mismo que la pleamar media superior.

PLEAMAR: Nivel máximo alcanzado por una marea creciente. Este nivel puede ser efecto exclusivo de mareas periódicas o pueden sumarse a éstas los efectos de condiciones meteorológicas prevalecientes.

PLUVIÓMETRO: Ver “medidor de precipitación”.

POLIQUETO: Animal del grupo de los anélidos, con su cuerpo anillado cubierto por gran cantidad de cerdas llamadas quetas. La mayoría marinos, puede vivir fijo o reptar.

POLUCIÓN (CONTAMINACIÓN): Polución (del inglés Pollution). Degradación de uno o más elementos o aspectos del medio ambiente, debido a desperdicios industriales, químicos o biológicos nocivos, provenientes de desechos de productos hechos por el hombre y por el mal manejo de los recursos naturales y ambientales.

PRECIPITACIÓN: La precipitación (de latín praecipito, precipitar, hacer caer) es el hidrometeoro formado por partículas de agua, en estado líquido o sólido, que, cristalizadas, caen desde una formación nubosa y alcanzan el suelo. Suele establecerse una distinción entre precipitación vertical y precipitación oculta, impropia denominada, horizontal constituida por el agua condensada en nieblas, neblinas, rocíos o escarchas que se deposita sobre una superficie sin que medie caída desde una nube. El ejemplo prototípico son las precipitaciones ocultas aportadas por los cocimbos, camanchacas y cacimbos vinculados a la presencia de las corrientes marinas frías de Humboldt y Benguela.

PREDICCIÓN: Declaración de la hora, el lugar y la magnitud esperada de un evento futuro (para terremotos y erupciones volcánicas).

PRESIÓN ATMOSFÉRICA: Presión que ejerce la atmósfera sobre los cuerpos. Peso de la columna atmosférica existente sobre el lugar de observación. La que ejerce sobre cada uno de nosotros equivale a unos 17,5 Tm, aproximadamente el peso de un cubo de plomo de 1,20 m. de arista

PRESIÓN BAROMÉTRICA: Presión ejercida por la atmósfera, como consecuencia de la fuerza de gravedad.

PRESIÓN DEL VIENTO: Ver “carga del viento”.

PREVENCIÓN: Es equivalente a decir que mediante la intervención directa del peligro puede evitarse su ocurrencia, es decir impedir la causa primaria del desastre.

PREVISIÓN: Es determinar las posibles amenazas y las condiciones de vulnerabilidad de una comunidad.

PRODUCCIÓN PRIMARIA GRUESA (PPG): Es la cantidad de materia orgánica producida por fotosíntesis por unidad de tiempo. Algunos de este material orgánico son usados por las plantas para la respiración.

PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA (NPP): Es la diferencia de la producción primaria gruesa menos la respiración (es decir PPG menos la respiración igual a NPP). Esta es la producción primaria neta que soporta los animales y bacterias en el océano.

PRODUCCIÓN PRIMARIA NUEVA (P_{nueva}): Es el resultado de procesos biogeoquímicos que se desarrollan en la zona eufótica (ZE) a partir de la fotosíntesis, en los que se conjuga el fitoplancton, nutrientes (nitratos, NO_3), la luz solar y el carbono inorgánico disuelto. La P_{nueva} ha sido definida como la producción de carbono en la zona eufótica resultante de la incorporación por el fitoplancton de nutrientes en forma de nitratos proveniente desde fuera de la zona eufótica.

PRODUCCIÓN PRIMARIA: La producción primaria es la creación de material orgánico a partir de material inorgánico por organismos autotróficos.

PRODUCTIVIDAD PRIMARIA: Producción que ocurre mediante la fotosíntesis, por medio del cual las algas y plantas marinas verdes convierten energía solar, dióxido de carbono y agua en glucosa y tejido vegetal. Además, algunas bacterias en el mar profundo pueden convertir energía química en biomasa mediante quimiosíntesis. Se refiere a la cantidad de material producido por unidad de tiempo. La productividad, o el valor de producción, es afectada por diversos factores ambientales, incluyendo la cantidad de radiación solar, la disponibilidad de agua y alimentos minerales, y temperatura.

PRONÓSTICO: Informe o estimado estadístico de que un evento ocurra en el futuro. Este término se usa con diferentes significados en diferentes disciplinas, lo mismo que “predicción”.

PROVINCIA BIOGEOGRÁFICA COSTERA: Distribución de especies marinas en aguas someras a lo largo de la costa de islas y continentes, definidas por factores abióticos como temperatura superficial del mar, salinidad, y corrientes oceánicas importantes.

PUERTO: Lugar localizado en la costa o en la margen de un río que sirve para el atraque de barcos, para su protección frente a inclemencias meteorológicas, y para la carga y descarga de mercancías o el tránsito de personas. Por extensión el uso, localidad donde se ubican instalaciones portuarias.

Q

QUIMIOSÍNTESIS: Forma de nutrición autótrofa de ciertas bacterias, en la que por reacciones químicas transforman la sustancia inorgánica en orgánica (alimento).

R

RADAR: Método radioeléctrico para determinar desde una sola estación la dirección y distancia de un objeto.

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA: Energía compuesta por un espectro de ondas electromagnéticas de amplia gama de longitudes que se propaga a 300.000 km/s. a través del vacío y en línea recta. La radiación electromagnética está organizada en bandas espectrales de distintas longitudes de onda y frecuencia, es el denominado espectro electromagnético completo o “arco iris de Maxwell”, que abarca desde las longitudes muy cortas (rayos gamma y rayos X) a las largas de las ondas de televisión y radio

RADIACIÓN SOLAR: El Sol es una esfera de gas incandescente situada a una distancia media de la Tierra de 150 millones de kilómetros y con una temperatura en superficie de 5.800° K (5.527° C). El calor emitido por el Sol es la fuente principal de energía que recibe la atmósfera terrestre; éste radia continuamente parte de su masa al espacio en forma de energía electromagnética y de partículas a gran velocidad. La enorme energía radiante del Sol tiene su origen en las reacciones nucleares que transforman núcleos de hidrógeno en helio, a favor de las altas temperatura y fuerte presión. En estas condiciones se desprende una enorme cantidad de energía.

RAZÓN-*f*: La razón-*f* o tasa-*f*, es un estimado cuantitativo entre la producción primaria nueva (Pnueva) medida con un isótopo estable por ejemplo ¹⁵N y la producción primaria total (Ptotal) medida con ¹⁴C. Por tanto la razón-*f* \approx Pnueva/Ptotal y varía entre 0 y 1. La razón-*f* está en función de los nitratos (NO₃) presentes en el mar y que aparecen principalmente en las zonas de surgencias costeras. Puede interpretarse también como un índice del estatus trófico de la región. Esta interpretación es correcta solamente si la *f* es requerida a escalas de tiempo interanuales.

RÉGIMEN DE MAREA: Forma característica de la marea, con referencia a la relación entre la onda diurna y la semidiurna. La marea se clasifica en: diurna, semidiurna y mixta, no habiendo límites bien definidos que permitan separar los grupos. La marea se llama diurna cuando predomina la onda diurna y se produce una sola pleamar y una sola bajamar en cada día durante la mayor parte del mes. Se llama semidiurna, si la onda predominante es semidiurna y se producen dos pleamares y dos bajamares cada día con una desigualdad relativamente pequeña entre sus alturas. En la marea mixta resultan importantes, tanto la onda diurna como la semidiurna, caracterizándose por una

desigualdad de las alturas de las pleamares y bajamares. Por lo general, se producen dos pleamares y dos bajamares cada día, resultando diurna ocasionalmente.

REGIÓN: Porción de la superficie terrestre que presenta unos rasgos diferenciados, posee unas señas de identidad propias y es el resultado de procesos de individualización a lo largo del tiempo, siendo considerada una escala intermedia. Amplia área extendida por varios estados o que engloba distintos países con características similares y localización próxima.

REGIONALIZACIÓN: Acción de delimitar territorios en función de sus características mediante el establecimiento de divisiones operativas a una escala inferior a la estatal. Se ha utilizado por las ciencias humanas y sociales para la individualización de espacios con rasgos particulares, la realización de estudios o la agrupación de datos estadísticos.

REMOLINO: Movimiento circular del agua en una área relativamente limitada que se forma a un lado de una corriente principal. Los remolinos se forman en los puntos donde la corriente principal encuentra obstáculos.

RESACA: Corriente hacia el mar y cerca del fondo de una playa inclinada. Es ocasionada por el regreso de las aguas llevadas hacia tierra por las olas o los vientos.

RIBERA DEL MAR: Bien de titularidad estatal que forma parte de los de dominio público marítimo-terrestre. Como espacio jurídico comprende la franja de terreno de las costas que se inicia donde termina la parte marítima, donde empieza el terreno firme y con una extensión hacia la tierra que no necesariamente tiene que estar en contacto periódico con las aguas.

RIESGOS CLIMÁTICOS: El riesgo climático es la plasmación territorial de una actuación humana que desatiende la existencia de unos fenómenos meteorológicos extraordinarios, propios de los rasgos climáticos de un ámbito geográfico. Suele establecerse una sinonimia impropia entre los conceptos de "riesgo" y "catástrofe"; el primero deviene del segundo. La "catástrofe" es un hecho natural extraordinario que supone graves daños para las actividades económicas de una sociedad e, incluso, pérdidas humanas. Un grado superior en la valoración de la catástrofe sería el "desastre" que viene definido como la interrupción seria de las funciones de una sociedad que causa pérdidas humanas, materiales o ambientales extensas que exceden la capacidad de la sociedad afectada para resurgir, usando sólo sus propios recursos. El "riesgo" es la contingencia de un daño provocada por una actuación humana poco acorde con su medio natural. Los episodios naturales de tipo extraordinario son eventos que forman parte de los caracteres físicos de los espacios geográficos afectados. Son por tanto "fenómenos extremos" que adquieren categoría de "riesgo" cuando el hombre modifica para su provecho el medio natural en donde desenvuelve su labor alterando, así, los efectos derivados del desarrollo de estos episodios naturales. El riesgo natural es, pues, producto de dos factores de índole humana, la amenaza y la vulnerabilidad y su mayor o menor grado viene dado por el cálculo de pérdidas ocurridas en una región determinada durante un período de referencia para un peligro dado.

RIESGOS: Peligros o posibilidades de que se produzcan daños. Se diferencian de las incertidumbres en que para éstas últimas no pueden establecerse probabilidades. Así, en los riesgos suele recurrirse a su predicción. El resultado de calcular la potencial acción de

una amenaza (A), con las condiciones de vulnerabilidad (V) de una comunidad o sistema. En conclusión: Riesgo = A V.

ROCA BASÁLTICA: Tipo de roca ígnea que se encuentra en el fondo oceánico.

ROCA ÍGNEA: Roca formada por enfriamiento y solidificación de material mineral móvil caliente llamado magma.

ROCA METAMÓRFICA: Roca que se ha cambiado en contextura y en composición, por calor, presión o soluciones químicamente activas.

ROCA SEDIMENTARIA: Roca formada por la acumulación de sedimentos.

ROCIO: Condensación en virtud del principio de la pared fría sobre superficies que, enfriadas por irradiación nocturna en situaciones de calma atmosférica y cielos despejados, experimentan un descenso de temperatura suficiente para que el aire en contacto con ellas alcance el punto de rocío. En formaciones vegetales, el vapor de agua que cambia de estado puede proceder de la propia transpiración de las plantas.

ROMPIENTES: Olas relativamente fuertes que se encorvan y des integran en espuma al pasar sobre bajos o arrecifes o al encontrarse con una obstrucción de corriente contraria.

ROSA NÁUTICA: Objeto de artísticos diseños en los portulanos, demás cartografía histórica del Mediterráneo Occidental y hasta en las primitivas brújulas, la rosa náutica es conocida también como rosa de los vientos, por indicar los rumbos de los ocho principales, a saber: tramontana (N), gregal o griego (NE), levante (E), siroco o jaloque (SE), mediodía, áfrico o austro (S), lebeche o garbino (SW), poniente (W) y maestral, maestro, mestral o mistral (NW). En las costas argelinas se conoce como carpintero mallorquín al viento duro del norte que azota este espacio procedente de Baleares.

ROTACION TERRESTRE: Aunque Aristarco de Samos, en el siglo II a.J.C., equiparó la Tierra a una bola que daba vueltas sobre sí misma, la idea de que era plana y en torno a ella giraban diariamente el sol y las restantes estrellas perduró hasta los grandes descubrimientos geográficos. Con anterioridad diversos autores griegos habían señalado que la Tierra era una esfera. Así, Pitágoras y sus discípulos defendieron (s. VI-s.IV a J.C.) la esfericidad de la Tierra; Aristóteles, en el s.IV a J.C., en su obra De Caelo, apuntó, como prueba de la forma esférica de la Tierra, que “si la Tierra no fuera esférica los eclipses de Luna no exhibirían las secciones que se les conocen”. Estrabón, por su parte, señaló, en el s. I a.J.C., que “la curvatura del mar oculta a los navegantes las luces más distantes que están a nivel de su vista”. La circunnavegación de Juan Sebastián Elcano evidenció la redondez de la tierra, pero no su rotación. Una demostración palmaria de ésta no se produjo hasta 1851, merced al célebre experimento del péndulo de Foucault, que hizo patente la existencia del torbellino absoluto y, con ella, de la rotación terrestre. Ésta consiste en el giro completo de la Tierra en torno a su eje polar en un día sidéreo, cuya duración, de 86.164 segundos, resulta 3 minutos y 56 segundos inferior a la de un día solar medio. A pesar de que Gustave Coriolis había formulado su célebre teorema en 1843 y Leon Foucault realizado dicho experimento en 1851, transcurriría todavía un siglo hasta que se generalizase el reconocimiento del protagonismo de la rotación terrestre en la circulación atmosférica general. Es cierto que no faltan precedentes, en especial el de Ferrel, que atribuyó, en 1856, a la fuerza de Coriolis la incurvación del alisio hacia el oeste; pero, en toda su amplitud, la incidencia de la rotación terrestre en aquélla, con

valoración, no exenta de controversia, de una serie de principios inherentes a aquélla (conservación del torbellino absoluto, conservación del momento de rotación del torbellino absoluto, conservación del momento de rotación en torno al eje de los polos), no se producirá sino en la segunda mitad del siglo veinte. Baste reparar en los años de publicaciones de Pierre Pédelaborde, tan significativos en dicho sentido, como “Le tourbillon” (1958) y “Les données de la climatologie” (1966).

S

SALINIDAD DEL MAR: Se define como el peso de las sales inorgánicas en un kilogramo de agua de mar, después que se ha sustituido todo el bromuro y el yoduro con una cantidad equivalente a cloruro; se ha sustituido todo el carbonato con una cantidad equivalente de óxido y la materia orgánica ha sido totalmente oxidada. La constancia de las proporciones entre las sales más abundantes permitió obtener la relación entre salinidad y clorinidad.

SALINIDAD PRÁCTICA: La salinidad práctica de una muestra de agua de mar, se define como la razón entre la conductividad eléctrica de una muestra de K15 a una temperatura de 15 °C ya una presión normal de una atmósfera, y la conductividad eléctrica de una solución de cloruro de potasio (KCl), en la que la fracción en masa de KCl es de $32,4356 \times 10^{-5}$, a la misma temperatura y presión. El valor K15 exactamente igual a 1 corresponde, por definición, a una salinidad práctica exactamente igual a 35.

SALINIDAD: (Agua de mar) Cantidad total de sustancias sólidas expresadas en gramos y contenidas en 1 Kg. de agua de mar, cuando todos los carbonatos se han convertido en óxido, el bromo y yodo han sido sustituidos por el cloro, y la materia orgánica ha sido completamente oxidada.

SANEAMIENTO: La aplicación de medidas y técnicas dirigidas a asegurar y mejorar la higiene general de la comunidad, mediante la recolección, evacuación y disposición de desechos líquidos y sólidos, al igual que las medidas para crear unas condiciones ambientales favorables para la salud y la prevención de enfermedades.

SARDINA: La sardina del pacífico llamada también Sardina Monterrey (*Sardinops sagax caerulea*) perteneciente a la familia CLUPEIDAE, son pequeños peces plateados con una sola aleta dorsal que se localiza sobre el centro del cuerpo, una aleta caudal partida en dos y una quilla de largas escamas espinosas en la panza. La sardina presenta manchas esparcidas desordenadamente en los costados. Unas estrías radiantes en el operculum distinguen a esta especie de los otros miembros de esta familia en la región. Crecen hasta 38 cm (14 pulgadas) de largo. Se distribuye desde el Golfo de California hasta el sureste de Alaska. En el período de menor abundancia, que persistió hasta mediados de la década de los ochenta, la población se centró cerca de la parte central y al sur de Baja California.

SATÉLITES METEOROLÓGICOS: El lanzamiento, el 1 de abril de 1960, del satélite TIROS-1 inauguraba la extensa relación de satélites de finalidad meteorológica que han contribuido al perfeccionamiento de la predicción atmosférica y a la mejora del conocimiento de los tiempos y climas mundiales. A pesar de algunos intentos previos (Vanguard 2, Explorer 6 y 7), el TIROS-1 fue el primer satélite enteramente concebido por la NASA para la observación del tiempo atmosférico. Las imágenes proporcionadas por

los satélites meteorológicos son fuentes dinámicas de la climatología y meteorología, dada la inmediatez de su disposición para el investigador del tiempo y clima. Los satélites meteorológicos de próxima generación mejorarán la resolución espacial y temporal, incluyendo nuevos canales de información que contribuirán a la mejora de los estudios atmosféricos.

SeaWiFS: (Sea Wide In View Field System). Radiómetro a bordo del satélite comercial SEASTAR de Estados Unidos, puesto en órbita en 1997. Sus objetivos son observaciones de color de agua principalmente para propósitos pesqueros y de investigaciones. El propósito del proyecto del sensor (SeaWiFS) es proporcionar datos cuantitativos sobre las propiedades bioópticas de la comunidad de ciencias del mar y de la Tierra. Los cambios en el color del océano significan distintos tipos y cantidades de fitoplancton marino y este conocimiento tiene aplicaciones científicas y prácticas.

SEDIMENTACIÓN: Acumulación de partículas de materia orgánica e inorgánica, que se colocan sin combinar.

SIGMA t: Representa en forma abreviada el valor de la densidad de una muestra de agua de mar en función de su temperatura y salinidad in situ a presión constante e igual a cero. Convierte una cantidad como 1026.35 kg/m³ en un número (26.35), donde generalmente se omiten las unidades y que es más fácil de usar

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG): Programas informáticos específicos que poseen bases de datos constituidas por información espacial, la cual almacenan y gestionan tomando como referencia su localización exacta mediante coordenadas geográficas y representan de diversas formas con la elaboración automatizada de mapas.

SOLSTICIOS: Puntos de la eclíptica en los que el Sol alcanza sus declinaciones máximas; también son los instantes en que el Sol alcanza esos puntos. El Sol alcanza la máxima declinación norte el 21 de junio aproximadamente, señalando el comienzo del verano en el hemisferio norte y del invierno en el sur. La máxima declinación sur se produce el 22 de diciembre, señalando el comienzo del invierno en el hemisferio norte y del verano en el sur.

SONAR: Aparato que sirve para determinar por métodos sónicos la presencia, localización o naturaleza de los objetos en el mar.

SONDA: Instrumento para medir la profundidad que tiene el agua debajo de la embarcación. Profundidad obtenida en la operación de sondaje, la cual una vez corregida por la marea se vacía en la carta náutica.

SONDADORES ACÚSTICOS: Medidor acústico de sondaje.

SURGENCIAS (Upwelling): Los vientos generan corrientes horizontales que se mueven por la superficie de los océanos, pero también generan movimientos verticales de agua llamados surgencias. En el hemisferio norte, cuando el viento sopla sobre el océano, el agua en la superficie no se mueve directamente hacia enfrente, sino aproximadamente 45 grados a la derecha de la dirección del viento. El efecto integrado de la acción del viento sobre los primeros 50 a 100 m de profundidad se llama transporte de Ekman y es resultado del efecto de Coriolis, es decir, de la rotación de la Tierra. En el hemisferio sur, el agua superficial es deflectada (desviada) a la izquierda de la dirección del viento.

Cuando los vientos provocan que el agua superficial se aleje de la costa o que diverja de una masa de agua superficial, agua profunda emergerá hacia la superficie del océano, creando una corriente de surgencia. Mientras que las aguas superficiales son generalmente pobres en nutrientes (como fosfatos y nitratos), que son esenciales para el desarrollo del fitoplancton y, por lo tanto, de la producción primaria, las aguas profundas tienen altas concentraciones de estos nutrientes. Las surgencias, por lo tanto, enfrían las aguas superficiales y las enriquecen con los componentes nutricionales necesarios para la productividad biológica. Las regiones donde hay surgencias, como las costas de California y Baja California, son entonces de las más ricas áreas biológicas del mundo.

SVERDRUP: Se le denomina también Sv. Es la unidad de medida del flujo de una corriente marina importante en volumen y en tiempo (volumen/tiempo)= $1.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$.

T

TABLAS DE CORRIENTES: Publicación que da predicciones diarias de la hora de la estoa y máxima velocidad de la corriente. Estas publicaciones se complementan con diferentes corrientes y constantes, mediante las cuales se obtienen las predicciones de horas de estoa y corrientes de los puertos secundarios y otros lugares.

TABLAS DE MAREA: Publicación anual que entrega las predicciones diarias de marea, la que se divide en las siguientes partes: Tabla I Predicción diaria de la hora y altura de la pleamar y bajamar en los puertos patrones. Tabla II Diferencia de mareas para obtener hora y altura de la pleamar y bajamar de los puertos secundarios. Tabla III Tabla para calcular la altura de la marea en un momento cualquiera. Tabla IV Predicción diaria de corrientes en algunos pasos y estrechos principales. Tabla V Información astronómica relativa al Sol y la Luna. Tablas VI, VII y VIII Conversión de arco a tiempo, pies a metros y brazos a metros, respectivamente.

TALUD CONTINENTAL O INSULAR: Declive hacia las grandes profundidades, que se extiende desde el borde de la plataforma (física) hasta el comienzo de una falda continental o hasta el punto donde hay una disminución general de la pendiente. El pie del talud se determina como el punto de máximo cambio de gradiente en su base.

TEMPERATURA: Magnitud física, referida a la escala termométrica de elección, que expresa, el grado objetivo y sensible de calor o frío existente en la atmósfera. Así, pues, se trata de un dato obtenido de manera objetiva, merced al empleo de un termómetro o radiómetro, medidores que no cuentan la energía latente hasta que se libera y traduzca en calor. Noción diferente a la temperatura, usualmente manejada en climatología y meteorología, es el de temperatura sensible, de gran interés para la climatología y meteorología médicas, cuyo medidor no es el termómetro ni el radiómetro, sino el propio cuerpo humano. En consecuencia, no se trata de un dato objetivo, sino subjetivo, estrechamente relacionado con la idea de confort térmico, dependiente conjuntamente de temperatura, humedad relativa y viento. Baste señalar, como ejemplo, que, con viento de 50 km/h., una temperatura de 2° C es padecida por el organismo humano como equivalente a -15° C.

TENDENCIA. Orientación de uno o varios elementos del ecosistema hacia una forma nueva y no explotada de utilización de nichos ecológicos; de regeneración, de colonización, de diversificación, etc.

TERMOCLINA: Es la capa oceánica de transición entre la capa llamada de mezcla y la capa de agua profunda. La definición de estas capas está basada en su temperatura. La capa de mezcla se localiza cerca de la superficie, donde la temperatura se aproxima a la temperatura superficial. En la termoclina, la temperatura de la capa de mezcla baja bruscamente y alcanza la temperatura mucho más fría de la capa profunda. En otras palabras, tanto la capa de mezcla como la capa profunda son relativamente uniformes en temperatura; la termoclina representa la zona de transición entre ambas capas.

TERMODINÁMICA, Flujos de: Estudio de la relación entre calor y trabajo en virtud del cual se ha comprobado que una cantidad de calor dada es equivalente a una cantidad definida de trabajo y viceversa. La muy importante segunda ley de termodinámica establece que el calor no puede pasar de un cuerpo más frío a otro más caliente por ningún proceso continuo ni autónomo. Metamorfismo originado por la acción conjunta y simultánea del calor y la presión. Leyes que equilibran los sistemas ecológicos cerrados, intermedios y abiertos, originando los cambios necesarios y manifestaciones de éstos.

TERRENO DE PLAYA: Faja de terreno de propiedad del fisco de hasta 80 metros de ancho, medida desde la línea de la playa de la costa del litoral y desde la ribera en los ríos o lagos. Para los efectos de determinar la medida señalada, no se considerarán los rellenos artificiales hechos sobre la playa o fondo de mar, río o lago. No perderá su condición de terreno de playa el sector que quede separado por la construcción de caminos, calles, plazas, etc.

TERRITORIALIDAD: Necesidad de espacio que tienen los individuos y los grupos por razones de identidad, seguridad, protección y estímulo. Está asociada a territorios específicos, considerados, al menos parcialmente, como exclusivos de sus ocupantes y donde se producen relaciones espaciales, determinadas por inclusiones o rechazos, es decir, por relaciones disimétricas con el exterior.

TERRITORIO: Espacio geográfico en sentido amplio (terrestre, marítimo, aéreo, subterráneo) atribuido a un ser individual o a una entidad colectiva.

TIEMPO: Constituye la manifestación del estado de la atmósfera, que el hombre percibe y recuerda. En opinión del climatólogo francés Pédelaborde el tiempo atmosférico sería "lo percibido y vivido por el hombre" cuyas causas merecen explicación precisa.

TIPO DE AGUA: Punto que representa un volumen de agua homogéneo con características bien definidas de temperatura y salinidad.

TORRENTA TROPICAL: Se forman sobre los mares abiertos y se caracterizan por sus vientos extraordinariamente destructivos con una velocidad entre 64 y 117 km/h, lluvias torrenciales, olas de tormenta en alta mar, intenso oleaje en el litoral, inundaciones costeras, inundaciones fluviales, relámpagos y truenos.

TORNADO: El vocablo tornado, procedente del verbo español tornar, girar, alude al fenómeno meteorológico caracterizado por la enorme velocidad de giro del viento que se produce en el embudo o trompa que desciende desde una nube convectiva. Si el fenómeno se produce en superficies marinas recibe la denominación de tromba, trompa, bomba o manga. El viento alcanza velocidades casi imposibles de medir por los anemómetros (entre 160 y 450 km/h). El diámetro del embudo tiene un centenar de

metros pero el gradiente horizontal de presión es brutal. Es frecuente que el contraste en un radio tan pequeño resulte de 25 ó 30 mb, pero en ocasiones el descenso de presión puede rebasar 100-150 e incluso 200 mb. Los tornados son fenómenos atmosféricos que se desencadenan, principalmente, en latitudes medias.

TSUNAMIS Y ONDAS DE MAREA: Serie de grandes olas marinas generada por el súbito desplazamiento de agua de mar, causada por terremotos, erupciones volcánicas o deslizamientos de suelo submarino; capaz de propagarse sobre largas distancias.

TURBONADA: Fenómeno atmosférico caracterizado por un gran abrupto incremento en la velocidad del viento, con una duración del orden de minutos, y una reducción repentina en la velocidad. Usualmente acompañada por lluvias y tormentas eléctricas.

TURBULENCIA. Condición de alta excitación del medio fluido; la turbulencia afecta de modo fundamental la distribución espacial de los organismos y su dispersión, cuando éstos viven en el aire o en el mar.

U

V

VEDA: Medida reglamentaria durante la cual no se puede explotar un recurso natural renovable. Se aplica en caza y pesca.

VELOCIDAD DE LA CORRIENTE: Régimen del movimiento de las aguas horizontales, por lo general, expresado en nudos, pero algunas veces en pies por segundos o en centímetros por segundos. Las velocidades que se expresan en nudos pueden reducirse a pies por segundo mediante la aplicación del factor 1,689 y las que se expresan en pies por segundo pueden reducirse a nudos, aplicando el factor 0,592 y para convertir centímetros por segundos a nudos, aplíquese el factor 0,0194.

VERILES: Líneas que unen los puntos de igual profundidad.

VIENTO DE GRADIENTE: Viento cuyo rumbo es paralelo al vector de gradiente y perpendicular a las isobaras. El viento de gradiente tiende a vaciar los máximos o anticiclones y a rellenar las depresiones o mínimos, destruyendo unos y otros.

VIENTO DURO: Viento con una velocidad entre 34 y 40 nudos (fuerza de viento 8 en la escala de Beaufort).

VIENTO GEOSTRÓFICO: Viento libre de rozamiento, paralelo a las isobaras y perpendicular al vector de gradiente. El viento geostrófico radica en la troposfera libre y, sobre la superficie terrestre, en los océanos, donde el rozamiento resulta prácticamente despreciable. La presencia de un viento geostrófico o cuasigeostrófico resulta de capital importancia para la perduración de los centros de acción, ya que el paralelismo o cuasiparalelismo del viento a las isobaras evita su destrucción.

VIENTO: Aire en movimiento, a causa de los contrastes de presión atmosférica; sus datos básicos son los de dirección y velocidad o, para los marinos, con referencia a la escala de

Beaufort o a alguna de sus variantes, fuerza. Las velocidades varían desde las rayanas con la calma (5 km/h.) a las huracanadas que exceden los 115 km/h., para alcanzar los máximos girando, excepcionalmente, a más de 400 km/h. en los tornados.

VIENTOS ALISIOS: Son los vientos que soplan regularmente en los océanos Pacífico y Atlántico de las zonas tropicales hacia el ecuador. En condiciones normales, la presión atmosférica reinante en el ecuador es inferior a la de los trópicos. El aire tiende, entonces, a circular en la dirección norte-sur (en el hemisferio norte) y sur-norte (en el hemisferio sur). Pero al combinarse con la rotación de la Tierra, la dirección real en que soplan es noreste a suroeste en el hemisferio norte, y de sureste a noroeste en el hemisferio sur. Su velocidad es de unos 20 kilómetros sobre hora.

VIENTOS DEL OESTE (WESTERLIES): Son, junto a los alisios, los vientos de escala planetaria. La zona de circulación general del oeste se extiende, en cada hemisferio, entre el polo y la subsidencia subtropical. Los westerlies, animados por los máximos subtropicales y hasta por las bajas subpolares, son primordialmente impulsados y gobernados por las leyes del torbellino absoluto, en particular por el principio de conservación del torbellino absoluto.

VIENTOS REGIONALES Y LOCALES: La importancia de las circulaciones regionales y locales de los vientos ha sido destacada desde la antigüedad. Los vientos regionales y locales imprimen rasgos particulares a las condiciones climáticas de un territorio, convirtiéndose, en ocasiones, en el elemento climático más significativo de las mismas. La relación de vientos regionales o locales que soplan, a favor de unas u otras condiciones atmosféricas, en diversas partes del planeta, es amplísima en relación con condicionamientos geográficos específicos, la tradición popular ha dado nombre a los distintos vientos, que ha permanecido hasta la actualidad. Por ejemplo en Baja California, los eventos de “vientos Santa Ana” transportan material desde la región desértica y están asociados a alta temperatura ambiente y baja humedad relativa. Los vientos se presentan generalmente entre octubre y marzo, con intensidades de hasta 80 km h^{-1} y su efecto es perceptible desde la costa hasta cientos de kilómetros mar adentro. El “sonora” es un viento cálido que atraviesa Arizona procedente de México y California. No faltan denominaciones regionales o locales de vientos asociados a situaciones atmosféricas inestables con desarrollo de tormentas.

VIRUS: Agente infeccioso específico, considerado como el ser vivo más primitivo; invade vegetales, animales y bacterias. Solamente se multiplica dentro de la célula huésped. Presenta tamaño submicroscópico más pequeño que una bacteria. Presentes en el océano.

VOLCÁN: Montaña formada por acumulación local de material volcánico alrededor de una abertura. Presentes en océanos.

VOLCANES Y CLIMA: Aunque volcanes y clima son realidades geográficas distintas sin aparente relación una serie de hechos han ido manifestando las estrechas conexiones que existen entre ambos puesto que las manifestaciones violentas de los primeros se saldan con alteraciones, de mayor o menor entidad, en los elementos del clima. Las erupciones volcánicas han permitido, además, indagar la existencia de mecanismos de circulación comprobados, con posterioridad, merced a la mejora en los métodos de observación atmosférica de altitud. Los efectos más señalados de las erupciones

volcánicas se vinculan con las modificaciones que imponen los registros térmicos, a escala hemisférica o global. Las erupciones volcánicas de tipo explosivo provocan variaciones en el balance energético planetario debido a la permanencia, durante varios meses, de cenizas y gases volcánicos en las capas bajas de la estratosfera. El polvo volcánico crea un finísimo velo que disminuye la transparencia atmosférica, impide la llegada de radiación solar a la superficie terrestre y genera fenómenos ópticos entre los que sobresalen efectos crepusculares, aparición de coronas, neblinas, soles y lunas coloreadas. Si es evidente el descenso térmico que, en los meses o años siguientes, provocan las erupciones volcánicas más enérgicas, menos clara resulta la relación con las precipitaciones puesto que a la opinión generalizada de un posible incremento, otros tratadistas han puesto de manifiesto la relación, para la Península Ibérica, entre erupciones volcánicas importantes (Tambora, Agung, Chichon o Pinatubo) y desarrollo de períodos secos. Ello demuestra la necesidad de efectuar análisis individualizados de las erupciones volcánicas y sus efectos en los elementos del clima a escala regional. El papel desempeñado por las erupciones volcánicas en las variaciones del sistema climático terrestre merece importancia diversa a los distintos autores, desde los que les conceden un protagonismo destacado para la explicación de la variabilidad climática de los últimos siglos a los que sólo les atribuyen, cierta incidencia en el enfriamiento de los años posteriores a una erupción importante. La incidencia de las erupciones volcánicas en el ritmo térmico planetario es una de las incógnitas de difícil respuesta en la hipótesis actual de cambio climático, al provocar el efecto térmico contrario al de la acumulación de gases de efecto invernadero en la troposfera.

VULNERABILIDAD: El factor interno de una comunidad expuesta (o de un sistema expuesto) a una amenaza, resultado de sus condiciones intrínsecas para ser afectada e incapacidad soportar el evento o recuperarse de sus efectos.

W

W.W.F. Siglas en inglés del fondo mundial para la conservación de la naturaleza, dedicado a auspiciar programas y proyectos de conservación y a fomentar investigaciones sobre los recursos de vida silvestre en todo el mundo.

X

Y

Z

Zo: Símbolo adoptado por la Oficina Hidrográfica Internacional para representar la altura del nivel medio del mar sobre el nivel de reducción de sondas de una localidad.

ZONA ÁRIDA: Área en que los recursos hídricos tanto subterráneos como de lluvia, son insuficientes para balancear la cantidad de agua que se pierde por evaporación.

ZONA COSTERA: La zona costera abarca desde el límite marino de la plataforma continental y mar territorial hacia el mar, hasta los límites geopolíticos de los municipios

que tienen frente litoral o están contiguos, tierra adentro. Construye una amplia y heterogénea región que mantiene intensas interacciones físicas, biológicas y socioeconómicas donde ocurre un dinámico intercambio de energía y materiales entre ecosistemas terrestres, marinos y la atmósfera. (Según Estrategia Ambiental para la gestión integrada de la zona costera de México Propuesta, INE-SEMARNAP, 2000).

ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL: Franja de encuentro de los vientos alisios de ambos hemisferios, de ubicación variable a lo largo del año en relación con la intensidad y desplazamiento latitudinal de los máximos subtropicales, origen de aquéllos.

ZONA EUFÓTICA (ZE): Es la capa de un cuerpo de agua que recibe la casi totalidad de la luz solar, hasta el 99%. Área con mayor tasa de fotosíntesis que de respiración en la superficie iluminada de los cuerpos de agua; por lo tanto siempre corresponde al agua somera y al espejo superficial del agua que, cuando no está en movimiento, puede alcanzar una profundidad de cerca de 40m. La profundidad de la zona eufótica puede variar de lugar a lugar dependiendo del coeficiente de extinción y ángulo de incidencia de la luz solar o la nubosidad. En áreas costeras de alta productividad generalmente turbias, la profundidad de la zona eufótica puede ser de solo pocos metros, en cambio en aguas tropicales puede llegar hasta los 200 m. En general se consideran 100 metros como promedio para el océano.

ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA (ZEE): Zona económica exclusiva, también denominada Mar Patrimonial, es el nombre que se le da al área de mar en la que un Estado tiene derechos especiales en exploración y explotación de sus recursos según la Convención del Mar. Se extiende desde el límite exterior del mar territorial hasta una distancia de doscientas millas náuticas (370,4 km) contadas a partir de las líneas de base desde las que se mide la anchura de este

ZONAS DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA: Existen dos grandes zonas de circulación atmosférica en cada hemisferio que corresponden con los dos flujos de rango planetario, es decir, westerlies y alisios, que se caracterizan respectivamente, la zona de circulación general del oeste y banda de los alisios. Las corrientes en chorro o jet-streams polar y subtropical, que, vinculados a la rotación terrestre, benefician la transformación de energía térmica en cinética.

ZONACIÓN OCEÁNICA. Clasificación espacial del océano de acuerdo a la profundidad (supralitoral, mesolitoral, infralitoral, circalitoral, batial, abisal y hadal) y a la distancia desde la costa (litoral, plataforma o nerítica, batipelágica, pelágica o mar abierto).

ZONIFICACIÓN DE LAS LLANURAS DE INUNDACIÓN: Plano que define las zonas principales de áreas con inundaciones potenciales, usualmente acompañado por recomendaciones o restricciones tendientes a prevenir daños por inundaciones.

ZONIFICACIÓN: Por lo general indica la subdivisión de un área geográfica, país, región, etc. En sectores homogéneos con respecto a ciertos criterios, como por ejemplo, la intensidad de la amenaza, el grado de riesgo, requisitos en materia de protección contra una amenaza dada.

ZOOPLANCTON: Animales, generalmente microscópicos, que forman parte del plancton y que viven flotando cerca de la superficie del agua.

LITERATURA CONSULTADA

AMERICAN HEART ASOCIATION (1990): Textbook of Advanced Cardiac Life Support. 2a ed.

AMERICAN RED CROSS (1993): Emergency Response. Mosby Lifeline - Yearbook Inc.

BITRAN, D. (1996): Impacto Económico de los Desastres Naturales en la Infraestructura de Salud, CEPAL Distribución. Limitada.

BONNIE, L., JACOB, D. (1994): Post-traumatic stress disorder in victims of disasters. Psychiatric Clinics of North America, Vol. 17 No. 2: 301-309, June.

CHURCH, C, BURGESS, D, DOSWELL, C. y DAVIES-JONES, R. (edits.) (1993): The tornado: its structure, dynamics, prediction, and hazards, Geophysical Monograph 79, American Geophysical Union, Washington DC. USA, 637 pp.

CRITICAL CARE CLINICS OF NORTH AMERICA (1991): Disaster Management, April.

CRUZ ROJA COLOMBIANA (1992): Sistema de Preparativos para Desastres, Serie 3000. Versión 3.1.

DEFINICIONES RELACIONADAS CON MAREAS Y CORRIENTES DE MAREA. Edición 1950. Depto. de Navegación e Hidrografía.

GIL OLCINA, A. y OLCINA CANTOS, J. (1998): Diccionario de climatología. Acento Editorial. Madrid, 92 pp.

GLOSARIO DE MAREAS Y CORRIENTES. Edición preliminar 1961. Depto. De Navegación e Hidrografía.

GLOSARIO DE MAREAS Y CORRIENTES. Instituto Hidrográfico de la Armada. Pub. N° 3013. 1969.

GLOSSARY OF OCEANOGRAPHIC TERMS. Publication SP-35 de la U.S. Navy Oceanographic Office, U.S.A.

GRUPO ADUAR (2000): Diccionario de geografía urbana, urbanismo y ordenación del territorio, Ariel, Barcelona, 406 pp.

MARGALEF, R. (1998). ECOLOGÍA. Editorial Omega ISBN-13: 9788428204057, 968pp

METROSALUD (1995): El sector salud en prevención y atención de desastres, 1994. OPS-OMS: Establishing a Mass Casualty Management System.

OPS - OMS: Hacia un Mundo Más Seguro Frente a los Desastres Naturales.

OPS-OMS (1992): Proyecto de Manejo de Suministros después de los Desastres en América Latina y el Caribe SUMA.

SEAMAN, J. (1989): Epidemiología de Desastres Naturales. Ed. Harla S.A.

SHOEMAKER, W. (1994): Textbook of Critical Care. W. B. Saunders Company.

STRAHLER, A.N. (1975). Geografía Física - ISBN 13: 9788428208475 - ed.: Ediciones Omega, S.A.

TIDES AND CURRENTS GLOSSARY. Publication especial N° 228. Coast and Geodetic Survey U.S.A.

TSUNAMI GLOSSARY, I.O.C. Tech. Ser. 37, UNESCO, 1991.

ZEBALLOS, J. (1993): Efectos de los desastres naturales en la infraestructura de salud. OPS-OMS, Bol Of Sanit Panam 115(5).