

Ordenamiento Ecológico Marino en el Pacífico Norte mexicano: propuesta metodológica

Marine Ecological Ordering in Mexican North Pacific: a methodological proposal

Benigno Hernández de la Torre¹, Raúl Aguirre Gómez², Gilberto Gaxiola-Castro³, Saúl Álvarez Borrego⁴, Artemio Gallegos-García⁵, Fernando Rosete Vergés¹ y Gerardo Bocco Verdinelli⁶

¹ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) Periférico Sur 5000, Colonia Insurgentes-Cuicuilco, Delegación Coyoacán, México D.F. 04530. México

² Instituto de Geografía, UNAM, Circuito Exterior, CU, México D.F. 04510. México

³ Departamento de Oceanografía Biológica. División de Oceanología. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE, Carretera Ensenada-Tijuana, No. 3918, Zona Playitas, Baja California, 22860. México

⁴ Departamento de Ecología. División de Oceanología. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE, Carretera Ensenada-Tijuana, No. 3918, Zona Playitas, Baja California, 22860. México

⁵ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Circuito Exterior, CU, México D.F. 04510. México

⁶ Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, CIGA, UNAM, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta. Morelia Michoacán, 58190. México
e-mail: bhernan99@gmail.com

Hernández de la Torre B., R. Aguirre Gómez, G. Gaxiola-Castro, S. Álvarez Borrego, A. Gallegos-García, F. Rosete Vergés y G. Bocco Verdinelli. 2015. Ordenamiento Ecológico Marino en el Pacífico Norte mexicano: propuesta metodológica. *Hidrobiológica* 25 (2): 151-163.

RESUMEN

Se propone una regionalización oceánica y costera dinámica del Pacífico Norte mexicano frente a la Península de Baja California a partir de un modelo de temperatura y producción primaria nueva (Pnueva). La Pnueva se calculó con base en imágenes de temperatura del AVHRR; clorofila y PAR del sensor SaeWiFS y se multiplicó por la producción fitoplanctónica total (PPZ) y la razón-fz para cada profundidad. Se confeccionaron mapas mensuales de temperatura y Pnueva para profundidades de 0, 10, 30, 50, 75 y 100 m. Esta es la primera regionalización marina con el concepto de "regionalización territorial". Los resultados muestran la dinámica oceanográfica frente a la Península de Baja California; ésta varió de la costa al océano y de forma latitudinal. Para la regionalización del Pacífico Norte mexicano, se propone nueve Unidades de Gestión Ambiental (UGA): tres oceánicas y seis costeras. La UGA oceánica VIII y las vecinas costeras IV y V son consideradas "zona de transición" entre las condiciones norteñas (agua subártica) y las sureñas (agua subtropical). En particular, la región de Isla Navidad se destaca como divisoria entre el agua fría al norte y cálida al sur. En primavera, el efecto de las surgencias costeras de las UGAs I y II se distingue desde la superficie hasta 100 m, con zonas eutróficas en las UGAs costeras IV y V en 30-50 m. En otoño el área de estudio es oligotrófica.

Palabras claves: Ordenamiento ecológico marino, producción primaria nueva, temperatura del mar, Pacífico norte mexicano.

ABSTRACT

The dynamic oceanic and coastal regionalization of the Mexican North Pacific in front of the Baja California Peninsula was proposed based on a temperature and new primary production model (Pnew). Pnew was calculated based on temperature AVHRR images; SeaWiFS chlorophyll and PAR sensor and total phytoplankton production (PPz) and the reason for each depth-fz multiplied. Monthly temperature maps and Pnew were done for different depths: 0, 10, 30, 50, 75 and 100 m. This is the first marine regionalization using the concept of "territorial regionalization". The results show the oceanographic dynamic in front of the Baja California Peninsula; this varied from the coast to the ocean in a latitudinal manner. For the regionalization of the Mexican North Pacific, nine Environmental Management Units (EMU) are being proposed: three oceanic and six coastal. The oceanic EMU VIII and the neighboring coastal areas IV and V are considered "transition zones" between the northern (subarctic waters) and the southern (tropical waters) conditions. In particular, the region of Isla Navidad stands out as the division between the cold northern waters and the warm waters to the south. In the spring, the effect of the coastal upwellings of the EMUs I and II is visible from the surface up to 100 m, with eutrophic zones in the coastal EMUs IV and V at 30-50m. In the fall, the area of study is oligotrophic.

Key words: Marine ecological management, Mexican North Pacific, new primary production, ocean temperature.

INTRODUCCIÓN

El Ordenamiento Ecológico Marino (OEM) en los mares de México se puede definir de acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), como “un instrumento de la política ambiental, con el propósito de 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” (Diario Oficial de la Federación, DOF 1996). La regionalización ecológica por su lado, parte de condiciones homogéneas desde el punto de vista físico-biótico en Unidades de Gestión Ambiental (UGA), y puede implementarse en múltiples niveles jerárquicos (INE, 2006). Las Fases para la elaboración del programa del OEM son: Caracterización, Diagnóstico, Pronóstico y Propuesta. La primera fase es de vital importancia porque en ella se regionaliza y se delimita el área a ordenar y propone la descripción de los componentes físicos y biológicos.

Los primeros intentos por ordenar el mar surgen en la década de los '80s del siglo pasado. Merino (1987) incorporó componentes oceanográficos en un primer intento de ordenamiento marino. La Secretaría de Marina (SEMAR) realizó zonificaciones de regiones y subprovincias dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) (INEGI, 2009) definidas por sus características oceanográficas, geológicas, biológicas, físicas y químicas. Arriaga *et al.* (1998) y Botello *et al.* (2000) reconocen siete y cinco provincias costeras y oceánicas, respectivamente, en los mares mexicanos. El Instituto Nacional de la Pesca (INP, 1994) elaboró su propia regionalización en función de la explotación de los recursos bióticos-pesqueros en los mares mexicanos en el Atlas Pesquero. El *World Wildlife Fund*, dividió al país en cinco regiones para la conservación de zonas costeras y marinas, mientras que la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) diseñó una regionalización que considera áreas marinas prioritarias de conservación (Arriaga *et al.* 1998). Se realizó un estudio por Lluch-Cota y Arias-Arechiga (2000), sobre regionalización, basado en la distribución anual de la concentración pigmentaria a partir de imágenes de satélites en el Golfo de California. Se formalizó una propuesta de regionalización marina por Bezaury *et al.* (1996) y Gutierrez & Bezaury (2001) como parte del “Proyecto Mapeo de Ecosistemas Marinos y Estuarinos de Norte América (B2B)” que también incluyó el trabajo de “Eco-regiones Marinas de Norte América” para la Comisión de Cooperación Ambiental (Wilkinson *et al.*, 2003).

En el plano internacional, el área del Pacífico Norte mexicano (PNM) se regionalizó con múltiples criterios de clasificación, como por ejemplo: “California Upwelling” propuesto por Caddy & Bakun (1994) basados en procesos dominantes de suplemento de nutrientes; “Mexican Temperate Pacific and Magdalena Transition” como regiones biogeográficas costeras propuesto por Sealey y Bustamante (1999); “Provincia CC” (CALC) propuesta por Longhurst (2007) y “LME, California Current”, dentro del esquema de los “Large Marine Ecosystems” de gran aceptación según Sherman (1994, 1996) y Sherman & Tang (1999).

Entre el 2004 y el 2007 el entonces Instituto Nacional de Ecología (INE), ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), realizaron tres Talleres de Expertos en materia de OEM durante el 2004, 2006 y 2007 (GEA, 2007; Córdova *et al.*, 2009), para discutir e intentar consensuar elementos técnicos y metodológicos para la regionalización marina de los mares mexicanos. Durante el I Taller de OEM en 2004, la

Mesa Oceánica aprobó presentar una regionalización espacial dinámica, con temperaturas superficiales correlacionadas con la clorofila y la productividad primaria (Córdova *et al.*, 2006). En los procesos de caracterización oceánica, el uso de la producción del carbono orgánico nuevo se explica 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 su ciclo biogeoquímico y la física del océano (Hernández-de la Torre, *et al.*, 2011).

Justificación. ¿Por qué utilizar la Pnueva para establecer una regionalización marina? La Pnueva es la fracción de la producción primaria total que se genera a partir de una fuente de nitratos alóctonos (Dugdale & Goering, 1967) presentes por debajo de la termoclina estacional y que son transportados hacia las capas superficiales del océano. La Pnueva es considerada como la porción de la producción fitoplanctónica que es exportada por debajo de la zona eufótica (ZE) como materia orgánica particulada sin que el ecosistema pelágico se colapse (Eppley, 1989). El transporte vertical 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 Corriente de California (CC), donde la distribución vertical y la profundidad del inicio de la nutriclina están correlacionadas con la razón de producción (Eppley & Peterson, 1979). Las pesquerías 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). Este transporte de material orgánico desde aguas superficiales sustentado a los organismos meso y batipelágicos e influye en el intercambio de gases con la atmósfera, tales como el dióxido de carbono y oxígeno. 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. Diferentes grupos de investigadores han calculado la Pnueva por imágenes de sensores remotos a través de la relación temperatura-nitratos derivada de mediciones *in situ* y temperatura de satélite (Goes *et al.*, 2000, 2001, 2004); por imágenes de la temperatura superficial del mar (TSM) del AVHRR o del MODIS con modelos que determinan el máximo profundo de clorofila-*a* (Chl-*a*), (e. g. Sathyendranat *et al.* 1991); o por la relación de Chl-*a* con la Pnueva (Kudela & Chavez, 2002). El cálculo de la Pnueva por imágenes de sensores remotos a bordo de satélites ha ganado importancia y aceptación, ya que es una herramienta útil para determinar grandes áreas de producción fitoplanctónica (Kudela & Dugdale, 1996; Dugdale *et al.*, 1997; Watts *et al.*, 1999; Carr, 2001; Henson *et al.*, 2003; y Coles *et al.*, 2004). El estudio de la variabilidad temporal de la producción primaria nueva (Pnueva), 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 y capturarlo a las grandes profundidades.

Para implementar la metodología que se propone dentro del OEM en el PNM, 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 y biogeoquímicos de mayor importancia. Igualmente, identificar y priorizar aquellos atributos ambientales que permitan efectuar acciones para el desarrollo de actividades productivas y la conservación de los ecosistemas mediante las UGAs. Una UGA (Unidad de Gestión Ambiental) es la unidad mínima territorial donde se aplican lineamientos y estrategias ambientales, con esquemas de manejo de recursos

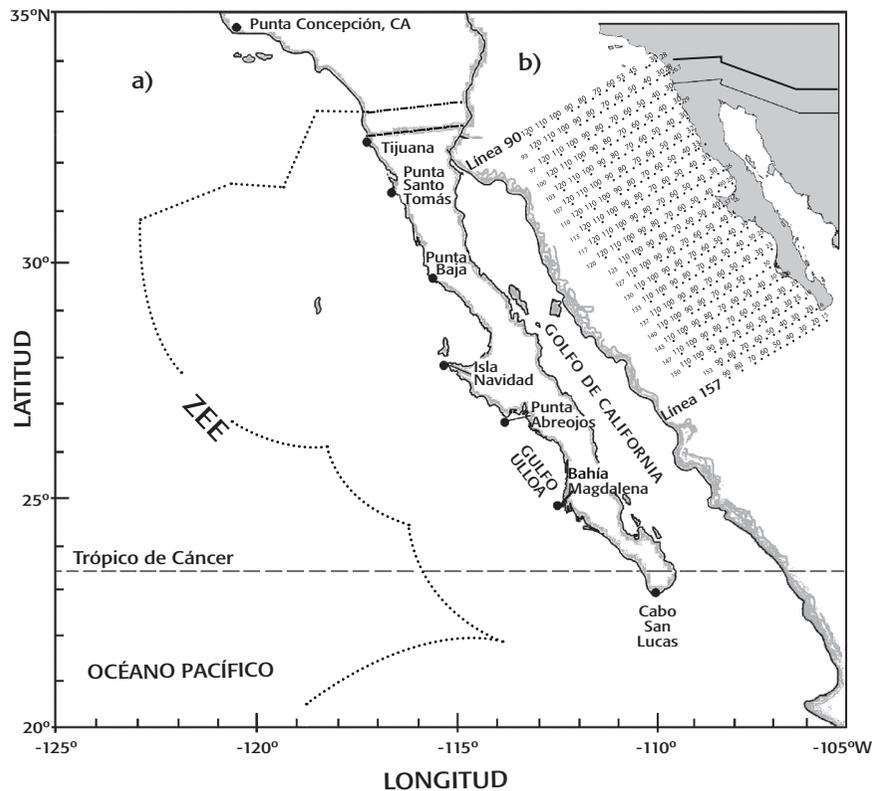
naturales y orientados a un desarrollo que transite a la sustentabilidad (Rosete *et al.*, 2006).

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 mediano período en el establecimiento de un orden marino. Por consiguiente el objetivo del presente trabajo es proponer una metodología que estime temperatura y tasas de Pnueva en profundidad partir de imágenes satelitales de temperatura superficial y relaciones empíricas temperatura-nitratos, con vistas a incorporar los principales procesos físicos y biogeoquímicos en la costa y el océano frente a la Península de Baja California. Ello contribuirá a la elaboración de la propuesta de regionalización de la costa y océano en el PNM -ya que en la práctica no existe una regionalización basada en lo estrictamente marino- sino que están basados en métodos propuestos de Ordenamientos Ecológicos Terrestres, que contienen y circunscriben numerosos aspectos sociales y económicos.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizó la red de estaciones del programa CalCOFI, <http://www.calcofi.org/> (Figura 1a), para la obtención de los datos de temperatura (°C) y nitratos (NO₃) de enero de 1952 a diciembre de 2002 y los datos de la red IMECOCAL (Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California) <http://imecocal.cicese.mx> de 1997 hasta 2008. La red va

desde la Línea 90.28 (33°55'N y 117°63'O) hasta la 90.120 (30°41'N y 124°00'O) y por el sur, desde la Línea 157.15 (22°53'N y 109°43'O), hasta la 157.90 (20°19'N y 113°74'O), (Figura 1), con más de 400 km de la costa hacia el océano y de forma perpendicular al eje de la península. Se consideró agrupar los datos de la temperatura superficial del mar en clases de cada 0.5 °C, mientras que los perfiles de temperatura se agruparon en profundidades estándar (0, 10, 30, 50, 75 y 100 m). Se eliminó todo perfil menor a 200 metros y los mayores se recortaron a esta última profundidad. La información oceanográfica se agrupó y se clasificó de acuerdo al Índice Multivariado del ENSO (El Niño/Southern Oscillation) (MEI, Wolter & Timlin 1993, 1998) en años "El Niño", "La Niña" y "Año Normal". Se sacó la media, desviación estándar, máximo y mínimo para cada profundidad por rango de temperatura, a los cuales se les denominó perfiles verticales climatológicos (PVC) mismos que se adjudicaron a las imágenes compuestas mensuales de temperatura del sensor AVHRR del 2003, para crear nuevos mapas en profundidad. Se tomó como base el diapason térmico de la serie 1952-2002 para la región y se decidió catalogar las temperaturas entre 10° y 14.9 °C como aguas frías; entre 15° y 19.9 °C medianamente frías; entre 20° y 24.9 °C medianamente cálidas y ≥ 25 °C aguas cálidas. Se ajustaron modelos estadísticos lineales de la relación temperatura-nitratos separados en regiones costeras y oceánicas según Hernández-de la Torre *et al.* (2003). Estos últimos fueron transferidos a los PVC de temperatura y se interpolaron finalmente los parámetros de la regresión en forma latitudinal y longitudinal, y se confeccionaron mapas de nitratos para la zona de estudio.



Figuras 1a-b. a) Península de Baja California y área del Pacífico Norte mexicano. b) Líneas y estaciones de la red CalCOFI e IMECOCAL. Abarca más de 400 km fuera de la costa y de forma longitudinal (Tomado de CalCOFI Basic Station Plan inside back cover). La líneas punteada representa el límite de la Zona Económica Exclusiva (ZEE).

La razón- f_z es un cociente entre la Pnueva y la producción primaria total (Ptotal), (razón- $f_z = Pnueva/Ptotal$) (1) y varía entre 0 y 1 (Dugdale & Goering, 1967). Con base en los datos reportados por Eppley y Peterson (1979) para el Southern California Bight (33°N; 119°O) y el modelo empírico propuesto por Harrison *et al.* (1987) para la misma zona, se calculó la razón- f_z mediante la ecuación:

$$\text{razón-}f_z = f_{\max} (1 - e^{-(mNO_3/f_{\max})})$$

donde:

f_{\max} es el valor máximo esperado y

m es la pendiente inicial de la curva (NO_3 vs f).

Debido a que los valores altos de NO_3 se presentan con mayor frecuencia en las estaciones costeras, se tomó $f_{\max} = 0.67$ y $m = 13.7$ (Tabla II del modelo empírico de Harrison *et al.*, 1987), mientras que con base en el conocimiento de que en las estaciones oceánicas se presenta una disminución progresiva de los NO_3 a medida que se aleja de la costa, se tomó $f_{\max} = 0.61$ y $m = 10.5$ (Tabla II del modelo empírico de Harrison *et al.*, 1987).

La producción primaria total integrada (PPI, $mgC\ m^{-2}\ d^{-1}$) se calculó mediante imágenes compuestas mensuales para el 2003 de TSM del sensor AVHRR de 4 x 4 km en formato HDF del sensor Sea-viewing Wide Field-of-View Sensor (SeaWiFS) (Behrenfeld & Falkowski, 1997), <http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/>

Para el procesamiento de las imágenes de clorofila, temperatura y radiación fotosintéticamente activa (luz PAR) del sensor SeaWiFS, se utilizó el programa Windows Image Manager (WIM-WAM, versión 6.56, Junio 2009; Kahru, 2007). Para pasar la PPI ($mgC\ m^{-2}\ d^{-1}$) a Producción Primaria Total en profundidad (PPz, $mgC\ m^{-3}\ d^{-1}$), se utilizaron los perfiles promedio de producción primaria de mediciones *in situ* durante los cruceros IMECOCAL en 2003. Se realizó una integración con base en la irradiancia del área bajo la curva para obtener la proporción o el porcentaje de área de PPz correspondiente a cada profundidad, de acuerdo al método descrito por Hernández-de la Torre *et al.* (2003). Finalmente, la matriz de datos de la razón- f_z se multiplicó por la matriz de datos de la imagen de PPz ($Pnueva = PPz * \text{razón-}f_z$) y se obtuvo una imagen final que estima tasas de Pnueva a 0, 10, 30, 50, 75 y 100 m de profundidad. Se tomó como base el diapason trófico de la serie 1952-2002 para la región de estudio, por lo cual se decidió catalogar la Pnueva <5.99 ($mgC\ m^{-3}\ d^{-1}$) aguas oligotróficas; entre 6 y 14.99 ($mgC\ m^{-3}\ d^{-1}$) aguas mesotróficas y >15 ($mgC\ m^{-3}\ d^{-1}$), aguas eutróficas.

Mapas en profundidad. Para confeccionar los mapas de temperatura en profundidad se realizó un programa elaborado en MatLab el cual lee el archivo de datos contenido en la imagen de TSM del sensor AVHRR con resolución espacial de 4 x 4 km en formato HDF. Después de leer la información por pixeles de la imagen seleccionada, se adjudicaron los PVC correspondientes al año que corresponda ("El Niño", "La Niña" o "Año Normal") y se confeccionó una nueva imagen para cada profundidad estándar de temperatura y de nitratos. A las matrices de datos de la imagen de nitratos, se les aplicó los coeficientes del modelo de Harrison *et al.* (1987) para estimar la razón- f_z por profundidad. Por último, la matriz de datos de la razón- f_z se multiplicó por la 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 a y luz PAR del sensor SeaWiFS), y se logró una imagen final que estima los valores de Pnueva a 0, 10, 30, 50, 75 y 100 m de

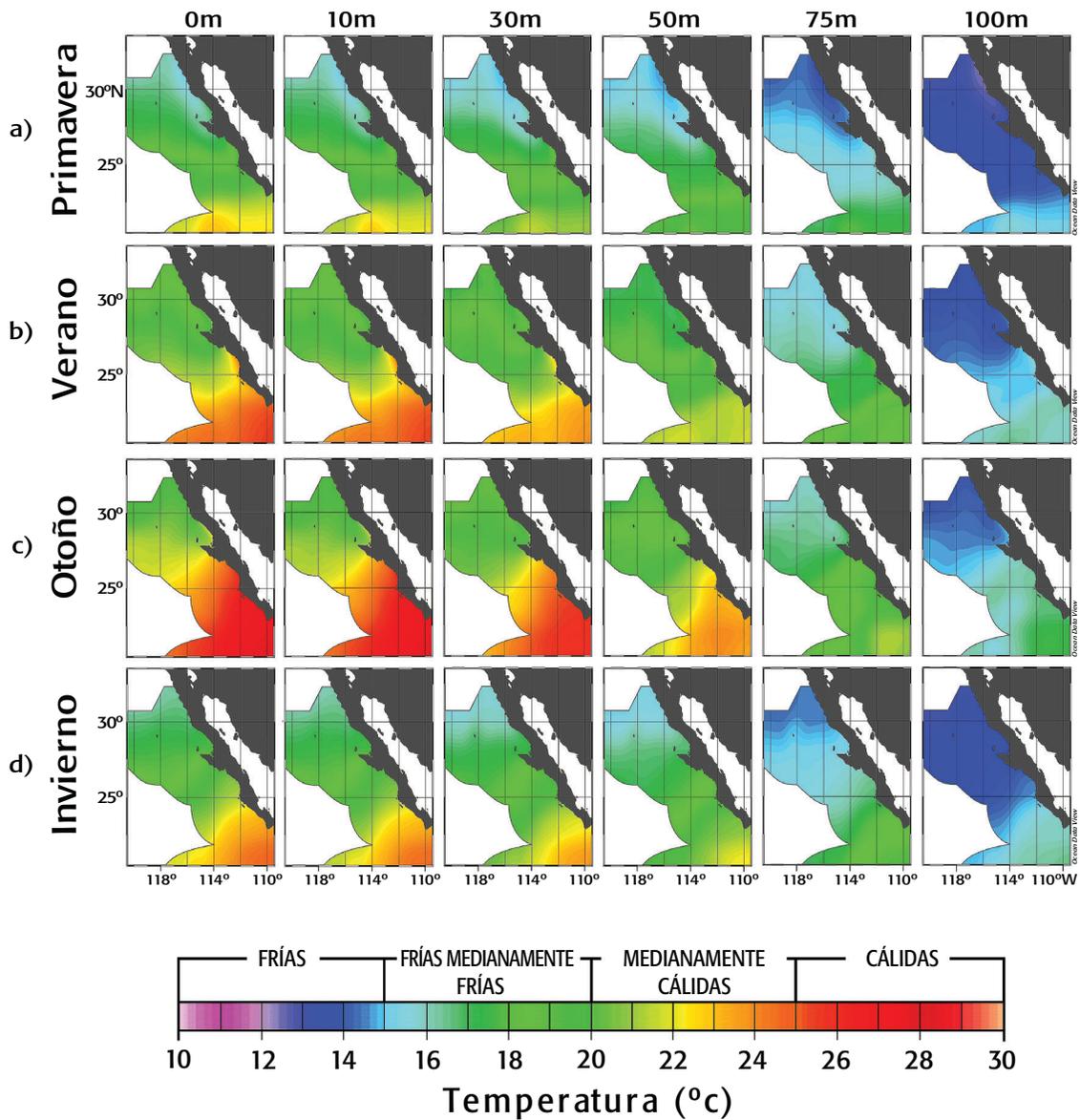
profundidad. Los promedios climatológicos mensuales (1970-2008) de las surgencias costeras frente a la Península de Baja California, provienen del sitio Web: <http://www.pfeg.noaa.gov/products/PFEL/modeled/indices/upwelling/upwelling.html>

Para caracterizar en el plano horizontal el área de estudio, se utilizó la propuesta de "esquemas de franjas" de Grandes Ecosistemas Marinos (GEMs 3, Corriente de California) de Escofet (2004), mientras que la primera propuesta de caracterización en profundidad, es la que se deriva del presente trabajo.

La escala de los mapas de 0-100 m es de 1:2 500 000. Con esta información se regionalizó el PNM con criterio de las UGAs. Se realizó un análisis de conglomerados basado en las escalas de enumeración continuas entre Pnueva y la temperatura. De tal modo, el espacio de la regionalización de las UGAs para la región del PNM queda delimitado hacia el océano por la línea exterior de la ZEE y hacia el continente por la línea de costa o franja intermareal.

RESULTADOS

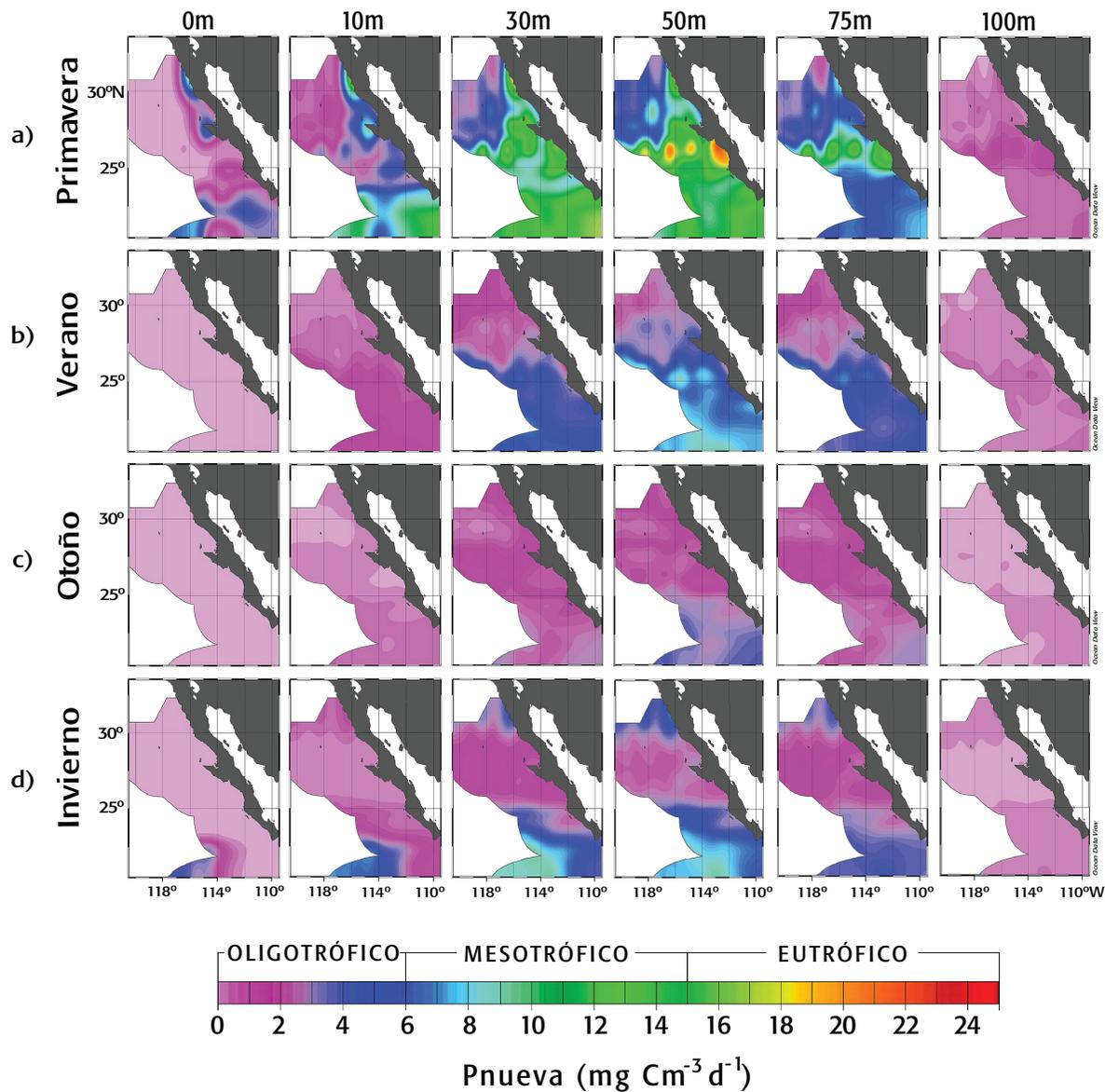
Caracterización marina con base en la temperatura. La figura 2a muestra la caracterización física en profundidad (0-100 m) de la temperatura en la primavera de 2003. Se destaca la presencia de una zona con temperatura medianamente frías a frías (16° y 13 °C) desde superficie hasta los 75 m en la zona costera, desde la frontera con el sur de California, Estados Unidos, hasta el norte del Golfo de Ulloa, que funge como línea oceanográfica divisoria entre el norte y el sur de la Península de Baja California. A 75 y 100 m se observa un área de surgencias costeras desde Punta Santo Tomás hasta Punta Baja y tres regiones oceánicas perpendiculares a la costa principalmente alrededor de los 75 m de profundidad. Al suroeste de Los Cabos, en los primeros 30 m, la zona es considerada como medianamente cálida (21°-23 °C). La figura 2b muestra la caracterización para el verano: de 0 a 50 m la región de la Isla Navidad se destaca como la línea oceanográfica divisoria entre el agua medianamente fría al norte y medianamente cálidas del sur. Un área de aguas medianamente cálidas proveniente de la región ecuatorial llega hasta la zona costera de Punta Abreojos hasta el Golfo de Ulloa desde superficie hasta 50 m. La temperatura a 75 m fue medianamente fría para toda la región y a 100 m de profundidad presentó valores entre 13° y 14 °C (fría) al norte hasta Bahía Magdalena, y al sur de la misma, se comporta medianamente fría (15°-17 °C). La figura 2c señala la caracterización para otoño, con temperaturas medianamente frías (entre 19° y 16 °C) desde superficie hasta 75 m al norte de Isla Navidad. Aguas cálidas (entre 25° y 30 °C) se presentan al sur de Isla Navidad por toda la ZEE hasta 30 m de profundidad. A partir de 50 m desde Punta Abreojos hacia el sur, las temperaturas son medianamente cálidas. A 75 m las temperaturas son medianamente frías en toda la región, mientras que a 100 m oscila entre frías al norte y medianamente frías al sur de Isla Navidad. La figura 2d muestra la caracterización física en profundidad con base en la temperatura en invierno del 2003. Al norte de 25° N desde la superficie hasta 50 m, la temperatura del océano presentó un comportamiento medianamente frío (15°-19 °C), excepto al sur de esta misma latitud que se muestra con aguas medianamente cálidas (21°-24 °C) desde Bahía Magdalena hacia el suroeste. Entre 75 y 100 m se observó penetración de aguas frías (14°-16 °C) por el norte que llegan hasta la zona de Bahía Magdalena, mientras que al sur de la misma se reportó aguas medianamente frías (15°-17 °C).



Figuras 2a-d. Caracterización física en profundidad de la temperatura del mar en la ZEE del Pacífico Norte mexicano por época del año para 2003. Regiones Frías (F) aquellas que presentan una dominancia de temperatura entre 10° y 14.9 °C; Regiones medianamente frías (MF) aquellas que presentan una dominancia de temperatura entre 15° y 19.9 °C; Regiones medianamente cálidas (MC) las que presentan una dominancia de temperatura entre 20° y 24.9 °C; y Regiones Cálidas (C) son las que presentan una dominancia de temperatura entre 25° y 30.0 °C.

Caracterización marina con base en la Pnueva. La figura 3a muestra la caracterización biogeoquímica en profundidad con base en la Pnueva en la primavera del 2003. Se destacó una región mesotrófica costera en los primeros 10 m desde Tijuana hasta Isla Navidad; y al sur, desde el Trópico de Cáncer hacia la ZEE. En la parte oceánica se presentó una región oligotrófica (0-2, mgC m⁻³ d⁻¹) al norte de 25° N, posiblemente relacionada con el aporte de aguas pobres en nutrientes procedente del Pacífico Central hasta los 100 m. Entre 30 y 50 m se presentó región mesotrófica en el área cerca de Punta Santo Tomás y llegó hasta el sur de la ZEE del PNM. Esta región presentó giros anticiclónicos al oeste de Isla Navidad con una región eutrófica a 50 m de profundidad que circundó el Golfo de Ulloa. A 75 m se observó una franja al oeste del

Golfo de Ulloa hasta la ZEE en forma de giros con carácter mesotrófico (6-14, mgC m⁻³ d⁻¹). Para el verano, el panorama biogeoquímico cambió drásticamente a condiciones oligotróficas (0-5, mgC m⁻³ d⁻¹) en los primeros 30 m de toda el área de estudio (Fig. 3b). Al sur de la Isla Navidad la Pnueva se presentó con condiciones mesotróficas en 50 m, entre (6-9, mgC m⁻³ d⁻¹), mientras que al norte permanecieron oligotróficas. La Figura 3c muestra escenarios oligotróficos en toda el área de estudio durante el otoño. En invierno (Fig. 3d), se presentó región oligotrófica de 0-10 m en toda el área, y permaneció en el norte de la Península de Baja California hasta los 50 m. Un área mesotrófica se presentó al sur de los 25° N entre 30-50 m, mientras que entre 75 y 100 m se presentó condiciones oligotróficas.



Figuras 3a-d. Caracterización biogeoquímica con base en la Pnueva del mar para el Pacífico Norte mexicano por época del año. Regiones Oligotróficas (O) son aquellas que presentan una dominancia de Pnueva $\leq 0-5 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$; Regiones Mesotróficas (M) aquellas que presentan una dominancia de Pnueva entre 5 y $15 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$; Regiones Eutrólicas (E) aquellas que presentan una dominancia de Pnueva $> 15 \text{ mgC m}^{-3} \text{ d}^{-1}$.

Regionalización marina. En la Tabla 1 se muestra la propuesta de regionalización oceánica y costera para el PNM en nueve UGAs costeras y oceánicas.

El análisis de agrupamiento de las UGAs originó resultados especialmente coherentes con la ecología del área de estudio. En la figura 5a se muestra el clúster para la temperatura con índice de afinidad para las UGAs I, II, III, VII y IV, (todas referidas a la zona norte de la Península de Baja California), mientras que para la zona sur las UGAs V, IX, VI y VIII mostró igualmente afinidad. Las UGAs IV y V evidenció una región intermedia costera para la temperatura. En la figura 5b se muestra el vínculo de la Pnueva para las UGAs I, II, III, VII y V referidas al área norte-

ña de la Península de Baja California, mientras que para la zona sur las UGAs VIII, VI y IX representó igualmente acoplamiento. Al igual que en la temperatura, las UGAs IV y V evidenciaron la zona intermedia costera para la Pnueva con la UGA VIII oceánica. Toda la franja, tanto costera como oceánica funge como “zona de transición” o “parteaguas marino” en las siguientes condiciones anuales medias: a) ante un fortalecimiento de incremento de la Corriente de California acontecidas por eventos extremos en el Pacífico nororiental (frío o cálido), las condiciones físicas y biogeoquímicas imperantes en esa “zona de transición” se mueve hacia el sur. Por el contrario, ante perturbaciones ecuatoriales como las condiciones de “El Niño o La Niña”, esa “área de transición” se traslada o se mueve más hacia el norte.

Tabla 1. Propuesta de Regionalización de UGAs costeras (c) y oceánicas (o) para el Ordenamiento Ecológico Marino del Pacífico Norte mexicano.

UGA	LATITUD	LONGITUD	CARACTERÍSTICAS DE LAS UGAs
I c	Desde: 32° 32'03.64"N Hasta: 31° 34'16.13"N	117° 07'27.04"O 116° 41'30.12"O	Desde la línea norte de la ZEE en Tijuana, hasta Punta Santo Tomás al sur de Ensenada. Esta área se caracteriza por la influencia y la persistencia de surgencias costeras. En el aspecto productivo, verano, otoño e invierno es oligotrófico. Sin embargo en primavera al sur de la UGA es mesotrófico desde superficie hasta los 75 m.
II c	Desde: 31° 34'16.13"N Hasta: 29° 56'59.16"N	116° 41'30.12"O 115° 48'49.42"O	Desde Punta Santo Tomás hasta Punta Baja. Es una zona de surgencias costeras, principalmente frente a la Bahía de San Quintín en primavera y principio del verano. Presenta características mesotróficas en superficie y eutróficas entre 30 y 50m. Para verano y otoño parece estar influenciada por aguas oligotróficas provenientes del Pacífico central disminuyendo la productividad en la zona.
III c	Desde: 29° 56'59.16"N Hasta: 27° 50'52.42"N	115° 48'49.42"O 115° 07'25.47"O	Desde Punta Baja hasta Isla Navidad. Área con amplia plataforma, comprende la Bahía de Sebastián Vizcaino. Es mesotrófico en primavera desde la superficie al fondo. Al parecer la influencia de aguas oligotróficas del Pacífico central penetra en forma de cuña en verano, otoño e invierno. El área se destacada como Centro de Actividad Biológica (BAC) (Lluch, 2000).
IV c	Desde: 27° 50'52.42"N Hasta: 26° 43'14.13"N	115° 07'25.47"O 113° 32'51.36"O	Desde Isla Navidad hasta Punta Abreojos. Zona con deformación costera saliente de escasa plataforma. Se caracteriza por mostrarse como parte aguas entre las condiciones oceanográficas del norte y del sur de la Península de Baja California. En esta región se establecen diferencias ecológicas marinas importantes a causa de la formación de fuertes remolinos y frentes. Es mesotrófico de 0-10 m y eutrófico entre 30 y 50 m en primavera. En el verano es mesotrófico entre 30 y 75 m.
V c	Desde: 26° 43'14.13"N Hasta: 24° 47'40.30"N	113° 32'51.36"O 112° 18'13.59"O	Desde Punta Abreojos hasta la Bahía Magdalena. Conformada por el Golfo de Ulloa, es una zona de amplia plataforma. Mesotrófico a partir de 10m llega a ser eutrófico entre 30-75m en primavera. En verano mesotrófico de 30 a 75m.
VI c	Desde: 24° 47'40.30"N Hasta: 22° 52'31.47"N	112° 18'13.59"O 109° 53'29.04"O	Desde Bahía Magdalena a Cabo San Lucas en BCS. Situada en el Trópico de Cáncer, es un área que separa dinámica y ecológicamente la región sur del centro y norte de la Península de Baja California. Mesotrófico entre 10 y 50 m en primavera y entre 30 y 50 en verano e invierno.
VII	Desde: 32° 32'03.64"N Hasta: 27° 50'52.42"N	117° 07'27.04"O 115° 07'25.47"O	Todo el norte de la frontera oceánica frente a Tijuana, hasta el exterior de la ZEE; por toda la parte exterior de la ZEE mexicana, hasta un punto en línea recta hasta las inmediaciones de Isla de Navidad. Área que alberga en su centro a la Isla Guadalupe, oligotrófica en sus alrededores a causa del efecto montaña submarina (Bakun, 1986, 1996). Durante todo el año prevalece el predominio de aguas con temperaturas medianamente frías hasta los 50 m y a partir de los 75 m aguas frías. Oligotrófico todo el año al norte, excepto en primavera que es mesotrófico entre 30 y 75 m.
VIII	Desde: 27° 50'52.42"N Hasta: 24° 47'40.30"N	115° 07'25.47"O 112° 18'13.59"O	En línea recta desde el punto de Isla Navidad hacia el borde exterior de la ZEE y desde este último punto hacia el sur en las cercanías de la Bahía Magdalena en el Golfo de Ulloa. Esta zona debe tomarse como de "transición" entre la región oceánica norte y la sur pues en ella confluyen regularmente giros y frentes térmicos. Oligotrófico durante el otoño, comienza su productividad mesotrófica en invierno, y en primavera principalmente eutrófico entre 10 y 75 m, para decaer a mesotrófico entre 30 y 75 m.
IX	Desde: 24° 47'40.30"N Hasta: 22° 52'31.47"N	112° 18'13.59"O 109° 53'29.04"O	Desde la Bahía Magdalena hasta la parte exterior de la ZEE mexicana por el sur hasta Cabo San Lucas. Es zona de grandes giros y frentes térmicos. En primavera es mesotrófico entre 10 y 50 m y en el verano entre 30 y 75 m. Oligotrófico durante el otoño, y de superficie hasta los 75 m es mesotrófico en invierno.
Sur			

Tabla 2. Resumen de la ubicación geográfica de cada UGA. Se señala una aproximación de las líneas que conforman la red CalCOFI e IMECOCAL dentro del área de trabajo, las condiciones medias en primavera, verano, otoño e invierno de la temperatura y Pnueva para 30 y 50 m; las pendientes de la relación temperatura-nitrato obtenidas en cada UGA, así como la climatología (1970-2008) de las surgencias costeras en el área de estudio. (G=costeras O=oceánicas). Temperatura: 10°-15 °C Región fría (F); 15°-20 °C Región medianamente fría (MF); 20°-25 °C Región medianamente cálida (MC); >25 °C Región cálida (C). Pnueva: Región oligotrófica (O); <= (0-5, mgC m⁻³ d⁻¹); Región mesotrófica (M): (5-15, mgC m⁻³ d⁻¹); Región eutrófica (E): (15-25, mgC m⁻³ d⁻¹).

UGAS	UGA I	UGA II	UGA III	UGA IV	UGA V	UGA VI	UGA VII	UGA VIII	UGA IX
LATITUD-LONGITUD	32°31'-117°07'	31°34'-116°41'	29°56'-115°48'	27°50'-115°07'	26°43'-113°32'	24°47'-112°18'	32°32'-117°07'	27°50'-115°07'	24°47'-112°18'
Líneas CalCOFI-IMECOCAL	100 C	107 C	117 C	120 C	133 C	157 C	107 O	127 O	157 O
Primavera	F	F	F	F	MF	MC	F	F	MC
Verano	F	MF	MF	MF	MC	C	MF	MF	MC
Otoño	MF	MF	MF	MC	C	C	MF	MC	C
Invierno	F	F	F	F	MF	MC	F	MC	MC
Primavera	E	E	M	E	E	M	O	E	M
Verano	O	O	O	M	O	M	O	M	M
Otoño	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Invierno	M	M	O	O	O	M	O	O	M
NITRATOS (NO ₃ , μM/L)	ANUAL =62.915-4.18 * t = 64.129-4.206 * t = 61.178-3.74 * t = 61.087-3.66 * t = 71.034-4.339 * t = 56.479-2.619 * t = 70.406-5.117 * t = 66.829-4.239 * t = 50.676-2.251 * t								
SURGENCIAS COSTERAS (m ³ /s/100m línea de costa)	Promedio Climatológico (1970-2008)	JUNIO -300	JUNIO -300	JUNIO -200	MAYO -175	ABRIL-MAYO -150	ABRIL-MAYO -150		

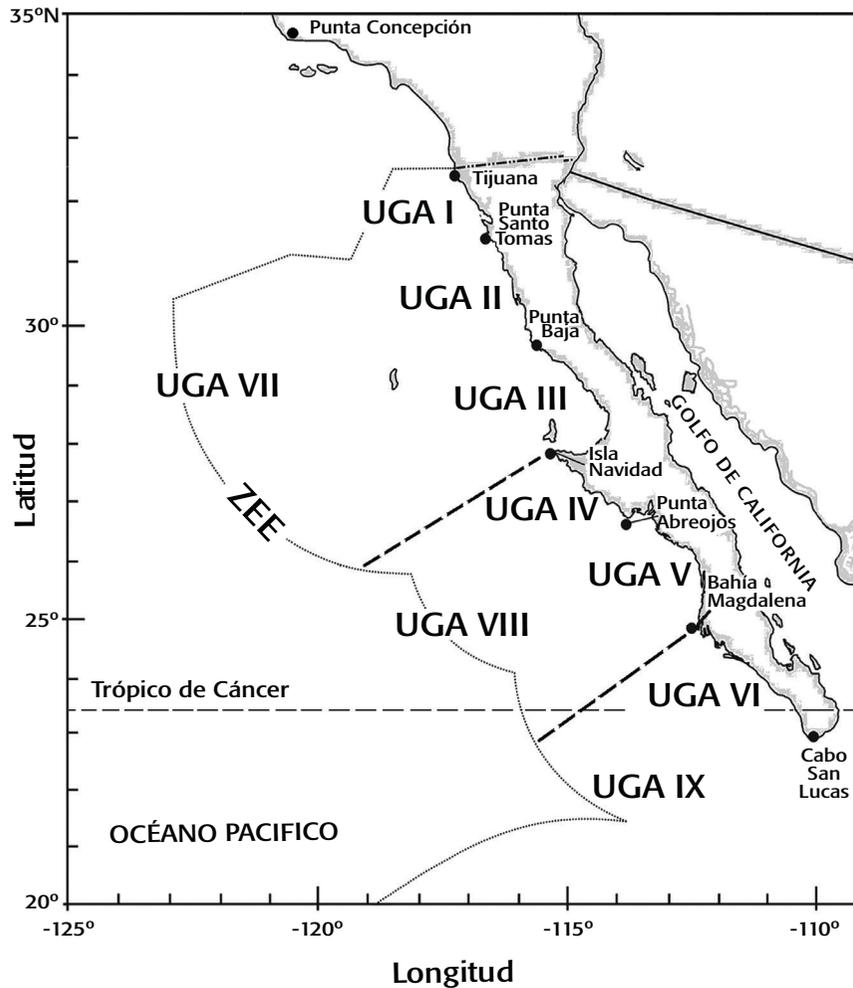


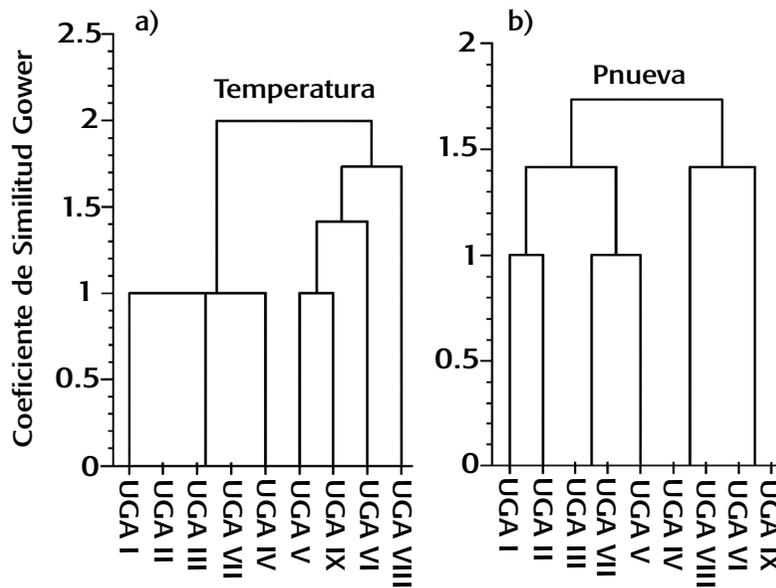
Figura 4.- Propuesta de Regionalización Oceánica y Costera para el Pacífico Norte mexicano con base en la caracterización física y biogeoquímica por profundidad.

La tabla 2 muestra un resumen de la ubicación geográfica de cada UGA. Señala la cercanía de las Líneas que conforman la red CalCOFI e IMECOCAL dentro del área de estudio; las condiciones promedio de la temperatura y Pnueva para 30 y 50 m en primavera, verano, otoño e invierno; las pendientes de la relación temperatura-nitrato obtenidas en cada UGA, así como la climatología (1970-2008) de las surgencias costeras en el área.

DISCUSIÓN

Pielou (1979), Hayden *et al.* (1984) y Zacharías & Roff (2000), coinciden en que la regionalización basada en el entorno físico es generalmente una buena forma de predecir respuestas de las regiones bióticas. Vallenga (2002) afirmó que con la creación de regiones oceánicas no se pretende ser estático, sino dinámico. Bocco *et al.* (2001) por su parte, señalaron que la vegetación y los suelos tienden a variar en forma predecible dentro de una unidad de relieve y señalan que éstas son clasificadoras integradas del paisaje. Si se toma el color del mar (pigmentos derivados de la abundancia del fitoplancton marino) como una analogía

de la vegetación terrestre y la temperatura del mar como el suelo (sustrato físico característico) donde crece la vegetación, e interpretamos el “paisaje” como “paisaje marino” dentro del concepto de ordenamiento, entonces podemos justificar la cimentación de la propuesta de regionalización marina basada en la temperatura y la Pnueva por las dos razones siguientes: primero, el color del océano representa a la biomasa del fitoplancton derivada de la concentración de los pigmentos fotosintéticos y en última instancia, es la que caracteriza las diferencias de las imágenes obtenidas por sensores remotos. Segundo, la temperatura de la superficie del mar se reconoce como la ‘huella digital térmica’ que se imprime en diversos procesos mecánicos y termodinámicos que ocurren en la interface océano-atmósfera (Gallegos-García *et al.*, 2003), los que a su vez 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-García *et al.*, 2009). Es por ello que el uso potencial del carbono marino, es un instrumento operativo para hallar respuestas de regionalización en la administración de los ecosistemas marinos mexicanos.



Figuras 5a-b. Análisis de agrupamiento de las UGAS para el Pacífico Norte mexicano. La figura (a) muestra el clúster para la temperatura con índice de afinidad para las UGAS I, II, III, VII y IV, referidas a la zona norte de la Península de Baja California. Para la zona sur las UGAS V, IX, VI y VIII muestran igualmente afinidad. Las UGAS IV y V evidencian la zona intermedia costera. La figura (b) señala el vínculo de la Pnueva para las UGAS I, II, III, VII y V referidas al área norteña de la Península de Baja California, mientras que para la zona sur las UGAS VIII, VI y IX muestran igualmente acoplamiento. Las UGAS IV y V indican la zona intermedia costera con la UGA VIII oceánica con respecto de la Pnueva.

Las diferencias espaciales y temporales de norte a sur en las anomalías de temperatura, sugieren que la región IMECOCAL está separada en dos provincias dinámicamente distintas con respuestas disímiles a los forzamientos físicos (Durazo, 2009). Los vientos a lo largo de la costa de la Península de Baja California son más intensos durante la primavera (Pérez-Brunius *et al.*, 2007, Castro & Martínez, 2010) y la advección norte-sur asociada a estos vientos, produce dominancia de aguas relativamente bajas en temperatura en la región (Durazo *et al.*, 2010). El viento paralelo a la costa origina surgencias costeras y éstas son una característica oceanográfica principal de la zona costera en la región occidental de la Península de Baja California. Los afloramientos de aguas costeras se identifican por presentar en sus inicios temperaturas frías, altos nutrientes y bajas concentraciones de clorofila cerca de la costa e inclinan la nutriclina hacia la superficie en zonas cercanas a la costa (Gaxiola-Castro *et al.*, 2010). Al norte de la península las surgencias se presentan durante todo el año, pero con mayor intensidad durante la primavera; mientras que en la zona sur ocurren principalmente durante primavera y verano (Durazo *et al.*, 2010). Debido al efecto combinado de las mareas y el forzamiento por el viento, las aguas originadas durante las surgencias con altas concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos y material orgánico, es advectada hacia el interior de las bahías y lagunas bajacalifornianas (Camacho, 2009). Los valores más altos de producción primaria nueva se obtuvieron a 50 m en la región sur frente a Punta Abreojos dentro del Golfo de Ulloa (Fig. 3a). Los aportes de nutrientes y la mayor cantidad de luz en primavera, determinan un perfil de condición mesotrófica en los primeros metros de profundidad para las áreas del norte de Isla Navidad, con características eutróficas entre 30 y 50 m para el resto de las áreas costeras del centro y en el sur de las áreas oceánicas (Figs. 3a, 4).

Una de las principales características del océano frente a la Península de Baja California es el intercambio de agua con altas concentraciones de nutrientes que se desprenden de Punta Concepción, California y los aportes de agua oligotrófica proveniente del Océano Pacífico central. Este desprendimiento tiende a formar chorros y separarse de la costa por la presencia de una cordillera submarina que no permite totalmente su ingreso al Southern California Bight, por lo que en su movimiento hacia el sur, arrastra agua oligotrófica del Pacífico central que afectan la región oceánica norte de la Península de Baja California principalmente entre los 30 y 75 m (Figs. 3c-3d). En la región oceánica central de la península se entremezclan la influencia de dos tipos de aguas: tropical-subtropical y aguas de origen subártica (Durazo *et al.*, 2010). Este patrón promedio anual se manifiesta como un "parteaguas" frente a la región de Isla Navidad y se caracteriza por la mayor influencia de agua subártica al norte, mientras que al sur, combina éstas en temporadas frías y aguas subtropicales el resto del año manifestándose en los diagramas T-S (Durazo *et al.*, 2010). Estos mismos autores confirmaron la presencia de la contracorriente en profundidades intermedias dirigida hacia el polo, localizada en la región sur de la Península de Baja California. Esta contracorriente transporta agua de origen subtropical, con un patrón de circulación estacional formado por dos giros ciclónicos (a favor de las manecillas del reloj) separados a la altura de Isla Navidad. Algunos indicadores biológicos como la anchoveta norteña, la sardina y la merluza del Pacífico, muestran una separación poblacional entre las dos regiones lo que sugiere la existencia de dos provincias (Hewitt, 1981). Adicionalmente se ha reportado una diferenciación en la asociación faunal y la variabilidad oceánica del zooplancton frente a Baja California (Lavaniegos *et al.*, 2002, Lavaniegos, 2009).

En la oceanografía biológica es muy importante tener un acercamiento cuantitativo de la fertilidad debajo de la superficie marina, que auxilie a diferentes usuarios del Sector Pesquero, Turismo y aquellas secretarías del Gobierno Federal y Estatal involucrados en el OEM. En consecuencia, debido a que la producción de fitoplancton marino constituye la base de los recursos pesqueros, se debe regular para aprovecharlos de manera sustentable, en congruencia con los intereses de la sociedad. La Pnueva es una “bolsa general” de alimento nuevo que se desarrolla a medida que crece el fitoplancton, donde participa el zooplancton como consumidor de esta biomasa, para formar un equilibrio entre las poblaciones vegetales y animales que componen la base de la trama trófica marina. Las regiones mesotróficas y eutróficas en primavera frente a Baja California, propiciaron a una mayor presencia de organismos desovadores, que debido al “frenesí alimenticio”, construyeron un nicho ecológico cuya duración persistió en dependencia de las abundancias de los productores secundarios. 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 (Lavaniegos *et al.*, 2002). La región oceánica central de la Península de Baja California se caracteriza por presentar altos valores de Pnueva, con regiones meso-eutróficas hasta cerca de 25° N (Fig. 3), principalmente en primavera y verano. Las áreas de Pnueva en primavera a 30m de profundidad son consistentes 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 la zona adyacente a Punta Baja, Bahía de Sebastián Vizcaino y el Golfo de Ulloa. Estas áreas también fungen como zonas marinas de “resiliencia natural” convirtiéndose en sumideros de carbono extremadamente eficiente. La Pnueva subsuperficial puede ser utilizada para determinar el hábitat favorable de desovadores y entender la conexión en profundidad de recursos de importancia comercial y ecológica como sardina, anchoveta y otros pelágicos menores.

Por primera vez se expone una metodología de la regionalización marino-costera a partir de los conceptos de regionalización territorial, definidos por modelos con las variables de mayor estabilidad de la Ecología Marina: la Oceanografía Física (temperatura) y la Biogeoquímica Marina (Pnueva). Se demostró que los procesos físicos entre la atmósfera y el océano representados por la variabilidad espacio-temporal de la temperatura, promueven el transporte vertical de nitratos hacia la zona eufótica, los que determinaron los cambios en la producción de carbono nuevo en el área del sur de la Corriente de California frente a Baja California. Con la metodología implementada en este trabajo, se propone separar el ecosistema epipelágico frente a la Península de Baja California en seis UGAs costeras y tres oceánicas. De las UGAs oceánicas la VIII y las vecinas UGAs costeras IV y V son consideradas “zonas de transición” entre las condiciones oceanográficas norteñas y sureñas del océano frente a Baja California. La presente propuesta metodológica da un paso más en la consecución de mejoras a nivel técnico del OEM, -que es el instrumento de política ambiental en México que recomienda las mejoras en las actividades marinas- y un impulso académico para coadyuvar a cambiar el esquema de que el océano cercano a la costa es muy dinámico y no se puede ordenar desde el punto de vista ecológico.

REFERENCIAS

- ARRIAGA, L., E. VÁZQUEZ, J. GONZÁLEZ, R. JIMÉNEZ, E. MUÑOZ, & V. AGUILAR. 1998. *Regiones prioritarias marinas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- BAKUN, A. 1986. Local retention of planktonic early life stages in tropical reef/bank demersal systems: The role of vertically-structured hydrodynamic processes. In: D. Pauly & A. Yañez-Arancibia. (Eds.). *Papers presented to the IREP (OSLR) Workshop on Recruitment in Tropical Coastal Demersal Communities*. IOC Workshop Report 40. (Supplement).
- BAKUN, A. 1996. *Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics*. San Diego, California, University of California, Sea Grant-CIBNOR, pp. 323.
- BEHRENFELD, M. J. & P. G. FALKOWSKI. 1997. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography* 42:1-2.
- BEZAURY-CREEL J, A. MOSSO, & D. GUTIERREZ. 1996. Estrategia para la Conservación de Aéreas Costeras y Marinas para México. In: *Borrador para discusión. UICN-CNPPA-Montreal, Canada*. Documento Interno Amigos de Sian Ka'an A.C.
- BOCCO, G., M. MENDOZA, & A. VELÁZQUEZ. 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. O. Toledo, G. de la Lanza-Espino, & S. Villanueva. 2000. The Pacific Coast of Mexico. In: C. Sheppard (Ed.). *Seas of the Millennium: An Environmental Evaluation*. Elsevier Science Ltd., pp. 483-499.
- CADDY, J. F. & A. BAKUN. 1994. A tentative Classification of coastal Marine Ecosystems Base on Dominant processes of Nutrient Supply. *Ocean and Coastal Management* 23:201-211.
- CalCOFI. 2003. Hydrographic Data - 1949 to Latest Update - tabulated bottle data from specific depths. Available online at: <http://www.calcofi.org/> (downloaded in December, 2003).
- CAMACHO, V. 2009. ¿Son los ecosistemas costeros mexicanos Fuentes o sumideros de Bióxido de Carbono? En: *Presentación en 1er Simposio Internacional del Carbono en México, 7-9 de Octubre, 2009*, CICESE, Ensenada, Baja California, México.
- Carr, M. E. 2001. Remote sensing tools for Ocean Biogeochemistry. *Oceanography* 14:1-37.
- CASTRO, R. & A. MARTÍNEZ. 2010. Variabilidad espacial y temporal del campo de viento. En: G. Gaxiola-Castro, R. Durazo (Eds.). *Dinámica del ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1997-2007. Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California*. INE, CICESE, UABC, pp.129-147.
- Chen-Tung, A. C. 2003. New vs. export production on the continental shelf. *Deep-Sea Research II* 50:1327-1333.
- COLES, V. J., C. WILSON, & R. HOOD. 2004. Remote sensing of new production fuelled by nitrogen fixation. *Geophysical Research Letters* 31:L06301, doi10.1029/2003GL019018.

- CÓRDOVA, A., F. ROSETE, G. ENRÍQUEZ & B. HERNÁNDEZ. 2006. *Ordenamiento Ecológico Marino: Visión Temática de la regionalización*. INE, México., pp. 219.
- CÓRDOVA, A., F. ROSETE, G. ENRÍQUEZ, & B. HERNÁNDEZ. 2009. *Ordenamiento Ecológico Marino: Visión Integrada de la regionalización*. INE, México., pp.232.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1996. Diario Oficial de la Federación, Reformas y Adiciones, 13 de diciembre, 1996. LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente).
- DUGDALE, R.C. & J. J. GOERING. 1967. Uptake of new and regenerate forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography* 12:196-206.
- DUGDALE, R.C., C. O. DAVIS, & F. P. WILKERSON. 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.
- Durazo, R. 2009. Climate and upper ocean variability off Baja California, Mexico: 1997–2008. *Progress in Oceanography* 83: 361-368.
- DURAZO, R., A. M. RAMÍREZ-MANGUILAR, L. E. MIRANDA, & L. A. SOTO-MARDONES. 2010. Climatología de variables hidrográficas. *En: G. Gaxiola-Castro, R. Durazo (Eds.). Dinámica del ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1997–2007. Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California*. INE, CICESE, UABC, pp. 25-57.
- EPPLEY, R. W. & B. J. PETERSON. 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 & G. Wefer (Eds.). Productivity of the Ocean: Present and Past*. John Wiley & Sons Limited, Chischester, New York, pp. 85-97.
- ESCOFET, A. 2004. Marco operativo de macro y meso escala para estudios de planeación de zona costera en el Pacífico Mexicano. *En: E. Rivera-Arriaga, G. J. Villalobos-Zapata, I. Azuz-Adeath & F. Rosado-May (Compil.). El manejo costero en México*. UCAM, SEMARNAT, CETYS, UQROO. México, pp. 223-234.
- GALLEGOS-GARCÍA, A., R. RODRÍGUEZ, E. MÁRQUEZ, & R. LECUANDA. 2003. Temperatura de la Superficie de los Mares de México. *El Faro*, sección *Asómate a la Ciencia*. *Boletín informativo de la CIC-UNAM* 3:1-30.
- GALLEGOS-GARCÍA, A., J. ZAVALA-HIDALGO, O. ZAVALA-ROMERO, R. LECUANDA, A. MATEOS-JASSO, & R. RODRÍGUEZ SOBREYRA. 2009. Imágenes dinámicas de la temperatura de la superficie de los mares de México, 1996-2003. *En: A. Córdova, F. Rosete, G. Enríquez & B. Hernández (Compil.). Ordenamiento Ecológico Marino: Visión integrada de la regionalización*. INE. México, pp. 43-72.
- GAXIOLA-CASTRO, G., J. CEPEDA-MORALES, S. NÁJERA-MARTÍNEZ, T. L. ESPINOZA-CARREÓN, M. E. DE LA CRUZ-OROZCO, R. SOSA-ÁVALOS, E. AGUIRRE-HERNÁNDEZ, & J. P. CANTÚ-OLIVEROS. 2010. Biomasa y Producción del fitoplancton. *En: G. Gaxiola-Castro, R. Durazo (Eds.). Dinámica del ecosistema Pelágico frente a Baja California, 1997–2007. Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California*. INE, CICESE, UABC, pp. 59-86.
- GEA. 2007. Memoria documental de los trabajos del III Taller de Ordenamiento Ecológico Marino. *En: A. González Martínez, L. Chávez, V. Lorea & A. Rodríguez (Coord.). Grupo de Estudios Ambientales, AC, INE. México, DF, pp. 1-127.*
- GOES, J. I., T. SAINO, H. OAKU, J. ISHIZAKA, CH. S. WONG, & Y. NOJIRI. 2000. Basin scale estimates of Sea Surface Nitrate and New Production from remotely sensed sea surface temperature and chlorophyll. *Geophysical Research Letters* 27: 1263-1266.
- GOES, J. I., H. DO R. GOMES, A. LIMSAKUL, W. M. BALCH, & T. SAINO. 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., H. DO R. GOMES, A. LIMSAKUL, & T. SAINO. 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* 51:247–279.
- GUTIERREZ, C., & J. BEZAURY. 2001. Mapeo de Ecosistemas Marinos y Estuarinos de Norte América, Documento de Trabajo. *Comisión de Cooperación Ambiental, Fondo Mundial para la Naturaleza. WWF-México: 1-117.*
- HARRISON, W. G., T. PLATT, & M. R. LEWIS. 1987. “f-ratio” and its relationship to ambient nitrate concentration in coastal waters. *Journal of Plankton Research* 9:235-248.
- HAYDEN, B. P., G. C. RAY, & R. DOLAN. 1984. Classification of coastal and marine environments. *Environmental Conservation* 11:199-207.
- HENSON, S. A., R. SANDERS, J. T. ALLEN, I. S. ROBINSON & L. BROWN. 2003. Seasonal constraints on the estimation of new production from space using temperature-nitrate relationships. *Geophysical Research Letter* 30: OCE 10-1, doi10.1029/2003GL017982.
- HERNÁNDEZ-DE LA TORRE, B., G. GAXIOLA-CASTRO, S. ÁLVAREZ-BORREGO, J. GÓMEZ-VALDÉS, & S. NÁJERA-MARTÍNEZ. 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., R. AGUIRRE, G. GAXIOLA, A. GALLEGOS, S. ÁLVAREZ, F. ROSETE. 2011. Propuesta de regionalización marina en la península de Baja California, México (Ponencia). Coloquio “El Ordenamiento Ambiental del Territorio: encrucijadas y retos”. La Habana, Cuba, 4-8 de julio, 2011.---http://www.inecc.gob.mx/descargas/ord_ecol/2011_cong_ord_bhernandez.pdf (consultado en Julio, 2011).
- HEWITT R. 1981. Eddies and speciation in the California Current. *CalCOFI Reports* 22:96-98.
- IMECOCAL. 2003. Derrotero (plan de estaciones). Disponible en línea en: <http://imecocal.cicese.mx/derrotero.html> (consultado en Diciembre, 2003).
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2006. Manual del proceso de ordenamiento ecológico, *INE-SEMARNAT: 1-335*.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. Zona Económica Exclusiva de México. Disponible online en: <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/prodyserv/oceanografia/ocean23.cfm?c=1011>.
- INP (Instituto Nacional de la Pesca). 1994. Atlas Pesquero de México. *Secretaría de Pesca, México, DF.*

- KAHRU, M. 2007. Windows Image Manager (WIM). *Image Display and analysis program for Microsoft Windows Software (cd-rom)*.
- KUDELA, R. & R. C. DUGDALE. 1996. Estimation of new production from remotely-sensed data in a coastal upwelling regime. *Advances in Space Research* 18:91-97.
- KUDELA, R. & F. P. CHAVEZ. 2002. Multi-platform remote sensing of new production in central California during the 1997–1998 “El Niño”. *Progress in Oceanography* 54:233–249.
- LAVANIEGOS, B. E., L. C. JIMENEZ-PEREZ & G. GAXIOLA-CASTRO. 2002. Plankton response to El Niño 1997-1998 and La Niña 1999 in the southern region of the California Current. *Progress in Oceanography* 54:33-58.
- LAVANIEGOS, B. E. 2009. Influence of a multiyear event of low salinity on the zooplankton from Mexican eco–regions of the California Current. *Progress in Oceanography* 83:369-375.
- LLUCH-BELDA, D. 2000. Centros de Actividad Biológica en la costa occidental de Baja California. *Er: D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. CIBNOR, México, pp. 49-64.
- LLUCH-COTA, S.E., & J. P. ARIAS-ARECHIGA. 2000. La importancia de considerar la existencia de los Centros de Actividad Biológica para las regionalizaciones del océano: El caso del Golfo de California. *Er: D. Lluch-Belda, J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). BAC: Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano*. CIBNOR, México, pp. 255-264.
- LONGHURST, A. 2007. *Ecological Geography of the Sea*. Elsevier Inc., pp. 542.
- MERINO, M. 1987. The coastal zone of Mexico. *Coastal Management* 15:27-42.
- PEREZ-BRUNIUS, P., M. LOPEZ, A. PARES-SIERRA & J. PINEDA. 2007. Comparison of upwelling indices off Baja California derived from three different wind data sources. *CalCOFI Reports* 48:204–214.
- PIELOU, E. C. 1979. *Biogeography*. Wiley-Interscience, Nueva York, USA, pp. 351.
- ROSETE, F., G. ENRÍQUEZ & A. CÓRDOVA Y VÁZQUEZ. 2006. El Ordenamiento Ecológico Marino y Costero: tendencias y perspectivas. *Gaceta ecológica* 78:47-63.
- SATHYENDRANATH, S., T. PLATT, E. P. W. HORNE, W. G. HARRISON, O. ULLOA, R. OUTERBRIDGE & N. HOEFFNER. 1991. Estimation of new production in the ocean by compound remote sensing. *Nature* 353:129-133.
- SEALEY, K. S. & G. BUSTAMANTE. 1999. Setting geographic priorities for marine Conservation in Latin America and the Caribbean. *The Natural Conservancy, Arlington, Virginia*, pp.125.
- SEAWIFS. 2003. Sea-viewing Wide Field-of-View Sensor (SeaWiFS). Data Distribution Site Description available online at: <http://ocean-data.sci.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/> downloaded December, 2003
- 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* 29:165-185.
- SHERMAN, K. & Q. TANG. 1999. Large Marine Ecosystems of the Pacific Rim, Assessment, Sustainability and Management. Blackwell Science, Inc., Malden (Mass), USA, pp. 465.
- Surgencias Costeras. 2003. Pacific Fisheries Environmental Laboratory. Upwelling Indices. Available online at: <http://www.pfeg.noaa.gov/products/PFEL/modeled/indices/upwelling/upwelling.html> downloaded December, 2003).
- VALLEGA, A. 2002. The regional approach to the ocean, the ocean regions, and ocean regionalization —a post-modern dilemma. *Ocean and Coastal Management* 45: 721-760.
- WATTS, L. J., S. SATHYENDRANATH, C. CAVERHILL, H. MAASS, T. PLATT & N. J. P. OWENS. 1999. Modeling new production in the northwest Indian Ocean region. *Marine Ecology Progress Series* 183:1-12.
- WILKINSON, T., J. BEZAURY-CREEL, F. GUTIERREZ, T. HOURIGAN, L. JANISHEVSKI, C. MADDEN, M. PADILLA & E. WIKEN. 2003. *Marine Ecoregions of North America*. Draft for review. Commission for Environmental Cooperation, September, 2003.
- WOLTER, K. & M. S. TIMLIN. 1993. Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. *In: Proceedings of the 17th Climate Diagnostics Workshop*, Norman, Oklahoma. NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Climate Survey, CIMMS and the School of Meteorology, University of Oklahoma, Norman, Oklahoma, USA, pp. 52-57.
- WOLTER, K., & M. S. TIMLIN. 1998. Measuring the strength of ENSO events: How does 1997/98 ranks? *Weather* 53:315-324.
- ZACHARIAS, M., & J. ROFF. 2000. A hierarchical approach to conserving marine biodiversity. *Conservation Biology* 14:1327-1334.

Recibido: 31 de marzo de 2014.

Aceptado: 02 de diciembre de 2014.