



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

**INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y
PESQUERÍAS**

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

Captura de los principales recursos pesqueros de carángidos (*Caranx hippos* y *C. crysos*) en la parte occidental del golfo de México y su relación con algunas variables oceanográficas.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

PRESENTA:

Biól. Eduardo Chaires Montecinos

COMITÉ TUTORAL

Dra. Gabriela Galindo Cortes
Directora

Dra. María de Lourdes Jiménez Badillo
Dr. César Gabriel Meiners Mandujano
Asesores

Dedicado a mi familia.

A mis padres Yolanda y Ezequiel, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su incondicional amor, confianza y apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A mis hermanos Alejandro y Brenda por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A Edith, mi compañera inopinada de aventuras.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis realizado en el Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP) es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron muchas personas opinando, aconsejando, dando ánimo, corrigiéndome, tendiéndome paciencia, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de alegría, alivio y felicidad. Este trabajo me ha permitido aprovechar la competencia y experiencia de muchas personas que deseo agradecer en este apartado.

En primer lugar, a mi directora de tesis, Dra. Gabriela Galindo Cortes, mi más amplio agradecimiento por darme la oportunidad de realizar esta investigación. Su apoyo, capacidad y sinceridad para guiar mis ideas ha sido un aporte imponderable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador. Estoy extremadamente agradecido por lo que me ha ofrecido. También me gustaría darle las gracias por su amistad, empatía y gran sentido del humor, pero sobre todo, por ser tolerante ante mi constante “efecto Halley”.

Al Dr. Cesar Gabriel Meiners Mandujano, un especial agradecimiento por sus consejos, apoyo y ánimo que me brindó durante el desarrollo de esta tesis. No cabe duda que su participación ha enriquecido el trabajo realizado y, además, ha significado el surgimiento de una sólida amistad.

A la Dra. María de Lourdes Jiménez Badillo, un sincero agradecimiento por sus acertados comentarios, apoyo y disponibilidad a lo largo de esta tesis. Su inestimable aportación ha contribuido al éxito de esta investigación.

A mis amigos y colegas que han compartido conmigo los “ires y venires” en el plano académico y personal durante esta travesía en el ICIMAP y Boca del Río.

A los integrantes del comité lector de mi tesis de investigación, Dr. Alejandro Granados Barba, Dra. Gabriela Eugenia Athié de Velasco y Dr. Pedro César Reyna González, quienes con sus comentarios, observaciones y críticas indudablemente enriquecieron mi trabajo.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia, que a pesar de la distancia siempre estuvieron presente para saber cómo iba mi proceso. Sin su apoyo, confianza, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo esta aventura.

Finalmente, debo agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haber financiado gran parte de mis estudios de posgrados otorgándome la beca No. 448313, y del patrocinio por el “clan” Chaires-Montecinos.

CONTENIDO

I INTRODUCCIÓN	12
II ANTECEDENTES	17
III HIPÓTESIS	20
IV OBJETIVOS	20
4.1 Objetivo General	20
4.2 Objetivos específicos	20
V MATERIAL Y MÉTODOS	21
5.1 Área de estudio	21
5.2 Análisis de datos oceanográficos	23
5.2.1 Información satelital.....	23
5.2.2 Análisis de la series de TSM y Cl- <i>a</i>	25
5.3 Análisis de información pesquera	25
5.3.1 Datos de producción pesquera	25
5.4 Método CATERPILLAR – SSA	26
5.5 Modelo Lineal Generalizado	26
VI RESULTADOS	28
6.1 Variables oceanográficas	28
6.1.1 Variabilidad y patrón estacional de la TSM en zonas de pesca de jurel	28
6.1.2 Variabilidad y patrón estacional de la Cl- <i>a</i> en zonas de pesca de jurel	31
6.1.3 Variabilidad y patrón estacional de la TSM en zonas de pesca de cojinuda	34
6.1.4 Variabilidad y patrón estacional de la Cl- <i>a</i> en zonas de pesca de cojinuda	37
6.2 Captura comercial de Carángidos	40
6.2.1 Comportamiento de la captura de jurel	40
6.2.2 Comportamiento de la captura de cojinuda	43
6.3 Relación entre el componente pesquero y variables oceanográficas	47
6.4 Análisis de Espectro Singular (SSA) – CATERPILLAR	49
6.4.1 SSA de las capturas de jurel	49
6.4.2 SSA de las capturas de cojinuda	51
6.4.3 Correlaciones cruzadas con SSA (Captura de jurel vs TSM y Cl- <i>a</i>)	54
6.4.4 Correlaciones cruzadas con SSA (Captura de cojinuda vs TSM y Cl- <i>a</i>).....	56

6.5 Modelación de las capturas comerciales de cárangidos	58
6.5.1 Modelo lineal generalizado de la captura de jureles.....	58
6.5.2 Modelo lineal generalizado de la captura de cojinudas	61
VII DISCUSIÓN	64
7.1 Comportamiento de las capturas de jurel y cojinuda.....	64
7.2 Relación del componente pesquero y variables oceanográficas	68
VIII CONCLUSIONES	71
IX RECOMENDACIONES.....	72
X LITERATURA CITADA.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estados que presentan las mayores capturas del género <i>Caranx</i> en el golfo de México (2003–2008).....	13
Figura 2. Área de estudio	21
Figura 3. Zonas de pesca de jurel en la parte occidental del golfo de México.....	23
Figura 4. Zonas de pesca de cojinuda en la parte occidental del golfo de México.	24
Figura 5. Series de tiempo de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).	28
Figura 6. Series de anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).	30
Figura 7 Estacionalidad de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).	30
Figura 8. Series de tiempo de la concentración de clorofila- <i>a</i> en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).	31
Figura 9. Series de anomalías mensuales de clorofila- <i>a</i> en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).	32
Figura 10. Estacionalidad de la concentración de clorofila- <i>a</i> en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).	33
Figura 11. Series de tiempo de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).	34
Figura 12. Series de tiempo de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).	35
Figura 13. Estacionalidad de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).	36
Figura 14. Series de tiempo de la concentración de clorofila- <i>a</i> en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).	37
Figura 15. Series de tiempo de las anomalías mensuales de clorofila- <i>a</i> en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).	38
Figura 16. Estacionalidad de la concentración de clorofila- <i>a</i> en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).	39
Figura 17. Serie histórica de las capturas de jurel en la zona I (2006-2014).	40

Figura 18. Serie histórica de las capturas de jurel en la zona II (2006-2014).....	40
Figura 19. Serie histórica de las capturas de jurel en la zona III (2006-2014).....	41
Figura 20. Serie histórica de las capturas de jurel en la zona IV (2006-2014).	41
Figura 21. Captura media mensual de jurel durante el periodo 2006-2014.	43
Figura 22. Serie histórica de las capturas de cojinuda en la zona I (2006-2014).	43
Figura 23. Serie histórica de las capturas de cojinuda en la zona II (2006-2014).....	44
Figura 24. Serie histórica de las capturas de cojinuda en la zona III (2006-2014).....	44
Figura 25. Serie histórica de las capturas de cojinuda en la zona IV (2006-2014).	45
Figura 26. Captura media mensual de cojinuda durante el periodo 2006-2014.	46
Figura 27. Componentes principales de la serie de captura de jurel en la zona I durante el periodo 2006-2014.....	49
Figura 28. Componentes principales de la serie de captura de jurel en la zona II durante el periodo 2006-2014.....	50
Figura 29. Componentes principales de la serie de captura de jurel en la zona III durante el periodo 2006-2014.....	50
Figura 30. Componentes principales de la serie de captura de jurel en la zona IV durante el periodo 2006-2014.....	51
Figura 31. Componentes principales de la serie de captura de cojinuda en la zona I durante el periodo 2006-2014.	52
Figura 32. Componentes principales de la serie de captura de cojinuda en la zona II durante el periodo 2006-2014.	52
Figura 33. Componentes principales de la serie de captura de cojinuda en la zona III durante el periodo 2006-2014.	53
Figura 34. Componentes principales de la serie de captura de cojinuda en la zona IV durante el periodo 2006-2014.	53
Figura 35. Correlación cruzada de la captura de jurel con la TSM y Cl-a en la zona I.....	54
Figura 36. Correlación cruzada de la captura de jurel con la TSM y Cl-a en la zona II	54
Figura 37. Correlación cruzada de la captura de jurel con la TSM y Cl-a en la zona III	55
Figura 38. Correlación cruzada de la captura de jurel con la TSM y Cl-a en la zona IV	55
Figura 39. Correlación cruzada de la captura de cojinuda con la TSM y Cl-a en la zona I	56
Figura 40. Correlación cruzada de la captura de cojinuda con la TSM y Cl-a en la zona II	56

Figura 41. Correlación cruzada de la captura de cojinuda con la TSM y $CI-a$ en la zona III	57
Figura 42. Correlación cruzada de la captura de cojinuda con la TSM y $CI-a$ en la zona IV.	57
Figura 43. Logaritmo natural de la captura de jurel de la variable explicativa zona de pesca durante el periodo 2006-2014.....	59
Figura 44. Logaritmo natural de la captura de jurel de la variable explicativa año durante el periodo 2006-2014.....	59
Figura 45. Logaritmo natural de la captura de jurel de la variable explicativa mes durante el periodo 2006-2014.....	60
Figura 46. Captura de jurel por zona de pesca con relación a la temperatura.....	60
Figura 47. Logaritmo natural de la captura de cojinuda de la variable explicativa zona de pesca durante el periodo 2006-2014.....	62
Figura 48. Logaritmo natural de la captura de cojinuda de la variable explicativa año durante el periodo 2006-2014.....	62
Figura 49. Logaritmo natural de la captura de cojinuda de la variable explicativa mes durante el periodo 2006-2014.....	63
Figura 50. Captura de cojinuda por zona de pesca con relación a la temperatura.....	63
Figura 51. Migración del jurel y cojinuda en el occidente del golfo de México.....	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Correlaciones cruzadas entre la captura de jurel y variables oceanográficas en cada zona de pesca.....	47
Tabla 2. Correlaciones cruzadas entre la captura de cojinuda y variables oceanográficas de cada zona de pesca.....	48
Tabla 3. Variables explicativas y porcentaje de la devianza explicada por el modelo lineal generalizado para el jurel	58
Tabla 4. Variables explicativas y porcentaje de la devianza explicada por el modelo lineal generalizado para la cojinuda.....	61

RESUMEN

Uno de los recursos pesqueros explotado por pesquerías artesanales en el litoral del golfo de México son las especies de la familia Carangidae (*Caranx hippos* y *C. crysos*) debido a su importancia para la pesca comercial y recreativa. Los mayores volúmenes de captura de estas especies de carángidos la producen los estados de Campeche, Veracruz y Tabasco. Con el objetivo de determinar el comportamiento espacio-temporal de la captura de jurel (*C. hippos*) y cojinuda (*C. crysos*) y sus efectos con algunas variables oceanográficas en sus principales zonas de pesca en el occidente del golfo de México, se extrajeron los componentes oscilatorios de las series de tiempo de las capturas de jurel y cojinuda en el periodo 2006-2014 usando el análisis de espectro singular y se aplicaron modelos lineales generalizados considerando como variables explicativas a la zona de pesca, año, mes, temperatura superficial del mar (TSM) y la concentración de clorofila-*a* (Cl-*a*). Además, se aplicaron correlaciones cruzadas entre la captura de carángidos y los datos de las variables oceanográficas (TSM y Cl-*a*). Las capturas de jurel y cojinuda exhibieron componentes oscilatorios con diferentes periodicidades en sus principales zonas de pescas. Los modelos lineales generalizados explicaron el 97% (jurel) y 92% (cojinuda) de la variabilidad de la captura, siendo las variables espacio-temporales las más importantes. Las correlaciones cruzadas entre los carángidos con la TSM y la Cl-*a* mostraron relaciones con desfases de hasta cuatro meses en las zonas de pesca. Estos resultados indican que las capturas de jurel y cojinuda están asociados a una notable distribución espacio-temporal con marcada periodicidad, además estos resultados sugieren que las variables oceanográficas como la TSM y Cl-*a* pueden tener un papel influyente en la determinación de la captura de carángidos. Los hallazgos en este trabajo contribuyen a mejorar la comprensión de variables espacio-temporales y de variables oceanográficas en pesquerías artesanales del golfo de México, del mismo modo, proveen apoyo a los tomadores de decisiones sobre la mejor manera de regular la pesca costera.

Palabras clave: Carángidos, jurel, cojinuda, TSM, Cl-*a*

ABSTRACT

One of the fisheries resources exploited by artisanal fisheries in the Gulf of Mexico coast is the species of the Carangidae family (*Caranx hippos* and *C. crysos*) due to its importance for commercial and recreational fishing. The largest volumes of catch of these species of carangids are produced by the states of Campeche, Veracruz and Tabasco. With the objective of determining the spatio-temporal behavior of the catch of jurel (*C. hippos*) and cojinuda (*C. crysos*) and its effects with some oceanographic variables in their main fishing areas in the western Gulf of Mexico, we extracted the oscillatory components of the time series of catches of jurel and cojinuda in the period 2006-2014 using the singular spectral analysis and we apply generalized linear models considering as explanatory variables the fishing area, year, month, sea surface temperature (SST) and the concentration of chlorophyll-*a* (Chl-*a*). In addition, we apply cross-correlations between the catches of carangids and the data of oceanographic variables (SST and Chl-*a*). The catches of jurel and cojinuda exhibited oscillatory components with different periodicities in their main fishing areas. The generalized linear models explained 97% (jurel) and 92% (cojinuda) of the variability of the catch, with the spatio-temporal variables being the most important. The cross-correlations between the carangids with the SST and Chl-*a* showed a relationship with lags of up to four months in the fishing areas. These results indicate that catches of jurel and cojinuda are associated with a remarkable spatial-temporal distribution with marked periodicity, and these results suggest that oceanographic variables such as SST and Chl-*a* may have an influential role in the determination of the catch of carangids. The findings in this work contribute to improve the understanding of spatio-temporal variables and oceanographic variables in artisanal fisheries of the Gulf of Mexico, in the same way, they provide support to decision makers on the best way to regulate coastal fishing.

Keywords: Carangidae, jurel, cojinuda, SST, Chl-*a*



I INTRODUCCIÓN

La pesca es una de las actividades que se realiza en los litorales de México y es vital para los asentamientos humanos ahí establecidos. Esta actividad provee un valor económico, social, alimentario y cultural para el beneficio de las comunidades costeras. De acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA, la producción pesquera nacional total en el año 2016 fue de 1,752,339 toneladas de peso vivo, con un valor total en miles de pesos de 35,664,484.

El caso del litoral del golfo de México (GdM) especialmente en la parte occidental, es reconocido por su amplia riqueza en recursos naturales, así como por su producción petrolera y pesquera (García-Cuéllar *et al.*, 2004; Monreal-Gómez *et al.*, 2004; Sánchez-Gil *et al.*, 2004); donde uno de los recursos pesqueros más importantes que exhibe este litoral es el de escama, cuya pesca de tipo ribereña e industrial constituye alrededor del 60% de la producción pesquera total. Los estados que proveen los mayores volúmenes de capturas de escama son: Veracruz, Campeche, Tabasco y Yucatán (Quiroga *et al.*, 2002; Carta Nacional Pesquera, 2012). La pesca de estos recursos se ejerce durante todo el año, de acuerdo a registros de la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), la pesca de escama en el GdM proporciona 60 mil toneladas anuales con un valor económico de 1,210 millones de pesos y genera cerca de 50 mil empleos en beneficio de las comunidades pesqueras en la región (SAGARPA, 2013).

Dentro de la gran variedad de especies de escama marina que se captura en el GdM, las especies de la familia Carangidae son un importante recurso pesquero explotado por las pesquerías artesanales, debido a su importancia para la pesca comercial y recreativa (Guevara-Rascado y Sánchez-Regalado, 2001; Caiafa *et al.*, 2011; Espíndola *et al.*, 2016). Las especies de esta familia son activos nadadores y tienen una amplia distribución en aguas marinas y estuarinas de regiones tropicales, subtropicales y templadas (Guevara-Rascado y Sánchez-Regalado, 2001; Mohan *et al.*, 2017). Comúnmente son especies pelágicas, no obstante, también pueden encontrarse en fondos blandos, sustratos rocosos y coralinos e



inclusive en profundidades superiores a los 200 m (Gunn, 1990; Pereiro y Frías, 2005; Reyes *et al.*, 2011).

La mayoría de especies de la familia Carangidae forman cardúmenes y juegan un rol ecológico como predadores (Randall, 1967; Rezende *et al.*, 2017), por lo general son especies carnívoras y pueden presentar varios tipos de comportamiento alimenticio (Sazima, 1986; Duarte *et al.*, 2017). Usualmente estas especies se alimentan de presas abundantes y disponibles a su alrededor, además, forman parte de la dieta de depredadores tope como: atunes, tiburones y delfines (Ming-Chih *et al.*, 2003; Sley *et al.*, 2009; Sánchez-García *et al.*, 2017).

Cabe agregar, que las especies de carángidos son conocidas como jureles, pámpanos, palometas, cojinudas y cocineros, entre otros (Piña-Espallargas, 2005; Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2009). Los individuos más distintivos de esta familia son los del género *Caranx* que incluyen 212 especies (Froese y Pauly, 2014) y los más abundantes de este género en el GdM son: *Caranx hippos* (jurel amarillo) y *C. crysos* (cojinuda), que se distinguen por su bajo valor económico, alto valor nutricional y su carne, que es muy apreciada en las comunidades pesqueras locales (Jiménez-Badillo *et al.*, 2006). La mayor parte de su volumen de captura la producen los estados de Campeche, Veracruz y Tabasco (Fig. 1); mientras que Tamaulipas, Yucatán y Quintana Roo aportan en conjunto el 3% (Carta Nacional Pesquera, 2012).

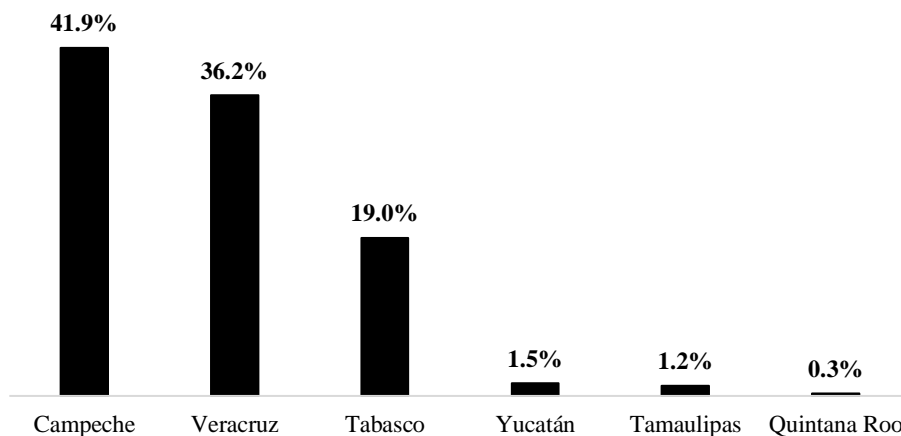


Figura 1. Estados que presentan las mayores capturas del género *Caranx* en el golfo de México (2003–2008).



Ahora bien, dada la importancia del recurso y teniendo en cuenta que el GdM, como un ecosistema, posee múltiples procesos e interacciones, en los últimos años con el uso de la percepción remota y sistemas de información geográfica (Selvaraj *et al.* 2009), la adición de equipos y nuevas tecnologías de búsqueda (como el sonar, el radar, la ecosonda) en buques oceanográficos (Tume y Marcial, 2013); así como la generación de escenarios ambientales por medio de modelos oceanográficos, es posible proporcionar sobre aguas mexicanas estudios de oceanografía pesquera a través de diferentes escalas espaciales y temporales (Chen *et al.*, 2005; SAGARPA, 2013).

Al respecto, un enfoque habitual es el relacionar el componente pesquero y variables oceanográficas detectadas con satélites, con la finalidad de elucidar procesos que involucren las capturas, la estimación de esfuerzo y su variación en el espacio y el tiempo. Este enfoque también permite visualizar y analizar procesos heterogéneos como el seguimiento de cardúmenes y de la localización de especies de importancia económicas y/o amenazadas, ubicar áreas marinas productivas y de actividad pesquera; así como el rendimiento económico en costos operacionales de los buques (Nieto, 1999; Rodhouse *et al.*, 2001; Solanki *et al.*, 2003; Abad-Urribarren, 2011; Tume y Marcial, 2013; Baptista *et al.*, 2016). Asimismo, esta información puede ser incorporada en el manejo pesquero y mejorar así la administración del recurso.

Las dos variables oceanográficas utilizadas con mayor frecuencia en las investigaciones sobre las relaciones entre los cambios oceanográficos y la abundancia de peces son: la temperatura de la superficie del mar (TSM) y la concentración de clorofila-*a* (Cl-*a*). Un cambio de 0.1 centígrados puede ser percibido por muchas especies de peces, de modo que, la temperatura puede afectar a los peces de maneras diferentes (Diankha, *et al.*, 2013). La temperatura influye en los peces durante el desove, desarrollo y supervivencia de los huevos y las larvas; de igual manera, influye en la distribución, agregación, migración y comportamiento de cardúmenes compuestos por peces juveniles y/o adultos (Gordoa *et al.*, 2000; Vázquez *et al.*, 2011; Pitchaikani y Lipton, 2012; Teixeira *et al.*, 2016). Conjuntamente, la TSM ha sido utilizada para identificar áreas con potencial pesquero y



como predictor climático, especialmente para predecir la precipitación en una escala temporal de meses o estaciones (Yáñez *et al.*, 1996, Iglesias *et al.*, 2010; Dunn *et al.*, 2016).

De manera semejante, la *Cl-a* considerada como un indicador de la biomasa del fitoplancton, es una de las principales fuentes de alimento de especies marinas (Zainudhin *et al.*, 2004; Dall'Olmo *et al.*, 2005; Camacho-Pacheco, 2015). Además, se ha demostrado que la producción de fitoplancton está relacionada con la magnitud de los desembarques de peces (Ware y Thomson, 2005; Chassot *et al.*, 2007; Diankha *et al.*, 2013). De acuerdo con Butler *et al.* (1988), la *Cl-a* por encima de 0.2 mg/m^{-3} indica la presencia de suficiente actividad planctónica para mantener una pesca comercial viable. Sin embargo, diversos factores pueden limitar el crecimiento de la biomasa fitoplanctónica (Pérez-Arvizu *et al.*, 2013), como la disponibilidad de luz, temperatura del agua y nutrientes; estos últimos generalmente se encuentran a mayores profundidades, aunque existen mecanismos que los ponen en mayor o menor disponibilidad en la columna de agua, como los procesos de surgencias y remolinos anticiclónicos y ciclónicos (Agostini y Bakun, 2002; Selvaraj *et al.*, 2009).

Sobre la base de las consideraciones anteriores, la identificación de regiones a través del análisis de la dinámica de la TSM y *Cl-a* permite entender, en cierta medida, las fluctuaciones en la producción pesquera sin dejar a un lado que esta producción también depende de factores económicos, sociales, el estado de las embarcaciones, la problemática de las cooperativas pesqueras, la oferta y demanda. De forma que, la relación entre la variabilidad oceanográfica a diferentes escalas y las series de tiempo de las capturas de especies representativas del GdM (e.g., el género *Caranx*) permitirá una mejor comprensión sobre la dinámica de los recursos explotados.

No obstante, para la mayor parte de especies de escama que abarcan esta pesquería, aún se desconoce sobre sus aspectos biológicos y poblacionales; esto debido, a una limitada información biológica-pesquera con la que cuentan especies de carácter comercial y que impide una evaluación más precisa para las poblaciones sujetas a un aprovechamiento pesquero. En este sentido, el objetivo esencial de estudio es generar información biológica



de uno de los principales recursos de escama en el litoral del GdM, como son los carángidos, relacionando algunas variables oceanográficas y tendencias de captura comercial.



II ANTECEDENTES

Actualmente, son escasos los estudios que describen las relaciones entre la pesca de especies de carángidos con los procesos oceanográficos, especialmente para el GdM. Por lo general, los estudios de estas especies se encuentran enfocados en su biología, morfología y reproducción, en regiones del Atlántico Norte, Mediterráneo, África y Sudamérica (Kwei, 1978; Frías, 1982; Goodwin y Johnson, 1986; McBride y McKown, 2000; Sley *et al.*, 2009; Duarte *et al.*, 2017).

Algunos estudios dirigidos a *Caranx hippos* (jurel) y *C. crysos* (cojinuda) son los concernientes a Lawson *et al.* (2013) donde generan información sobre características morfométricas del jurel en Lagos, Nigeria. En contra parte, Sley *et al.* (2012) y Duarte *et al.* (2017) proveen la morfometría de la cojinuda con el objetivo de precisar el manejo de este recurso pesquero en costas de Túnez y Brasil.

Por otro lado, las estimaciones de los parámetros de crecimiento de recursos pesqueros son elementales para evaluar los niveles de explotación de especies comerciales, de modo que, Kishore y Solomon (2005) determinaron la edad y crecimiento del jurel en Trinidad y Tobago utilizando otolitos *sagittae* enteros y seccionados; y Caiafa *et al.* (2011) lo determinaron con frecuencias de longitudes a partir de las capturas comerciales en el caribe colombiano, y concluyen que este organismo es una especie longeva con un crecimiento rápido y estacional dentro los primeros cinco años, además en ambos estudios muestran una gran explotación sobre peces juveniles, especialmente por la pesca artesanal de Trinidad y Tobago. Para el caso de la cojinuda, Goodwin y Johnson (1986) estimaron la edad y crecimiento de organismos capturados en el noroeste de Florida y el delta del río Misisipi, a partir de otolitos seccionados, manifestando que el crecimiento varía de 212 mm en el primer año a 422 mm en el onceavo año.

Sobre estudios dirigidos a la biología reproductiva destacan el de Posada y Sandoval (2007) donde detallan que el jurel en Boca de Ceniza (Colombia) presenta anualmente dos períodos de desove (enero-febrero y junio-julio) y como estrategia reproductiva libera un alto número de ovocitos en cada desove para una rápida reposición de individuos a la población. Alfaro-



Martínez *et al.* (2016) confirmaron que el jurel en el caribe colombiano cumple un ciclo reproductivo anual con múltiples desoves y exhibe un desarrollo ovocitario de tipo asincrónico multiproportional, además no se demostró una relación directa entre la cantidad y el diámetro de los huevos con las variables morfométricas de los organismos, proponiendo que las hembras más grandes de esta especie no son las más fecundadas. Goodwin y Finucane (1985) por medio del índice gonadosomático estimaron, para la cojinuda, dos desoves sucedidos en los meses de junio-agosto y el otro en octubre en la parte oriental del GdM. Sley *et al.* (2012) determinaron ciclos reproductivos sincrónicos y cuatro etapas en el ciclo sexual anual de la cojinuda en el golfo de Gabes, Túnez, al mismo tiempo manifestaron que el proceso de recrudescencia gonadal se correlaciona positivamente con el progreso de la temperatura del agua, sugiriendo que el verano en esta área geográfica puede considerarse como la estación en la que el organismo se prepara para el período de desove. Para el suroeste del Océano Atlántico, Oliveira *et al.* (2017), indicaron que la cojinuda alcanza la madurez sexual a longitudes ligeramente diferentes en todo su rango de distribución, generalmente entre 225 y 280 mm de longitud corporal y muestra una actividad reproductiva prolongada con varios desoves en el año, acompañado de un alto rendimiento reproductivo, lo que facilita su aumento poblacional.

En cuanto la alimentación que presentan estas especies, Kwei (1978) al analizar el contenido estomacal del jurel encontró un mayor número de estómagos vacíos durante la noche, manifestando que el período de alimentación de esta especie es diurna, relacionando este evento con la luz del día, debido a que éstos aprovechan la luz para detectar más fácilmente sus presas (e.g., pequeños pelágicos que también aprovechan la luz que llega a las zonas costeras para alimentarse). Según Saloman y Naughton (1984) el jurel recorre grandes áreas en busca de presas, tanto en el fondo como en la columna de agua, alimentándose de presas agregadas en cardúmenes, revelando que el jurel es una especie carnívora. Por su parte, Dias (2016) revela que el jurel es un predador generalista, alimentándose sobre todo de las especies más abundantes en el ecosistema, predominantemente de familias de peces pelágicos y demersales. Keenan y Benfield (2003) informaron que la cojinuda, que se encuentra alrededor de las plataformas petrolíferas en el norte del GdM, es un pez zooplanctívoro, alimentándose de decápodos, estomatópodos, anfípodos hipéridos y peces en su etapa larval



y juvenil, mientras que Sley *et al.* (2009) indican que la cojinuda es una especie piscívora, donde los teleósteos fueron la principal presa en las estaciones de primavera, otoño y verano; los crustáceos constituyeron una parte importante solo en invierno.

En lo que se refiere a estudios sobre la relación de procesos oceanográficos son el de Gutiérrez *et al.* (2008) que muestran el efecto de la influencia del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en la TSM y larvas de peces sobre aguas oceánicas adyacentes de Cuba; y demostraron que las anomalías positivas de la TSM provocaron un aumento en la abundancia de larvas sobre especies de las familias Scombridae y Carangidae. En un estudio más reciente, Mohan *et al.* (2017) identificaron la relación entre post-larvas y juveniles de carángidos con condiciones oceanográficas físicas en el norte del GdM; donde el jurel presentó mayores abundancias de post-larvas y juveniles en salinidades bajas y temperaturas cálidas, por otro lado, la salinidad fue el único factor significativamente relacionado con la abundancia de la cojinuda. Cabe destacar que las dos especies presentaron una superposición espacial similar pero diferentes distribuciones temporales, lo que sugiere una separación del hábitat entre estas especies, especialmente en el desove para reducir la competencia por los recursos.



III HIPÓTESIS

Si procesos oceanográficos influyen en la distribución espacial y temporal de especies pelágicas, entonces la variabilidad de la captura de jurel y cojinuda (*Caranx hippos* y *C. crysos*) en el occidente del golfo de México está asociada a cambios en la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila-*a*; donde las temperaturas cálidas y las altas concentraciones de clorofila-*a* producirán mayores volúmenes de capturas de estos recursos

IV OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Elucidar el comportamiento espacio-temporal de la captura de jurel y cojinuda (*C. hippos* y *C. crysos*) y el efecto de la variabilidad oceanográfica en sus principales áreas de pesca en el occidente del GdM, durante el periodo de 2006 a 2014.

4.2 Objetivos específicos

1. Identificar la tendencia y/o estacionalidad de la temperatura superficial del mar y concentración de clorofila-*a* en áreas principales de captura de jurel y cojinuda en el GdM durante el periodo de estudio.
2. Determinar la tendencia y/o estacionalidad de la captura de jurel y cojinuda realizada por la pesca artesanal en las principales áreas de pesca durante 2006 a 2014.
3. Determinar la relación de la capturas de jurel y cojinuda con la temperatura superficial del mar y concentración de clorofila-*a*.



V MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

El GdM es una cuenca semicerrada que comunica el mar Caribe con el océano Atlántico a través del canal de Yucatán y el estrecho de Florida (Martínez-López y Parés-Sierra, 1998). Tiene una superficie aproximada de 1,507,639 km², incluyendo los humedales su superficie alcanza 1,942,500 km² y una profundidad superior a los 3,600 m en la región central (Wiserman y Sturges, 1999; Aguirre, 2002; Fig. 2).

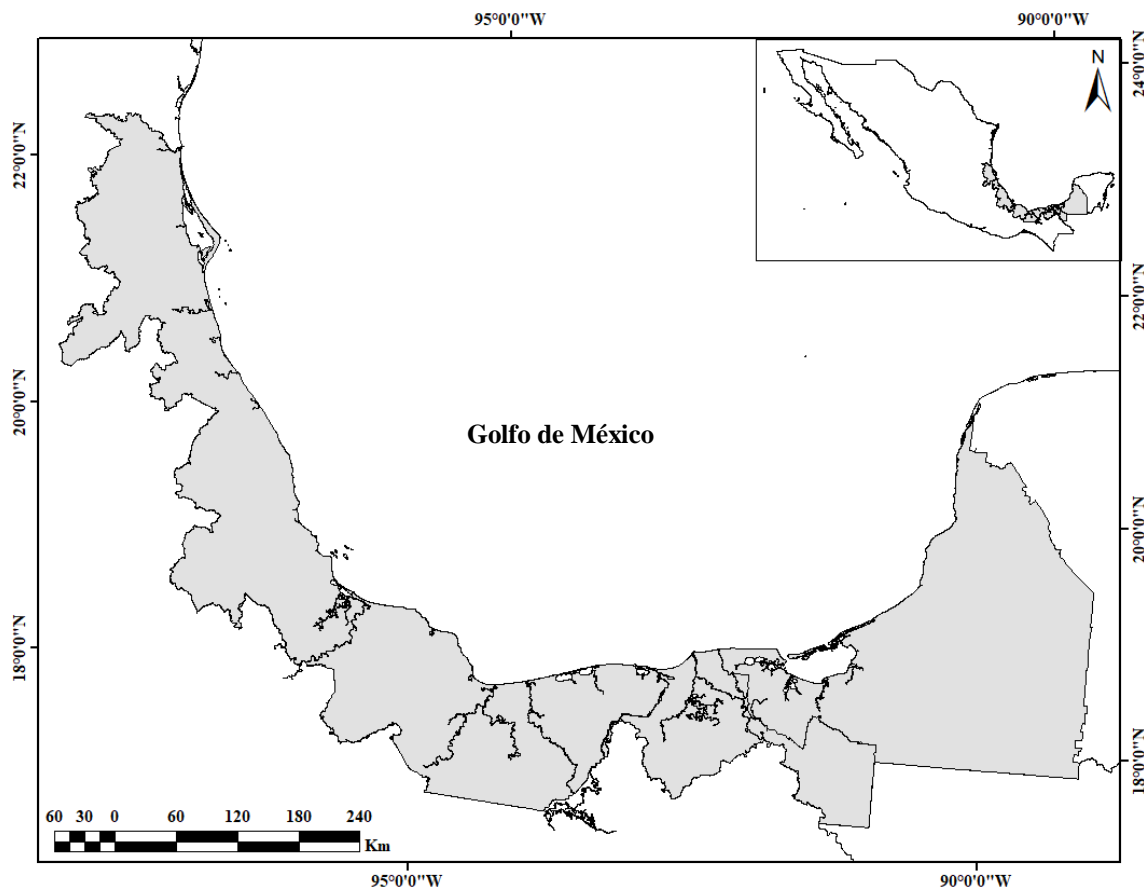


Figura 2. Área de estudio

Los factores principales que intervienen en la dinámica oceánica del GdM son los vientos, la temperatura de la atmósfera, las descargas fluviales y las corrientes oceánicas (Gallegos, 1996; Monreal-Gómez *et al.*, 2004). Durante la temporada de invierno el GdM es afectado por masas de aire frío que dan origen a los “nortes”, los cuales enfrían la capa superficial del océano. En verano predominan los vientos húmedos y tropicales del sureste que incrementan la temperatura superficial (Monreal-Gómez *et al.*, 2004).



La plataforma continental es estrecha hacia el estado de Veracruz (10-15 km) y se va ensanchando hacia la cuenca Tabasco-Campeche alcanzando su máxima extensión en el estado de Yucatán (200 km), haciéndose nuevamente angosta en el litoral de Quintana Roo, típicamente de 10 km de ancho (Hernandez, 2000; Liddell, 2007). Además, esta área se caracteriza por presentar gradientes sedimentarios de materiales aluviales arenosos, limosos, arcillosos, fangosos, terrígenos y carbonatados (Hernandez, 2000; Ortiz-Lozano *et al.*, 2013), con una topografía compleja por la presencia de arrecifes de coral, islas arrecifales y cañones-corredores submarinos favorecidos por estructuras disyuntivas y profundidades variables (Mendoza y Ortiz, 2000; Ortiz-Lozano *et al.*, 2013).

La circulación de mayor escala en el GdM es dominada principalmente por la corriente de Lazo, que es la entrada de agua cálida del mar Caribe por el canal de Yucatán (Monreal-Gómez, *et al.*, 2004). De esta corriente se derivan los giros ciclónicos y anticiclónicos que toman dirección hacia el oeste del GdM (Monreal-Gómez y Salas de León, 1990, Dubranna *et al.*, 2011), llegando a afectar la productividad en la región (Biggs, 1992; Salas de León *et al.*, 2008; Oey *et al.* 2013). En la costa occidental del GdM la circulación de las corrientes obedece la dirección del viento, de forma que durante la temporada de nortes (noviembre-febrero) la corrientes se mueven de norte a sur y durante la temporada de secas (marzo-junio) las corrientes se mueven de sur a norte, no obstante la inversión de las corrientes no ocurren simultáneamente a lo largo de la plataforma occidental. Esto ocurre a finales de la temporada de lluvias (agosto-septiembre), comenzando en el norte y trascendiendo al sur (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003; Salas-Monreal *et al.*, 2009; Salas-Monreal *et al.*, 2017).

El GdM recibe prácticamente el 62% de la descarga fluvial a nivel nacional, con relación a esto, la zona costera del estado de Veracruz recibe aportes de agua de los ríos que integran las regiones Bravo-Conchos, San Fernando-Soto La Marina y Pánuco. Los principales ríos que desembocan en la región costera de Veracruz son los ríos Pánuco, Tuxpan, Cazes, Tecolutla, Nautla, La Antigua, Blanco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá (Manzano-Sarabia *et al.*, 2008). El Sistema Grijalva-Usumacinta influye principalmente en la región costera centro-sur del estado de Campeche (Troccoli-Ghinaglia *et al.* 2004).



5.2 Análisis de datos oceanográficos

5.2.1 Información satelital

A partir de cuestionarios realizados a pescadores de las principales comunidades pesqueras, que poseen una oficina de pesca en su municipio y registran la captura del jurel y cojinuda, se precisaron áreas de pesca de estos carángidos a lo largo del área de estudio. Posteriormente, se estableció una zonificación con las áreas de pesca, utilizando la regionalización descrita por Salmerón-García *et al.* (2011) para el GdM y Flores-Coto *et al.* (2014) en la parte sur de la misma (Fig. 3 y 4).

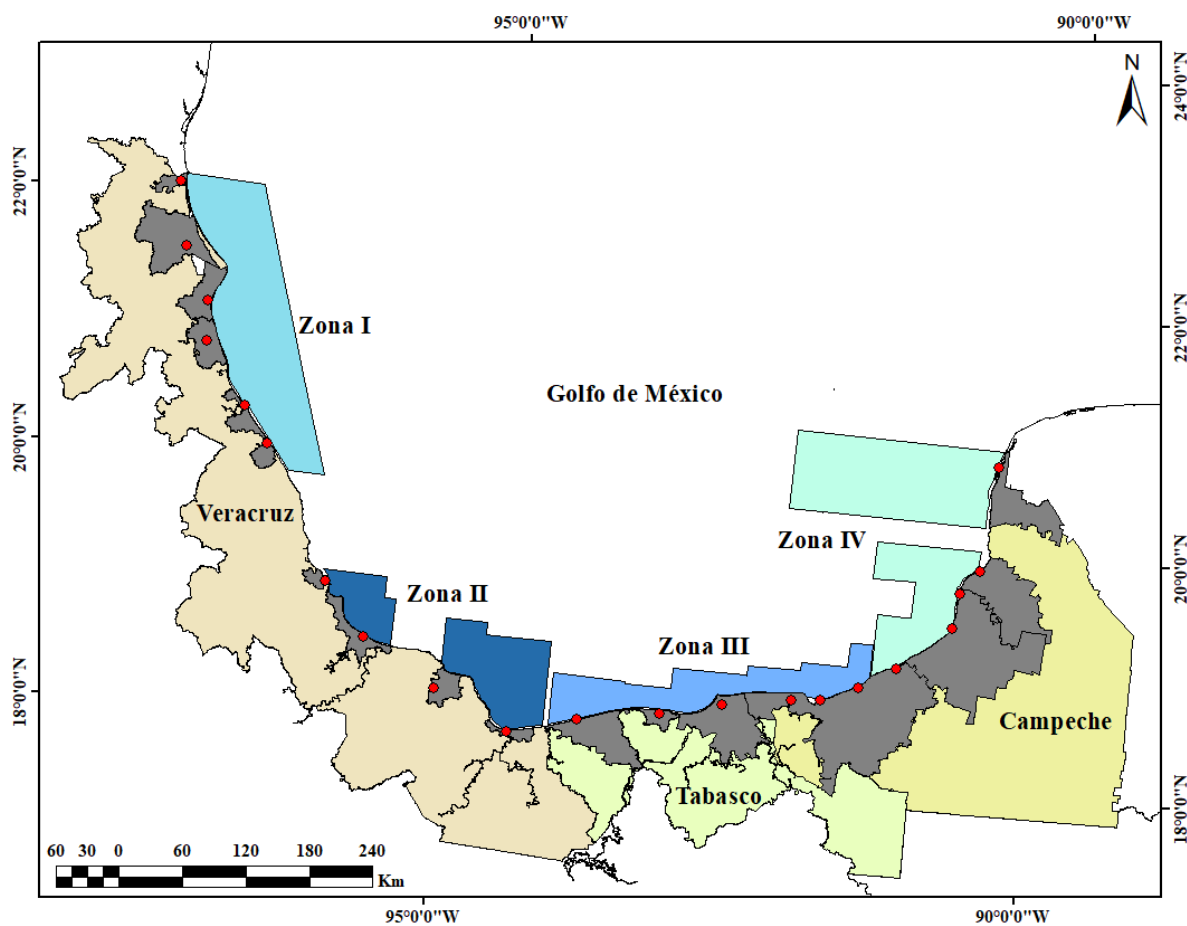


Figura 3. Zonas de pesca de jurel en la parte occidental del golfo de México.
Los puntos rojos corresponden a las oficinas de pesca



Los datos de la temperatura superficial del mar (TSM) y de concentración de clorofila-*a* (Cl-*a*) fueron obtenidos a partir de imágenes mensuales generadas por el satélite MODIS-Aqua, procedentes del sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, disponibles en línea (<http://giovangi.gsfc.nasa.gov/>) en formato de cobertura Global (GAC) nivel L-3, a una resolución espacial de 4 km, para el periodo de enero de 2006 a diciembre del 2014. Las imágenes de TSM correspondieron a tomas diurnas a 11µm de la superficie. La extracción de datos para cada una de las variables oceanográficas, se llevó a cabo mediante el software *SeaDAS 7.4*, donde la información obtenida de las imágenes de satélite fue organizada y analizada en el software *Microsoft Office Excel®*.

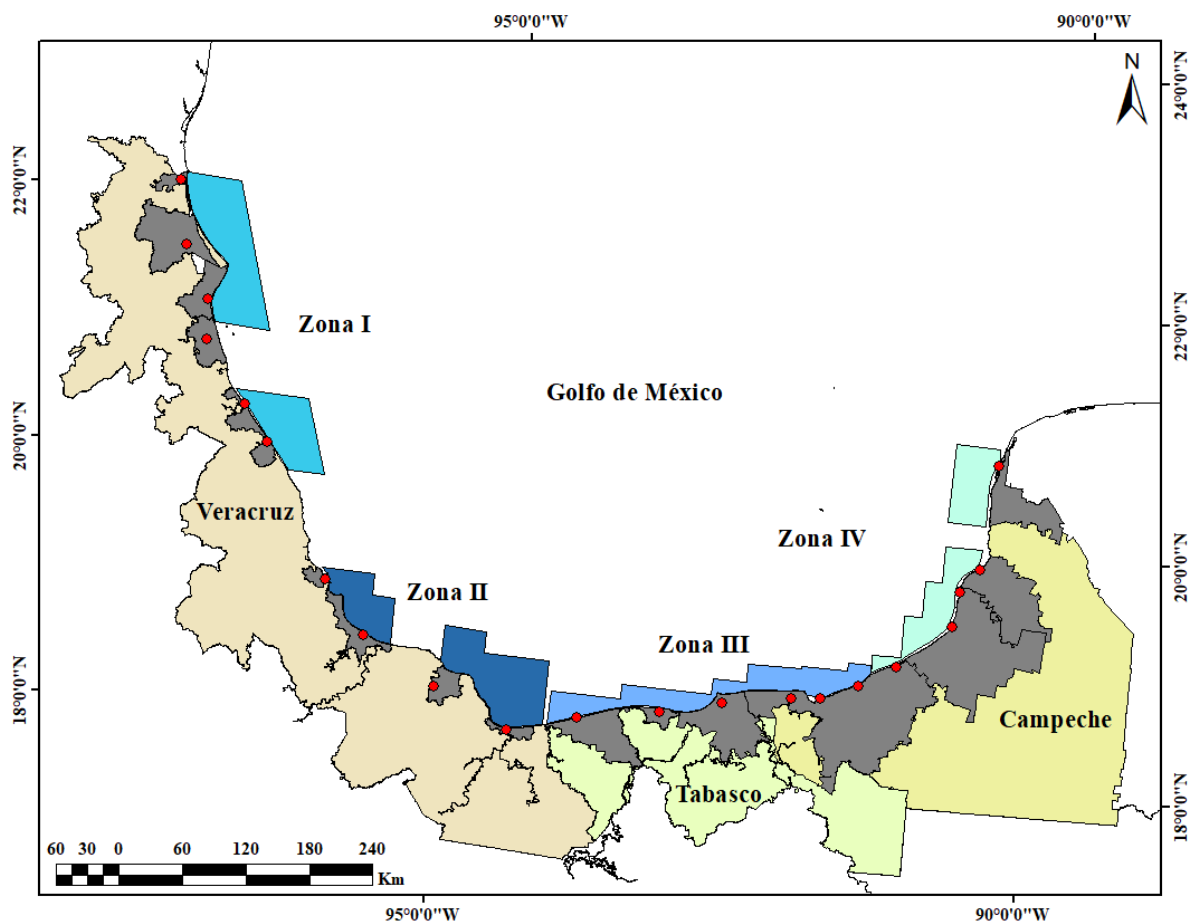


Figura 4. Zonas de pesca de cojinuda en la parte occidental del golfo de México. Los puntos rojos corresponden a las oficinas de pesca.



5.2.2 Análisis de la series de TSM y Cl-a

De los datos mensuales de cada variable oceanográfica (TSM y Cl-a) fueron obtenidos promedios para determinar la media interanual e intermensual en cada una de las zonas de pesca del jurel y cojinuda para el período 2006-2014; con la finalidad de obtener series de tiempo y conocer el comportamiento de cada variable en las diferentes escalas temporales. Posteriormente, se calcularon las anomalías estandarizadas para cada una de las variables oceanográficas (TSM y Cl-a) como se muestra en la ecuación 1, con el fin de observar su variabilidad. Por último, para establecer la relación entre las variables oceanográficas y la captura de carángidos, fueron utilizados métodos correlación simple de Pearson y correlación cruzada.

$$AE: (VAi - VAm.i) / DEi \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

AE: Anomalía estandarizada

VAi: Variable oceanográfica mensual del mes *i* en cada año.

VAm.i.: Variable oceanográfica media para el mes *i* en el periodo.

DEi: Desviación estándar para el mes *i* en el periodo.

5.3 Análisis de información pesquera

5.3.1 Datos de producción pesquera

La información analizada corresponde de los avisos de arribo de jureles registradas en las oficinas de pesca, pertenecientes a la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA)¹, de los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche durante el periodo de 2006 a 2014 (Fig. 3 y 4). Las capturas (t) fueron compiladas en el software *Microsoft Office Excel*® y posteriormente organizados de forma interanual, intermensual y por zonas con el objetivo de visualizar los meses con mayor producción y obtener una referencia del comportamiento de las capturas en el área de estudio.

¹ Los datos de captura mensual fueron obtenidos a partir del siguiente enlace:
http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad



5.4 Método CATERPILLAR – SSA

El análisis de espectro singular (SSA) es un método complejo que combina varias técnicas estadísticas y de procesamiento de señal para pronosticar series temporales (Hassani, 1992; Youssouf *et al.*, 2016). En términos simples, el SSA descompone las series de tiempo en eigenvectores o funciones empíricas ortogonales temporales (FEOs). La proyección de estos FEOs en la serie de tiempo original produce componentes principales temporales (CPT). Cada CPT captura un tipo de variación que representa: la tendencia, oscilaciones periódicas (suma de armónicos elementales) y ruidos (componentes aleatorios de la serie), además de predecir el comportamiento posterior del sistema (Vautard *et al.* 1992; Golyandina *et al.* 2001; Polukoshko y Hofmani, 2009).

Las series de tiempo de las capturas del jurel y cojinuda y las variables oceanográficas se analizaron mediante el método de SSA. Los principales pasos del método se describen en detalle en Golyandina *et al.* (2001) y Golyandina *et al.* (2015). Aquí, el software de SSA (versión 3.40) de Caterpillar, disponible en línea (<http://www.gistatgroup.com/cat/>) fue utilizado para implementar todos los pasos de computación.

5.5 Modelo Lineal Generalizado

Los modelos lineales generalizados (MLG) se definen por la distribución estadística de la variable respuesta (generalmente, pero no siempre, la captura) y cómo alguna combinación lineal de un conjunto de variables explicativas se relaciona con el valor esperado de la variable de respuesta (Maunder y Punt, 2004). La suposición clave de un MLG reposa en la relación entre alguna función del valor esperado de la variable de respuesta y las variables explicativas sea lineal (Maunder y Punt, 2004; Venables y Dichmont, 2004).

Para aplicar un MLG, es necesario: (a) elegir la variable de respuesta, (b) seleccionar una distribución de muestreo para la variable de respuesta de la familia exponencial (Ej: Gaussiana, Exponencial, Poisson, Binomial, Gamma), (c) elegir una función de enlace apropiada para la distribución, y (d) seleccionar un conjunto de variables explicativas (Maunder y Punt, 2004). Además, estos modelos consienten el análisis de los efectos e interacciones entre las variables de entrada en la modelación de la variable respuesta y



facilitan el reconocimiento de diferentes alternativas de distribución del error mediante el uso de la función de máxima verosimilitud en el ajuste del modelo (Mc Cullagh y Nelder, 1989).

En este estudio, los modelos fueron ejecutados en el programa estadístico R para evaluar la variación de la capturas de jurel y cojinuda, en función de variables explicativas como: la zona de pesca, año, mes, temperatura superficial del mar como variable categórica y la anomalía estandarizada de concentración de clorofila-*a*. Para el ajuste en el modelo se utilizó la distribución de probabilidad Gaussiana y función de enlace Log que permitió describir adecuadamente la distribución del error de la variable respuesta para las dos especies. Inmediatamente detalladas las variables significantes, se tomaron en cuenta las interacciones resultantes entre cada una de ellas respecto a los datos de captura de jurel y cojinuda. Los modelos se expresan de la siguiente manera:

$$\text{Jurel} \sim a_i + b_j + c_k + d_p + e_m + f_n + g_{p,k} + h_{j,k} + l_{i,k} + \varepsilon_{i,j,k,p,m,n}$$

$$\text{Cojinuda} \sim a_i + b_j + c_k + d_p + e_m + f_n + g_{p,k} + h_{j,k} + l_{i,k} + \varepsilon_{i,j,k,p,m,n}$$

Donde jurel y cojinuda representan la captura; $a \dots e$ son variables explicativas: Año $_i$, Mes $_j$, Zona de pesca $_k$, TSM $_p$, Anomalía de Cl- a_m , Categoría de TSM $_n$ y sus interacciones, por último ε es el residuo.

Es necesario señalar, que los datos de la TSM se transformaron de variable continúa a variable categórica, calculando la diferencia de cada dato con respecto a la mediana. El resultado de este proceso sirvió para valer la TSM como variable explicativa tipo factor en el modelo lineal generalizado (Quiroga-Brahms, 2012).

Las categorías que fueron utilizadas son las siguientes:

- a) Si la diferencia de temperatura > 0.5 ; categoría de temperatura = 1 (TSM cálidas)
- b) Si $-0.5 > \text{diferencia de temperatura} > 0.5$; categoría de temperatura = 0 (TSM promedio)
- c) Si la diferencia de temperatura < -0.5 ; categoría de temperatura = -1 (TSM frías)



VI RESULTADOS

6.1 Variables oceanográficas

Un total de 108 imágenes de satélite, por variable (CI-*a* y TSM) y en composiciones mensuales fueron procesadas para determinar la variación que exhiben las principales áreas de captura del jurel y cojinuda. Es importante señalar que las imágenes fueron procesadas para dos áreas de captura: costero-oceánico, que llega alcanzar la isobata de los 1000 m (zonas de pesca de jurel); y costero, que llega alcanzar la isobata de los 500 m (zonas de pesca de cojinuda).

6.1.1 Variabilidad y patrón estacional de la TSM en zonas de pesca de jurel

El patrón de la TSM mostró una notable estacionalidad anual en las cuatro zonas durante el periodo de estudio. Los valores máximos (29-30°C) se presentaron a finales de la temporada de secas y durante la temporada de lluvias, y los valores mínimos (20-22°C) se observaron durante la temporada de nortes (Fig. 5). Cabe señalar que la media mensual de la TSM fue en aumento para cada una de las zonas, registrando la media mínima para la zona I (26°C) y la media máxima para las zonas III y IV (28°C).

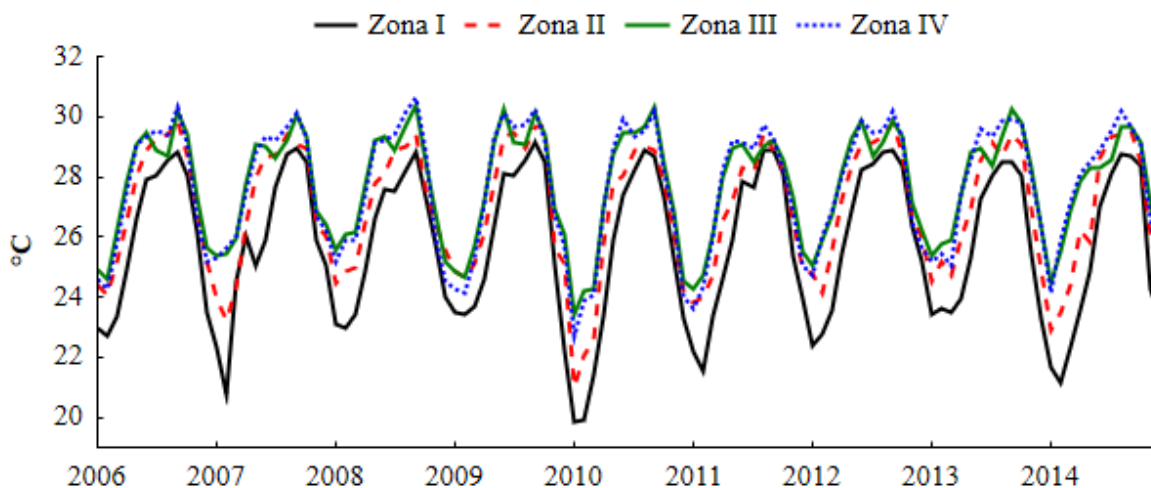
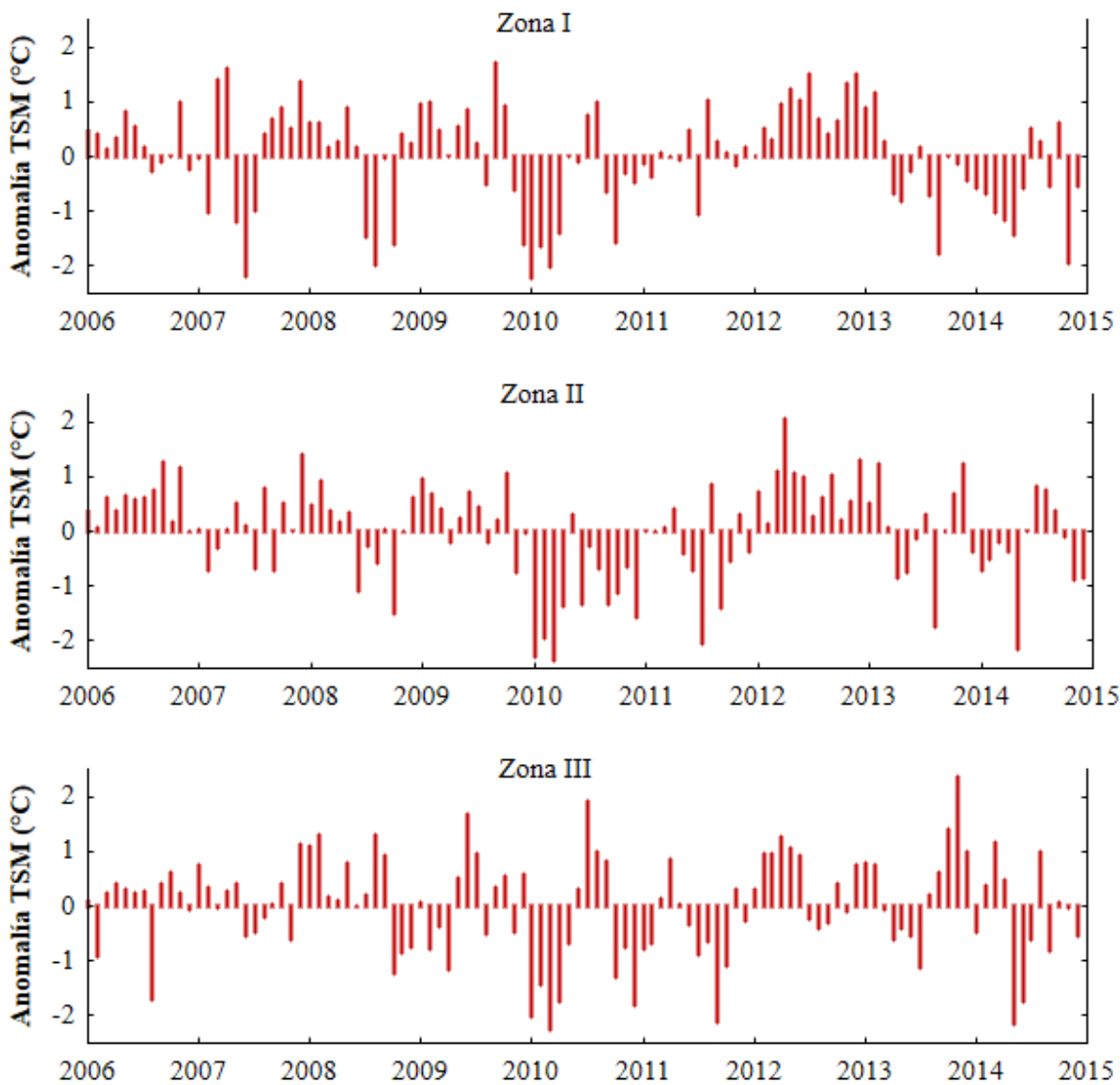


Figura 5. Series de tiempo de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).



La distribución de anomalías mensuales de la TSM presentó periodos positivos y negativos en las cuatro zonas de pesca de jurel. La zona I y zona II mostraron dos periodos positivos. El primero abarcó desde el segundo semestre de 2007 hasta octubre de 2009, y el segundo periodo abarcó todo el 2012. Las anomalías negativas mostraron dos periodos. El primero comprendió el 2010 y el segundo periodo abarcó de abril de 2013 hasta junio de 2014. La zona III mostró dos periodos de anomalías positivas. El primer periodo abarcó de marzo de 2006 hasta septiembre de 2009, y el segundo periodo de septiembre de 2013 hasta abril de 2014. Por último, la zona IV mostró un periodo de anomalías negativas que abarcó desde 2010 hasta 2012 (Fig. 6).



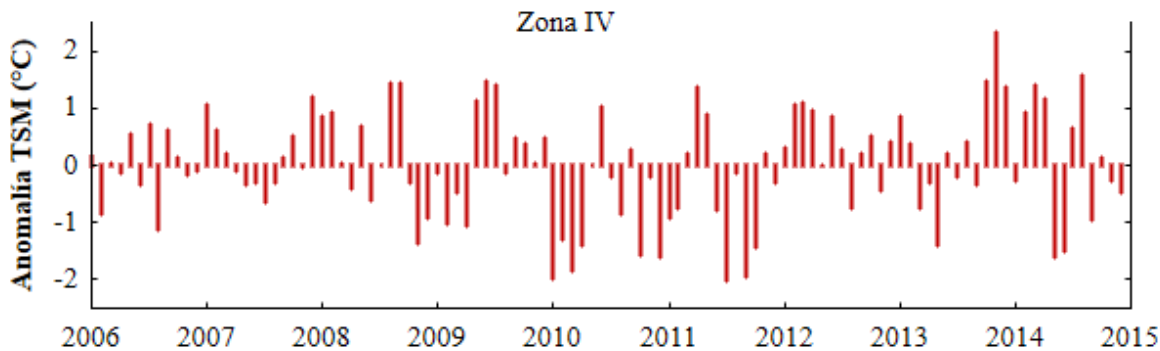


Figura 6. Series de anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).

La figura 7 muestra el ciclo estacional de la TSM para las áreas descritas anteriormente. Para esta variable oceanográfica, los meses de la temporada de lluvias comprendieron la parte cálida del año, mientras que las condiciones frías se observaron durante la temporada de nortes. Los máximos valores promedio ($^{\circ}\text{C}$) en todos los casos fueron observados en septiembre. El intervalo de variación en el ciclo estacional es más amplio en la zona I ($\sim 22 - 28.82^{\circ}\text{C}$), mientras que en el caso de la zona III y IV predominaron las condiciones cálidas la mayor parte del año ($\sim 24.81 - 30^{\circ}\text{C}$ y $\sim 24.41 - 30.07^{\circ}\text{C}$) respectivamente.

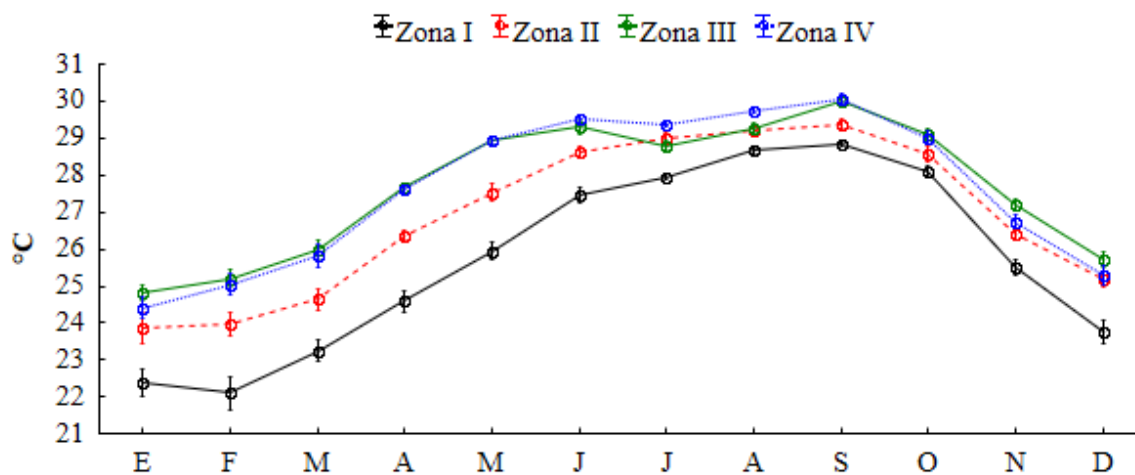


Figura 7 Estacionalidad de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).



6.1.2 Variabilidad y patrón estacional de la Cl-a en zonas de pesca de jurel

La media mensual de Cl-a mostró una variabilidad estacional en las cuatro zonas de pesca de jurel (Fig. 8). Es de resaltar que la zona III presentó las mayores concentraciones de Cl-a en el periodo de estudio.

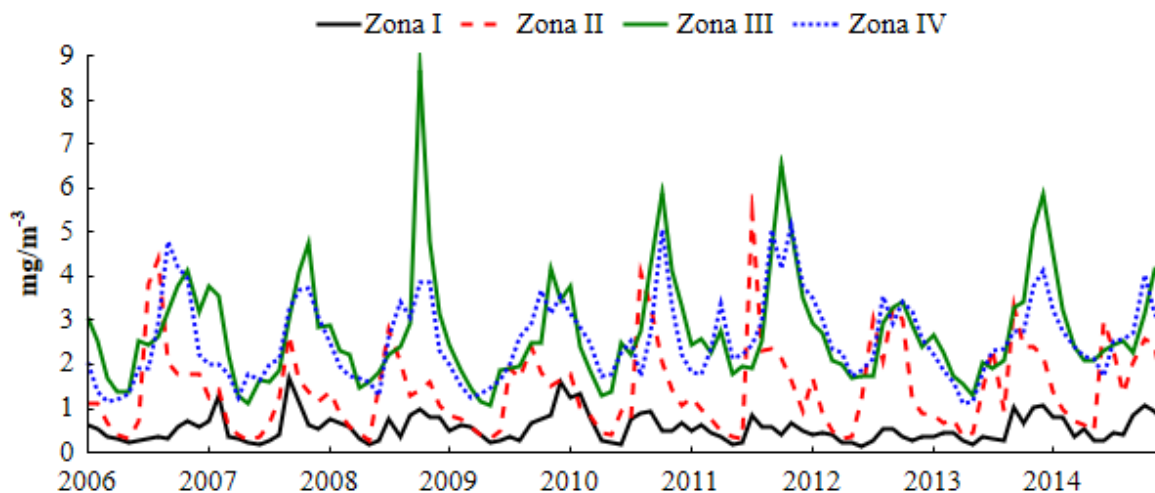


Figura 8. Series de tiempo de la concentración de clorofila-a en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).

La distribución de las anomalías mensuales de Cl-a presentó periodos positivos y negativos en las cuatro zonas de pesca. La zona I presentó un periodo positivo que comprendió desde octubre de 2009 a marzo de 2010. Las anomalías negativas también mostraron un periodo que abarcó desde octubre de 2010 hasta agosto de 2013. La zona II presentó un periodo de anomalías positivas que abarcaron de septiembre de 2013 hasta el primer semestre de 2014. Las anomalías negativas en esta zona mostraron un periodo que abarcó desde marzo de 2007 hasta noviembre de 2009. La zona III mostró un periodo de anomalías positivas que comprendió desde noviembre de 2013 hasta agosto de 2014, mientras que las anomalías negativas mostraron dos periodos. El primer periodo abarcó de 2009 hasta mayo de 2010 y el segundo periodo comprendió de septiembre de 2012 hasta agosto de 2013. Por último, las anomalías positivas en la zona IV mostraron un periodo notable que abarcó de marzo de 2011 hasta el primer semestre de 2012. En cuanto a las anomalías negativas, en esta zona, se mostraron dos periodos. El primer periodo abarcó de 2007 hasta mediados de 2008 y el segundo periodo abarcó de septiembre de 2012 hasta octubre de 2013 (Fig. 9).

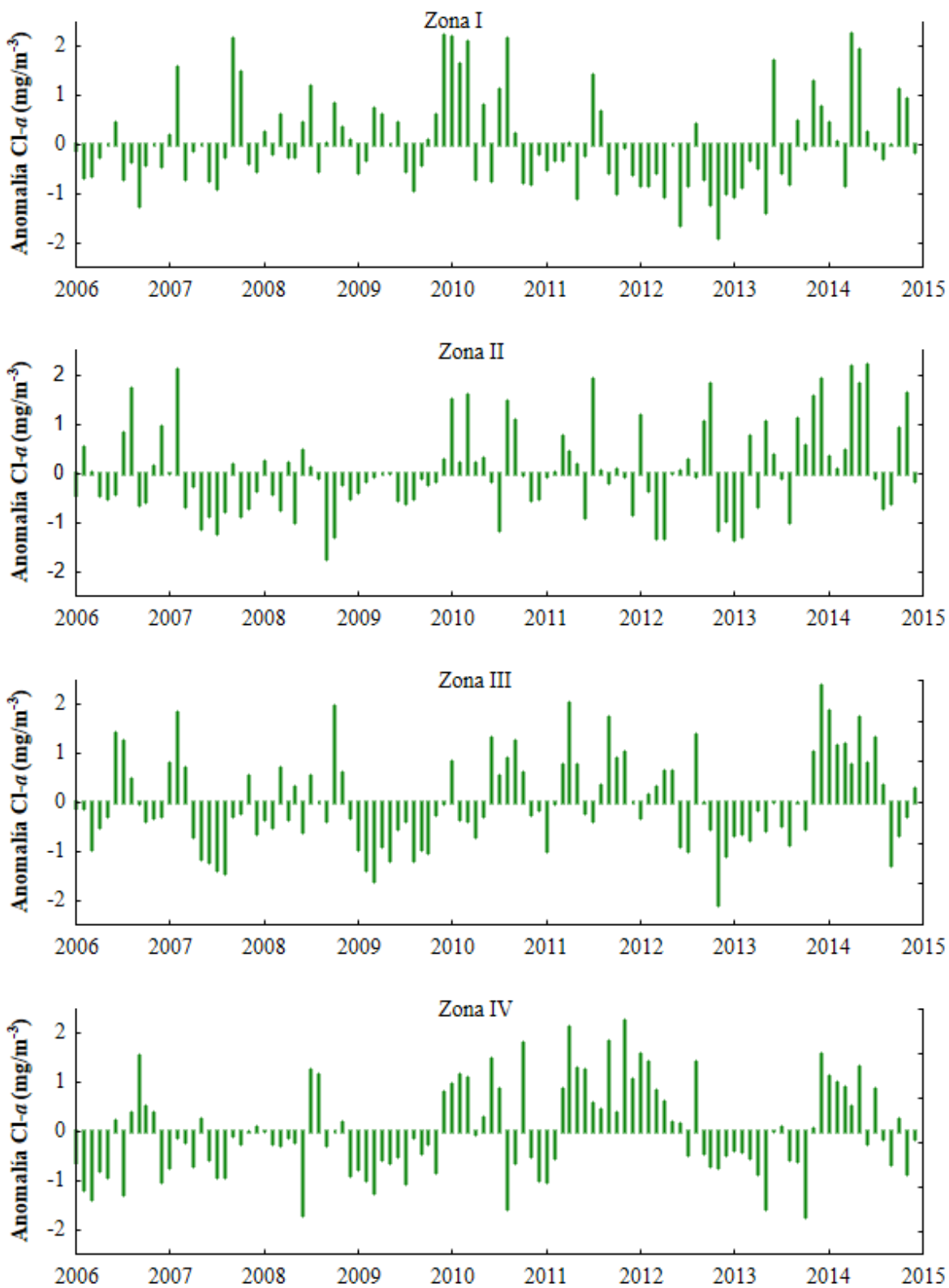


Figura 9. Series de anomalías mensuales de clorofila-*a* en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).



En cuanto al ciclo estacional de la Cl-*a* se identificaron tres patrones en las zonas de pesca de jurel (Fig 10). El primer patrón corresponde a la zona I donde las mayores concentraciones de Cl-*a* abarcan de septiembre a febrero ($\sim 0.76 - 0.83 \text{ mg/m}^{-3}$) y una mínima en junio (0.21 mg/m^{-3}). El segundo caso (zona II) presentó las mayores concentraciones de Cl-*a* en la temporada de lluvias (julio = 2.51 mg/m^{-3} y septiembre = 2.50 mg/m^{-3}), para posteriormente disminuir hasta mayo con 0.37 mg/m^{-3} . El tercer caso concierne a las zonas III y IV, en estas áreas se observó un incremento paulatino de Cl-*a* a partir de junio hasta alcanzar el máximo en octubre con valores máximos promedio de 4.61 mg/m^{-3} y 3.88 mg/m^{-3} y posteriormente disminuir en la temporada de secas (marzo - junio) hasta 1.49 mg/m^{-3} y 1.68 mg/m^{-3} .

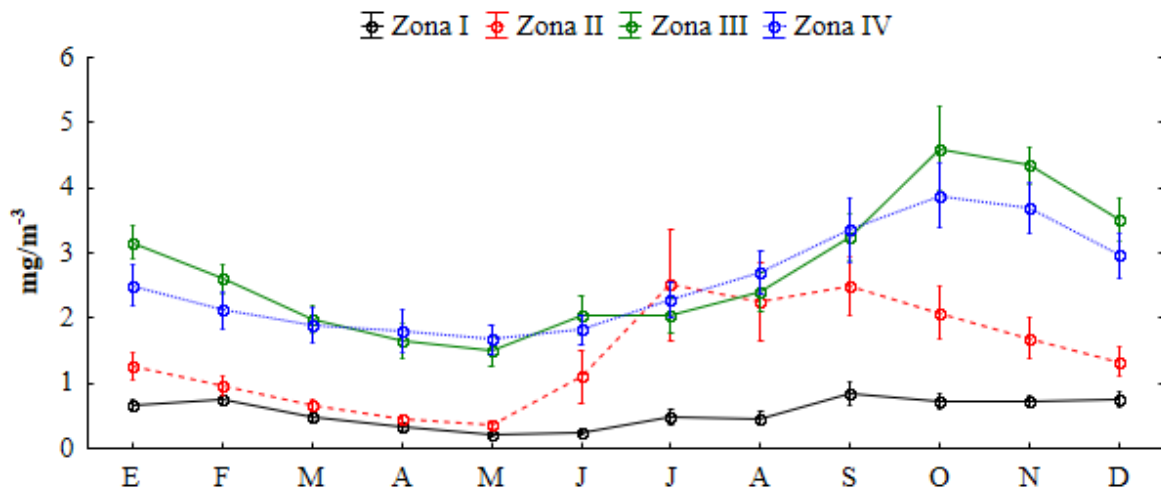


Figura 10. Estacionalidad de la concentración de clorofila-*a* en las zonas de pesca de jurel (2006-2014).



6.1.3 Variabilidad y patrón estacional de la TSM en zonas de pesca de cojinuda

Las fluctuaciones en el patrón de la TSM mostraron una clara estacionalidad anual en las cuatro zonas, registrando valores máximos durante los meses de la temporada de lluvias (julio-octubre) con una máxima de hasta 31°C y valores mínimos en los últimos meses de la temporada de nortes (noviembre-febrero) con mínimos de hasta 19°C (Fig. 11).

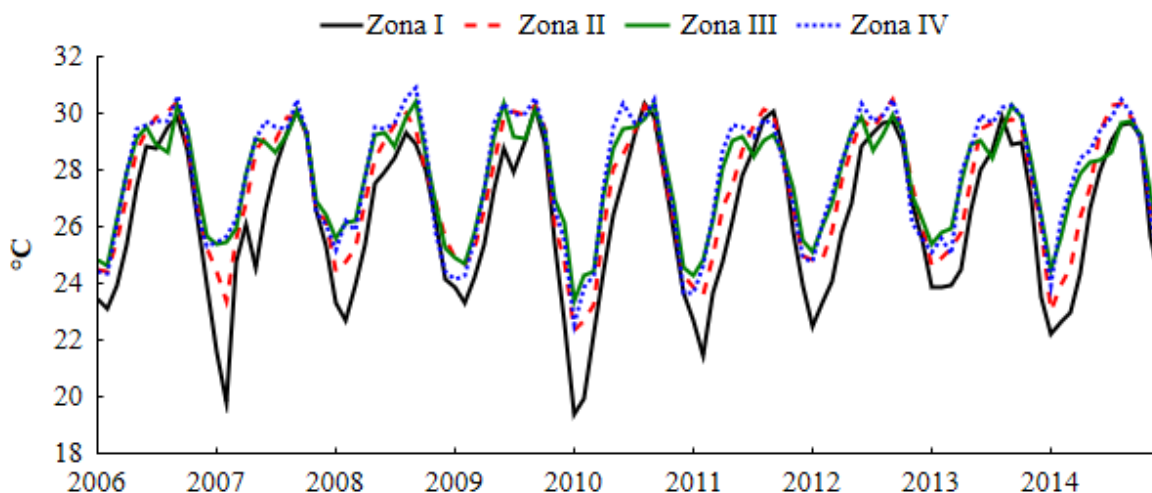


Figura 11. Series de tiempo de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).

La distribución de anomalías mensuales de la TSM en la zona I y la zona II mostraron dos periodos notables. El primer periodo comprendió anomalías positivas y abarcó del 2012 hasta marzo de 2013. El segundo periodo contempló anomalías negativas y abarcó desde noviembre de 2010 hasta el primer semestre de 2011. La zona III y la zona IV mostraron periodos significativos con anomalías positivas y negativas de máximo seis meses en distintos años de la serie. La zona IV mostró dos periodos con anomalías positivas. El primero de ocho meses en 2009 y el segundo período abarcó desde principios de 2012 hasta diciembre de 2013 (Fig. 12).

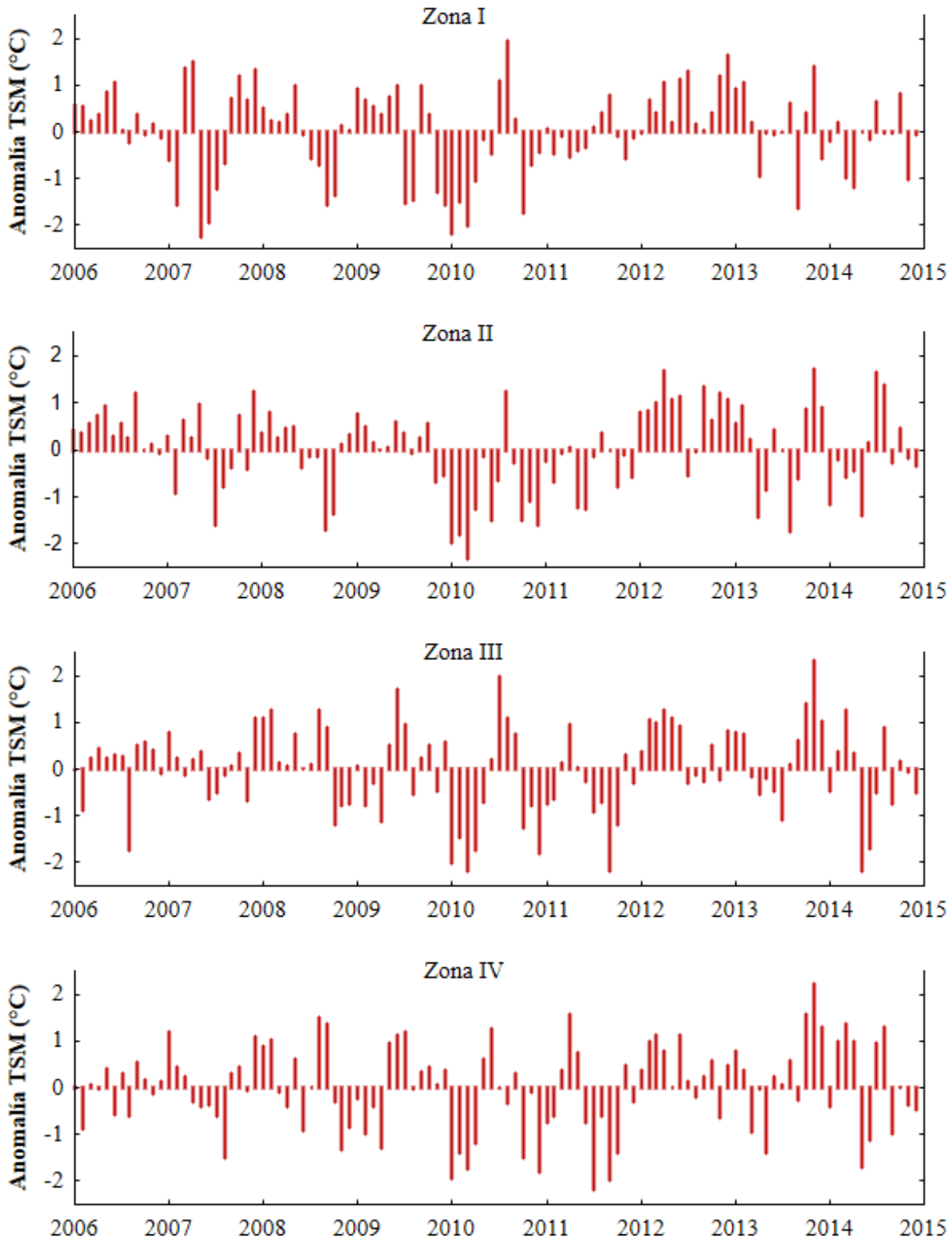


Figura 12. Series de tiempo de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).



La figura 13 muestra el ciclo estacional de la TSM en las zonas de pesca de cojinuda. Los meses de julio a octubre (temporada de lluvias) comprenden la parte cálida del año, mientras que las condiciones frías se observan durante los meses de diciembre a febrero (temporada de nortes). Los máximos valores promedio ($^{\circ}\text{C}$) en todas las zonas de pesca se observaron en septiembre. El intervalo de variación del año tipo es más amplio en la zona I ($\sim 22.24 - 29.7^{\circ}\text{C}$), mientras que en el caso de la zona II a IV predominan las condiciones cálidas la mayor parte del año ($\sim 24.08 - 30^{\circ}\text{C}$, $\sim 24.36 - 30.06$ y $\sim 24.36 - 30.07^{\circ}\text{C}$ respectivamente).

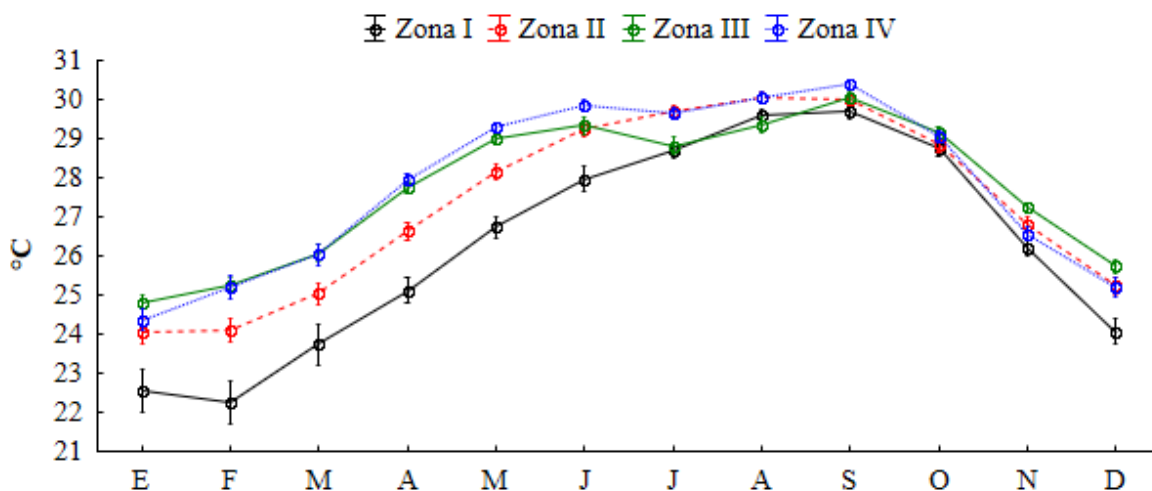


Figura 13. Estacionalidad de la temperatura superficial del mar en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).



6.1.4 Variabilidad y patrón estacional de la Cl-*a* en zonas de pesca de cojinuda

Las concentraciones de Cl-*a* fueron más altas en las áreas costeras (zonas de pesca de cojinuda) con respecto a las áreas costero-oceánico (zonas de pesca de jurel), mostrando una alta variabilidad estacional (Fig. 14).

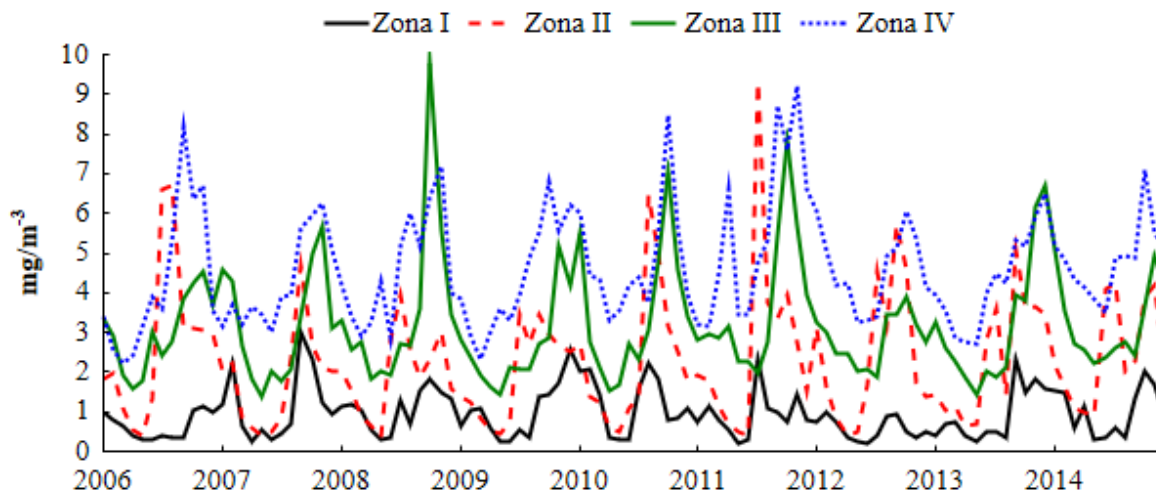


Figura 14. Series de tiempo de la concentración de clorofila-*a* en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).

Las anomalías mensuales en las cuatro zonas de pesca de cojinuda presentaron periodos positivos y negativos con diferente temporalidad. La zona I presentó dos periodos negativos. El primer periodo abarcó el año 2016 y el segundo periodo comprendió del 2012 hasta el primer semestre del 2013. La zona II presentó un periodo de anomalías positivas que abarcó desde finales del 2013 al primer semestre del 2014 y un periodo de anomalías negativas que comprendió de 2007 hasta octubre de 2009. La zona III exhibió un periodo de anomalías positivas en el último año de la serie, mientras que las anomalías negativas presentaron dos periodos notables. El primer periodo abarcó la mayor parte del 2009 y el segundo periodo abarcó desde junio de 2012 hasta julio de 2013. Por último, la zona IV presentó un periodo de anomalías positivas que abarcó desde el segundo semestre de 2011 hasta abril de 2012, seguido de un periodo de anomalías negativas que comprendió desde mayo de 2012 hasta mediados del 2013 (Fig. 15).

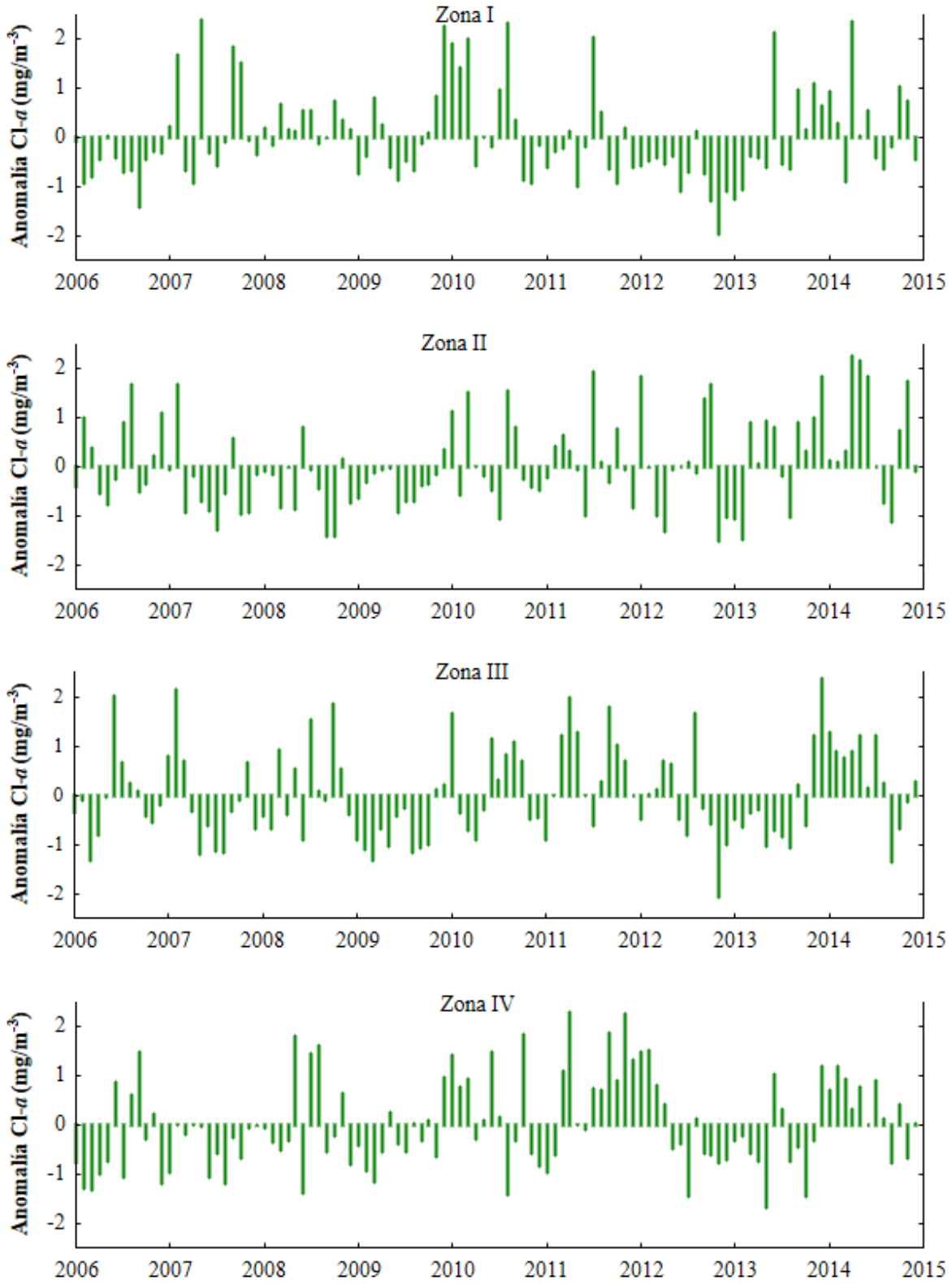


Figura 15. Series de tiempo de las anomalías mensuales de clorofila-*a* en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).



El ciclo estacional de la Cl-*a* para cada zona de pesca de cojinuda se muestra en la figura 16. La zona I mostró alta concentración de Cl-*a* de septiembre a febrero con el mayor pico en septiembre (1.50 mg/m⁻³) y un periodo de baja concentración de Cl-*a* de marzo a junio (temporada de secas) con un mínimo en junio (0.28 mg/m⁻³). La zona II presentó las mayores concentraciones de Cl-*a* en la temporada de lluvias con el pico máximo en julio (4.14 mg/m⁻³) y las menores concentraciones en la temporada de secas con la mínima en mayo (0.52 mg/m⁻³). Por último, la zonas III y IV presentaron un ciclo estacional con las mayores concentraciones de Cl-*a* en los meses de transición de la temporadas de lluvias y nortes, con las máximas en octubre (5.35 y 6.66 mg/m⁻³ respectivamente); y las mínimas a finales de la temporada de secas.

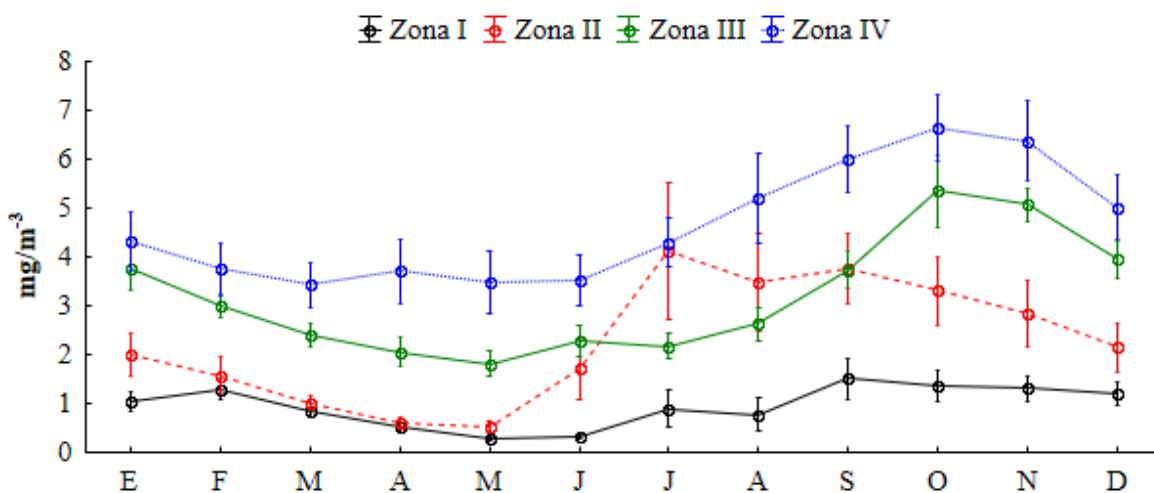


Figura 16. Estacionalidad de la concentración de clorofila-*a* en las zonas de pesca de cojinuda (2006-2014).



6.2 Captura comercial de Carángidos

6.2.1 Comportamiento de la captura de jurel

De acuerdo al periodo analizado, la zona I presentó las menores capturas de jurel, registrando una captura promedio de 5 t año⁻¹. La serie de capturas en esta zona mostró un comportamiento estacional a lo largo de los años con los valores más altos en abril o junio (Fig. 17).

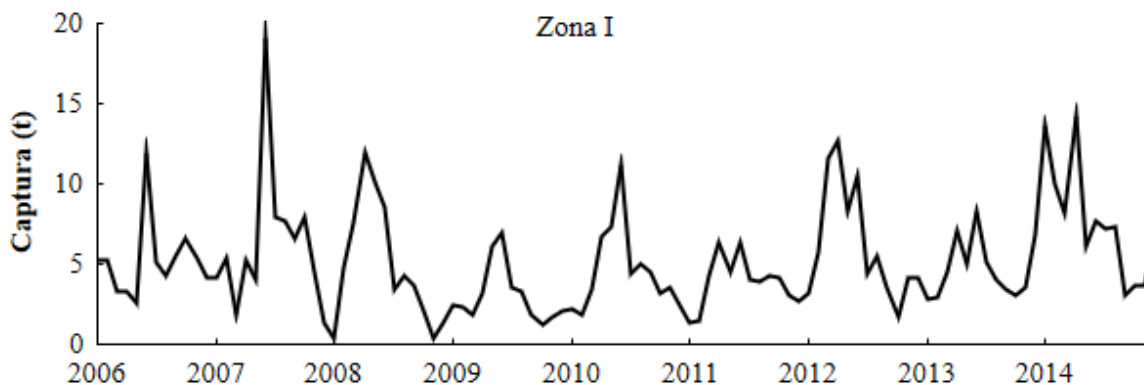


Figura 17. Serie histórica de las capturas de jurel en la zona I (2006-2014).

La zona II presentó una captura promedio de 23 t año⁻¹. La serie de capturas mostró una tendencia constante con una clara estacionalidad anual con las mayores capturas en los abril. El año 2008 presentó las capturas más bajas en la serie cuya mayor captura ocurrió en agosto (Fig. 18).

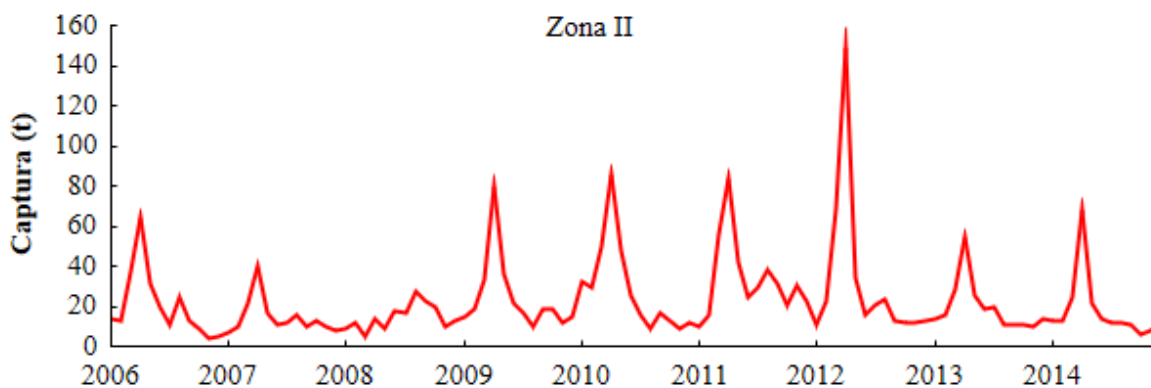


Figura 18. Serie histórica de las capturas de jurel en la zona II (2006-2014).



La captura promedio en la zona III fue la mayor en comparación con las otras zonas, presentando una captura promedio de 24 t año^{-1} . En esta zona la serie de capturas mostró un incremento en la tendencia a lo largo del periodo de estudio, distinguiéndose dos periodos diferenciados entre sí, de 2006 a 2008 las capturas de juel fueron disminuyendo y de 2009 a 2014 las capturas anuales se incrementaron perceptiblemente, revelando un primer pico con mayor captura entre marzo o abril y un segundo pico entre agosto o septiembre. (Fig. 19).

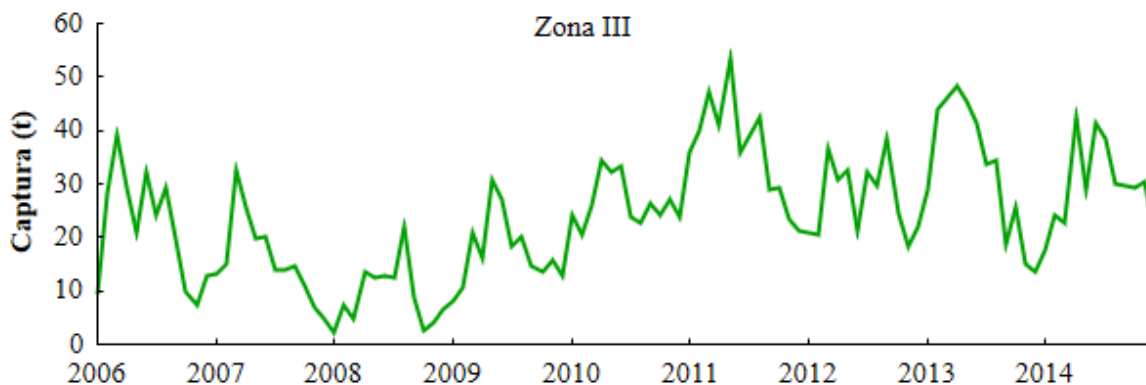


Figura 19. Serie histórica de las capturas de juel en la zona III (2006-2014).

La captura promedio que mostró la zona IV fue de 11 t año^{-1} . El comportamiento de las capturas en esta zona presentó un incremento en la tendencia y una estacionalidad a lo largo de la serie temporal, principalmente en el primer trimestre de los años donde se registraron las mayores capturas, acompañado de un segundo pico en noviembre o diciembre (Fig. 20).

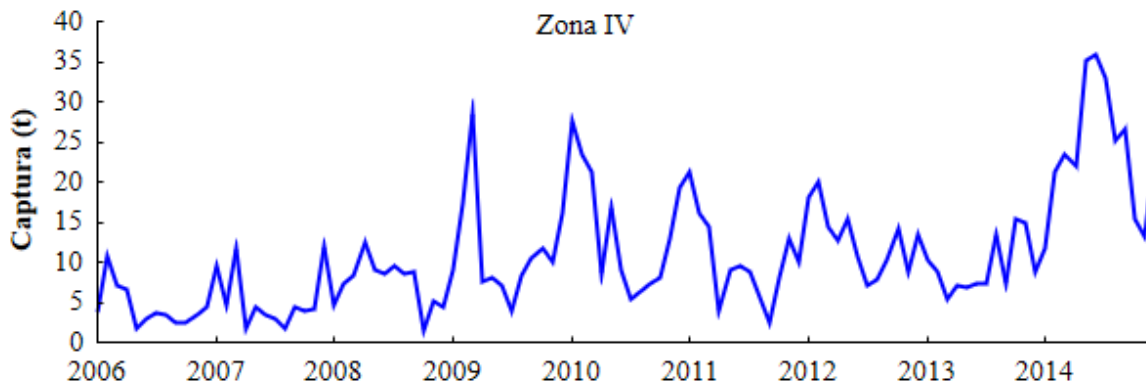
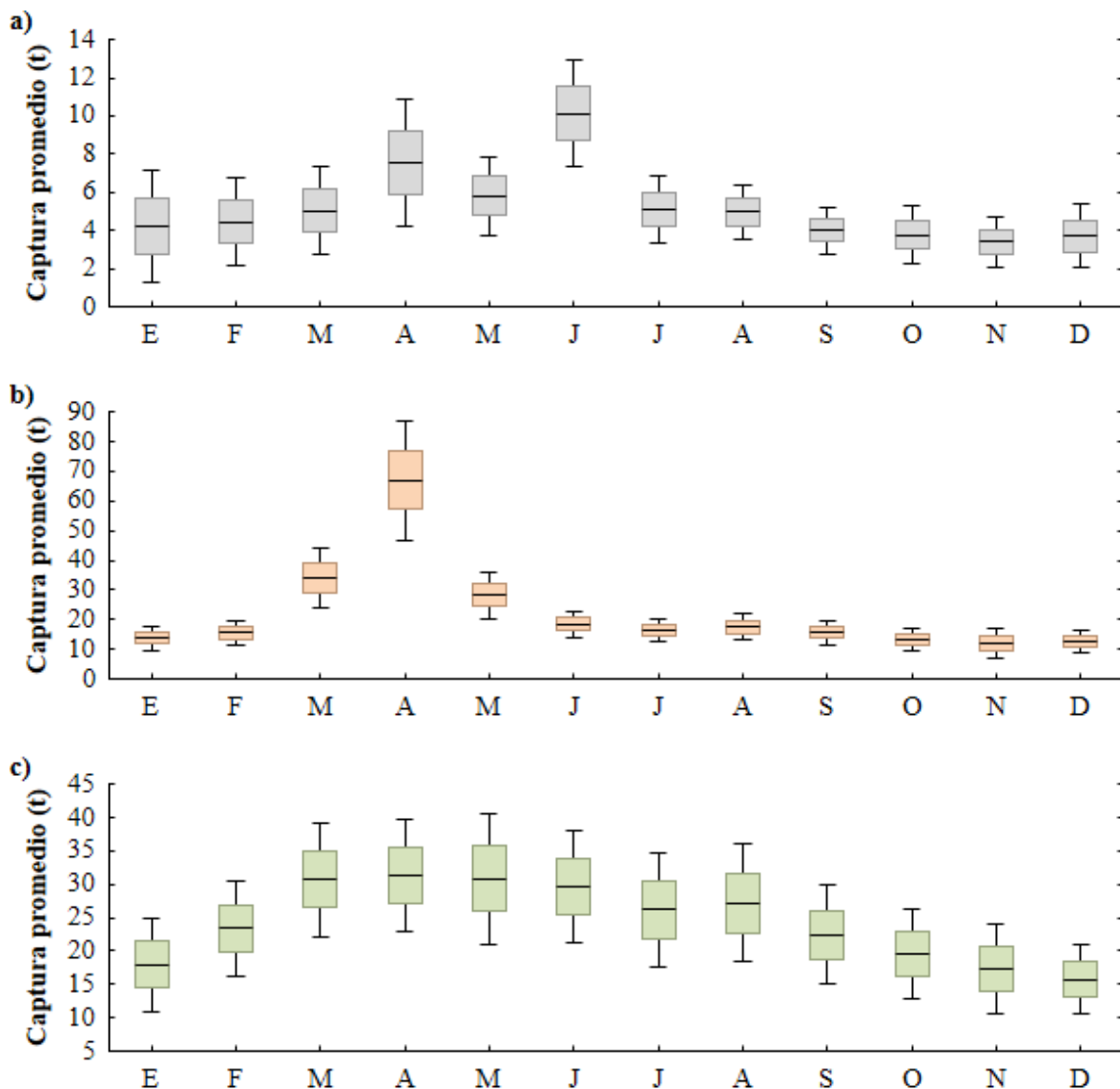


Figura 20. Serie histórica de las capturas de juel en la zona IV (2006-2014).



A escala intermensual, la captura promedio de jurel en la zona I mostró un incremento desde enero hasta junio para inmediatamente decrecer hasta diciembre (Fig. 21a). La zona II presentó las mayores capturas en la temporada de secas (marzo – junio), con una máxima en abril (67 t), después las capturas disminuyeron de mayo hasta diciembre (Fig.21b). Las capturas promedio en la zona III mostraron un aumento de enero hasta mayo, con una captura máxima en abril (31 t), y posteriormente presentaron una disminución hasta diciembre (Fig. 21c). En la zona IV, las capturas aumentaron en la temporada de nortes (noviembre – febrero) y parte de la temporada de secas, con una captura máxima para marzo (15 t), seguido de una disminución en las capturas registrando una mínima en septiembre con 9 t (Fig. 21d).



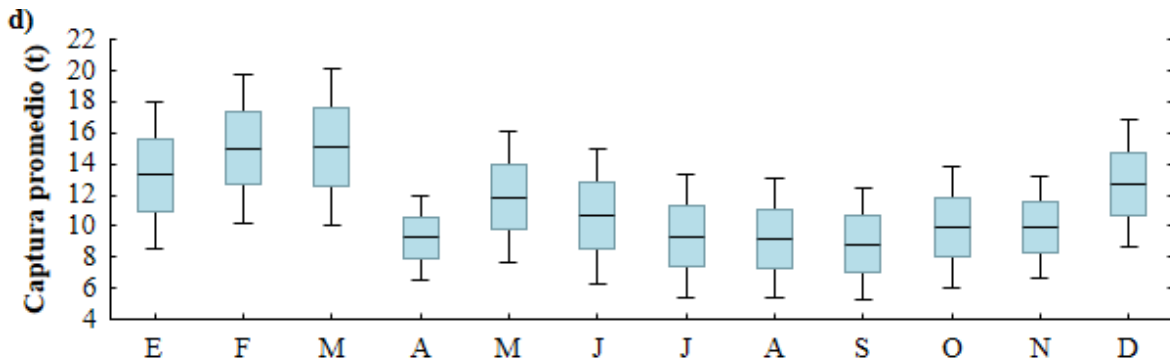


Figura 21. Captura media mensual de jurel para la a) zona I, b) zona II, c) zona III y d) zona IV durante el periodo 2006-2014.

6.2.2 Comportamiento de la captura de cojinuda

La captura promedio para la cojinuda en la zona I fue de 3 t año⁻¹. A lo largo de la serie se observó una tendencia a disminuir con dos periodos diferenciados entre sí, donde las mayores capturas se mostraron en los años de 2006 a 2008 con diversos picos a lo largo de los tres años, posteriormente del 2009 a 2014 se presentó una clara disminución en las capturas, mostrando los máximos valores en los meses de septiembre u octubre (Fig. 22).

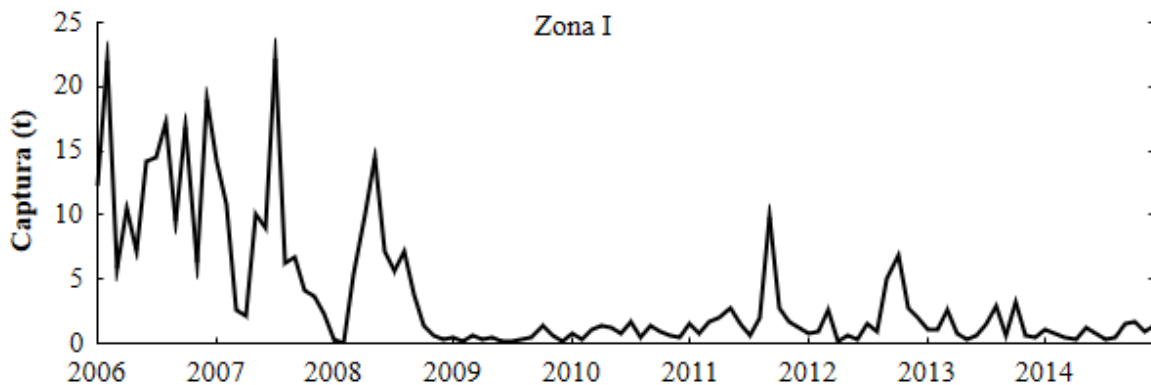


Figura 22. Serie histórica de las capturas de cojinuda en la zona I (2006-2014).

La zona II presentó una captura promedio de 12 t año⁻¹. La serie de capturas mostró una tendencia decreciente a lo largo de los años y se detectó un comportamiento estacional anual del 2008 a 2012, con las máximas capturas en abril y/o mayo. En los últimos dos años se presentó un descenso en las capturas con los registros máximos en septiembre y diciembre respectivamente (Fig. 23).

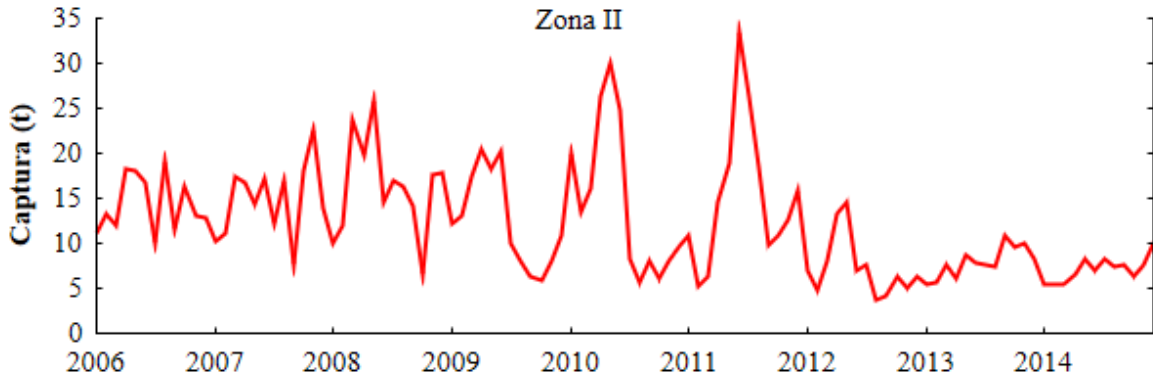


Figura 23. Serie histórica de las capturas de cojinuda en la zona II (2006-2014).

Para la zona III la captura promedio fue de 12 t año⁻¹. La serie temporal mostró una disminución en su tendencia y una estacionalidad anual con las mayores capturas sobre los mayo y junio, con excepción del año 2007 y 2009 cuyas mayores capturas se exhibieron en septiembre (Fig. 24).

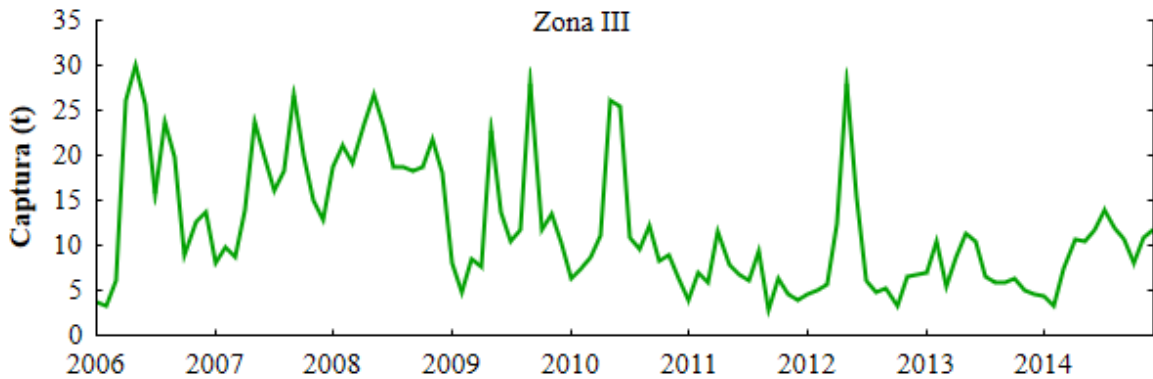


Figura 24. Serie histórica de las capturas de cojinuda en la zona III (2006-2014).

Las capturas de cojinuda en la zona IV fueron las mayores en comparación con las otras zonas, registrando una captura promedio de 69 t año⁻¹. El comportamiento de tales capturas presenta un evidente aumento en su tendencia a lo largo de los años y con picos máximos en diferentes meses (Fig. 25).

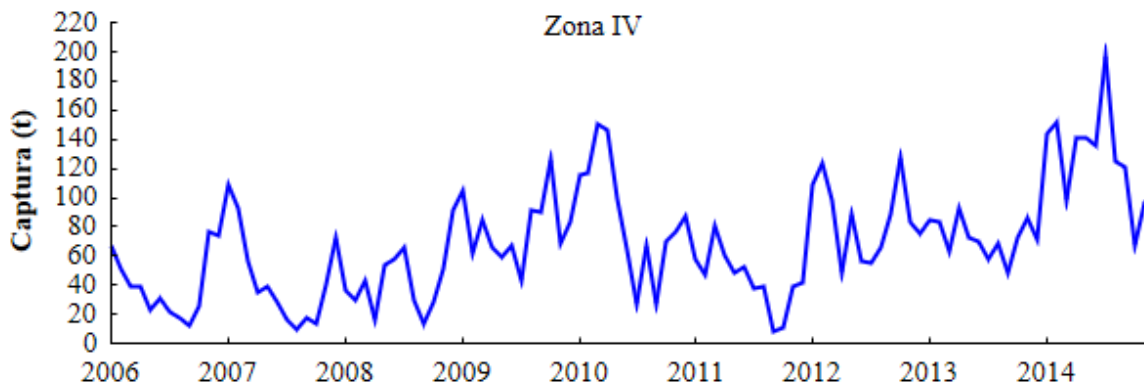


Figura 25. Serie histórica de las capturas de cojinuda en la zona IV (2006-2014).

A escala intermensual, la captura promedio de la cojinuda en la zona I mostró un incremento desde marzo hasta julio, seguido de una disminución hasta noviembre (Fig. 26a). La zona II y III presentaron las mayores capturas en la temporada de secas, con la máxima en mayo (17 t y 20 t respectivamente), mientras que en la temporada de lluvias (zona II) y nortes (zona III) exhibieron las menores capturas, con las mínimas en septiembre y enero respectivamente (Fig. 2ba y 26c). Por último, la zona IV presentó una clara disminución de las capturas en las temporadas de secas y lluvias, registrando una mínima de 46 t en septiembre, posteriormente le continuó un aumento de las mismas en la temporada de nortes, alcanzado una captura máxima en enero con 94 t (Fig. 26d).

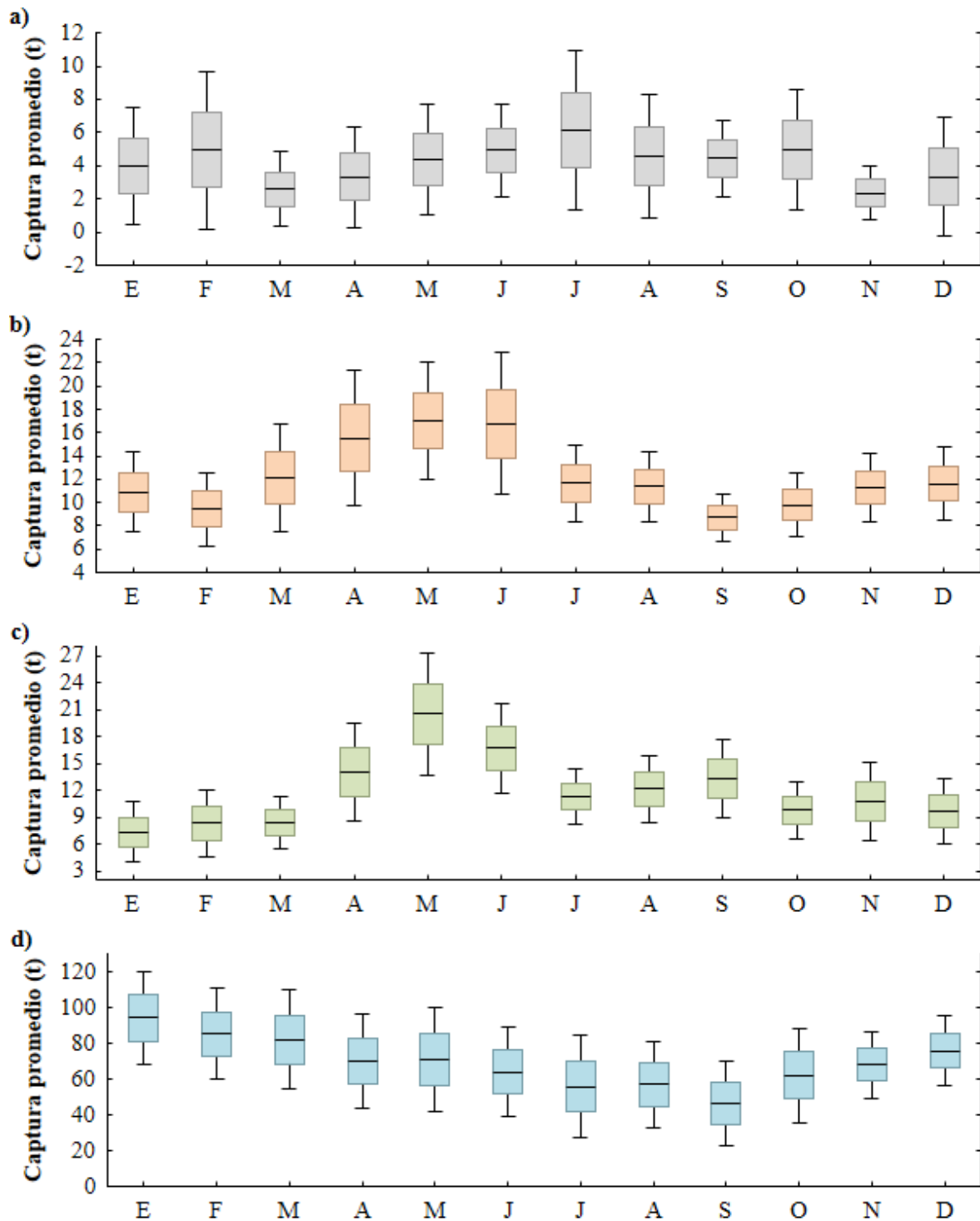


Figura 26. Captura media mensual de cojinuda para la a) zona I, b) zona II, c) zona III y d) zona IV durante el periodo 2006-2014.



6.3 Relación entre el componente pesquero y variables oceanográficas

6.3.1 Correlaciones cruzadas (captura de jurel vs TSM y Cl-a)

La serie de capturas de jurel se comparó con las series de la TSM y Cl-a para examinar la relación de estas variables oceanográficas en la captura del jurel sobre las distintas zonas de pesca. Las correlaciones cruzadas entre la captura de jurel y la TSM presentaron correlaciones negativas en las cuatro zonas de pesca y con los máximos coeficientes de correlación al desfazar hasta cuatro meses dependiendo la zona de pesca; mientras que las correlaciones cruzadas entre la captura de jurel y la Cl-a mostraron correlaciones negativas y los máximos coeficientes de correlación a cero meses, sin embargo, la zona IV mostró una correlación positiva con el coeficiente de correlación máximo hasta los cuatro meses de desfase (Tabla 1).

Tabla 1. Correlaciones cruzadas entre la captura de jurel y variables oceanográficas en cada zona de pesca.

			Desfase de meses						
			0	1	2	3	4	5	6
Zona I	TSM	r	*	*	-0.35	-0.46	-0.49	-0.34	*
		p	*	*	0.01	0.001	0.001	0.035	*
	Cl-a	r	-0.31	-0.25	*	*	0.25	0.23	0.30
		p	0.001	0.022	*	*	0.040	0.050	0.030
Zona II	TSM	r	*	-0.38	-0.56	-0.55	-0.36	*	*
		p	*	0.001	0.001	0.001	0.010	*	*
	Cl-a	r	-0.34	-0.25	*	*	*	*	*
		p	0.001	0.022	*	*	*	*	*
Zona III	TSM	r	*	*	-0.34	-0.44	-0.42	-0.33	*
		p	*	*	0.001	0.001	0.01	0.03	*
	Cl-a	r	-0.34	-0.31	-0.24	*	*	0.33	0.38
		p	0.001	0.001	0.02	*	*	0.01	0.01
Zona IV	TSM	r	-0.25	-0.28	*	*	*	*	0.28
		p	0.01	0.01	*	*	*	*	0.03
	Cl-a	r	*	*	0.26	0.32	0.38	0.31	*
		p	*	*	0.02	0.001	0.001	0.01	*

Los meses que no presentaron una correlación significativa están marcados con un asterisco (*), r es el coeficiente de correlación y p es la significancia de la correlación. Los números en negrita indican el coeficiente de correlación más alto.

6.3.2 Correlaciones cruzadas (captura de cojinuda vs TSM, Cl-a)



Las correlaciones cruzadas entre las series de captura de cojinuda y las variables oceanográficas (TSM y Cl-*a*) presentaron correlaciones únicamente en la zona II hasta la zona IV (Tabla 2). Las correlaciones entre la captura de cojinuda y la TSM fueron negativas en las zonas II y IV con los coeficientes de correlación máximos al desfazar tres y un mes respectivamente, mientras que la zona III presentó una correlación positiva. Por otro lado, las correlaciones entre la captura de cojinuda y la Cl-*a* mostraron correlaciones negativas con los coeficientes de correlación máximos al desfazar hasta tres meses (zona II y III), sin embargo, la zona IV mostró una correlación positiva y el coeficiente de correlación máximo hasta los cuatro meses de desfase.

Tabla 2. Correlaciones cruzadas entre la captura de cojinuda y variables oceanográficas de cada zona de pesca.

		Desfase de meses							
		0	1	2	3	4	5	6	
Zona I	TSM	r	*	*	*	*	*	*	*
		<i>p</i>	*	*	*	*	*	*	*
	Cl- <i>a</i>	r	*	*	*	*	*	*	*
		<i>p</i>	*	*	*	*	*	*	*
Zona II	TSM	r	*	*	-0.30	-0.39	-0.39	-0.26	*
		<i>p</i>	*	*	0.013	0.003	0.003	0.046	*
	Cl- <i>a</i>	r	-0.23	-0.25	-0.25	*	*	*	*
		<i>p</i>	0.021	0.022	0.035	*	*	*	*
Zona III	TSM	r	0.41	0.22	*	-0.24	-0.35	-0.34	*
		<i>p</i>	0.001	0.027	*	0.021	0.002	0.005	*
	Cl- <i>a</i>	r	-0.21	-0.30	-0.31	-0.26	*	*	*
		<i>p</i>	0.032	0.007	0.006	0.022	*	*	*
Zona IV	TSM	r	-0.29	-0.30	*	*	*	*	0.31
		<i>p</i>	0.004	0.005	*	*	*	*	0.022
	Cl- <i>a</i>	r	*	*	0.32	0.32	0.37	0.32	*
		<i>p</i>	*	*	0.003	0.003	0.001	0.004	*

Los meses que no presentaron una correlación significativa están marcados con un asterisco (*), *r* es el coeficiente de correlación y *p* es la significancia de la correlación. Los números en negrita indican el coeficiente de correlación más alto.



6.4 Análisis de Espectro Singular (SSA) – CATERPILLAR

6.4.1 SSA de las capturas de jurel

Las capturas comerciales de jurel mediante el SSA revelaron componentes principales (tendencia y oscilaciones armónicas) con diferentes temporalidades en las cuatro zonas de pesca. La zona I presentó una tendencia decreciente en las capturas durante el periodo 2006-2010 y a partir del 2011 la tendencia creció de forma constante. Además, se identificó un componente oscilatorio armónico con periodicidad anual con los valores máximos a mediados de cada año durante el periodo 2006-2009, posteriormente los máximos fueron recorriéndose un mes cada tres años, Ej: mayo presentó las mayores capturas durante el periodo 2010-2012 y abril durante 2013-2014. Los componentes identificados en esta serie temporal explicaron el 83% de la variabilidad de la serie original (Fig. 27).

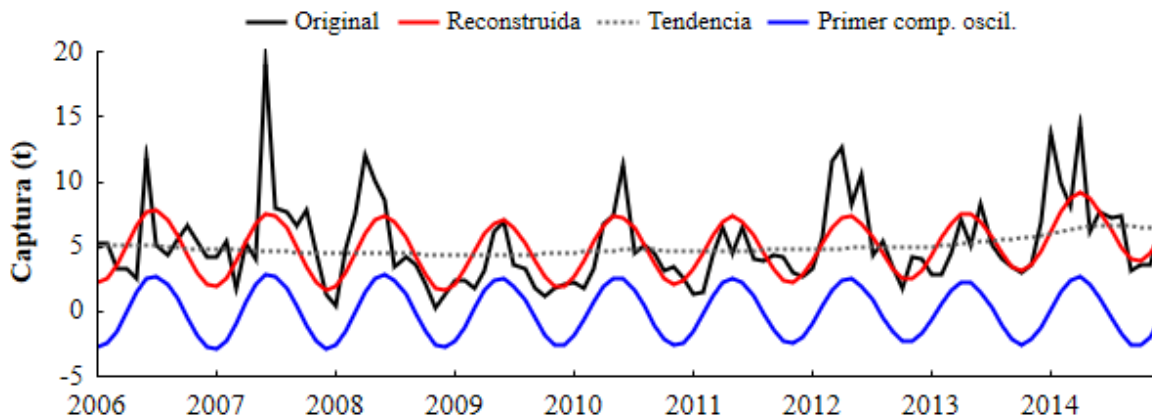


Figura 27. Componentes principales de la serie de captura de jurel en la zona I durante el periodo 2006-2014.

La serie temporal de la zona II presentó una tendencia creciente durante el periodo 2006-2012, mientras que en los dos últimos años se mostró una disminución en las capturas. En esta serie se identificaron y extrajeron tres componentes oscilatorios armónicos que presentaron periodicidades bien definidas. El primer componente oscilatorio expuso una periodicidad anual con máximos en abril. El segundo componente oscilatorio de menor magnitud presentó una periodicidad semestral, con máximos en abril y octubre; por último el tercer componente oscilatorio presentó una periodicidad cuatrimestral, aunque esta periodicidad fue débil en la serie temporal. Los componentes identificados en esta serie explicaron el 87% de la variabilidad de la serie original (Fig. 28).

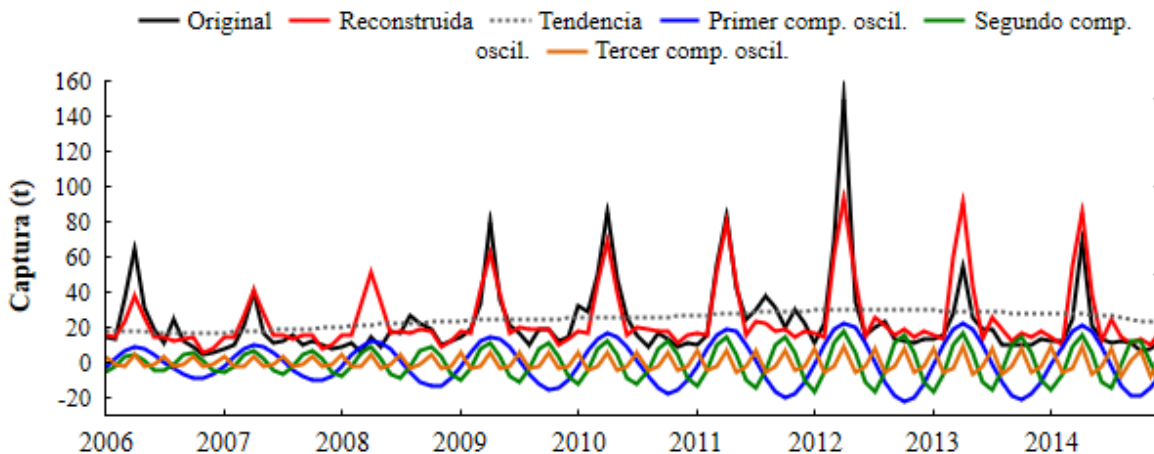


Figura 28. Componentes principales de la serie de captura de jurel en la zona II durante el periodo 2006-2014.

La serie de capturas en la zona III presentó una tendencia creciente durante el periodo de estudio. Esta serie expuso dos componentes oscilatorios con periodicidad anual y semestral respectivamente; cuyos valores máximos se presentaron en mayo (primer componente oscilatorio) y de septiembre-octubre (segundo componente oscilatorio), respectivamente (Fig. 29). Los componentes principales descritos en esta zona explicaron el 94% de la variabilidad de la serie original.

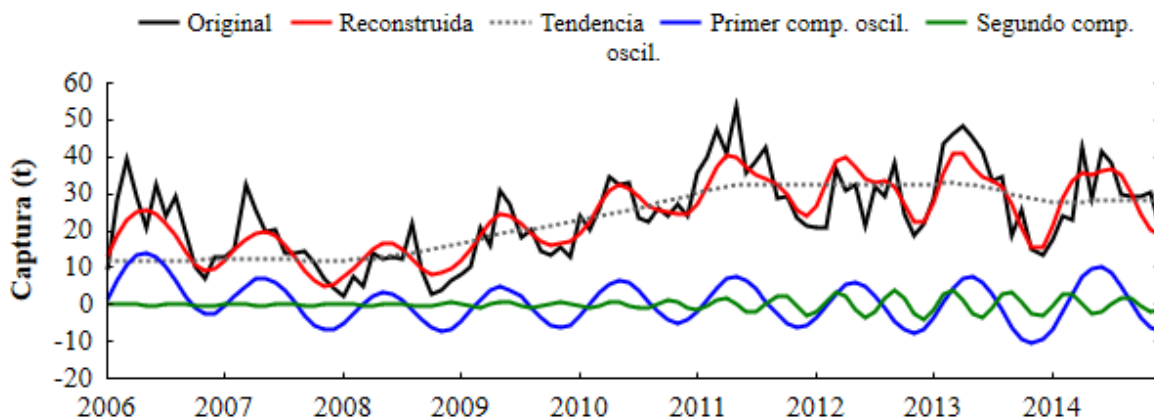


Figura 29. Componentes principales de la serie de captura de jurel en la zona III durante el periodo 2006-2014.



Para la zona IV, la tendencia presentó un aumento en las capturas y fueron identificadas dos oscilaciones armónicas. El primer componente oscilatorio presentó una periodicidad anual con valores máximos en los febreros-marzos, mientras que el segundo componente oscilatorio exhibió una periodicidad cuasi semestral que varía cada año (Fig. 30).

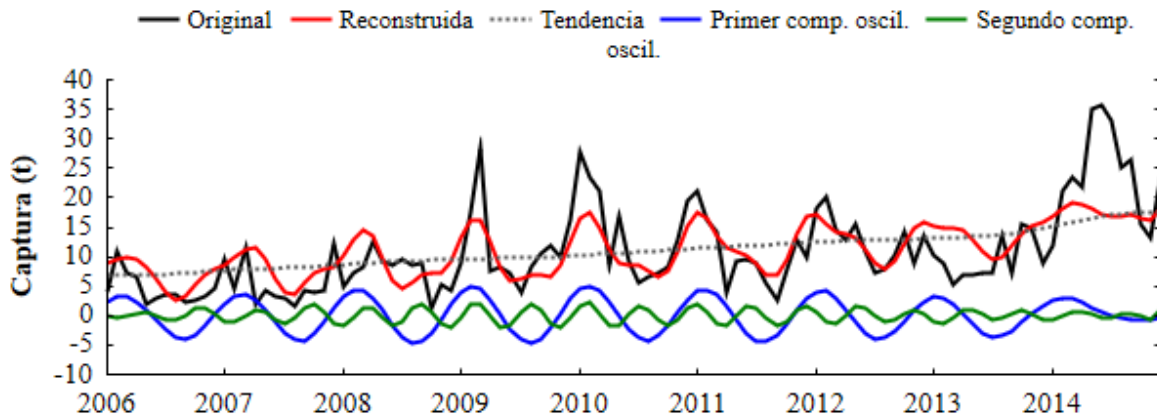


Figura 30. Componentes principales de la serie de captura de jurel en la zona IV durante el periodo 2006-2014.

6.4.2 SSA de las capturas de cojinuda

Las capturas comerciales de cojinuda bajo el SSA revelaron componentes principales (tendencia y oscilaciones armónicas) con diferentes periodicidades en las cuatro zonas de pesca. La zona I manifestó una tendencia decreciente durante el periodo 2006-2014, refiriendo una disminución del 95% de las capturas en nueve años. Cabe agregar que se distinguió una sutil oscilación armónica con una periodicidad de 13 meses en los primeros tres años de la serie. Los componentes identificados explicaron el 69% de la variabilidad de la serie original (Fig. 31).

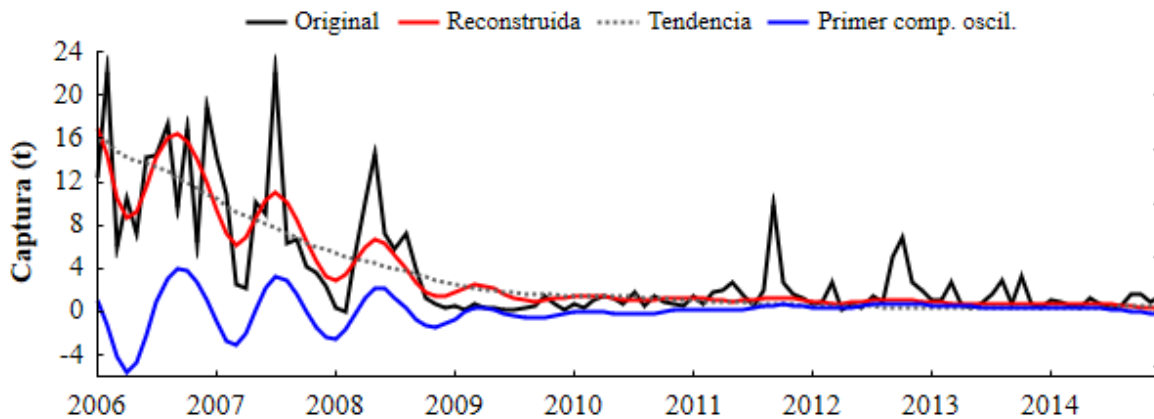


Figura 31. Componentes principales de la serie de captura de cojinuda en la zona I durante el periodo 2006-2014.

La serie temporal de la zona II presentó una tendencia decreciente en las capturas a lo largo de los años, representando una disminución del 52% de las capturas. Además se mostraron dos componentes oscilatorios con periodicidades cada 13 meses y 7 meses, respectivamente. Los componentes principales presentes en esta zona explicaron el 89% de la variabilidad de la serie original (Fig. 32).

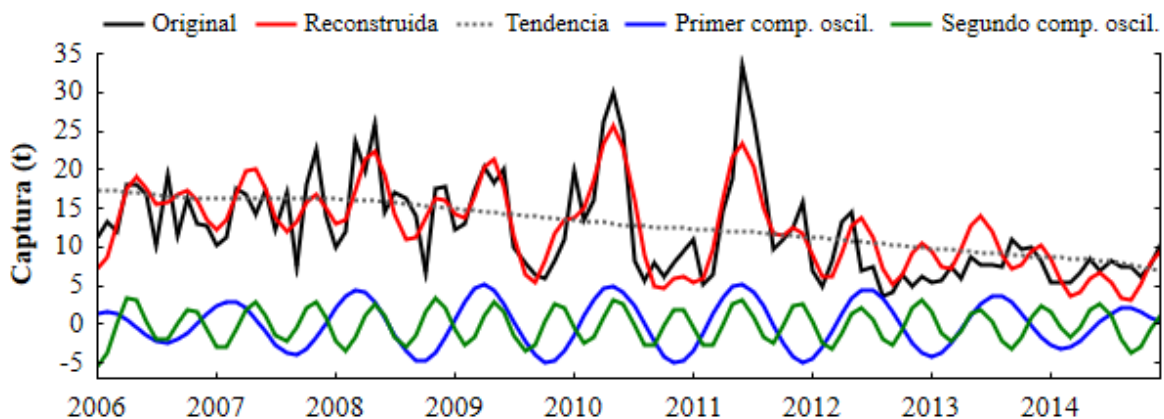


Figura 32. Componentes principales de la serie de captura de cojinuda en la zona II durante el periodo 2006-2014.

Para la zona III, la tendencia mostró un comportamiento descendiente en las capturas. Al mismo tiempo, se identificó un componente oscilatorio con periodicidad de cerca de 13 meses con valores máximos entre junio y julio. Los componentes identificados en esta serie temporal explicaron el 87% de la variabilidad de la serie original (Fig. 33).

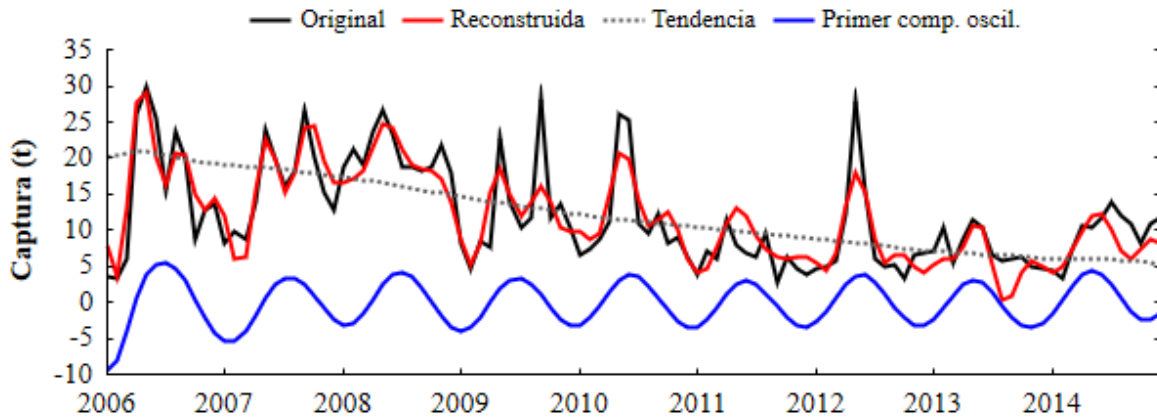


Figura 33. Componentes principales de la serie de captura de cojinuda en la zona III durante el periodo 2006-2014.

Por último, la zona IV exhibió una tendencia en aumento durante el periodo de estudio. Se identificaron dos componentes oscilatorios con diferente periodicidad, el primer componente oscilatorio mostró una periodicidad de 14 meses con los valores máximos en los meses de enero-marzo de cada año. El segundo componente oscilatorio con menor dimensión reflejó una periodicidad de ochos meses. Cabe señalar que la tendencia y las oscilaciones explicaron el 93% de la variabilidad de la serie original (Fig. 34).

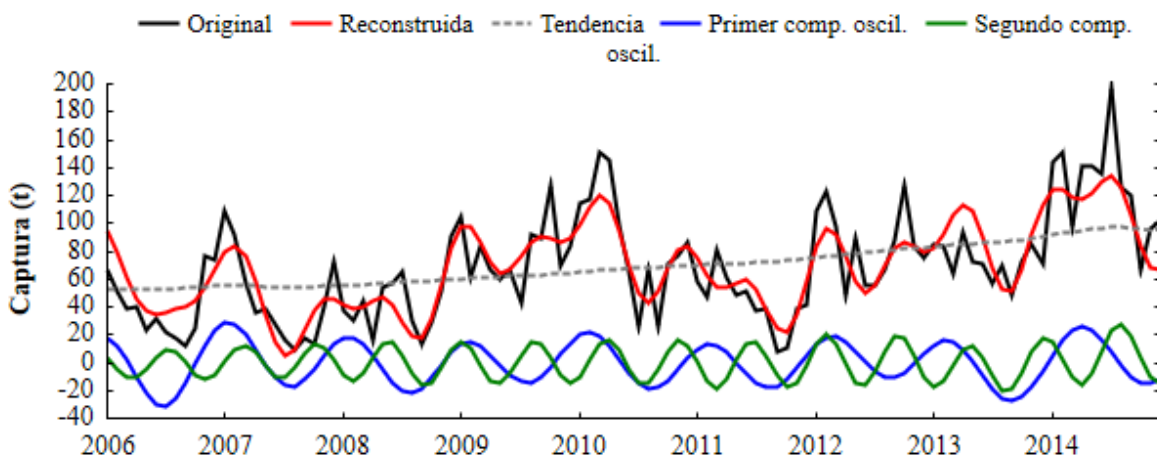


Figura 34. Componentes principales de la serie de captura de cojinuda en la zona IV durante el periodo 2006-2014.



6.4.3 Correlaciones cruzadas con SSA (Captura de jurel vs TSM y Cl-a)

Las correlaciones cruzadas entre las series de captura de jurel y las variables oceanográficas bajo el SSA presentaron correlaciones positivas y negativas. La zona I presentó una relación positiva con la TSM ($r = 0.20$, $p < 0.04$) sin desfase, mientras que con la variable Cl-a presentó una correlación negativa sin desfase y valores de $r = -0.88$ y $p < 0.001$ (Fig. 35).

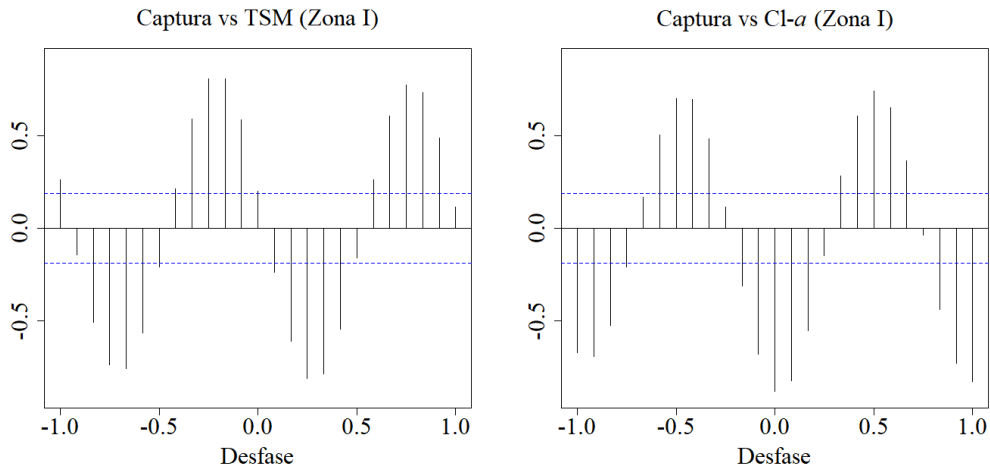


Figura 35. Correlación cruzada de la captura de jurel con la TSM y Cl-a en la zona I, la línea punteada indica un $\alpha = 0.05$; Desfase: tiempo de retraso (0,1= 12 meses).

Las capturas en la zona II (Fig. 36) mostraron una correlación negativa con la TSM y con el coeficiente de correlación más alto en el segundo mes de desfase ($r = -0.59$, $p < 0.001$), mientras que con la Cl-a se mostró una correlación negativa sin desfase ($r = -0.52$ $p < 0.001$).

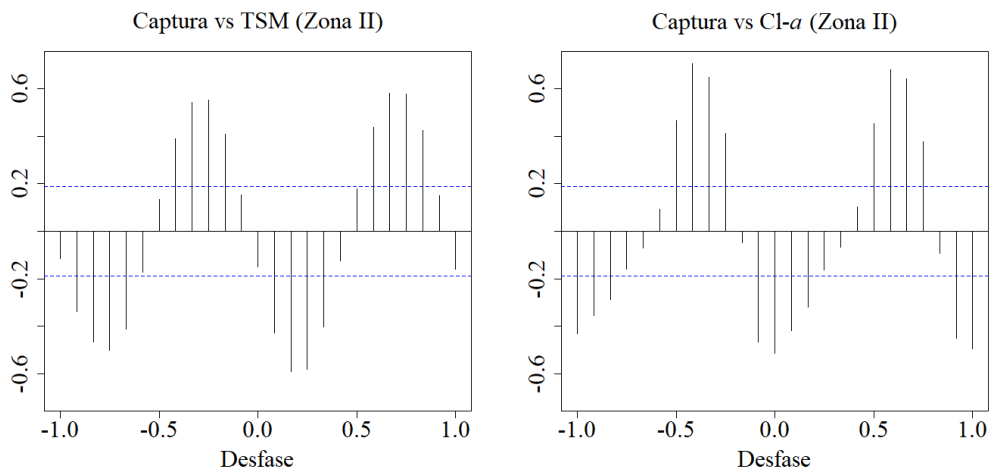


Figura 36. Correlación cruzada de la captura de jurel con la TSM y Cl-a en la zona II, la línea punteada indica un $\alpha = 0.05$; Desfase: tiempo de retraso (0,1= 12 meses).



Referente a la zona III, las correlaciones de las captura de jurel vs TSM y Cl-a fueron negativas y con los coeficientes de correlación más altos hasta el cuarto mes de desfase y sin desfase ($r = -0.48, p = 0.01$ y $r = -0.42, p < 0.001$), respectivamente (Fig. 37).

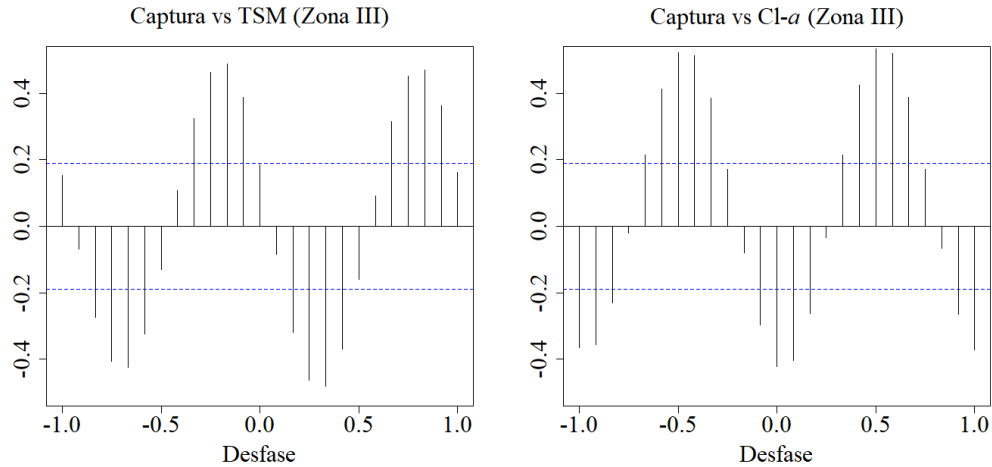


Figura 37. Correlación cruzada de la captura de jurel con la TSM y Cl-a en la zona III, la línea punteada indica un $\alpha = 0.05$; Desfase: tiempo de retraso (0,1= 12 meses).

Para la zona IV, el coeficiente de correlación con la TSM se ubicó con un mes de desfase ($r = -0.57, p < 0.001$) y el coeficiente más alto con la Cl-a se presentó con cuatro meses de desfase y valores positivos (Fig. 38).

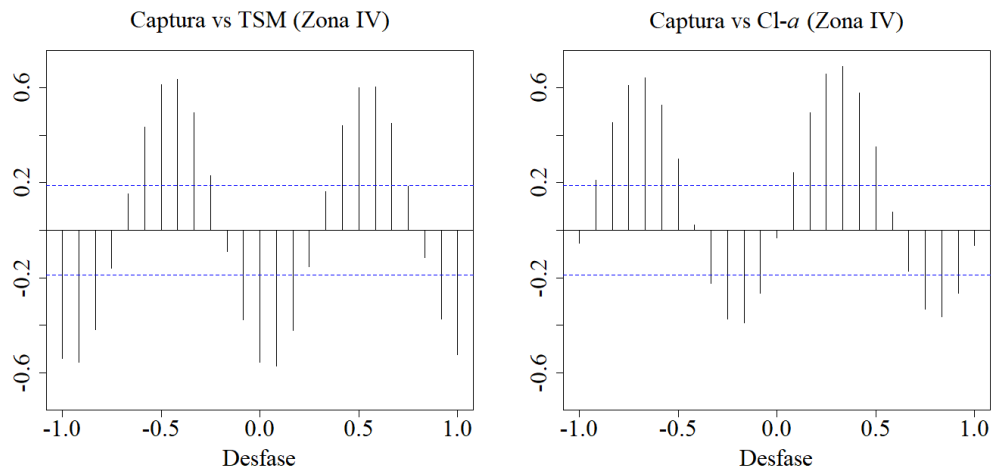


Figura 38. Correlación cruzada de la captura de jurel con la TSM y Cl-a en la zona IV, la línea punteada indica un $\alpha = 0.05$; Desfase: tiempo de retraso (0,1= 12 meses).



6.4.4 Correlaciones cruzadas con SSA (Captura de cojinuda vs TSM y Cl-a)

Las correlaciones cruzadas bajo el SSA mostraron relaciones positivas y negativas entre la captura de cojinuda con las variables oceanográficas. La zona de pesca I no presentó un coeficiente de correlación significativo con las variables oceanográficas (Fig. 39).

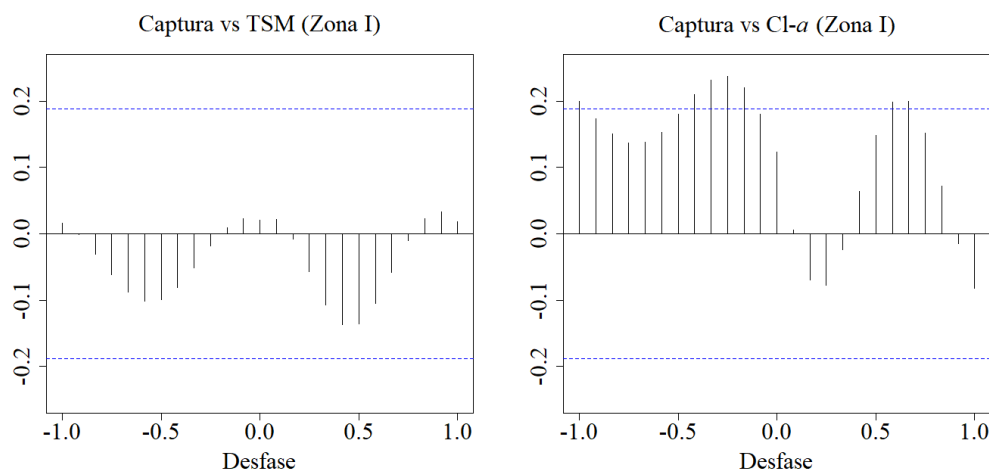


Figura 39. Correlación cruzada de la captura de cojinuda con la TSM y Cl-a en la zona I, la línea punteada indica un $\alpha = 0.05$; Desfase: tiempo de retraso (0,1= 12 meses).

Las capturas de la zona II (Fig. 40) presentaron una correlación negativa con la TSM, ubicando el coeficiente de correlación más alto hasta el tercer mes de desfase ($r = -0.41$ $p < 0.001$) y con la Cl-a con un mes de desfase ($r = -0.54$ $p < 0.001$).

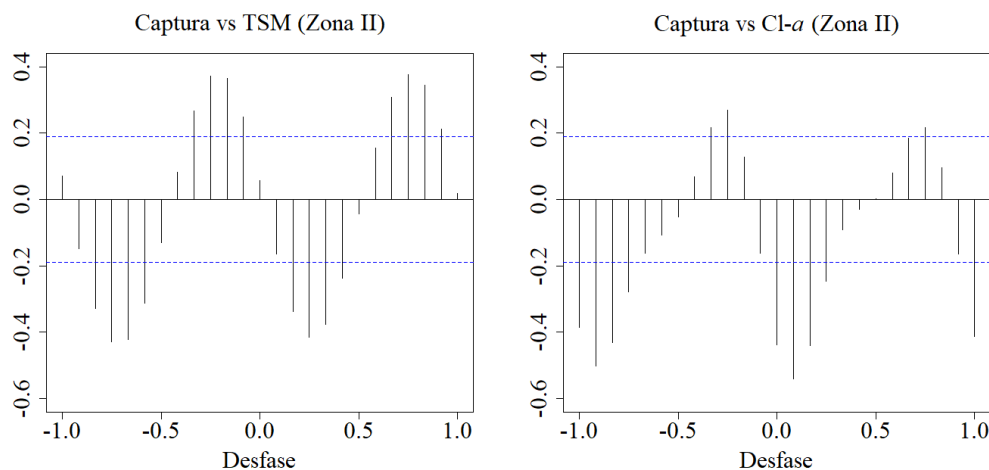


Figura 40. Correlación cruzada de la captura de cojinuda con la TSM y Cl-a en la zona II, la línea punteada indica un $\alpha = 0.05$; Desfase: tiempo de retraso (0,1= 12 meses).



Las capturas de la zona III mostraron una correlación positiva y sin desfase con la TSM ($r = 0.33$, $p < 0.001$), mientras que con la CI-a presentó una correlación negativa y el coeficiente de correlación más alto hasta un mes de desfase con valores de $r = -0.38$, $p < 0.001$ (Fig. 41).

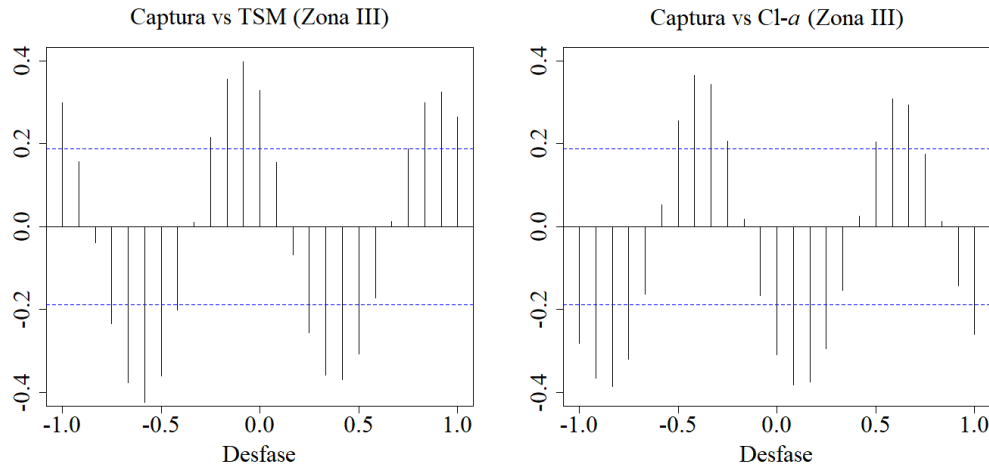


Figura 41. Correlación cruzada de la captura de cojinuda con la TSM y CI-a en la zona III, la línea punteada indica un $\alpha = 0.05$; Desfase: tiempo de retraso (0,1= 12 meses).

Finalmente, en la zona IV la TSM mostró una correlación negativa ubicando el coeficiente de correlación más alto hasta un mes de desfase ($r = -0.35$, $p < 0.001$); por su parte la CI-a presentó una correlación positiva y el coeficiente de correlación más alto hasta el cuarto mes de desfase con valores de $r = 0.49$ y $p < 0.01$ (Fig. 42).

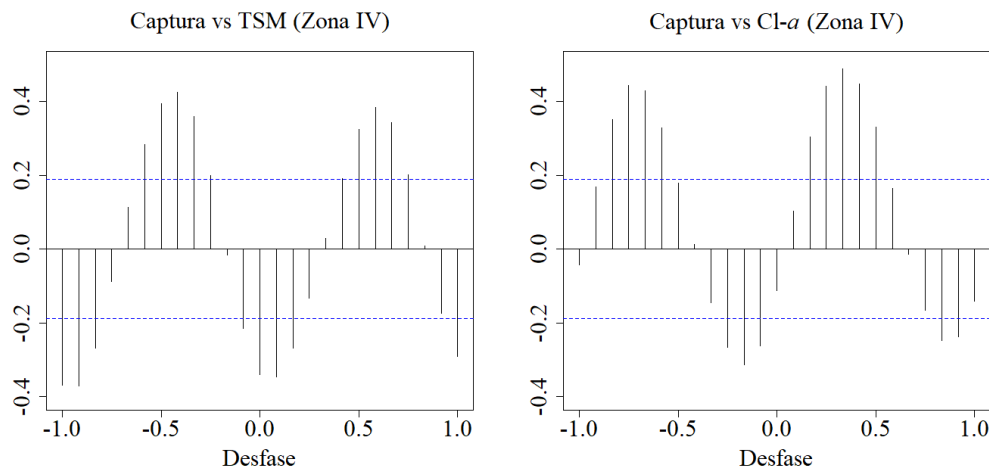


Figura 42. Correlación cruzada de la captura de cojinuda con la TSM y CI-a en la zona IV, la línea punteada indica un $\alpha = 0.05$; Desfase: tiempo de retraso (0,1= 12 meses).



6.5 Modelación de las capturas comerciales de carángidos

6.5.1 Modelo lineal generalizado de la captura de jureles

El modelo lineal generalizado (MLG) explicó el 97% de la variabilidad total de la captura de jureles. La variable con mayor contribución fue la zona de pesca con 53.89%, seguido del mes con 17.64%, mientras que la interacción mes:zona sólo explicó el 9.12% (Tabla 3). Cabe señalar que las variables e interacciones para este modelo fueron significativas.

Tabla 3. Variables explicativas y porcentaje de la devianza explicada por el modelo lineal generalizado para el jurel (*Caranx hippos*).

Distribución Gaussiana y función de enlace Log para la captura de Jurel						
	Devianza	gl	Devianza residual	F	<i>p</i>	Devianza explicada (%)
Intercepto			76757			
Año	5773	8	70984	111.7066	0.000	7.52
Mes	13539	11	57445	190.5225	0.000	17.64
Zona	41361	3	16085	2134.156	0.000	53.89
Anomalía de Cl-a	35	1	16050	5.4393	0.020	0.04
TSM	308	2	15742	23.813	0.000	0.40
TSM:Zona	5151	6	10591	132.8892	0.000	6.71
Mes:Zona	6997	30	3594	36.1026	0.000	9.12
Año:Zona	1359	24	2235	8.7661	0.000	1.77
Devianza del modelo	74523					97.1

Los variables e interacciones son significativas a partir de un *p*: 0.05.



En términos espaciales, la zona II que corresponde la parte centro-sur del estado de Veracruz y la zona III que abarca el litoral del estado de Tabasco hasta la laguna de Términos, presentaron los mayores valores logarítmicos de la captura, mientras que la zona I mostró la menor captura (Fig. 43).

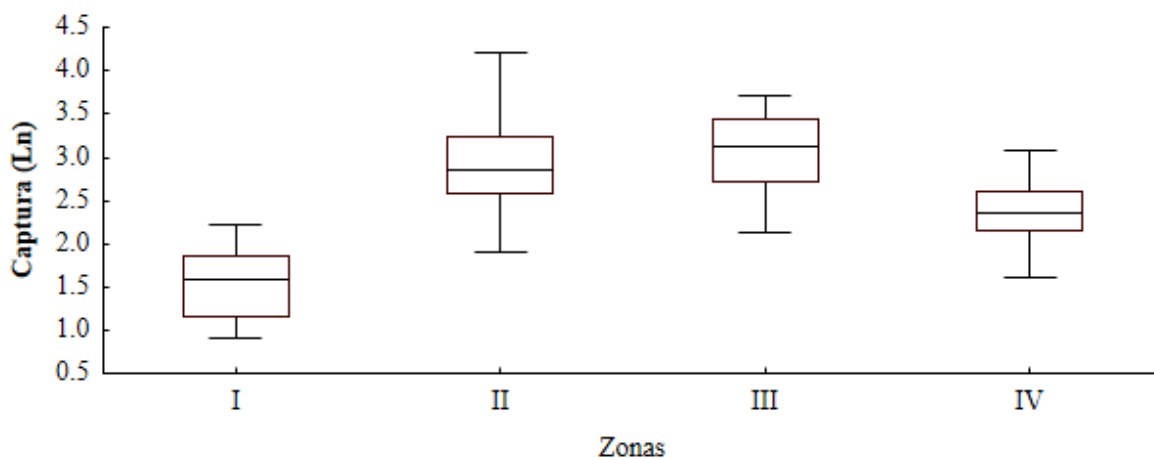


Figura 43. Logaritmo natural de la captura de jurel de la variable explicativa zona de pesca durante el periodo 2006-2014.

Los valores desde 2006 hasta 2014 mostraron un incremento en todas las zonas de captura de jurel, con una reducción en el logaritmo natural de captura de la zona III sobre los primeros años (Fig. 44).

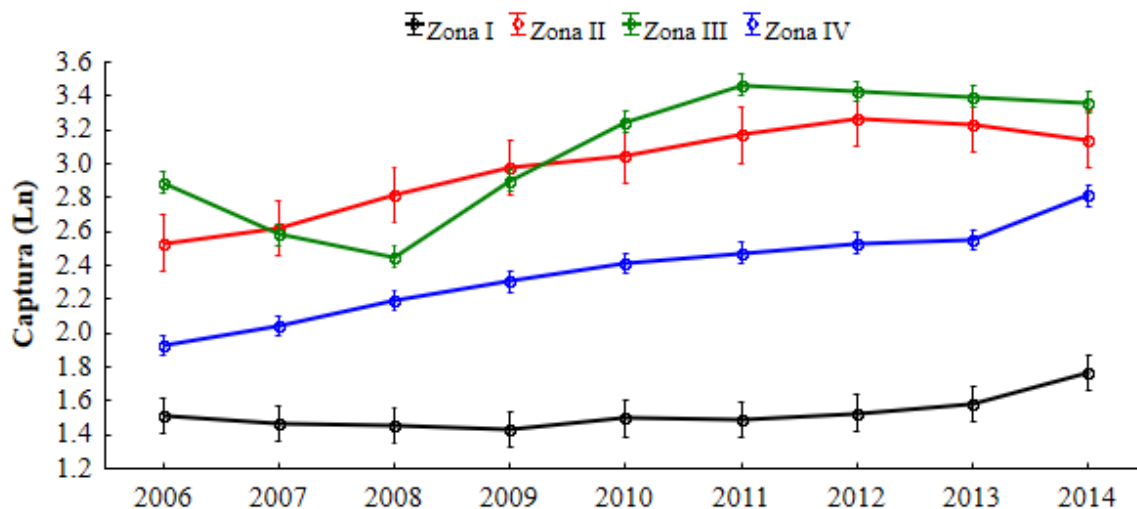


Figura 44. Logaritmo natural de la captura de jurel de la variable explicativa año durante el periodo 2006-2014.



El comportamiento del logaritmo natural de la captura de jurel mostró los máximos valores en el transcurso del primer semestre para todas las zonas de captura, sugiriendo un desplazamiento de sur a norte que comienza a principios de año y un segundo desplazamiento de norte a sur a finales de año (Fig. 45).

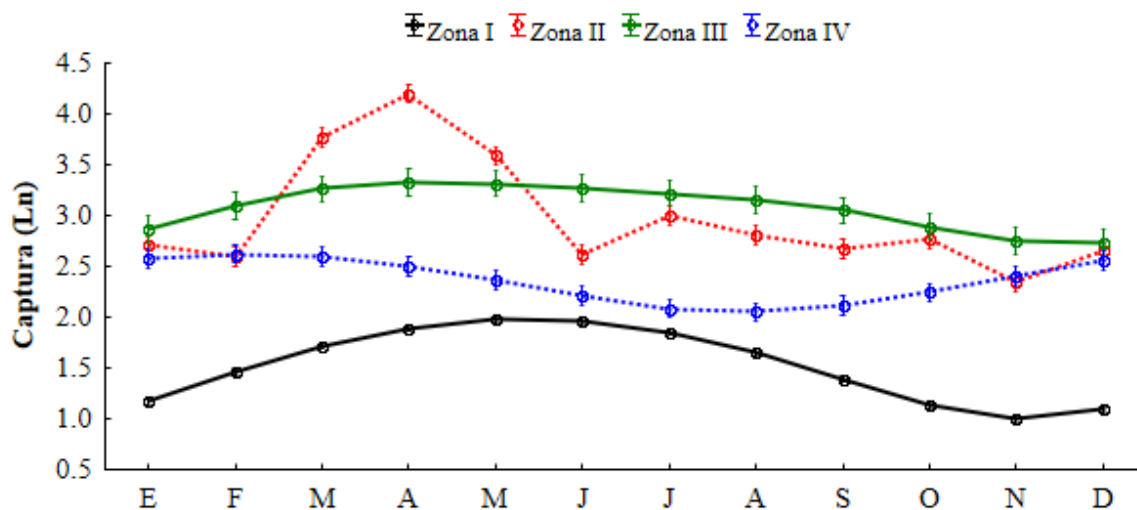


Figura 45. Logaritmo natural de la captura de jurel de la variable explicativa mes durante el periodo 2006-2014.

La TSM fue una de las interacciones significativas en el modelo. La zona I presentó las mayores capturas de jurel en presencia de temperaturas cálidas, mientras que las zonas II a IV presentaron las máximas capturas en presencia de temperaturas normales (Fig. 46).

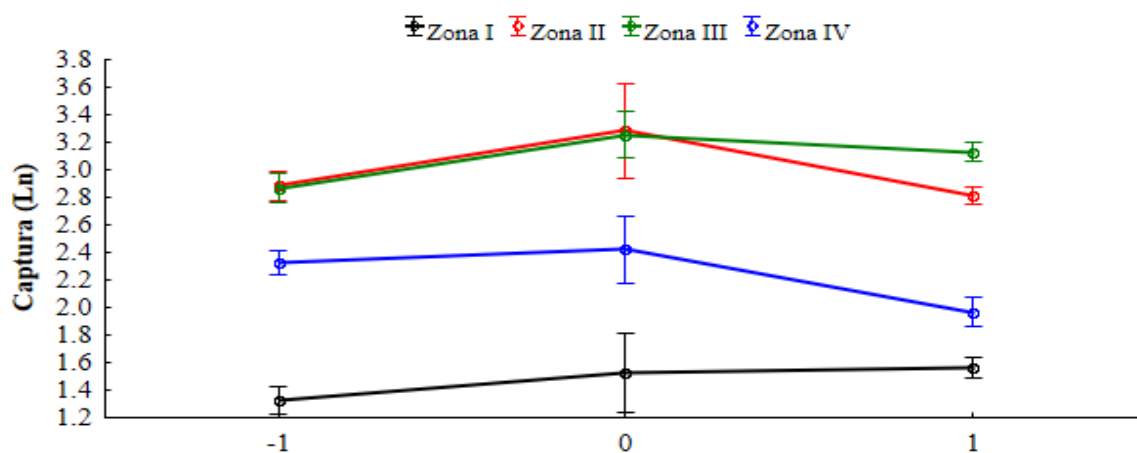


Figura 46. Captura de jurel por zona de pesca con relación a la temperatura -1 = temperaturas frías, 0 = temperaturas normales y 1 = temperaturas cálidas.



6.5.2 Modelo lineal generalizado de la captura de cojinuda

El MLG para este recurso explicó el 92% de la variabilidad total de la captura. Este modelo mostró variables explicativas y algunas interacciones significativas que contribuyeron significativamente a explicar parte de la desviación. El factor más importante fue la zona de pesca que explicó el 85.92% del total de la variabilidad, seguido de la interacción año:zona y la variable año que explicaron el 3.09% y 1.68%, respectivamente (Tabla 4). Las variables explicativas que no fueron significativas en el modelo son: la anomalía de CI-*a*, la TSM y la interacción mes:zona.

Tabla 4. Variables explicativas y porcentaje de la devianza explicada por el modelo lineal generalizado para la cojinuda (*Caranx crysos*).

Distribución Gaussiana y función de enlace Log para la captura de Cojinuda						
	Devianza	gl	Devianza residual	F	<i>p</i>	Devianza explicada (%)
Intercepto			404333			
Año	6809	8	397525	9.5307	0.000	1.68
Mes	3759	11	393765	3.8273	0.000	0.93
Zona	347343	3	46422	1296.566	0.000	85.92
Anomalía de CI- <i>a</i>	13	1	46409	0.1457	0.702	0.00
TSM	484	2	45925	2.7089	0.068	0.12
TSM:Zona	1341	6	44584	2.5038	0.0219	0.33
Mes:Zona	1276	31	43308	0.4609	0.994	0.31
Año:Zona	12500	24	30808	5.8327	0.000	3.09
Devianza del modelo	373525					92.4

Los variables e interacciones son significativas a partir de un *p*: 0.05.



En términos espaciales la zona que registra la mayor captura es la zona IV que comprende desde el municipio de Sabancuy, Campeche hasta los límites con el estado de Yucatán; mientras que la zona con menor registro la conforma la zona I que abraza la parte norte de Veracruz (Fig. 47).

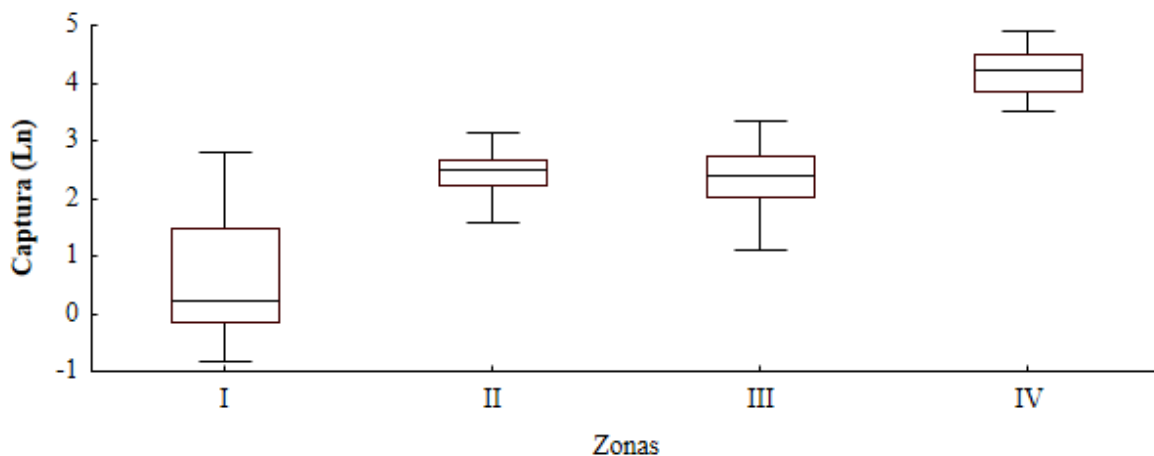


Figura 47. Logaritmo natural de la captura de cojinuda de la variable explicativa zona de pesca durante el periodo 2006-2014.

En términos temporales, el comportamiento interanual del logaritmo de captura resultó mantener una producción a la baja en todas las zonas de captura de cojinuda, con excepción de la zona IV cuyo comportamiento demostró un aumento en las capturas a partir del 2009 con una ligera disminución en el año 2011 (Fig. 48).

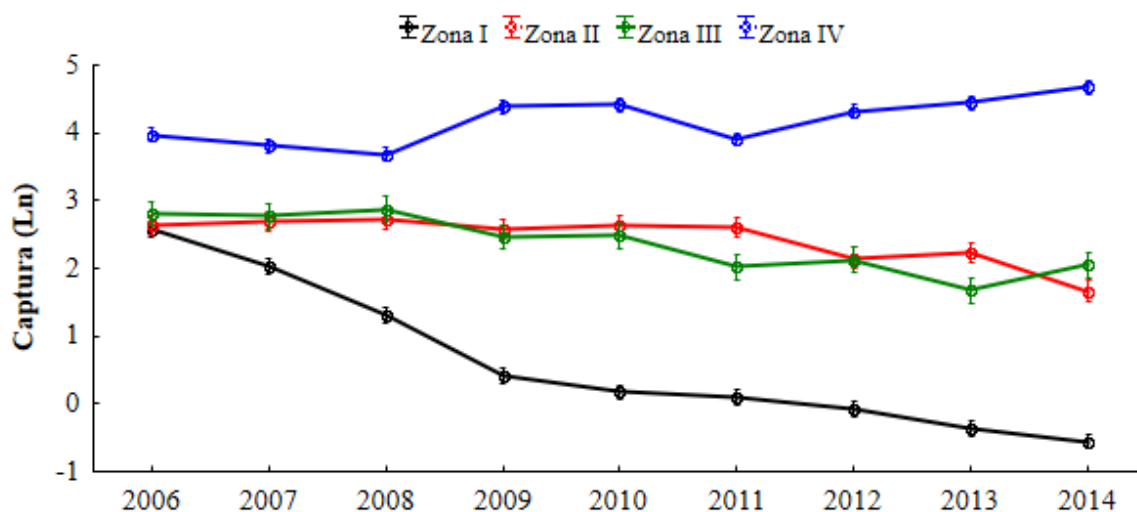


Figura 48. Logaritmo natural de la captura de cojinuda de la variable explicativa año durante el periodo 2006-2014.



A escala intermensual, el comportamiento logarítmico de captura de cojinuda presenta las mayores capturas en el primer semestre del año. Este comportamiento en las capturas da indicios de un desplazamiento de sur a norte en el primer semestre y un segundo desplazamiento de norte a sur en el segundo semestre del año (Fig. 49).

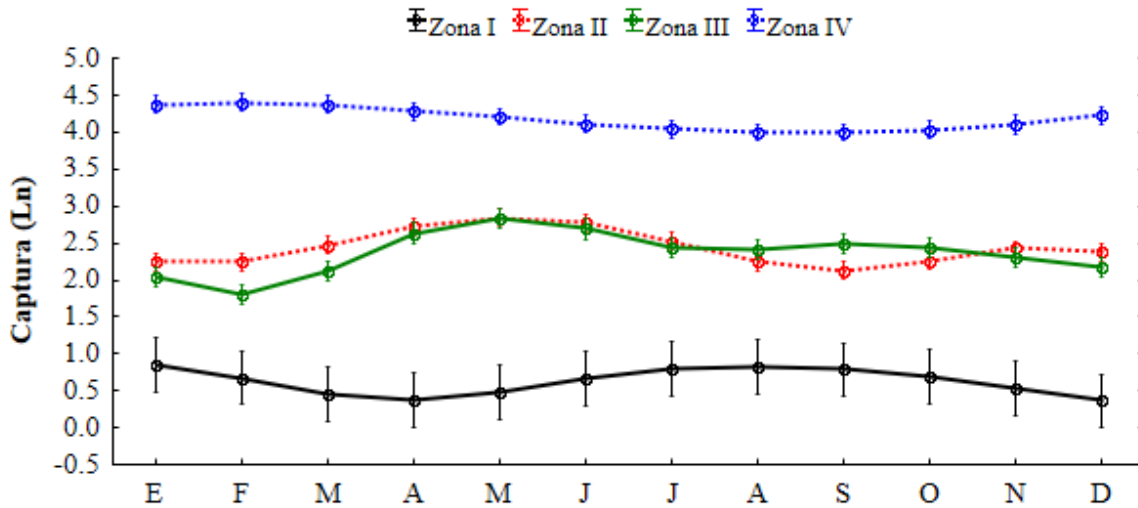


Figura 49. Logaritmo natural de la captura de cojinuda de la variable explicativa mes durante el periodo 2006-2014.

Las capturas de cojinuda en la zona I hasta la III fueron mayores en presencia de temperaturas cálidas, mientras que en la zona IV fueron mayores cuando las temperaturas son frías (Fig.50).

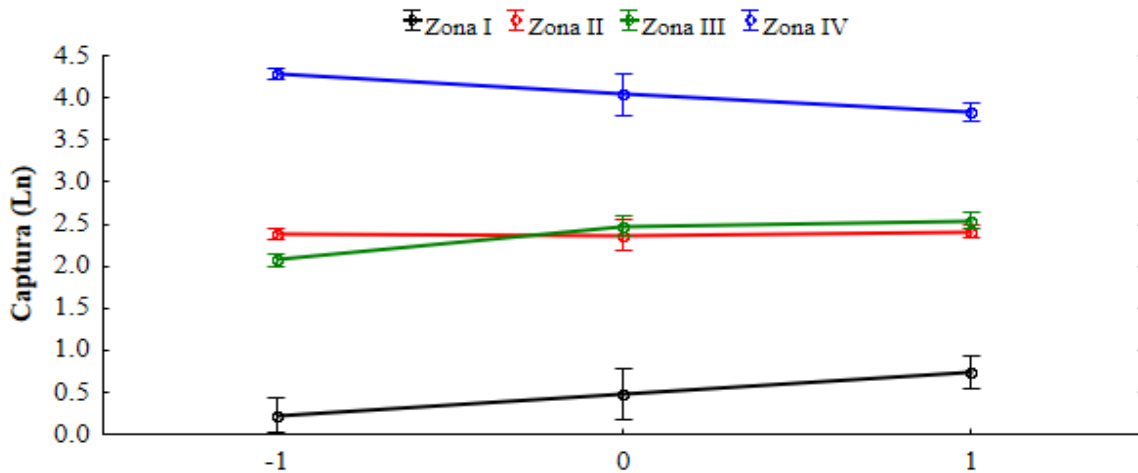


Figura 50. Captura de cojinuda por zona de pesca con relación a la temperatura -1 = temperaturas frías, 0 = temperaturas normales y 1 = temperaturas cálidas.



VII DISCUSIÓN

En este estudio, los resultados revelan que la variabilidad de la captura total de carángidos está determinada por factores espacio-temporales en el occidente del golfo de México (GdM). Además, proporcionamos evidencia de una asociación significativa e interacción con la variabilidad de la captura de carángidos y los cambios de la temperatura superficial del mar (TSM) y la concentración de clorofila-*a* (Cl-*a*).

7.1 Comportamiento de las capturas de jurel y cojinuda

Las zonas de pesca del jurel muestran tendencias crecientes en sus capturas, mientras que en las zonas de pesca de cojinuda la tendencia es opuesta, con excepción de la zona IV cuya tendencia exhibe un aumento gradual en el periodo estudiado (2006-2014). Las variables que mejor explicaron la dinámica de las capturas fueron la zona de pesca, año y mes.

La zonificación permitió detectar las áreas con mayor captura de estos carángidos en el GdM. Para el jurel, las zonas de pesca más relevantes son la zona II y III; mientras que para la cojinuda es la zona IV. Estas zonas con mayor captura de jurel y cojinuda pueden deberse al esfuerzo pesquero aplicado por la flota artesanal y/o su oferta-demanda del recurso. De acuerdo a INAPESCA (2017) el litoral veracruzano presenta la mayor producción de escama en la región sur del estado, con la participación del 22% de los pescadores, mientras que el litoral tabasqueño cuenta con más de 3 000 pescadores y 1 100 embarcaciones autorizadas para la captura de escama marina (SAGARPA, 2015) que contribuyen con el 19% de la captura de jurel en el GdM (Carta Nacional Pesquera, 2017) Por su parte, Campeche registra más de 12 000 pescadores y la mayor parte de su flota pesquera (95%) son embarcaciones menores; cuyo esfuerzo de pesca aporta aproximadamente el 42% de la producción de cojinuda en el GdM. Esto refleja la expectativa de encontrar altos rendimientos pesqueros en estas zonas.

Adicionalmente, las zonas con mayor producción parecen obedecer a características determinadas que se encuentran relacionadas con la región. Un ejemplo de esto, es la presencia de las mayores concentraciones de Cl-*a* en estas zonas, lo que indica una mayor productividad en esta región (Echeverri, 2015) y que está relacionado a procesos hidrográficos (giros ciclónicos, descarga de los ríos y mareas) que ocurren principalmente en la bahía de Campeche y la plataforma frente a los estados de Tabasco y Campeche (Padilla-



Pilotze *et al.*, 1990; Salas de León y Monreal-Gómez, 2005; Martínez-López y Zavala-Hidalgo, 2009). Esto, aunado al hecho de que en la bahía ocurren desoves de una amplia diversidad de especies de peces (Richards, 2006), permite suponer que el jurel y cojinuda recurren a estas zonas para alguna etapa de su reproducción.

Las variables mes y año son las segundas variables que mejor explican la variabilidad de la captura total del jurel y cojinuda, respectivamente. Estas capturas muestran una marcada periodicidad en la mayoría de las zonas de pesca, cuyos componentes oscilatorios reflejan la disponibilidad del recurso en la región. El componente oscilatorio más importante en las capturas de jurel (cojinuda) corresponde a una periodicidad de 12 (13-14) meses con las mayores capturas en la temporada de secas, con excepción de la zona IV que presenta las máximas capturas a finales de la temporada de nortes (enero-febrero) en ambas especies; seguido de componentes oscilatorios de menor magnitud que reflejan picos secundarios, pero recurrentes, de cuatro-seis (siete-ocho) meses. Por lo tanto, estos oscilatorios principales junto con las variables espacio-temporales demuestran un patrón de desplazamiento de estas especies en el área.

Según Allard *et al.* (2016) y del Monte-Luna *et al.* (2015), la TSM en el GdM está asociado a un gradiente latitudinal en el que las áreas del sur son más cálidas y las del norte son progresivamente más frías, cuyo efecto es más notable en invierno. Con este sentido, inferimos que cuando se presentan las máximas capturas en la temporada de nortes (zona IV), estas especies de carángidos se desplazan a las zonas más “sureñas” para evitar temperaturas más bajas de las zonas “norteñas”; y posteriormente vuelven a desplazarse más al norte cuando la temperatura es más cálida (temporada de secas). Este patrón de desplazamiento sugiere que el jurel y cojinuda buscan sus preferencias térmicas (Kennedy *et al.*, 2002), que de acuerdo a otras especies de la familia Carangidae esta tolerancia ronda de 17-33°C (Wigger, 2013; Kaschner *et al.*, 2016.); esto explicaría la variación de las mayores capturas relativo a la TSM en las zonas de pesca.

Estudios revelan que especies marinas, especialmente migratorias, presentan mayores capturas cuando son temporadas de desove o muestran valores relativamente altos del índice gonadosomático, cuya etapa marca el comienzo de su migración de reproducción (Serra y Tsukamaya, 1988; Carrera y Porteiro, 2003; Kotake *et al.*, 2005; Mourato *et al.*, 2014). En



tal sentido, los meses con mayor captura de jurel y cojinuda coinciden con los periodos de desove registrados para estas especies en diferentes áreas del Atlántico (Munro *et al.*, 1973; Frías, 1982; Goodwin y Finucane, 1985; Posada y Sandoval, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2008; Heyman y Kjerfve, 2008; Oliveira *et al.*, 2017). Estos desoves ocurren a lo largo y/o borde de la plataforma continental y a profundidades entre 5-7 m (Heyman y Kjerfve, 2008; Oliveira *et al.*, 2017).

Bajo este escenario, el patrón de desplazamiento que exhiben el jurel y la cojinuda podría atribuirse a una migración reproductiva. Habitualmente este tipo de migración en especies pelágicas ocurre por la respuesta de factores como la temperatura superficial y la localización de anomalías oceánicas como: sistemas frontales, convergencias, vórtices, termoclina, capa de mezcla (Martínez-Arroyo *et al.*, 2011), de manera que, el desplazamiento del jurel y cojinuda combinado con sus preferencias térmicas y la disponibilidad de alimento, probablemente modulen la ruta migratoria de estos carángidos, especialmente en las zonas II y III, cuyas máximas capturas coinciden con los mayores picos de desove (temporada de secas).

Resulta oportuno señalar que las migraciones del jurel y cojinuda en aguas mexicanas del GdM, han sido escasamente estudiadas, por lo que, el presente estudio demuestra patrones migratorios que representan las mejores suposiciones actualmente disponibles para estas especies y región; no obstante, este marco será probado y refinado a través de futuras investigaciones.

La Figura 51 ilustra la hipótesis más probable para la trayectoria de migración anual del jurel y cojinuda, Este patrón migratorio ocurre de sur a norte, es decir, las zonas “sureñas” más cálidas y con productividad alta (zona IV) hacia las zonas “norteñas” y cálidas en la temporada de secas (zona I), y posteriormente mostrarse una migración inversa. Esta trayectoria concuerda con la ruta migratoria de especies de *Caranx sp.* percibida por el conocimiento local de los pescadores en Brasil (Silvano *et al.*, 2006). Adicionalmente, Manjarrés *et al* (2007) reveló una migración de individuos inmaduros y medianos de la cojinuda que ocurre en dirección opuesta a la migración de desove. Esto último explicaría la periodicidad de los componentes oscilatorios de menor magnitud en la abundancia de estos carángidos sobre nuestra área de estudio, incluso, este evento podría aplicarse para el jurel.

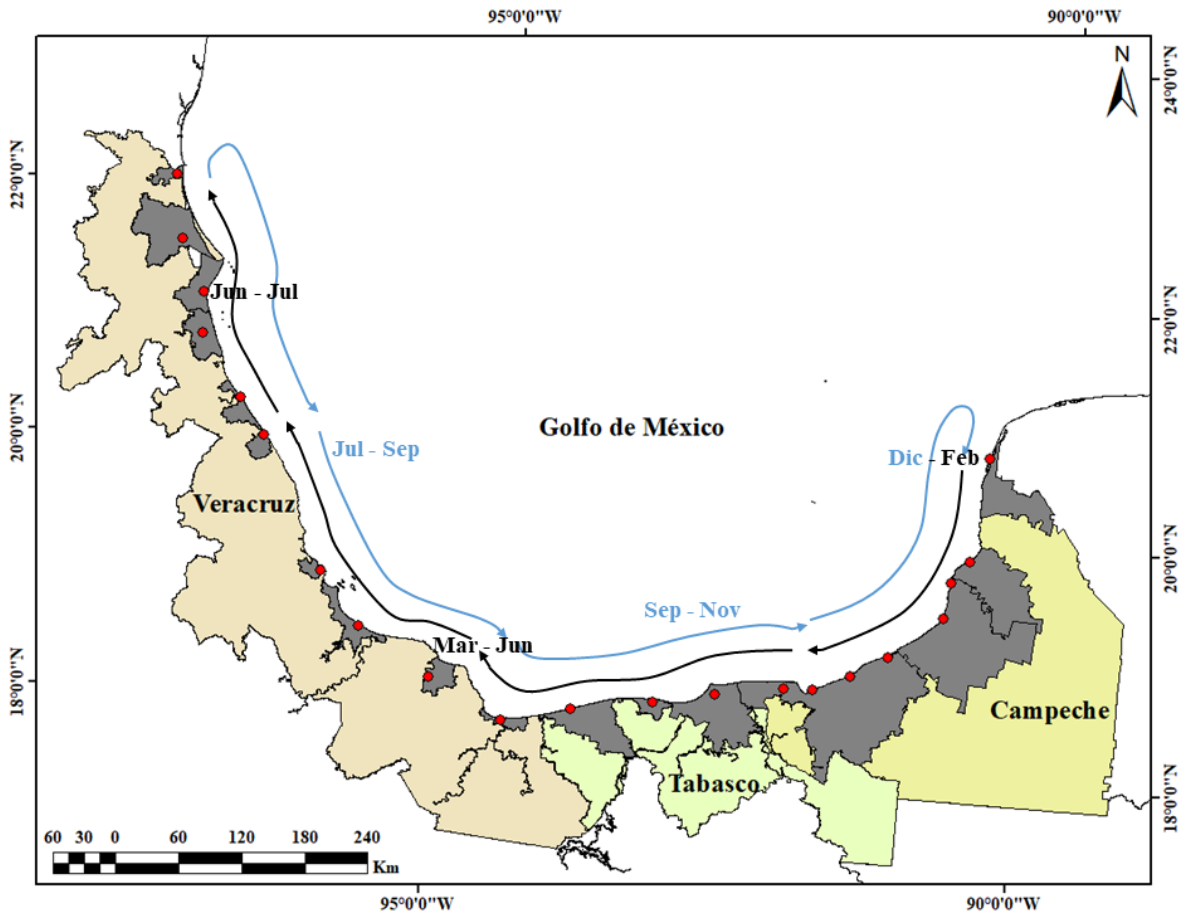


Fig. 51. Migración del jurel y cojinuda en el occidente del golfo de México.

Es importante señalar, que la información analizada procede de capturas oficiales. Aunque estas capturas registradas vienen con un sesgo producido por la captura no declarada, la selección de las artes y zonas de pesca (Maunder y Punt, 2004; Zeller y Pauly, 2005; Pauly y Zeller, 2016); constituyen un indicador relativo de la abundancia del recurso y en la mayoría de los casos la información es la única disponible (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011; Chrysafi y Kuparinen, 2016). Incluso si los datos disponibles son insuficientes, estos disponen de una distribución geográfica, temporal y de bajo costo.



7.2 Relación del componente pesquero y variables oceanográficas

Las correlaciones cruzadas entre los carángidos con la TSM mostraron una relación negativa con desfases de hasta cuatro meses en las zonas de pesca. Este desfase temporal de la TSM junto con las periodicidades de las capturas, permite un mejor entendimiento del desplazamiento que efectúan el jurel y cojinuda en las zonas de pesca; debido a esto, estas especies pueden encontrar condiciones favorables para cada etapa de su ciclo de vida (Chen *et al.*, 2005). Lo anterior es apoyado con el hecho de que ciertas especies pelágicas tienden a presentar diferentes preferencias en las condiciones ambientales y límites de supervivencia (Teixeira *et al.*, 2014; Leitão, 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos asumir que el jurel y la cojinuda, pueden tolerar cambios en la TSM. Esto es evidente al presentar las mayores capturas en presencia de diferentes temperaturas sobre las zonas de pesca (Fig. 46 y 50); no obstante, existe información que señala que las especies de carángidos pueden soportar temperaturas en un rango de 17-33°C (Wigger, 2013; Kaschner *et al.*, 2016.). En este estudio, los rangos de temperatura óptimos en la distribución del jurel y la cojinuda es de 22-29°C y 23-29°C, respectivamente.

Estos rangos de la TSM en las zonas de pesca se asemejan a lo expuesto por otros autores que registraron la presencia de larvas/juveniles del jurel, cojinuda y otras especies de carángidos sobre temperaturas que van de 22 a 34°C (McKenney *et al.*, 1958; Leak, 1981; Ditty *et al.*, 2004; Mohan *et al.*, 2017). De tal forma, que estos resultados sugieren que la migración por periodo reproductivo sea la probable causa del desplazamiento del jurel y cojinuda en el GdM.

Según Montolio (1978) la TSM entre 23-26°C dispara el periodo de desove en especies de la familia Carangidae. Dado que las máximas capturas se registran cuando la TSM promedio se encuentra entre: 25-27°C (jurel) y 24-29°C (cojinuda); este escenario explica por qué las capturas de estos carángidos se incrementan primero y después se produce un incremento de la TSM; con excepción de la zona IV que presenta una correlación con un mes de desfase, lo que implica que un aumento de la TSM disminuye la captura de estos carángidos e inversamente. Generalmente, la alta temperatura del agua después del desove favorece el desarrollo de los huevos y el crecimiento de estas especies (Leak, 1981; Mohan *et al.*, 2017);



sin embargo, la TSM no se relacionó significativamente con la captura de cojinuda en el MLG.

Las correlaciones cruzadas entra las capturas de carángidos y la *Cl-a* mostraron una relación inversa con los coeficientes más altos en cero y hasta cuatro meses de desfase. Esto indica que el jurel y la cojinuda no están asociados a los procesos de mayor productividad de esta variable; sin embargo, se ha demostrado que los procesos oceanográficos influyen en la producción de peces al controlar el suministro de nutrientes para la producción de presas para peces (Balston, 2007; Qiu *et al.*, 2010). En otras palabras, se requiere un tiempo de retraso que permite la transferencia de energía de *Cl-a* a los consumidores (Sartimbul *et al.*, 2010; Ebil, 2013). Este lapso en las áreas con abundantes recursos de peces podría considerarse como zonas de alimentación para peces pelágicos.

Para que este mecanismo influya en la distribución y abundancia de especies pelágicas, según Mourato *et al.* (2014), el fenómeno debe persistir lo suficiente como para dar paso a un incremento sobre la abundancia del necton. Esto puede ser explicado por el tiempo que requieren las floraciones de clorofila para convertirse en producción secundaria y en consumidores primarios, y estos últimos, sean adecuados para el forrajeo de las larvas y juveniles de pelágicos. Algunos autores señalan que es necesario, aproximadamente, tres meses o un año para transferir energía de *Cl-a* a las poblaciones de pelágicos intermedios y mayores, tales como pargos, meros, atunes y marlines (Marín-Enríquez, 2012; Ebil, 2013; Abad-Uribarren *et al.*, 2014); entre seis a nueve meses para poblaciones de zoobentónicos demersales (Ebil, 2013), y de tres a cuatro meses para pelágicos pequeños (Lumban *et al.*, 2004; Sartimbul *et al.*, 2010).

Cabe señalar, que esta asociación negativa no se cumple en todas las zonas de estudio, ya que la zona IV presenta una relación positiva y significativa con un desfase de hasta cuatro meses. Esto sugiere que aunque la *Cl-a* sea baja, el sistema es capaz de sustentar el aumento de las capturas de estos dos carángidos, debido a que presentan hábitos alimenticios generalistas, enfocados sobre todo a las especies más abundantes en el ecosistema (Kwei, 1978; Saloman y Naughton, 1984; Sley *et al.*, 2009; Keenan y Benfield, 2013; Dias, 2016); incluso, otros estudios han informado de variaciones estacionales y anuales en la dieta de varios depredadores, incluyendo otras especies de carángidos (Sánchez-García *et al.*, 2017).



Un mayor desarrollo de esta hipótesis requerirá la investigación de la dieta del jurel y cojinuda en sus diferentes etapas de vida y la abundancia de sus presas en el GdM.



VIII CONCLUSIONES

1. Las capturas de los recursos pesqueros (jurel y cojinuda) presentaron una estacionalidad, cuyos mayores volúmenes se logran en la temporada de secas (marzo-junio).
2. Las capturas de jurel y cojinuda están asociadas a una distribución espacial diferenciada: las mayores capturas de jurel abarcan la parte centro-sur del estado de Veracruz (Zona II) y el litoral del estado de Tabasco hasta la laguna de Términos (zona III), mientras que las mayores capturas de cojinuda constan desde el municipio de Sabancuy, Campeche hasta los límites con el estado de Yucatán.
3. A partir del análisis de espectro singular se identificó el patrón de migración del jurel y la cojinuda, que ocurre de sur (zona IV) a norte (zona I) y viceversa, mismo que supone una migración reproductiva.
4. La temperatura superficial del mar mostró un comportamiento estacional sobre las zonas de pesca de jurel y cojinuda: es más cálida en la temporada de lluvias (julio-octubre) y más fría en la temporada de nortes (diciembre-marzo), así como un comportamiento espacial que obedece gradientes latitudinales, donde las zonas de pesca del sur son cálidas haciéndose gradualmente más frías hacia el norte.
5. La concentración de clorofila *a* mostró una estacionalidad en la que los valores máximos se presentan en la temporada de lluvias (julio - octubre) y las mínimos en la temporada de secas (marzo - junio).
6. Las variables oceanográficas presentaron una correlación estadísticamente significativa con las capturas de jurel y cojinuda. La TSM presenta un desfase de hasta cuatro meses, mientras que la Cl-*a* presentan un desfase nulo o de hasta cuatro meses con respecto a las capturas.



IX RECOMENDACIONES

Continuar trabajando con las zonas de pesca de jurel y cojinuda y colaborar con las cooperativas pesqueras para establecer detalladamente dónde obtienen los pescadores su producto y conocer con mayor precisión la distribución y abundancia de las especies sometidas a captura comercial.

Continuar con el estudio de la dinámica poblacional de las especies utilizadas comercialmente, conocer otros procesos aditivos (crecimiento y reclutamiento) y sustractivos (mortalidad natural y por pesca) para series largas, para poder utilizar modelos de rendimiento, simulación y predicción de máximos sostenibles de capturas.

Realizar estudios que comprenden los hábitos alimenticios del jurel y cojinuda, la selección de presas y las posibles variaciones de la dieta por estación o temporadas (secas, lluvias y nortes), en la parte occidental del GdM.

Realizar estudios que conciernan la biología reproductiva del jurel y cojinuda en la parte occidental del golfo de México, para esclarecer el entendimiento de mecanismos que influyen en su comportamiento, subsistencia y migraciones.

Continuar con el análisis de percepción remota contemplando otras variables que involucren los procesos hidrodinámicos, meteorológicos e índices como la Oscilación del Atlántico Norte sobre las especies comercialmente importantes en el GdM.



X LITERATURA CITADA

- Abad-Uribarren, A. (2011). *Distribución y preferencias oceanográficas del atún aleta azul *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758) en el Golfo de México*. Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana.
- Abad-Uribarren, A., Meiners, C., Ramírez, L. K. y Ortega-García, S. (2014). Dinámica temporal de la captura incidental de atún aleta azul (*Thunnus Thynnus*) y su relación con la variabilidad ambiental en aguas mexicanas del golfo de México. *Collective Volume of Scientific Papers*, 70(2): 684-698.
- Agostini, V. y Bakun, A. (2002). 'Ocean triads' in the Mediterranean Sea: Physical mechanisms potentially structuring reproductive habitat suitability (with example application to *European anchovy, Engraulis encrasicolus*). *Fisheries Oceanography*, 11(3): 129-142.
- Aguirre, G. R. (2002). *Los mares mexicanos a través de la percepción remota III.1* (Primera edición). México.
- Alfaro-Martínez, S., Bustos-Montes, D., Salas-Castro, S., Gómez-León, J. y Rueda, M. (2016). Fecundidad del jurel aleta amarilla, *Caranx hippos* (Linnaeus) en el Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 45(1): 123-134.
- Allard, J., Clarke III, J. V. y Keim, B. D. (2016). Spatial and temporal patterns of In situ sea surface temperatures within the Gulf of Mexico from 1901-2010. *American Journal of Climate Change*, 5: 314-343.
- Arreguín-Sánchez, F. y Arcos-Huitrón, E. (2011). La pesca en México: estado de la explotación y uso de los ecosistemas. *Hidrobiológica*, 21(3): 431-462.
- Balston, J. M. (2007). *An examination of the impacts of climate variability and climate change on the wild barramundi (*Lates calcarifer*): A tropical estuarine fishery of north-eastern Queensland, Australia*. Tesis de Doctrado. Universidad de James Cook. Australia.
- Baptista, V., Campos, C. J. A. y Leitão, F. (2016). The Influence of Environmental Factors and Fishing Pressure on Catch Rates of *Diplodus vulgaris*. *Estuaries and Coasts*, 39(1): 258-272.
- Barba, M. E. y Juárez, F. J. (2017). Las delicias de la pesca. *Eco Fronteras*, 21(60): 13-15.
- Biggs, D. (1992). Nutrients, plankton, and productivity in a warm-core ring in the western



-
- Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 97: 2143-2154.
- Brown, H., Benfield, M. C., Keenan, S. F. y Powers, S. P. (2010). Movement patterns and home ranges of a pelagic carangid fish, *Caranx crysos*, around a petroleum platform complex. *Marine Ecology Progress Series*, 403: 205-218.
- Butler, M. J. A.; Mouchot, M. C.; Barale, V. y LeBlanc, C. (1988). The application of remote sensing technology to marine fisheries: an introductory manual. FAO Fisheries Technical Paper No. 295. 165p.
- Caiafa, I., Narváez, J. y Borrero, S. (2011). Some aspects of the population dynamics of the crevalle jack *Caranx hippos* (Pisces: Carangidae) in Bocas de Ceniza, colombian Caribbean. *MVZ Córdoba*, 16(1): 2324-2335.
- Camacho-Pacheco, A. V. (2015). *Evaluación de la respuesta de las poblaciones sujetas a pesca ante las condiciones ambientales en el alto golfo de California*. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.
- Carta Nacional Pesquera. (2012). Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. INAPESCA.
- Carta Nacional Pesquera. (2017). Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación. INAPESCA.
- Carrera, P. y Porteiro, C. (2003). Stock dynamics of the Iberian sardine (*Sardina pilchardus*) and its implication on the fishery off Galicia (NW Spain). *Scientia Marina*, 67(1): 245-258.
- Chassot, E.; Mélin, F.; Le Pape, O. y Gascuel, D. (2007). Bottom-up control regulates fisheries production at the scale of eco-regions in European seas. *Marine Ecology Progress Series*, 343: 45-55.
- Chen, I., Lee, P. y Wann-Nian, T. (2005). Distribution of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Indian Ocean and its relation to environmental factors. *Fisheries Oceanography*, 14(1): 71-80.
- Chrisafi, A. y Kuparinen, A. (2015). Assessing abundance of populations with limited data: Lessons learned from data-poor fisheries stock assessment. *Environmental Reviews*, 24(1): 25-38.
- Dall'Olmo, G., Gitelson, A. A., Rundquist, D. C., Leavitt, B., Barrow, T. y Holz, J. C. (2005). SeaWiFS and MODIS for estimating chlorophyll concentration in turbid productive
-



- waters using red and near-infrared bands. *Remote Sensing & Environment*, 96: 176-187.
- Diankha, O., Sow, B. A., Thiaw, M. y Thierno, G. A. (2013). Seasonal variability of sea surface temperature, chlorophyll-*a* and *Ethmalosa fimbriata* abundance off the coast of Senegal. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 13(4): 491-497.
- Dias, E. (2016). *Caracterização da Comunidade de Pequenos Peixes Pelágicos e da Dieta do Predador, Caranx hippos, no Parque Nacional Marinho João Vieira Poilão, Guiné-Bissau*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad de Lisboa.
- Ditty, J. G., Shaw, R. F. y Cope, J. S. (2004). Distribution of carangid larvae (Teleostei: Carangidae) and concentrations of zooplankton in the northern Gulf of Mexico, with illustrations of early *Hemicaranx amblyrhynchus* and *Caranx sp.* larvae. *Marine Biology*, 145(5): 1001-1014.
- Duarte, M. R., Tubino, R. A., Monteiro-Neto, C., Martins, R. R. M., Vieira, F. C., Andrade-Tubino, M. F. y Silva, E. P. (2017). Genetic and morphometric evidence that the jacks (Carangidae) fished off the coast of Rio de Janeiro (Brazil) comprise four different species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 71: 78-86.
- Dubranna, J., Pérez-Brunius, P., López, M. y Candela, J. (2011). Circulation over the continental shelf of the western and southwestern Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 116(8): C08009.
- Dunn, D. C., Moxley, J. H. y Halpin, P. N. (2016). Temperature-based targeting in a multispecies fishery under climate change. *Fisheries Oceanography*, 25(2), 105-118.
- Ebil, S. (2013). *Assessment of demersal fishery resources in Brunei Darussalam*. Tesis de Doctorado. Universidad de Warwick. Reino Unido.
- Echeverri, G. L. P. (2015). *Variación de las asociaciones de larvas de peces en relación a estructuras de mesoescala en la región de aguas profundas del golfo de México*. Tesis de Maestría. CICESE. Ensenada. Baja California.
- Espíndola, F., Quiroz, J. C., Wiff, R. y Yáñez, E. (2016). Incorporating sea surface temperature into the stock-recruitment relationship: Applications to jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(1): 137-145.
- Frías, M. P. (1982). Distribución de las larvas de la familia Carangidae en la zona económica de Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 7(3).
- Froese, R. y Pauly, D. (2014). Fishbase. <http://fishbase.org/> Consultado el 30 de septiembre



de 2016.

- Gallegos, A. (1996). Descriptive Physical Oceanography of the Caribbean Sea. *Coastal and Estuarine Studies*, 51: 36-55.
- Golyandina, N., Nekrutkin, V. y Zhigljavsky. (2001). *A Analysis of Time Series Structure: SSA and Related Techniques*. Chapman & Halld. London.
- Golyandina, N., Korobeynikov, A., Shlemov, A. y Usevich, K. (2015). Multivariate and 2D Extensions of Singular Spectrum Analysis with the Rssa Package. *Journal of Statistical Software*, 67(2): 1-78.
- Goodwin, J. y Finucane, J. (1985). Reproductive Biology of the blue runner (*Caranx crysos*) from eastern Gulf of Mexico. *Northeast Gulf Science*, 7(2): 139-146.
- Goodwin, J. M. y Johnson, A. G. (1986). Age, growth, and mortality of blue runner, *Caranx crysos* from the northern Gulf of Mexico. *Northeast Gulf Science*, 7(2): 107-114.
- Gordoa, A.; Maso, M. y Voges, L. (2000). Satellites and fisheries: The Namibian hake, a case study. En: D. Halpern (Ed.), *Satellites, Oceanography and Society*, pp 193-205.
- Guevara-Rascado, M. de L. y Sánchez-Regalado, R. (2001). Distribución, abundancia, biomasa reproductora y rendimiento potencial de dos especies de carángidos en la Zona Económica Exclusiva mexicana del Golfo de México, 1990. *Ciencia Pesquera*, 15: 105-112.
- Gunn. J. (1990). A revision of selected genera of the family Carangidae (Pisces) from Australian waters. *Records of the Australian Museum, Supplement*, 12: 1-77
- Gutiérrez, A., Alvarez, A., Frías, P. y Alfonso, I. (2008). The effects of ENOS on the sea superficial temperature and the abundance of larvae of fish in the oceanic waters of Cuba. En A. V. Volpedo y L. Fernández (Eds.), *Efecto de los cambios globales sobre la biodiversidad* (pp. 978–987). España: Red CYTED-Red.
- Hassani, H. (2007). Singular Spectrum Analysis: Methodology and Comparison. *Journal of Data Science*, 5: 239-257.
- Hernandez, V. L. (2000). *Exploring the Gulf of Mexico as a Large Marine Ecosystem through a stratified spatial model*. Tesis de Maestría. The University of British Columbia. Canada.
- Heyman, W. D. y Kjerfve, B. (2008). Coral reef paper characterization of transient multi species reef fish spawning aggregations at Gladden Spit, Belize. *Bulletin of Marine*



Science, 83(3): 531-551.

- Iglesias, I., Lorenzo, M. N. y Gómez-Gesteira, M. (2010). La temperatura superficial del mar como herramienta de predicción climática. *ACT*, 1: 95-108.
- INAPESCA. (2017). La pesca ribereña de escama en el litoral veracruzano. <https://www.gob.mx/inapesca/articulos/la-pesca-riberena-de-escama-marina-en-el-litoral-veracruzano?idiom=es>. Consultado el 10 de julio de 2017.
- Jiménez-Badillo, M., Pérez-España, H., Vargas-Hernández, J., Cortés-Salinas, J. y Flores-Pineda, P. (2006). Catálogo de especies y artes de pesca artesanal del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Veracruzana. 189 pp.
- Jordán-Dahlgren, E. (2004). Coral reefs of the Gulf of Mexico: characterization and diagnosis. En: Withers K, Nipper M (Eds.). *Environmental analysis of the Gulf of Mexico*. Corpus Christi, TX: Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies. p. 340-350.
- Kennedy, V. S., Twilley, R. R., Kleypas, J. A., Cowan, J. H. y Hare, S. R. (2002). Coastal and Marine Ecosystems and Global Climate Change: Potential Effects on U.S. Resources. Report, U.S. Pew Center on Global Climate Change, 52 pp.
- Kishore, R. y Solomon, F. (2005). Age and growth studies of *Caranx hippos* (Crevalle Jack) from Trinidad using hard-parts. *Gulf & Caribbean Research*, 56: 227-239.
- Kotake, A., Okamura, A., Yamada, Y., Utoh, T., Arai, T., Miller, M. J., Oka, H. P. y Tsukamoto, K. (2005). Seasonal variation in the migratory history of the Japanese eel *Anguilla japonica* in Mikawa Bay, Japan. *Marine Ecology Progress Series*, 293: 213-221.
- Kwei, E. (1978). Food and spawning activity of *Caranx hippos* off the coast of Ghana. *Journal of Natural History*, 12(2), 195-215.
- Lawson, E. O., Doseku, P. A., Ajepe, R. G. y Adetiloye, R. O. (2013). Some Biological Aspects of Crevalle Jack, *Caranx hippos* (Linnaeus, 1766) from Majidun Creek, Lagos, Nigeria. *European Journal of Biological Sciences*, 5(3): 90-98.
- Leak, J. C. (1981). Distribution and abundance of Carangid fish larvae in the Eastern Gulf of Mexico, 1971-1974. *Biological Oceanography*, 1(1): 1-28.
- Leitão, F. (2015). Time series analyses reveal environmental and fisheries controls on Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus*) catch rates. *Continental Shelf Research*,



1-11.

- Liddell, W. D. (2007). Origin and Geology. En: Tunnell, Jr J. W.; Chavez, E. A. y Withers, K. (Eds) *Coral Reefs of the Southern Gulf of Mexico*. Texas A&M University Press, College Station, 23-33 pp.
- Lumban-Gaol, J., Wudianto, Pasaribu, B. P., Manurung, D. y Endriani, R. (2004). The fluctuation of chlorophyll-*a* concentration derived from satellite imagery and catch of oily sardine (*sardinella lemuru*) in Bali Strait. *Remote Sensing and Earth Sciences*, 1(1): 24-30.
- Manjarrés, M. L. M., Sánchez, S., Duarte, L. y Cuello, F., (2007). Conocimiento ecológico tradicional y su utilidad para el manejo en las áreas protegidas. En: Manjarrés, L. (Ed.), *Caracterización participativa de las pesquerías de pequeña escala de las áreas protegidas de la Territorial Caribe*. Unimagdalena, Santa Marta, 45-81 pp.
- Manzano-Sarabia, M. M. y Salinas-Zavala, C. A. (2008). Variabilidad estacional e interanual de la concentración de clorofila-*a* y temperatura superficial del mar en la región occidental del Golfo de México; 1996-2007. *Interciencia*, 33(9): 628-634.
- Marín-Enríquez, E. (2012). *Variabilidad de las tasas de captura de marlin azul Makaira nigricans (Lacepède, 1802) en la entrada del golfo de California, y su relación con algunas variables oceanográficas*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. Baja California Sur.
- Martínez-Arroyo, A., Manzanilla-Naim, S. y Zavala-Hidalgo, J. (2011). Vulnerability to climate change of marine and coastal fisheries in México. *Atmósfera*, 24(1): 103-123.
- Martínez-López, B. y Parés-Sierra, A. (1998). Circulación del golfo de México inducida por mareas, viento y la corriente de Yucatán. *Ciencias Marinas*, 24(1): 65-93.
- Martínez-López, B., Zavala-Hidalgo, J. (2009) Seasonal and interannual variability of cross-shelf transports of chlorophyll in the Gulf of Mexico. *Journal Marine Systems*, 77:1-20.
- Maunder, M. N. y Punt, A. E. (2004). Standardizing catch and effort data: A review of recent approaches. *Fisheries Research*, 70, 141–159.
- Mc Cullagh, P. y Nelder, J. A. (1989). *Generalized linear models*. Chapman & Hall, New York, 511 pp.
- McKenney, T. W., Alexander, E. C. y Voss, G. L. (1958). Early development and larval distribution of the Carangid Fish, *Caranx crysos* (Mitchill). *Bulletin of Marine Science*,



8(207): 167–200.

- Ming-Chih, W., Walker, W. A., Kwang-Tsao S. y Lien-Siang C. (2003). Feeding habits of the pantropical spotted dolphin, *Stenella attenuata*, off the Eastern coast of Taiwan. *Zoological studies*, 42(2): 368-378.
- Mendoza, M. y Ortiz, P. M. A. (2000). Caracterización geomorfológica del talud y la plataforma continentales de Campeche-Yucatán, México. *Investigaciones Geográficas*, 43: 7-31.
- Mohan, J. A., Sutton, T. T., Cook, A. B., Boswell, K. M. y David Wells, R. J. (2017). Influence of oceanographic conditions on abundance and distribution of post-larval and juvenile carangid fishes in the northern Gulf of Mexico. *Fisheries Oceanography*, 1–16.
- Monreal-Gómez, M. A. y D. A. Salas de León. (1990). Simulación de la circulación en la Bahía de Campeche. *Geofísica Internacional*, 29: 101-111.
- Monreal-Gómez, M. A., Salas-de-León, D. A. y Velasco-Mendoza, H. (2004). La hidrodinámica del Golfo de México. En: Caso, M., Pisanty, I. y Ezcurra, E. (Eds) *Diagnostico ambiental del Golfo de México, vol 1*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México, 47–68 pp.
- Monreal-Gómez, M. A., Salas de León, D. A. y Gracia-Gasca, A. (2004). Golfo de México, circulación y productividad. *Ciencias*, 76: 24–33.
- Monte-Luna, P., Villalobos, H. y Arreguín-Sánchez, F. (2015). Variability of sea surface temperature in the southwestern Gulf of Mexico. *Continental Shelf Research*, 102: 73-79.
- Montolio, M. (1978). Algunos aspectos sobre el desove y las concentraciones larvarias de las especies de la familia Carangidae en el mar Caribe. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 3(3): 29–49.
- Mourato, B. L., Hazin, F., Bigelow, K., Musyl, M., Carvalho, F. y Hazin, H. (2014). Spatio-temporal trends of sailfish, *Istiophorus platypterus* catch rates in relation to spawning ground and environmental factors in the equatorial and southwestern Atlantic Ocean. *Fisheries Oceanography*, 23(1), 32–44.
- Munro, J. L., Guat, V. C., Thompson, R. y Reeson, P. H. (1973). The spawning seasons of the Caribbean reef fishes. *Journal of Fish Biology*, 5: 69-84.



-
- Nieto, K. 1999. *Determinación de zonas probables de pesca de pez espada (Xiphias gladius) en Chile central, a través de imágenes de temperatura superficial del mar de satélites NOAA*. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias del Mar. Valparaíso.
- Oey, L.Y., Ezer, T. y Lee, H.C. (2013) Loop Current, Rings and Related Circulation in the Gulf of Mexico: A Review of Numerical Models and Future Challenges, En: Sturges, W y Lugo-Fernandez, A. (Eds.). *Circulation in the Gulf of Mexico: Observations and Models*. American Geophysical Union. Washington, D. C.
- Oliveira, M. R., Nóbrega, M. F., Oliveira, J. E. L. y Chellappa, S. (2017). Reproductive Biology of Blue runner, *Caranx crysos* (Mitchell, 1815) From the Coastal Waters of Rio Grande do Norte, Brazil (Southwest Atlantic Ocean). *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, 5(6).
- Ortiz-Lozano, L., Pérez-España, H., Granados-Barba, A., González-Gandara, C., Gutiérrez-Velázquez, A. y Martos, J. (2013). The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation. *Ocean & Coastal Management*, 86: 22-32.
- Padilla-Pilotze, A. R., Salas de León, D. A. y Monreal-Gómez, M. A. (1990). Evidencia de un giro ciclónico en la Bahía de Campeche. *Ciencias Marinas*, 16(3): 1-14.
- Pauly, D. y Zeller, D. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications*, 7: 10244.
- Pereiro, A. Y., y Frías, F. M. (2005). Abundancia de larvas de peces de las familias Carangidae y Thunnidae, al sur de Cuba en 2005. Comportamiento de la temperatura superficial del mar. *Scientia*, 1–6.
- Pérez-Arvizu, E. M., Aragón-Noriega, E. A. y Espinosa-Carreón, T. L. (2013). Variabilidad estacional de la clorofila-*a* y su respuesta a condiciones El Niño y La Niña en el Norte del Golfo de California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(1): 131–141.
- Piña-Espallargas, R. (2005). *La pesquería de especies marinas con fines de ornato en México. El Parque Marino de Loreto, B.C.S., como estudio de caso*. Instituto Politécnico Nacional.
- Pitchaikani, J. S. y Lipton, A. P. (2012). Impact of environment variables on pelagic fish landings: Special emphasis on Indian oil sardine off Tiruchendur coast, Gulf of Mannar. *Journal of Oceanography and Marine Science*, 3(3): 56–67.
-



-
- Polukoshko, S. y Hofmanis, J. (2009). Use of "CATERPILLAR" - SSA method for analysis and forecasting of industrial and economic indicators. *Environment Technology Resources*, 11: 241-248.
- Posada, A. M. y Sandoval, C. (2007). *Algunos aspectos de la biología reproductiva del jurel, Caranx hippos (Linneo, 1766) (Pisces: Carangidae) en Bocas de Ceniza - departamento del Atlántico Caribe colombiano*. Tesis de Licenciatura. Universidad del Atlántico Campus Barranquilla. 80 p.
- Qiu, Y., Lin, Z. y Wang, Y. (2010). Responses of fish production to fishing and climate variability in the northern South China Sea. *Progress in Oceanography*, 85: 197-212.
- Quiroga-Brahms, C., Valdez-Guzmán, A., Hernández-Tabares, I., García-Gómez, M. y Guzmán-Amaya, P. (2002). Peces ribereños. En: Guzmán-Amaya, P., C. Quiroga-Brahms, C. Díaz-Luna, D. Fuentes-Castellano, C.M. Contreras y G. Silva-López (Eds.). *La Pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo*. (pp. 434). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de la Pesca. Universidad Veracruzana. México.
- Quiroga-Brahms, C. (2012). *Variación espacio temporal de la distribución y abundancia relativa de pelagicos mayores, obtenidos por la pesquería palangrera mexicana de atún en el golfo de México: 2003-2008*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Randall J. E. (1967) Food habits of reef fishes of the West Indies. *Studies of Tropic Oceanographic Miami*, 5: 665–847.
- Reyes, S. C., Martínez, P. J. A. y Del Moral, F. L. J. (2011). Description of Sagittae Otolith of species of the family Carangidae (Perciformes: Actinopterygii) off the central coast of Veracruz state, Mexico. *BIOCYT*, 4(15): 265–284.
- Rezende, D. M., Almeida, T. R., Monteiro-Neto, C., Rennó, M. M. R., Carolina, V. F., Andrade-Tubino, M. F. y Pereira, S. E. (2017). Genetic and morphometric evidence that the jacks (Carangidae) fished off the coast of Rio de Janeiro (Brazil) comprise four different species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 71: 78-86.
- Richards, W. J. (2006). *Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western Central North Atlantic*. Boca Raton, CRC Press.
- Rodhouse, P. G., Elvidge, C. D. y Trathan, P. N. (2001). Remote sensing of the global light-



- fishing fleet: an analysis of interactions with oceanography, other fisheries and predators. *Advances in Marine Biology*, 39: 261–303.
- SAGARPA. (2013). Crea INAPESCA Sistema de Información Geográfica para el aprovechamiento sustentable de las pesquerías en el Golfo de México. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B450.aspx>. Consultado el 30 de septiembre de 2016.
- SAGARPA. (2015). Caracterización de la pesca en la costa de Tabasco.
- Salas de León, D. A. y Monreal, G. M. A. (2005). Procesos físicos que influyen en la productividad biológica de los mares mexicanos. *Ciencia*, 49-59.
- Salas de León, D. A., Monreal-Gómez, M. A., Díaz-Flores, M. A., Salas-Monreal, D., Velasco-Mendoza, H., Riverón-Enzástiga, M. L. y Ortiz-Zamora G. (2008) Role of near-bottom currents in the distribution of sediments within the Southern Bay of Campeche, Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research*, 24(6): 1487-1494.
- Salas-Monreal, D., Salas de León, D. A., Monreal-Gómez, M. A., y Riverón-Enzástiga, M. L. (2009). Current rectification in a tropical coral reef system. *Coral Reefs*, 28: 871-879.
- Salas-Monreal, D. Salas-Pérez, J. J., Salas de León, D. A., Monreal-Gómez, M. A., Pérez-España, H., Ortiz-Lozano, D. L., Granados-Barba, A., Riverón-Enzástiga, M. L. y Villegas-Sánchez, C. A. Corrientes superficiales dentro del corredor arrecifal del Suroeste del Golfo de México. *UVserva*, 3: 32-36.
- Salmerón-García, O., Zavala-Hidalgo, J., Mateos-Jasso, A. y Romero-Centeno, R. (2011). Regionalization of the Gulf of Mexico from space-time chlorophyll-*a* concentration variability. *Ocean Dynamics*, 61(4): 439-448.
- Saloman, C. H. y Naughton, S. P. (1984). Food of Crevalle Jack (*Caranx hippos*) from Florida, Louisiana and Texas. National Oceanic and Atmospheric Administration. Florida.
- Sánchez-García, C., Escobar-Sánchez, O., Valdez-Pineda, M. C., Ramírez-Pérez, J. S., Morán-Angulo, R. E. y Moreno-Sánchez, X. G. (2017). Selective predation by crevalle jack *Caranx caninus* on engraulid fishes in the SE Gulf of California, Mexico. *Environmental Biology of Fishes*, 100(8): 899-912.
- Sánchez-Gil, P., Yáñez-Arancibia, A. y Amezcua-Linares, F. (1981). Diversidad,



- distribución abundancia de las especies y poblaciones de peces demersales de la Sonda de Campeche (Verano 1978). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 8(1): 209-240.
- Sánchez-Gil, P., Yáñez-Arancibia, A., Ramírez-Gordillo, J., Day, J. W. y Templet, P. H. (2004). Some socio-economic indicators in the Mexican states of the Gulf of Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 47: 581-596.
- Sartimbul, A., Nakata, H., Rohadi, E., Yusuf, B. y Kadarisman, H. P. (2010). Variations in chlorophyll-a concentration and the impact on *Sardinella lemuru* catches in Bali Strait, Indonesia. *Progress in Oceanography*, 87: 168-174.
- Sazima, I. (1986). Similarities in feeding behaviour between some marine and freshwater fishes in two tropical communities. *Journal of Fish Biology*, 29: 53-65.
- Selvaraj, J. J., Rajasekharan, M. y Guzman-Alvis, A. I. (2009). Applications of Geographic Information System and Remote Sensing in marine fisheries management and challenges for its development in Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 38(1): 105-120.
- Serra, R. y Tsukamaya, I. (1988). Sinopsis de datos biológicos y pesqueros de la sardina, *Sardinops sagax* en el Pacífico suroriental. *FAO Sinop. Pesca*, 1:60.
- Silvano, R. A. M., MacCord, P. F. L., Lima, R. V. y Begossi, A. (2006). When does this fish spawn? Fishermen's local knowledge of migration and reproduction of Brazilian coastal fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 76(2-4): 371-386.
- Sley, A., Jarboui, O., Ghorbel, M. y Bouain, A. (2009). Food and feeding habits of *Caranx crysos* from the Gulf of Gabes (Tunisia). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(7): 1375-1380.
- Sley, A., Jarboui, O., Ghorbel, M. y Bouain, A. (2012). Annual reproductive cycle, spawning periodicity and sexual maturity of blue runner *Caranx crysos* (Pisces, Carangidae) from the Gulf of Gabes (Tunisia, Eastern Mediterranean). *Journal of Applied Ichthyology*, 28(5): 785-790.
- Solanki, H. U., Dwivedi, R. M., Nayak, S. R., Somvanshi, V. S., Gulati, D. K. y Pattnayak, S. K. (2003). Fishery forecast using OCM chlorophyll concentration and AVHRR SST: validation results off Gujarat Coast, India. *International Journal of Remote Sensing*, 24: 3691-3699.



- Teixeira, C. M., Gamito, R., Leitao, F., Murta, A. G., Cabral, H. N., Erzini, K. y Costa, M. J. (2016). Environmental influence on commercial fishery landings of small pelagic fish in Portugal. *Regional Environmental Change*, 16(3): 709-716.
- Torres-Orozco, R. E. y Pérez-Hernández, M. A. (2009). Riqueza y regionalización de los peces de México. *Ciencia*, 60(3): 44-53.
- Trocchi-Ghinaglia, L., Herrera-Silveira, J. A. y Comín, F. A. (2004). Structural variations of phytoplankton in the coastal areas of Yucatán, México. *Hydrobiologia*, 519: 85-102.
- Tume, J. y Marcial, R. (2013). SIG, Teledetección y modelos basados en variables oceanográficas aplicados a la pesquería de la Pota (*Dosidicus gigas*) en Paita, 2010-2011. *Ciencia y Desarrollo*, 16(2): 25-39.
- Vautard, R., Yiou, P. y Ghil, M. (1992). Singular-spectrum analysis: A toolkit for short, noisy chaotic signals. *Physica D*, 58(1-4), 95-126.
- Vázquez, H. M., Manzano Sarabia, M. y Ortega Rubio, Al. (2011). Relación entre las capturas de *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae) y la temperatura superficial del mar en la Bahía de la Paz , Baja California Sur , México. *Revista de Biología Tropical*, 59(1): 151-157.
- Venables, W. N. y Dichmont, C.M. (2004) GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory and applications in fisheries research. *Fisheries Research*, 70: 319-337.
- Wakida-Kusunoki, A. T. y Caballero-Chávez, V. (2009). Efectos del derrame de hidrocarburos del pozo Kab sobre la pesca ribereña en el litoral de Campeche y Tabasco , México. *Ciencia Pesquera*, 17(1): 65-73.
- Wigger, R. (2013). *Creville Jack*. *Florida Museum of Natural History*.
- Wiseman Jr, W. J. y Sturges, W. (1999). Physical oceanography of the Gulf of Mexico: Processes that regulate its biology. En: Kumpf, H., Steidinger, K., Sherman, K. (Eds.), *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem*. Blackwell Science, Malden, 77-92 pp.
- Yáñez-Arancibia, A. y Sánchez-Gil, P. (1985). Los peces demersales de la plataforma continental del sur del golfo de México. 1. Caracterización ambiental, ecología y evaluación de las especies, poblaciones y comunidades. *Publicaciones especiales Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*.
- Yañez, R. E., Silva, G. C., Barbieri, B. M. A. y Nieto, S. K. (1996). Artisanal swordfish fishery and sea surface temperatures from NOAA satellites in central Chile.



Investigaciones Marinas, 24: 131-144.

Youssef, M. O., Laurent, M y Xavier, C. (2016). Statistical analysis of sea surface temperature and chlorophyll-*a* concentration patterns in the Gulf of Tadjourah (Djibouti). *Journal of Marine Science: Research & Development*, 6(2).

Zainuddin, M.; Saitoh, K. y Saitoh, S. (2004). Detection of potential fishing ground for albacore tuna using synoptic measurements of ocean color and thermal remote sensing in the northwestern North Pacific. *Geophysical Research Letters*, 31(20): L20311.

Zavala-Hidalgo, J., Morey, S. L. y O'Brien, J. J. (2003). Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 108(C12): 3389.

Zeller, D. y Pauly, D. (2005). Good news, bad news: global fisheries discards are declining, but so are total catches. *Fish and Fisheries*, 6: 156-159.