



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



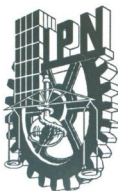
**VARIABILIDAD AMBIENTAL Y SU EFECTO EN
LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE
LAS TASAS DE CAPTURA DE DORADO
(*Coryphaena hippurus*) EN LA REGIÓN DE LOS
CABOS B.C.S., MÉXICO.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

**PRESENTA
HIDEKI YOSHIDA HERNANDEZ**

LA PAZ, B. C. S., JUNIO DE 2015



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 01 del mes de Junio del 2015 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"VARIABILIDAD AMBIENTAL Y SU EFECTO EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL
DE LAS TASAS DE CAPTURA DE DORADO (*Coryphaena hippurus*) EN LA REGIÓN DE LOS CABOS, B.C.S."

Presentada por el alumno:

YOSHIDA

Apellido paterno

HERNÁNDEZ

materno

HIDEKI

nombre(s)

Con registro:

B	1	3	0	8	7	6
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director(a) de Tesis

DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

DR. GERMAN PONCE DÍAZ

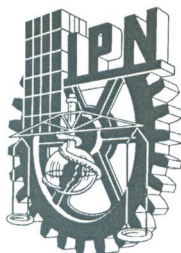
DR. HÉCTOR VILLALOBOS ORTIZ

DR. RAÚL OCTAVIO MARTÍNEZ RINCÓN

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 29 del mes Junio del año 2015
el (la) que suscribe OCEAN. HIDEKI YOSHIDA HERNÁNDEZ alumno(a) del
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS
con número de registro B130876 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"VARIABILIDAD AMBIENTAL Y SU EFECTO EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL
DE LAS TASAS DE CAPTURA DE DORADO (*Coryphaena hippurus*) EN LA REGIÓN DE LOS CABOS, B.C.S."

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: oc.yoshidah@gmail.com - sortega0408@gmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

OCEAN. HIDEKI YOSHIDA HERNÁNDEZ

nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, por la excelente planta académica y la oportunidad que me dio de realizar mis estudios y al proyecto Pelágicos Mayores por su apoyo con las bases de datos pesqueros.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Beca de Estimulo Institucional de Formación de Investigadores, por las becas otorgadas.

A la Dra. Sofía Ortega García por todo el apoyo y enseñanza, y sobre todo la paciencia que me tuvo.

A los miembros del comité revisor: Dr. Germán Ponce Díaz, Dr. Andrés Abitia Cárdenas, Dr. Raúl Martínez Rincón y al Dr. Héctor Villalobos Ortiz por sus aportes para mejorar la tesis.

Al personal administrativo del CICIMAR por su gran disposición para ayudar.

A los amigos que estuvieron en las malas y en las buenas, parte importante para mi crecimiento como persona.

A mi familia.

DEDICATORIA

A mi padre Mario Yoshida Yoshida y a mi madre Catalina Hernández Uribe

Tabla de contenido

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABLAS.....	vi
GLOSARIO.....	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	5
OBJETIVO GENERAL	8
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	8
AREA DE ESTUDIO.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS	11
<i>INFORMACION PESQUERA</i>	11
<i>INFORMACION AMBIENTAL</i>	11
<i>ANALISIS ESTADISTICO</i>	12
<i>ANALISIS ESPACIAL</i>	12
<i>MODELOS ADITIVOS GENERALIZADOS</i>	12
<i>PREDICCION ESPACIO-TEMPORAL</i>	13
<i>DETECCIÓN DE FRENTES TÉRMICOS</i>	13
RESULTADOS.....	15
<i>TASAS DE CAPTURA</i>	15
<i>TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR</i>	17
<i>PIGMENTOS FOTOSINTETICOS (CCL)</i>	19
<i>ALTURA SUPERFICIAL DEL MAR</i>	21
<i>VELOCIDAD DEL VIENTO</i>	23

<i>RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y LAS TC</i>	25
<i>ANÁLISIS ESPACIAL</i>	28
<i>MODELO ADITIVO GENERALIZADO (GAM)</i>	30
<i>FRENTES TERMALES</i>	37
DISCUSIÓN	39
CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXO I.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de operación de la flota de pesca deportiva de Los Cabos B.C.S. Localización geográfica y puntos de interés. a) Golden Gate, b) Gordo Bank, c) Migriño-Pozo Cota, d) Los Arcos, e) San Jaime.	9
Figura 2. Promedios mensuales de las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) registrada por las principales flotas deportivas que operaron en la región de Los Cabos B.C.S., durante el periodo 2008-2011.....	15
Figura 3. Gráfica de cajas de las tasas de capturas de dorado (número de organismos/viaje) por años, registrada por las principales flotas de pesca deportiva que operaron en la región de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	16
Figura 4. Gráfica de cajas de de las tasas de capturas de dorado (número de organismos/viaje) por estación, registrada por las principales flotas de pesca deportiva que operaron en la región de Los Cabos, B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	16
Figura 5. Promedios mensuales de la temperatura superficial del mar en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008- 2011.....	17
Figura 6. Gráfica de cajas de la temperatura superficial del mar anual, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008- 2011.....	18
Figura 7. Gráfica de cajas de la temperatura superficial del mar por estación, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	18
Figura 8. Promedios mensuales de la concentración de clorofila-a (CCL, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	19
La figura 10, muestra que la concentración de pigmentos fotosintéticos tuvo una estacionalidad marcada ($H_{(3,48)}= 22.48$; $p<0.05$), con máximos en primavera, en tanto que verano-otoño se presentaron los valores más bajos.	
Figura 9. Gráfica de cajas de la concentración de clorofila-a por años, en la zona de	

operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.	19
Figura 10. Gráfica de cajas de la concentración de clorofila-a por estación, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	20
Figura 11. Promedios mensuales de la altura superficial del mar en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	21
Figura 12. Gráfica de cajas de la altura superficial del mar por años, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.	22
Figura 13. Gráfica de cajas de la altura superficial del mar por estación, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	22
Figura 14. Promedios mensuales de la velocidad del viento en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.	23
Figura 15. Gráfica de cajas de la velocidad del viento por años, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	24
Figura 16. Gráfica de cajas de velocidad del viento por estación, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	24
Figura 17. Relación entre los promedios mensuales de temperatura superficial del mar y las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	25
Figura 18. Relación entre los promedios mensuales de clorofila-a y las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	26
Figura 19. Gráfico comparativo entre los promedios mensuales de altura superficial del mar y las tasas de captura (número de organismos/viaje) en la zona de	

operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	27
Figura 20. Gráfico comparativo entre los promedios mensuales de la velocidad del viento y las tasas de captura (número de organismos/viaje) en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	27
Figura 21. Captura total de dorado por cuadrante en número de organismos, capturados por las principales flotas de pesca deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.....	28
Figura 22. Tasa de captura de dorado (número de organismos/viaje) por cuadrante, registradas por las principales flotas de pesca deportiva de Los Cabos B.C.S., durante el periodo 2008-2011.....	29
Figura 23. Gráfico de efectos parciales de las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) en función de las variables predictivas, en Los Cabos B.C.S. a) Latitud y longitud, b) Tiempo, c) Temperatura superficial del mar y c) Mes.....	32
Figura 24. Predicción de las tasas de captura de dorado a partir de imágenes de temperatura superficial del mar con una resolución de 1.1 km.....	34
Figura 25. Continuación de la figura 24.....	35
Figura 26. Mapa de la desviación estándar asociado al modelo predictivo.....	36
Figura 27. Posición de frentes térmicos y las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) mayores para el mes de septiembre a) 2008, b) 2009, c) 2010 y d) 2011.....	38

LISTA DE TABLAS

Tabla I. Criterio de selección de variables según el porcentaje de devianza explicada.	30
Tabla II. Proceso de selección del modelo mínimo adecuado.	30

GLOSARIO

Correlación: Valor cuantitativo que expresa el grado de relación o variación conjunta de dos variables, medida a través de el coeficiente de correlación r , donde $r = 1$ es una relación positiva perfecta y $r = -1$ equivale a una relación inversa perfecta.

Concurvidad: Término usado en estadística no paramétrica, análogo a la colinealidad, describe las dependencias no lineales entre variables predictivas, pudiendo provocar una sobre-estimación de parámetros o subestimación del error estándar.

Devianza: Medida de información o variabilidad explicada por los modelos, homologa a la varianza en modelos lineales simples.

ENSO: El Niño Oscilación del Sur, fenómeno interanual dado por la interacción atmósfera-océano en la región ecuatorial del Pacífico, el cual genera variabilidad climática global.

Frente oceánico: Plano de separación de dos masas de agua con características diferentes, caracterizado por gradientes altos en la horizontal, de las variables biofísicas.

Frontogénesis: Proceso de formación o intensificación de los frentes.

Isoterma: Línea curva la cual une puntos de una misma temperatura.

Masa de agua: Volumen de agua, la cual tiene propiedades fisicoquímicas relativamente homogéneas.

Modelo aditivo generalizado (GAM): Modelos de regresión, en los que se relacionan variables explicativas a una variable de respuesta, ajustándose de manera local a través de la suma de funciones suavizadas y una función de enlace.

Pesca deportiva: Actividad pesquera cuyo objetivo es la recreación y esparcimiento, difiriendo de la pesca comercial donde el organismo es capturado con fines de lucro.

Surgencia: Movimiento ascendente de agua sub-superficial, generalmente caracterizada por ser más fría y rica en nutrientes.

Tasas de captura: Razón de extracción pesquera dada por una unidad de esfuerzo.

Termoclina: Zona en la columna de agua, donde el gradiente de temperatura es mayor.

Zona epipelágica: Capa superior del ambiente pelágico o columna de agua, normalmente referida a los primeros 100 metros.

RESUMEN

El dorado *Coryphaena hippurus* es un pez epipelágico que habita aguas tropicales y subtropicales en todos los océanos del mundo. En México, aunque esta especie está reservada para la pesca deportiva-recreativa dentro de las primeras 50 millas náuticas medidas desde la línea de costa; es capturado de manera incidental por barcos cerqueros, palangreros y pequeñas embarcaciones artesanales que operan a lo largo de las costas del Pacífico mexicano. Mediante el uso de modelos aditivos generalizados (GAMs) se analizó el efecto de algunas variables ambientales en la distribución espacio-temporal de las tasas de captura (TC) del dorado en Los Cabos B.C.S., México. Para ello se utilizó información georeferenciada de las tasas de captura de esta especie registradas por las flotas deportivas más importantes que operaron en esta localidad durante el periodo 2008-2011. Las variables ambientales utilizadas en este trabajo fueron la temperatura superficial del mar (TSM), concentración de clorofila-*a* (CCL), la altura superficial del mar (ASM) y la velocidad del viento (VV) las cuales fueron obtenidas de imágenes satelitales así como el análisis de frentes térmicos para el mes con TC mayores. La variabilidad estacional de las TC fue significativa, con valores máximos durante verano y aunque no se encontró variabilidad interanual significativa, 2009 presentó el promedio de TC más alto (1.84 organismos/viaje) mientras que 2010 el más bajo (1.02 organismos/viaje). Se encontraron correlaciones significativas entre las TC y las variables ambientales exceptuando la VV. En el análisis espacial se determinaron tres cuadrantes de mayor captura localizados en la costa oeste; uno de ellos ubicado en el Golden Gate y los otros dos en la zona costera, al igual que una asociación a la presencia de los frentes térmicos. El modelo que tuvo el mejor ajuste explicó el 37.5% de la devianza, el cual incluyó variables espaciales (longitud, latitud), temporales (mes) y ambientales (TSM). El modelo final muestra que el recurso tiene preferencia espacial al Oeste del área de estudio, así como preferencia de temperatura de 26 °C y que la especie se presenta con mayor abundancia durante Septiembre en la zona de Los Cabos.

ABSTRACT

The dolphinfish *Coryphaena hippurus* is an epipelagic fish that inhabits tropical and subtropical oceans around the world. Although by law in Mexico the species is reserved for recreational fishing within 50 nmi from shore, dolphinfish are captured incidentally by purse seiners, longliners and small artisanal fleet that operate along the Mexican Pacific coast. The effect of environmental variables on the spatio-temporal distribution of dolphinfish catch rates (CR) in Los Cabos, B.C.S., Mexico, was assessed by means of general additive models (GAMs), using georeferenced information of the CR recorded by the main recreational fleets that operated in the region from 2008 to 2011. The study examined the effect of sea surface temperature (SST), chlorophyll-*a* concentration (CCL), sea surface height (SSH) and the wind speed (WS), obtained from satellite images, as well as thermal fronts analysis for the month with higher CR. Seasonal variability of the CR was significant, with maxima during spring, although no interannual variability was shown 2009 had the highest CR mean (1.84 organism/trip) and 2010 the lowest (1.02 organism/trip). There was a significant correlation between the CR and all environmental variables except WS. The spatial analysis identified three quadrants along the west coast with high catches; one in the Golden Gate and two near the shore and association to the thermal front presence. The best-fit model explained 37.5% of the deviance, which included spatial variables (latitude, longitude), time (month) and environmental (SST). The final model shows a spatial preference to the west, as well as an environmental preference for temperatures of 26 °C and a greater abundance of the species during September in the Los Cabos region.

INTRODUCCIÓN

El dorado *Coryphaena hippurus* pertenece a la familia *Coryphaenidae*, es un organismo epipelágico cosmopolita que se distribuye en aguas tropicales y subtropicales, limitado por la isoterma de los 20 °C. Se caracteriza por tener un cuerpo alargado y comprimido lateralmente, aleta dorsal simple (55-65 radios) que se origina en la nuca y se extiende hasta la aleta caudal; aleta anal alargada a la mitad de la extensión del cuerpo, y una aleta caudal profundamente bifurcada. Cuando está vivo tiene un color usualmente verde brillante en el dorso, amarillo o dorado matizado en los costados (Uchiyama *et al.*, 1986).

Los machos maduros se caracterizan por tener una cresta ósea prominente (Palko *et al.*, 1982).

Es un pez de crecimiento rápido, con una longevidad máxima de 4 años (Beardsley, 1967). El dorado ha sido catalogado como un depredador voraz de ambiente epipelágico, consumidor principalmente de peces, aunque en diversas regiones consume crustáceos y cefalópodos (Palko *et al.*, 1982; Tripp-Valdez *et al.*, 2010, Torres-Rojas *et al.*, 2014). Su comportamiento alimentario se ha relacionado comúnmente a la característica de asociarse a objetos flotantes (naturales y artificiales), cualidad que presenta desde la etapa juvenil hasta la fase adulta, ya que en ellos encuentra de manera fácil las presas que consume (Kojima, 1961; Rose y Hassler, 1974; Uchiyama *et al.*, 1986). Por otra parte, es objeto de depredación de muchos organismos pelágicos, tales como peces de pico, algunos túnidos, e incluso presentan canibalismo (Takahashi y Mori, 1973).

El dorado, presenta una capacidad de desplazamiento alta, reportándose movimientos horizontales mayores a 40 km/día (Kingsford y Defries, 1999; Merten *et al.*, 2014a). En el Atlántico Oeste, se han reportado dos circuitos migratorios uno al norte del Caribe donde se observan movimientos dentro de un circuito definido, con variaciones espaciales y temporales (Kleisner, 2009; Farrell *et al.*, 2014; Merten *et al.*, 2014c) y otro al sur donde existe una marcada diferencia en la estacionalidad de

las capturas entre localidades (Oxenford y Hunte, 1986). Aunque aproximadamente el 66% del tiempo lo pasa entre 0-10 m, registra movimientos verticales diarios con inmersiones por debajo de la termoclina durante períodos de tiempo muy cortos (Ortega-García *et al.*, 2013; Furukawa *et al.*, 2014; Merten *et al.*, 2014b).

Estudios de la estructura genética poblacional del dorado han sido limitados y contradictorios; en el océano Atlántico, Oxenford y Hunte (1986) reportaron al menos dos poblaciones en el Caribe: noreste y suroeste. Para aguas al este del Brasil, Duarte-Neto *et al.* (2008) reportan una población; en tanto que en el Atlántico Central Este y en el Mediterráneo se ha planteado la existencia de una sola población (Pla y Pujolar, 1999). Para el océano Pacífico Occidental, Chang *et al.* (2013) sugieren la presencia de una sola población distribuida a lo largo de las aguas de Taiwán y Japón. Para el Pacífico Oriental, Díaz-Jaimes *et al.* (2006) y Tripp-Valdez *et al.* (2010) a través del uso de mtDNA y de microsatélites loci respectivamente, reportaron la presencia de una sola población panmíctica, mientras que Rocha-Olivares *et al.* (2006) sugieren poblaciones diferentes en Hawaii y Baja California Sur. El estudio más reciente sobre la estructura global de la población y filogeografía sugiere una estructura genética ampliamente distribuida y estrechamente relacionada, con mayor divergencia dentro del mar Mediterráneo (Díaz-Jaimes *et al.*, 2010).

El dorado, es un recurso que es explotado de manera comercial y deportiva a lo largo de toda su distribución (Oxenford y Hunte, 1986; Rivera y Appeldoorn, 2000; Zúñiga Flores *et al.*, 2008). En el Pacífico Occidental, Taiwán y Japón son los principales explotadores del recurso (Kojima, 1966; Wu *et al.*, 2001), mientras que Perú y Costa Rica lo son para el Pacífico Oriental. En el Atlántico, destaca la pesquería comercial de Florida y la artesanal del Mar Mediterráneo (Rose y Hassler, 1974; Massutí *et al.*, 1999).

En México, la captura de esta especie está reglamentada por NOM-017-PESCA-1994, la cual reserva su extracción dentro de las primeras 50 mn exclusivamente a la pesca deportiva, actividad que durante 2007 dejó una derrama económica de 633 millones de dólares en la región de Los Cabos (Southwick, 2008).

Aunque esta actividad pesquera tiene como principal objetivo la captura de peces de pico, el dorado es comúnmente capturado, y por tanto considerado como un premio de consolación para los practicantes de esta actividad (Klett-Trauslen *et al.*, 1996; Pérez-Valencia, 2004).

No obstante esta restricción, el dorado es capturado dentro de las 50 mn de manera ilegal o incidental por las flotas artesanales que operan en la zona costera a lo largo del Pacífico mexicano (PM) así como por la flota palangrera con permiso para la pesca de tiburón y pez espada, al igual que constituye una parte importante en la captura incidental de la flota atunera internacional que opera en el OPO, con un 59.9 % respecto al total de las especies no objetivo en el periodo 2001-2007 que equivale a 46,000 t (IATTC, 2006) así como un incremento del 53 % de las capturas totales en el periodo 2008-2012 con 71,000 t (IATTC, 2014), generando un conflicto de interés entre estas flotas y la deportiva (Santana-Hernández, 2001; Solana-Sansores, 2001; Zúñiga-Flores, 2002; Martínez-Rincón *et al.*, 2009).

Particularmente para la región de Los Cabos B.C.S, el dorado constituye el 27.2 % de la captura total de la flota deportiva que opera en la región, siendo segundo en importancia después del marlin rayado (*Kajikia audax*) con un 39.5 % (Ortega-García *et al.*, 2011).

Para esta misma región y de acuerdo a la Carta Nacional Pesquera, el esfuerzo de pesca realizado por la flota de pesca deportiva que opera en la región tuvo un incremento sustancial, pasando de 20 mil viajes de pesca registrados en 1996 a 50 mil en el 2008. Sin embargo, en 2010 registró una disminución a 37 mil operaciones (DOF, 2012).

No obstante la importancia económica y social del dorado, son pocos los estudios que hay sobre su distribución espacio-temporal en el OPO y los que hay, se basan en información de su captura incidental, por lo que los registros disponibles son muy oceánicos o carecen de continuidad espacial. Por ejemplo la flota palangrera con permiso para tiburón opera fuera de las 50 mn frente a Manzanillo, en tanto que la que tiene como objetivo el pez espada opera a lo largo de la costa

occidental de Baja California pero también fuera de las 50 mn (Santana-Hernández, 2001; Ortega-García *et al.*, 2008) mientras que la flota atunera de cerco mexicana opera generalmente en aguas oceánicas y su área de operación cambia a lo largo del año en la búsqueda del atún aleta amarilla, especie objetivo de esta pesquería (Martínez-Rincón *et al.*, 2009).

Lo anterior tiene como consecuencia que cerca de la costa se desconozca su distribución espacial, por lo que en esta investigación se abordará este análisis además de generar un modelo de pronóstico considerando las condiciones ambientales prevalecientes en el área de estudio. Lo que permitirá determinar la variabilidad espacio-temporal de la especie, información que además de ser de gran importancia para la pesca deportiva que opera en la región de Los Cabos, contribuirá a la determinación de sus movimientos dentro de la zona económica exclusiva de México, conocimiento que hasta la fecha es incipiente.

ANTECEDENTES

Respecto a la influencia que el medio ambiente tiene sobre el dorado, específicamente el efecto de la temperatura superficial del mar (TSM) ha sido analizada en varios estudios (Palko *et al.*, 1982; Norton, 1999; Zúñiga Flores *et al.*, 2008).

En el Atlántico Norte, se ha descrito que la isoterma de los 20 °C es la que limita su distribución (Beardsley, 1964). Para el Pacífico, la presencia del recurso se ha relacionado con temperaturas entre los 21 y 30 °C y salinidades de 31 ppm (Kojima, 1966). Norton (1999) determinó que la expansión del hábitat del dorado es debida a la recesión de la parte sur de la Corriente de California y al desplazamiento a altas latitudes de la isoterma de los 19 o 20 °C. Zúñiga-Flores (2004) en un análisis de las tasas de captura de la flota deportiva en Los Cabos B.C.S. estableció que las capturas mayores se registraron entre los 26 y 28 °C.

Otra variable que ha sido relacionada con tasas de captura de dorado altas es la concentración de clorofila-*a*; en un análisis de la flota palangrera en el Atlántico Noroeste, Farrell *et al.* (2013) determinó que éstas se registran durante valores mínimos de ésta variable.

Particularmente para la zona de estudio, Zúñiga-Flores (2004) encontró una relación alta entre las tasas de captura y la concentración de clorofila-*a* con un desfase de 5 meses. Menciona que no obstante que las temperaturas presentes son bajas cuando la concentración de clorofila-*a* es alta, éstas se encuentran dentro del rango de distribución del dorado, el cual es más abundante a partir de los 25 °C.

En el Atlántico Occidental, Kleisner (2009) por medio del análisis de componentes principales, encuentra una relación negativa entre las capturas de dorado y la distancia de los frentes térmicos así como una preferencia por el lado cálido de los mismos.

Furakawa *et al.* (2011), con el uso de marcas archivadoras, encuentran en el mar de China que aunque el dorado se mantenía un 43.4 % del tiempo en

profundidades de 0-5 m, estos realizaban incursiones a profundidades de 50.1 a 95.4 m, evitando los cambios rápidos de temperatura que se presentan pasando la termoclina.

En la actualidad los estudios que han abordado la distribución espacio-temporal del dorado en el Océano Pacífico Oriental (OPO) han sido basados en los datos de captura incidental de flotas comerciales como la palangrera con permiso para capturar tiburón o pez espada y la atunera con red de cerco que operan en aguas oceánicas y en las que se ha contado con información georreferenciada (Santana-Hernández, 2001; Ortega-García *et al.*, 2005, 2007, 2008; Martínez-Rincón *et al.*, 2009).

Santana-Hernández (2001) a partir de información de captura incidental de la flota palangrera que operó en aguas mexicanas del OPO, encontró que la captura de dorado corresponde a un 5.92 % de las capturas totales, observando una clara estacionalidad relacionada a la presencia de aguas cálidas con temperaturas superficiales superiores a los 26 °C.

Solana-Sansores (2001), con información de captura incidental de la flota atunera internacional que opera en el OPO determina una distribución muy amplia del dorado, con mayor presencia en primavera-verano, sobre dos franjas oceánicas; una en el ecuador y otra más al sur (a lo largo de los -10° de latitud), así como mayor presencia de juveniles cercanos a la costa en verano.

Con información de la captura incidental de la flota atunera mexicana, Martínez-Rincón *et al.* (2009) determinaron dos zonas de capturas altas, la primera entre las latitudes 0° y 10° N, y la segunda entre los 15° y 25° N. Si bien encontraron diferencias significativas en la variabilidad interanual y estacional, no se estableció ningún patrón en la distribución espacial. Por otra parte, aunque no encontraron una relación directa entre las capturas incidentales y la TSM, éstas fueron mayores entre los 25 y 28 °C.

Ortega-García *et al.* (2013), a través del uso de marcas convencionales en el PM, describieron el movimiento del dorado hacia el sur durante otoño.

El efecto de eventos interanuales de gran escala como El Niño Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés) en la distribución y abundancia del dorado ha sido reiteradamente sugerido, sin embargo pocos estudios los han relacionado con claridad.

Lasso y Zapata (1999), en aguas cercanas a Colombia, registran la expansión del hábitat del dorado hacia el sur, durante la presencia de la fase positiva del ENSO, registrando un aumento de su disponibilidad al norte de Perú, mientras que en la fase negativa, el recurso desaparece totalmente (Zapata, 2002).

Zúñiga *et al.* (2008), al analizar las tasas de captura de dorado en Los Cabos B.C.S., encuentran un efecto positivo en las tasas de captura durante El Niño 1992-1993 y negativo en El Niño 1997-1998 explicando esto último por el desplazamiento del recurso a latitudes más altas debido a que fue un evento más fuerte que el que se registró en 1992-1993.

Martínez-Rincón *et al.* (2009), mencionan que los eventos del ENSO, pudieran modificar los patrones de distribución de los objetos flotantes en el OPO y como consecuencia la fauna asociada a los mismos, donde el dorado es una de las especies más frecuentes.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución espacio-temporal de las tasas de captura del dorado y los efectos de las principales variables ambientales en la región de Los Cabos B.C.S.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la variabilidad interanual y estacional de las tasas de captura de dorado y de las principales variables ambientales en la región de Los Cabos B.C.S.
- Determinar la relación entre las tasas de captura y las variables ambientales: temperatura superficial del mar, concentración de clorofila *a*, velocidad del viento y altura superficial del mar.
- Analizar la presencia de frentes térmicos y su relación con las tasas de captura
- Elaborar un modelo de pronóstico para las tasas de captura.

ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la parte sur de la península de Baja California, entre los 22.6° y 23.4° N y los 109.2° y 110.4° W (Fig. 1). Donde se encuentran las principales zonas de pesca de la flota deportiva que opera en Los Cabos B.C.S. Esta región es una zona hidrográfica de transición compleja, ya que interactúan tres sistemas de corrientes importantes; el Sistema de la Corriente de California (SCC), el Sistema del Pacífico Tropical del Este (SPTE) y el Sistema del Golfo de California (CGC) con sus respectivas aguas (Castro *et al.*, 2000; Lavin *et al.*, 2009).

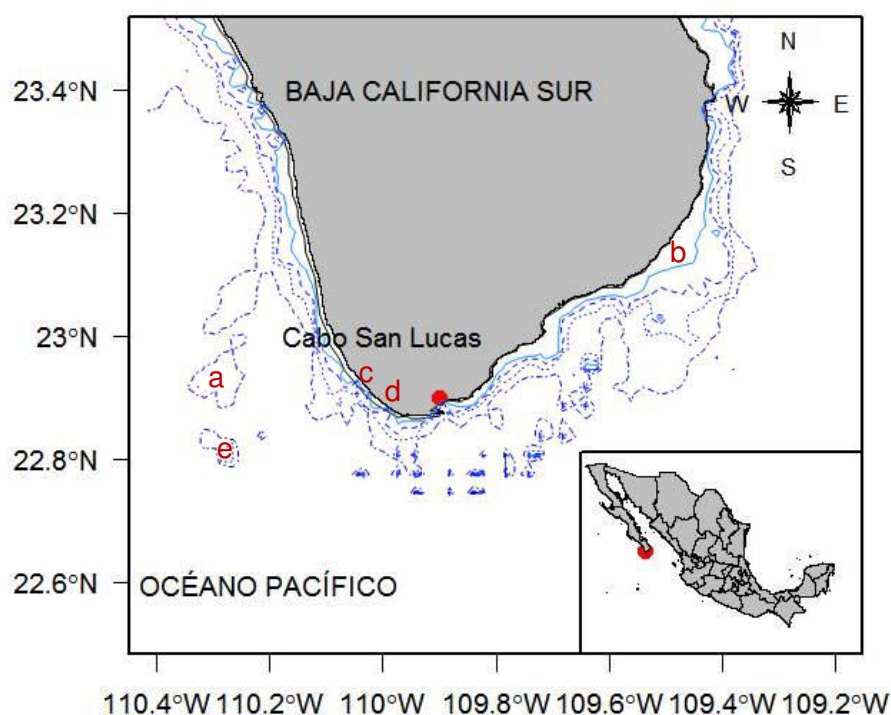


Figura 1. Zona de operación de la flota de pesca deportiva de Los Cabos B.C.S. Localización geográfica y puntos de interés. a) Golden Gate, b) Gordo Bank, c) Migriño-Pozo Cota, d) Los Arcos, e) San Jaime.

La Boca del Golfo de California (BGC), es la parte más estudiada de esta región, con vientos en invierno que provienen del noroeste con una velocidad de 8-12 ms^{-1} , mientras que en verano vienen del sureste con $\sim 5 \text{ ms}^{-1}$, condiciones favorables para la formación de surgencias en la costa oriental de la BGC (Douglas *et al.*, 1993). El intercambio de aguas en la BGC es también de manera estacional, en primavera el Agua de la Corriente de California (ACC) se distribuye a través de la entrada del golfo, en tanto que en otoño la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) fluye a través de la BGC (Wyrski, 1967; Kessler, 2006). La costa adyacente al Pacífico está caracterizada por vientos predominantes del norte, los cuales se intensifican y toman dirección paralela a la costa en los meses de primavera, teniendo un forzamiento sobre el agua superficial generando surgencias (Zaytsev *et al.*, 2003).

La TSM presenta un patrón estacional muy marcado, con máximos en agosto y mínimos en febrero, asociados también con el desarrollo de la termoclina estacional (Castro *et al.*, 2000). La interacción de la Corriente Costera Mexicana que fluye hacia el norte, así como una corriente interna del Golfo de California que fluye hacia el sur y la Corriente de California propician la formación de vórtices de mesoescala (Pantoja *et al.*, 2012).

La concentración de pigmentos fotosintéticos presenta características oligotróficas (promedio anual $0.46 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$) con cambios estacionales muy marcados, teniendo máximos en invierno-primavera y mínimos en verano-otoño. Además se ven modificados por eventos interanuales; disminuyendo en eventos El Niño y aumentando en eventos La Niña (Valdez-Holguín, 1986; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Escalante *et al.*, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

INFORMACIÓN PESQUERA

La información fue proporcionada por el Proyecto de Pelágicos Mayores del CICIMAR y corresponde a una base de datos georreferenciada en cuadrantes de 9.56 x 9.56 km con registro del número de organismos capturados y número de viajes de tres de las principales flotas que operaron en Cabo San Lucas B.C.S., durante el periodo 2008-2011.

Las tasas de captura mensuales, estacionales y por cuadrante se calcularon por medio de la siguiente fórmula:

$$TC = \frac{C_i}{S_i}$$

Donde:

TC = tasa de captura (número de organismos/viaje: orgs./viaje)

C_i = número de organismos capturados

S_i = número de viajes de pesca

INFORMACIÓN AMBIENTAL

La temperatura superficial del mar (TSM) y la concentración de clorofila-*a* (CCL) promedio mensual, fueron inferidas de imágenes de satélites de la NOAA de los sensores MODIS-Aqua y SeaWiFs, con una resolución de 1.1 km para el periodo 2008-2011 <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3?per=DAY> . También se utilizó la altura superficial del mar (ASM), derivada de las imágenes del sensor JASON-1- Altimeter con una resolución espacial de 25 km; así como la velocidad del viento (VV) con una resolución de 12 km a partir del escaterómetro QuikSCAT, ambas variables extraídas del portal electrónico de la NOAA (<http://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/index.html>). Las imágenes fueron

procesadas con el software comercial Windows Image Manager WIM 6.6, (Kahru *et al.*, 2010).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primera instancia se llevó a cabo un análisis exploratorio de los datos calculando medidas de tendencia central y dispersión así como, pruebas de normalidad y homocedasticidad (Kolmogorov-Smirnov y Bartlett). Dado que los datos no fueron normales ni homocedásticos ($D_{(5472)}=0.52, p<0.05$; $B_{(3,5472)}=115.63, p<0.05$), para determinar si había diferencias significativas tanto interanual como estacional en las tasas de captura así como en las variables ambientales, se aplicaron análisis de varianza no paramétricos (Kruskal–Wallis). Para establecer la relación entre las variables ambientales y las tasas de captura se utilizaron métodos de análisis de correlación simple de Pearson y correlación cruzada.

ANÁLISIS ESPACIAL

Para determinar la distribución espacio-temporal del dorado en la región, se crearon mapas de distribución espacial de las capturas totales y de las tasas de captura promedio por cuadrante para 2008-2011, así como un análisis mensual de las tasas de captura.

MODELOS ADITIVOS GENERALIZADOS

Para elaborar el modelo de pronóstico se utilizaron Modelos Aditivos Generalizados (Hastie y Tibshirani, 1986), los cuales se basan en el uso de funciones de suavizado no paramétricas para describir la relación entre las variables predictivas y la variable respuesta (e.g. respuestas complejas de las especies al medio ambiente) (Leathwick *et al.*, 2006), donde dichas relaciones pueden ser lineales o no lineales (Elith *et al.*, 2006). Utilizando además de las variables ambientales, las temporales (mes) y espaciales (latitud, longitud) como predictivas y las tasas de captura como variable de respuesta. El proceso de selección del Modelo Mínimo Adecuado (MMA) fue mediante el proceso de construcción de modelos que implica partir desde el modelo nulo (el que explica la variable respuesta con su promedio general), e incorporar nuevas variables predictivas en cada paso, las

variables se van agregando dependiendo en la devianza explicada (de mayor a menor), se considera que el MMA se alcanza cuando el aporte de la nueva variable no es estadísticamente significativa para el modelo anterior. Para todo el análisis estadístico se utilizó el paquete "mgcv" (Wood, 2011) en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2015).

El modelo se expresa de la siguiente forma:

$$g(\mu_i) = \alpha + f_i(X_{1i}) + f_i(X_{2i}) + \dots + f_n(X_{ni})$$

Donde g es la función de enlace $\ln(\mu)$, μ_i corresponde al valor esperado de las TC, α es el intercepto, f_n es la función suavizante y X_n corresponde a las variables predictivas.

PREDICCIÓN ESPACIO-TEMPORAL

Una vez definido el MMA, la predicción espacio-temporal de las tasas de captura de dorado, se llevó a cabo alimentándolo con imágenes mensuales de TSM de un área poco mayor que aquella donde opera la flota, con una resolución de 1.1km para el periodo 2008-2011.

DETECCIÓN DE FRENTE TÉRMICOS

Con la finalidad de determinar si la presencia y localización de frentes térmicos favorecían tasas de captura altas del recurso en el área de estudio, se seleccionó el mes con valores más altos de capturas para relacionarlo con la presencia de los frentes. Para ello se utilizaron composiciones de 5 días de imágenes de satélite de TSM, a las cuales se les aplicó un análisis de detección de frentes descrito por Cayula y Cornillon (1992) el cual consiste en la división de la imagen en ventanas traslapadas de $m \times m$ píxeles a las cuales se analiza la bimodalidad, en caso de ser bimodal, la ventana se analiza espacialmente para determinar la cohesión de los datos y así determinar los píxeles límites de las poblaciones. Finalmente utilizando un algoritmo de unión de contornos con gradientes de temperatura se unen los píxeles

límite para formar la línea de frente, eliminando líneas con menos de 10 píxeles. Este proceso se llevó a cabo con el software comercial Windows Image Manager WIM 6.6 (Kahru *et al.*, 2010) con ventanas de 40 píxeles.

RESULTADOS

TASAS DE CAPTURA

El valor promedio de las TC para el periodo analizado fue de 1.34 orgs./viaje. El comportamiento de las TC fue similar durante todo el periodo de estudio, con los valores más altos entre verano y otoño, lo cual sugiere una marcada estacionalidad (Fig. 2), destacando el promedio máximo mensual que se presentó en septiembre del 2008 con 6.53 orgs./viaje.

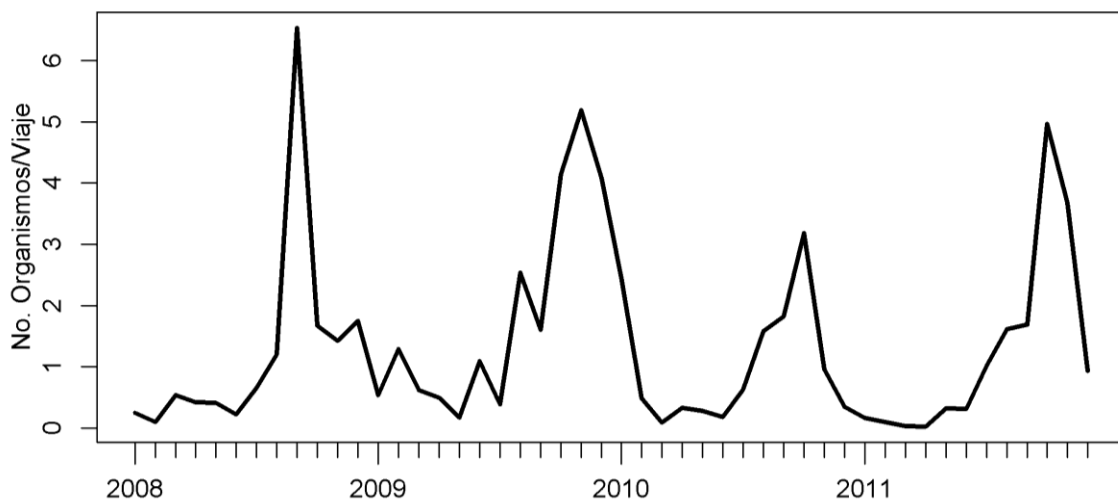


Figura 2. Promedios mensuales de las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) registrada por las principales flotas deportivas que operaron en la región de Los Cabos B.C.S., durante el periodo 2008-2011.

No obstante que la variación interanual de las TC no fue significativa ($H_{(3,48)} = 2.77$; $p=0.44$), en 2009 se registró el promedio anual más alto (1.84 orgs./viaje) y en 2010 el mínimo con 1.02 (Fig. 3).

La variabilidad estacionalidad promedio de las capturas fue significativa ($H_{(3,48)} = 25.81$; $p<0.05$) registrando las TC promedio más altas en verano-otoño, con un valor de 2.23 orgs./viaje, en tanto que en primavera se obtuvo el valor promedio más bajo con 0.35 orgs./viaje (Fig. 4).

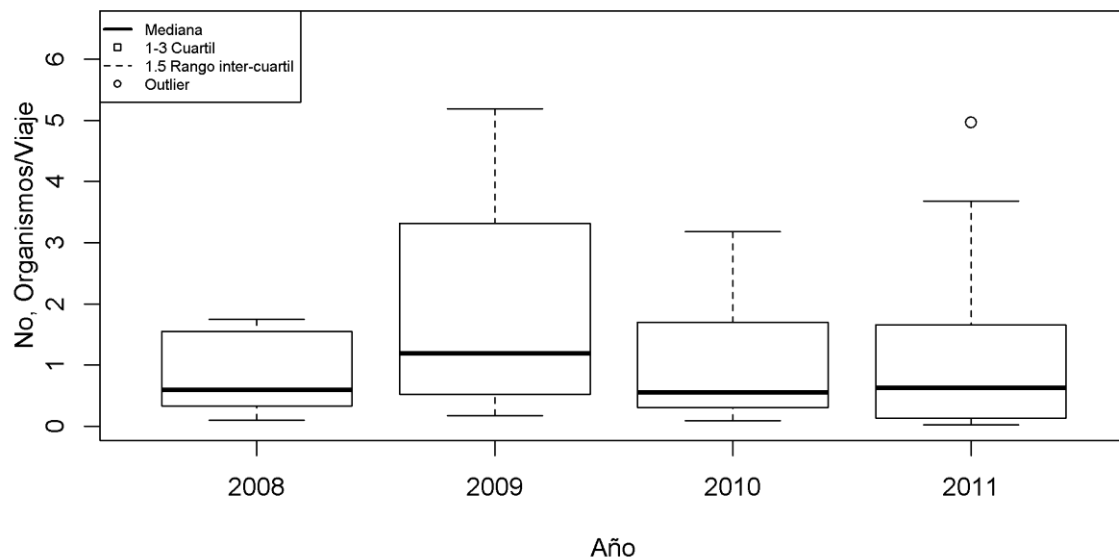


Figura 3. Gráfica de cajas de las tasas de capturas de dorado (número de organismos/viaje) por años, registrada por las principales flotas de pesca deportiva que operaron en la región de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

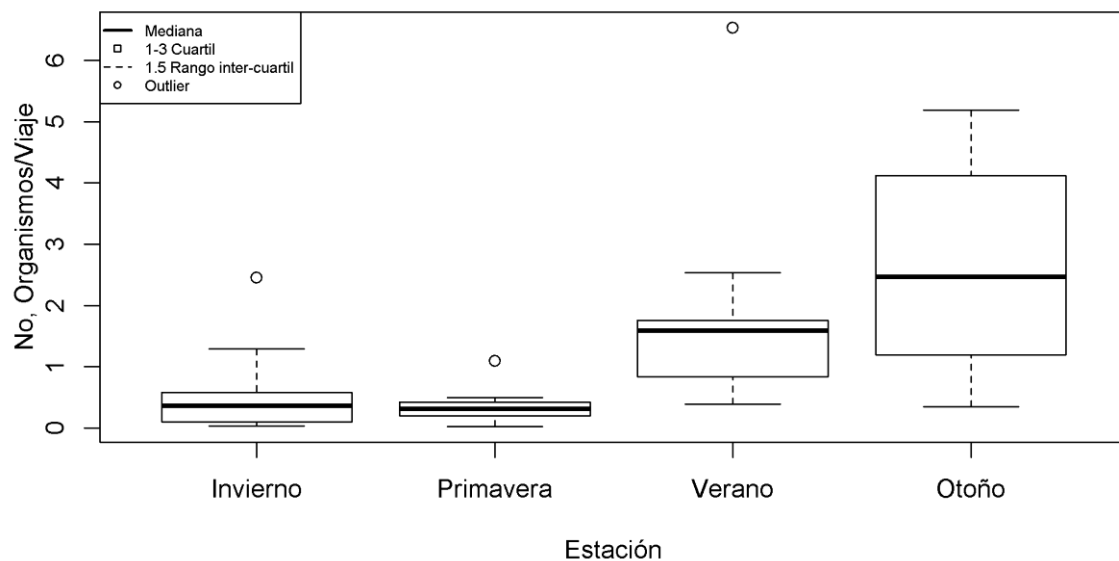


Figura 4. Gráfica de cajas de las tasas de capturas de dorado (número de organismos/viaje) por estación, registrada por las principales flotas de pesca deportiva que operaron en la región de Los Cabos, B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

El patrón de la TSM fue similar durante los cuatro años, con valores máximos entre 28 –30 °C durante el verano o principios de otoño y mínimos durante invierno (Fig. 5). El valor máximo se registró durante el 2010 (30.4 °C) y el mínimo en 2008 (20.3 °C). Cabe resaltar que el mínimo registrado en 2010 fue de más de dos grados de diferencia con respecto al de 2008.

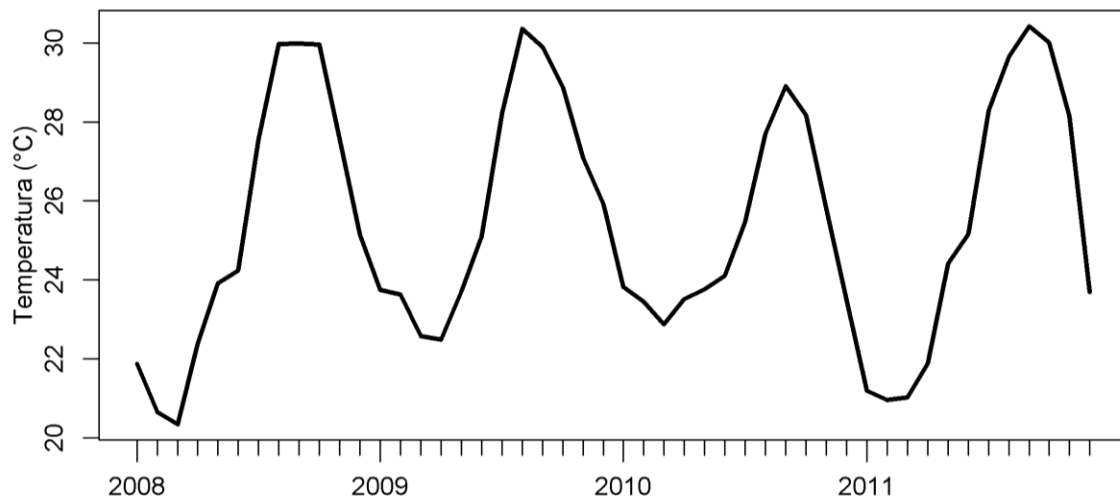


Figura 5. Promedios mensuales de la temperatura superficial del mar en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

La Figura 6, muestra que no existe diferencia significativa de la temperatura promedio anual para el periodo 2008-2011, observándose el mismo patrón que las TC, con promedios de 25.3, 25.9, 25.1 y 25.4 °C para 2008, 2009, 2010 y 2011 respectivamente ($H_{(3,48)} = 0.44$; $p=0.93$).

La TSM mostró una clara estacionalidad, con el promedio máximo en verano, y mínimo en invierno ($H_{(3,48)} = 34.46$; $p<0.05$).

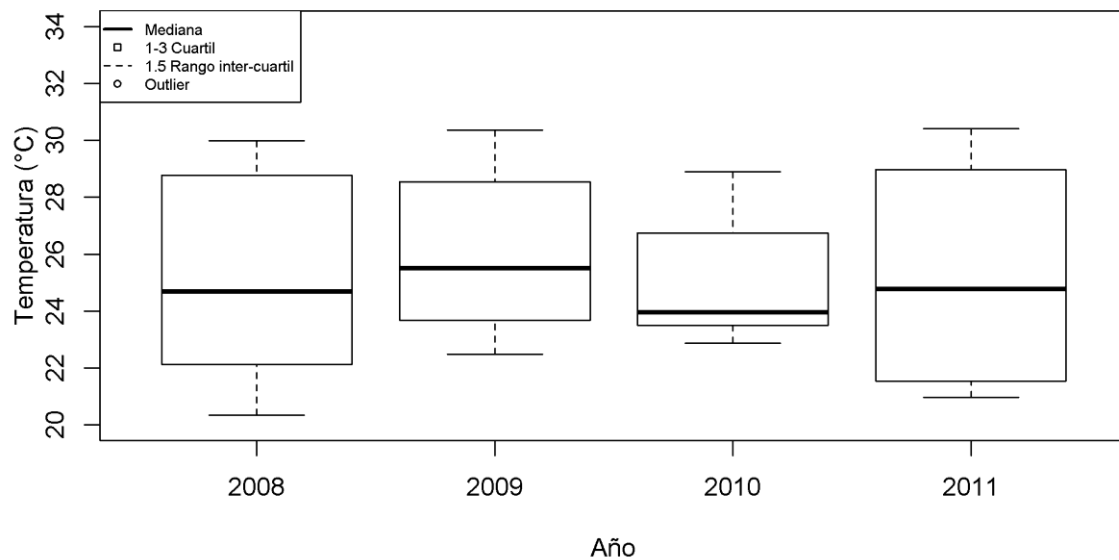


Figura 6. Gráfica de cajas de la temperatura superficial del mar anual, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

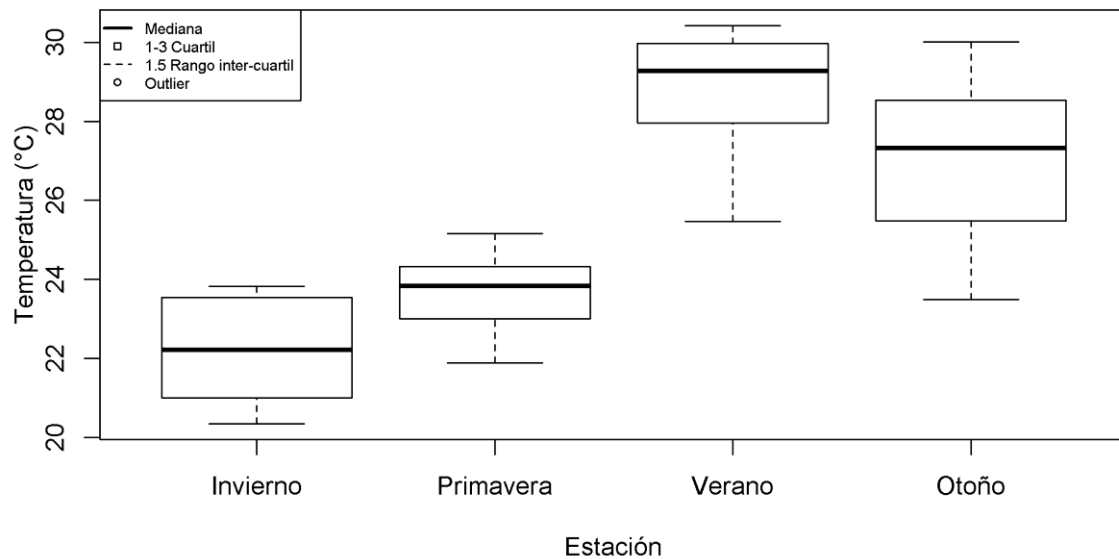


Figura 7. Gráfica de cajas de la temperatura superficial del mar por estación, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS (CCL)

Es de resaltar el comportamiento de la CCL, la cual presentó en 2008 valores muy superiores al promedio ($0.87 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$), con dos picos uno en febrero y el otro en junio, con 3.25 y $4.79 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ respectivamente. El comportamiento en los años restantes fue similar con un máximo a principios de primavera aunque con valores más bajos. Una excepción fue 2010 el cuál registró durante todo el año valores bajos.

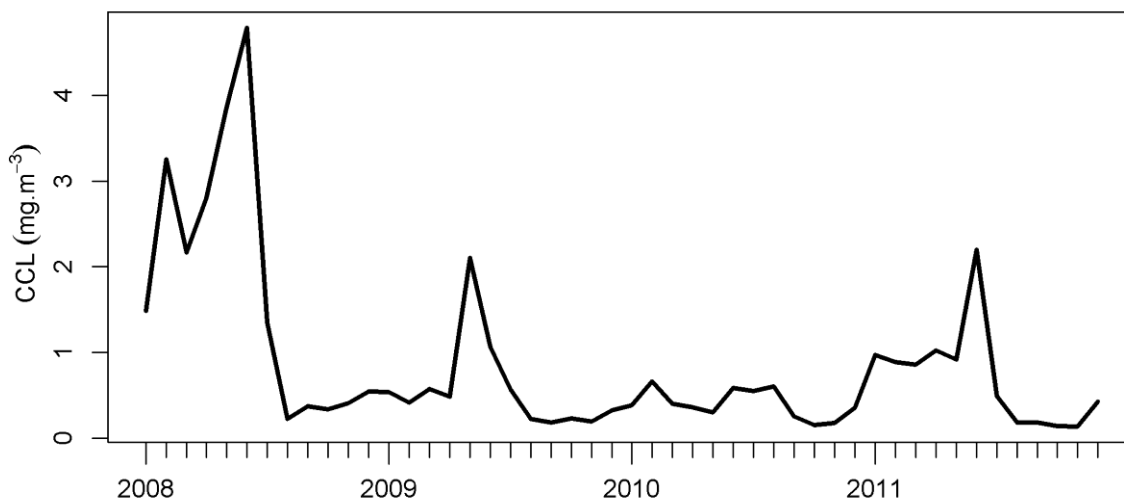


Figura 8. Promedios mensuales de la concentración de clorofila-a (CCL, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

No obstante lo anterior, la concentración de pigmentos fotosintéticos no mostró una variabilidad interanual significativa ($H_{(3,48)} = 7.21$; $p=0.06$), teniendo los valores promedios anuales más altos en 2008 con $1.8 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Los valores más bajos se presentaron en 2010 con $0.4 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Fig. 9).

La figura 10, muestra que la concentración de pigmentos fotosintéticos tuvo una estacionalidad definida ($H_{(3,48)} = 22.48$; $p<0.05$), con máximos en primavera, en tanto que verano-otoño se presentaron los valores más bajos.

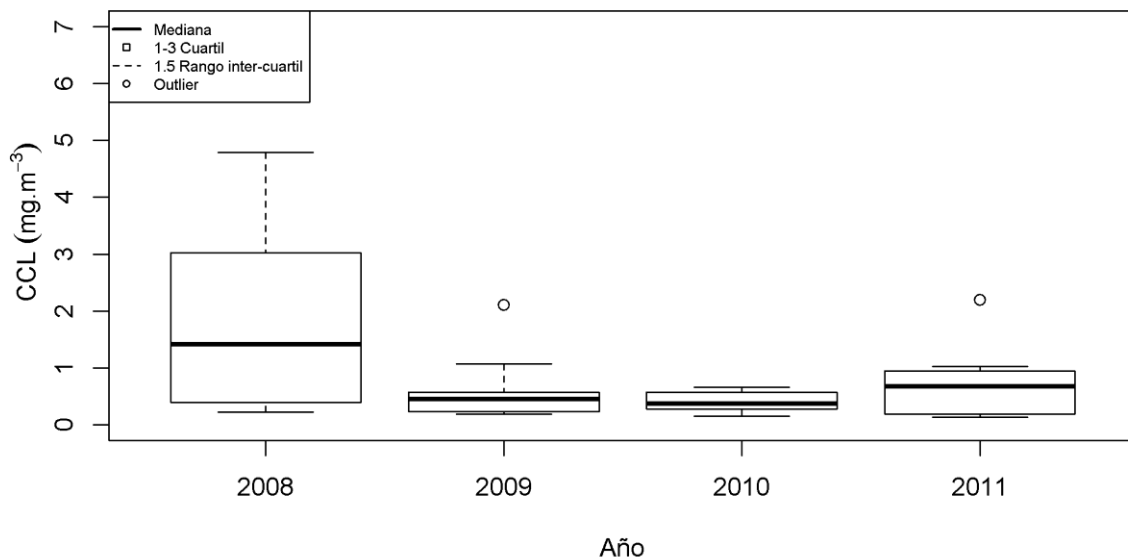


Figura 9. Gráfica de cajas de la concentración de clorofila-a por años, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

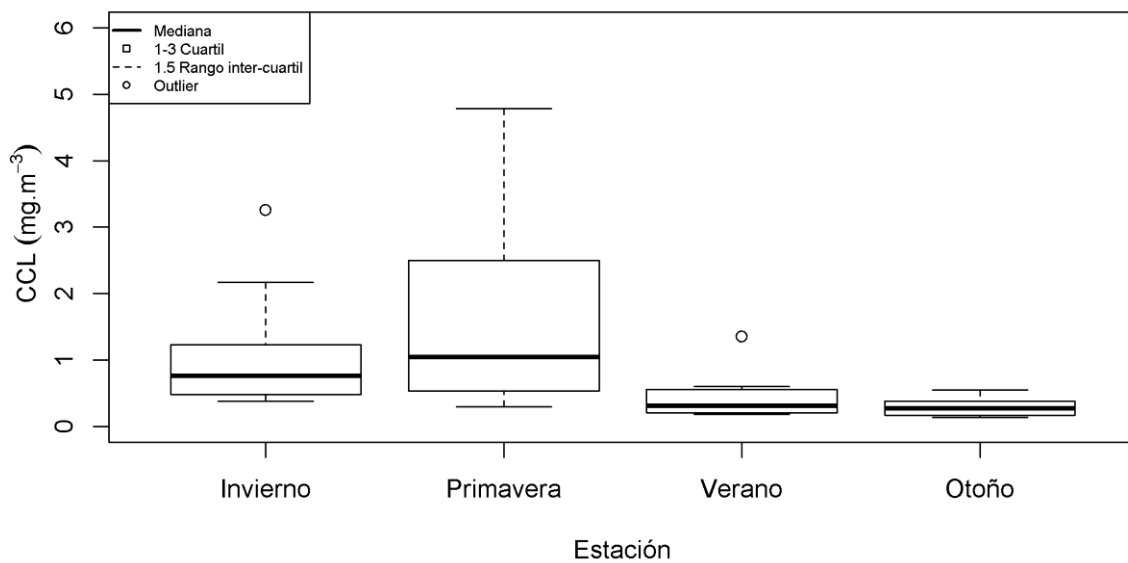


Figura 10. Gráfica de cajas de la concentración de clorofila-a por estación, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

ALTURA SUPERFICIAL DEL MAR

La ASM mostró un comportamiento similar interanualmente, con valores máximos durante los meses de verano-otoño. El valor máximo para toda la serie, se presentó en 2009 (0.81 m) y el mínimo (0.53 m) en 2010 (Fig. 11).

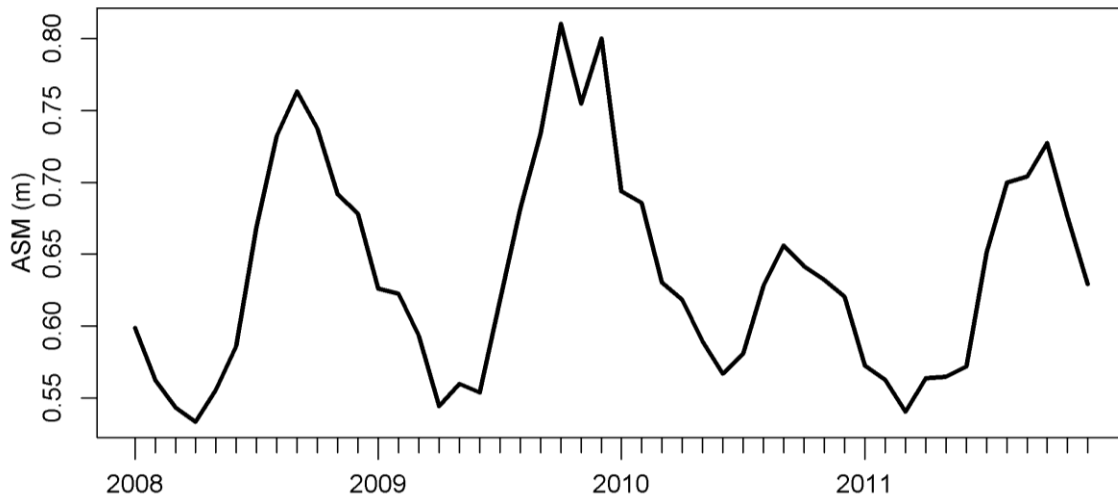


Figura 11. Promedios mensuales de la altura superficial del mar en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

La ASM no mostró diferencia significativa interanual, sin embargo sí estacionalmente [$H_{(3,48)} = 0.58$; $p=0.89$, anual); ($H_{(3,48)} = 27.63$; $p<0.05$, estacional)]. Para el periodo analizado, 2011 presentó el valor promedio menor y 2009 el más alto (Fig. 12). En la escala estacional en verano-otoño se presentaron los promedios más altos (0.68 y 0.70 m respectivamente), en tanto que en primavera se observó el de menor magnitud con 0.57 m (Fig. 13).

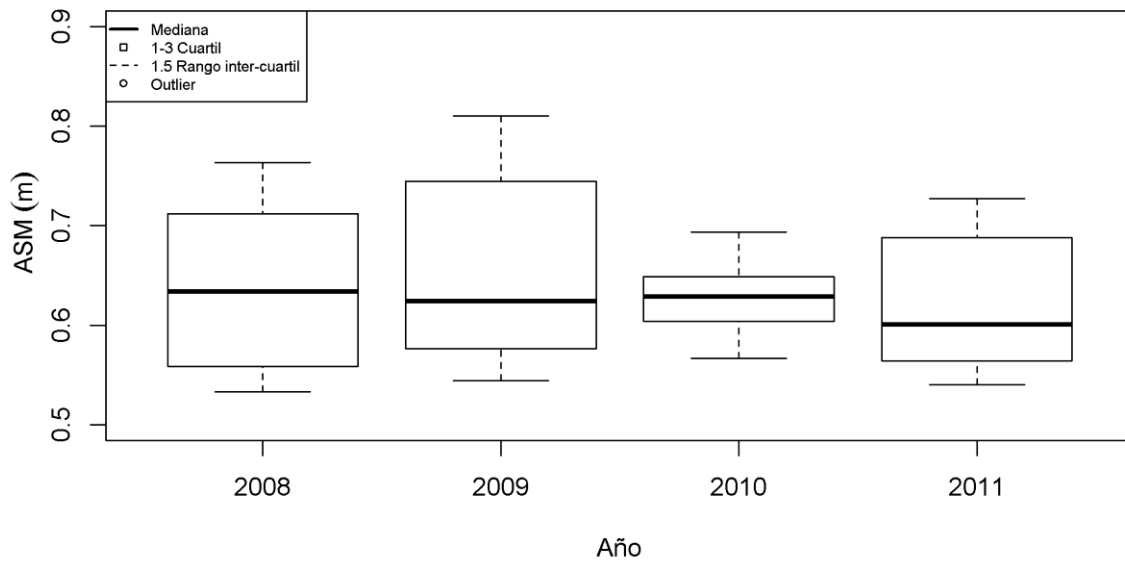


Figura 12. Gráfica de cajas de la altura superficial del mar por años, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

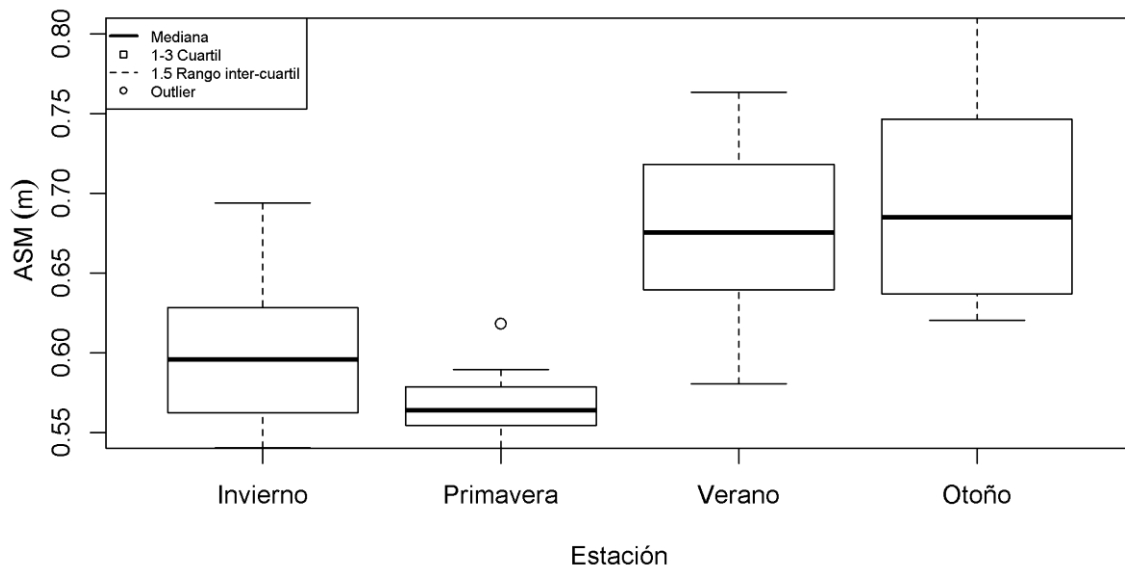


Figura 13. Gráfica de cajas de la altura superficial del mar por estación, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

VELOCIDAD DEL VIENTO

Si bien la VV no mostró un patrón definido, se observaron dos máximos globales, uno a principio del 2008 y el otro al final del 2011 (Fig. 14). Aunque no presentó diferencias interanuales significativas sí estacionalmente [$(H_{(3,45)} = 3.76; p = 0.29, \text{ anual}); (H_{(3,45)} = 16.99; p < 0.05, \text{ estacional})$]. El año de 2010 registró el promedio anual de mayor magnitud, mientras que el 2009 el menor. Estacionalmente se registraron los máximos en primavera y mínimos en verano (Fig. 15 y 16).

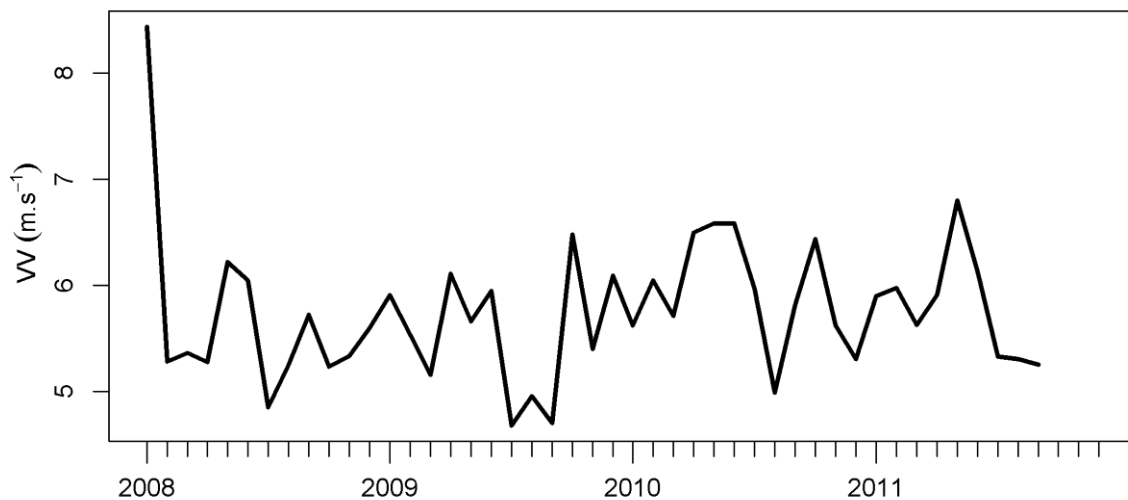


Figura 14. Promedios mensuales de la velocidad del viento en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

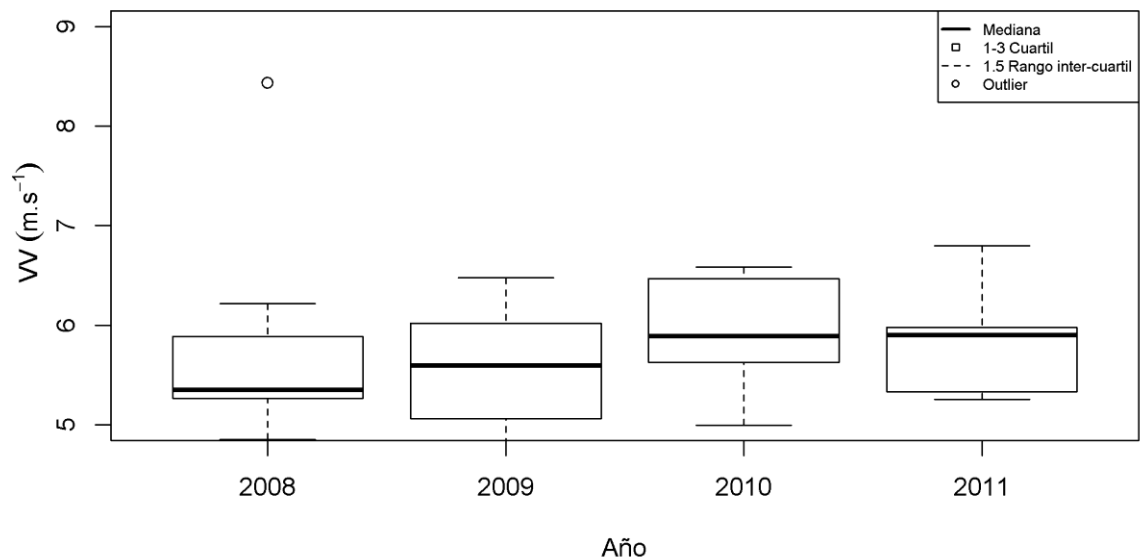


Figura 15. Gráfica de cajas de la velocidad del viento por años, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

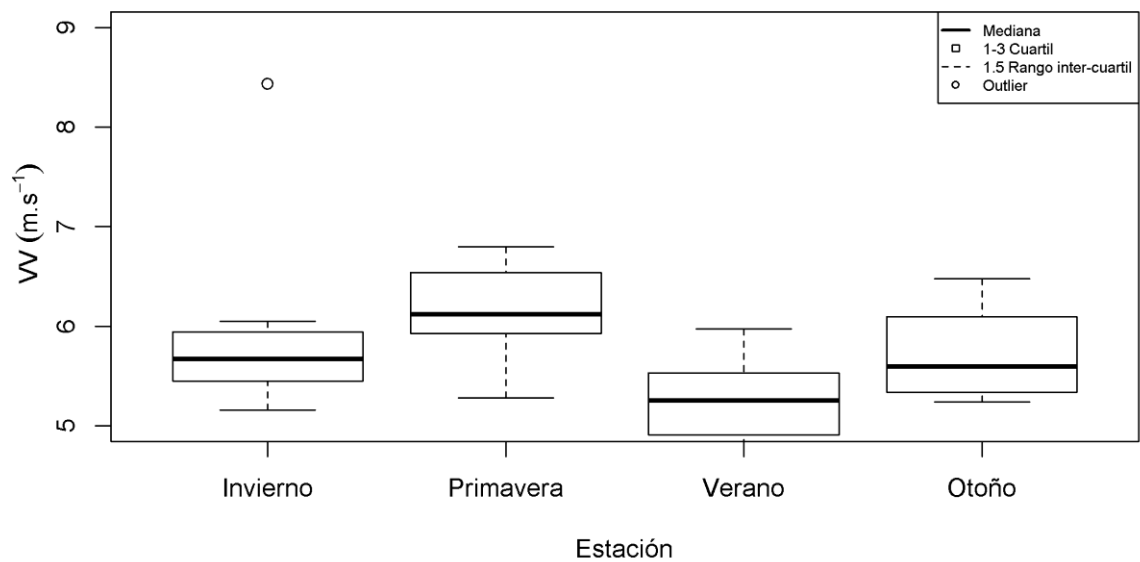


Figura 16. Gráfica de cajas de velocidad del viento por estación, en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y LAS TASAS DE CAPTURA

El análisis de correlación entre la TSM y la TC fue positiva y significativa con valores de $r = 0.63$, $p < 0.05$, sin desfase (Fig. 17).

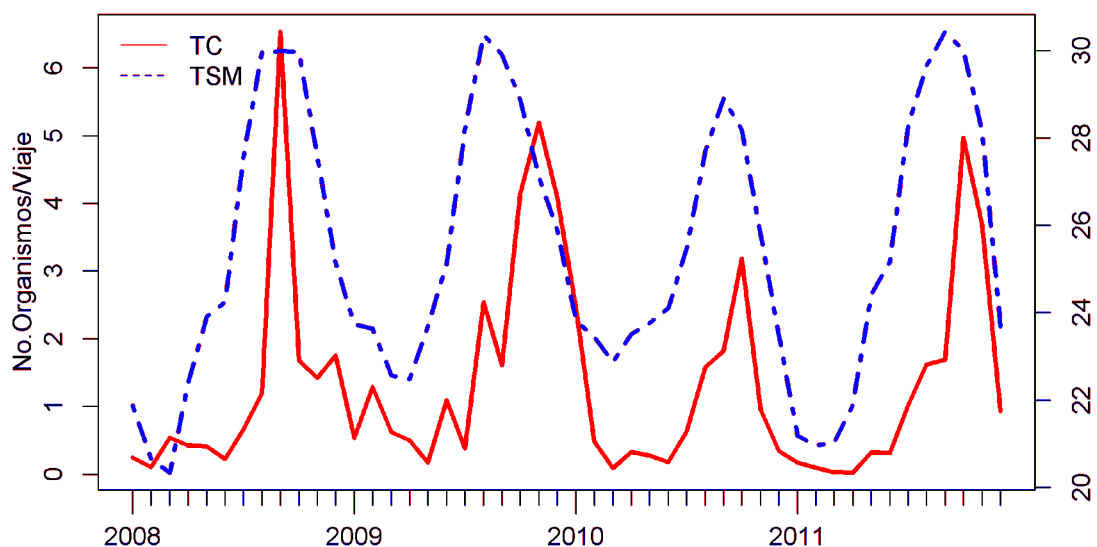


Figura 17. Relación entre los promedios mensuales de temperatura superficial del mar y las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

La CCL, mostró una correlación positiva y significativa ($r = 0.32$, $p < 0.05$) con un desfase de 5 meses.

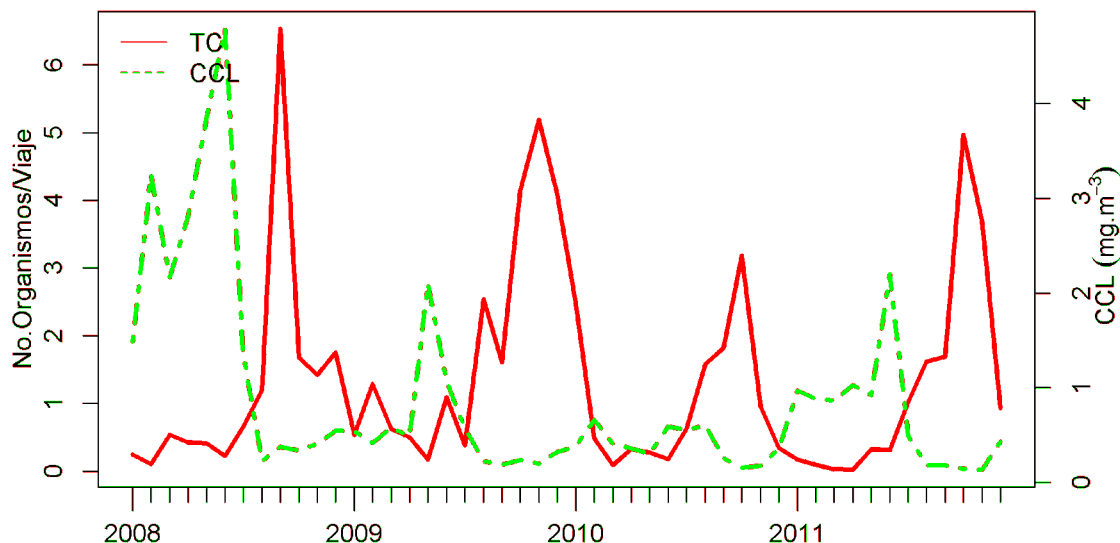
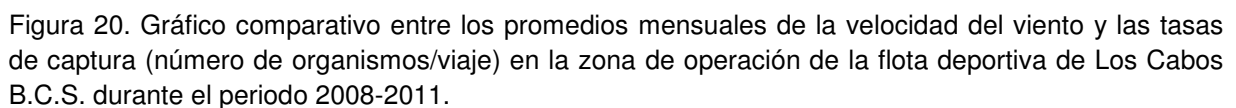
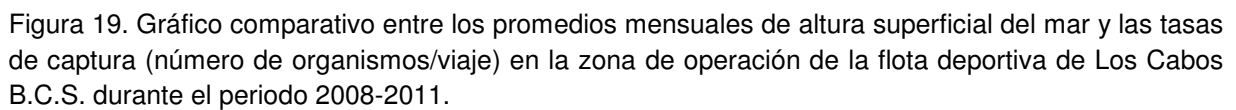


Figura 18. Relación entre los promedios mensuales de clorofila-a y las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) en la zona de operación de la flota deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

La ASM mostró una correlación positiva, significativa sin desfase (Fig. 19) con la TC ($r = 0.77$, $p < 0.05$), siendo mayor que la expuesta con la TSM, mientras que la VV (Fig. 20) no presentó una correlación significativa con las TC, obteniendo valores de $r = -0.21$ y $p = 0.16$.



ANÁLISIS ESPACIAL

La figura 21 muestra que casi en la totalidad del área de operación se registraron cuadrantes con capturas de al menos un organismo para todo el periodo de análisis, con valores más altos en el lado oeste del área de estudio, disminuyendo hacia el sur y el este. Asimismo se presentaron tres cuadrantes donde el número de organismos capturados fue mayor a 1000, los cuales correspondieron a dos cuadrantes costeros (Los Arcos y Pozo Cota-Migriño) y uno oceánico en el cual se sitúan la montañas submarinas conocida como Golden Gate. El patrón se reflejó de igual manera en las TC, con tasas mayores en el oeste, que fueron disminuyendo hacia el Sur (Fig. 22). Al igual que con el número de organismos, los cuadrantes de El Golden Gate, Los Arcos y Pozo Cota-Migriño mantuvieron TC altas, además de un cuadrante del lado este del área de estudio, asociado al Gordo Bank.

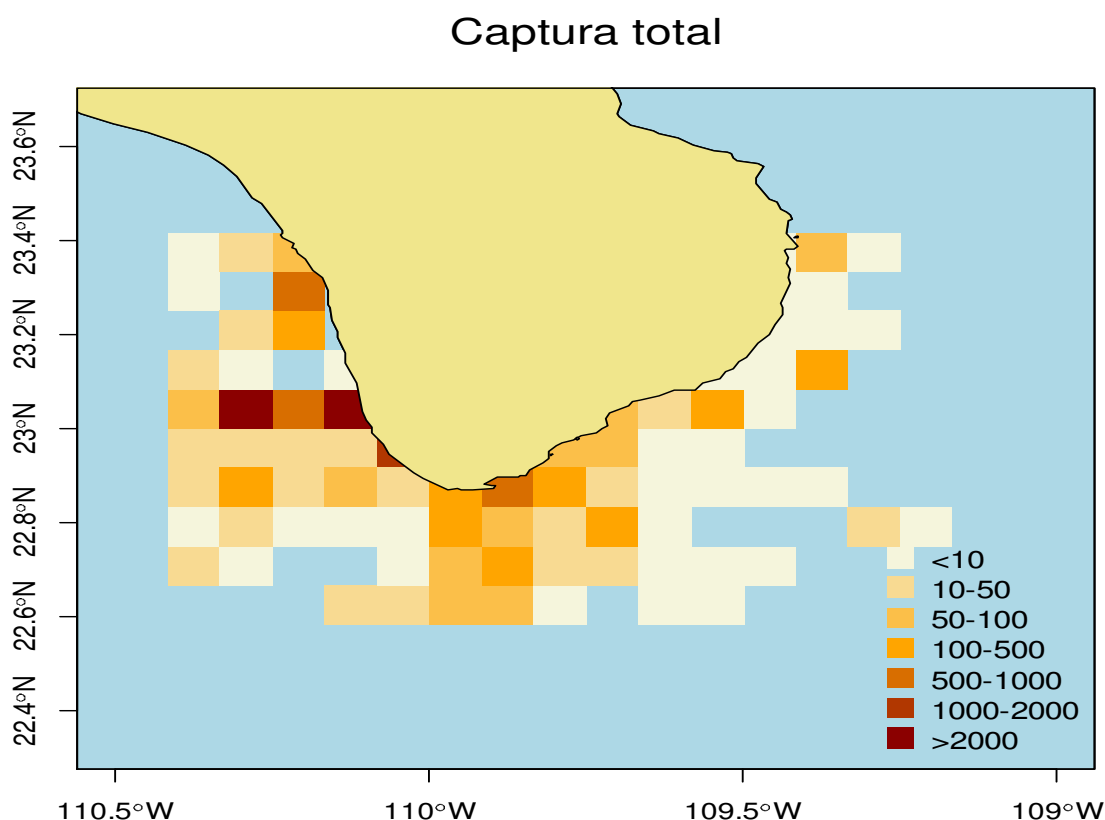


Figura 21. Captura total de dorado por cuadrante en número de organismos, capturados por las principales flotas de pesca deportiva de Los Cabos B.C.S. durante el periodo 2008-2011.

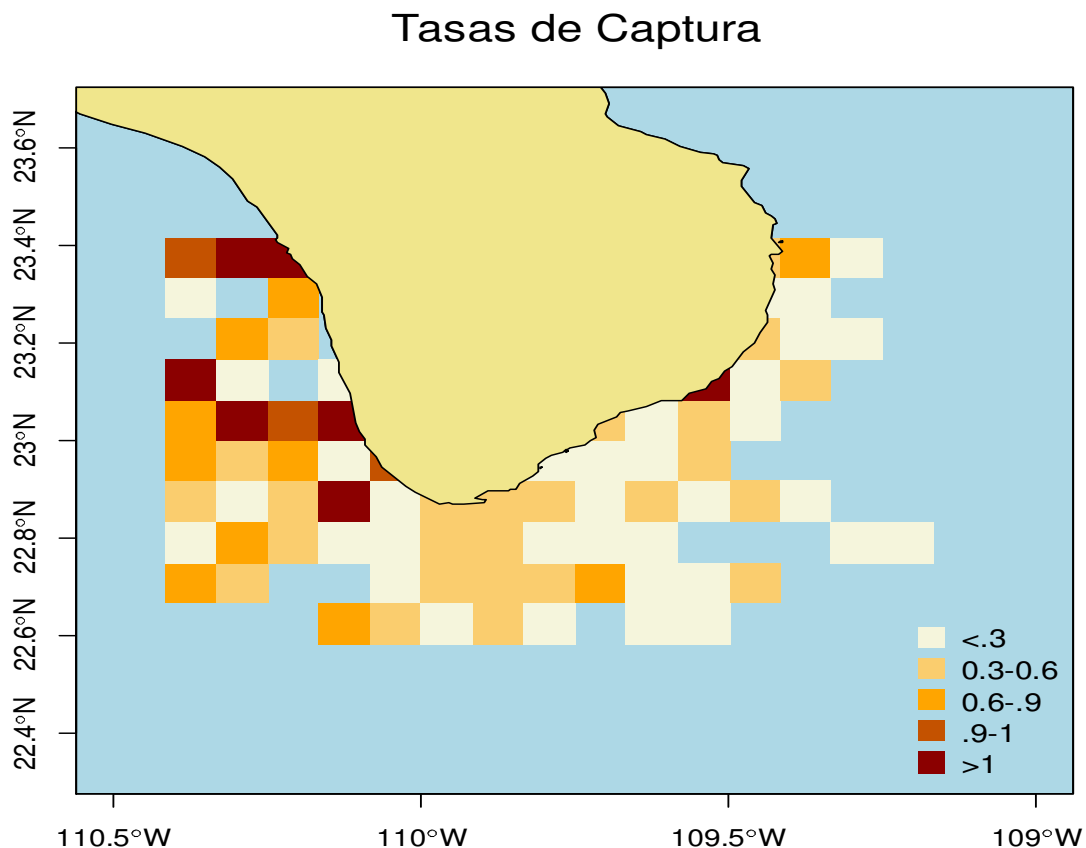


Figura 22. Tasa de captura de dorado (número de organismos/viaje) por cuadrante, registradas por las principales flotas de pesca deportiva de Los Cabos B.C.S., durante el periodo 2008-2011.

En el Anexo I se presenta la variabilidad espacial mensual de las TC para el periodo de estudio. De manera general durante el invierno las TC se distribuyeron al sur y oeste del área de estudio, para posteriormente concentrarse solamente al sur. A finales de la primavera y principios de verano, las TC se distribuyeron a lo largo de toda el área de estudio en tanto que para el inicio del otoño se concentraron al oeste del área de operación. Asimismo, aunque el patrón se mantuvo durante los cuatro años de estudio, las magnitudes de las TC variaron entre sí, destacando lo ocurrido en invierno e inicios de la primavera de 2011 (Anexo I) en el cual casi en su totalidad se observaron tasas de capturas bajas (< a 0.25 orgs./viaje).

MODELO ADITIVO GENERALIZADO (GAM)

Tabla I. Criterio de selección de variables según el porcentaje de devianza explicada.

Variable	Devianza	P	% Devianza explicada
Modelo nulo	574.1965	<0.0001	0
Lat,Lon	455.9108	<0.0001	20.6
Tiempo cíclico	483.0567	<0.0001	15.9
Tiempo continuo	461.964	<0.0001	19.5
TSM	523.9906	<0.0001	8.74
ASM	514.3509	<0.0001	10.4
CCL	545.5956	<0.0001	4.98
VV	526.4767	0.366	0.809

En la tabla II se muestran los estadísticos descriptivos de los GAM utilizando cada una de las variables predictivas por separado, más el modelo nulo. En esta tabla se muestra que individualmente la variable espacial (Lat, Lon) es la que tiene un mayor poder explicativo en las tasas de captura de dorado. El MMA explicó 37.5 % de la devianza, y fue creado con las variables espaciales, temporales y la TSM (Tabla III). Tanto la CCL como la VV no tuvieron un aporte significativo al modelo, y la ASM se excluyó dado que existe concurvidad con la TSM, por lo que se decidió considerar la TSM por tener un vínculo más directo con la biología del dorado.

Tabla II. Proceso de selección del Modelo Mínimo Adecuado.

Modelo	Devianza	P	% devianza explicada
TC ~ 1	574.1965	<0.001	0.0
TC ~ s(Lon,Lat)	455.91	<0.001	20.6
TC ~ s(Lon,Lat) + Mes	409.76	<0.001	28.6
TC ~ s(Lon,Lat) + Mes + s(Tiempo)	365.26	<0.001	36.4
TC ~ s(Lon,Lat) + Mes + s(Tiempo) + s(TSM)	358.98	0.003	37.5

La Figura 23 muestra los efectos parciales por variable incluida en el MMA, el cual para la interacción Lat-Lon muestra TC más altas en el oeste del área de estudio correspondiente a las montañas submarinas Golden Gate, asimismo se observó una disminución hacia el este con una zona moderada asociada a un bajo (Gordo Banks). La variable temporal lineal, muestra un máximo a principios del 2009 y a partir de esta fecha mantiene un declive hasta inicios del 2011 en cual se incrementa nuevamente. En cuanto a la TSM, se observó una marcada preferencia por temperaturas cercanas a los 26 °C, en el cual se registraron las TC más altas y disminuyen hacia los 25 y 28 °C. Por último, el mes de septiembre destacó como el mes con TC más altas.

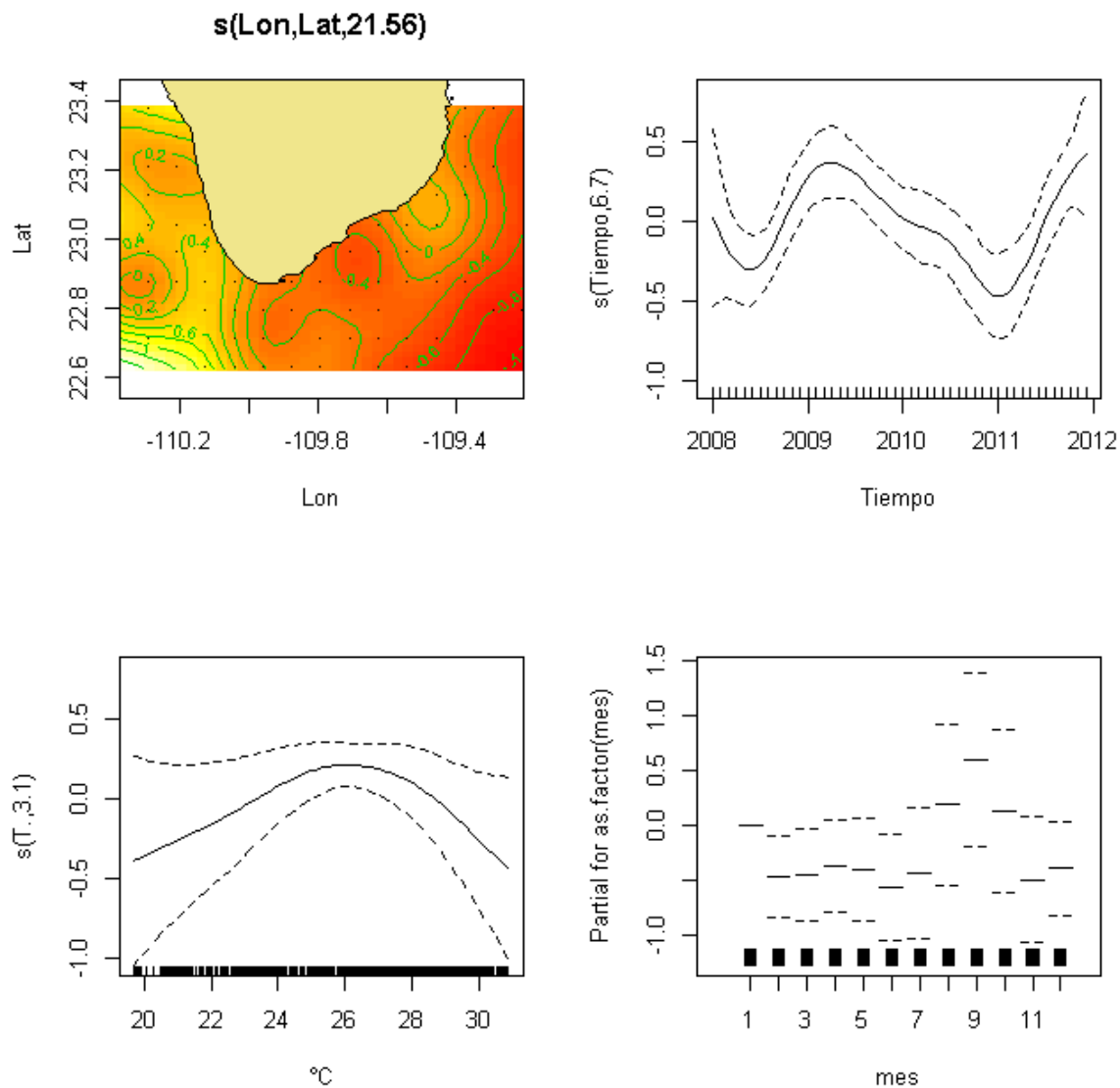


Figura 23. Gráfico de efectos parciales de las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) en función de las variables predictivas, en Los Cabos B.C.S. a) Latitud y longitud, b) Tiempo, c) Temperatura superficial del mar y c) Mes.

Los mapas de predicción mensual (Fig. 24 y 25) muestran el aumento de las TC hacia los meses de verano-otoño, con valores muy cercanos a los registrados por la flota de pesca deportiva, sin embargo es evidente que las zonas de TC mayores se mantienen a lo largo del año. Debido a que en los mapas de predicción mensual se

observaron valores de TC superiores a los registrados por la flota de pesca deportiva, se analizó el mapa de desviación estándar asociada al MMA, encontrando que las zonas de sobreestimación se encuentran asociadas a desviaciones estándar altas del modelo, en el noroeste y suroeste del área de estudio (Fig. 26).

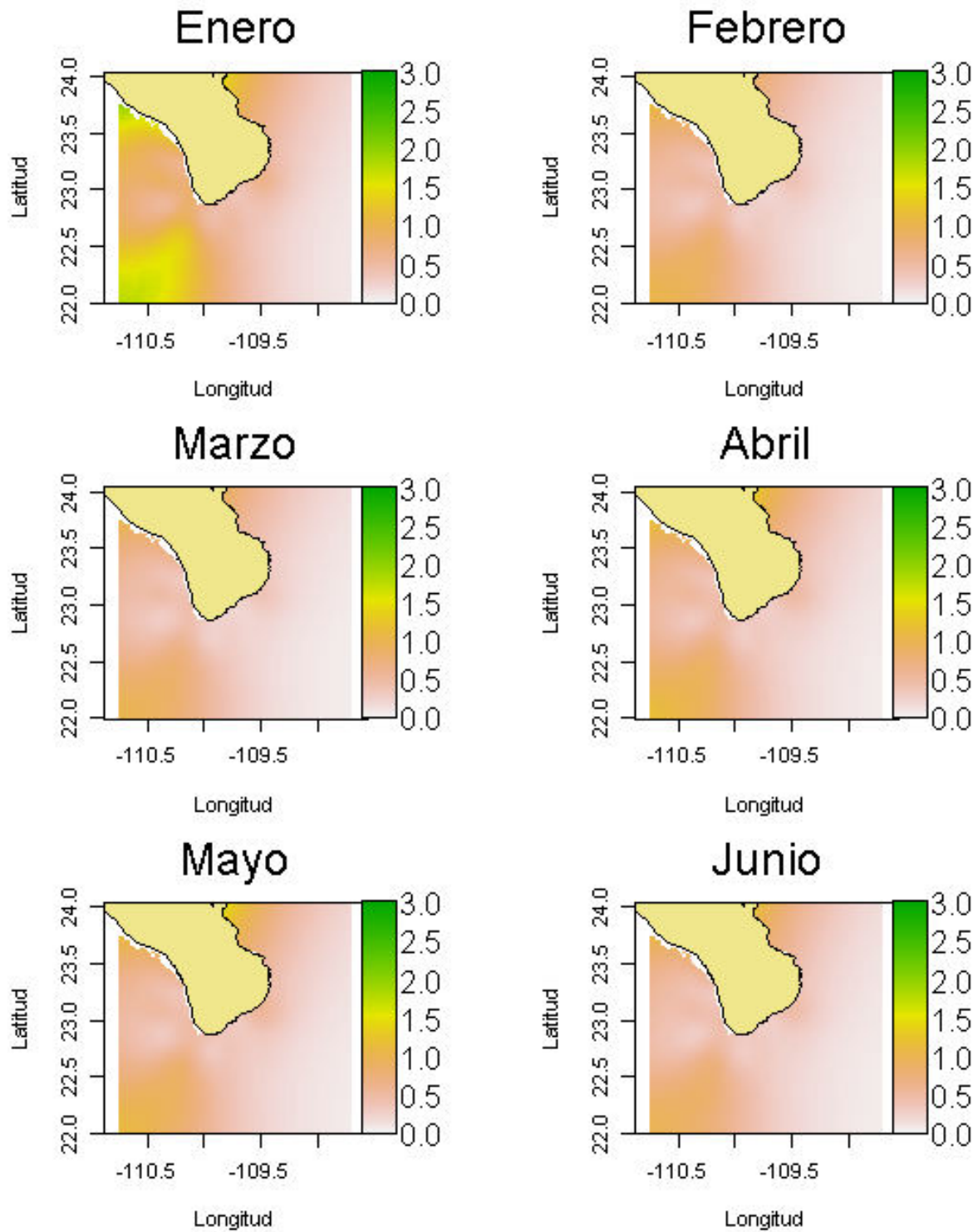


Figura 24. Predicción de las tasas de captura de dorado a partir de imágenes de temperatura superficial del mar con una resolución de 1.1 km.

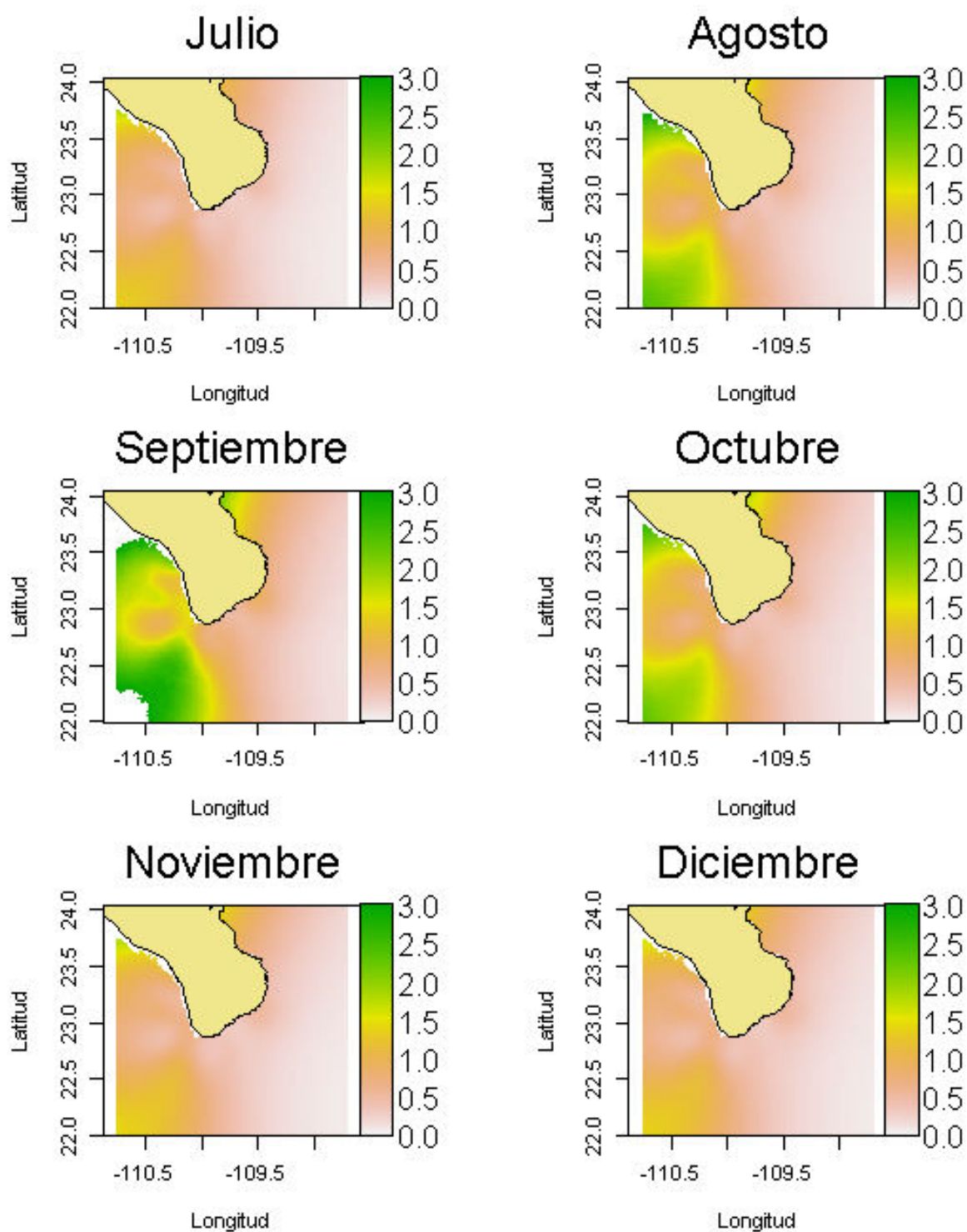


Figura 25. Continuación de la figura 24.

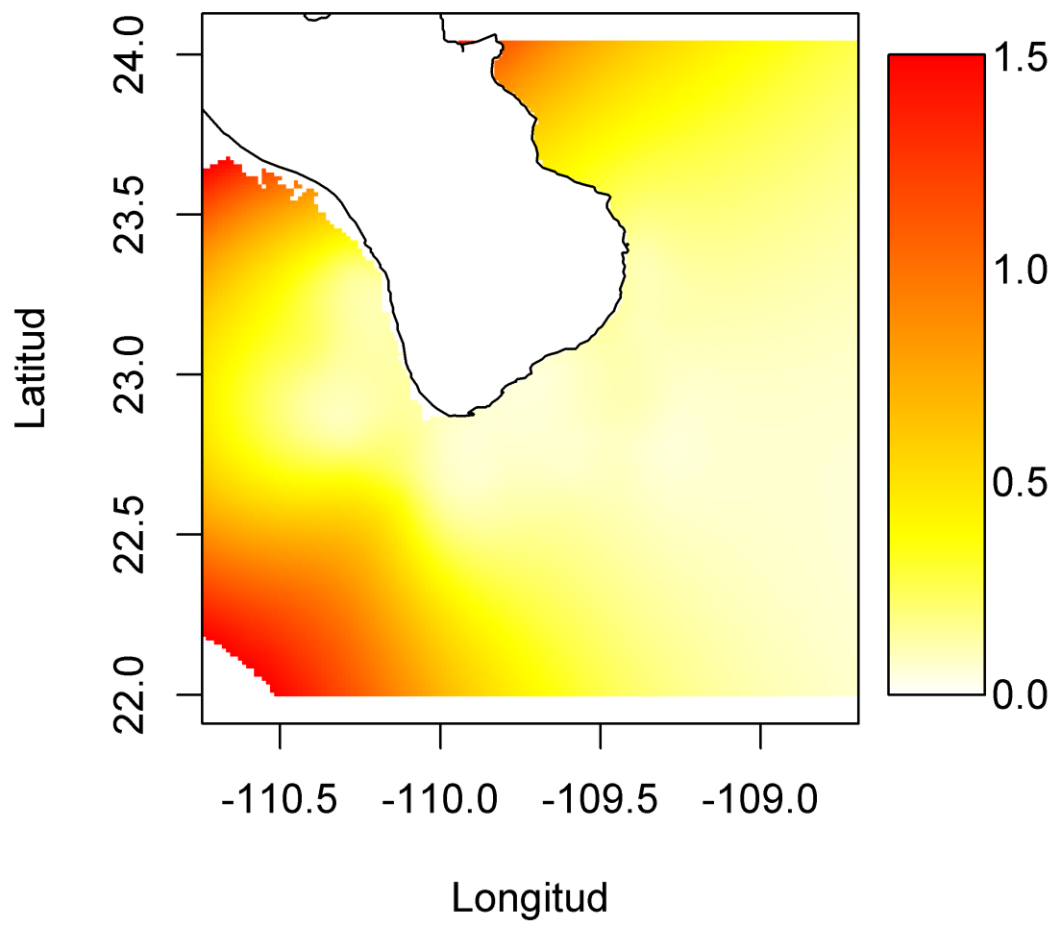


Figura 26. Mapa de la desviación estándar asociado al modelo predictivo.

FRENTES TERMICOS

La Figura 27 muestra la distribución de las tasas de captura más altas y los frentes térmicos detectados para el mes de septiembre de 2008 a 2011, observándose una clara diferencia en la distribución de los frentes, muy marcada en 2010 encontrándose frentes perpendiculares cercanos a la costa del Pacífico, contrastando con los frentes paralelos en los otros años (Fig. 27 c). Algo muy evidente fue la presencia de un frente largo y paralelo a la costa del Pacífico de 2009 a 2011, el cual se encontró muy cercano a la costa en 2009 (Fig. 27 b), y más alejado en el 2010 (Fig. 27 c). En 2010 se observó un número mayor de frentes en la zona este del área de estudio (Fig. 27 c), en tanto que 2008 registró el número menor y con una distribución más dispersa (Fig. 27 a), sin embargo fue posible detectar una estructura semicircular cercana a la costa en el área de Migrño-Pozo Cota.

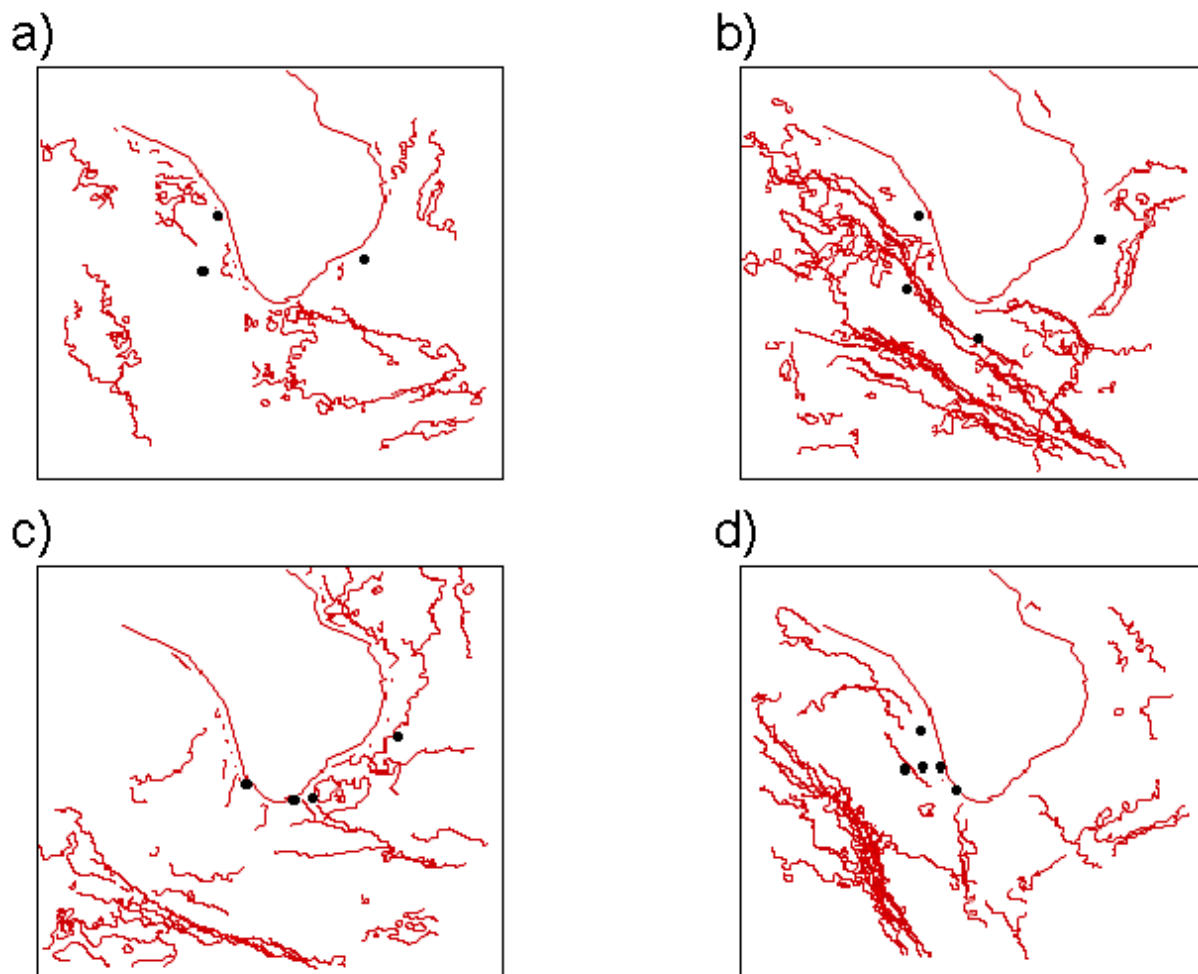


Figura 27. Posición de frentes térmicos y las tasas de captura de dorado (número de organismos/viaje) mayores para el mes de septiembre a) 2008, b) 2009, c) 2010 y d) 2011.

Es evidente la presencia de TC altas cercanas a los frentes, observándose en 2009 (Fig. 27 b) dos puntos que se encontraron casi encima del frente largo y paralelo a la costa occidental del área de estudio. En 2008 (Fig. 27 a) el punto de mayor TC se encontró muy cercano a la estructura semicircular mencionada en el párrafo anterior.

DISCUSIÓN

TASAS DE CAPTURA

Las TC mostraron una clara estacionalidad, con un máximo en verano-otoño. Este comportamiento unimodal fue reportado para esta región por Zúñiga-Flores *et al.* (2008) para el periodo 1990-2000, a diferencia de la región sur del Pacífico mexicano donde se presenta una marcada bimodalidad en la abundancia relativa del dorado, con un pico en noviembre-enero y otro más pequeño en junio-septiembre (Alejo-Plata *et al.*, 2014).

El hecho de que la magnitud de las TC haya sido muy similar (1.34 orgs./viaje), al reportado para 1990-2000 donde el promedio de la serie de tiempo fue de 1.33 (Zúñiga-Flores *et al.*, 2008), nos indicó que el recurso se ha mantenido estable a lo largo del tiempo.

Aunque no hubo variabilidad interanual significativa, si se observaron pequeñas diferencias entre los promedios anuales asociadas a los eventos El Niño 2009 y La Niña 2010, años en los cuales se registró el promedio anual máximo y mínimo respectivamente. Resaltando lo ocurrido en 2010, donde a inicios del año se presentaron condiciones El Niño para posteriormente presentar una transición rápida a La Niña. A este respecto, Zúñiga-Flores *et al.* (2008) quienes analizan las TC para esta misma zona durante el periodo 1990-2000, tampoco encuentran diferencias interanuales significativas; sin embargo durante la presencia de El Niño 1992-1993 reportan un máximo, mientras que en 1998 observan un mínimo global atribuido al desplazamiento del recurso con la presencia de un El Niño intenso. En este análisis al considerar el índice oceánico del Niño (ONI) en 1998 y 2010, se pudo observar un comportamiento muy similar, donde al parecer la rápida evolución de El Niño a la Niña generó un efecto negativo en las TC, lo cual nos reafirma que los eventos interanuales de gran escala pueden afectar la distribución y abundancia del dorado (Norton, 1999; Martínez-Rincón *et al.*, 2009). Este hecho también fue reportado en

aguas cercanas de California, donde en presencia de El Niño, se registra la máxima distribución latitudinal del dorado (Norton y Crooke, 1994; Hammann *et al.*, 1995).

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

A pesar de que el periodo de estudio fue sólo de cuatro años, de acuerdo al ONI (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>) se registraron periodos fríos que corresponden a La Niña: de julio /2007 a Julio/2008, de octubre/2008 a abril/2009 y de julio/2010 a mayo/2011 con valores del ONI de -1.5, -0.8 y -1.5 respectivamente y un periodo cálido que corresponde a El Niño de junio/2009 a mayo/2010 con un valor del ONI de 1.6. Lo anterior se vio reflejado en los valores de las variables ambientales analizadas.

La TSM mostró valores mínimos a inicios de 2008 esto debido al efecto de La Niña definida como la más intensa desde el año 2000 (McClatchie *et al.*, 2008), seguido del promedio anual más alto en 2009, año en el cual se presentó El Niño, evento moderado-fuerte con las características de "Modoki" (Bjorkstedt *et al.*, 2010), donde a diferencia de El Niño convencional, las fuertes anomalías de TSM que se registraron en el Pacífico Ecuatorial Este, se desplazaron hacia el Pacífico Central Tropical y modifican los patrones de las teleconexiones (Ashok *et al.*, 2007), generando alta variabilidad en el Sistema de la Corriente de California (Bjorkstedt *et al.*, 2010).

A mediados del 2010 se presentó una transición rápida de un El Niño a La Niña (Bjorkstedt *et al.*, 2011; Feng *et al.*, 2013), lo cual se vio reflejado en las TSM de 2010 donde el comportamiento inicial fue similar al de 2009 con El Niño, para posteriormente mostrar el pico máximo 2 °C menor a los años anteriores y continuar hacia el segundo mínimo global a inicios de 2011. Durante 2011 no obstante que se tenía el registro de La Niña, las temperaturas se comportaron de manera similar al 2009, lo cual pudo ser debido a calentamientos locales registrados en el lado este del área de estudio.

La ASM se comportó de manera muy similar a la TSM debido a la estrecha relación entre estas variables, y presentó una respuesta aparentemente mayor a eventos interanuales comparada con la TSM. Leuliette y Wahr (1999) reportan una correlación de 0.7 entre la ASM y TSM en el Pacífico, dominada principalmente por el efecto de expansión termal la cual afecta a la capa de mezcla directamente, mientras que Casey y Adamec (2002) demuestran que existe una covariación entre la ASM y la TSM, así como una correlación mayor de la ASM con eventos interanuales comparada con la TSM ($r = 0.86$ y $r = 0.84$).

La CCL en su mayoría se comportó de la manera esperada, con máximos en primavera y mínimos en otoño-invierno, como ha sido reportado para esta misma región por el efecto de los vientos provenientes del noroeste que se intensifican en abril-junio favoreciendo la formación de surgencias y por ende aumentando la producción fitoplanctónica en primavera (Zaytsev *et al.*, 2003; Pérez-Brunius *et al.*, 2007). Esta variable tiene una relación positiva con la presencia de eventos La Niña y negativa con El Niño, sin embargo en 2010, no obstante la presencia de "La Niña" los valores de CCL fueron los más bajos registrados durante el periodo de estudio, quizá el hecho que las TSM mínimas fueron más de dos grados superiores a los otros años (aparentemente por calentamientos locales) y el que la VV presentó los valores más altos fueron factores que pudieran explicar estos resultados. De acuerdo con Kahru *et al.* (2010) el incremento de los vientos puede limitar la producción fitoplanctónica debido a la disminución de la disponibilidad de luz por turbidez ya sea por partículas acarreadas por el viento o perturbaciones en la superficie del mar.

La VV mostró una variabilidad estacional significativa, con velocidades mayores en primavera-verano, patrón que se mantuvo durante todos los años y que coincidió con lo reportado por Castro y Martínez (2010) quienes registraron magnitudes mayores en primavera-verano, con un mismo comportamiento durante 2000-2007. Asimismo se confirma lo encontrado por Pérez-Brunius *et al.* (2007) quienes con el análisis de tres bases de datos de VV demuestran que los patrones de viento se mantienen a lo largo de la serie de tiempo. De acuerdo a Zaytsev *et al.*

(2003), los vientos provenientes del Norte y que se intensifican en primavera, propician las surgencias costeras en la región.

Es posible que el hecho de que no se encontró variabilidad interanual significativa de la VV, esté asociado a que la intensidad de viento así como sus patrones, son dominados principalmente por el Centro de Alta Presión del Pacífico Norte (CAP) (Castro y Martínez, 2010), el cual a su vez, se ve modificado por eventos interdecadales (Oscilación Interdecadal del Pacífico) y de menor manera por los interanuales (Bernal *et al.*, 2001).

RELACIÓN TASAS DE CAPTURA Y VARIABLES AMBIENTALES

La relación estrecha entre la TSM y la abundancia de dorado ha sido abordada en numerosos estudios en el mundo, destacando los realizados en el OPO (Norton y Crook, 1994; Norton, 1999; Zúñiga-Flores *et al.*, 2008; Martínez-Rincón *et al.*, 2009). En el presente estudio, se observó que los picos de TC se registraron cuando la TSM promedio se encontraba entre 28 y 31 °C, rango cercano al reportado por otros autores tanto en la zona de estudio como para el OPO (25 a 31 °C) (Santana-Hernández, 2001; Zúñiga-Flores *et al.*, 2008; Martínez-Rincón *et al.*, 2009).

La CCL mostró una correlación positiva con un desfase de 5 meses con las TC, resultados que concuerdan con lo obtenido previamente por Zúñiga-Flores (2004) en la misma zona de estudio para el periodo 1999-2000, lo cual fue explicado debido a que las CCL mas altas se encuentran en condiciones frías, y aunque el rango de temperaturas del dorado es amplio, esta especie es más abundante entre los 25 y 28 °C. El hecho de que los desfases sean iguales en periodos diferentes puede ser un reflejo de la estabilidad en los tiempos de flujo de energía de la base de la trama trófica hacia el dorado.

A este respecto para la misma zona se ha reportado un desfase de seis meses entre las TC de marlín rayado (*Kajikia audax*) y la CCL (Ortega-Garcia *et al.*, 2014). De acuerdo con Torres-Rojas *et al.* (2014), el dorado tiene un nivel trófico inferior al marlín rayado, por lo que podría pensarse que el flujo de energía tarda un mes más para llegar al marlín rayado.

Al utilizar la CCL como un indicador indirecto de la productividad del sistema, debido a que la productividad primaria es uno de los factores que limitan las capturas en los grandes ecosistemas marinos (Pauly y Christensen, 1995), es posible que exista una relación directa entre la magnitud de los máximos de CCL y los de TC de dorado (valores altos CCL/productividad generan valores altos de TC), sin embargo esta relación no se cumple durante todo el periodo de estudio, ya que en 2010 no hubo valores altos de CCL más si fue apreciable un pico de TC (aunque el menor del periodo de estudio), lo cual sugiere que aunque la CCL sea baja, el sistema es capaz de sustentar el aumento de las TC de dorado, ya que presenta alta movilidad y hábitos alimenticios oportunistas (Tripp-Valdez *et al.*, 2010; Torres-Rojas *et al.*, 2014), encontrándose para el periodo y zona de estudio, diferencias de presas consumidas entre años (Ortega-García, comunicación personal).

Aunque la VV ha sido relacionada con la formación de surgencias costeras y por ende favorecer la agregación de recursos en la región (Zaytsev *et al.*, 2003), en el presente estudio no se pudo corroborar esto, ya que no existió correlación alguna entre la VV y las TC, sin embargo es posible que si exista correlación si se analiza el campo vectorial, pudiendo determinar la magnitud del bombeo de Ekman y la posibilidad de determinar eventos de surgencia, debido a que los vientos provenientes del norte generan surgencias en el lado oeste del área de estudio, mientras que los del sur, en el lado este. Este efecto pudiera ser responsable de la relación aparente entre el máximo de VV en 2008, el de CCL que se presentó meses después y el máximo global de TC 5 meses después de esta última (VV provenientes del norte que favorecen la formación de surgencias).

DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS TC

No obstante que las TC mostraron una variabilidad alta en las distribuciones mensuales, es evidente que las TC más altas se distribuyeron principalmente en la zona oeste del área de estudio, destacando el bajo "Golden Gate" y las costas adyacentes a éste. Esta área ha sido considerada también de gran importancia para la captura de marlín rayado (Ortega-García *et al.*, 2014), así como el bajo "Gordo Bank" en algunos meses, reafirmando la importancia que las montañas submarinas tienen en las pesquerías ya que soportan un vasto ecosistema (Pitcher *et al.*, 2007). Al respecto se ha documentado que al igual que las surgencias, las montañas submarinas aceleran corrientes y acarrear agua rica en nutrientes (Genin *et al.*, 1986; Boehlert 1988; Zaytsev *et al.*, 2003), aumentando el flujo de presas (Tseytlin, 1985; Genin *et al.*, 1986; Koslow, 1997), siendo hábitats preferenciales de pelágicos mayores como atunes, tiburones y marlines (Holland *et al.*, 1999; Itano y Holland, 2000; Sibert *et al.*, 2000; Morato *et al.*, 2010; Ortega-García *et al.*, 2014).

Las TC mostraron dos "fases" en su distribución; una reducida y limitada al sur, y otra donde se distribuye en toda el área de estudio, con magnitudes mayores al oeste, formando un patrón de expansión y contracción que se mantiene durante todo el periodo de estudio, indicándonos que existen patrones migratorios definidos; esto es, un desplazamiento de sur a norte del recurso en primavera y viceversa en otoño-invierno probablemente asociadas a los patrones de interacción de la CC y CCM, los cuales generan la intrusión de agua cálida al lado oeste de la zona de estudio, así como la formación estacional de frentes de convergencia de corrientes y remolinos de mesoescala (Pantoja *et al.*, 2012).

Los objetos flotantes, han sido identificados como agregadores de dorado (Massutí *et al.*, 1999; Castro *et al.*, 2002; Kleisner, 2009; Farrell *et al.*, 2014), sin embargo en este estudio, no fue posible analizar la relación con las TC, ya que no se cuenta con registros de cuando la captura de dorado estuvo asociada a objetos flotantes. Sin embargo considerando que la mayor frecuencia de huracanes en el Pacífico se registra en el mes de septiembre (Yañez-Arancibia, 2014) se puede

pensar que en este mes el número de objetos flotantes naturales sea mayor, lo que coincide con las TC más altas.

Aunque no existen estudios sobre la distribución espacio-temporal del dorado en la región, Ortega-García *et al.* (2013) a través de organismos marcados frente a Bahía Magdalena con etiquetas convencionales tipo “espagueti”, determinaron que el dorado registra movimientos hacia el sur durante otoño lo que coincide con el movimiento encontrado en este trabajo. Santana-Hernández (2001) asocia la presencia del recurso, a aguas de la Corriente Costera de Costa Rica (para esta zona CCM). Estos movimientos del recurso siguiendo las corrientes costeras también han sido reportados para el Atlántico Central este, donde Merten *et al.* (2014b), registraron movimientos a lo largo de la costa de sur a norte y viceversa, siguiendo las corrientes costeras.

MODELO ADITIVO GENERALIZADO

Los GAMs han sido utilizados para modelar y predecir la distribución espacio-temporal, así como posibles preferencias de hábitat de varios pelágicos mayores (Ortega-García *et al.*, 2008; Su *et al.*, 2008; Martínez-Rincón *et al.*, 2012; Ortega-García *et al.*, 2014; Martínez-Rincón *et al.*, 2014).

El modelo mínimo seleccionado, describió el 37.5% de la devianza, siendo la TSM la única variable ambiental seleccionada debido a la concurvidad con la ASM, efecto que puede generar sobreestimación de los parámetros, aumentando la posibilidad de cometer errores tipo I debido a que la variancia del modelo es subestimada, resultando en intervalos de confianza pequeños modificando la significancia de variables en el modelo (Wood, 2004; Amodio *et al.*, 2014).,.

Los gráficos de dependencia parcial muestran una tendencia a concentraciones altas de TC del lado oeste de la zona de estudio, formando un corredor entre dos bajos (Golden Gate y San Jaime) pasando por la costa, y otra zona de altas TC asociada a el bajo "Gordo Bank", al este del área de estudio.

Igualmente, se exhibe una relación no lineal con la TSM, teniendo óptimos de temperatura cercana a los 26 °C, disminuyendo a ambos extremos. Así como altas TC en el mes de septiembre.

Tanto la temperatura óptima como el mes de TC altas encontrados a partir del modelo predictivo, coinciden con lo reportado en estudios previos llevados a cabo en el OPO, donde las temperaturas asociadas a TC altas están entre los 25 y 31 °C y en los meses de verano-otoño (Santana-Hernández, 2001; Zúñiga-Flores *et al.*, 2008; Martínez-Rincón *et al.*, 2009).

El efecto de fenómenos interanuales es evidente, mostrando tendencias positivas en presencia de El Niño y negativas con La Niña, sin embargo Zúñiga-Flores *et al.* (2008) no encontraron TC altas en la presencia de El Niño más intenso de las últimas dos décadas, lo cual sugiere que existe una relación no lineal con estos eventos, debido a que cuando éstos son muy intensos, generan una expansión del hábitat hacia latitudes más altas como consecuencia de la modificación en el flujo de la CC registrándose la presencia del dorado en aguas frente a California (Hammann *et al.*, 1995), y disminuyendo la TC en la región de Los Cabos.

No se observaron TC en temperaturas menores a 19 °C ni mayores a 31 °C, lo cual pudiera sugerir el rango de temperaturas limitantes en la distribución del dorado en la región, coincidiendo con el límite inferior de temperatura que parece limitar la distribución y movimientos del dorado en las aguas de California registrada en otros estudios (19 - 20 °C) (Palko *et al.*, 1982; Goldberg y Aguilar, 1985; Norton y Crooke, 1994).

PREDICCIONES

Las predicciones mensuales del MMA son representativas principalmente en los meses de verano-otoño, no así en los meses de invierno-primavera ya que no fue posible observar el patrón de movimiento de las TC, posiblemente debido al efecto

marcado de las variables espaciales, sesgando las predicciones. Este efecto pudiera ser disminuido, realizando modelos mensuales.

Otro de los defectos aparentes de las predicciones, es la sobreestimación de los valores en las esquinas noroeste y suroeste, sin embargo es posible que sean explicadas debido a la ausencia de datos al alimentar el modelo, lo cual genera desviaciones estándar altas en esas zonas.

FRENTES TERMICOS Y TC

Diversos estudios han demostrado que los frentes son zonas de gran mezcla, que favorecen el aumento de producción primaria y secundaria (Olson y Backus, 1985; Le Fèvre, 1986; Largier, 1993; Mann y Lazier, 1996) y además que pueden funcionar como zonas de acumulación y retención de objetos flotantes (Ryan, 1988; Pichel *et al.*, 2007). La gran disponibilidad de alimento así como la agregación de objetos flotantes en estos sistemas, atraen a organismos de niveles tróficos superiores, creando un flujo energético muy eficiente, sin embargo los gradientes altos de transición pueden ser barreras fisicoquímicas para ciertos organismos (Olson, 2002).

La influencia de los frentes térmicos en la distribución de grandes pelágicos ya ha sido reportada. Williams (1977) describió la preferencia térmica del atún aleta azul (*Thunnus maccoyii*) demostrando una tendencia clara de la agregación de esta especie a gradientes fuertes. Comportamientos similares se han reportado para atún aleta amarilla, barrilete, pez espada y dorado (Stretta, 1977; Laurs *et al.*, 1984; Podestá *et al.*, 1987; Kleisner, 2009; Farrell *et al.*, 2014).

En el presente estudio se encontraron TC más altas muy cercanas a los frentes térmicos, lo cual coincide con lo encontrado por Klesner (2009) quien reportó que la abundancia estacional de dorado en la costa este de EUA se encuentra altamente relacionada a la TSM y la cercanía a los frentes térmicos, principalmente del lado de temperaturas cálidas de éstos. Lo anterior hace suponer que en la región

de Los Cabos la posición y abundancia de los frentes, modifica la distribución y abundancia del recurso, sin embargo es necesario realizar un análisis detallado mes a mes, así como la relación con tasas de capturas bajas.

La frontogénesis en los océanos se debe a muchos factores; convergencia de corrientes, interacción de ondas de gran amplitud (mareas), forzamiento del viento y generación de surgencias costeras, interacción de corrientes sub-superficiales con la batimetría, entre otros, que pueden generar estructuras particulares (Fedorov, 1986; Belkin y Cornillon, 2004; Lapeyre *et al.*, 2006). En este estudio se detectaron dos estructuras particulares a las cuales se asociaron TC altas; un frente largo y continuo (2009-2011), característico de la convergencia de corrientes oceánicas (Fedorov, 1986) y una formación semicircular en la costa, que pudiera ser indicativa de un frente de surgencia (2008) (Belkin y Cornillon, 2004), fenómenos importantes en la dinámica de la región, los cuales se ven afectados por eventos de gran escala como el ENSO y fenómenos decadales y multidecadales (Alexander *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

- Las tasas de captura de dorado presentaron una estacionalidad significativa con máximos en verano, relacionadas a temperaturas cálidas, valores de altura superficial del mar altas y concentraciones de clorofila-*a* bajas.
- Aunque no se encontró una diferencia interanual significativa, en promedio, 2009 presentó las tasas de captura más altas y el 2010 las menores, años caracterizados por la presencia de El Niño y La Niña.
- Espacialmente, la zona oeste del área de estudio presentó las tasas de captura promedio más altas sobresaliendo dos cuadrantes caracterizados por la presencia de bajos o montañas submarinas (Golden Gate y Gordo Bank) así como una evidente asociación a los frentes térmicos.
- No obstante que el área de este estudio es pequeña comparada con el área de distribución del dorado, fue evidente un desplazamiento sur-norte del recurso y viceversa. Presentándose a inicios de año únicamente en el sur, para posteriormente expandirse hacia el norte y concentrarse principalmente en el lado oeste del área de estudio durante verano-otoño, regresando hacia el sur en el invierno .
- El modelo mínimo adecuado mostró que el dorado tiene una preferencia temperaturas superficiales del mar cercanas a los 26 °C. Una distribución espacial preferida localizada al oeste del área de estudio y zonas con presencia de bajos, así como un efecto positivo de eventos "El Niño" y negativo con "La Niña".

RECOMENDACIONES

- Hacer cumplir el uso de bitácoras en la totalidad de la flota de pesca deportiva, para tener bases de datos más completas.
- Debido a que se ha sugerido una segregación por tallas y sexos del recurso, hacer análisis espacio-temporales por grupos de tallas y sexo para poder evaluar la posibilidad de uso de hábitat diferencial, es decir determinar el hábitat preferencial por grupo de talla y sexo.
- Ya que el recurso es el pelágico mayor más superficial, el efecto que tienen variables en la columna de agua puede ser muy importante, es por eso que es necesario conformar bases de datos de estas variables (profundidad de la capa mínima de oxígeno, termoclina y picnoclina) y evaluar la relación con el recurso.
- Evaluar el efecto que pudieran tener otros organismos de la comunidad de pelágicos mayores en el dorado, por medio de modelos multiespecie.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejo-Plata, C., J. L. Gómez, y S. J. Serrano-Guzmán, 2014. Variabilidad en la abundancia relativa, estructura de tallas y proporción de sexos del dorado *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) en el Golfo de Tehuantepec, México. *Rev. Biol. Trop.* 62: 611-626.
- Alexander, M. A., I. Bladé, M. Newman, J. Lanzante, N. C. Lau, y J. D. Scott, 2002. The atmospheric bridge: The influence of ENSO teleconnections on air-sea interaction over the global oceans. *J. Clim.*, 15(16): 2205-2231.
- Alvarez-Borrego, S., y J. R. Lara-Lara, 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. The gulf and peninsular province of the Californias. 47: 555-567.
- Amodio, S., M. A. Aria, y A. D'Ambrosio, 2014. On concavity in nonlinear and nonparametric regression models. *Statistica*, 74(1): 81-94.
- Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Weng, y T. Yamagata, 2007. El Niño Modoki and its possible teleconnection. *J. Geophys. Res.*, 112, C11007
- Beardsley, G.L., 1964. Contribution to the biology of the dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in the Straits of Florida. University of Miami.
- Beardsley Jr, G.L., 1967. Age, growth, and reproduction of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Straits of Florida. *Copeia*: 441–451.
- Belkin, M. I., P. Cornillon, 2004. SST fronts of the Pacific coastal and marginal seas. *Pac. Oceanogr.*, 1: 90-113.
- Bernal G., P. Ripa, y J. C. Herguera, 2001. Variabilidad oceanográfica y climática en el bajo Golfo de California : Influencias del tropico y Pacífico Norte. *Cienc. Mar.*, 27: 595-617.
- Bjerknes, J. 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial pacific 1. *Monthly Weather Review*, 97(3), 163-172.
- Bjorkstedt, E. P., R. Goericke, S. McClatchie, E. Weber, W. Watson, N. Lo, B. Peterson, B. Emmett, J Peterson, R. Durazo, G. Gaxiola-Castro, F. Chavez, J. T. Pennington, C. A. Collins, J. Field, S. Ralston, K. Sakuma, S. Bograd, F. Schwing, Y. Xue, W. Sydeman, S. A. Thompson, J. A. Santora, J. Largier, C. Halle, S. Morgan, S. Y. Kim, K. Merkens, J. Hildebrand, L. Munger. 2010. State of the California Current 2009–10:

Regional variation persists through transition from La Niña to El Niño (and back?). CalCOFI Rep., 51: 39–69.

Bjorkstedt E. P., R. Goericke, S. McClatchie, E. Weber, W. Watson, N. Lo, B. Peterson, B. Emmett, R. Brodeur, J. Peterson, M. Litz, J. Gomez-Valdez, G. Gaxiola-Castro, B. Lavaniegos, F. Chavez, C. A. Collins, J. Field, K. Sakuma, P. Warzybok, R. Bradley, J. Jahncke, S. Bograd, F. Schwing, G. S. Campbell, J. Hildebrand, W. Sydeman, S. A. Thompson, J. Largier, C. Halle, S. Y. Kim, J. Abell. 2011. State of the California Current 2010–11: Regional Variable Responses to a Strong (But Fleeting?) La Niña. CalCOFI Rep., 52: 36–68.

Boehlert, G. W. 1988. Current-topography interactions at mid-ocean seamounts and the impact on pelagic ecosystems. GeoJournal, 16: 45-52.

Casey, K. S., y D. Adamec, 2002. Sea Surface temperatura and sea Surface heigth variability in the North Pacific Ocean from 1993 to 1999. J. Geophys. Res., 107: 14-1-14-12.

Castro, R., A.S. Mascarenhas, R. Durazo, C.A. Collins, 2000. Variacion Estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. Cienc. Mar., 26: 561–583.

Castro, J. J., J. A. Santiago y A. T. Santana-Ortega, (2002). A general theory on fish aggregation to floating objects: an alternative to the meeting point hypothesis. Reviews in fish biology and fisheries, 11(3): 255-277.

Castro R, A. Martinez, 2010. Variabilidad espacial y temporal del campo de viento frente a la Peninsula de Baja California. En: Gaxiola-Castro G, Durazo R (eds.), Dinamica del Ecosistema Pelagico frente a Baja California, 1997–2007: Diez años de Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California. 129-147.

Cayula, J. F., y P. Cornillon, 1992. Edge detection algorithm for SST images. J. Atmos. Ocean. Tec., 9(1): 67-80.

Chang, S. K., G. DiNardo, J. Farley, J. Brodziak, y Z. L. Yuan, 2013. Possible stock structure of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in Taiwan coastal waters and globally based on reviews of growth parameters. Fish. Res., 147: 127-136.

Curchitser, E.N., D.B. Haidvogel, A.J. Hermann, E. Dobbins, T.M. Powell y A. Kaplan, 2005. Multi-scale modeling of the North Pacific Ocean: Assessment of simulated basin-scale variability (1996–2003). J. Geophys. Res. 110: C11021

Díaz-Jaimes P., M. Uribe-Alcocer, S. Ortéga-García, y J. D. Durand, 2006. Spatial and temporal mitochondrial DNA genetic homogeneity of dolphinfish populations (*Coryphaena hippurus*) in the eastern central Pacific. Fish. Res., 80(2): 333-338.

- Díaz-Jaimes, P., M. Uribe-Alcocer, A. Rocha-Olivares, F. J. Garcia-de-Leon, P. Nortmoon, y J. D. Durand, 2010. Global phylogeography of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*): the influence of large effective population size and recent dispersal on the divergence of a marine pelagic cosmopolitan species. *Mol. Phyl. Evol.*, 57(3) 1209-1218.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2012. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Agosto 2012.
- Douglas, M.W., R.A. Maddox, K. Howard, S. Reyes, 1993. The Mexican monsoon. *J. Clim.*, 6: 1665–1677.
- Duarte-Neto, P., R. Lessa, B. Stosic, E. Morize, 2008. The use of sagittal otoliths in discriminating stocks of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) off northeastern Brazil using multishape descriptors. *Oxford Journals*, 1144–1152.
- Durazo, R. y T. Baumgartner, 2002. Evolution of oceanographic conditions off Baja California: 1997–1999. *Progr. Oceanogr.* 54: 7–31.
- Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., J. Hijmans, R., Huettmann, F., R. Leathwick, J., Lehmann, A., Li, J., G. Lohmann, L., A. Loiselle, B., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., McC. M. Overton, J., Townsend Peterson, A., J. Phillips, S., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., E. Schapire, R., Soberón, J., Williams, S., S. Wisz, M. y E. Zimmermann, N., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129–151.
- Escalante, F., J. E. Valdez-Holguín, S. Álvarez-Borrego, y J. R. Lara-Lara, 2013. Temporal and spatial variation of sea Surface temperature, chlorophyll a, and primary productivity in the Gulf of California Variación temporal y espacial de temperatura superficial del mar, clorofila a y productividad primaria en el golfo de California. *Cienc. Mar.*, 39(2): 203-215.
- Farrell, Edward R., A. M. Boustany, P. N. Halpin, D. L. Hammond, 2013. Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) distribution in relation to biophysical ocean conditions in the northwest Atlantic. *Fish. Res.*, 151: 177-190.
- Fedrov, K. N., 1986. The physical nature and structure of oceanic fronts. Springer-Verlag New York Inc., New York, NY
- Feng, M., M. J. McPhaden, S. Xie, y J. Hafner, 2013: La Niña forces unprecedented Leeuwin Current warming in 2011. *Sci. Rep.*, 3: 1277

- Furukawa, S., Y. Tsuda, G. N. Nishihara, K. Fujioka, S. Ohshimo, S. Tomoe, y R. Kawabe, 2014. Vertical movements of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) and dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) relative to the thermocline in the northern East China Sea. *Fish. Res.*, 149: 86-91.
- Genin, A., P. K. Dayton, P. F. Lonsdale, y F. N. Spiess, 1986. Corals on seamount peaks provide evidence of current acceleration over deep-sea topography. 59-61
- Goldberg, S. R., y A. T. Aguiar, 1985. Notes on Spawning in the Dolphin Fish, *Coryphaena hippurus* (*Coryphaenidae*) from Peru. *Bull. South. Calif. Acad. Sci.*, 84(1): 51-52.
- Hammann, M. G., J. S. P. Nayar, y O. S. Nishizaki, 1995. The effects of the 1992 El Niño on the fisheries of Baja California, Mexico. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 36: 127-133.
- Hastie, T., R. Tibshirani, 1986. Generalized additive models. *Stat. Sci.*, 12: 297–318.
- Holland, K. N., P. Kleiber, y S. M. Kajiura, 1999. Different residence times of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and bigeye tuna, *T. obesus*, found in mixed aggregations over a seamount. *Fish. Bull. NOAA*, 97: 392-395.
- IATTC, 2006. Tunas and Billfishes in the Eastern Pacific Ocean in 2005. Fishery Status Report No. 4. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. 144 pp. La Jolla, CA.
- IATTC, 2014. Tunas and Billfishes in the Eastern Pacific Ocean in 2013. Fishery Status Report No. 12. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. 177 pp. La Jolla, CA.
- Itano, D. G., y K. N. Holland, 2000. Movement and vulnerability of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in relation to FADs and natural aggregation points. *Aquat. Living. Resour.*, 13(04): 213-223.
- Kahru, M., S. T. Gille, R. Murtugudde, P. G. Strutton, M. Manzano-Sarabia, H. Wang, y B. G. Mitchell, 2010. Global correlations between winds and ocean chlorophyll. *J. Geophys. Res.*, 115: C12040
- Kingsford, M. J., y A. Defries, 1999. The ecology of and fishery for *Coryphaena* spp. in the waters around Australia and New Zealand. *Sci. Mar.*, 63(3-4): 277-301.
- Kessler, W.S., 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Prog. Oceanogr.*, 69: 181–217.
- Kleisner, K.M., 2009. A Spatio-Temporal Analysis of Dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, Abundance in the Western Atlantic: Implications for Stock Assessment of a Data-Limited Pelagic Resource. University of Miami, Tesis de doctorado.

- Klett-Trauslen, A., G. Ponce-Díaz y S. Ortega-García, 1996. Pesquería deportivo-recreativa. En: Casas V. M. y Ponce D (Eds.). 1996. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur, México. 389–418.
- Kojima, S, 1961. Studies on fishing conditions of dolphin, *Coryphaena hippurus* L., in the western region of the sea of Japan-iii. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 27: 625–629.
- Kojima, S, 1966. Studies on fishing conditions of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the western regions of the Sea of Japan-XI. School of dolphins accompanying various kinds of flotages. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 32: 647–651.
- Koslow, J. A., 1997. Seamounts and the ecology of deep-sea fisheries. Amer. Sci., 85: 168–176.
- Lapeyre, G., P. Klein, y B. L. Hua, 2006. Oceanic restratification forced by surface frontogenesis. J. Phys. Oceanogr. , 36(8): 1577-1590.
- Lasso, J., y L. Zapata, 1999. Fisheries and biology of *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) in the Pacific coast of Colombia and Panama. Sci. Mar., 63(3-4): 387-399.
- Largier, J.L., 1993. Estuarine fronts: how important are they?. Estuaries 16 (1): 1 – 11.
- Laurs, R. M., P. C. Fiedler, y D. R. Montgomery, 1984. Albacore tuna catch distributions relative to environmental features observed from satellites. Deep-Sea Res., 31: 1085–1099.
- Lavín, M. F., R. Castro, E. Beier, V. M. Godínez, A. Amador, y P. Guest, 2009. SST, thermohaline structure, and circulation in the southern Gulf of California in June 2004 during the North American Monsoon Experiment. J. Geophys. Res. C., (1978–2012), 114(C2).
- Leathwick, J. R., J. Elith, y T. Hastie, 2006. Comparative performance of generalized additive models and multivariate adaptive regression splines for statistical modelling of species distributions. Ecol. Model., 199(2): 188-196.
- Le Fèvre, J., 1986. Aspects of the biology of frontal systems. Adv. Mar. Biol. 23: 163 – 299.
- Leuliette, E. W., y J. M. Wahr, 1999. Coupled pattern analysis of sea Surface temperature and TOPEX/Poseidon sea Surface height, J. Phys. Oceanogr., 29: 599–611.
- Manooch, C.S., D.L. Mason, R.S. Nelson, S.F. Center, 1983. Food and gastrointestinal parasites of dolphin, *Coryphaena hippurus*, collected along the southeastern and gulf coasts of the United States. US Department of Commerce, National Oceanic and

Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Center, Beaufort Laboratory.

Mann, K.H., y J.R.N. Lazier, 1996. Dynamics of Marine Ecosystems. Biological – Physical Interactions in the Oceans, 2nd ed. Blackwell, Cambridge, USA.

McClatchie, S., R., Goericke, J. A. Koslow, F. B. Schwing, S. J. Bograd, R. Charter, W. Watson, N. Lo, K. Hill, J. Gottschalck, M. L'heureux, Y. Xue, W. T. Petterson, R. Emmett, C. Collins, G. Gaxiola-Castro, R. Durazo, M. Kahru, B. G. Mitchell, K. D. Hyrenbach, W. J. Sydeman, R. W. Bradley, P. Warzybok, y E. Bjorkstedt. 2008. The State of the California Current, 2007–2008: La Niña conditions and their effects on the ecosystem. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 49: 39–76.

Martínez-Rincón, R.O., S. Ortega-García, J.G. Vaca-Rodriguez, 2009. Incidental catch of dolphinfish (*Coryphaena* spp.) reported by the Mexican tuna purse seiners in the eastern Pacific Ocean. Fish. Res., 96: 296–302.

Martínez-Rincón, R. O., S. Ortega-García, y J. G. Vaca-Rodríguez, 2012. Comparative performance of generalized additive models and boosted regression trees for statistical modeling of incidental catch of wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Mexican tuna purse-seine fishery. Ecol. Model., 233: 20-25.

Martinez-Rincon, R., S. Ortega-Garcia, J. G. Vaca-Rodriguez, y S. Griffiths, 2014. Development of habitat prediction models to reduce bycatch of sailfish (*Istiophorus platypterus*) within the purse-seine fishery in the eastern Pacific Ocean. Mar. Freshw. Res.

Massutí, E., B. Morales-Nin, y S. Deudero, 1999. Fish fauna associated with floating objects sampled by experimental and commercial purse nets. Sci. Mar., 63(3-4): 209-218.

Merten W, R. Appeldoorn, D. Hammond, 2014a. Movements of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) along the US east coast as determined through mark and recapture data. Fish. Res., 151: 114–121.

Merten, W., R. Appeldoorn, R. Rivera, y D. Hammond, 2014b. Diel vertical movements of adult male dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western central Atlantic as determined by use of pop-up satellite archival transmitters. Mar. Biol., 161(8): 1823-1834.

Merten, W., R. Appeldoorn y D. Hammond, 2014c. Spatial differentiation of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) movements relative to the Bahamian archipelago. Bull. Mar. Sci., 90(3): 849-864.

Morato, T., S. D. Hoyle, V. Allain, y S. J. Nicol, 2010. Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean. Proc. Natl. Acad. Sci., 107(21): 9707-9711.

- Norton, J.G., 1999. Apparent habitat extensions of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in response to climate transients in the California Current *. *Sci. Mar.*, 63: 239–260.
- Norton, J.G. y S.J. Crooke. – 1994. Occasional availability of dolphin, *Coryphaena hippurus*, to southern California Commercial Passenger Fishing Vessel Anglers: Observations and Hypotheses, *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. (CalCOFI) Rep.*, 35: 230-239.
- Olson, D.B. y R. H. Backus, 1985. The concentrating of organisms at fronts: a coldwater fish and a warm-core Gulf Stream ring. *J. Mar. Res.* 43: 113 – 137.
- Olson, D.B., 2002. Biophysical dynamics of ocean fronts. *Biological – Physical Interactions in the Sea. The Sea*, vol. 12. Wiley, New York, USA.
- Ortega-García, S, R. Rodríguez-Sanchez, J. G. Vaca-Rodríguez y H., Santana-Hernández, 2005. Distribution of dolphinfish catches in the eastern pacific ocean: seasonal and inter-annual variability., in: 56th Annual Tuna Conference. p. 42.
- Ortega-García, S., R. Rodríguez-Sanchez, J. G. Vaca-Rodríguez, H. Santana-Hernández, A. Klett-Trauslen, M. S. Zúñiga-Flores, R. O. Martínez-Rincón, F. Arias-Olaiz y G. Galindo-Cortes, 2008. Variación espacio-temporal de la abundancia relativa del dorado (*Coryphaena* spp.) en el Pacífico mexicano.
- Ortega-García, S., H. Villalobos, R. Rodríguez-Sanchez y J. G. Vaca-Rodríguez, 2007. Inter- and Intra-annual variation of dolphinfish (*Coryphaena* spp.) in the equatorial eastern Pacific, in: 1st International CLIOTOP Conference - Climate Impacts on Oceanic Top Predators, La Paz, Mexico, 3-7 December 2007.
- Ortega-García S., y M. S., Zúñiga-Flores, 2011. Especies capturadas por la flota deportiva que opera en Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *El Vigía* 39, 29-32.
- Ortega-García S., J., O'Sullivan, R., Rodríguez-Sanchez, y C., Perle, 2013. Migratory movements of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the northwestern Mexican Pacific, in 2nd CLIOTOP Conference - Climate Impacts on Oceanic Top Predators, Noumea, New Caledonia, 11-15 February 2013.
- Ortega-García, Sofía, E. Camacho-Bareño y R. O. Martínez-Rincón, 2014. Effects of environmental factors on the spatio-temporal distribution of striped marlin catch rates off Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Fish. Res.*, En prensa
- Oxenford, H.A., W. Hunte, 1986. A preliminary investigation of the stock structure of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Western central Atlantic. *Fish. Bull.*, 81: 906–909.

- Palko, B.J., Beardsley, G.L., Richards, W.J., 1982. "Synopsis of the biological data on Dolphins-Fishes, *Coryphaena hippurus* Linnaeus and *Coryphaena equiselis* Linnaeus". U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS. Circ. 443: 28p.
- Pantoja, D. A., S. G. Marinone, A. Parés-Sierra y F. Gómez-Valdivia, 2012. Numerical modeling of seasonal and mesoscale hydrography and circulation in the Mexican Central Pacific Modelación numérica de la hidrografía y circulación estacional y de mesoescala en el Pacífico central mexicano. *Cienc. Mar.*, 38(2): 363-379.
- Pearson, K, 1930. The life, letters and labours of Francis Galton. Vol. II A, Cambridge at the University press.
- Perez-Brunius P, M. Lopez, A. Pares-Sierra y J. Pineda, 2007. Comparison of upwelling indices off Baja California derived from three different wind data sources. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 48: 204–214.
- Pérez Valencia, S.A., 2004. "Estudio de la pesca deportivo-recreativa en la región de Los Cabos, BCS con énfasis en el destino de las capturas". Tesis de Maestría", CIBNOR.
- Pichel, W. G., J.H. Churnside, T.S. Veenstra, D.G. Foley, K.S Friedman, R.E. Brainard y P.Clemente-Colon, 2007. Marine debris collects within the North Pacific subtropical convergence zone. *Mar. Pollut. Bull.*, 54(8): 1207-1211.
- Pitcher, T. J. y C. Bulman, 2007. Raiding the larder: a quantitative evaluation framework and trophic signature for seamount food webs. *Seamounts: Ecol. Fish. Conserv.*, 282-295.
- Pla, C. y J. M. Pujolar, 1999. Genetic homogeneity of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western Mediterranean and the eastern Atlantic. *Sci. Mar.*, 63(3-4): 337-341.
- Podestá, G. P., J. A. Browder y J.J. Hoey, 1993. Exploring the association between swordfish catch rates and thermal fronts on US longline grounds in the western North Atlantic. *Cont. Shelf. Res.*, 13: 253–277.
- Ramsay, T. O., R. T. Burnett, y D. Krewski, 2003. The effect of concurvity in generalized additive models linking mortality to ambient particulate matter. *Epidemiology*, 14(1): 18-23.
- Rivera, G. A. y R. S. Appeldoorn, 2000. Age and growth of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, off Puerto Rico. *Fish. Bull-NOAA*, 98(2): 345-352.
- Rose, C.D. y W. W. Hassler, 1974. "Food habits and sex ratios of dolphin *Coryphaena hippurus* captured in the western Atlantic Ocean off Hatteras, North Carolina". *Trans. Am. Fish. Soc* 103: 94–100.
- Rocha-Olivares, A., M. Bobadilla-Jiménez, S. Ortega-García, N. Saavedra-Sotelo y J. R. Sandoval-Castillo, 2006. Variabilidad mitocondrial del dorado *Coryphaena hippurus*

- en poblaciones del Pacífico Mitochondrial variability of dolphinfish *Coryphaena hippurus* populations in the Pacific Ocean. *Cienc. Mar.*, 32(3): 569-578.
- Ryan, P. G., 1988. The characteristics and distribution of plastic particles at the sea-Surface off the southwestern Cape Province, South Africa. *Mar. Environ. Res.*, 25(4): 249-273.
- Sakamoto, R. y S. Kojima, 1999. "Review of dolphinfish biological and fishing data in Japanese waters *". *Sci. Mar.*, 63: 375–385.
- Santana-Hernández, H., 2001. "Estructura de la comunidad de pelágicos mayores capturados con palangre en el Pacífico Mexicano (1983- 1996) y su relación con la temperatura superficial del mar". UNIVERSIDAD DE COLIMA.
- Sibert, J., K. Holland y D. Itano, 2000. Exchange rates of yellowfin and bigeye tunas and fishery interaction between Cross seamount and near-shore FADs in Hawaii. *Aquat. Living. Resour.*, 13(4): 225-232.
- Solana-Sansores, R., 2001. Patrones espaciales de las especies epipelágicas capturadas incidentalmente en la pesca de atún sobre objetos flotantes, en el Océano Pacífico oriental. *Cienc. Mar.*, 27(3).
- Southwick, A. 2008. The Economic Contributions of Anglers to the Los Cabos Economy. Bill Fish Foundation. 24.
- Stretta, J. M. (1977). Tempe´rature de Surface et peˆche thonie`re dans la zone frontale du cap Lopez (Atlantique tropical oriental) en juin et juillet 1972, 1974 et 1975. *Cahiers ORSTOM, se´rie oce´anographie*, 15: 163–180.
- Su, N. J., C. L. Sun, A. E. Punt y S. Z. Yeh, 2008. Environmental and spatial effects on the distribution of blue marlin (*Makaira nigricans*) as inferred from data for longline fisheries in the Pacific Ocean. *Fish. Oceanogr.*, 17(6): 432-445.
- Takahashi, M. y K. Mori, 1973. "Studies on relative growth in body parts compared in *Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*, and notes on gonadal maturation in the latter species". *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab* 8: 79–113.
- Tripp-Valdez, M. A., F. J. G. de León, S. Ortega-García, D. Lluch-Cota, J. López-Martínez, y P. Cruz, 2010. Population genetic structure of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Gulf of California, using microsatellite loci. *Fish. Res.*, 105(3): 172-177.
- Torres Rojas, Y., A. Hernández-Herrera, S. Ortega-Garcia, y M. Domeier, 2013. Stable isotope differences between blue marlin (*Makaira nigricans*) and striped marlin (*Kajikia audax*) in the southern Gulf of California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 89(2): 421-436.

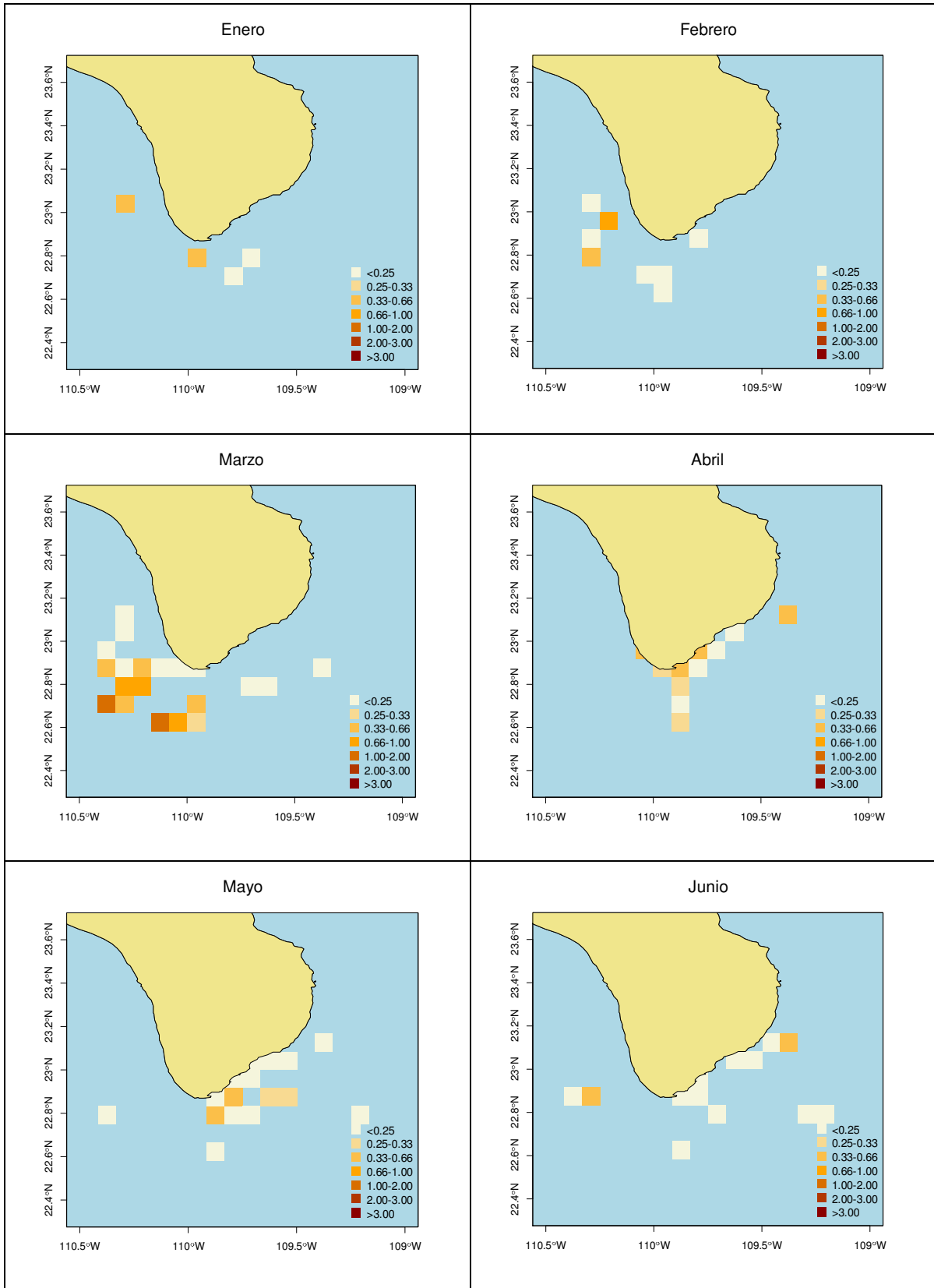
- Torres-Rojas, Y. E., A. Hernández-Herrera, S. Ortega-García, y M. F. Soto-Jiménez, 2014. Feeding habits variability and trophic position of dolphinfish in waters south of the Baja California Peninsula, Mexico. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 143(2): 528-542.
- Tseytlin V.B., 1985. Energetics of fish populations inhabiting seamounts. *Oceanology*, 25: 237–239.
- Uchiyama, J.H., R.K. Burch y S.A. Kraul, 1986. "Growth of dolphins, *Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*. Hawaiian waters as determined by daily increments on otoliths". *Fish. Bull. US* 84: 186–191.
- Valdez Holguin, J. E. ,1986. Distribución de la biomasa y productividad del fitoplancton en el Golfo de California durante el evento de El Niño 1982-1983. Centro de Investigacion Científica y de Educacion Superior de Ensenada, tesis doctoral.
- Williams, K. F., 1977. Sea Surface temperature maps to assist tuna fisheries off New South Wales, Australia. G. H. Tomczak (Ed.), *FAO Fisheries Technical Paper No.* 170: 38–55.
- Wood, S. N., 2004. Stable and efficient multiple smoothing parameter estimation for generalized additive models. *J. Ame. Stat. Assoc.*, 99(467).
- Wu, C. C., W. C. Su, y T. Kawasaki, 2001. Reproductive biology of the dolphin fish *Corphaena hippurus* on the east coast of Taiwan. *Fish. Sci.*, 67(5): 784-793.
- Wyrtki, K., 1967. "Circulation and water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean". *Int. J. Oceanol. Limnol* 1: 117–147.
- Yáñez-Arancibia, A., 2014. Huracanes en el Pacífico de México. Red Ambiente y Sustentabilidad, Unidad de Ecosistemas Costeros, <http://www.inecol.edu.mx/>
- Zapata, L. A., 2002. Effects of El Niño and La Niña on the fisheries of the Colombian Pacific. *Invest. Mar.*, 30 (1): 205-206
- Zaytsev, O., R. Cervantes-Duarte, O. Montante, y A. Gallegos-Garcia, 2003. "Coastal Upwelling Activity on the Pacific Shelf of the Baja California Peninsula". *J. Oceanography* 59: 589-502.
- Zaytsev et al. (2010)
- Zúñiga Flores, M.S., S. Ortega-García, y A. Klett-Traulsen, 2008. "Interannual and seasonal variation of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) catch rates in the southern Gulf of California, Mexico". *Fish. Res.*, 94: 13–17.

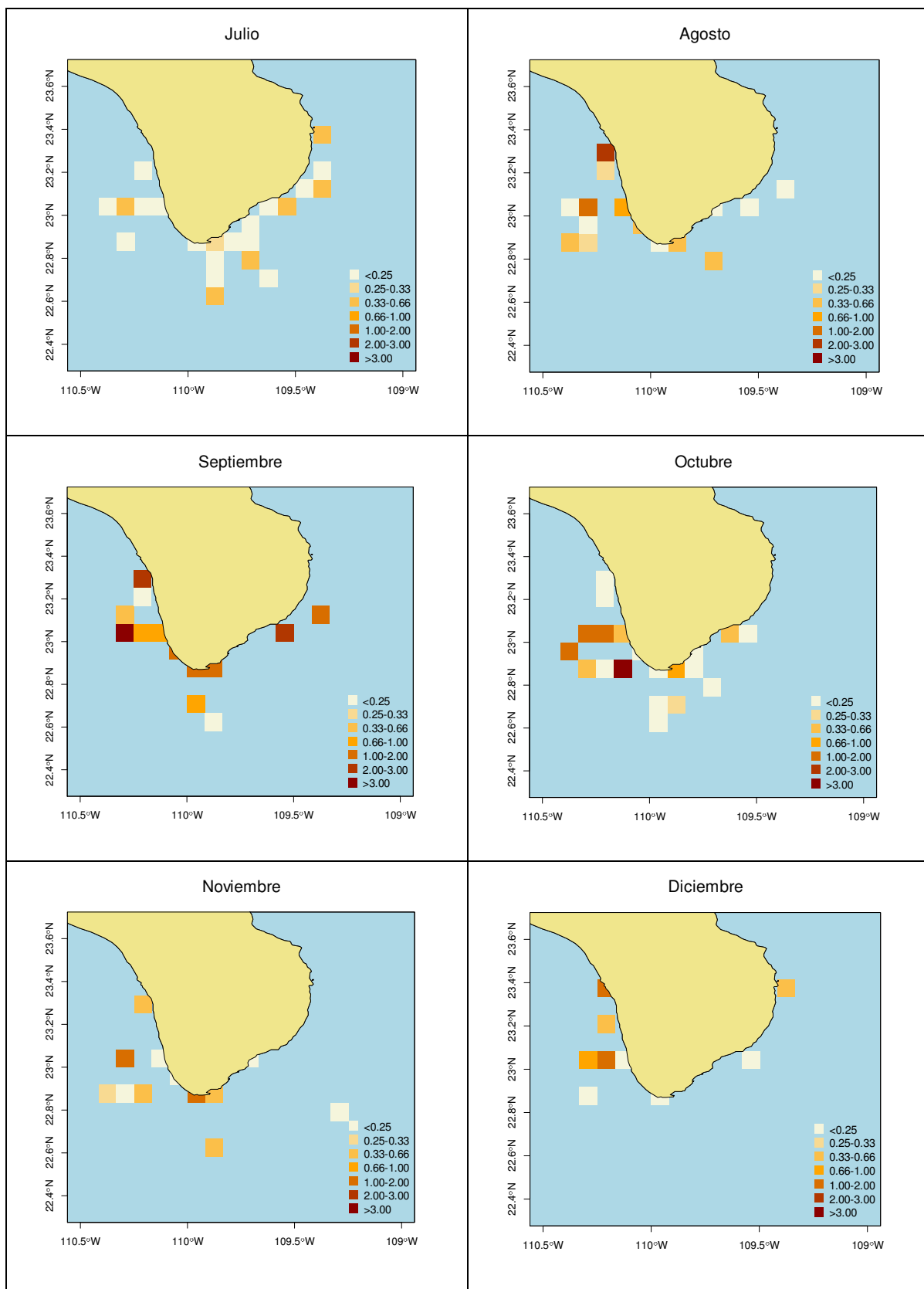
Zuñiga-Flores, M.S., 2004. "Variacion estacional e interanual de las tasas de captura de dorado (*coryphaena hippurus*), en Cabo San Lucas B.C.S. México". Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, tesis de maestria.

Zuñiga-Flores, M.S. y S. Ortega-García, 2002. "Análisis de la estructura de tallas y relacion peso-longitud del dorado (*coryphaena hippurus*, linnaeus 1758) capturado en mazatlán, sinaloa durante 2000-2001". Universidad Autónoma de Sinaloa, tesis de licenciatura.

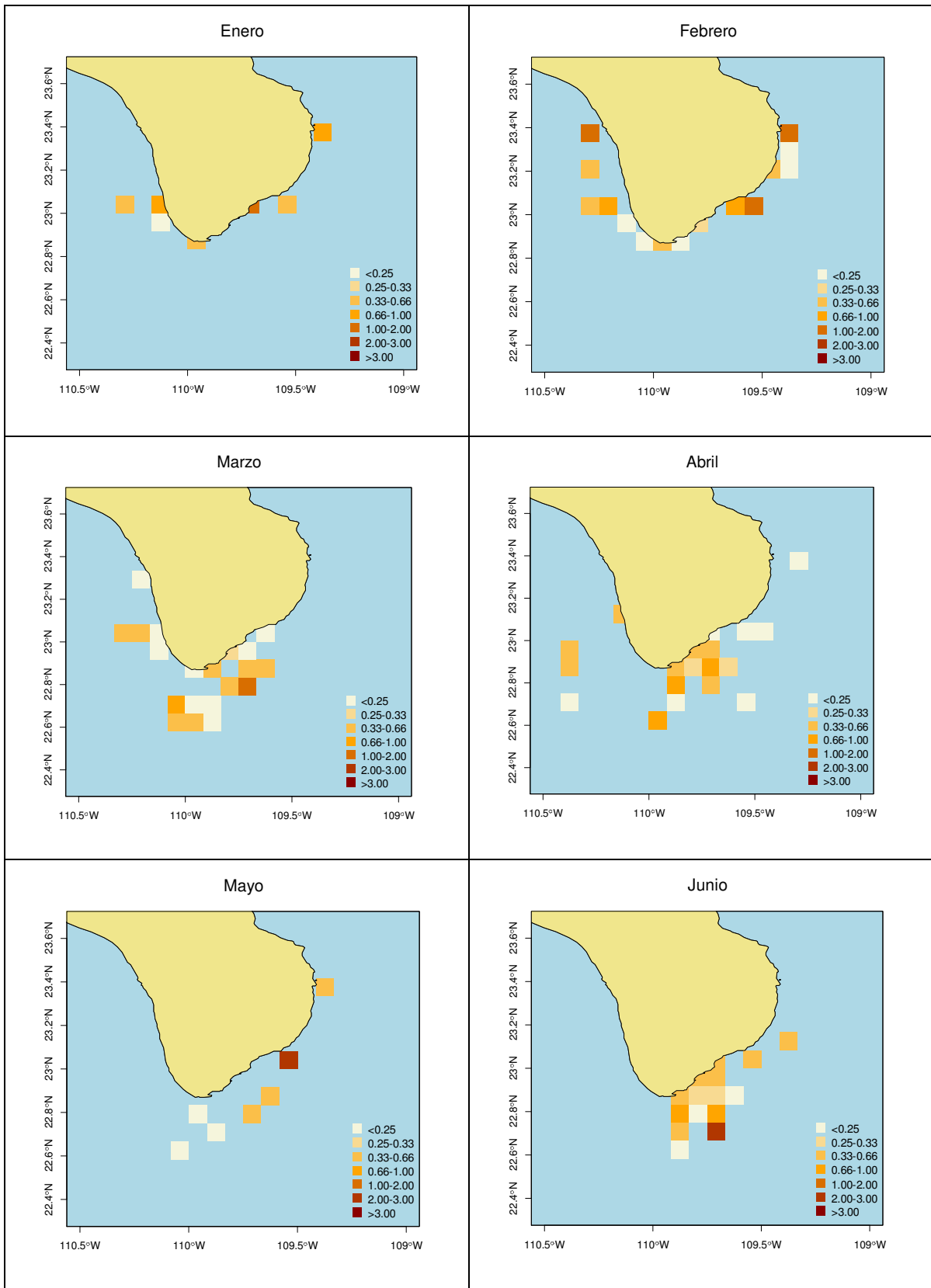
ANEXO I.

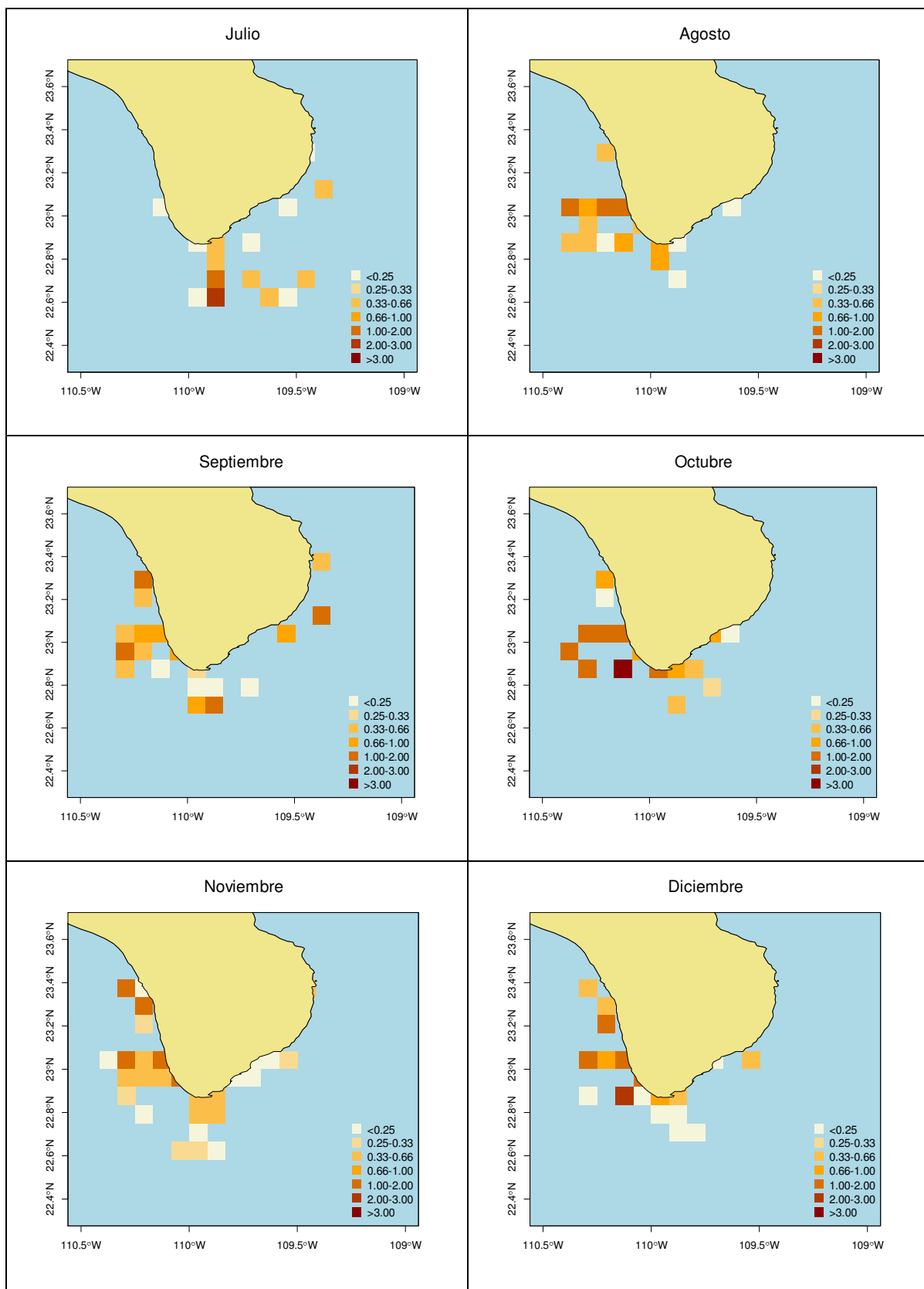
Distribución mensual por años, de las tasas de captura de dorado registradas en el periodo 2008-2011 en la región de Los Cabos B.C.S México.



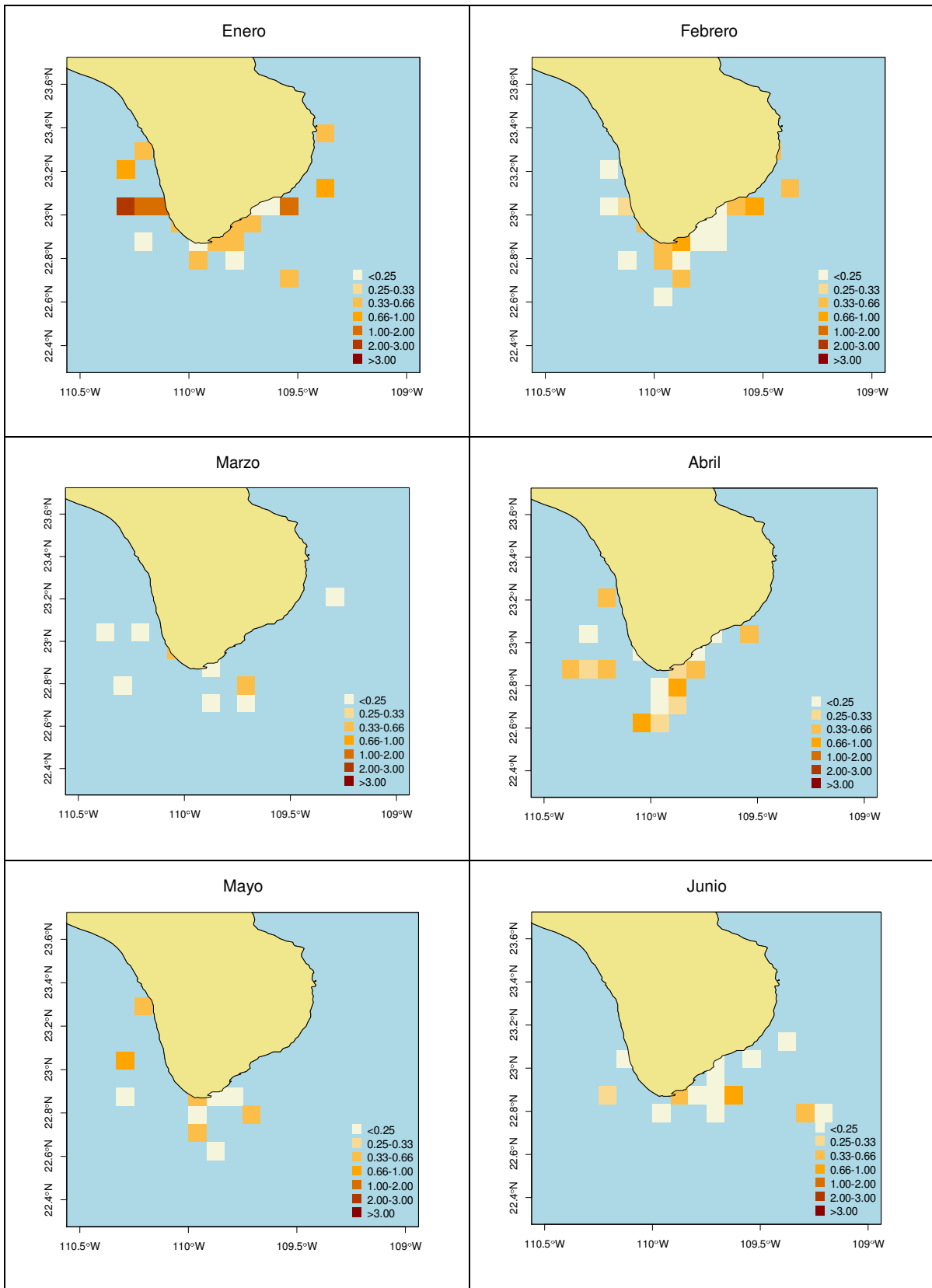


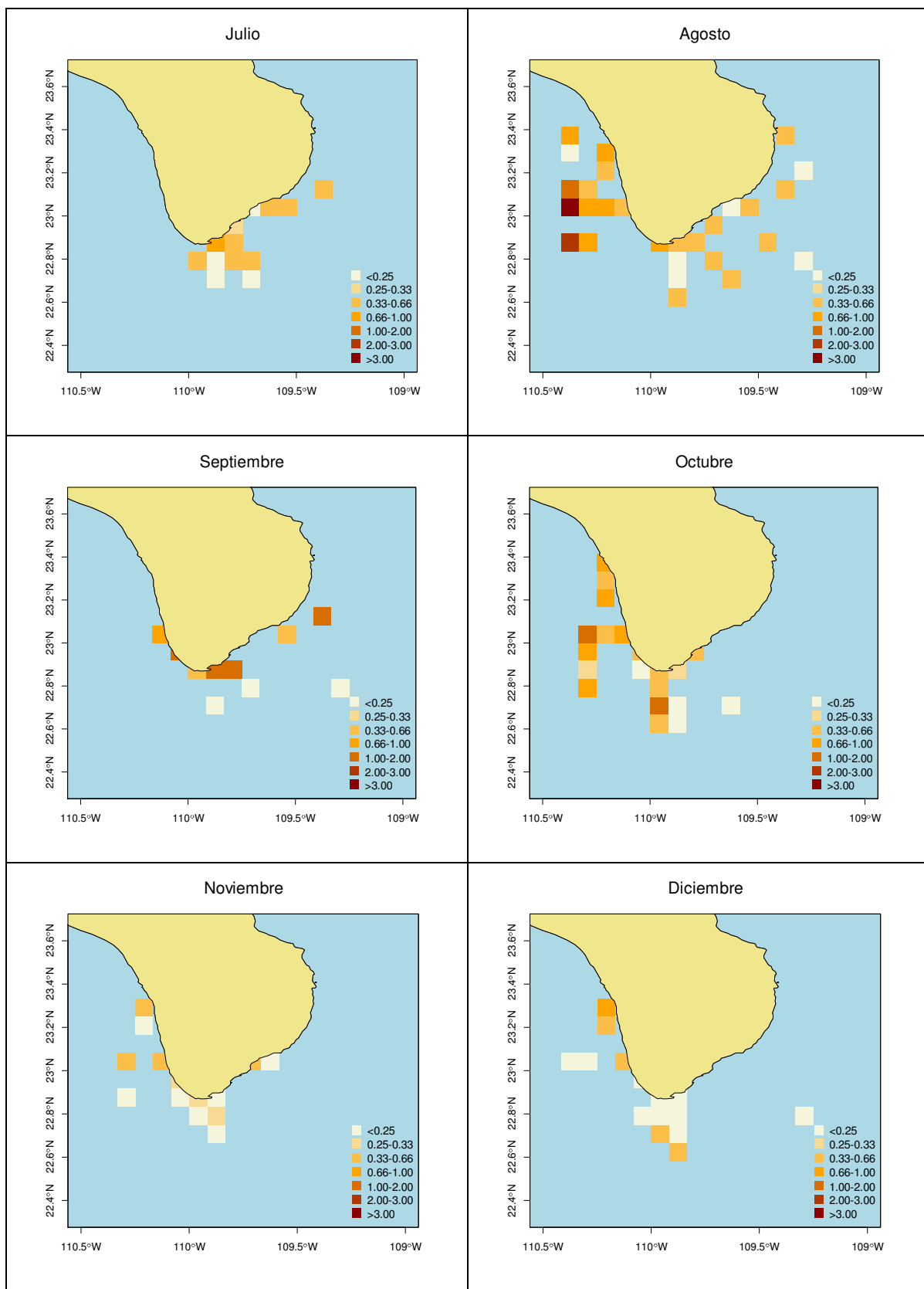
Distribución de las tasas de captura promedios mensuales obtenidas por las principales flotas deportivas de Los Cabos B.C.S. en 2008.



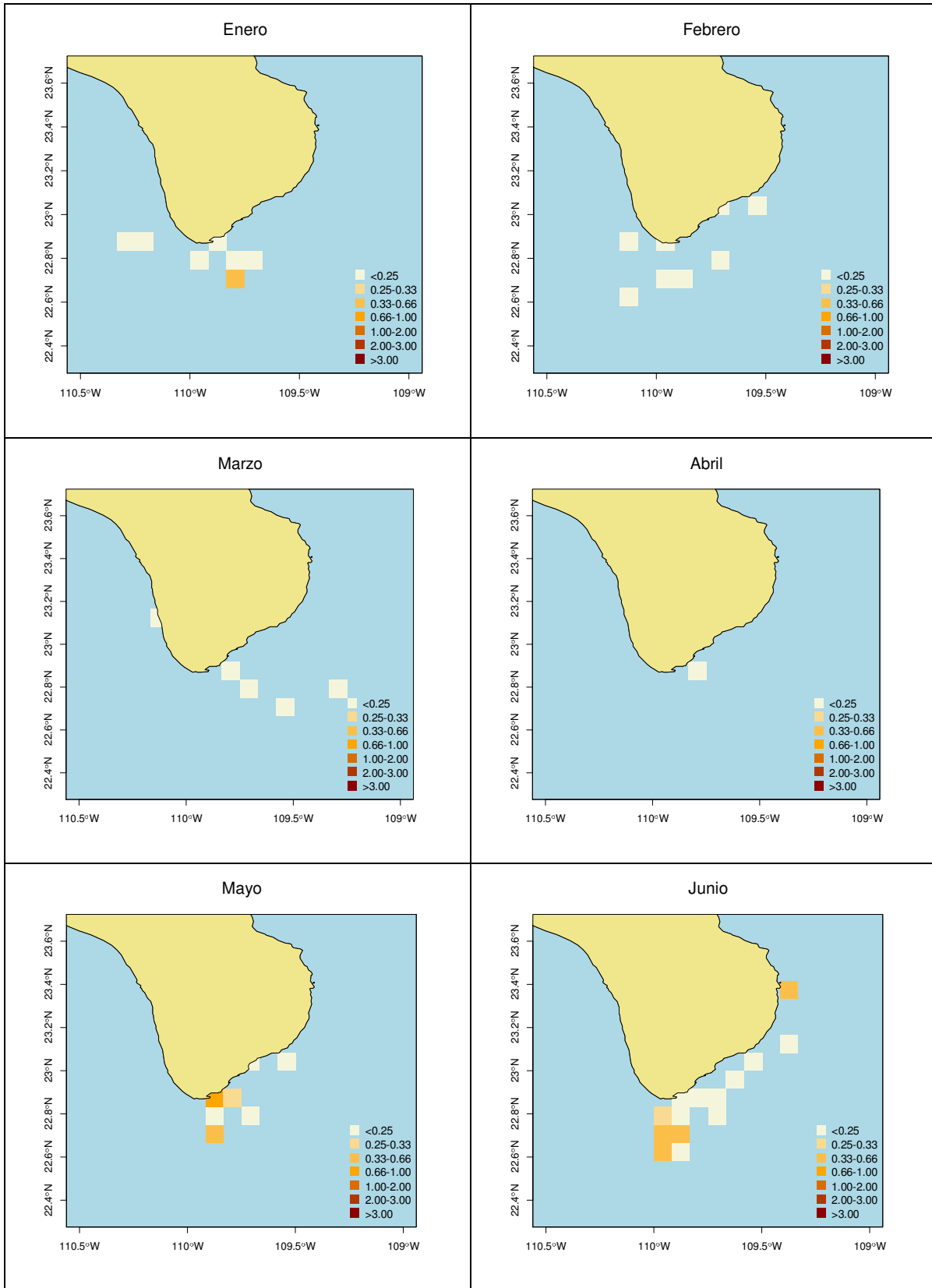


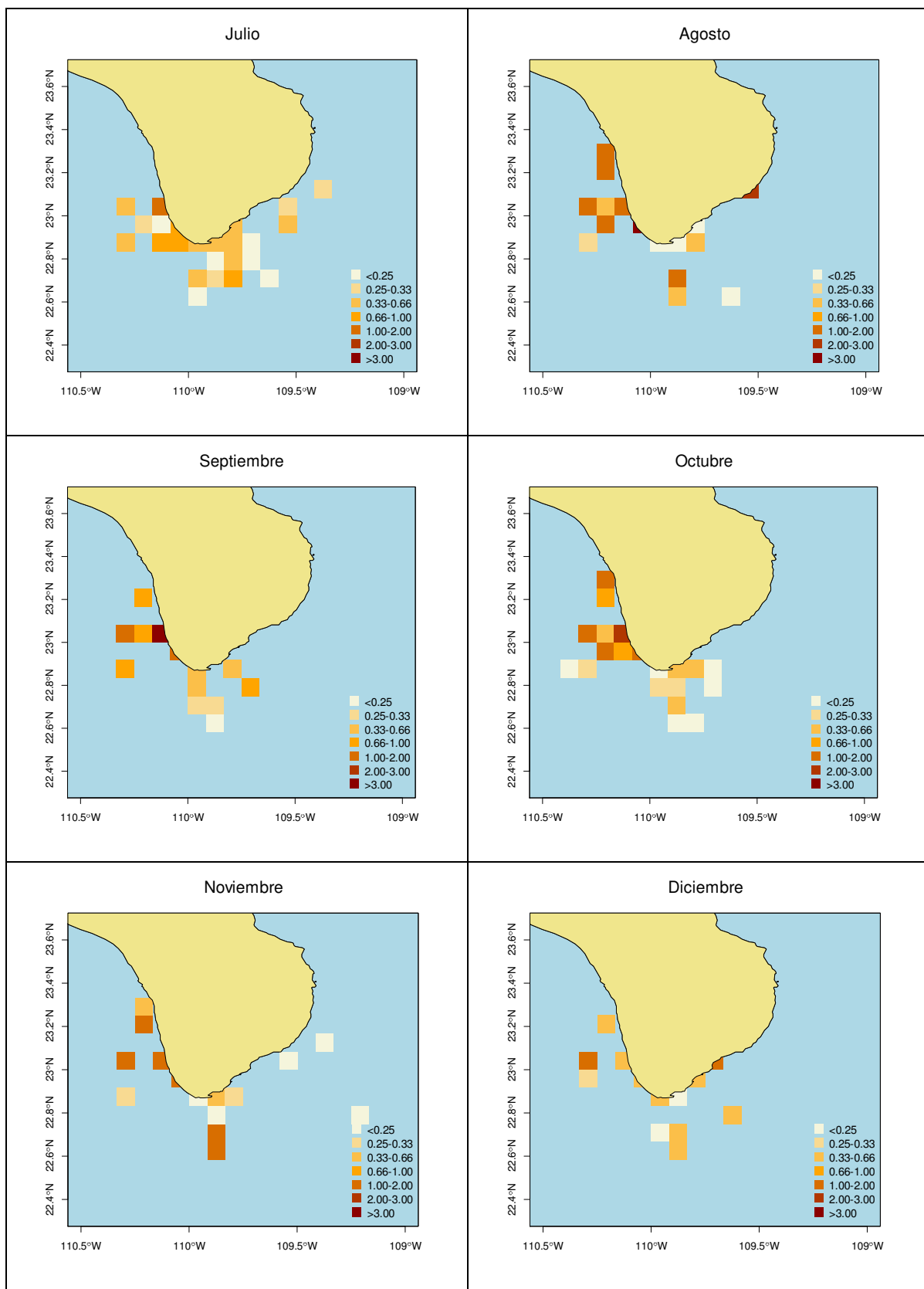
Distribución de las tasas de captura promedio mensuales obtenidas por las principales flotas deportivas de Los Cabos B.C.S. en 2009.





Distribución de las tasas de captura promedios mensuales obtenidas por las principales flotas deportivas de Los Cabos B.C.S. en 2010.





Distribución de las tasas de captura promedio mensuales obtenidas por las principales flotas deportivas de Los Cabos B.C.S. en 2011.