



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS



MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

CAPTURA de *Scomberomorus cavalla* Y *S. maculatus* (Perciformes: Scombridae) Y SU
RELACIÓN CON LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (1998-2009) EN EL
LITORAL VERACRUZANO, GOLFO DE MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Maestra en Ecología y Pesquerías

PRESENTA:

BIÓL. FAUSTINA GUADALUPE DZUL MAGAÑA

COMITÉ TUTOTAL

Director de Tesis

Dra. Patricia Arceo Briseño

Tutores

Dr. Alejandro Granados Barba

Dr. César Meiners Mandujano

Dra. Gabriela Galindo Cortes

Dr. Mark Marín Hernández

BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

2014.



C. BIOL. FAUSTINA GUADALUPE DZUL MAGAÑA
ESTUDIANTE DE LA MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS
UNIVERSIDAD VERACRUZANA
P R E S E N T E

**CAMPUS
VERACRUZ**

Calle Hidalgo No. 617
Colonia Río Jamapa,
C P 94290,
Boca del Río,
Veracruz,
México

Teléfonos
(229) 956 70 70
956 72 27

Calle Independencia
No. 30 (antes 38)
Piso 1 y 2
Colonia Centro,
CP 94290,
Boca del Río,
Veracruz,
México

Teléfono
(229) 202 28 28

Habiendo sido debidamente revisado y aceptado el trabajo escrito de su tesis denominada "Captura de *Scomberomorus cavalla* y *S. maculatus* (Perciformes: Scombridae) y su relación con la temperatura superficial del mar (1998-2009) en el litoral veracruzano, Golfo de México; por los integrantes de su comité tutorial y estando todos ellos de acuerdo que tanto el contenido como el formato de este trabajo es satisfactorio como prueba escrita para sustentar su examen final de posgrado de la MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS se le autoriza a usted proceda a su impresión.

Sin otro particular, me es grato reiterarle la seguridad de mi más distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"
Boca del Río, Ver. Noviembre 20 del 2014

Dra. María de Lourdes Jiménez Badillo
Directora

INSTITUTO DE
CIENCIAS MARINAS
Y PESQUERÍAS
BOCA DEL RÍO, VER.



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
COORDINACIÓN DEL
POSGRADO EN
ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

Dedicatoria

A mi madre *Margarita Magaña*, quien sin su esfuerzo y dedicación no habría llegado hasta este paso, a ti madre quien nunca me negaste el derecho de realizar mis sueños y permitiste que me alejara para poder realizarlos.

Mi pequeña gran familia que ha formado parte de este sueño y que ahora estará conmigo para juntos formar nuevos proyectos y poder realizarlos:

Mi “Ángel” que desde que entro a formar parte de mi vida me ha apoyado en todo con su amor, comprensión y paciencia, ¡gracias, AMOR!

Missael, mi niño el que todos los días me preguntaba “mamá como va tu tesis, ya la terminaste” a ese pequeño quien vivió y acepto la idea de que entrara a la maestría, ¡gracias, mi VIDA!

Sammuel, mi bebe que le ha tocado la parte final de esta etapa y el comienzo de otras.

Agradecimientos

Por el apoyo otorgado al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgar la beca con número (**CVU 389992**), apoyo que fue utilizado para el desarrollo de la maestría en Ecología y Pesquerías.

A mi directora de tesis ***Dra. Patricia Arceo Briseño***, agradezco la confianza que deposito en mí, su paciencia y motivación durante la maestría y el apoyo brindado en todo momento para la revisión y asesoramiento durante la realización del trabajo de investigación, muchísimas gracias.

A mi comité *Dr. César Meiners Mandujano* y *Dra. Gabriela Galindo Cortes* por brindarme sus conocimientos y sugerencias que enriquecieron este trabajo; *Dr. Alejandro Granados Barba* y *Dr. Mark Marín Hernández* por sus críticas, comentarios y consejos también por su tiempo en leer y revisar el escrito. En general a todos muchas gracias por su confianza y apoyo durante el posgrado.

Al personal administrativo y técnico que labora en este instituto que siempre brindaron la mejor actitud y apoyo. A mis compañeros de generación Nere, Marisol, Eli, Alex, Carlos, Jorge, gracias por su amistad y apoyo.

A todas las personas que me brindaron su apoyo incondicional *gracias*.

Esta tesis forma parte de los proyectos “Estudios Socioeconómicos de los Recursos Costeros del Golfo de México” de la dirección General de Investigaciones de la Universidad Veracruzana y del proyecto PROMEP “Bases para el Análisis y síntesis de los Sistemas Costeros de Veracruz.

Resumen

La sierra (*scomberomorus maculatus*) y el peto (*Scomberomorus cavalla*) son especies comercialmente importantes para el estado de Veracruz. Presentan migraciones a lo largo de la costa del golfo de México. Con el objetivo de caracterizar las migraciones de estos organismos en la costa veracruzana, se analizaron las series de tiempos de las capturas para el periodo 1998-2009 y se relacionaron con las series de tiempo de la temperatura superficial del mar (TSM) y las clorofilas. Se utilizaron modelos lineales generalizados para observar las relaciones de las capturas entre las zonas, temperatura y clorofila. Los resultados muestran que la captura de la sierra y el peto anualmente presenta una relación significativa con la anomalía de la TSM ($r=-0.815$) para la sierra y para peto ($r=-0.780$) obteniéndose mayores capturas en aguas frías. Mediante un análisis no paramétrico aplicando las pruebas de Kruskal-Wallis, se encontró que los meses de mayor captura de sierra son octubre, noviembre y enero; y abril y mayo para peto. Ninguna de las dos especies presentó relación con la concentración de clorofila mensual y anual. La correlaciones entre las variables de estudio tienen un valor significativo para la zona sur: sierra con $r=-0.735$ y peto con $r=-0.739$. Las modificaciones interanuales de ambas especies se dan por factores ambientales de gran escala como el Índice de Oscilación del Sur (IOS), el cual presentó anomalías de presión alta en los años 1999, 2000 y 2008 que coinciden con años de mayor captura para ambas especies. La aplicación del método *SSA Caterpillar* (*Singular Spectrum Analysis*) mediante la descomposición de las series de tiempo en componentes principales comprobó que la migración de sierra va de norte-sur en otoño-invierno para desovar, siendo este el periodo de mayor captura y de sur-norte en primavera-verano para la reproducción. La migración presenta una estacionalidad de 12 meses y una fragmentación migratoria de 5 y 6 meses, estos componentes explican entre el 78 y 88 % de la variación de las capturas. La migración del peto va de sur-norte en primavera-verano, periodo de mayor captura y de norte-sur en otoño-invierno; presenta una estacionalidad de 12 meses y una fragmentación migratoria de 5 y 6 meses los cuales explican entre un 77 y 94 % de la variación. Los MLGs explicaron que las capturas de sierra y peto dependen de las interacciones de la TSM y las concentraciones de clorofilas en las zonas de pesca al combinarse estos factores, caracterizando el comportamiento y tendencias a corto y largo plazo de sierra y peto en el estado de Veracruz

Palabras clave: *sierra, peto, golfo de México, Modelos Lineales Generalizados, SSA Caterillar*

Abstract

Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) are two of the most commercially important species off Veracruz, México. These species migrate along the coasts of the Gulf of México. The objective of this study is to characterize the migrations of these species along Veracruz coast by analyzing time series of catches, sea surface temperature (TSM) and chlorophyll for 1998 to 2009. Linear generalized models (MLG) were used to analyze the relationships of catches and fishing zones, seasons, temperature and chlorophyll. Results show catches of Spanish (SM) and King mackerel (KM) have a significant correlation with TSM ($r=-0.815$ and $r=-0.780$) having higher catches in cold waters. A non-parametric analysis applying Kruskal-Wallis found months of higher catches are October, November and January for SM and April-May for KM. None of the species had a relationship with the annual or yearly values of chlorophyll. A significant correlation was found for the fishing zones on the south ($r=-0.735$ SM; $r=-0.739$ KM). Inter-annual modifications for both species are related to the South Oscillation Index (IOS). The Index presented anomalies of high pressures for 1999, 2000, 2008, coinciding with high catches for both species. The *Singular Spectrum Analysis (SSA) Caterpillar* showed the north-south migration of SM in autumn-winter for spawning and south north in spring-summer for reproduction. These migrations presented 12-month seasonality and a migratory fragmentation of 5-6 months. These components explain 78 to 88 % of the catch variation. King mackerel migration goes from south to north in autumn-winter, with higher catches. It shows 12-month seasonality and a migratory fragmentation of 5 to 6 months, explaining between 77% and 94 % of the catch variation. MLG explained the relationship among SM and KM catches and TSM, chlorophyll, characterizing catches behavior and the short run and long run in Veracruz.

Key words: *King mackerel, Spanish mackerel, Gulf of México, Generalized Linear Models, SSA Caterpillar*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. HIPÓTESIS	14
4. OBJETIVOS	14
4.1.Objetivo General	14
4.2.Objetivos Particulares	14
5. MATERIAL Y MÉTODOS	15
5.1.Área de estudio	15
5.2.Análisis de variabilidad espacio-temporal	15
5.2.1. <i>Fuentes de información de los volúmenes de captura</i>	15
5.2.2. <i>Análisis de datos de captura</i>	16
5.2.3. <i>Análisis exploratorio</i>	16
5.3.Análisis de variables ambientales y su relación con las capturas	17
5.3.1. <i>Información sobre variables ambientales (Temperatura y Clorofila)</i> ...	17
5.3.2. <i>Análisis de datos de variables ambientales</i>	19
5.3.3. <i>Índice de oscilación del sur (IOS)</i>	20
5.4.Análisis de series de tiempo	20
5.5.Relación de las capturas con parámetros ambientales y modelos lineales generalizados (MLG)	22
5.5.1. <i>Creación de modelos lineales generalizados (MLG)</i>	23
6. RESULTADOS	25
6.1.Zonas de estudio	25
6.2.Variación espacio-temporal de las capturas de sierra y peto	26
6.2.1. <i>Volúmenes de captura</i>	26
6.2.2. <i>Análisis exploratorio</i>	28
6.2.3. <i>Análisis de la captura con método no paramétrico</i>	30
6.3.Análisis de factores ambientales	36
6.3.1. <i>Análisis de correlación</i>	39
6.3.2. <i>Relación de las capturas con los parámetros ambientales</i>	39
6.3.2.1.Sierra vs Temperatura superficial del mar (TSM)	39
6.3.2.2.Peto vs Temperatura superficial del mar (TSM)	42
6.3.2.3.Sierra vs clorofila	44
6.3.2.4.Peto vs clorofila	46
6.3.2.5.Relación de las capturas mensuales de sierra con la TSM y la clorofila	48

6.3.3. <i>Relación de las capturas de sierra y peto con el índice de oscilación del sur (IOS)</i>	51
6.4. Análisis con el método SSA Caterpillar por oficina de pesca	52
6.4.1. <i>Análisis con el método SSA Caterpillar por zona o región</i>	63
6.4.2. <i>Análisis de la captura de sierra y peto por SSA Caterpillar por zona y Temperatura superficial del mar (TSM)</i>	66
6.4.3. <i>Análisis de la captura de sierra y peto por SSA Caterpillar por zona y clorofila</i>	70
6.5. Análisis de modelos lineales generalizados (MLGs)	74
7. DISCUSIONES	79
8. CONCLUSIONES	86
9. RECOMENDACIONES	86
10. LITERATURA CITADA	87
11. ANEXOS	96
Anexo 1. Tabla 1 Comparación de los principales aspectos biológicos de sierra y peto	96
Anexo 2. Figura 1. Formato de aviso de arribo para el registro de captura, SAGARPA	99

1. INTRODUCCIÓN

El golfo de México es una cuenca subtropical semicerrada que se comunica con el océano Atlántico a través del canal de Yucatán y del estrecho de Florida (Vidal-Hernández & Pauly, 2004). Presenta una serie de procesos complejos y dinámicos que relacionan a la atmósfera con el océano y que incluyen numerosos giros, tormentas tropicales, huracanes y frentes fríos (nortes) que lo caracterizan como un sistema ecológicamente heterogéneo. Esta dinámica modifica a los ecosistemas costeros del golfo, proveyéndolos de una gran biodiversidad, recursos energéticos y pesqueros (Monreal-Gómez *et al.*, 2004).

De acuerdo a las temperaturas registradas en las aguas del golfo de México, el ciclo estacional se caracteriza por una disminución de la temperatura superficial del mar en invierno de hasta 5 °C y un aumento en verano en la plataforma continental (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). La plataforma continental frente a los estados de Veracruz y Tamaulipas es estrecha y se amplifica frente a Texas, Luisiana y Florida (Monreal-Gómez *et al.*, 2004) en donde en verano (mayo a agosto) se forman surgencias debido a la presencia de vientos del sur y en otoño e invierno ocurre un proceso de advección el cual genera nutrientes por los aportes de las plataformas de Texas y Luisiana. La plataforma además, es una zona relevante porque actúa como corredor biológico para el transporte de nutrientes, larvas y organismos (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003).

En México, de acuerdo con Juárez-Torres *et al.*, (2007), las especies marinas comercialmente explotables se pueden dividir en cuatro grupos: 1) especies pelágicas o masivas (atún, sardina, anchovetas, peto, sierra); 2) especies demersales (huachinango, huachinango rojo, lisa, pargo, tiburón, cazón); 3) crustáceos y moluscos (camarón, langosta, abulón, ostión, almeja, pulpo, caracol, pepino de mar, erizo) y 4) especies de cultivo (mojarra, tilapia, carpa, trucha, bagre y langostino).

Entre las especies pelágicas del golfo de México, *Scomberomorus maculatus* y *S cavalla* conocidas como “sierra y peto”, respectivamente, representan importantes pesquerías comerciales y recreacionales (Collette & Ruso, 1984). Éstas son especies pelágicas migratorias con movimientos estacionales a lo largo del Atlántico y dentro del golfo de México presentan un patrón migratorio de sur a norte durante primavera-verano y en

sentido inverso durante otoño–invierno (Collete & Nauen, 1983; Collette & Ruso, 1984; Fable *et al.*, 1987, Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997). La sierra se encuentra a una profundidad de 6 a 12 m aunque puede llegar a encontrarse hasta los 24 m (Fishbase, 2011), prefiriendo fondos arenosos (Collette & Nauen, 1983; Palko *et al.*, 1987; Medina-Quej & Domínguez-Viveros, 1997; Ortiz & Sabo, 2003). El peto se encuentra a menudo en barlovento de las zonas arrecifales y se reporta que su migración es en grandes grupos y en largas distancias, extendiéndose a lo largo de la costa, a una profundidad menor de 80 m (Collette & Nauen, 1983; Wall-Carrie *et al.*, 2009).

La Carta Nacional Pesquera (2012) menciona que la producción anual de sierra a nivel golfo de México en el periodo 1999-2010 fue de 1,058 ton, siendo los estados con mayor captura Veracruz (32.8 %) y Campeche (32.8 %). La captura de sierra ha disminuido un 18 % en su producción durante este periodo al pasar de 8,382 ton en 1999 a 6,870 ton en 2010. En cuanto a la captura de peto a nivel golfo de México en el periodo 1999-2010 la producción anual total fue de 816 ton, los estados con mayor captura fueron Veracruz (43.9 %) y Tabasco (33.6 %). Este recurso mostró una tendencia creciente en los años de 1992 a 2002 pasando de una captura de 3,026 a 5,717 ton respectivamente, siendo Veracruz el estado con mayor captura. En el 2004 y 2005 Tabasco ocupó el primer lugar en captura, sin embargo en el 2008 las capturas en Veracruz y Tabasco fueron similares.

La información sobre las capturas de las especies de peces pelágicos generalmente se caracteriza por que es muy variable y refleja una mezcla de factores como los métodos y estrategias de pesca y especies a las que se dirige el esfuerzo, procesos biológicos como reclutamiento, crecimiento y mortalidad (Trent *et al.*, 1983; Galindo-Cortes *et al.*, 2010) y procesos ambientales como condiciones locales o patrones climáticos de la región (Manjares-Martínez *et al.*, 2010). De acuerdo con algunos autores (Whitfield, 1999; Vega-Cendejas, 2004), la utilización espacial y temporal del componente íctico en diferentes hábitats de los sistemas costeros, es una respuesta de cada especie a restricciones fisiológicas, determinadas por la variabilidad ambiental como la salinidad, turbidez y requerimientos tróficos o reproductivos. Así, los datos de capturas decrecientes, asumiendo que son proporcionales a la abundancia de los recursos, pueden reflejar una sobrepesca o simplemente variaciones cíclicas del recurso en el tiempo.

La influencia de los factores ambientales en la disponibilidad de algunos recursos pesqueros ha sido estudiada por diversos autores utilizando análisis de series de tiempo (Nevárez-Martínez *et al.*, 2010; MacKenzie *et al.*, 2011), entre otros métodos, como el Caterpillar, con el cual se puede analizar el comportamiento migratorio de las especies y los factores ambientales o antropogénicos que influyen en su variabilidad (Meiners & Jiménez-Badillo, 2010). La aplicación de los modelos lineales generalizados se utiliza en la estimación de las relaciones entre las capturas y sus fluctuaciones con factores ambientales (Punt *et al.*, 2000).

Aunado a lo anterior se puede decir que el estudio de los factores ambientales es uno de los puntos más importantes en las pesquerías de peces pelágicos (Medina-Geartner & Gaertner, 1992). Las migraciones se relacionan con fines tróficos y reproductivos de las especies principalmente en organismos como sierra y peto quienes se alimentan en la plataforma continental básicamente de organismos planctónicos y a quienes se les relaciona con las altas concentraciones de fitoplancton (Ben-Tuvia, 1995, Signoret *et al.*, 2006) motivo por el que se ha considerado como indicador de grandes concentraciones de fitoplancton a la clorofila (Lambert *et al.*, 1999).

Considerando que la clorofila presenta una distribución que varía espacialmente con niveles en general bajos, la mayor concentración en el golfo de México se presenta en la región oceánica dentro del giro ciclónico localizado frente a los ríos Bravo, Panuco, Tuxpan y Cazonas con un máximo de 3.0 mg/m^3 (Vidal-Hernández *et al.*, 1990). Por otro lado Aguirre-Gómez (2004) observó que la concentración de clorofila es relativamente alta frente a Tamaulipas y Veracruz debido a la influencia de surgencias, registrando en las costas hasta 5 mg/m^3 debido a la influencia de ríos, lagunas costeras y giros ciclónicos.

La problemática que envuelve la presente investigación es determinar si existe una relación de la temperatura superficial del mar con los datos de captura comercial de sierra y peto registrados en el estado de Veracruz, además de corroborar la estacionalidad de su migración con base en datos de captura. El estudio del análisis histórico de las capturas de sierra y peto y la aplicación de un modelo lineal generalizado se utiliza para determinar esta posible relación. Por ello en el presente trabajo, el análisis de series de tiempo caracteriza el

comportamiento y las tendencias a corto y largo plazo de las capturas de peto y sierra en el estado de Veracruz, considerando la relación entre las capturas de ambas especies junto con las fluctuaciones de la temperatura superficial del mar y la concentración de clorofila en el agua mediante la aplicación de modelos lineales generalizados (MLGs). La tendencia generada por las capturas de ambas especies es reflejada en su comportamiento migratorio, de acuerdo a lo reportado en la literatura relacionada con el tema y su relación con los factores ambientales. Esto aporta elementos e información para el manejo de estas especies.

2. ANTECEDENTES

Hace más de una década que la pesca en el mundo, en México y particularmente en el estado de Veracruz, se halla en declive, habiendo alcanzado en el pasado su máximo de capturas (Compeán-Jiménez, 2002; FAO, 2009).

Las oscilaciones ambientales ejercidas sobre diferentes procesos oceánicos y atmosféricos y sobre los ecosistemas marinos son procesos ambientales que contribuyen modificando los patrones de circulación generando cambios en la pesca (Castro-Ortiz & Lluch-Belda, 2007). Se ha señalado que la mayor parte de la producción pesquera mundial se ve afectada por la variabilidad climática regional que afecta a las variables oceanográficas en una escala temporal y espacial (Martínez-Arroyo *et al.*, 2010).

Diversos investigadores (Laevastu & Hayes 1981, Mann 1992, Parrish 1997) se han dedicado a entender la relación causa-efecto de la productividad de los océanos y la producción pesquera, sin embargo se reconoce que este es un tema complejo.

La captura de sierra y peto tiene variaciones a escala temporal y espacial, debido al patrón de migración que siguen estas especies en periodos de primavera e invierno. En latitudes templadas, las secuencias de las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño son algo común, en tanto en latitudes tropicales, como en el caso del estado de Veracruz, existe una alternancia en temporadas de lluvias, secas y nortes (López-Martínez, 2008).

Las migraciones estacionales de los peces dependen de sus requerimientos fisiológicos y ambientales, específicos en diferentes estadios de su vida que han definido un comportamiento adaptativo por ejemplo, hacia áreas de desove o crianza (López-Martínez, 2008). Se ha encontrado que sierra tiene un sitio de hibernación entre Campeche-Yucatán (Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997) mientras que para peto el sitio de hibernación es en el sur de Florida (Fable *et al.*, 1987) y para ambas especies el sitio de importancia en desove en el golfo de México es la laguna de Términos, Campeche (Olvera-Limas *et al.*, 1991).

Bakun (1996) menciona que se registran procesos responsables del desarrollo de grandes poblaciones de peces pelágicos debido a las condiciones adecuadas que se generan para que

se lleve a cabo el desove, como enriquecimiento de nutrientes debido a las surgencias, concentración por estabilidad en la columna de agua y retención de larvas dentro de un hábitat favorable. Estos procesos en unión proporcionan un mejor hábitat para especies de peces pelágicos costeros.

Diversos autores como Fable *et al.*, (1981), Trent *et al.*, (1993), Finucane *et al.*, (1986), Sánchez-González & Schultz-Ruiz (1997), Ortiz & Sabo (2004), han estudiado las capturas en series de tiempo de sierra y peto, para determinar crecimiento, sitios de hibernación y anidación y ver si presentan relación con algún factor ambiental.

Las series históricas de peces migratorios tal es el caso de sierra y peto, mejoran el entendimiento de las afectaciones que sufren a lo largo del tiempo por los factores ambientales, como lo es la baja temperatura del aire (Fable *et al.*, 1981) además las oscilaciones multidecadales del océano Atlántico, que intervienen en el cambio de la temperatura superficial del mar (González-Herraiz *et al.*, 2009) y que pueden influir en la dinámica de estos recursos.

La pesca en México frecuentemente se lleva a cabo en zonas de surgencias por ser productivas. Los mayores volúmenes se pescan en el océano Pacífico, abarcan la costa occidental de la Península de Baja California y el golfo de California (durante verano en su costa occidental y en otoño-invierno en su costa oriental). El afloramiento estacional, tanto en costas de Jalisco, Colima y Michoacán, como en el golfo de Tehuantepec, tiene relación con los vientos. Para el golfo de México, las zonas de surgencia se encuentran en Tabasco, Veracruz y Tamaulipas y ocurren en el verano, mientras que en la costa de Yucatán estos fenómenos se producen por la corriente de Yucatán igualmente durante el verano (Bulgakov & Martínez-Zatarain, 2006, Martínez-Arroyo *et al.*, 2010).

Con base en lo antes mencionado, se ha observado que la distribución, la migración y las agrupaciones por alimento de las principales especies pelágicas (peto, sierra, atún), responden a la temperatura superficial del mar y a las anomalías que se presenten en ella como pueden ser sistemas frontales, convergencias, corrientes o termoclina (Martínez-Arroyo *et al.*, 2010). Existe una relación entre la distribución y la estructura de los ecosistemas debido a los cambios en la temperatura oceánica, porque ésta influye en los

patrones de distribución del fitoplancton donde la clorofila ha sido utilizada como un índice de biomasa fitoplanctónica (Contreras 1994). Sin embargo (Dower *et al.*, 2000, Manzano-Sarabia *et al.*, 2008) mencionan que no existe un predictor para la heterogeneidad de la productividad primaria y de las poblaciones de peces marinos, por lo cual, los patrones interanuales y estacionales se relacionan con épocas de nortes, surgencias y desove (Manjares-Martínez *et al.*, 2010).



La abundancia de las poblaciones pesqueras de importancia es difícil de determinar debido a su dinámica (Sánchez-Santillán, 2006; Jaimes & Marín, 2009). Sin embargo se ha encontrado una relación entre los datos de capturas y la variación climática de baja frecuencia (El Niño Oscilación del Sur; ENSO) que tiene efectos en los océanos Pacífico y Atlántico, los cuales presentan un patrón de pesca similar (Castro-Ortiz & Lluch-Belda, 2007). Algunos autores observaron (Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997, Meiners & Jiménez-Badillo, 2010) que las tendencias de sierra y peto en el estado de Veracruz presentan variaciones y modificaciones interanuales y mencionan que pudieran estar relacionadas con factores o interacciones ambientales; aunado a esto Roldan-Heredia (2013) menciona que la modificación local y regional es influenciada por fenómenos de mayor escala en su caso la NAO el cual puede observarse a través de indicadores del clima como lo son la TSM y la Clorofila, por lo que los índices son tomados como estimadores del clima y se realizan para hacer referencia que lo sucedido a gran escala repercute a una escala local o regional, en este caso el estado de Veracruz.

Los diversos estudios de la pesquería y biología de estos serránidos que se han hecho en los Estados Unidos se han enfocado hacia el peto principalmente. Esto se debe a que los barcos de pesca comercial y deportiva zarpan en busca de especies migratorias en verano (Fable *et al.*, 1981; Trent *et al.*, 1993; Finucane *et al.*, 1986; DeVries & Grimes, 1991), entre las que se encuentra el peto como especie objetivo y sierra como especie acompañante. Por ello la sierra se considera de menor importancia; sin embargo, en la parte mexicana del golfo de México la sierra es más importante comercialmente (Powel, 1975; Fable *et al.*, 1981; Aguilar *et al.*, 1990; Olvera-Limas *et al.*, 1991; Ortiz & Sabo, 2003).

Aspectos biológicos

La sierra y el peto pertenecen al género *Scomberomorus* (Tabla 1) este género incluye a 16 especies más, de las cuales destacan por su importancia comercial *S. tritor*, *S. brasiliensis*, *S. regalis*, *S. concolor*, *S. sierra* y *S. commerson* (Collette & Nauen, 1983; Collette & Ruso, 1984).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del peto y la sierra (Collette & Nauen, 1983; Collette & Ruso, 1984; Sánchez-González & Schuitz-Ruiz, 1997).

Peto o carito (King mackerel, kingfish)	Sierra (Spanish mackerel)
	
<p style="text-align: center;">Phylum: Chordata</p> <ul style="list-style-type: none"> • Subphylum: Vertebrata • Superclass: Gnathostomata <ul style="list-style-type: none"> • Class: Osteichthyes • Subclass: Actinopterygii <ul style="list-style-type: none"> • Order: Perciformes • Suborder: Scombroidei • Family: Scombridae 	
<p style="text-align: center;"><i>Scomberomorus cavalla</i> (Cuvier,1829)</p>	<p style="text-align: center;"><i>Scomberomorus maculatus</i> (Michill,1815)</p>

El conocimiento de la biología y pesquerías de estas dos especies (ICCAT, 2010) es fragmentado debido a la migración que presentan. Esta característica añade complejidad a la evaluación de diversos aspectos de su ciclo de vida que se desconocen y se siguen estudiando. Desde 1960 se empezaron a desarrollar trabajos con el fin de conocer más acerca de la migración de estas dos especies. Estos trabajos han aportado información acerca del hábitat y del cómo se han venido desarrollando sus pesquerías, a lo largo del área de migración. Sin embargo, Trent *et al.*, (1983) mencionan que las estimaciones solo predicen la magnitud de la abundancia de sierra y peto ya que tienen una estructura poblacional muy dinámica.

Collette & Ruso (1983) mencionan que la sierra y el peto tienen aspectos similares desde su morfología, hasta el comportamiento, motivo por el que en muchas ocasiones las investigaciones hacen referencia a ambas especies simultáneamente.

En el Anexo 1 se comparan las características más relevantes de estas especies.

Las figuras 1 y 2 presentan los mapas de distribución de las especies sierra y peto. Se puede apreciar que habitan en la porción oeste del océano Atlántico y se observa que el peto se distribuye más hacia el sur del Atlántico ya que la sierra sólo llega a la península de Yucatán (Collette & Nauen, 1983).



Figura 1. Distribución geográfica del Peto
Scomberomorus cavalla (Fishbase, 2011).



Figura 2. Distribución geográfica de la Sierra
Scomberomorus maculatus (Fishbase, 2011).

En cuanto a la migración de estas especies, se reporta por Collette & Nauen (1983) y Collette & Ruso (1984), que ésta tiene un patrón que responde a dos temporadas del año: cuando las aguas del norte se enfrían, migran hacia el sur en las estaciones de otoño-invierno y, por el contrario, cuando las aguas se calientan en el sur la migración se invierte, esto ocurre en las estaciones de primavera-verano, que es cuando la sierra y el peto van hacia el norte.

Las Pesquerías de peto (Scomberomorus cavalla) y sierra (Scomberomorus maculatus)

La sierra y el peto forman parte de importantes pesquerías en el golfo de México. En Estados Unidos, principalmente en Florida y el norte del golfo de México, estas especies se reservan casi exclusivamente a la pesca recreacional (Fable *et al.*, 1981; Collette & Nauen, 1983; Collette & Ruso, 1984). En los estados costeros de la parte mexicana del golfo, estas

especies constituyen una importante pesca comercial de tipo artesanal en el litoral costero (Aguilar *et al.*, 1990; Olvera-Limas *et al.*, 1991).

Por otro lado, en Estados Unidos la mayoría de las capturas de peto en su zona de distribución se encuentran en Carolina del Norte y Florida, mientras que la zona de pesca más importante es Luisiana (Sutherland & Fable, 1980; Fable *et al.*, 1981; Trent *et al.*, 1993; Finucane *et al.*, 1986; DeVries & Grimes, 1991). Para la sierra, los principales campos pesqueros de su área de distribución están en la Bahía de Chesapeake en el estado de Maryland en las costas de Florida y México Veracruz y en Holbox en el estado de Quintana Roo (Aguilar *et al.*, 1990; Olvera-Limas *et al.*, 1991). Hacia el sur, en la parte mexicana del golfo de México no se cuenta con una infraestructura adecuada para generar sitios de desembarque específicos, esto es debido a que las comunidades pesqueras son ribereñas y el tipo de operación es multiespecífico y estacional, realizando la pesca de sierra y peto al momento de su migración (Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997).

Nacakamura (1987) a través de estudios de marcado y recaptura (1978-1983) en el golfo de México, encuentra que las costas de Veracruz son sitios característicos para el hábitat de peto y sierra debido a que en su parte sur cuentan con una gran extensión de plataforma continental. Por su parte Burns & Sprinkel (1990) realizan otros estudios de marcaje durante ese mismo año y concluyen que el estado de Veracruz es zona de importancia estacional para estos organismos, desde que inician su migración en Estados Unidos hacia la Península de Yucatán en el golfo de México. Ambos trabajos liberaron sierra y peto marcados frente las costas de Veracruz, reportando sitios de recaptura principalmente en Punta Mocambo para sierra y Antón Lizardo para peto.

La especie *S. cavalla* ha sido más estudiada que *S. maculatus*, debido a que, se sabe que la tendencia de captura de peto desde 1986 hasta el 2007 en el norte del golfo de México, ha presentado fluctuaciones en su registro de captura tanto en la pesca comercial como la recreacional (Finucane *et al.* 1986; Manooch, 1987; Fable *et al.*; 1987; Burns & Sprinkel, 1990). Palmer *et al.*, (2008) hace una revisión por separado de la pesca comercial y recreacional para el periodo mencionado, tanto en el Atlántico como en la parte estadounidense del golfo de México; encuentra que la pesca comercial de la parte este de Florida representa el 90% de la captura total de peto, mientras que en la parte de Luisiana,

noroeste Florida y sur de Florida se cubre un 80 % de esta pesca comercial además de que se considera que esta especie mantiene una distribución geográficamente uniforme dentro del golfo de México.

Artes de pesca

Las artes de pesca utilizadas para las capturas de sierra y peto difieren mucho según el tipo de línea de costa (Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997). Se menciona que las artes menos selectivas son las redes de arrastre ya que capturan peto y sierra pequeños, mientras que las recreativas capturan peces más grandes ya que se ocupan líneas de mano y anzuelo en Texas y Carolina del Norte (Trent *et al.*, 1983). Para sierra y peto las artes utilizadas en la pesca comercial son las redes de arrastre y cerco en el sur de Florida y Carolina del Norte (Sutherland & Fable, 1980; Manooch *et al.*, 1987; Fable *et al.*, 1987; Ortiz & Sabo, 2003) sin embargo, también se pesca con curricán en el noreste de Florida (Fable *et al.*, 1981). Así mismo, el tipo de carnada utilizada en la pesca deportiva, se dice que está directamente relacionada con el tamaño del organismo (Trent *et al.*, 1983)

Dentro del golfo de México, hacia aguas mexicanas, la captura comercial de sierra y peto se realiza con curricán, chinchorro, almadrabas y línea de mano con cebo, pero la más destacada es la red de enmalle (Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997) red en la que sierra y peto en estado juvenil constituyen la mayor parte de especies incidentales, esto es debido a que el área de captura de otras especies tales como el pargo y corvina capturados a media agua con redes de deriva y con la pesca de camarón que utiliza red de arrastre, coinciden con las áreas de migración de sierra y peto (Trent *et al.*, 1983; Ortiz, 2004).

Relación de distribución de S. cavalla y S. maculatus con parámetros ambientales.

Los peces pelágicos en general constituyen una de las capturas más importantes a nivel mundial en cuestión de biomasa, por lo que son especies objetivo de una intensa pesca ocasionando fluctuaciones importantes en su biomasa (Ben-Tuvia, 1995).

Por otro lado, los peces pelágicos presentan una gran sensibilidad a cambios ambientales, principalmente los relacionados con características fisicoquímicas de las masas de agua, luz, turbidez, salinidad y en especial temperatura, por lo que la dinámica ambiental provoca cambios en la abundancia de muchas especies (Ben-Tuvia, 1995). Estos cambios podrían

afectar directamente en la migración de sierra y peto, de manera que compensen el calentamiento superficial haciendo que se retrasen en años fríos y que se adelanten uno o dos meses en años cálidos ocurriendo desfases entre las especies y las temperaturas (FAO, 2012).

Marsh (2004) menciona que el comportamiento de la población de la sierra y el peto no presenta una conducta en especial que haga facilitar su captura. También menciona que no existe evidencia de que la variabilidad de la población es impulsada por el cambio del medio ambiente físico causado por los factores ambientales. Sin embargo existen trabajos que mencionan que la migración, abundancia, estacionalidad, alimentación, reproducción y desove de sierra y peto se relacionan directamente con la temperatura y factores ambientales, ya que se rigen por la isoterma de los 20 ° C de norte a sur del océano Atlántico y mar Caribe y con una salinidad de 32 ups lo que delimita su distribución (Powel, 1975; Sutherland & Fable, 1980; Collette & Nauen, 1983; Collette & ruso, 1984; Fable *et al.*, 1987; Sutter *et al.*, 1991; Aguilar *et al.*, 1990; Olvera-Limas *et al.*, 1991; Medina-Quej & Domínguez-Viveros, 1997; Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997).

Regulación la pesquería de sierra y peto.

En México la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables expedida por la SAGARPA lleva a cabo la difusión de los lineamientos generales de aprovechamiento de los recursos acuáticos. La sierra y el peto se encuentran involucrados en los lineamientos para la pesca de escama marina en general, para lo cual se requiere a permisionarios y concesionarios un aviso de arribo (Anexo 2, figura 1). Dicho formato de aviso es publicado por el diario oficial de la federación. En el aviso el permisionario o concesionario deberá llevar a cabo el registro adecuado de su desembarque en cuanto a las especies capturadas siguiendo los lineamientos expedidos en dicha hoja. Aunado a esto, en México a través del estudio de captura de sierra y peto, se ha propuesto que no se aumente el esfuerzo de pesca y el número y tamaño de malla ya existentes (Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997). No se han formulado vedas y no existe una Norma Oficial exclusivamente para estas especies, quienes se encuentran dentro de las capturas de escama en general.

Actualmente la comisión internacional para la conservación del atún del Atlántico ICCAT, es quien lleva la regulación del peto y sierra dentro del golfo de México, realizando

muestreos biológicos de las capturas comerciales y deportivas. Uno de los resultados de estos muestreos es que los stocks de peto y sierra para el 2006 han dejado de ser especies sobreexplotadas debido a las actividades de ordenación llevadas a cabo (ICCAT, 2006).

Por otro lado, existen en el Atlántico y golfo de México tres planes de ordenación pesquera para sierra y peto, los cuales fueron creados en Estados Unidos en 1983, el primero es el Plan de Manejo de recursos pelágicos del Atlántico Sur y golfo de México, para la pesca de especies costeras migratorias; el segundo surge de los consejos de administración de la pesca de los Estados Unidos llamado plan de gestión de la comisión de pesca marina de los estados del golfo de México; por último el tercero se crea a través de la comisión de pesca en 1990 el Plan de Manejo de los Estados Marinos del Atlántico (Marsh, 2004).

Tanto en México como en Estados Unidos los planes de ordenación han tenido éxito en mantener la productividad de la población de peto y sierra dentro del Atlántico y el golfo de México, por lo que se considera eficaz y sustentable (Marsh, 2004).

3. HIPÓTESIS

Si los volúmenes de las capturas de sierra y peto están relacionados con las temperaturas superficiales de mar y la clorofila, entonces se encontraran correlaciones directas y significativas entre las capturas de cada una de estas especies y la temperatura y clorofila.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Determinar la relación de captura de sierra y peto con base en la temperatura superficial del mar y la clorofila en el litoral veracruzano.

4.2 objetivos Particulares

1. Caracterizar las variaciones espacio-temporales en la captura de sierra y peto.
2. Precisar el tipo y magnitud de relación entre las capturas de sierra y peto, y la temperatura superficial del mar y la clorofila.
3. Determinar la relación entre las capturas de sierra y peto y el patrón de migración de ambas especies en el litoral veracruzano.
4. Establecer la relación espacio-temporal de las capturas de sierra y peto y los factores ambientales.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Área de Estudio

El estado de Veracruz tiene 745 km de litoral, ocupa el 3.7 % del territorio nacional en cuanto a su extensión total, con lo que se sitúa en el octavo lugar, su plataforma continental tiene una extensión de 23,700 km² (INEGI, 2006).

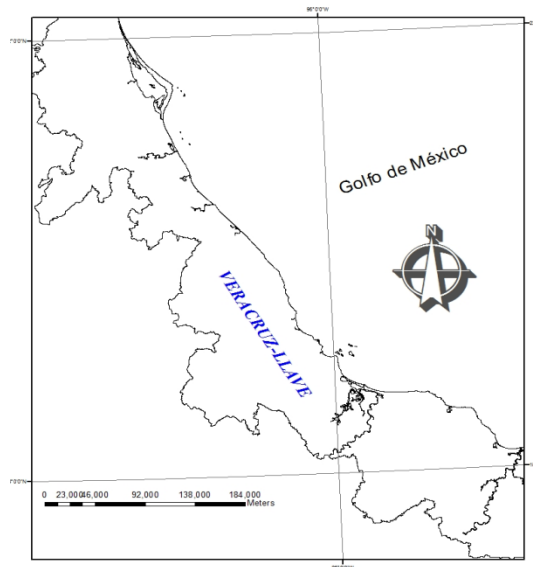


Figura 3. Área de estudio Estado de Veracruz.

El clima en Veracruz es cálido subhúmedo AW₂, la temperatura media anual es de 26 °C y la mínima de 18 °C, presenta tres temporadas durante el año: 1) secas de marzo a mayo; 2) lluvias de junio a septiembre y 3) nortes de octubre a febrero (García, 1972). Estas épocas son importantes para estudios temporales en el estado de Veracruz ya que influyen en los parámetros físicos de la región.

5.2 Análisis de variabilidad espacio-temporal

5.2.1 Fuentes de información de los volúmenes de captura

Se analizaron las capturas mensuales durante el periodo 1998-2009 de las especies sierra y peto del estado de Veracruz. Las oficinas de pesca de la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA) situadas a lo largo del litoral veracruzano son 13, pero sólo nueve registran captura de estas dos especies: Villa Cuauhtémoc, Tamiahua, Tuxpan, Tecolutla,

Nautla, Veracruz, Alvarado, Catemaco, y Coatzacoalcos. Los registros de capturas son emitidos anualmente, para posteriormente ser enviados al Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) quien se dedica a la investigación de los recursos pesqueros.

5.2.2 Análisis de datos de captura

Los datos de capturas por puerto se compilaron y analizaron para definir las tres zonas de pesca con base en las tendencias de captura observadas en cada una de las oficinas de pesca -norte, centro y sur- usando el método SSA Caterpillar (Singular Spectrum Analysis). Este método agrupa en tres componentes principales identificando tendencias, estacionalidades, series oscilatorias y componentes de ruido, pronosticando sobre las series de tiempo y sus componentes.

5.2.3 Análisis exploratorio (pruebas estadísticas) y método no paramétrico

Para determinar el tipo de pruebas estadísticas a emplear (paramétricas o no paramétricas), se realizó un análisis exploratorio de las capturas, el cual consistió en probar si los datos originales o los transformados mediante logaritmo natural cumplían con el supuesto requerido para usar pruebas paramétricas (Marques-Dos Santos, 2004):

1. La normalidad de las poblaciones. La hipótesis postulada para los datos de captura fue:

Ho: La distribución de la captura es normal $P > 0.05$

Ha: La distribución de la captura no es normal $P < 0.05$

Los datos fueron analizados utilizando el programa STATISTIC, versión 7.0, donde se tomo al total de la población, en este caso los datos de la captura de sierra y peto (N) como una variable independiente. Se aplicó una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Ésta es una prueba estadística no paramétrica, la cual permite comprobar si un número (N) de observaciones de una distribución es normal. Esta prueba se basa en la comparación entre la función de distribución acumulada de una distribución teórica, con la función distribución acumulada de la muestra. Si las funciones de distribución acumulada teórica y muestral no son significativamente diferentes, entonces se dice que la muestra proviene de

la distribución que cuya función de distribución es normal $P > 0.05$ (Lilliefors, 1969; Marques-Dos Santos, 2004).

Cuando los datos no cumplen con el supuesto de normalidad son transformados utilizando raíces cuadradas, logaritmos naturales como en este caso, entre otros. Sin embargo, si la normalidad no se presenta, se recurre a métodos no paramétricos o de distribución libre en los cuales se emplean pruebas de hipótesis, las cuales se basan en las magnitudes de las comparaciones (Marques- Dos Santos, 2004).

Las pruebas no paramétricas pueden utilizar el valor de la mediana como la medida descriptiva más adecuada, debido a que ésta es menos sensible a valores extremos. Las pruebas no paramétricas no pueden ser aplicadas en datos multivariados. Para el presente estudio, debido a que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad se les aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, la cual es una comparación de dos variables continuas independientes tomadas al azar, siendo muy similar a una prueba de ANOVA (Marques-Dos Santos, 2004). Se aplicaron las hipótesis:

$H_{o \text{ espacial}}$: Todas las medianas son iguales en todas las zonas.

$H_{a \text{ espacial}}$: Todas las medianas no son iguales en todas las zonas.

$H_{o \text{ temporal}}$: Todas las medianas son iguales en todos los meses.

$H_{a \text{ temporal}}$: Todas las medianas no son iguales en todos los meses.

5.3 Análisis de variables ambientales y su relación con las capturas

5.3.1 Información sobre variables ambientales (*temperatura y clorofila*)

La temperatura superficial del mar influye mensual o estacionalmente sobre el clima a nivel mundial (Tokioaka, 1983), por ello, a menudo es utilizada como un modelo para predecir la interacción océano-atmósfera pero también puede ser utilizada con enfoques multivariados en la biología pesquera (Hernández, 2002).

La temperatura puede medirse con facilidad como una propiedad física del océano y con frecuencia se pueden obtener series de tiempo que permitan, mediante diversas técnicas

tales como análisis espectrales, descomponer las diversas escalas temporales y de esta manera asociar a fenómenos atmosféricos que pudieron generar ese cambio de temperatura como son nortes o huracanes (Cury 1991; Platt & Sathyendranath; López-Martínez, 2008).

La clorofila es considerada como indicador de producción primaria (Huot *et al.*, 2007) la cual da un aproximado de la cantidad de alimento disponible para las especies en estudio.

Las series de tiempo mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) y de clorofila se obtuvieron de la información disponible en la página electrónica Ocean Color NASA a través de la herramienta en línea Giovanni (por sus siglas en ingles). <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/giovanni>.

Los datos de TSM fueron tomados del satélite en órbita MODIS-Terra a 4 micrones a una resolución espacial de 9 km, el cual representa a Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer que se encarga de observar la tierra durante la mañana. Por otro lado los datos de la clorofila se obtuvieron del sensor SeaWiFS de 9 km de resolución el cual sólo cuenta con ocho bandas utilizadas para la observación y corrección atmosférica. Ambos datos de TSM y Clorofila fueron consideradas con las siguientes latitud y longitud:

Villa Cuauhtémoc Latitud (21.606534912404, 22.234060885671), Longitud (-97.532214490122, -96.758641978023) **Tamiahua:** Latitud (21.092376708993, 21.441192626961), Longitud (-97.421264648346, -97.226257324127); **Tuxpan:** Latitud (20.938568115224, 21.130828857412), Longitud (-97.31002807617, -97.169952392576); **Tecolutla:** Latitud (20.657043457035, 20.898742675785), Longitud (-97.198791503904, -96.847229003904); **Nautla:** Latitud (19.970397949259, 20.338439941446), Longitud (-96.622009277317, -96.16607666013); **Veracruz:** Latitud (19.054412841798, 19.323577880861), Longitud (-96.127624511716, -95.896911621091); **Alvarado:** Latitud (18.792114257813, 18.973388671875), Longitud (-95.817260742188, -95.641479492188); **Catemaco:** Latitud (18.55659484863, 18.673324584958), Longitud (-94.996719360347, -94.877243041988); **Coatzacoalcos:** Latitud (18.147010803219, 18.269233703609), Longitud (-94.586448669439, -94.377708435064).

5.3.2 Análisis de variables ambientales a través de anomalías estandarizadas

En cada zona se analizaron los datos mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) y de la clorofila a lo largo del litoral veracruzano mediante un estudio de series de tiempo mensuales entre 1998-2009. Dichos datos fueron compilados en una hoja de cálculo de Excel y se les calcularon las anomalías y las anomalías estandarizadas para ser utilizadas como variables independientes en los modelos lineales generalizados, para el manejo preciso de los mismos.

Las anomalías estandarizadas de la TSM y clorofila se definieron como el valor del dato (TSM y clorofila) menos el promedio mensual de los años analizados: $t_1 - T$; donde $t_1 = 1, 2, 3, \dots, n$ (Hernández, 2002) entre la desviación estándar de la serie de TSM y clorofila ecuación (1 y 2).

$$\text{anomalía estandarizada tsm} = \frac{(t_{1,2,3\dots} - \bar{x}_{\text{mensual tsm}})}{s_{\text{tsm}} \sqrt{\frac{\sum(\bar{x}-x)^2}{n}}} \quad (1)$$

$$\text{anomalía estandarizada clorofila} = \frac{(t_{1,2,3\dots} - \bar{x}_{\text{mensual clorofila}})}{s_{\text{clorofila}} \sqrt{\frac{\sum(\bar{x}-x)^2}{n}}} \quad (2)$$

Para convertir los datos de la TSM de variable continua a variable categórica se calculó la diferencia de cada dato con respecto a la mediana. El resultado de este proceso sirve para establecer las siguientes categorías de acuerdo a: -1 TSM frías; 0 TSM en promedio y 1 TSM cálidas; agrupándose en tres categorías donde:

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

5.3.3 Índice de oscilación del sur IOS

La idea de utilizar este índice fue para ejemplificar que los cambios en las modificaciones interanuales de sierra y peto son modificados por factores ambientales de gran escala. A la diferencia de los valores superficiales normalizados de presión atmosférica media mensual entre la región de baja presión Darwin (Australia) y la región de alta presión Tahití (Pacífico Oriental) se le conoce como *Índice de la Oscilación del Sur* (IOS) (Walker, 1924). Ambos valores funcionan sobre el océano Pacífico tropical, de la siguiente manera: la isla de Tahití representa el comportamiento de la presión atmosférica en la parte oriental-central; Darwin representa el comportamiento de la presión atmosférica de la parte occidental. Este índice tiene dos fases una negativa y una positiva; la *fase negativa* se conoce como El niño donde existe un descenso de la presión atmosférica superficial en el lado tropical, central y este del océano Pacífico y una *fase positiva* conocida como La niña, aquí la presión atmosférica superficial aumenta (IMNC, 2009).

Las series de tiempo mensuales de la presión atmosférica se obtuvieron de la información disponible en la página electrónica del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica www.imn.ac.cr/educacion/enos/oscil_sur1.

Esta serie de tiempo se trabajó con sus datos anuales del periodo en análisis, a cada estudio se le realizó una correlación y el valor de significancia p , para comprobar la relación que existe con las series de captura de sierra y peto.

5.4 Análisis de series de tiempo

Los análisis de series de tiempo son una técnica que consiste en representar los resultados de una variable aleatoria, en este caso la captura de sierra y peto, mediante intervalos de tiempo de igual distancia entre ellos (Hillier & Lieberman, 1995), en este caso se tomaron datos mensuales y anuales. El periodo de análisis fue de 1998 a 2009, en donde se describió el patrón de comportamiento de los volúmenes de capturas de sierra y peto. Hillier & Lieberman (1995) refieren que existen tres patrones típicos de series de tiempo, el primero (a) son las fluctuaciones aleatorias en torno a un nivel constante, lo cual muestra una serie temporal que pudiera observarse si los procesos de generación estuvieran representados en un nivel constante superpuestos con fluctuaciones aleatoria; el segundo (b) es una tendencia

linear, muestra una serie temporal que pudiera ser observada si los procesos de generación fueran representados por una tendencia lineal superpuesta con una fluctuación aleatoria; el tercero (c) es un nivel constante de efectos estacionales, la cual muestra una serie temporal que pudiera ser observada si los procesos de generación fueran representados por un nivel constante superpuestos con efectos estacionales (Figura 4). Estas series de tiempo son utilizadas para describir el pasado y poder dar una predicción lógica de lo que pudiera ocurrir en el futuro (Hillier & Lieberman, 1995).

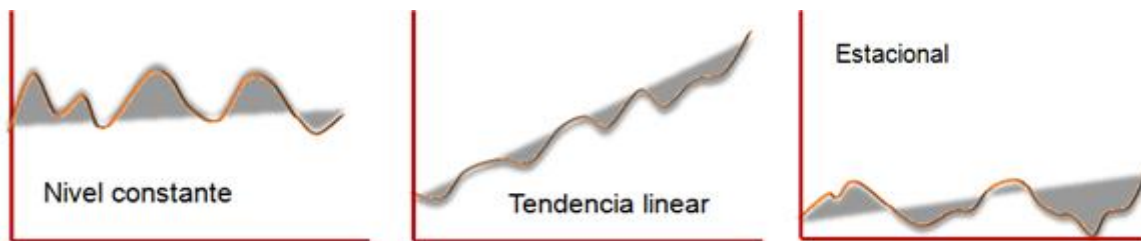


Figura 4. Patrones típicos de series de tiempo (a) Fluctuaciones aleatorias entorno a un nivel constante, (b) una tendencia lineal y (c) nivel constante de los efectos estacionales (Hillier & Lieberman, 1995).

Para el análisis de las series de tiempo los datos de las capturas se analizaron mediante el método SSA Caterpillar (*Singular Spectrum Analysis*), el cual es una técnica de modelo libre de análisis de series temporales que identifica y extrae los componentes oscilatorios de la serie original. Este método combina las ventajas de otros métodos, como el análisis de Fourier y de regresión con la simplicidad de la ayuda de control visual. A pesar de emplear hechos probabilísticos y estadísticos en el análisis de la estacionalidad y componentes principales, este método no es estadístico, ya que no realiza ningún supuesto estadístico cuando se realiza el análisis y las propiedades de los algoritmos. Este método descompone las series temporales en componentes principales (valores y vectores propios), mediante la transformación de la serie original, después la descomposición de valores singulares y por último la reconstrucción de la serie de tiempo original, lo cual nos da como resultado la descomposición de la serie en varios componentes los cuales nos permiten identificar las tendencias (serie con la eliminación de ruido), estacionalidad (serie de oscilaciones) y los componentes de ruido (componentes aperiódicos de la serie) (Golyandina *et al.*, 2001). El

programa SSA Caterpillar para usar esta técnica se puede obtener en la página electrónica <http://www.gistatgroup.com/cat/>

5.5 Relación de las capturas con parámetros ambientales y modelos lineales generalizados (MLG).

La región occidental del golfo de México es conocida por su riqueza en recursos naturales y su producción pesquera principalmente en los estados de Veracruz, Campeche y Tabasco (García-Cuellar, 2004). Debido a esta alta productividad ha crecido el interés sobre la oceanografía biológica y pesquera de estos estados, tomando como puntos de referencia dos factores de suma importancia como son la clorofila y la temperatura superficial del mar, las cuales ayudan al entendimiento de las fluctuaciones en el océano y su efecto en la estructura del ecosistema (Manzano-Sarabia & Salinas-Zavala, 2008) de ahí que la clorofila sea considerada como índice de biomasa fitoplanctónica (Contreras, 1994) o como un indicador del mismo (Lluch-Cota, 2002); por otro lado la temperatura superficial del mar es considerada como factor importante que influye en los patrones de distribución y crecimiento de las poblaciones marinas (Dower *et al.*, 2000). Existen diferentes métodos enfocados a la estimación de las relaciones entre las capturas y las fluctuaciones de factores ambientales, como los modelos lineales generalizados, los cuales son una herramienta útil para explicar la variación de las capturas de peces, permitiendo utilizar variables físicas y variables categóricas en series de tiempo (Punt *et al.*, 2000). La importancia de este modelo es que a diferencia de los métodos multivariados, éste explica las interacciones de cada una de las variables independientes respecto a la dependiente.

5.5.1 Análisis de datos para la creación de modelos lineales generalizados (MLG).

La aplicación del MLG para este análisis fue como método alternativo del análisis de regresión lineal múltiple, debido a que los MLG son considerados en estadística como analizadores de series de captura en función del tiempo (Maunder & Punt 2004).

Para la creación del modelo se empleó el logaritmo natural de la serie de captura de sierra y peto, ya que es más fácil describir las capturas cuando su varianza es proporcional con su media al cuadrado (Punt *et al.*, 2000) por lo que se procedió a elegir: a) una variable respuesta; b) una distribución probabilística para la variable respuesta (normal, exponencial, Poisson, binomial, gamma); c) una función vínculo apropiada a la distribución y d) un grupo de variables explicativas (Maunder & Punt 2004).

Tipo de análisis: es un diseño general personalizado con distribución de análisis normal y una función de enlace de identidad. En el presente trabajo se utilizó la distribución normal con función vínculo identidad y la bondad del ajuste de cada modelo la cual se realizó con la prueba de verosimilitud.

Las capturas de las zonas de pesca de sierra y peto para la aplicación del modelo, se ajustaron mediante el análisis de comparación de Kruskal-Wallis, para determinar zonas viables para la creación del modelo.

Respecto al peto, se conjuntaron las zonas centro y sur en una sola: *zona sur*; debido a que estas dos zonas son diferentes significativamente de la zona norte de acuerdo con los resultados de Kruskal-Wallis.

De esta manera los MLG se crearon con las siguientes variables (Tabla 2):

La variable dependiente (*Variable respuesta*) en todo momento fue: el logaritmo de la captura de sierra y peto.

Las variables independientes (*Variable predictora*) fueron: anomalía estandarizada de clorofila, zona de pesca para sierra y peto; y categoría de temperatura

Una vez identificadas las variables se toman en cuenta las interacciones resultantes entre cada una de ellas respecto a los datos de captura de sierra y peto, de esta manera se crearon dos modelos para cada especie donde:

Tabla 2. Modelo creado para sierra y peto.

Modelo
Variable dependiente: logaritmo captura de sierra (a) y peto (b)
Variables independientes: Año Zona pesca para sierra (norte, centro y sur) Zona pesca para peto (norte y sur) Categoría de temperatura Anomalía estandarizada de clorofila
Interacciones: Año-categoría de temperatura Zona pesca para (sierra y peto)-categoría de temperatura

6. Resultados

6.1 Zonas de estudio

La distribución de las zonas de pesca consideradas para este trabajo se presenta en la figura 5.

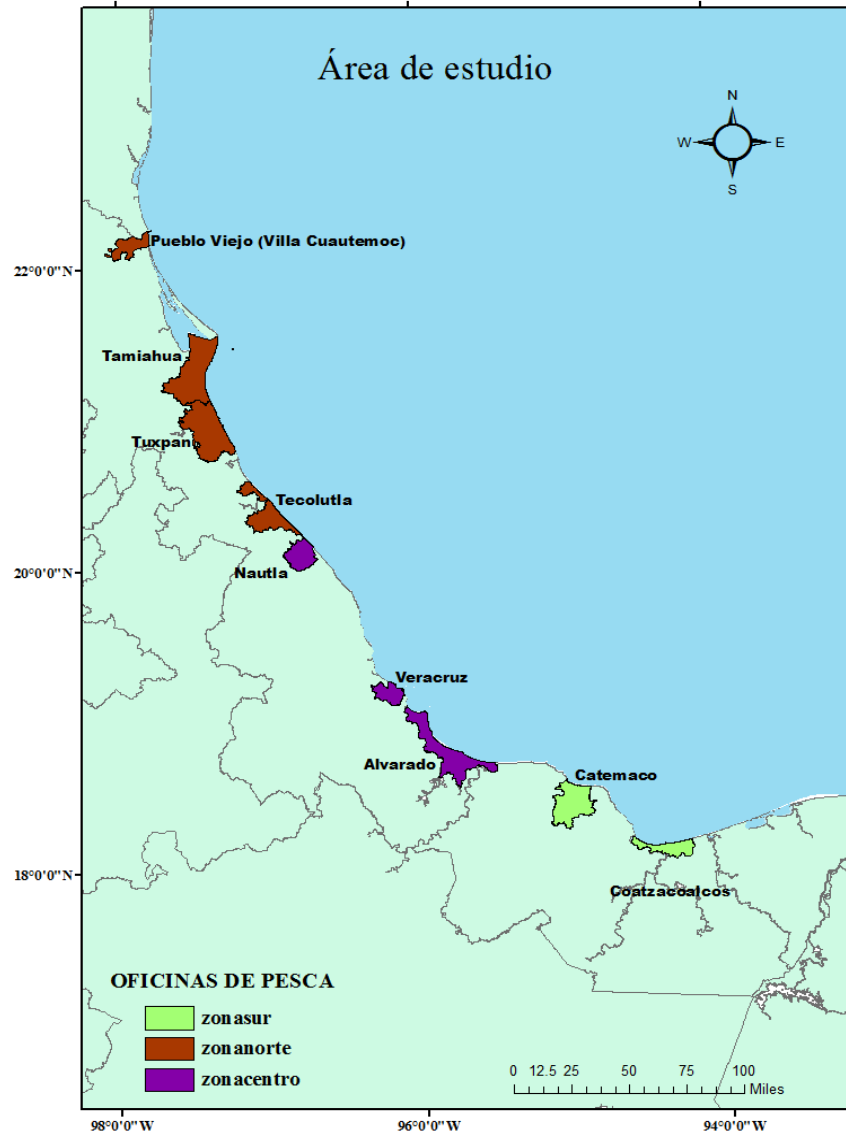


Figura 5. Ubicación de las oficinas de pesca en Veracruz como área de estudio.

6.2 Variación espacio-temporal de las capturas de sierra y peto.

La captura estatal total de sierra y peto para el periodo de 1998 a 2009 fue de 16,321 ton y de 18,346 ton, respectivamente. Durante este periodo se puede observar una tendencia decreciente en la captura de ambos recursos (Figura 6).

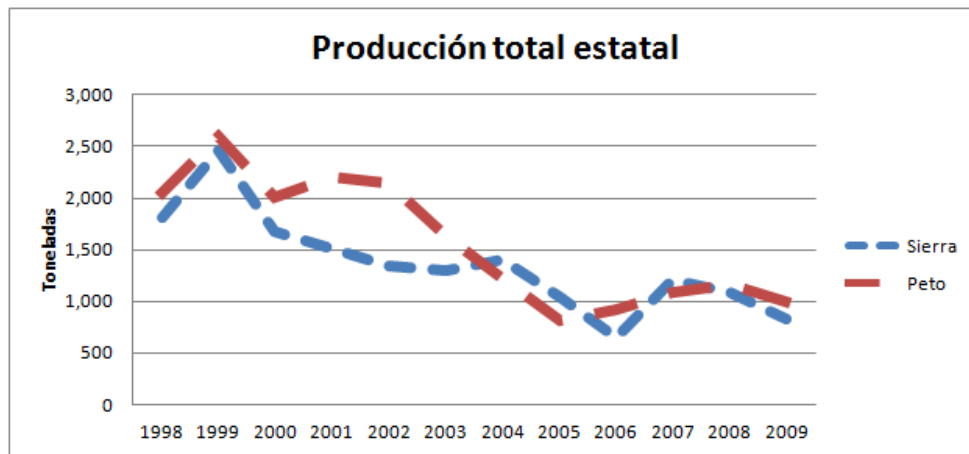


Figura 6. Tendencias de captura anual de peto y sierra para el estado de Veracruz.

6.2.1 Volumen de captura

De las trece oficinas de pesca que se encuentran a lo largo del litoral veracruzano, solo nueve presentaron registros de captura para sierra y peto, las cuales fueron, de norte a sur: Villa Cuauhtémoc, Tamiahua, Tuxpan, Tecolutla, Nautla, Veracruz, Alvarado, Catemaco y Coatzacoalcos.

La figura 7 presenta la captura de sierra por oficina de pesca con valores máximos registrados de la serie de estudio. Las oficinas que presentan los mayores volúmenes promedio de captura son Catemaco con 491 ton y Coatzacoalcos con 197 ton. Las mayores capturas en el periodo se registran en las oficinas de Catemaco (≈ 900 ton) y Coatzacoalcos (≈ 400 ton) durante el año 1999, aunque las capturas en las oficinas de Veracruz y Alvarado repuntan al final. La captura en la oficina de Catemaco es mayor que en todas las oficinas hasta el 2007, donde decae alrededor de 200 ton de captura en 2008 manteniéndose así en 2009, presentando una notoria tendencia a la baja. Por otro lado la oficina de Coatzacoalcos tuvo capturas variables ya que en 1999 y 2003 presentó una mayor captura a diferencia del

resto de las oficinas a (≈ 200 ton) de captura, en esta oficina se observan también dos picos decrecientes en el 2002 y 2007 de menos de 200 ton.

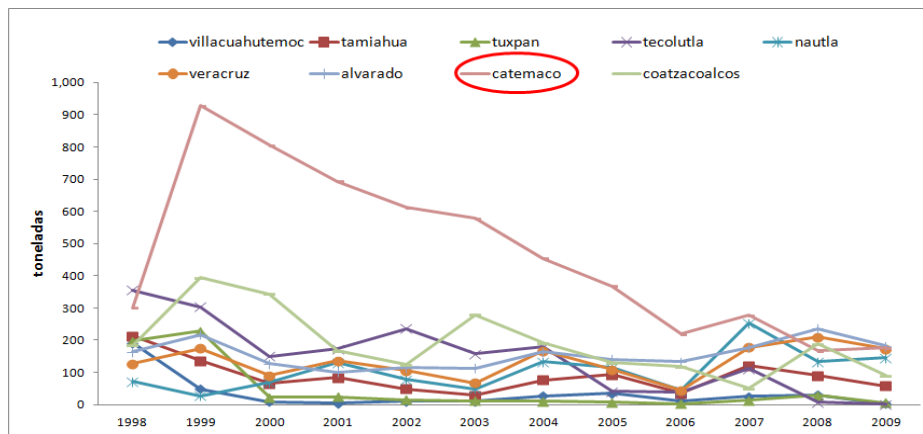


Figura 7. Captura anual de sierra por oficina de pesca en el estado de Veracruz.

La captura de peto por oficina de pesca con máximos valores anuales promedio registrados se encontró en Tecolutla con 727 ton y Veracruz con 287 ton. En la figura 8, se puede observar que, al igual que la sierra, durante 1999 se dio la mayor captura. Por otro lado, se presentan ligeros picos de incremento en la captura de manera oscilatoria, los cuales no coinciden en todas las oficinas para el mismo año. En la oficina de Tecolutla en 1999 y 2002 se observan las mayores capturas de peto con 1,400 y 1,200 ton respectivamente, decreciendo a partir de 2003 con casi 800 ton de captura y desde entonces entre 2004 y 2008, la captura ha disminuido a un promedio de 150 ton por año. Por otro lado, Veracruz se mantiene constante en su captura con un poco más de 400 ton, entre 2001 y 2008, a diferencia de 2003 y 2006 años en los que disminuye a 200 ton.

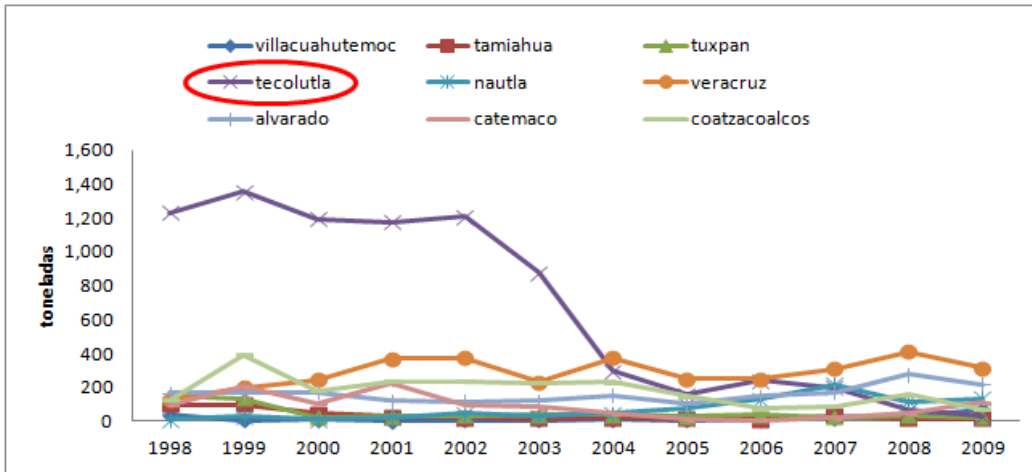


Figura 8. Captura anual de peto por oficina de pesca en el estado de Veracruz.

6.2.2 Análisis exploratorio

Mediante el análisis estadístico exploratorio, se observó que los datos originales de captura mensual de sierra y peto (Figuras 9a y 10a) y transformados mediante logaritmo natural (Figuras 9b y 10b) no presentaron una distribución normal $p < 0.05$.

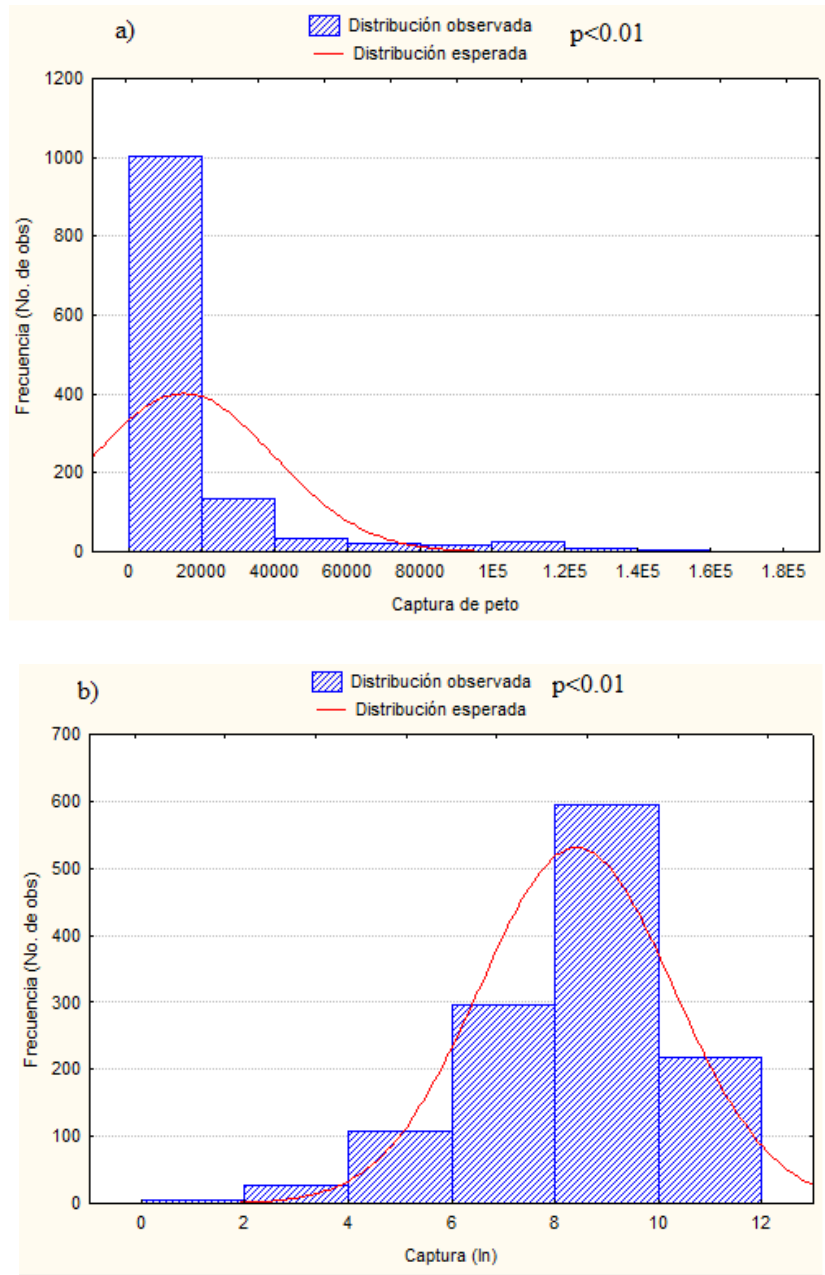


Figura 9. Distribución de la captura mensual por oficina de Peto. a) Datos originales (toneladas) y b) Datos transformados (logaritmo natural).

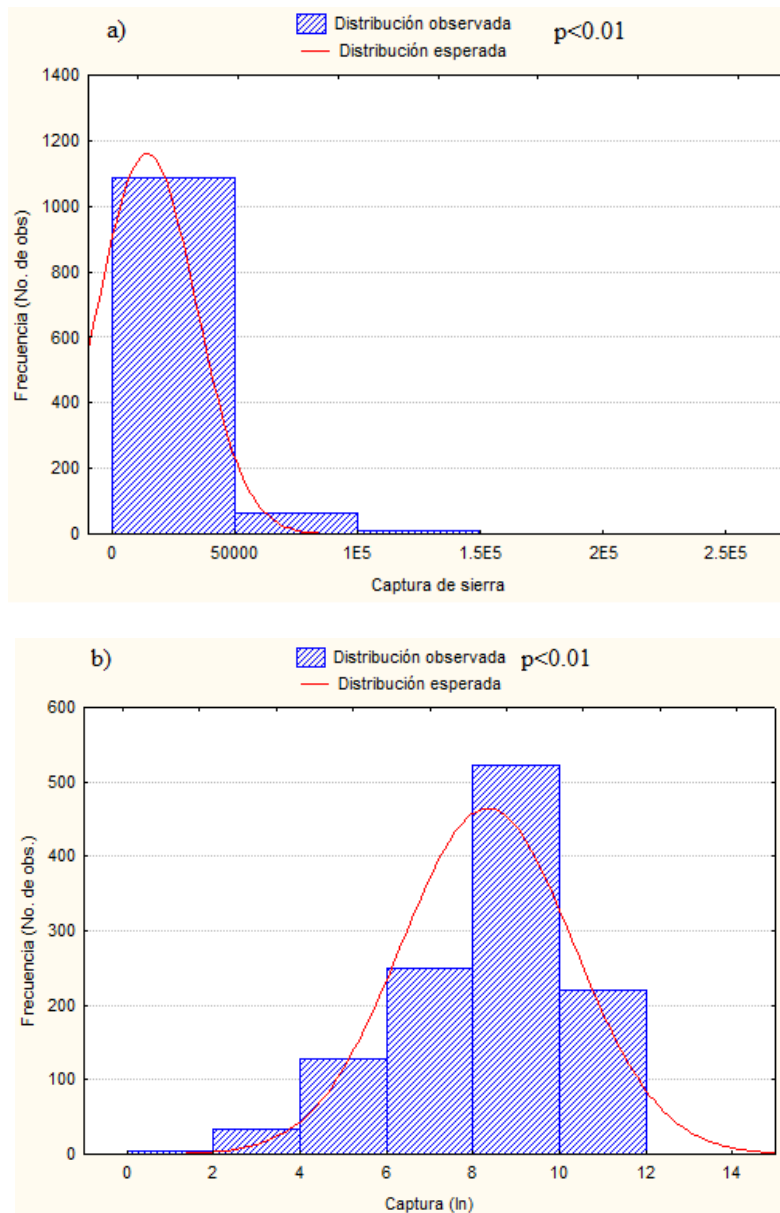


Figura 10. Distribución de la captura mensual por oficina de Sierra. a) Datos originales (toneladas) y b) Datos transformados (logaritmo natural).

6.2.3 Análisis de la captura con método no paramétrico

Sierra

Al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis para la comparación de las capturas promedio de sierra por mes, se encontró que octubre (19,340 Kg), noviembre (10,878 Kg) y enero (9,243 kg) son los meses con mayor captura total (Figura 11). La tabla 3 muestra los valores de

significancia de la prueba de Kruskal-Wallis, en esta se puede observar que, a excepción de los meses de mayores capturas, los demás no presentaron diferencias significativas encontrándose las capturas mensuales entre 2,461 y 7,597 Kg.

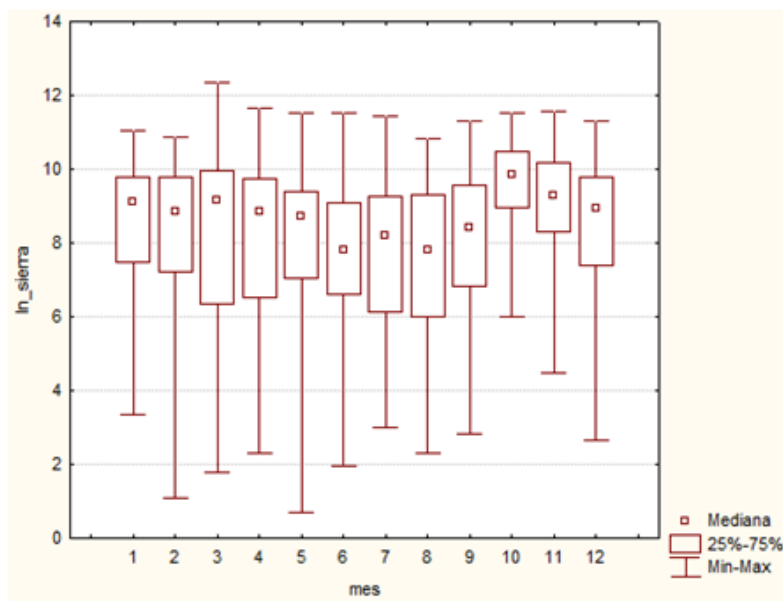


Figura 11. Comportamiento del logaritmo natural de la captura mensual de sierra para 1998-2009.

Tabla 3. Valores de significancia de la prueba de Kruskal-Wallis $p < 0.05$ en la captura mensual de sierra (arriba de la diagonal) y peto (abajo de la diagonal) 1998-2009. Los valores en negritas presentaron diferencias estadísticamente significativas.

SIERRA												
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Enero		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.104236	0.291011	0.033393	1.000000	0.002911	1.000000	1.000000
Febrero	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.423053	1.000000	0.000089	0.541918	1.000000
Marzo	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	0.763026	1.000000	0.303141	1.000000	0.000187	0.810708	1.000000
Abril	0.323363	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000032	0.252154	1.000000
Mayo	0.064243	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000001	0.016419	1.000000
Junio	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	0.000000	0.000045	0.806082
Julio	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	0.000000	0.000252	1.000000
Agosto	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	0.000000	0.000008	0.322965
Septiembre	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		0.000000	0.003426	1.000000
Octubre	1.000000	1.000000	1.000000	0.009067	0.001147	0.072176	1.000000	0.064475	1.000000		1.000000	0.000185
Noviembre	1.000000	1.000000	0.969182	0.007264	0.000916	0.058370	0.867512	0.052061	1.000000	1.000000		0.792915
Diciembre	1.000000	1.000000	1.000000	0.031015	0.004588	0.205568	1.000000	0.187378	1.000000	1.000000	1.000000	

PETO

Al comparar las medianas de las zonas de captura de sierra se encontró que la zona sur tuvo la mayor captura (18,315 kg) y la zona norte la menor (1,478 kg; Figura 12). Al analizar los

volúmenes de captura por zonas, se registraron diferencias significativas en todas las comparaciones ($p < 0.05$; tabla 4).

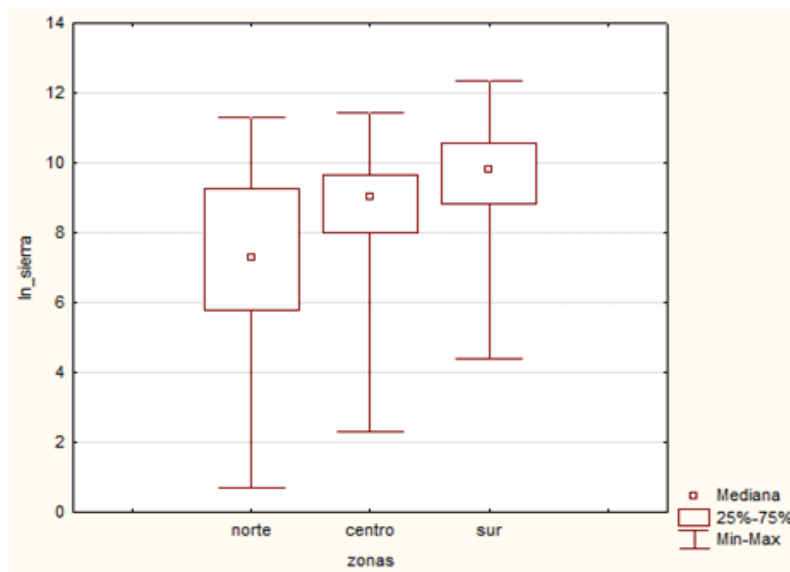


Figura 12. Comportamiento del logaritmo de la captura mensual de sierra por zona 1998-2009.

Tabla 4. Valores de significancia de la prueba de Kruskal-Wallis por zonas de captura de sierra y peto para 1998-2009

SIERRA			
Zonas	Norte	Centro	Sur
Norte		0.00	0.00
Centro	0.00		0.00
Sur	0.00	0.097066	

PETO

La captura anual de sierra de 1998 a 2009 presenta una amplia dispersión sobre todo hacia valores bajos de captura (cola izquierda de la distribución); los valores de la mediana de la captura se han mantenido entre M_e 3 y 13 ton; en 1998 y 1999 se presentaron los valores más altos de captura (M_e 13 ton), de 2000 a 2006 bajaron a (M_e 4.8 ton) y de 2007 a 2009 volvió a incrementar a (M_e 7 ton), sin alcanzar los niveles máximos de captura obtenidos al inicio de la serie. En el resto de la serie no se encontraron diferencias significativas y la captura osciló entre 8,358 y 6,110 Kg (Figura 13). En el análisis de la captura de sierra por

año se observó que 1998 y 1999 son significativamente diferentes $P < 0.05$, en cuanto al resto del periodo estudiado (Tabla 5).

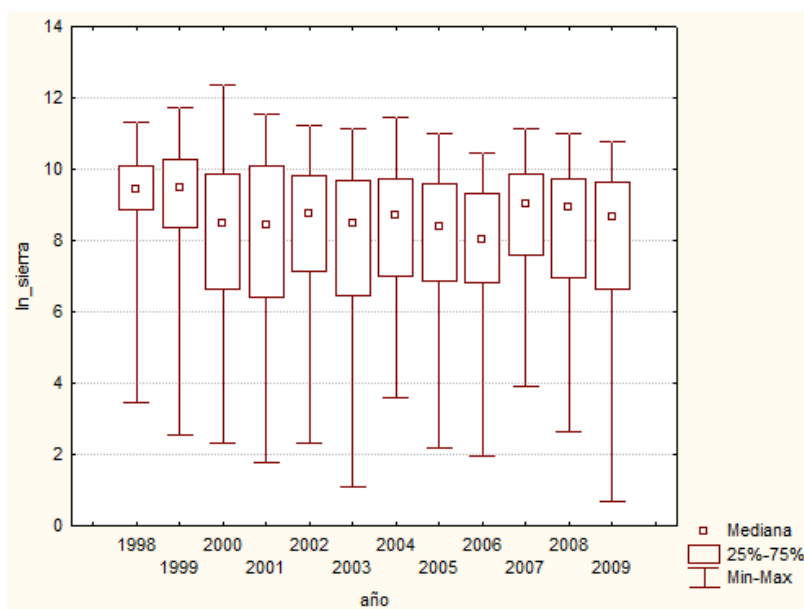


Figura 13. Comportamiento del logaritmo de la captura anual de sierra en el litoral veracruzano durante 1998-2009.

Tabla 5. Valores de significancia de la prueba de Kruskal-Wallis para la captura de sierra y peto de 1998 a 2009. En negritas se presentan las diferencias significativas $p < 0.05$

SIERRA												
AÑO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1998		1.000000	0.039379	0.018915	0.102323	0.009099	0.236875	0.002490	0.000021	1.000000	0.055701	0.003677
1999	1.000000		0.059147	0.028970	0.150101	0.014388	0.337402	0.004096	0.000039	1.000000	0.083431	0.005899
2000	1.000000	0.557045		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
2001	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
2002	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
2003	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
2004	1.000000	0.358913	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
2005	0.203030	0.000682	1.000000	0.658932	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
2006	1.000000	0.049070	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		0.442708	1.000000	1.000000
2007	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000	1.000000
2008	1.000000	0.835520	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		1.000000
2009	1.000000	0.653121	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	

PETO

Peto

Al comparar las capturas mensuales de peto se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), lo que indica que existe variación en la captura del recurso a lo largo del año (Tabla 3). Durante abril y mayo las capturas fueron superiores (10,134 y 12,304 kg) a las registradas en los tres últimos meses del año (3,657, 3,838 y 4,795 kg). El resto de los meses no presentaron diferencias significativas entre sí, manteniéndose los valores entre de 4,947 a 8,270 kg (Figura 14).

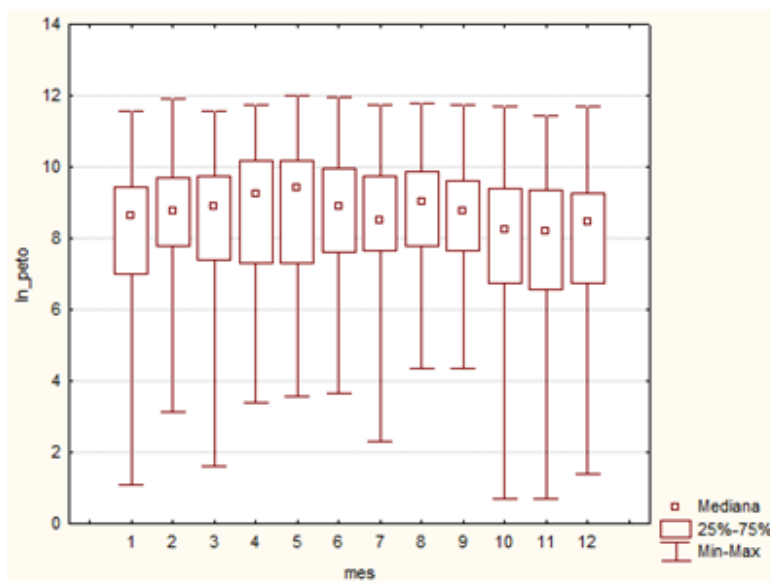


Figura 14. Comportamiento del logaritmo de la captura mensual de peto para el período 1998-2009

Respecto a la captura mensual por zonas para peto, no se encontraron diferencias significativas entre la zona centro y la sur $p < 0.05$ (Tabla 4). En la zona norte las capturas son menores (2,031 kg) que en la zona centro donde se obtuvieron las mayores capturas (11,084 Kg) (Figura 15)

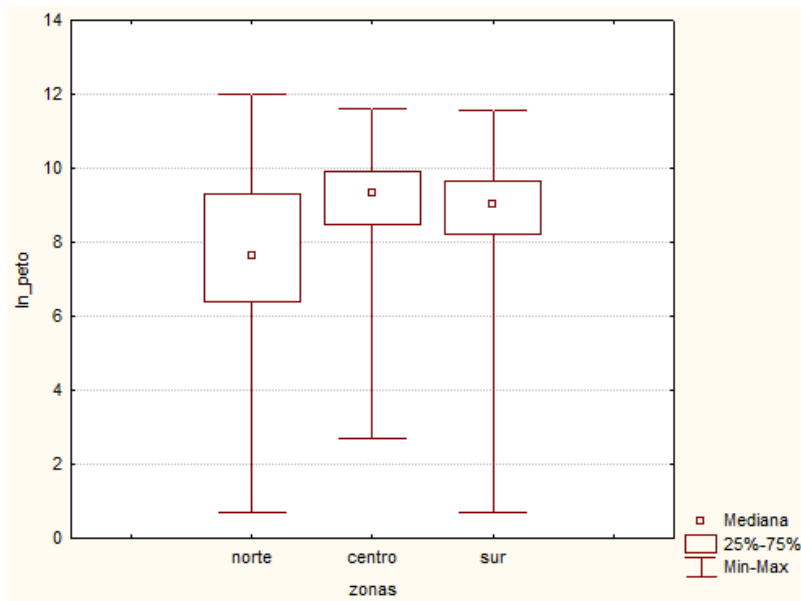


Figura 15. Comportamiento de logaritmo natural de la captura de peto por zona 1998-2009

La captura anual de peto de 1998 a 2009 presenta una dispersión sobre todo hacia valores bajos de captura (cola izquierda de la distribución); los valores de la mediana de la captura para la serie se han mantenido entre M_e 3.7 y 12 ton; en 1999 se presentó el valor más alto de captura (M_e 12 ton), el valor mínimo se dio en 2005 (M_e 3.7 ton). Desde entonces la captura de peto ha disminuido a un promedio de captura entre 2005 y 2009 de (M_e 5 ton). Por tanto, la captura de peto presenta diferencias significativas entre los años 2005 y 2006 respecto al año 1999 (Tabla 5). Durante 1999 la captura fue superior a 12,168 Kg, a diferencia de los años 2005 y 2006 (3,749 y 4,795 Kg) de menor captura, mientras que en los demás años se mantuvo entre 9,460 y 5,190 Kg (Figura 16).

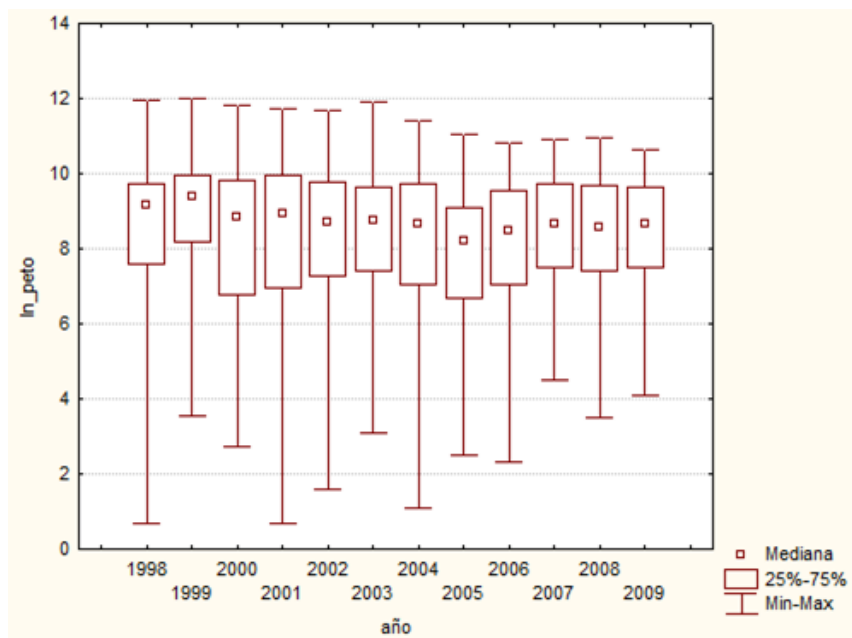


Figura 16. Comportamiento de la captura anual de peto en el litoral veracruzano durante 1998 a 2009.

6.3 Análisis de factores ambientales.

Series de tiempo de temperatura

En la figura 17 se presentan las series de la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM), éstas incluyen la anomalía general para el estado de Veracruz (Figura 17a), y las anomalías de TSM de las tres zonas de estudio (norte, centro y sur) (Figuras 17b, c y d). Se puede observar que, durante el periodo 1998-2009 (Figura 17a), se observaron dos valores extremos: uno frío en el 2001 y otro cálido en el 2006.

En la zona norte (Figura 17b) del estado se observó que predominan las temperaturas frías y que en el 2006 la temperatura fue ligeramente cálida. En la zona centro (Figura 17c) y en la zona sur (Figura 17d) durante el periodo de 1998-2001 se observan valores negativos (fríos) de la anomalía de la TSM, pero cercanas al valor promedio de la serie. Sin embargo a partir del 2002 se puede observar que la TSM se incrementó reflejándose en la zona sur, quien resulta ser la más cálida dentro de las tres zonas. Se puede observar que las temperaturas van de las más frías en el norte a las más cálidas hacia el sur.

En cuanto a la relación que existe entre la captura de sierra y peto para todo el estado con la TSM en el periodo 1998-2009, en 1999 se dio la mayor captura para ambas especies y esto coincide con una anomalía negativa de la TSM (-0.18), que corresponde a aguas frías, sin embargo, no son las aguas más frías de todo el periodo.

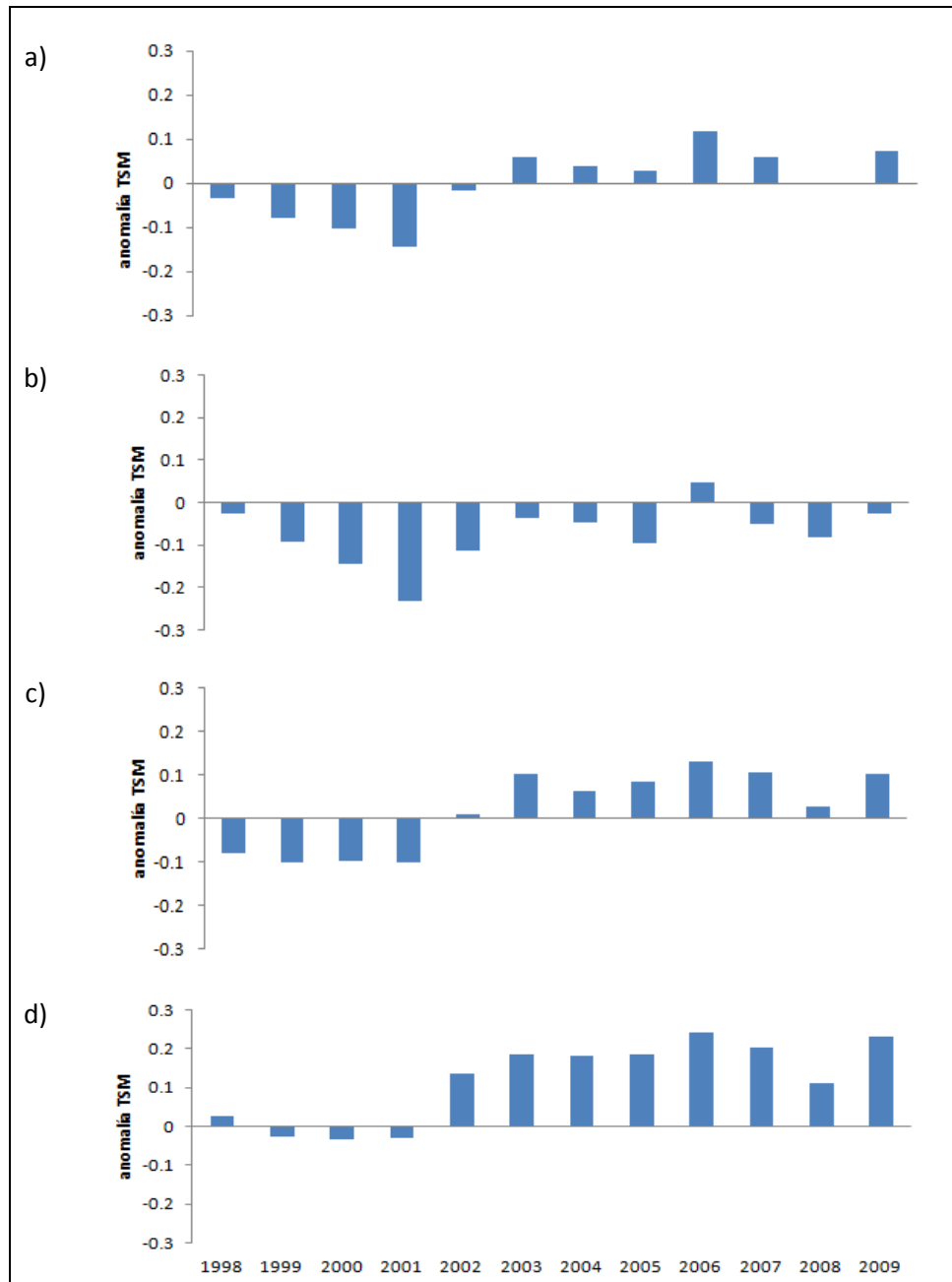


Figura 17. Anomalías de temperatura superficial del mar durante el periodo 1998- 2009. a) Anomalía general; b) anomalía zona norte; c) anomalía zona centro y d) anomalía zona sur.

Series de tiempo de clorofila

La abundancia de clorofilas para todo el estado durante el periodo 1998-2009 (Figura 18a) tuvo anomalías menores a 0.25. Se observó que la abundancia de clorofilas en la zona norte (Figura 18b) y centro (Figura 18c) tuvo anomalías de 0 a -0.5; mientras que en la zona sur (Figura 18d) se observa en los años 1998 a 2001, 2005 y 2006 un incremento de las clorofilas para el periodo, coincidiendo con valores significativo en los registros de captura de sierra y peto, por tanto en esta zona la presencia de clorofilas es alta a diferencia de la zona norte y centro.

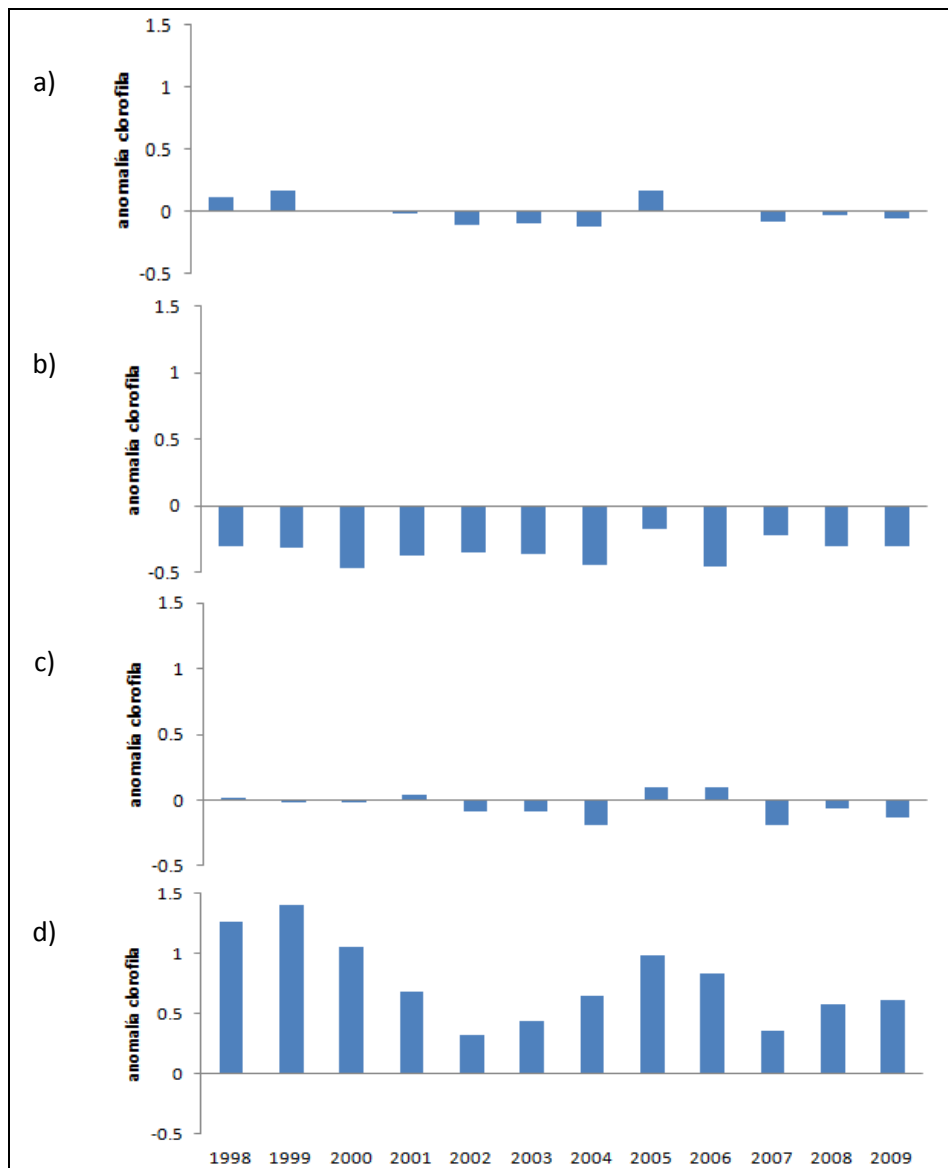


Figura 18. Anomalías de las clorofilas durante el periodo 1998- 2009. a) Anomalía general; b) anomalía zona norte; c) anomalía zona centro y d) anomalía zona sur.

6.3.1 Análisis de correlación

Temperatura-Clorofila

La correlación entre la temperatura y la clorofila anual del periodo estudiado no fue significativa ($r = -0.328$; $p = 0.302$). En los periodos mensuales se encontró una correlación significativa ($r = 0.873$, $p < 0.001$) entre las anomalías al usar las clorofilas del siguiente mes ($t+1$) con las temperaturas del correspondiente mes (t) (Figura 19).

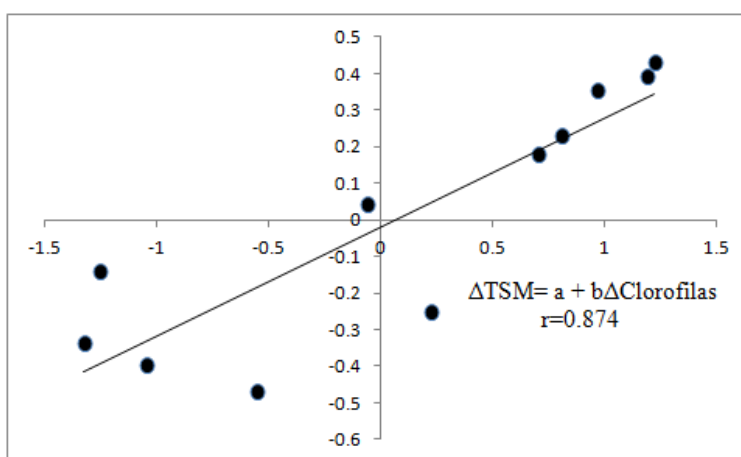


Figura 19. Correlación de la anomalía estandarizada de clorofila ($t+1$) con la anomalía estandarizada de temperatura superficial del mar (t).

6.3.2 Relación de las capturas con los parámetros ambientales

6.3.2.1 Sierra vs TSM

En general se puede observar que la captura tiene una tendencia hacia la disminución durante el periodo en estudio, mientras que la TSM tiene tendencia a aumentar, como se puede observar en la figura (20a).

Al hacer el análisis por zonas (Figura 20b) se observa que en la zona norte de 1998 a 2000, la captura de sierra y la TSM tuvieron un comportamiento similar. Después, se resaltan dos picos de TSM uno en descenso en el 2001 y otro en aumento en el 2006, mientras que la captura presenta tres picos de importancia en 2001, 2004 y 2007. En el 2006 la captura fue completamente opuesta a la TSM.

En la zona centro (Figura 20c) se pueden resaltar dos puntos importantes durante el periodo de estudio el primero de 1998-2001 donde la TSM fue baja mientras la captura de sierra se mantuvo en un punto medio, los picos se dan en 2003 y 2006 cuando la TSM incrementa mientras que la captura de sierra disminuye.

En la zona sur se encontró que a diferencia de las otras zonas, el comportamiento de la TSM con respecto a la captura de sierra es negativo como se puede observar en la figura (20d) donde a mayor temperatura menor captura y viceversa, resaltando dos puntos importantes en 2006 y 2009 donde se observan las temperaturas mayores que corresponden a las capturas más bajas.

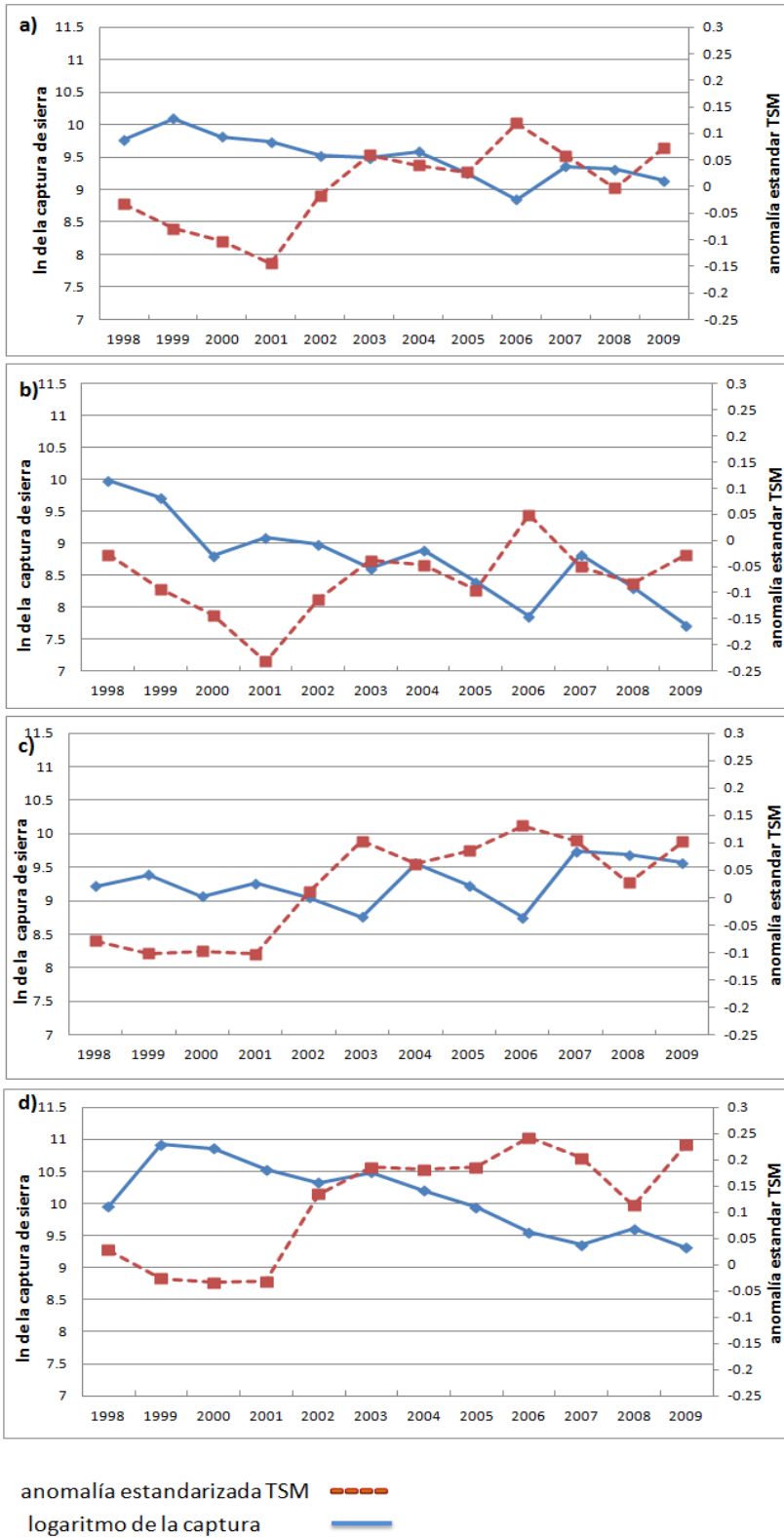


Figura 20. a) Logaritmo de la captura anual de sierra (línea continua) y la anomalía TSM (línea discontinua); b) Zona norte; c) Zona centro; d) Zona sur.

En el análisis de correlación entre las variables se obtuvo el valor de significancia para cada zona, encontrándose que existe una relación significativa entre el logaritmo de la captura anual de sierra y la temperatura anual para todo el estado y con la captura y temperatura anual de la zona sur (Tabla 6).

Tabla 6. Correlaciones y valor de significancia $p < 0.05$ entre la captura de sierra estatal y por zonas y la anomalía de TSM.

SIERRA		
Zonas	<i>r</i>	<i>p</i>
General	-0.815	0.001
Norte	-0.337	0.283
Centro	-0.023	0.942
Sur	-0.735	0.006

6.3.2.2 Peto vs TSM

La captura anual de peto en el periodo de estudio, presenta una relación con la TSM del estado. Se observa que a menor temperatura se registra una mayor captura de peto y viceversa. Resaltan dos puntos: uno donde la captura es alta en los años 1998 al 2002 y el otro donde la captura se mantiene baja del 2006 al 2009, se observa un punto en el 2005 donde la captura es baja (Figura 21a).

La figura 21b representa el logaritmo de la captura anual de peto y la TSM anual de la zona norte del estado de Veracruz, donde se observa que durante 1998 a 2003 la captura fue alta e inversa a la TSM, decreció en 2005 y del 2006 a 2007 se recupera.

La relación entre el logaritmo de la captura de la zona centro con la anomalía de TSM es inversa durante 1998 a 2001, se resaltan dos picos el primero en 2003 donde la temperatura aumenta y la captura de peto disminuye caso contrario en el 2006 la captura aumenta y la temperatura disminuye (Figura 21c).

En la zona sur, el logaritmo de la captura de peto con la anomalía estandarizada TSM mantiene un comportamiento inverso a excepción de 2003 y 2004 donde se observa que ambas variables tienden a comportarse igual (Figura 21d).

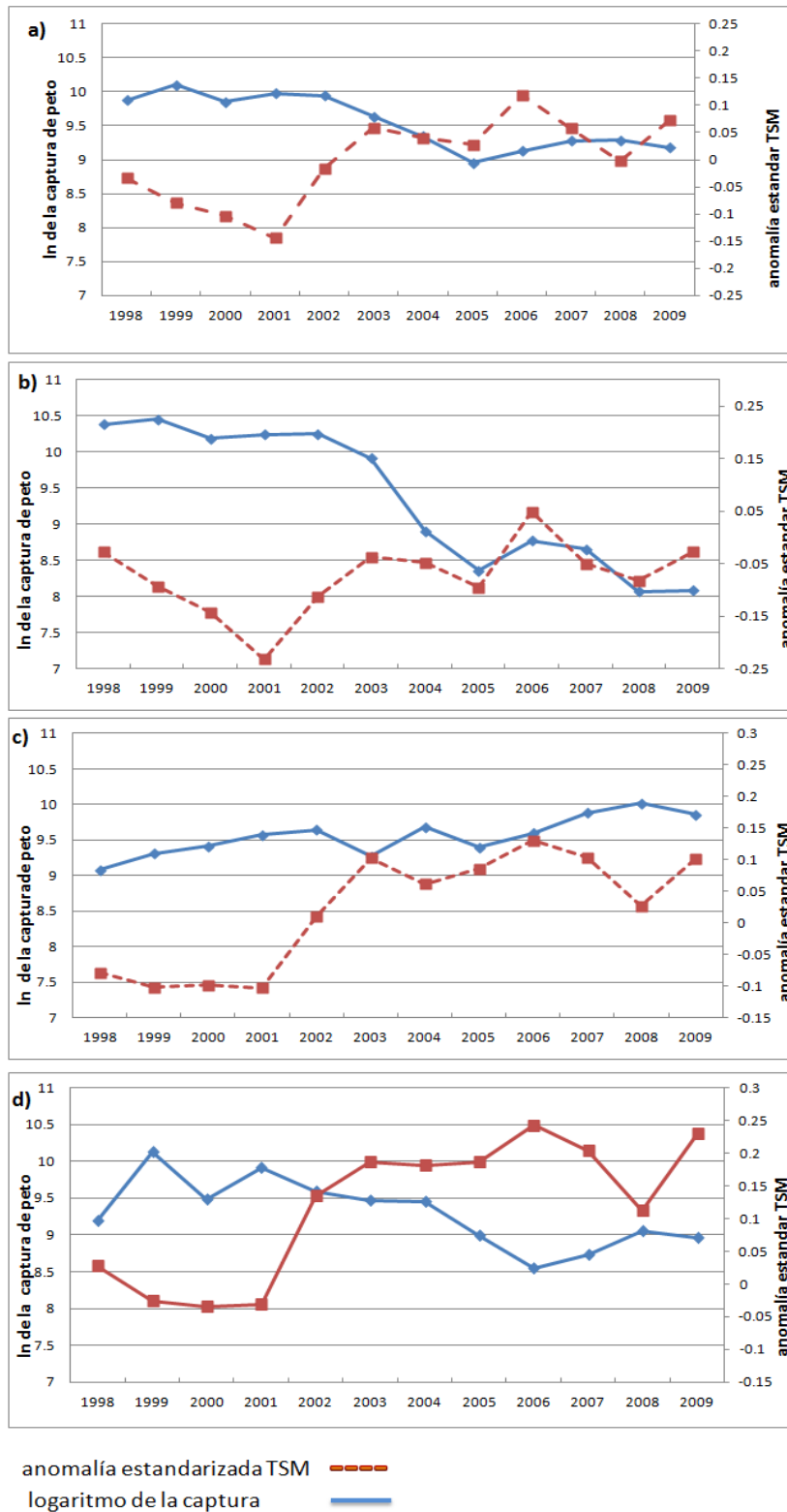


Figura 21. a) Logaritmo de la captura anual de peto (línea continua) y la anomalía TSM (línea discontinua); b) Zona norte; c) Zona centro; d) Zona sur.

El análisis de correlación entre el logaritmo de la captura de peto y la anomalía estandarizada de TSM determinó que la temperatura y captura anual para todo el estado, tienen una relación negativa y significativa. Lo mismo ocurre en la zona sur como se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Correlaciones y valor de significancia $p < 0.05$ entre la captura de peto general y por zonas y la anomalía TSM.

PETO		
Zonas	r	p
General	-0.780	0.002
Norte	-0.420	0.173
Centro	0.437	0.155
Sur	-0.739	0.006

6.3.2.1 Sierra vs Clorofila

Se puede observar que la tendencia general de la captura de sierra ha disminuido durante el periodo en estudio mientras que las clorofilas han tenido variaciones aunque no mayores que la captura. La figura (22a) muestra las anomalías de las clorofilas y los logaritmos de las capturas en Veracruz y cada una de las zonas de estudio (Figura 22).

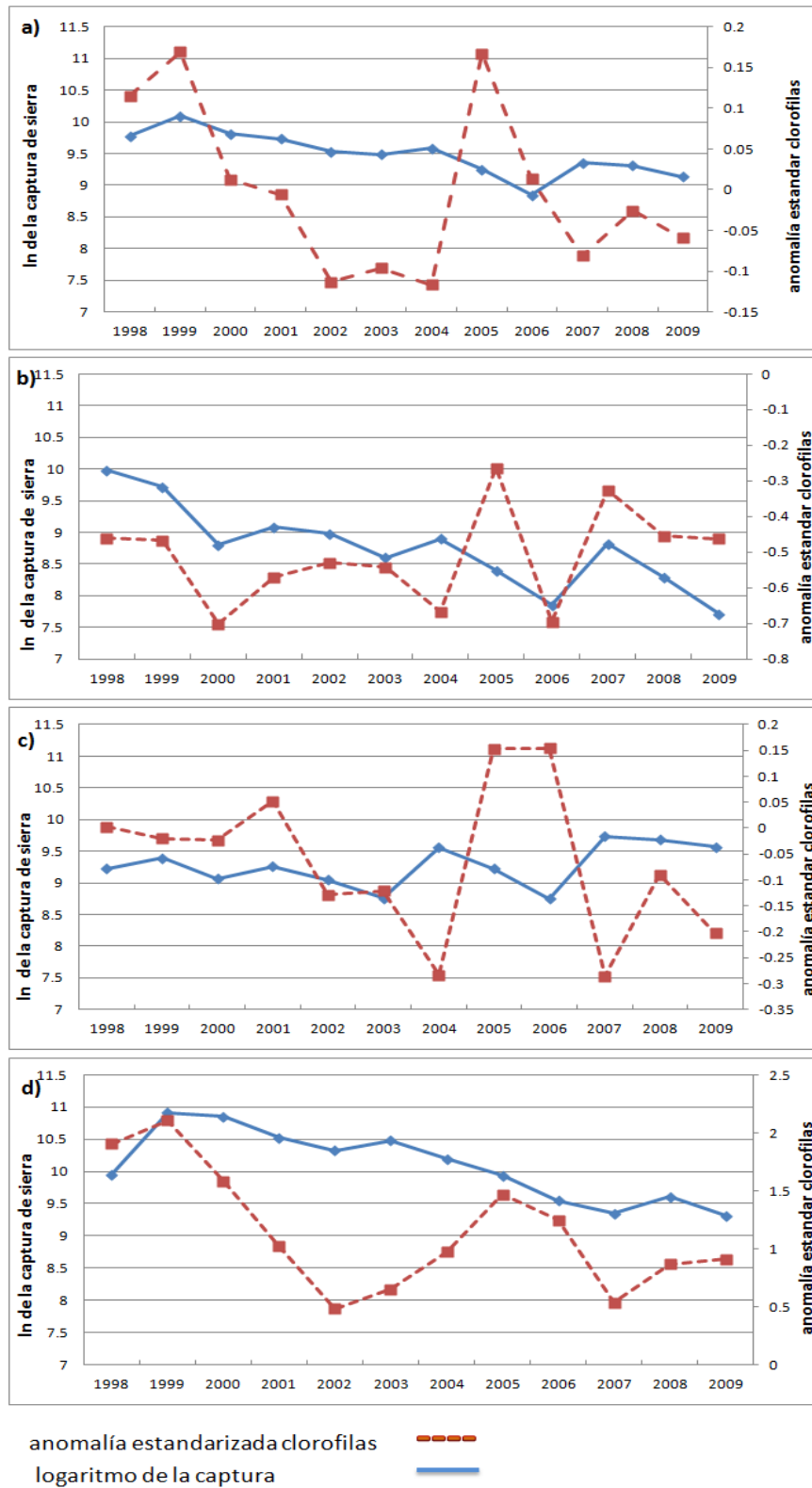


Figura 22. a) Logaritmo de la captura anual de sierra (línea continua) y la anomalía estandarizada clorofila (línea discontinua); b) Zona norte; c) Zona centro; d) Zona sur.

Se realizó un análisis de correlación entre el logaritmo natural de la captura de sierra y la anomalía estandarizada de clorofila para poder determinar si existe una relación y también se obtuvo el valor de significancia para cada zona, encontrándose que no existe una correlación significativa entre estas variables como se puede observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Correlaciones y valores de significancia entre la captura de sierra (general y por zonas) y la anomalía estandarizada clorofila.

SIERRA		
Zonas	<i>r</i>	<i>p</i>
General	0.286	0.366
Norte	0.064	0.842
Centro	-0.567	0.054
Sur	0.393	0.206

6.3.2.4 Peto vs Clorofila

La captura anual de peto del periodo de estudio, no presenta una relación con las anomalías de las clorofilas para todo el estado, ni para las zonas norte, centro y sur. En ninguno de los casos se encontraron correlaciones significativas entre ambas variables (Figura 23; Tabla 9).

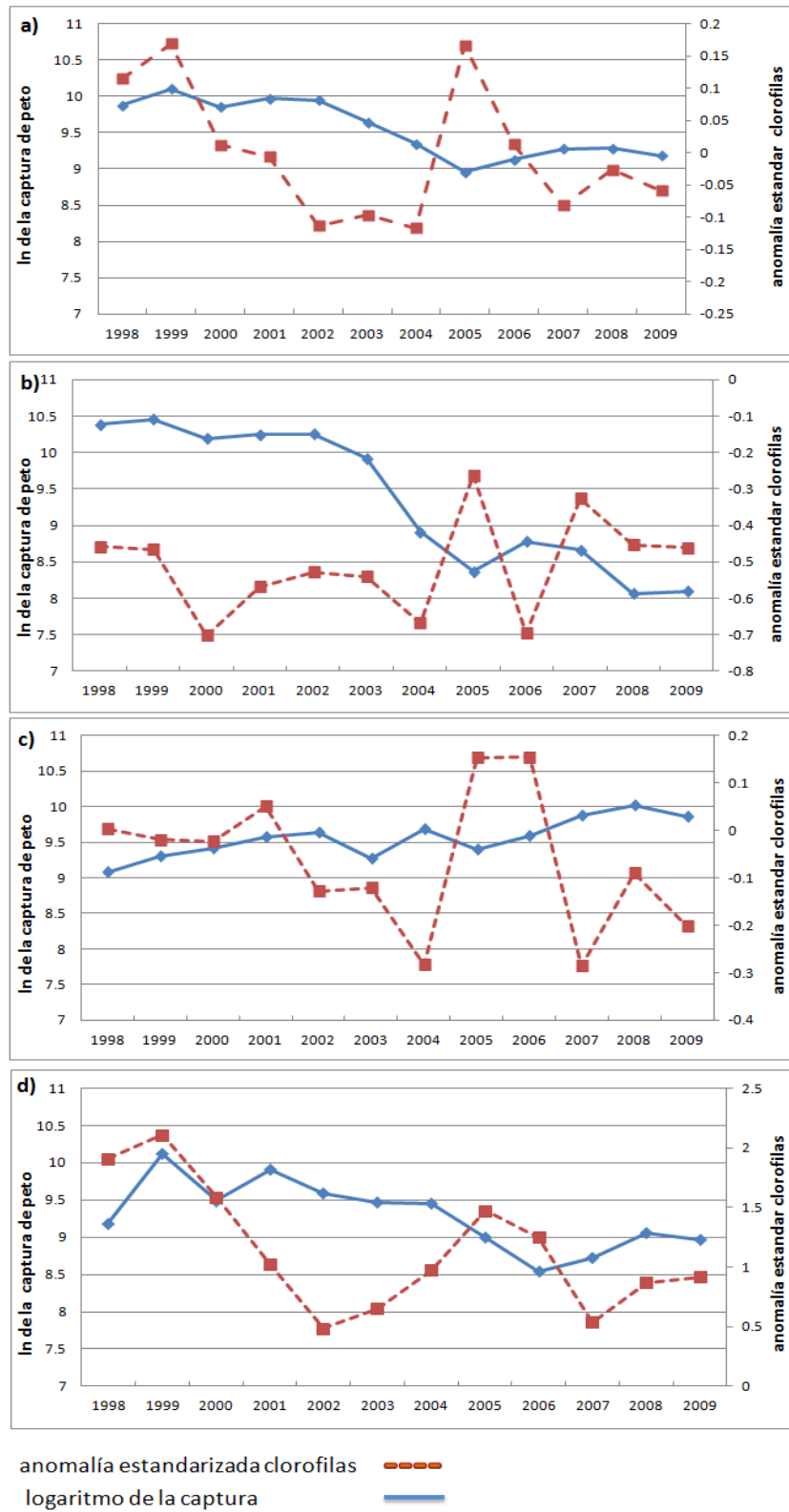


Figura 23. a) Logaritmo de la captura anual de peto (línea continua) y la anomalía estandarizada clorofila (línea discontinua); b) Zona norte; c) Zona centro; d) Zona sur.

Tabla 9. Correlaciones y valor de significancia $p < 0.05$ entre la captura de peto general y por zonas y la anomalía estandarizada clorofila respectivamente.

PETO		
Zonas	<i>r</i>	<i>p</i>
General	0.110	0.733
Norte	-0.328	0.296
Centro	-0.480	0.113
Sur	0.271	0.394

6.3.2.5 Relación de las capturas mensuales de sierra con la TSM y la clorofila

Se puede observar que para la sierra, las mayores capturas ocurren en los meses (octubre, noviembre y enero) en los que las temperaturas se encuentran entre y por debajo del promedio mensual (Figura 24a), cuando las aguas en el estado se encuentran entre un promedio y frías (0.698 a -1.259).

En el caso del peto, el mayor registro de captura es en abril y mayo encontrándose el mismo patrón de aguas promedio y frías (0.22 a -0.558) figura (24b). En esta figura se puede observar que cuando las aguas son cálidas las capturas de sierra y peto disminuyen (Figura 24a) y para ambas especies la mejor captura de acuerdo a las grafica es cuando las aguas son frías.

A pesar de ello, se encontró que no existe una correlación entre la captura mensual de sierra y peto con la TSM mensual (Tabla 11).

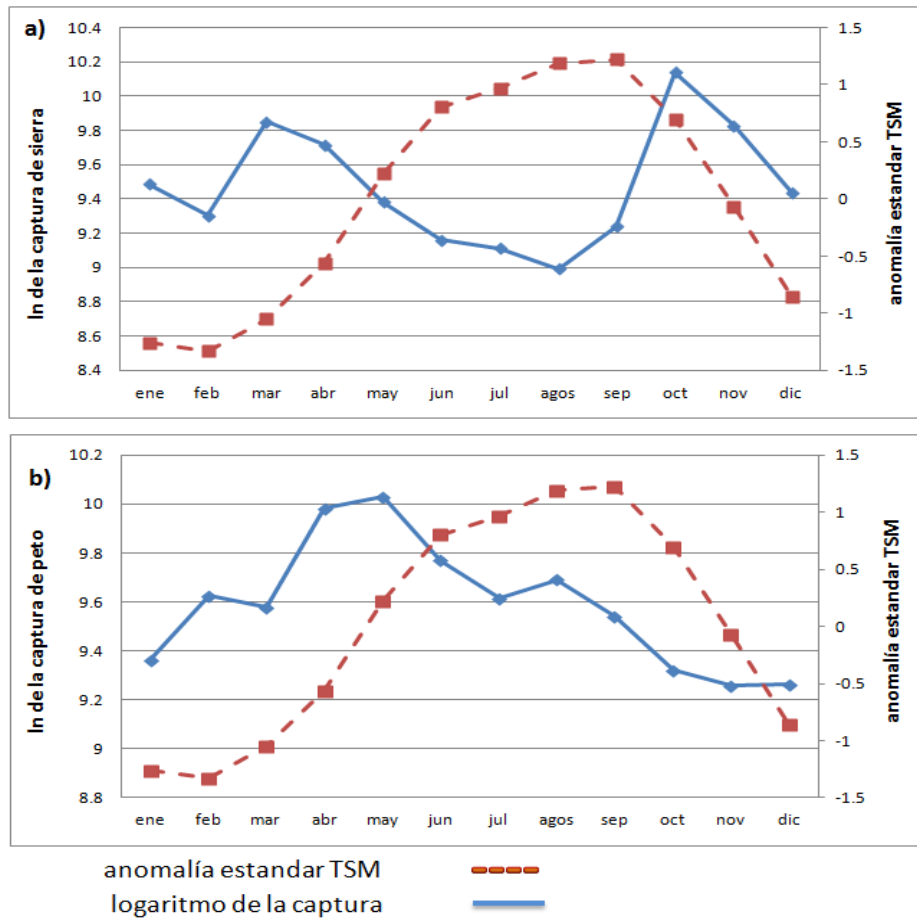


Figura 24. a) Logaritmo de la captura mensual de sierra (línea continua) y la anomalía mensual estandarizada de la temperatura superficial del mar (TSM) (línea discontinua); b) logaritmo de la captura mensual de peto y la anomalía mensual estandarizada TSM.

Respecto a la relación de la captura con las clorofilas, no se encuentra una relación clara entre las variaciones de las clorofilas y las capturas de sierra (Figura 25a). Con respecto a peto se encontró correlación negativa y significativa entre la anomalía y sus capturas mensuales como se puede observar en la Tabla 11.

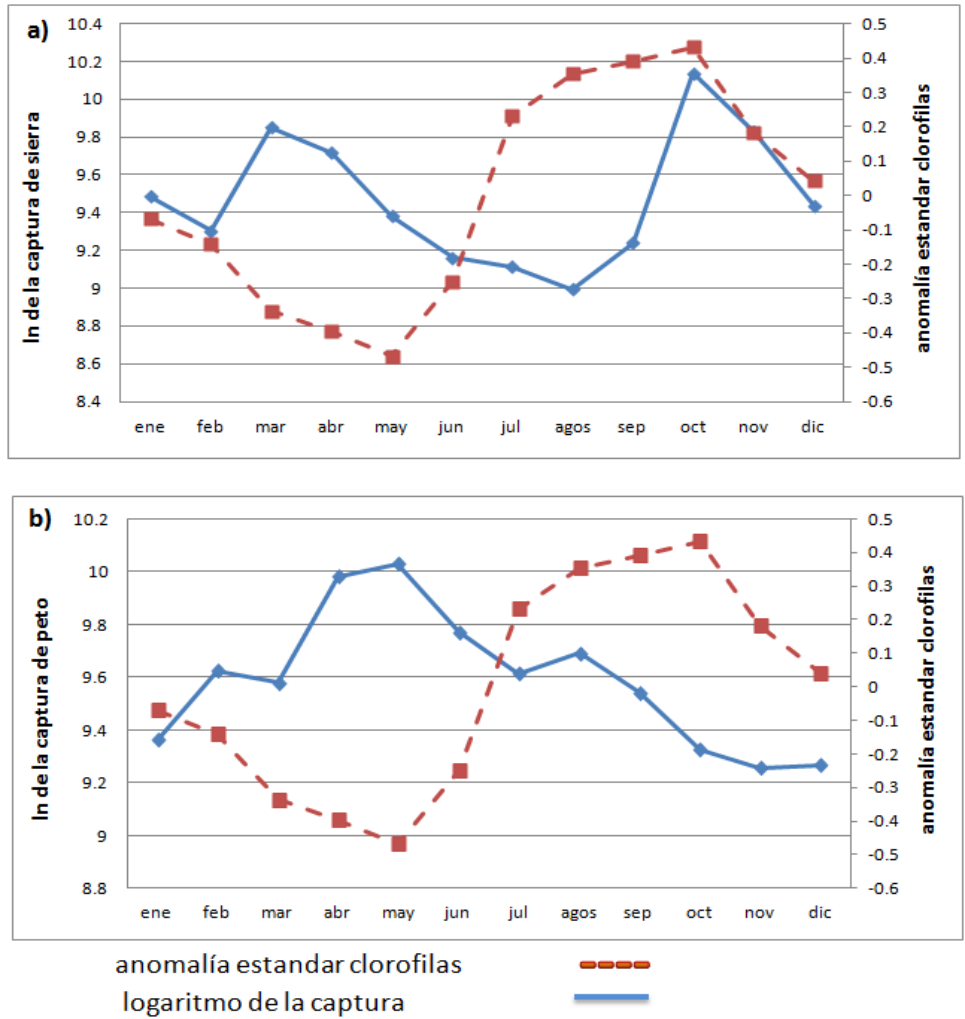


Figura 25. a) Logaritmo de la captura mensual de sierra (línea continua) y la anomalía mensual estandarizada de clorofilas (línea discontinua); b) logaritmo de la captura mensual de peto y la anomalía mensual estandarizada de clorofilas.

Tabla 11. Correlaciones y valor de significancia (p) entre la captura mensual de sierra y la anomalía estandarizada mensual de clorofila.

Especies	SIERRA		PETO	
	r	p	r	p
TSM	-0.355	0.257	0.170	0.596
Clorofilas	-0.060	0.852	-0.613	0.033

El análisis de correlación en un tiempo desfasado de dos meses (t_m+2) mostro que el peto, a diferencia de la sierra, presentó una correlación inversa significativa con esta variable para un estudio mensual a lo largo de todo el estado (Tabla 12).

Tabla 12. Correlaciones y valor de significancia (p) entre la captura mensual de sierra y peto ($tm+2$) y la anomalía estandarizada clorofila mensual.

Especies	Anomalía estandarizada Clorofilas ($tm+2$)			
	SIERRA		PETO	
	r	p	r	p
Clorofilas	0.582	0.077	-0.796	0.005

6.3.3 Relación de las capturas de sierra y peto con el Índice de Oscilación del Sur (IOS).

La captura anual de peto y sierra en el periodo de estudio, no presenta una relación con el IOS. Se puede observar los años que presentaron una anomalía cálida (presión baja) 1999, 2000 y 2008 y una anomalía fría (presión alta) en el 2002. En cuanto al comportamiento de la captura de sierra y peto con el IOS se observa que a mayor presión del IOS mayor es la captura de ambas especies (Figura 26).

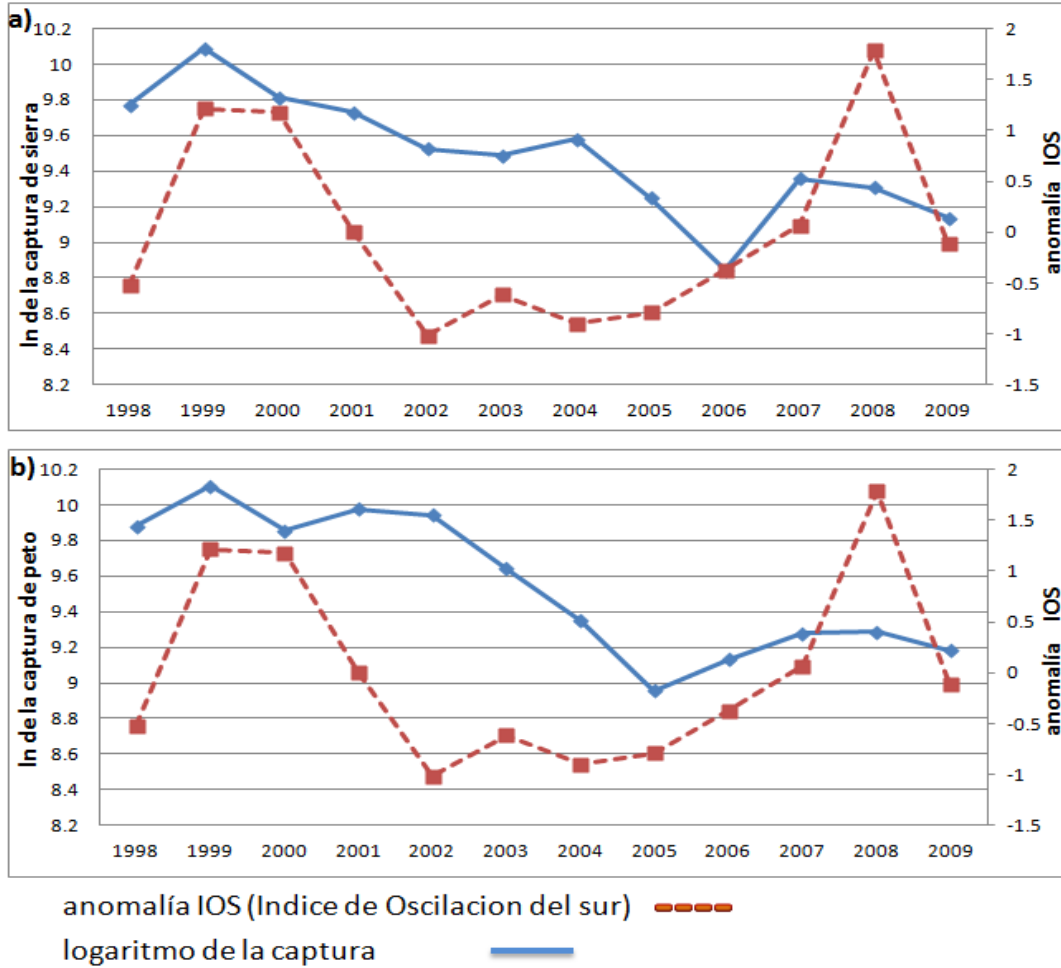


Figura 26. a) Logaritmo de la captura anual de sierra (línea continua) y la anomalía anual Índice de Oscilación del Sur (IOS) (línea discontinua); b) logaritmo de la captura anual de peto y la anomalía anual IOS.

6.4 Análisis con el método SSA Caterpillar (Singular Spectrum Analysis) por oficina de pesca

Se realizó el análisis por oficina de pesca para observar similitudes y diferencias en el comportamiento de las series de tiempo de cada una, agrupándose al final en zonas: **zona norte:** *Villa Cuauhtémoc, Tamiahua, Tuxpan y Tecolutla*; **zona centro:** *Nautla, Veracruz y Alvarado*; **zona sur:** *Catemaco y Coatzacoalcos*.

Sierra

La figura 27 muestra las gráficas de SSA Caterpillar para las oficinas de pesca de la zona norte donde los máximos de captura de sierra se observan en el otoño. En esta zona, la tendencia general es de disminución de las capturas en el período de análisis. La oficina de Villa Cuauhtémoc fue la que menos captura de sierra aportó e incluso en ocasiones no tuvo registros de capturas (Figura 27a). Al analizar los datos en el programa *Caterpillar* se observan tres componentes: una estacionalidad de 12 meses, una biestacionalidad de seis meses y, una tendencia a la baja, como consecuencia de datos sin registro de captura. Las oscilaciones más marcadas son en otoño (octubre a diciembre).

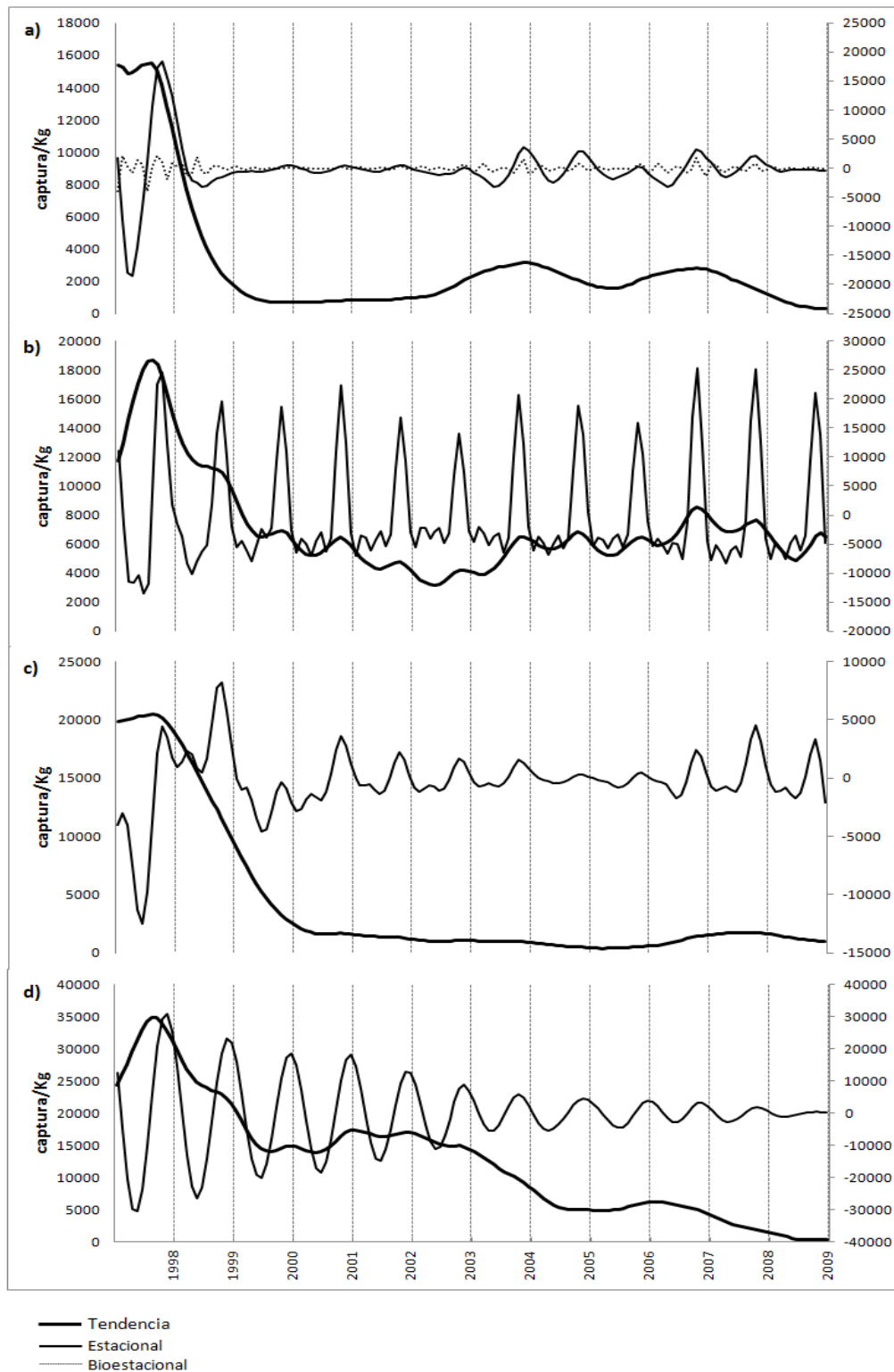


Figura 27. Resultados del análisis SSA Caterpillar para la sierra en la zona Norte de Veracruz. a) Villa-Cuauhtémoc, b) Tamiahua, c) Tuxpan y d) Tecolutla

En la oficina de Tamiahua (figura 27b), se observa una tendencia decreciente de las capturas, con una ligera recuperación a finales del período y una estacionalidad marcada de 12 meses. Se remarca una estacionalidad de mayor captura en los meses de octubre, noviembre y diciembre y los meses de menor captura en marzo, abril y mayo de cada año.

Para la oficina de Tuxpan (figura 27c), se puede observar también una tendencia decreciente de casi 20,000 kg de captura a 2,000 kg en 2008. La estacionalidad no es muy marcada, sin embargo la mayor captura se dan mayormente entre octubre, noviembre y diciembre de cada año.

La oficina de Tecolutla (Figura 27d) presenta una tendencia decreciente partir del 2000 pero se puede apreciar una ligera recuperación de la tendencia en el 2002 volviendo a descender a partir del 2005. En cuanto a la estacionalidad anual el movimiento oscilatorio va descendiendo de 1998 al 2008 donde se pierde la oscilación, dando lugar a un comportamiento de manera similar a la tendencia. Las mayores capturas de esta oficina se observan en octubre, noviembre y diciembre y las menores capturas en abril, mayo y junio de cada año.

La figura 28 presenta los resultados del *Caterpillar* para las oficinas del centro del estado de Veracruz. En estas oficinas los mayores volúmenes de captura se observaron en otoño e invierno, la tendencia en estas oficinas es diferente a las mostradas en las oficinas del norte, ya que el centro cuenta con mayores registros de capturas, además de contar con estacionalidad (12 meses) y biestacionalidad (6 meses) las oscilaciones más marcadas son de octubre a enero en otoño-invierno y de abril a agosto en primavera-verano.

Las capturas en la oficina de Veracruz (Figura 28b) al igual que en la oficina de Nautla (Figura 28a) presentaron una tendencia al aumento durante todo el periodo de estudio, sin embargo, al final del 2008 se puede observar un ligero descenso porque no se obtuvieron registros de capturas en el 2009. Las oscilaciones estacionales son muy marcadas hacia los meses de octubre a diciembre y las menos representativas son de abril a junio. La biestacionalidad podría deberse al movimiento de su migración que se realiza de norte a sur y en sentido opuesto y que es aprovechado para la captura de sierra en ambos movimientos.

Las mayores capturas se observan en septiembre, octubre y noviembre y las menores en agosto.

La oficina de Alvarado (Figura 28c) presenta una tendencia ascendente a partir del 2007, con una estacionalidad que comprende 12 meses y biestacionalidad de 6 meses. Se observa que las oscilaciones estacionales van disminuyendo en su biestacionalidad hacia el sur. Los picos estacionales más representativos se observan de octubre a enero y los menos de junio a agosto. Los picos biestacionales más representativos son de agosto a octubre y los menores son de noviembre a diciembre.

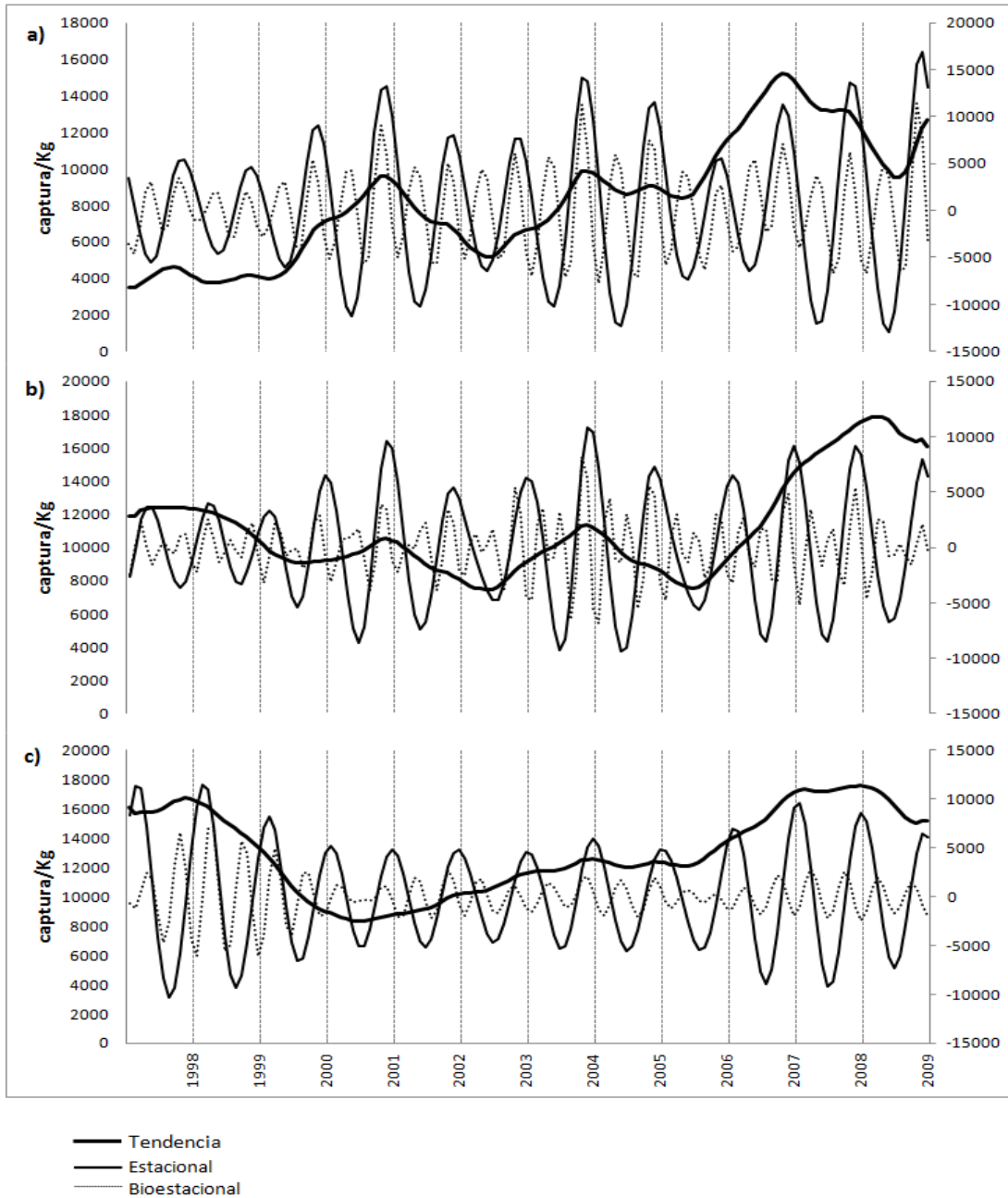


Figura 28. Resultados del análisis SSA Caterpillar para la sierra en la zona Centro de Veracruz. a) Nautla, b) Veracruz y c) Alvarado.

La figura 29 representa las oficinas que se encuentran hacia el sur del estado que son Catemaco y Coatzacoalcos. En las Figuras (29a y 29b) se muestra una tendencia decreciente muy marcada a partir del 2003, las oscilaciones y estacionalidades se presentan

en los meses de primavera de mayo a junio, con una menor oscilación hacia el sur en los meses de septiembre a diciembre.

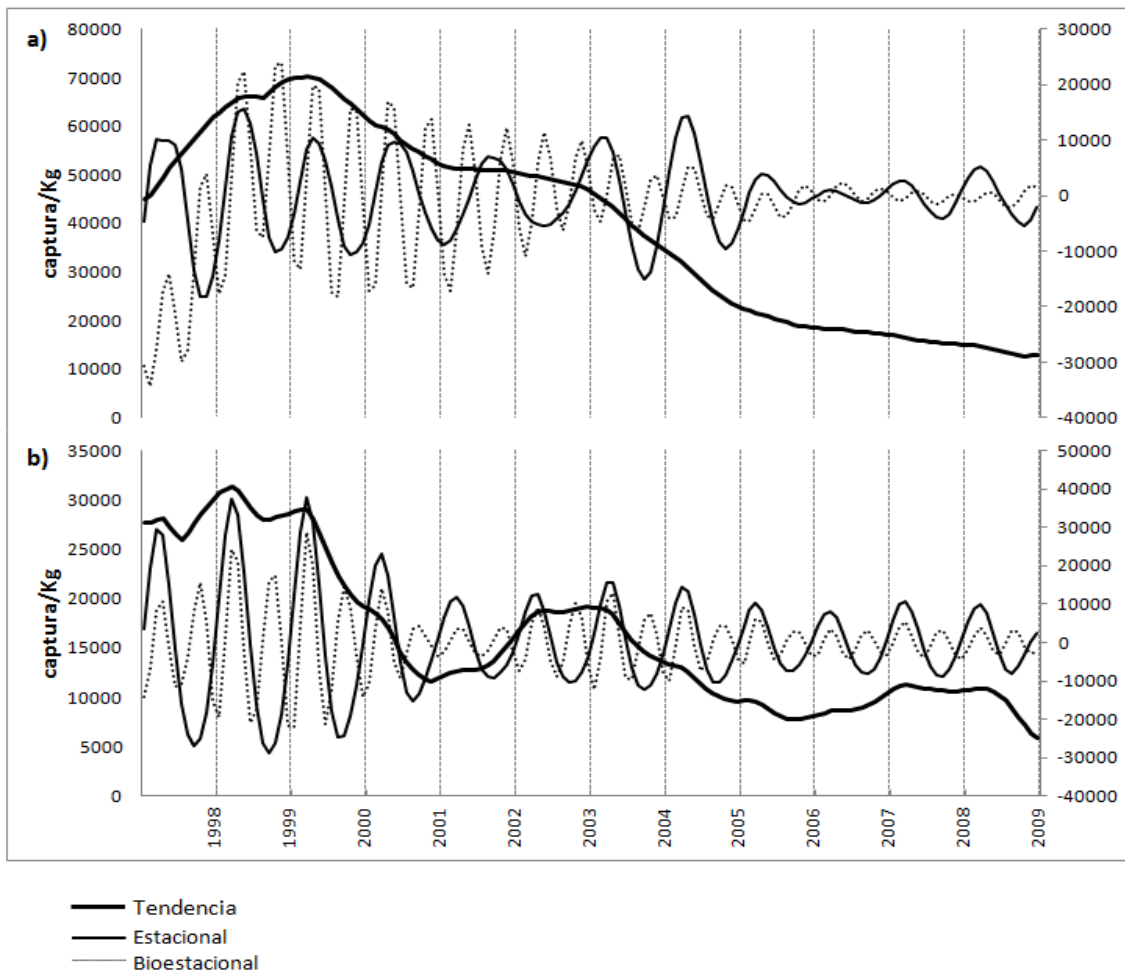


Figura 29. Resultados del análisis SSA Caterpillar para la sierra en la zona Sur de Veracruz. a) Catemaco y b) Coatzacoalcos.

En la oficina de Coatzacoalcos (Figura 29b) la tendencia es decreciente con oscilaciones bianuales. La estacionalidad y biestacionalidad son marcadas aunque con picos no muy pronunciados. Los mayores picos estacionales se dan de febrero a mayo y los menores de agosto a diciembre. La biestacionalidad presenta dos picos pronunciados en el mismo año el primero se observa en los meses de marzo, abril y mayo, y el segundo en octubre noviembre y diciembre.

El análisis de las zonas muestran el movimiento migratorio de la sierra, debido a que en la zona norte los picos oscilatorios anuales se observan en octubre, noviembre y diciembre, desfasándose a la zona centro donde se observan picos a partir de octubre hasta enero, abarcando los meses de otoño e invierno y posteriormente, en la zona sur los picos son más elevados a partir de mayo a junio en primavera, esto marca el movimiento migratorio de esta especie de norte a sur. Por otro lado las oscilaciones biestacionales muestra el movimiento migratorio de sur a norte donde en la zona sur las mayores oscilaciones se observan de octubre a diciembre en la zona centro en los meses de agosto a octubre y en la zona norte va de abril a junio.

Peto

Al aplicar en análisis SSA Caterpillar, se observó que en las oficinas del Norte (Figura 30) no existen capturas permanentes como en el caso de la oficina de Villa Cuauhtémoc (Figura 30a); particularmente la tendencia en las oficinas del norte es decreciente entre el año 1999 y 2000 sin posible incremento, por otro lado las oscilaciones estacionales y biestacionales se observan más pronunciadas en primavera-verano.

En la oficina de Villa Cuauhtémoc (Figura 30a) y Tamiahua (Figura 30b) las oscilaciones más pronunciadas se observaron en los meses de abril a agosto. En las oficinas de Tuxpan (Figura 30c) se presentan dos picos oscilatorios uno de enero a marzo y el otro de julio a septiembre, los cuales coinciden con los oscilatorios biestacionales en esos meses.

En la oficina de Tecolutla (Figura 30d) los máximos oscilatorios más representativos de la serie son en los meses de marzo a junio y los menos pronunciados de octubre a diciembre, además que los picos biestacionales coinciden con los estacionales.

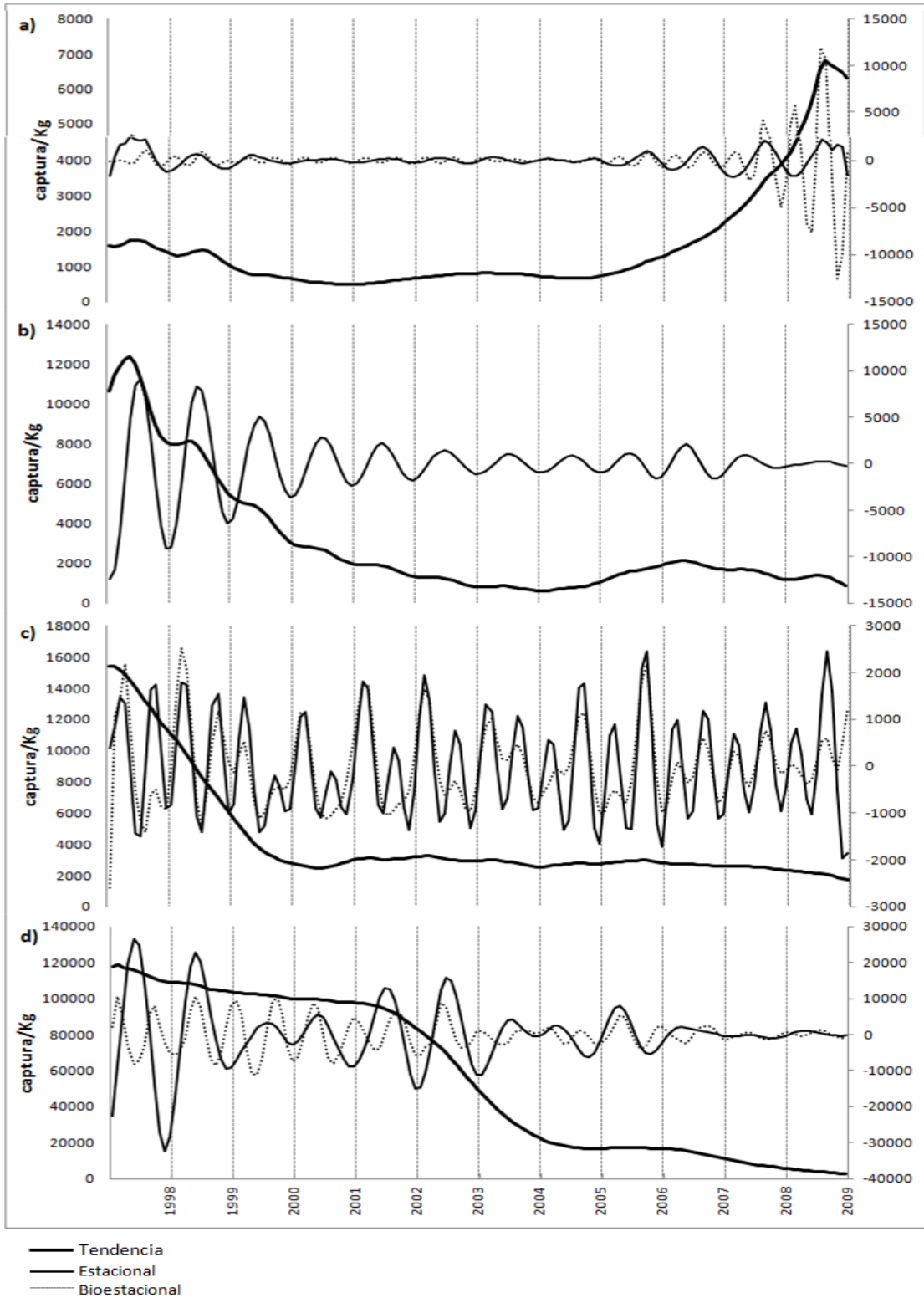


Figura 30. Resultados del análisis SSA Caterpillar para el peto en la zona Norte de Veracruz. a) Villa-Cauhtémoc, b) Tamiahua, c) Tuxpan y d) Tecolutla

En las oficinas del centro (Figura 31) que comprende a Nautla (Figura 31a), Veracruz (Figura 31b) y Alvarado (Figura 31c) se puede observar una tendencia general relativamente estable, con un ligero incremento en las oficinas de Veracruz y Alvarado, motivo por el cual a partir del 2004 en las tres oficinas se puede apreciar una recuperación de la tendencia entre el 2006 y 2008. Se observan oscilaciones estacionales y biestacionales para las tres oficinas en los meses de marzo, abril y mayo en primavera. Los picos menos representativos se dan en los meses de septiembre a diciembre en otoño.

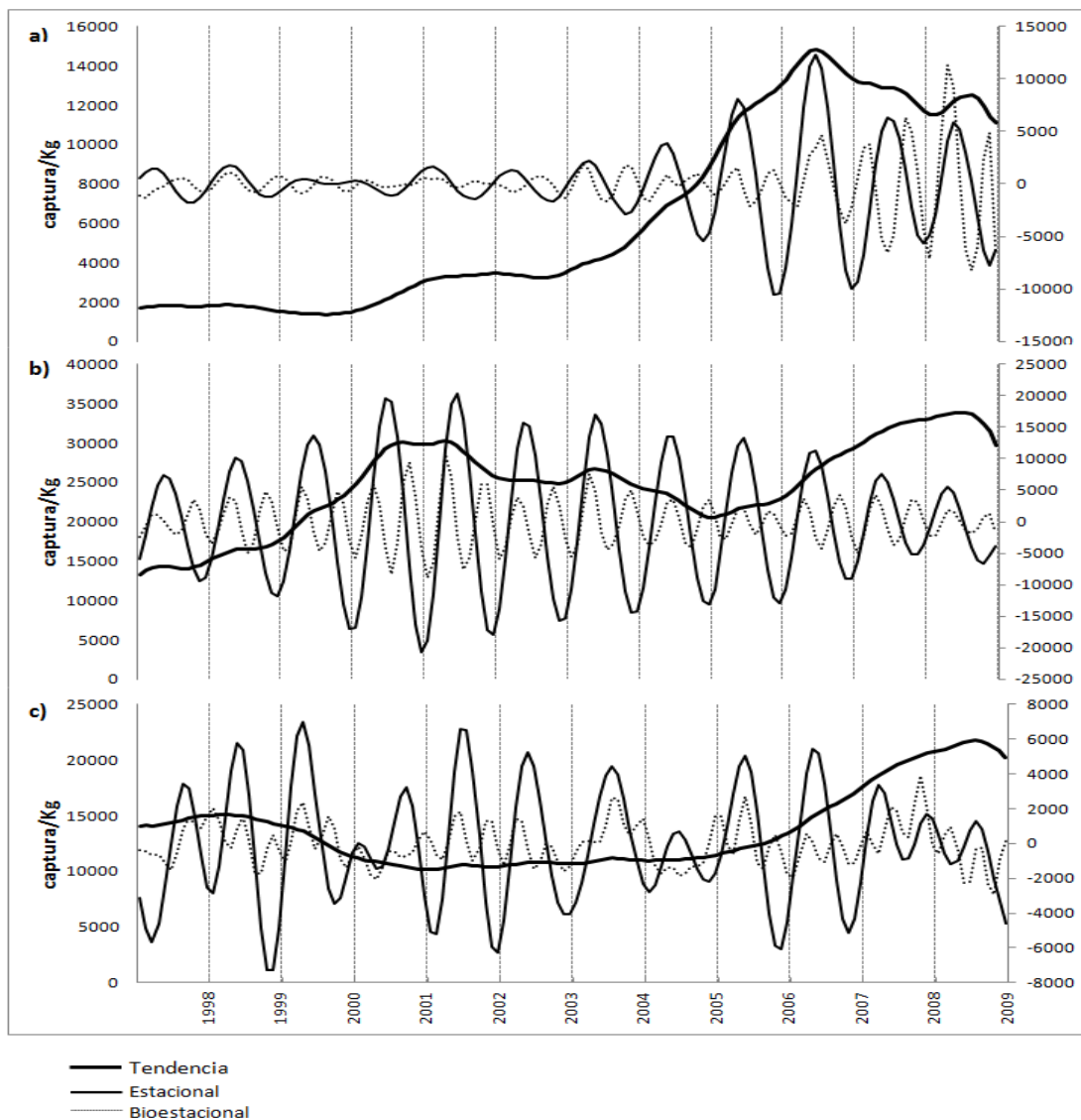


Figura 31. Resultados del análisis SSA Caterpillar para el peto en la zona Centro de Veracruz. a) Nautla, b) Veracruz y c) Alvarado.

En las oficinas del sur (Figura 32) se presenta una tendencia de disminución captura con recuperación en el 2008 en Catemaco (figura 32a) y en Coatzacoalcos (Figura 32b) en el 2007. Las oscilaciones estacionales se marcan más en Coatzacoalcos. Los picos más representativos en ambas oficinas son en los meses de marzo y abril en primavera y los menos representativos son de septiembre a noviembre en otoño.

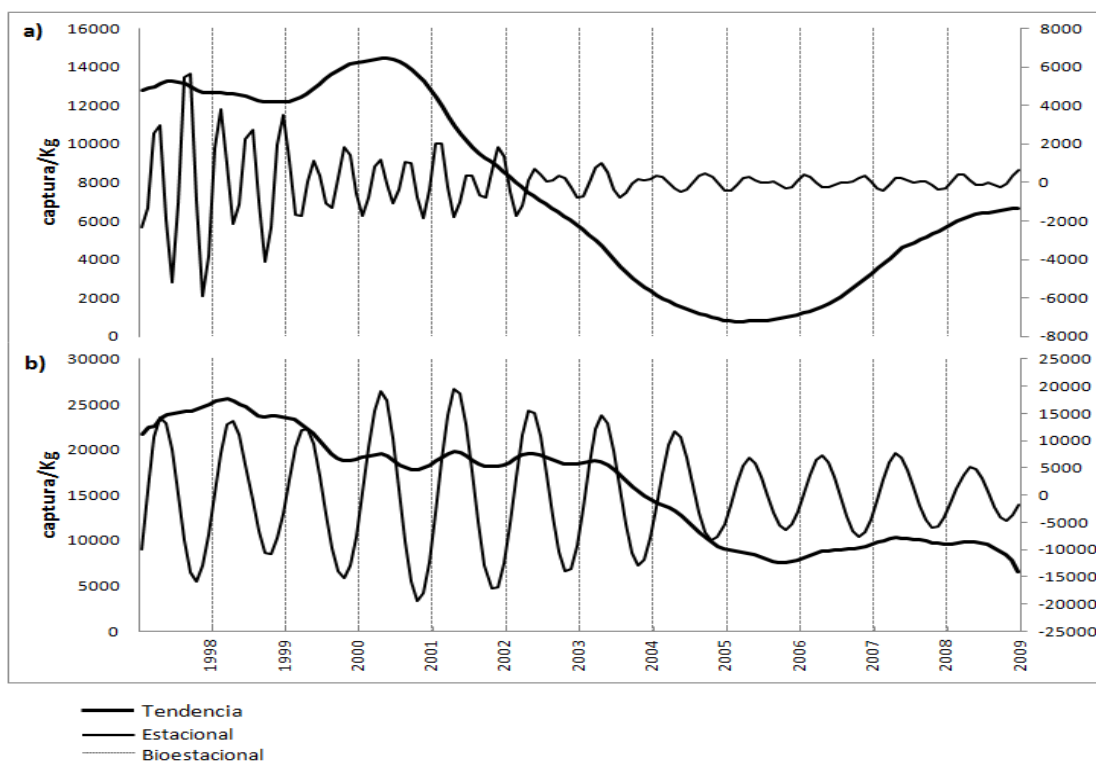


Figura 32. Resultados del análisis SSA Caterpillar para el peto en la zona Sur de Veracruz. a) Catemaco y b) Coatzacoalcos.

Al analizar la captura anual de las tres zonas para el peto, se puede observar el movimiento migratorio de sur a norte como se va extendiendo durante los meses comprendidos de la siguiente manera, en la zona norte de junio a agosto, mientras que en la zona centro los picos estacionales se dan de abril a mayo y posteriormente en la zona sur los picos se presentan en marzo y abril. La mayor captura de peto se da en primavera- verano cuando su migración es de sur a norte.

6.4.1 Análisis con el método SSA Caterpillar (Singular Spectrum Analysis) por zona o región.

El análisis por región nos muestra un panorama más sintetizado del desplazamiento paralelo de la sierra y el peto en el litoral veracruzano. El agrupamiento de las oficinas en las tres zonas (norte, centro y sur) se realizó tomando en cuenta la similitud de las tendencias de captura por oficina. Para la zona norte las tendencias de captura son a la baja tanto para la sierra como para el peto (Figura 33). Se pueden observar las fluctuaciones de la captura marcada con una estacionalidad de 12 meses, y una biestacionalidad de seis meses, donde para sierra se observan oscilaciones con máximos entre los meses de octubre-noviembre y enero-febrero. Para el peto los picos de las oscilaciones se presentan de marzo a agosto.

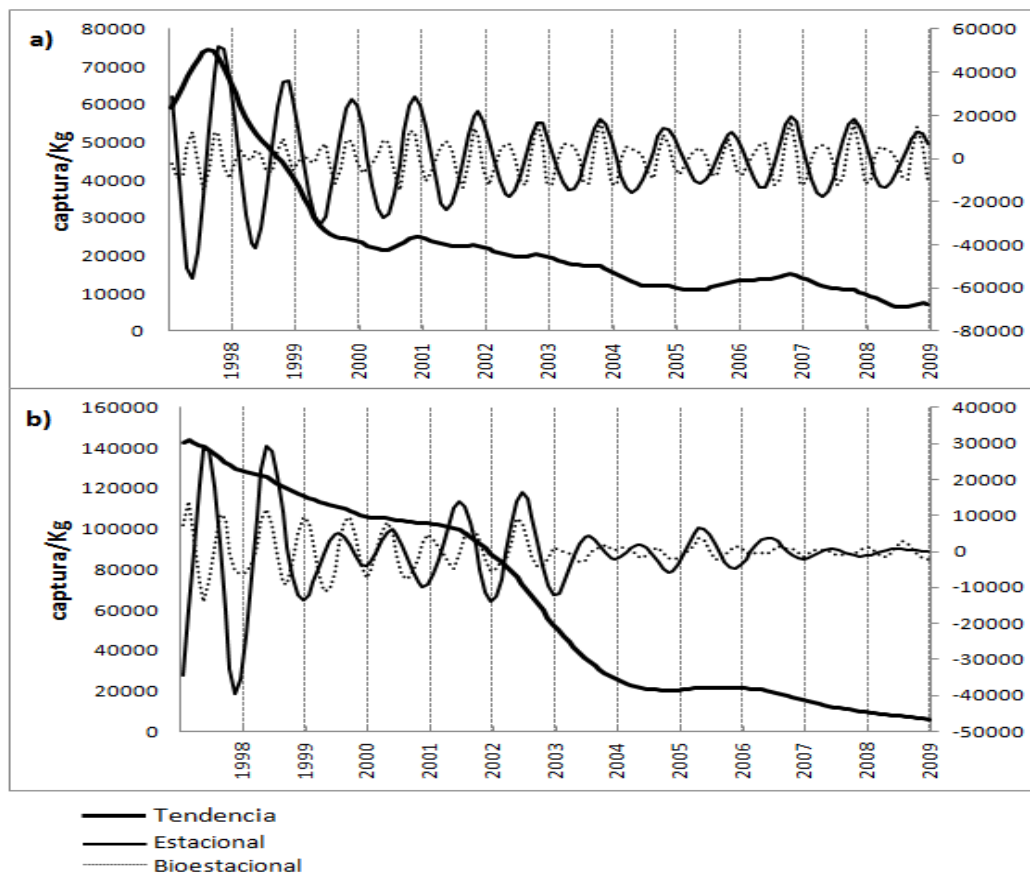


Figura 33. Análisis Caterpillar por zona norte para a) sierra y b) peto.

El análisis en la zona centro muestra una tendencia positiva de las capturas para sierra y peto, con una estacionalidad más marcada que en la zona norte. En el caso del peto no se puede apreciar una biestacionalidad como en la sierra (Figura 34), por otro lado, esta zona presenta la estacionalidad más marcada para ambas especies. Los picos de las oscilaciones en el caso de la sierra se observan en otoño entre los meses de octubre-noviembre y finalizando en marzo-mayo en primavera. En el peto se pueden observar a partir de abril a junio un pico muy marcado en primavera.

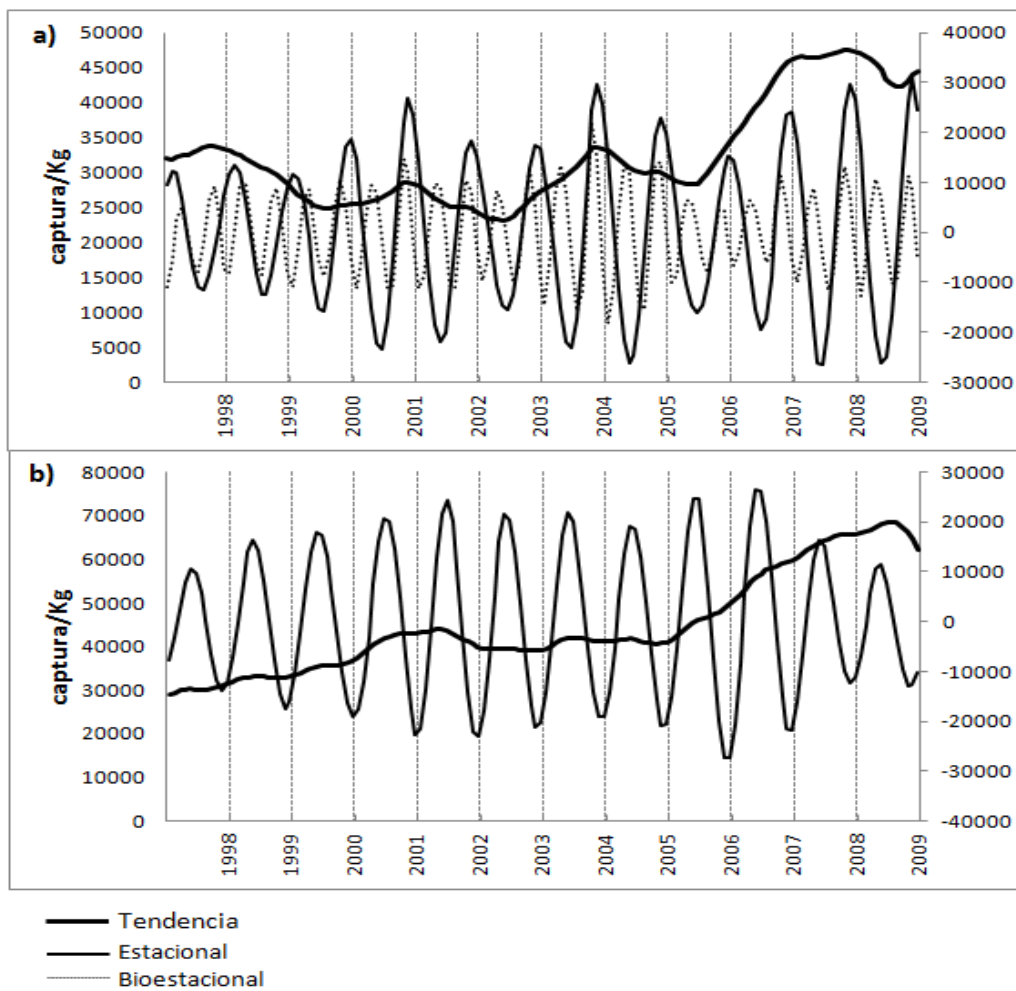


Figura 34. Análisis Caterpillar para la zona centro para a) sierra y b) peto.

La zona sur muestra una tendencia de capturas negativa pero a diferencia de la zona norte tiende a mantenerse al final del periodo. En lo que respecta a la estacionalidad y biestacionalidad se puede observar los picos más representativos para ambas especies en

primavera específicamente para sierra en los meses de marzo a junio y para peto de marzo a abril. (Figura 35).

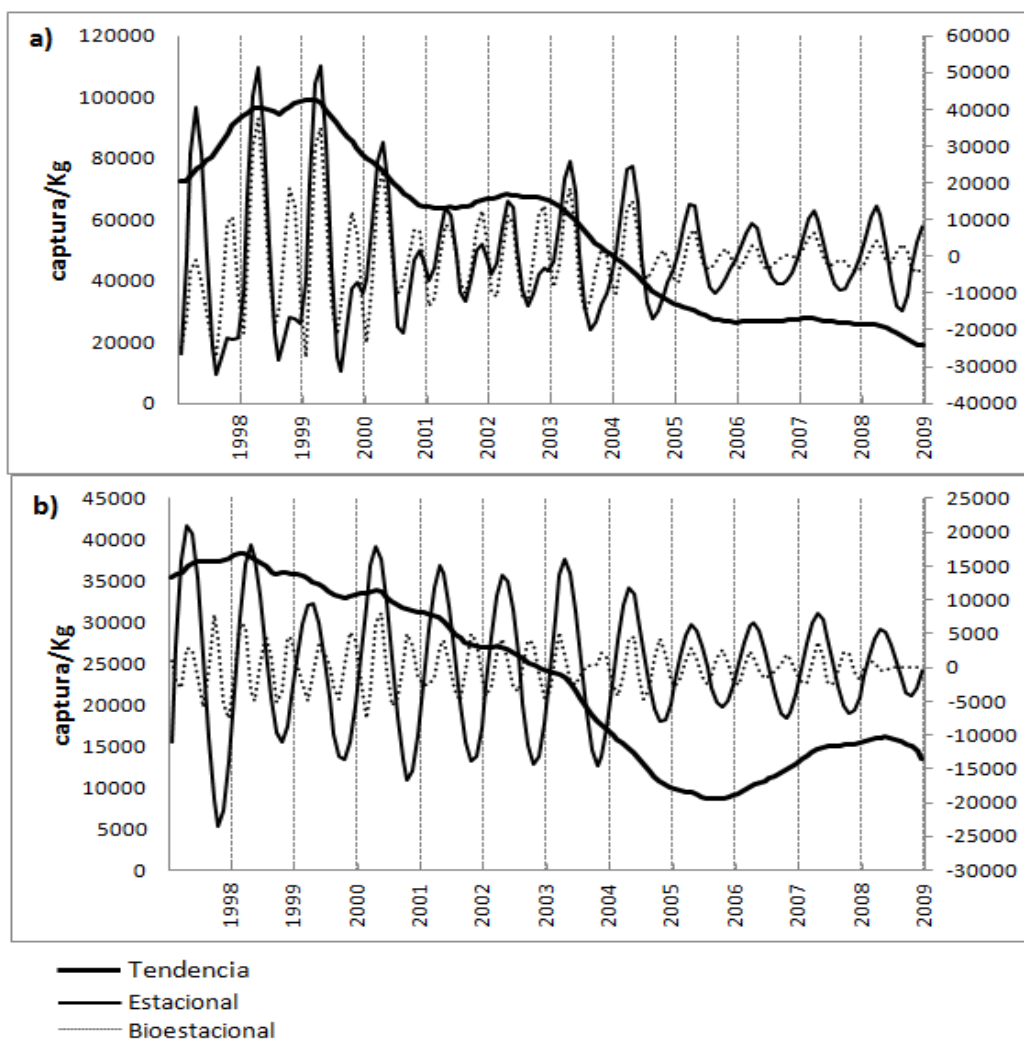


Figura 35. Análisis Caterpillar por zona para sierra y peto en el sur.

La significancia de estas zonas a partir de los componentes principales del análisis para ambas especies se puede observar en la tabla 13.

Tabla 13. Valores de significancia de la captura de peto y sierra por zonas con el método SSA Caterpillar (Singular Spectrum Analysis).

	SIERRA	PETO
Zonas	%	
Norte	78	94
Centro	82	88
Sur	88	77

6.4.2 Análisis de la captura de sierra y peto con el método SSA Caterpillar (Singular Spectrum Analysis) por zona y TSM .

Sierra

La estacionalidad de las capturas de sierra a lo largo del estado de Veracruz es de seis meses. La estacionalidad de sierra en la zona norte se comporta igual que la TSM presente en esa zona (Figura 36a). En la zona centro el comportamiento estacional de la sierra varió en cuanto a la TSM en 1998-1999, a partir del 2000 a 2005 la estacionalidad de sierra se mueve armónicamente con la TSM (Figura 36b). En la zona sur el comportamiento no es armónico ya que se observa la estacionalidad de la sierra y después el cambio de la TSM (Figura 36c).

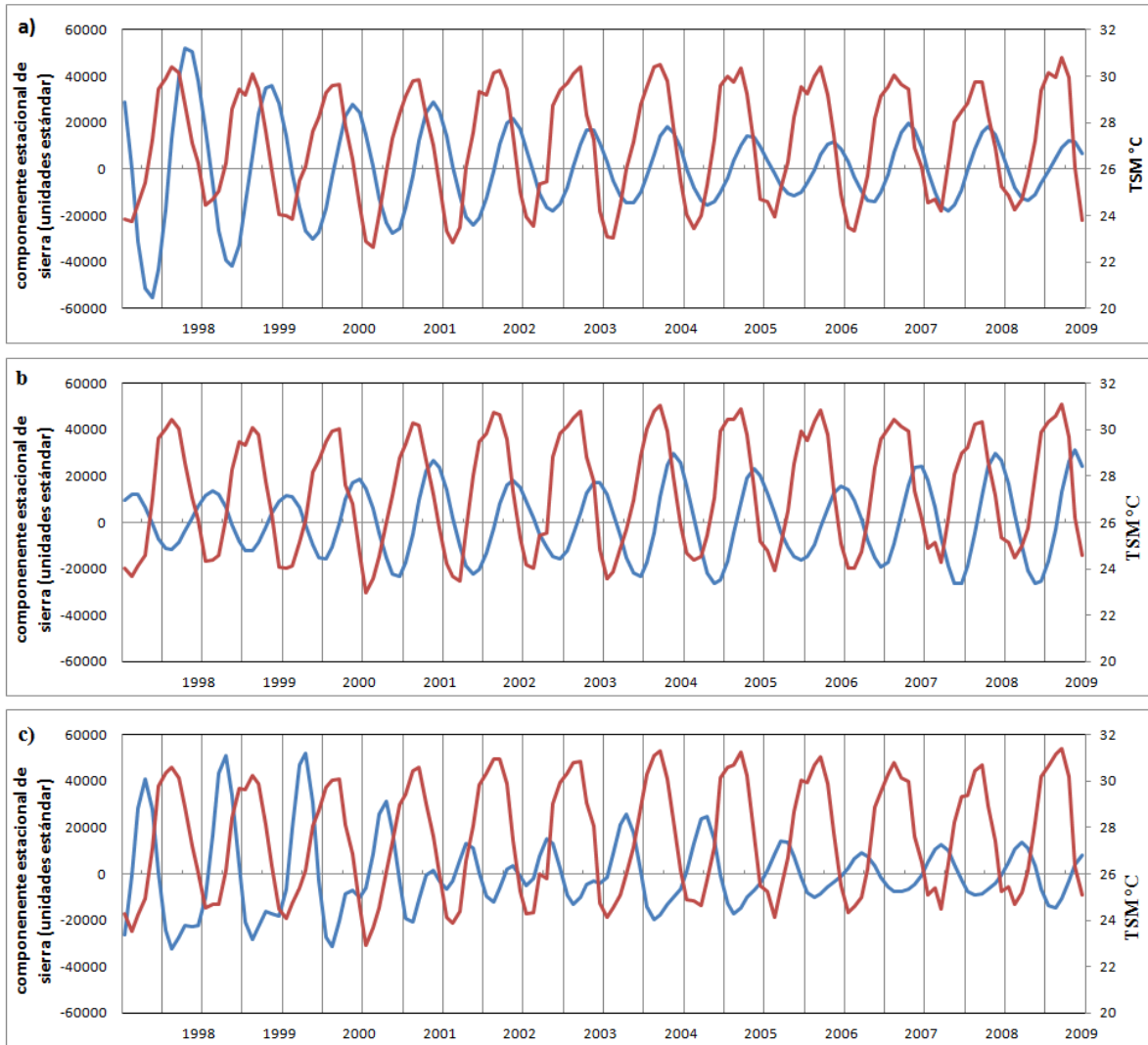


Figura 36. Resultados del análisis SSA Caterpillar para la captura estacional de sierra y la TSM por zona. a) Zona norte; b) Zona centro y c) Zona sur.

El análisis de correlación realizado entre la captura estacional de sierra con la TSM de cada zona determinó que tienen una relación significativa para cada una de las zonas de captura a lo largo del litoral veracruzano, siendo una correlación positiva para la zona norte y centro y negativa para la zona sur (Tabla 14).

Tabla 14. Correlaciones y valor de significancia (p) entre la captura estacional de sierra y la TSM con el método SSA Caterpillar por zonas.

SIERRA		
Zonas	r	<i>p</i>
Norte	0.564	0.000
Centro	0.414	0.000
Sur	-0.353	0.000

Peto

El comportamiento oscilatorio de la captura estacional de peto con la TSM para la zona norte (Figura 37a), la zona centro (figura 37b) y la zona sur (Figura 37c) se puede observar que existe una relación inversa entre la captura estacional de peto con la TSM donde a mayor temperatura la estacionalidad del peto es menor en esas zonas.

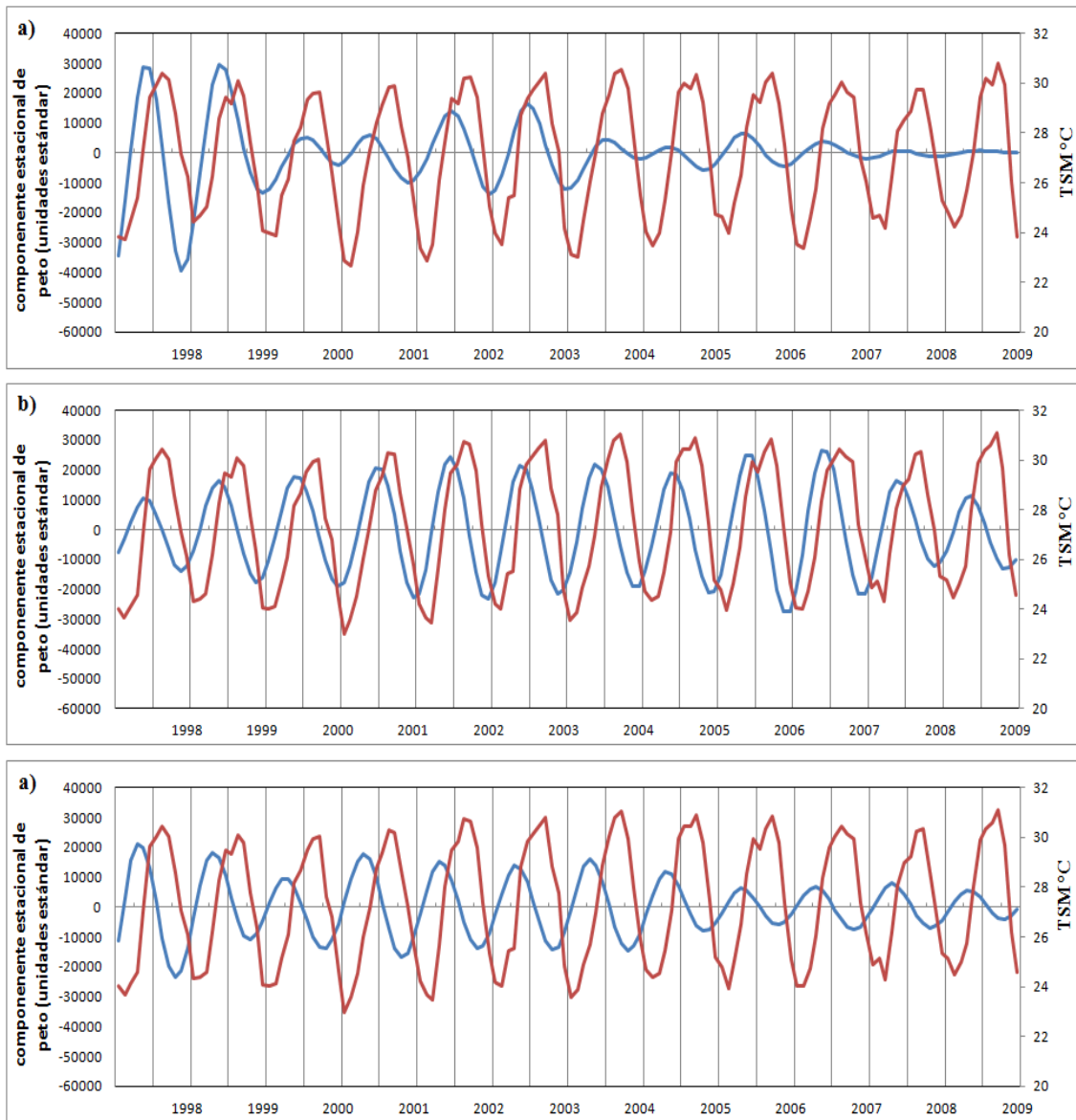


Figura 37. Resultados del análisis SSA Caterpillar para la captura estacional de peto y la TSM por zona. a) Zona norte; b) Zona centro y c) Zona sur.

El análisis de correlación realizado entre la captura estacional de peto con la TSM de cada zona determinó que tienen una relación inversa significativa para cada una de las zonas de captura a lo largo del litoral veracruzano (Tabla 15)

Tabla 15. Correlaciones y valor de significancia (p) entre la captura estacional de peto y la TSM con el método SSA Caterpillar por zonas.

PETO		
Zonas	r	p
Norte	-0.477	0.000
Centro	-0.602	0.000
Sur	-0.587	0.000

6.4.3 *Análisis de la captura de sierra y peto con el método SSA Caterpillar (Singular Spectrum Analysis) por zona y las clorofilas.*

Sierra

La estacionalidad de la sierra en las diferentes zonas del litoral veracruzano varía según la cantidad de alimento disponible. En la zona norte del estado el nivel de clorofila es bajo aunque se presenta un comportamiento oscilatorio marcado (Figura 38a). En la zona centro el comportamiento estacional de la sierra es oscilatorio aun que menor que en la zona norte y los niveles de clorofila son altos (Figura 38b). En la zona sur se observa un comportamiento estacional inverso a la presencia de clorofila (Figura 38c).

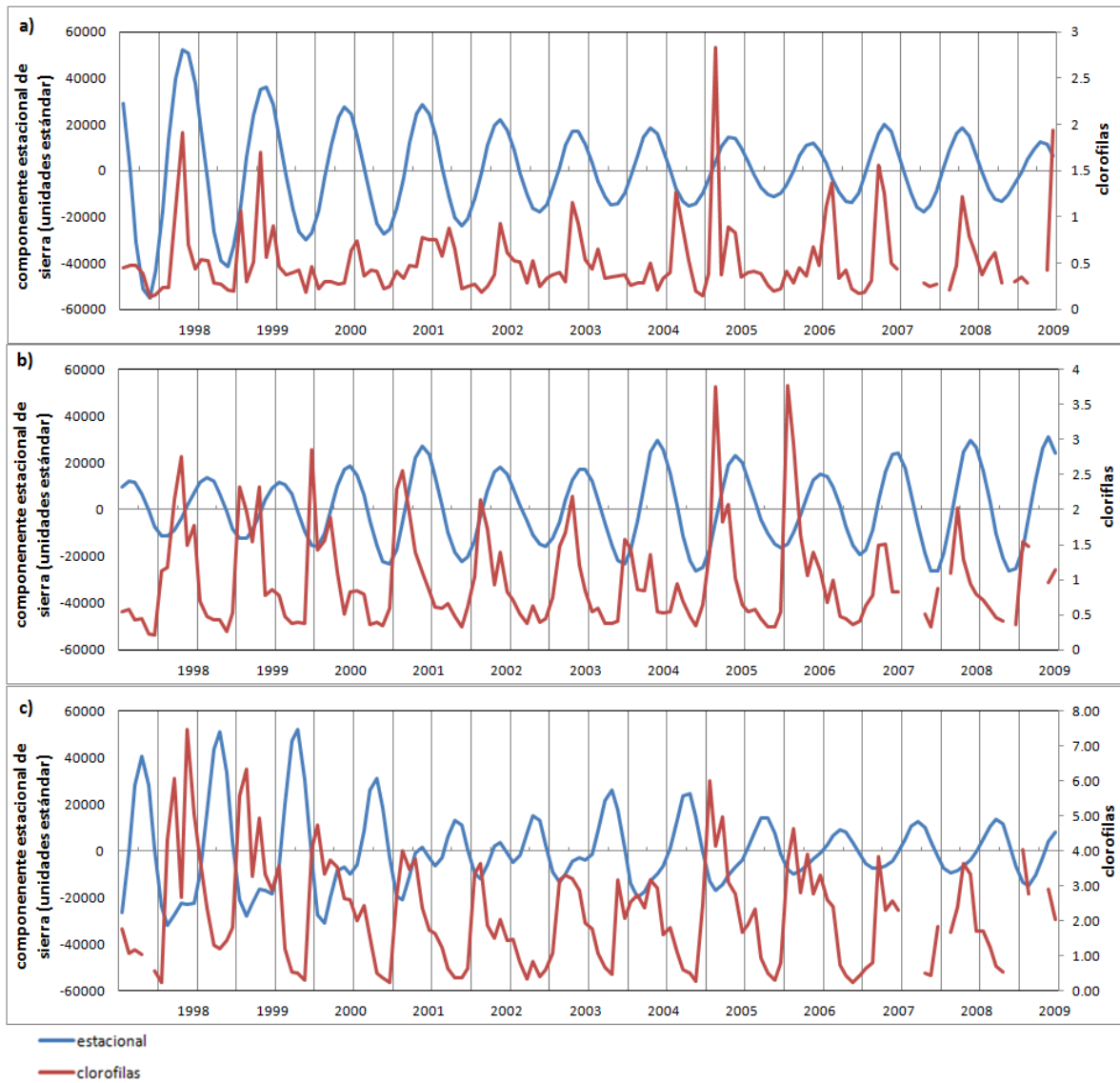


Figura 38. Resultados del análisis SSA Caterpillar para la captura estacional de sierra y las clorofilas por zona. a) Zona norte; b) Zona centro y c) Zona sur.

El análisis de correlación de la captura estacional de sierra con la presencia de clorofilas varía para distintas zonas. Existe una correlación positiva y significativa en la zona norte y negativa y significativa en la zona sur del estado (Tabla 16)

Tabla 16. Correlaciones y valor de significancia (p) entre la captura estacional de sierra y las clorofilas con el método SSA Caterpillar por zonas.

SIERRA		
Zonas	r	p
Norte	0.399	0.000
Centro	0.018	0.832
Sur	-0.641	0.000

Peto

En la zona norte la relación no es clara debido a las bajas capturas sobre todo en final del período estudiado (Figura 39a). En la zona centro se observa que la estacionalidad del peto coincide con la estacionalidad de la clorofila (Figura 39b). En la zona sur el comportamiento estacional es inverso a la presencia de clorofilas tal como en la zona norte (Figura 39c).

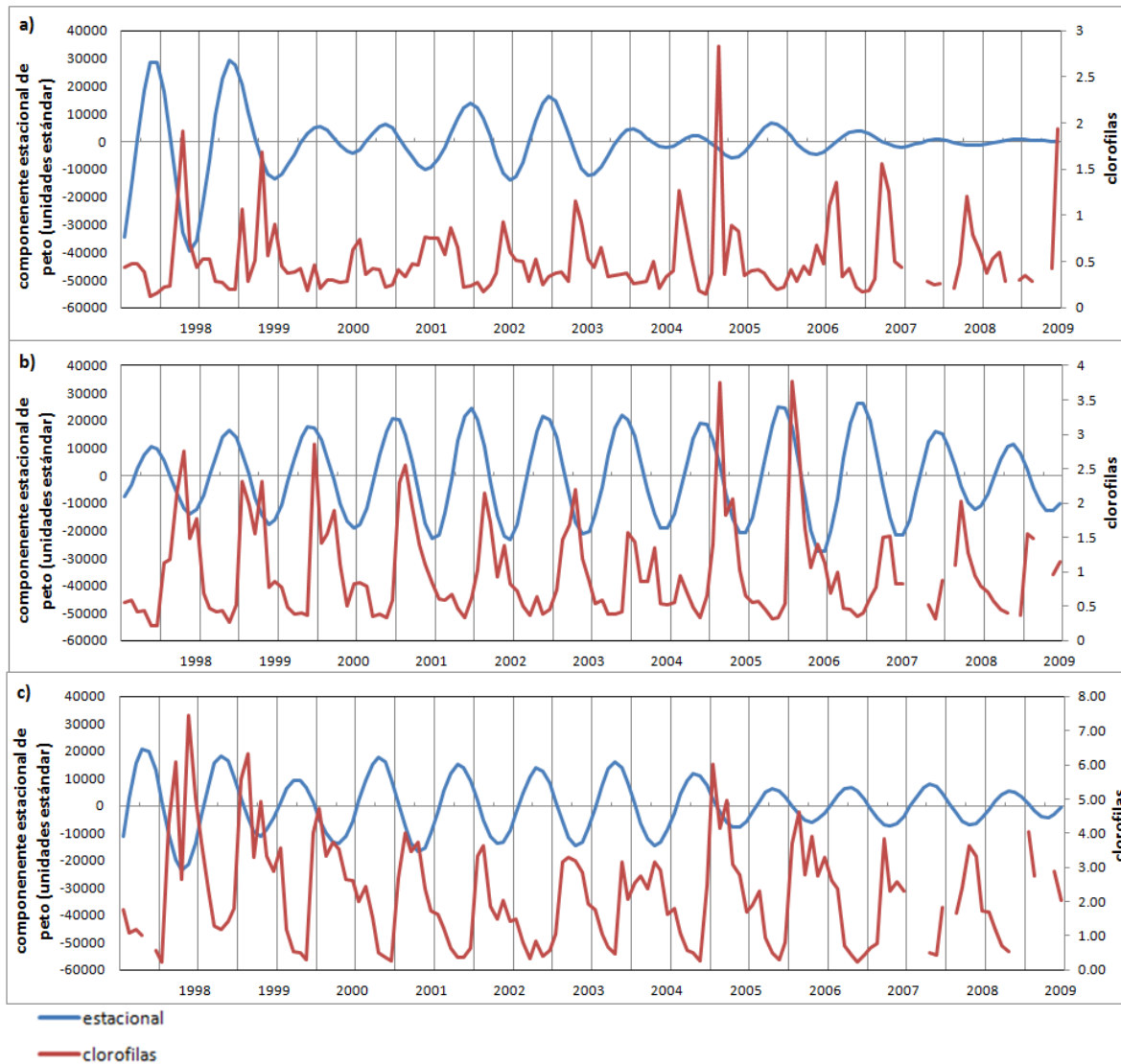


Figura 39. Resultados del análisis SSA Caterpillar para la captura estacional de peto y las clorofilas por zona. a) Zona norte; b) Zona centro y c) Zona sur.

El análisis de correlación entre la estacionalidad de peto con la clorofilas fue negativo y significativa en la zona norte y sur. En la zona centro no hubo correlación (Tabla 17).

Tabla 17. Correlaciones y valor de significancia (p) entre la captura estacional de peto y las clorofilas con el método SSA Caterpillar por zonas.

PETO		
Zonas	r	p
Norte	-0.324	0.000
Centro	-0.131	0.126
Sur	-0.621	0.000

6.5 Análisis de Modelos Lineales Generalizados (MLG)

Mediante el análisis de MLG se crearon dos modelos descritos en la sección 5 *Material y métodos*: uno para sierra (1a) y otro para peto (1b), ambos modelos se relacionan con la temperatura, la clorofila y el resto de las variables y sus interacciones, a continuación se presentan los resultados.

En la tabla 18 se puede observar la bondad del ajuste del modelo (1a) para sierra, con base a los resultados de significancia se tiene que:

- a) La captura de sierra con respecto al año varía significativamente.
- b) La captura de sierra varía dependiendo de la zona de pesca.
- c) La captura de sierra varía significativamente de acuerdo a la temperatura superficial del mar (1, 0, -1).
- d) La presencia de clorofilas es significativa para la captura de sierra.
- e) Al considerar las interacciones de las variables independientes se encontró que durante los años de estudio la captura de sierra varía significativamente respecto a las zonas de pesca en el litoral veracruzano.
- f) La captura de sierra en el litoral veracruzano varía significativamente en las zonas de pesca y su temperatura superficial del mar.
- g) Las interacciones de la captura con el año y categoría de temperatura y la de captura contra año y zona de pesca y temperatura no fueron significativas.

Tabla18. Bondad de ajuste del modelo 1a en sierra y sus variables independientes.

	g.l	Log- Likelihd	Chi 2	p
Intercepto	1	-2272.60		
año	11	-2243.90	57.4012	0.000000*
zona pesca sierra	2	-2116.04	255.7169	0.000000*
Categoría temperatura	2	-2107.05	17.9883	0.000124*
anomalía estandarizada clorofila	1	-2094.19	25.7174	0.000000*
año*zona pesca sierra	22	-2028.85	130.6734	0.000000*
zona pesca sierra*Categoría temperatura	4	-2012.49	32.7242	0.000001*
año*Categoría temperatura	22	-1999.41	26.1630	0.244750
año*zona pesca sierra*categoría tempera	40	-1988.56	21.7055	0.991883

*P < 0.05

Un análisis gráfico de las interacciones significativas descritas arriba, señala que la captura de sierra en la zona norte durante los años 1998-2009 es significativamente menor a diferencia de las zonas centro y sur (figura 40).

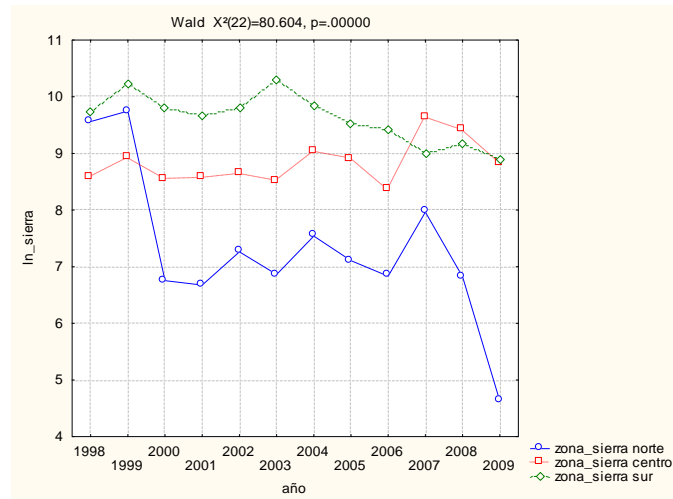


Figura 40. Captura de sierra en relación a las zonas de pesca durante (1998-2009)

Así mismo en la gráfica 41 se aprecia que la captura de sierra es diferente en las tres zonas de pesca en relación a la TSM; por lo que se tiene que la pesca en la zona norte con temperaturas frías (-1) es escasa a comparación de la zona centro con temperaturas promedio (0) y se observa que la zona sur con temperaturas cálidas (1) existe una mayor captura de la especie.

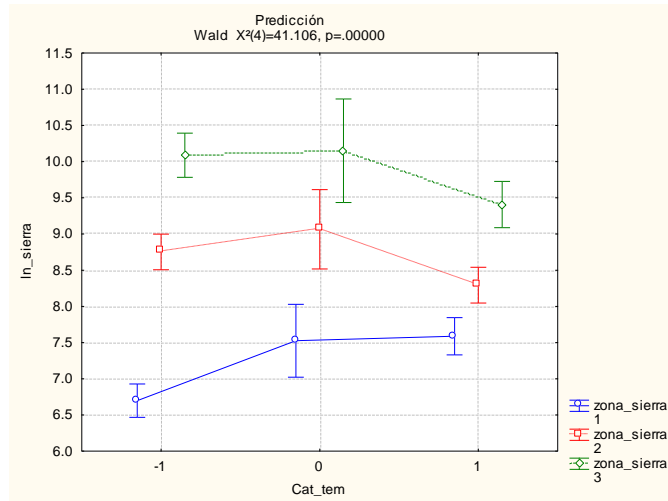


Figura 41. Captura de sierra en relación a la temperatura por zonas de pesca.

Peto:

En la tabla 19 se puede observar la bondad del ajuste del modelo (1b) para peto, con base en los resultados de significancia se tiene que:

- a) La captura de peto durante el periodo 1998-2009 varía significativamente.
- b) La captura de peto varía dependiendo de la zona de pesca en el litoral veracruzano.
- c) La captura de peto difiere significativamente de acuerdo a la TSM (-1, 0, 1).
- d) La presencia de clorofilas no es significativa para la captura de peto.
- e) En cuanto a las interacciones de las variables independientes se encontró que la captura de peto durante el periodo estudiado 1998-2009 varía significativamente respecto a la zona de pesca en el litoral veracruzano.
- f) La captura de peto en el litoral veracruzano varía significativamente entre las zonas de pesca y la TSM.

Tabla 19 Bondad de ajuste del modelo (1b) en peto y sus variables independientes.

	g.l	Log- Likelihood	Chi- 2	p
Intercepto	1	-2353.87		
año	11	-2332.77	42.20513	0.000015*
zona pesca peto	1	-2287.79	89.95744	0.000000*
Categoría temperatura	2	-2280.78	14.00907	0.000908*
anomalía estandarizada clorofila	1	-2279.75	2.07004	0.150217
año*zona pesca peto	11	-2232.46	94.57477	0.000000*
zona pesca peto*Categoría temperatura	2	-2226.86	11.20520	0.003688*
año*Categoría temperatura	22	-2218.16	17.40246	0.740770
año*zona pesca peto*Categoría temperatura	21	-2210.18	15.96041	0.771871

*P < 0.05

Con un análisis gráfico se observa que la captura de peto en las zonas durante el periodo 1998-2009 presenta diferencias significativas, se obtiene una mayor captura en la zona centro-sur que en la norte (figura 42).

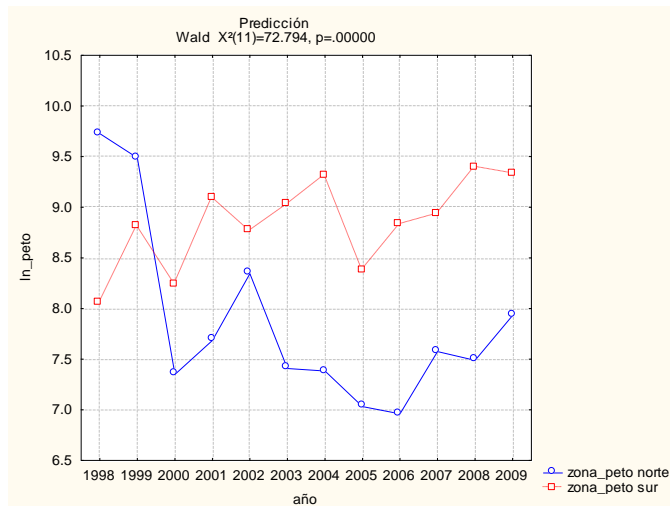


Figura 42. Captura de peto en relación a las zonas de pesca (norte y centro-sur) durante 1998-2009.

En la figura 43 se puede observar que la captura de peto es mayor en la zona sur cuando las temperaturas son bajas.

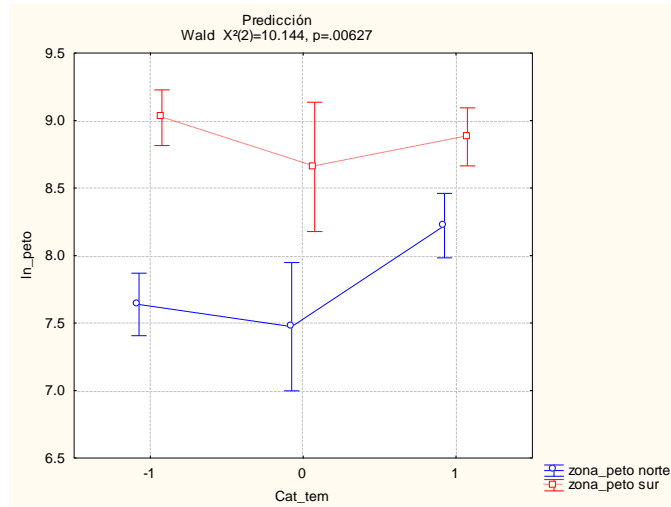


Figura 43. Captura de peto en relación a la interacción de la temperatura (Categoría de temperatura) y las zonas de pesca.

7. DISCUSIÓN

Los volúmenes de captura de sierra y peto presentaron una tendencia general a la baja durante el periodo estudiado (1998-2009). Esto contrasta con la tendencia de aumento reportada por Sánchez-González y Schultz-Ruiz (1997) para estas dos especies durante el periodo 1952 a 1990. Esta diferencia en las tendencias puede atribuirse a una disminución de las poblaciones capturadas o bien con cambios en el largo plazo de los factores ambientales como lo es la *TSM* y la clorofila entre otros, que influyen en las fluctuaciones de las capturas.

Uno de los cambios climáticos a los cuales se puede relacionar la modificación de las fluctuaciones de sierra y peto a lo largo del golfo de México y el litoral veracruzano se podría relacionar con el índice de oscilación del sur en su fase negativa (El Niño) y su fase positiva (La Niña), debido a que este fenómeno se refleja de manera positiva (aumentando la *TSM*) en evento de El Niño y de manera negativa (disminuyendo la *TSM*) en evento de La Niña en el océano Atlántico, permitiendo así que la mayoría de especies de importancia emigren mar afuera y a mayor profundidad (Rutllant & Fuenzalida, 1991; Voituriez & Jacques, 2000). En este estudio los mayores registros de captura para todo el estado de sierra y peto fueron en 1998 y 1999 respectivamente y coinciden con el fenómeno de El Niño de 1998 y la niña subsecuentemente en 1999 y 2000 como lo indica la NOAA (2012). Este fenómeno generó aguas cálidas en las costas lo que favorecería un incremento en la captura de sierra y posteriormente conforme trascendía este fenómeno, los vientos alisios dieron lugar a aguas frías y con ello el incremento de las capturas de ambas especies para 1999.

En el estado de Veracruz las capturas de peto y sierra tuvieron oscilaciones a lo largo de la zona costera. Esto probablemente se debe al hábitat de los organismos: el hábitat preferente de la sierra son las lagunas costeras (Collette & Nauen, 1983; Palko *et al.*, 1987; Medina-Quej & Domínguez-Viveros, 1997; Ortiz & Sabo, 2003), las cuales se encuentran en abundancia a lo largo de las costas del estado; mientras que el peto prefiere las zonas arrecifales (Collette & Nauen, 1983; Wall-Carrie *et al.*, 2009) siendo las más importantes de Veracruz: el sistema arrecifal veracruzano y el sistema arrecifal Lobos-Tuxpan.

A continuación se discuten los resultados encontrados para cada una de las especies en estudio.

Sierra

La oficina de pesca de Catemaco reportó los mayores volúmenes de captura de sierra durante el periodo de estudio. Este organismo se captura en grandes cantidades en la laguna de Sontecomapan (capturas que se registran en la oficina de Catemaco) ya que esta zona posee un hábitat preferencial de este organismo debido a su relación con lagunas costeras (Collette & Nauen, 1983; Palko *et al.*, 1987; Medina-Quej & Domínguez-Viveros, 1997; Ortiz & Sabo, 2003).

Considerando un ciclo anual, la mayor captura de sierra se dio en los meses de, octubre, noviembre y enero, lo cual se relaciona con su patrón migratorio de norte a sur en otoño-invierno. Esto es soportado por estudios previos realizados en el norte del golfo de México (Collette & Nauen, 1983; Fable *et al.*, 1987; Sutherland & Fable, 1980; Sutter *et al.*, 1991), sin embargo, contrasta con lo reportado en trabajos realizados en el noroeste y suroeste de Florida (Powell, 1975; Fable *et al.*, 1981; Palko *et al.*, 1987) además del trabajo realizado por Sánchez-González y Schultz-Ruiz (1997) quienes reportan mayores capturas en marzo y abril en el periodo de 1952-1990 para el golfo de México.

Este hecho para el estado de Veracruz puede deberse a las modificaciones que se han suscitado a lo largo del litoral o a cambios climáticos que son reflejados dentro del golfo de México, lo que puede generar mayores fluctuaciones o en su caso fluctuaciones más marcadas de las capturas de los organismos marinos, haciendo que la pesca sea más alejada de la costa y a mayor profundidad, modificando también las artes de pesca (Sánchez-González y Schultz-Ruiz 1997), generando así un problemas de accesibilidad al recurso por parte de los pescadores.

En el comportamiento migratorio se pudo observar al analizar los meses de mayor captura de esta especie a lo largo de las zonas de pesca analizadas. En las zonas norte y centro se obtienen mayores capturas en los meses de otoño e invierno y, posteriormente, se capturan mayores volúmenes en la zona sur en los meses de primavera. Esto nos indica que la población de sierra migra desde el norte del Golfo de México hacia sitios de hibernación en

Campeche, para posteriormente migrar de sur a norte en el Golfo de México en primavera de regreso al norte del Golfo rumbo hacia Florida, E.U, según lo reporta Sutherland y Fable (1980). Esta migración coincide con lo reportado previamente (Collette & Nauen, 1983; Fable *et al.*, 1987; Sutter *et al.*, 1991). Al respecto, Sánchez-González y Schultz-Ruiz (1997) señalan que la migración es de sur a norte, pero posiblemente solo se refieran a la migración de regreso correspondiente a primavera-verano.

Al realizar el análisis por zonas con el método SSA Caterpillar también se reflejó la estacionalidad de 12 meses seguida de una biestacionalidad entre 5 y 6 meses, de manera que el componente de la estacionalidad indicaría la migración desde el norte, donde se va pescando en mayores cantidades de norte a sur y la migración de sur a norte con menores capturas. La sierra en el estado de Veracruz se captura en las costas frente al puerto de Veracruz la mayor parte del año en diferentes intensidades, aprovechando los movimientos migratorios tanto hacia el sur como hacia el norte. La biestacionalidad de 5 y 6 meses encontrada con el SSA está así relacionada con la fragmentación de la dinámica migratoria que presenta la sierra, lo cual coincide con Sánchez-González & Schultz-Ruiz (1997) e ICCAT (2010) en donde señala que la captura de un estado es complemento de la captura del estado siguiente, según el recorrido que hace la población en sus movimientos migratorios.

El método SSA Caterpillar, con la agrupación de los componentes principales utilizados en determinar la estacionalidad y biestacionalidad de las zonas de pesca para sierra, explica entre un 88 y 78 % de las variaciones de la captura de esta especie ocurridas a lo largo del litoral veracruzano.

Las migraciones se relacionan con variaciones en las fluctuaciones oscilatorias encontradas durante el periodo de estudio en los factores ambientales que, de acuerdo con Sánchez-González y Schultz-Ruiz (1997), influyen en la abundancia del recurso y en la vulnerabilidad al arte de pesca, lo cual se comprueba en el presente trabajo. Se encontró que la *TSM* tiene relación con la captura de sierra como menciona Palko *et al.*, (1987). La mayor captura de sierra en Veracruz se realiza cuando la *TSM* anual es cálida oscilando entre los 24 a 27 °C. Lo encontrado en el trabajo señala que la captura de sierra en el estado de Veracruz tiene una relación significativa ($r=-0.815$) con la anomalía estandarizada de

TSM del estado, por lo que mayores capturas de sierra se asocian a temperaturas frías. La zona sur del estado de Veracruz para la captura de sierra es un punto importante que se relaciona significativamente ($r=-0.735$) con la anomalía estandarizada de *TSM* durante el año.

La concentración de clorofilas en el litoral veracruzano varía dependiendo de las zonas de pesca lo cual podría estar relacionado con las estaciones de año según lo reportado por Wall *et al.*, (2009). En este estudio, la presencia de clorofilas fue mayor en la zona centro en los años 2001, 2005 y 2006 y, aunque no existe una correlación significativa con la captura de sierra para esos mismos años, en una escala mensual la mayor concentración de clorofila coincide con los meses de mayor captura.

De la misma manera, en este estudio no se encontró una relación significativa entre la captura anual de sierra con las anomalías de clorofila para el estado de Veracruz en su conjunto, sin embargo, sí se encontró cuando se analizan las relaciones captura y clorofila por zona de pesca, si se encuentra una relación significativa, lo cual concuerda con Wall *et al.*, (2009) quien también menciona que las zonas de pesca van a depender del alimento que encuentren los organismos en la zona. En este caso, para la sierra existe una correlación positiva y significativa en la zona norte ($r= 0.399$) y en la zona sur es negativa y significativa ($r= -0.641$), esta concentración se relaciona con la estacionalidad de la especie donde a menor concentración de clorofila mayor estacionalidad, suscitando así que en cada zona la captura de sierra va variando de acuerdo a las necesidades alimenticias que este organismo presenta como lo mencionan Collette & Nauen, 1983; Palko *et al.*, 1987; Medina-Quej & Domínguez-Viveros, 1997; Ortiz & Sabo, 2003; Wall-Carrie *et al.*, (2009).

La relación que existe de la captura de sierra con los parámetros ambientales se explica de manera integral, por las interacciones de ésta como variable dependiente con las variables físicas y categorías presentadas en los MLGs. Se encontró que la interacción entre las zonas de pesca de sierra con la categoría de temperatura y la anomalías estandarizadas de la clorofila son significativas para la captura de sierra ($P<0.05$). Estos resultados coinciden con Punt *et al.*, (2000), Maunder y Punt (2004) y Wall *et al.*, (2009) quienes utilizan MGLs para explicar las capturas en relación a las series de tiempo específicamente con las

fluctuaciones de los factores ambientales. Se encontró que la captura de sierra es significativamente menor en la zona norte durante 1998-2009 respecto a la zona sur siendo esta la zona de mayor captura. Esta diferencia entre las zonas va a depender de la variación de la TSM la cual presenta temperaturas mayores de la media, es decir más cálidas en la zona sur. Las capturas de sierra además, se relacionan con las clorofilas presentes en la zonas que de acuerdo a lo reportado por Wall *et al.*, (2009) estas relaciones van a depender de las variaciones específicas que presenten las zonas de pesca.

Peto

Las oficinas de pesca con mayores capturas de peto fueron Tecolutla y Veracruz, lo cual está relacionado al tipo de hábitat preferencial de la especie. Se ha reportado que peto es una especie que se encuentra frecuentemente en hábitats rocosos, ya que en ellos encuentra alimento y refugio y este tipo de hábitats son frecuentes en el sistema arrecifal veracruzano y en el sistema arrecifal Tuxpan-Lobos, las capturas de estos sistemas se registran en las oficinas de Veracruz y Tecolutla respectivamente y en efecto, corresponden a las máximas capturas en el estado (Collette & Nauen 1983; Wall-Carrie *et al.*, 2009).

La mayor captura de peto en el ciclo anual se presentó en los meses de abril y mayo, mientras que en los meses de octubre, noviembre y diciembre se presenta un menor registro de captura, este resultado obtenido contrasta con los reportado por Sánchez-González y Schultz-Ruiz (1997) para el periodo 1952-1990 donde las mayores capturas reportadas son en agosto y septiembre y las menores capturas son en mayo.

Sánchez-González y Schultz-Ruiz (1997) señalan que en Veracruz el patrón de migración de peto es similar al de la sierra y va de sur a norte en primavera-verano y en sentido inverso en otoño-invierno, hecho que se comprobó en este trabajo. Al analizar las capturas se encontraron evidencias de que el peto migra de sur a norte los meses de abril y mayo y en sentido inverso en octubre, noviembre y diciembre, lo cual se está de acuerdo también con el resultado de Fable *et al.*, (1987) y con pescadores del estado de Veracruz (entrevistas, 2012) quienes refieren que el peto, en su corrida de sur a norte en abril, mayo y junio pasan sin hueva, mientras que en la corrida de norte a sur en octubre, noviembre y diciembre se observan de gran tamaño y con hueva. En referencia a este hecho, Finucane *et al.*, (1986) relaciona la migración a sitios reproductivos y Olvera (1991) lo confirma en un

estudio mediante cruceros dentro del golfo de México incluyendo el flujo lagunar de Campeche encontrando grandes cantidades de larvas de esta especie sobre la plataforma continental.

Al momento de analizar las zonas de pesca con el método SSA Caterpillar se encontró una estacionalidad de 12 meses seguida de una biestacionalidad entre 5 y 6 meses en algunos casos, este hecho es constatado por Sánchez-González & Schultz-Ruiz (1997) donde se menciona que el cardumen explotable pasa once de los doce meses del año en México.

Al realizar el análisis por zonas con el método SSA Caterpillar en el litoral de Veracruz peto presenta una biestacionalidad de 5 y 6 meses, lo cual está relacionada con una fragmentación de la dinámica migratoria que presentan esta especie, es decir, la captura de un estado es complemento de la captura del estado siguiente, por la migración que presenta tal como lo que mencionan Sánchez-González & Schultz-Ruiz (1997) y el ICCAT (2010).

El método SSA Caterpillar con la agrupación de los componentes principales utilizados para determinar la estacionalidad y biestacionalidad de las zonas de pesca para peto explica entre 77 y 94% de las variaciones de la captura de esta especie ocurridas a lo largo del litoral veracruzano.

Las variaciones en las fluctuaciones oscilatorias encontradas durante todo el análisis realizado en dicho periodo de estudio para peto, se pueden relacionar con factores ambientales, que de acuerdo con Sánchez-González & Schultz-Ruiz (1997), influyen en la abundancia del recurso y en la vulnerabilidad al arte de pesca. Así la *TSM* tiene relación con la captura de peto como menciona Fable *et al.*, (1981).

La mayor captura de peto en Veracruz se realiza cuando la *TSM* es templada (22 °C) lo cual se encuentra dentro del rango de 20 y 29 °C, reportado por Olvera *et al.*, (1991) y Sánchez-González & Schultz-Ruiz (1997). La captura de peto en el estado de Veracruz tiene una relación significativa ($r=-0.780$) con la anomalía estandarizada de *TSM* del estado, esto nos dice que mayores capturas de peto se pueden asociar a temperaturas frías, esto de acuerdo a la zona de pesca. Por ello, se puede decir también que a menor temperatura mayor es la captura y es soportado previamente (Finucane *et al.*, 1986; Olvera *et al.*, 1991; Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997; Wall-Carrie *et al.*, 2009).

La concentración de clorofilas en el litoral veracruzano varía dependiendo de las zonas de pesca lo cual podía estar relacionado con la estacionalidad en el año con la que se presentan tal como lo reporta Wall-Carrie *et al.*, (2009). En este trabajo la presencia de clorofilas en el periodo estudiado fue mayor en la zona centro en los años 2001, 2005 y 2006 los cuales fueron significativos en la captura de peto. Existe un comportamiento mensual, aunque no existe un comportamiento anual significativo con la concentración de clorofila en todo el estado, al analizar las zonas de pesca, la zona norte ($r = -0.324$) y la zona sur ($r = -0.621$) presentan una relación negativa pero significativa lo cual se relaciona con la estacionalidad de la especie donde a menor concentración de clorofila existe una mayor estacionalidad en cuanto al tiempo que pasa en ese lugar, hecho que se puede relacionar con los hábitos alimenticios y el tipo de hábitat de esta especie quien se asocia a fondos rocosos cerca de zonas arrecifales según lo reportado por Collette & Nauen (1983); Wall-Carrie *et al.*, (2009).

La relación que existe entre la captura de peto y parámetros ambientales se explica al encontrarse que la interacción entre las zonas de pesca de peto con la categoría de temperatura son significativas para la captura de peto ($P < 0.05$) de acuerdo con Punt *et al.*, (2000), Maunder & Punt (2004) y Wall-Carrie *et al.*, (2009) quienes utilizan MGLs para explicar las capturas en relación a las series de tiempo específicamente con las fluctuaciones de los factores ambientales. Se encontró que la captura de peto varía durante el periodo de estudio 1998-2009 respecto a la zona de pesca del litoral encontrándose que es significativamente mayor en la zona centro-sur, hecho que depende de la categoría de temperatura y la zona de pesca donde se haya capturado. Así el peto se presenta con mayor frecuencia en las categorías de TSM aguas frías (-1) y cálidas (1) que en el promedio (0). La interacción con la anomalía estandarizada de clorofila no fue significativa ($P > 0.05$). Las capturas de peto tienen una relación entre las zonas de pesca y la TSM presente en el lugar, que de acuerdo a lo reportado por Wall *et al.*, (2009) estas relaciones van a depender de las variaciones específicas de estos factores que se presenten las zonas de pesca.

8. CONCLUSIONES

Los factores climáticos que alteran la temperatura superficial del mar en el Golfo de México afectan el patrón migratorio de la sierra y el peto de manera tal que el periodo de estacionalidad es menos fluctuante.

La sierra migra de norte a sur durante otoño-invierno en el estado de Veracruz, siendo esta corrida la más abundante. Esta migración está influenciada por la concentración de alimento y se refleja en la estacionalidad en las zonas de pesca.

La mayor captura de sierra se realiza en la zona sur del estado siendo esta la más cálida con respecto a la zona norte y centro.

En Veracruz se puede capturar sierra durante todo el año, siendo este recurso más abundante en la zona sur.

Se confirma que la sierra migra de norte a sur durante el otoño-invierno para desovar, y de sur a norte durante la primavera-verano para reproducirse, mientras que el peto migra de sur a norte para reproducirse y de norte a sur para desovar seis meses después.

El peto migra de sur a norte en primavera-verano en el estado de Veracruz, siendo ésta su corrida de mayor abundancia. Esta migración está influenciada por las temperaturas frías y es la zona centro donde se registra más abundancia de esta especie.

El peto se puede encontrar durante todo el año en el estado de Veracruz y muestra una marcada estacionalidad en el norte del estado. Su migración es en busca de concentraciones de alimento.

9. RECOMENDACIONES

El conocimiento y estudio de las pesquerías representa un papel importante dentro del ambiente, el medio laboral y económico, por lo que es necesario realizar estudios donde puedan relacionarse todos los aspectos en general.

10. LITERATURA CITADA

Aguilar-Salazar, F.A., S. Salas-Márquez, M.A. Cabrera-Vázquez & J.de.D. Martínez-Aguilar. 1990. Crecimiento y mortalidad del carito *Scombreromorus cavalla* en la zona de la costa norte de la península de Yucatán. Reporte XV Mexus-Golfo. Pp. 71-82.

Aguirre-Gómez, R. 2004. Observación de impactos en el golfo de México mediante imágenes de satélite. En: Caso, Pisanty, M.I. & E. Ezcurra. (eds.). Diagnóstico ambiental del golfo de México. Vol 2. Instituto nacional de ecología, México, D.F., México. Pp. 883-898.

Bakun, A. 1996. Patterns in the ocean processes and marine population dynamics. California sea grand college system publication. University of california, la Jolla, California. E. U. 323 pp.

Ben-Tuvia, A. 1995. Biological characteristics of middle-sized pelagic fishes. *Scientia marina*. 59: 205-209

Bulgakov S.N & A. Martínez-Zatarain, 2006. Surgencia y vientos favorables en la costa oriental del Pacífico mexicano. En: Jiménez-Quiroz, M.C y E. Espino-Barr (eds). Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. Instituto Nacional de Pesca, SAGARPA. Pp. 29-40

Burns, K & J. Sprinkel. 1990. King and Spanish mackerel migration and stock assessment study in the southern Gulf of Mexico. NOAA. Pp. 1-65

.Castro-Ortíz, J.L & D. Lluch-Belda. 2007. Low frequency variability of fishing resources, climate, and ocean. *Fisheries research*. 85: 186-196.

Collette, B.B. & C.E. Nauen. 1983. FAO Species catalogue. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop. 125 (2). 137 pp.

Collette, B.B. & J.L. Russo. 1984. Morphology, systematic, and biology of the Spanish mackerels (*Scomberomorus*, Scombridae). *Fishery Bulletin*. USA. 82: 545-692.

Compeán-Jimenéz, G.A. 2002. Prologo. En: Díaz, L.C., C.D. Fuentes., C. Contreras & L.G. Silva (eds.). La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. SAGARPA. Instituto Nacional de Pesca. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz., México. 434 pp.

Cury, P. 1991. Une approche theorique de l'impact de l'environnement sur la pêche. Pags. 368-376. In: Pêcheries ouest-africaines. Variabilité, instabilité et changement. Cury, P & C. Roy. (eds) (1991). Orston Editions. Paris, Francia. 525 p.

DeVries, D & C. Grimes. 1991. Spatial and temporal variation in age composition and growth of King mackerel *Scomberomorus cavalla* from the southeastern U.S., 1986-1989; implications for stock structure and recruitment variability. NOAA. SEDAR 16-Rd-04. Pp. 1-45.

Dower, J.W. Leggett & K. Frank, 2000. Commentary: Improving fisheries oceanography in the future. In Harrison & Parsons (eds), Fisheries Oceanography, An Integrative Approach to Fisheries Ecology and Management. Fish and Aquatic Resources Series 4. Blackwell Science, Oxford: 263–281.

Ehrhardt, N.M & D.J. Die. 1988. Size-structured yield-per-recruit simulation for the Florida gill-net fishery for *Spanish mackerel*. The American Fisheries Society. 117: 581-590.

Fable, W.A.Jr., L. Trent, G.W. Bane & S.W. Ellsworth. 1987. Movements of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, tagged in Southeast Louisiana, 1983-85. Marine Fisheries Review. 49: 98-101.

Fable, W.A.Jr., H.A. Brusher, L. Trent & J. Finnegan. Jr. 1981. Possible temperature effects on charter boat catches of king mackerel and other coastal pelagic species in northwest Florida. Marine Fisheries Review. 48:21-26.

FAO. 2009. Estado mundial de la pesca y acuicultura. 2008. Roma, Italia. 196 pp.

FAO. 20012. Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura. Roma, Italia. 237 pp.

Finucane, J.H., L.A. Collins, H.A. Brusher & C.H. Saloman. 1986. Reproductive biology of King mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the southeastern United States. Fish. Bull. 84: 841-850.

Froese, R. & D. Pauly. 2011. FishBase. World Wide Web.
<http://www.fishbase.org/summary/speciessummary.php?id=126> (consultado el 10 de febrero de 2011).

Galindo-Cortés, G., J.A. De-Anda-Montañéz, F. Arreguín-Sánchez, S. Salas & E.F. Balart. 2010. How do environmental factors affect the stock-recruitment relationship? The case of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) of the northeastern Pacific Ocean. Fisheries Research. 102: 173-183.

García, A. 1972. Los climas del estado de Veracruz (según el sistema de clasificación de Köppen. Modificado por la autora). Anales del instituto de biología. Serie botánica. Universidad nacional autónoma de México. 41: 3-42.

García-Cuellar, J.A., F. Arreguín-Sánchez, S. Hernández-Vázquez & D.B. Lluch-Cota. 2004. Impacto ecológico de la industria petrolera en la sonda de Campeche, México, tras tres décadas de actividad: una revisión. Scielo. 29: 311-319.

Golyandina, N., V. Vekrutkin & A. Zhigljavsky. 2000. Analysis of time series structure SSA and related techniques. Chapman & Hall/CRC. Boca Raton, Florida. 310 pp.

González-Herraiz, I., M.A. Torres, A.C. Fariña, J. Freire & J.R. Cancelo. 2009. The NAO index and the long-term variability of *Nephrops norvegicus* population. Fisheries research. 98: 1-7.

Hernández, B. 2002. Variabilidad interanual de las anomalías de la temperatura superficial del mar en aguas cubanas y su relación con eventos El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Investigaciones marinas Valparaíso. 30:21-31.

Hilier, F.S. & G.J. Lieberman. 1995. Introduction to operations research. 6th ed. MacGraw-Hill, N.Y., USA. 998 pp.

Huot, Y., M. Babin, F. Bruyant, C. Grob, M. S. Twardowski & H. Calustre. 2007. Does chlorophyll *a* provide the best index of phytoplankton biomass for primary productivity studies? *Biogeosciences discussions*. 4: 707-745.

Ibáñez, A.L & Campos R. 1991. Análisis de las pesquerías en Veracruz. De 1981 a 1988. *Hidrobiológica*. 1: 36-48.

ICCAT.2006. Report for biennial period, 2004-05. Executive summaries on species: small tunas. (2): 128-135.

ICCAT. 2010. Report for biennial period, 2008-09. Executive summaries on species: small tunas King mackerel. Pp. 234-241.

ICCAT. 2010. Report for biennial period, 2008-09. Executive summaries on species: small tunas Spanish mackerel. Pp. 250-258.

INAPESCA, 2012. Instituto Nacional de Pesca. Actualización de la Carta Nacional Pesquera.

<http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/CARTA%20NACIONAL%20PESQUERA/24082012%20SAGARPA.pdf> (consultado el 27 de Septiembre de 2012).

INEGI, 2006. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México en el mundo. Aguascalientes, Aguascalientes., México. 666 pp.

Jaimes, A. & M. Marín-Hernández. 2009 (en prensa). Vulnerabilidad de la pesca artesanal en el litoral veracruzano ante el cambio climático. En: Estudios para un programa veracruzano ante el cambio climático. Gobierno del Estado de Veracruz. Veracruz, México.

Jiménez-Badillo, M.L. 2008. Management challenges of the small-scale fishing communities in a protected reef system of Veracruz, Gulf of México. *Journal of the Fisheries Management and Ecology*. 15:19-26.

Juárez-Torres, M., M. Flores-Escobar & J.L. Martínez. 2007. El sector pesquero en México. Documento interno de financiera rural.

[www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/.../Sector%20pesquero/SectorPesquero México](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/.../Sector%20pesquero/SectorPesqueroMéxico) (consultado el 9 de febrero de 2011).

Laevastu, T. & M.L Hayes. 1981. Fisheries oceanography and ecology. Fishig news books. Great, Britain. Pgs 110-145.

Lambert, C.D., T.S. Bianchi & P.H. Santchi. 1999. Cross-shelf changes in phytoplankton community composition in the Gulf of Mexico (Texas shelf/slope): use of plant pigments as biomarkers. *Continental Shelf Research*. 19: 1-21.

Lilliefors, H.W. 1969. On the Kolmogorov-Smirnov test for the exponential distribution with mean unknown. *Journal of the American statistical association*. 26:387-389.

Llutch-Cota, D. 2002. Satellite measured internannual variability of coastal phytoplankton pigment in the tropical and subtropical eastern pacific. *Continental shelf research*. 22:803-820.

López-Martínez, J. 2008. La variabilidad ambiental y las poblaciones marinas. En: *Variabilidad Ambiental y Pesquerías de México*. López-Martínez. J. (ed.). Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. México, D.F., México. Pp. 3-56.

MacKenzie, B.R., H. Ojaveer & M. Eero. 2011. Historical ecology provides new insights for ecosystem management: eastern Baltic cod case study. *Marine Policy*. 35: 266-270.

Manjares-Martínez, L.M., J.C. Gutiérrez-Estrada, J. Mazenet-González & M.C. Soriguer. 2010. Seasonal patterns of three fish species in a caribbean coastal gill-net fishery: biologically induced or climate-related aggregations? *Fisheries research*. 106: 358-367.

Mann, K.h. 1992. Physical influences on biological processes: how important are they?. *South African journal of marine science*. 12(1) 107-121.

Manzano-Sarabia, M., C.A. Salinas-Zavala, M. Kahru, S.E. Lluch-Cota & A. González-Becerril. 2008. The impact of the 1997–1999 warm-SST and low-productivity episode on fisheries in the southwestern Gulf of Mexico. *Hydrobiologia*. 610: 257–267.

Manooch, C.S. III., S.P. Naughton, C.B. Grimes & L. Trent. 1987. Age and growth of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the U.S. gulf of Mexico. Marine research review. 49(29): 102-106.

Marques-Dos-Santos. 2004. Probabilidad y estadística para ciencias químico biológicas. 2da ed. Ideogramma. Edo. México., México. 626 pp.

Marsh, J. 2004. Spanish and King marckerel. SeaFood Watch. Pp. 1-36.

Martínez-Arroyo, A., S. Manzanilla-Naim & J. Zavala-Hidalgo. 2010. Vulnerability to climate change of marine and coastal fisheries in México. Atmosfera. 24: 103-123.

Maunder, M.N & A.E. Punt. 2004. Standardizing catch and effort data: A review of recent approaches. Fisheries research. 70:141-159.

Medina-Gaertner, M & D. Geartner. 1992. Factores ambientales y pesca atunera de superficie en el mar caribe. Fonds documentaire. 523-550.

Medina-Quej, A & M. Domínguez-Viveros. 1997. Age and growth of *Scomberomorus maculatus* (Scombriformes: Scombridae) in Quintana, Roo, Mexico. Revista de Biología Tropical. 45(3): 1153-1161

Meiners, C & M.L. Jiménez-Badillo. 2010. Tendencia y estacionalidad de la captura de sierra (*Scomberomorus maculatus*) y peto (*S. cavalla*) en el golfo de México. Resumen. 2ª Reunión Bianual de la Sociedad Mexicana de Pesquerías. Ensenada, Baja California, México.

Monreal-Gómez, A.M., D.A. Salas-de-León & H. Velasco-Mendoza. 2004. Hidrodinámica del golfo de México. En: Caso, M., I. Pisanty & E. Ezcurra. (eds.). Diagnóstico ambiental del golfo de México. Instituto nacional de ecología, México, D.F., México. Pp. 47-68.

Nakamura, E.L. 1987. MEXUS-Gulf coastal pelagic fish research, 1977-84. Marine fisheries review. 49(1): 36-38.

Nevárez-Martínez, M.O., E. Morales-Bojórquez, C. Cervantes-Valle, J.P. Santos-Molina & J. López-Martínez. 2010. Population dynamics of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the 2002-2008 fishing seasons of Guaymas, México. *Fisheries Research*. 106: 132-140.

Olvera-Limas, R.M., L. Ruiz-Villanueva, J.A. Garía-Borbón, A. Sánchez-González, J.L. Cerecedo-Escudero & R. Sánchez-Regalado. 1991. Áreas de desove del peto *Scomberomorus cavalla* en la Zona Económica Exclusiva Mexicana del Golfo de México. Reporte XV Mexus-Golfo. Pp. 7-32.

Ortiz , M. 2004. Sensitivity of stock assessment analysis of Gulf of Mexico King Mackerel to alternative methods for estimating the historic catch at age matrix 1981-2002. SEDAR-5. Pp. 1.39.

Ortiz, M. 2004. Stock assessment analysis on Gulf of Mexico king mackerel. SEDAR-5. Pp. 1-43.

Ortiz, M & L. Sabo. 2003. Standardized catch rates of Spanish and King mackerel (*Scomberomorus maculatus* and *s. cavalla*) from the north Carolina commercial fisheries. MSAP-03. Pp. 1-17.

Palko, B.J., L. Trent & H.A. Brusher. 1987. Abundance of Spanish mackerel, *Scomberomorus maculates*, in the Southeastern United States based on charterboat CPUE Data, 1982-85. *Marine Fisheries Review*. 49: 67-77.

Palmer, C., D. DeVries & L. Lombardi-Carlson. 2008. A review of gulf of Mexico and Atlantic king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) age data, 1986–2007, from the Panama city laboratory, southeast fisheries science center, NOAA fisheries service. SEDAR 16-DW-07.

Parrish, H.R. 1997. Time, space and fish scales: applications of retrospective environmental. *Fisheries research*. 25-29.

Powell, D. 1975. Age, growth and reproduction in Florida stocks of Spanish mackerel *Scomberomorus maculatus*. *Florida marine research publications*. 5: 21Pages.

Punt, A.; T.I. Walker, B.I Taylo & F. Pribac. 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. *Fisheries research*. 45:129-145.

Roldan-Heredia A. 20013. Efecto de la variabilidad climática inducida por la oscilación del Atlántico norte en las pesquerías comerciales del golfo de México. Tesis de maestría en ecología y pesquerías. Universidad veracruzana. 67 pp.

Sánchez-González S. & L.E. Schuitz-Ruíz. 1997. Descripción de la pesquería de sierra y peto. En: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo & F. Arreguín-Sánchez. (eds.). Análisis y diagnostico de los recursos pesqueros críticos del golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica. Ciudad del Carmen, Campeche., México. Pp. 227-248.

Sánchez-Santillán, N.L., M. Signoret-Poillon & R. Garduño-López. 2006. La oscilación del atlántico norte: un fenómeno que incide en la variabilidad climática de México. *Ingeniería investigación y tecnología*. 7(2) 85-95.

Signoret, M., J. Aldeco & M.T. Barreiro. 2006. Variabilidad de perfiles de clorofila a obtenidos por fluorescencia natural en el oeste y centro del golfo de México en junio 1999. *Hidrobiológica*. 16: 221-232.

Sutherland, D.F & W.A. Fable. 1980. Results of a king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) and Atlantic Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) migration study, 1975-79. NOAA Tech. Memo. 24p.

Sutter, F.C., R.O. Williams, & M.F. Godcharles. 1991. Movement patterns and stock affinities of king mackerel in the southeastern United States. U.S. National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin 89: 315–324.

Trent, L., R.O. Williams, R.G. Taylor, C H. Saloman & C.H. Manooch III. 1983. Size, sex ratio and recruitment in various fisheries of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in the southeastern United States. *Fishery bulletin* 81: 709-721.

Vargas-Hernández, J.M., M.L. Jiménez-Badillo & V. Arenas-Fuentes. 2002. Sistema arrecifal veracruzano y las pesquerías asociadas. En: Díaz, L.C., C.D. Fuentes, C. Contreras

& L.G. Silva. (eds.). La pesca en Veracruz y sus perspectivas de desarrollo. SAGARPA. Instituto Nacional de Pesca. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz., México. Pp. 13–16.

Vega-Cendejas, M.E. 2004. Ictiofauna de la reserva de la biosfera Celestún, Yucatán: una contribución al conocimiento de su biodiversidad. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología*. 75(1): 193-206.

Vidal-Hernández, L. & D. Pauly. 2004. Integration of subsystem models as a tool toward describing feeding interactions and fisheries impacts in a large marine ecosystem, the gulf of Mexico. *Ocean and coastal management*. 47: 709-725.

Wall-Carrie, C., F.E. Mullerkarger & M.A. Roffer. 2009. Linkages between environmental conditions and recreational king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) catch off west-central Florida. *Fish. Oceanogr.* 18 (3): 185–199.

Whitfield, A.K. 1999. Ichthyofaunal assemblages in estuaries case: A South Africa case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 9: 151-186.

Zavala-Hidalgo, J., S.L. Murey & J.J. O'Brien. 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Geophysical research*. 19: 1-19.

11. ANEXOS

Anexo 1. Tabla 1 Comparación de los principales aspectos biológicos de sierra y peto.

Peto	Sierra
Especies pelágicas migratorias Collette & Nauen, 1983	
Movimientos estacionales: a lo largo del Atlántico y dentro del golfo de México Collette & Nauen, 1983; Collette & Ruso, 1984	
Patrón de migración: Sur a norte en primavera-verano; norte a sur en otoño- invierno. Collette & Nauen, 1983; Fable <i>et al.</i> , 1987; Sutherland & Fable, 1980; Sutter <i>et al.</i> , 1991	
Agrupamiento: Migran formando grandes cardúmenes. Collette & Nauen, 1983; Collette & Ruso, 1984; Fable <i>et al.</i> , 1987 Wall-Carrie <i>et al.</i> , 2009	
Sitios de mayor abundancia: Florida: febrero-julio. (Área de hibernación). Golfo de México: primavera y verano Collette & Nauen, 1983; Trent <i>et al.</i> , 1983; Finucane <i>et al.</i> , 1986; Fable <i>et al.</i> , 1987; Nacamura, 1987; Olvera-Limas <i>et al.</i> , 1991; Sutter <i>et al.</i> , 1991; Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997	Carolina del Norte y Florida: otoño Golfo de México: verano Powel, 1975; Collette & Nauen, 1983; Palko <i>et al.</i> , 1987; Nacamura, 1987; Aguilar <i>et al.</i> , 1990; Olvera-Limas <i>et al.</i> , 1991; Sánchez-González & Schultz-Ruiz, 1997; Medina-Quej & Domínguez-Viveros, 1997; Ortiz & Sabo, 2003
Tipo de hábitat: Asociado a fondos rocosos, relacionado con zonas arrecifales a una profundidad no mayor a 80m Collette & Nauen, 1983; Wall-Carrie <i>et al.</i> , 2009	Asociado a fondos arenosos, relacionados con lagunas costeras y estuarios a una profundidad entre 12-50 m Collette & Nauen, 1983; Palko <i>et al.</i> , 1987; Medina-Quej & Domínguez-Viveros, 1997; Ortiz & Sabo, 2003)
Tipo de alimentación	

Son especies oportunistas, e incluso se pueden alimentar de miembros de la propia familia *Scombridae*

Collette & Nauen, 1983; Collette & Ruso, 1984

Rango de Temperatura

Ambas especies siguen la isoterma de 20 °C, atravesando tanto el hemisferio norte como el hemisferio sur.

Collette & Nauen, 1983

Reproducción:

Se menciona que está relacionada con la migración de estas especies, debido a su posible comportamiento y áreas recurrentes.

Powel, 1975; Finucane *et al.*, 1986; Palko *et al.*, 1987; Aguilar *et al.*, 1990

Desove:

Es sobre la plataforma y talud continental en el noroeste y noreste de golfo de México, en primavera-verano, con mayor incidencia en agosto. Sin embargo se prolonga de enero a octubre.

Trent *et al.*, 1983; Finucane *et al.*, 1986; Olvera-Limas *et al.*, 1991

En florida es prolongado en primavera-verano, con repeticiones en estuarios

Powel, 1975

Es sobre la plataforma y talud continental en el noroeste y noreste de golfo de México, en primavera-verano, con mayor incidencia en agosto.

Olvera-Limas *et al.*, 1991

Áreas de posible desove:

E.U: Carolina del norte, Florida, Río Mississippi.
Golfo de México: Texas, Tamaulipas, Laguna de Términos en Campeche, canal de Yucatán.

Powel, 1975; Aguilar, 1990; Olvera-Limas *et al.*, 1991; Sutter *et al.*, 1991

Larvas:

Temperatura: 20.3–29.8 °C

Salinidad: 34. 3- 37.2 ups

Profundidad variable: 50- 1800 m

(Olvera-Limas <i>et al.</i> , 1991)	
<p>Fecundidad:</p> <p>69.000 a 12.207 millones de huevos</p> <p>(Finucane <i>et al.</i>, (1986)</p>	<p>100 a 2000 huevos (Powell, 1975)</p>
<p>Parámetros de crecimiento:</p> <p><u>Estados unidos:</u></p> <p><u>Florida</u> Ambos sexos: L_{∞}: 152 Sutter <i>et al.</i>, (1991)</p> <p><u>Luisiana:</u> L_{∞}: 85 cm Fable <i>et al.</i>, (1987)</p> <p><u>Golfo de México:</u> Ambos sexos: L_{∞}: 147.8 cm. K: 0.115 T_0: ND Manooch <i>et al.</i>, (1987)</p>	<p><u>Florida</u> Hembras L_{∞}: 73.1 cm. K: 0.38 T_0: -0.73 Machos L_{∞}: 77.6 cm. K: 0.27 T_0: -0.73 Powel (1975)</p> <p>Ambos sexos: L_{∞}: 30.5 cm Palko <i>et al.</i>, (1987)</p> <p><u>Golfo de México:</u> Ambos sexos: L_{∞}: 70.5 cm. K: 0.36. T_0: -0.36 Medina-Quej & Domínguez-Viveros, 1997</p>
<p>Relación Longitud-peso:</p> <p><u>Golfo de México:</u> Ambos sexos; $W = 0.015 \times LF^{2.893}$ Finucane <i>et al.</i>, (1986)</p>	<p><u>Florida:</u> Machos: $W = 0.015 \times LF^{2.98}$ Hembras: $W = 0.0047 \times LF^{3.14}$</p> <p>Powel (1975)</p> <p>Machos: $W = 0.008193 \times LF^{3.001}$ Hembras: $W = 0.004836 \times LF^{3.153}$ Ehrhardt & Die (1988)</p> <p><u>Golfo de México:</u> Ambos sexos: $W = 0.000025 \times LF^{2.83}$ Medina-Quej & Domínguez-Viveros (1997)</p>
<p>Mortalidad natural anual:</p>	<p>$M = 0.4$</p> <p>Ehrhardt & Die (1988)</p>
<p>Mortalidad anual por pesca</p>	<p>Machos: $F = 0.25$</p>

Anexo 2. Figura 1. Formato de aviso de arribo para el registro de captura, SAGARPA.



SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN
COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA
DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO PESQUERO Y ACUÍCOLA

CONAPESCA-01-023-D



AVISO DE ARRIBO DE EMBARCACIONES MENORES DE 10 TONELADAS DE REGISTRO BRUTO
ARTÍCULOS 10, 35, 45 FRACCIÓN VIII Y 47 DEL REGLAMENTO DE LA LEY DE PESCA

1. LUGAR Y FECHA:		CLAVE:		2. HORA DE LLEGADA:	
3. HORA DE ARRIBO:		4. PERIODO QUE AMPARA:		5. SITIO DE DESEMBARQUE (PUERTO):	
6. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL PERMISIONARIO O CONCESIONARIO:		7. CLAVE R.N.P.A.:			
8. NÚMERO DE EMBARCACIONES UTILIZADAS:		9. LUGAR DE CAPTURA:		10. ZONA DE LA CAPTURA: L B E C	
11. NÚMERO DE OBJETIVOS DE TRABAJO DE PESCA:					
12. ESPECIE, PRESENTACIÓN Y PRESERVACIÓN			13. PERMISO O CONCESIÓN		14. CLAVE DE LA ESPECIE
	NÚMERO	FECHA DE EXPEDICIÓN	VIGENCIA AL		
					15. PESO EN KILOGRAMOS
					16. PRECIO POR KILOGRAMO (PARA FINES ESTADÍSTICOS)
					17. TOTAL
18. DOCUMENTOS ANEXOS A PRESENTAR:					
1. LOS PERMISIONARIOS O CONCESIONARIOS DEBERÁN ANEXAR LA BITÁCORA DEL VIAJE DE PESCA OBJETO DE LA PRESENTACIÓN DE ESTE AVISO DE ARRIBO, SI SE ESTIPULA EN LA NORMA CORRESPONDIENTE.			EL DECLARANTE		
LOS DATOS CONSIGNADOS EN EL PRESENTE DOCUMENTO SON ABSOLUTA RESPONSABILIDAD DEL DECLARANTE, ARTÍCULOS 45 FRACCIÓN VIII Y ARTÍCULO 47 DEL REGLAMENTO DE LA LEY DE PESCA.			EL DECLARANTE		
ACUSE DE RECIBO DE LA OFICINA DE SAGARPA					
NOMBRE	CARGO	FIRMA	NOMBRE	CARGO	FIRMA

IMPORTANTE: ESTE DOCUMENTO NO ES VÁLIDO SI LLEVA TACHADURAS O ENMENDADURAS. UTILICE EL REVERSO PARA ANOTACIONES O SELLOS DE CONTROL INTERNO.

ORIGINAL - DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y EVALUACIÓN