



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS**

**ANÁLISIS DE PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS Y ANOMALÍA INTERDECADAL,  
Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN POBLACIONAL DEL LOBO MARINO DE  
CALIFORNIA EN EL PACÍFICO ORIENTAL.**

**TESIS**

**Que para obtener el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN OCEANOGRAFÍA COSTERA**

**Presenta:**

**Oc. María Constanza Guerra**

**Ensenada B.C., México**

**Diciembre 2013**

**ANÁLISIS DE PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS Y ANOMALÍA INTERDECADAL,  
Y SU EFECTO EN LA VARIACIÓN POBLACIONAL DEL LOBO MARINO DE  
CALIFORNIA EN EL PACÍFICO ORIENTAL.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTNER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIA EN OCEANOGRAFÍA COSTERA**

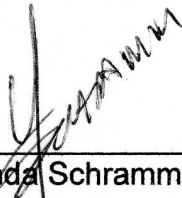
**PRESENTA:**

**María Constanza Guerra.**

Aprobada por

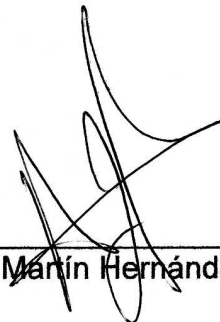


Dr. Antonio Martínez Alcalá  
Director de Tesis



Dra. Yolanda Schramm Urrutia

Sinodal



Dr. José Martín Hernández Ayón

Sinodal

## AGRADECIMIENTOS

A Yoli, gran científica y gran amiga...gracias por estar, por la confianza y dedicación.

A Toño, por hacer posible la culminación de este lindo trabajo, y por tener esa gran virtud, de hacer que las cosas más complicadas, resulten muy simples.

A Martín Hernández Ayón, por sus consejos finales.

A Javier, por enseñarme lo mágico, de una sonrisa diaria.

A Luis, por ayudar hasta el final de los días.

A mis amigos, aquellos que están siempre...a ellos, que son mi gran familia.

A Brisa, el alma más pura.

A mi amada hija Amiina, a vos dedico este trabajo...GRACIAS POR  
ENSEÑARME EL VERDADERO AMOR, Y SIGNIFICADO QUE TIENE ESTA  
VIDA.

## ÍNDICE

Resumen.....	14
<b>1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>15</b>
1.1 Distribución y movimientos de <i>Zalophus californianus</i> .....	15
1.2 Abundancia de <i>Zalophus californianus</i> .....	19
1.3 Alimentación del lobo marino de California.....	23
1.4 Parámetros oceanográficos y la influencia de El Niño (EN).....	28
1.5 Clorofila a (Chl a).....	29
1.6 Temperatura Superficial del Mar (SST).....	30
1.7 Nivel del Mar (NM).....	31
1.8 Viento (WNS).....	32
1.9 ENSO y anomalías oceanográficas que repercuten de manera negativa en la población del lobo Marino de California .....	33
<b>2.0 HIPÓTESIS.....</b>	<b>37</b>
<b>3.0 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>38</b>
3.1 Objetivos particulares.....	38
<b>4.0 ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>38</b>
<b>5.0 METODOLOGÍA.....</b>	<b>40</b>
5.1 Datos de crías.....	40
5.2 Regionalización.....	42

5.3	Conteo de crías.....	45
5.4	Sensores Remotos.....	48
5.5	Correlaciones.....	51
6.0	<b>RESULTADOS</b> .....	52
6.1	Abundancia de crías.....	52
6.2	SST.....	58
6.3	WNS.....	69
6.4	NM.....	76
6.5	Chl a.....	82
7.0	<b>DISCUSIÓN</b> .....	100
8.0	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	124
9.0	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Localización de las islas reproductivas en el área de estudio (California EE.UU., costa occidental de la Península de Baja California y Golfo de California, México).

**Figura 2.** Regiones establecidas dentro del área de estudio para este trabajo. Región I comprende las islas de Santa Barbara, San Nicolas, San Clemente y San Miguel en California (EE.UU), la región dos incluye a la isla Coronados, y la región III es representada por las islas San Jerónimo, Benitos, Cedros, Asunción, Natividad y Margarita, en Baja California. Las regiones del Golfo de California son la región IV (Rocas Consag e isla San Jorge), región V incluye las islas Granito, Ángel de la Guarda (lobera los Cantiles y Machos) y Partido, región VI (Rasito, San Esteban, San Pedro Nolasco y San Pedro Mártir) y la región VII (Los Islotes y San Ignacio).

**Figura 3.** Abundancia de crías en una serie de tiempo continua (1975-2000), en la Región I, que comprende las cuatro islas (Santa Barbara, San Nicolas, San Clemente y San Miguel (EE.UU.).

**Figura 4.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, comprende los años 1979, 1989, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000 y 2010, en la Región II, en la isla Coronado (MEX).

**Figura 5.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, comprende los años 1979, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000 y 2010, en la Región III, que incluye las islas San Jerónimo, Cedros, Benitos, Asunción, Natividad y Margarita (MEX).

**Figura 6.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, comprende los años 1979, 1981, 1985 y 2004, en la Región IV, que incluye Rocas Consag e isla San Jorge, ubicadas en el Golfo de California (MEX).

**Figura 7.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, comprende los años 1979, 1980, 1981, 1985, 1986, 1987, 1991 y 2004, en la Región V, que incluye las islas Granito, Ángel de la Guarda (lobera los Cantiles y Machos) y Partido, ubicadas en el Golfo de California (MEX).

**Figura 8.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, comprende los años 1979, 1980, 1981, 1985, 1986, 1987, 1991 y 2004, en la Región VI, que incluye las islas Rasito, San Esteban, San Pedro Mártir, y San Pedro Nolasco, ubicadas en el Golfo de California (MEX).

**Figura 9.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, comprende los años 1979, 1980, 1981, 1985, 1986, 1987, 1991 y 2004, en la Región VII, que incluye las islas San Ignacio y Los Islotes, ubicadas en el Golfo de California (MEX).

**Figura 10.** SST en la región norte, que abarca desde los 20° N hasta los 50° N de latitud, en una serie de tiempo continua desde 1982 a 2009. El gráfico superior nos muestra la SST en toda el área mencionada con la señal anual, y el gráfico inferior la SST de toda el área sin la señal anual.

**Figura 11.** SST en los extremos de la región I, que comprende los dos puntos latitudinales de las islas de Santa Barbara y San Miguel en California (EE.UU.), en una serie de tiempo continua desde 1982 a 2009.

**Figura 12.** SST en la región II, que comprende la isla Coronados (MEX), en una serie de tiempo continua desde 1982 a 2009.

**Figura 13.** SST en la región III, que comprende los puntos latitudinales de las islas San Jerónimo, Asunción y Margarita en una serie de tiempo continua desde 1982 a 2009.

**Figura 14.** SST en la región sur, que abarca desde los 15° N hasta los 30° N de latitud, abarcando todo el Golfo de California, para el periodo de 1981 a 2009. El gráfico superior nos muestra la SST en toda el área mencionada con la señal anual, y el gráfico inferior la SST de toda el área sin la señal anual.

**Figura 15.** SST en la región IV, que comprende el punto latitudinal de la isla Rocas Consag (la más noroeste del Golfo de California), para el periodo de 1981 a 2009.

**Figura 16.** SST en la región V, que comprende el punto latitudinal de la isla Ángel de la Guarda, para el periodo de 1981 a 2009.

**Figura 17.** SST en la región VI, que comprende el punto latitudinal de la isla San Esteban, para el periodo de 1981 a 2009.

**Figura 18.** SST en la región VII, que comprende el punto latitudinal de la isla Los Islotes (la más sureña del Golfo de California), para el periodo de 1981 a 2009.

**Figura 19.** Viento (WNS) en la región norte, durante el periodo 1990 a 2010. Abarca desde los 20° N hasta los 50° N de latitud. El gráfico superior nos muestra el WNS en toda el área mencionada con la señal anual, y el gráfico inferior el WNS de toda el área sin la señal anual.

**Figura 20.** WNS en la región I (EE.UU.), durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

**Figura 21.** WNS en la región II, que comprende la isla Coronados (MEX), durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

**Figura 22.** Como ponente X del WNS en la región III, la cual comprende los tres puntos latitudinales de las islas San Jerónimo (azul), Asunción (rojo), y Margarita (verde), durante el periodo 1990 a 2010.

**Figura 23.** Componente Y del WNS en la región III, la cual comprende los puntos latitudinales de las islas San Jerónimo (azul), Asunción (rojo), Margarita (verde), durante el periodo 1990 a 2010.

**Figura 24.** WNS en la región sur, en una serie continua de 1990 a 2010. Abarca desde los 15° N hasta los 30° N de latitud. El gráfico superior nos muestra el WNS en toda el área mencionada con la señal anual, y el gráfico inferior el WNS de toda el área sin la señal anual

**Figura 25.** WNS en la región IV, durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

**Figura 26.** WNS en la región V, durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

**Figura 27.** WNS en la región VI, durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

**Figura 28.** WNS en la región VII, durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

**Figura 29.** Nivel del mar (NM) en la región norte, para el periodo 1992 a 2010 Abarca desde los 20° N hasta los 50° N de latitud. El gráfico superior nos muestra el NM en toda el área mencionada con la señal anual, y el gráfico inferior el NM de toda el área sin la señal anual.

**Figura 30.** NM en la región I, la cual abarca los puntos latitudinales de la isla Santa Barbara (el punto más norteño) y San Miguel (el punto más sureño), en California (EE.UU.), para el periodo 1992 a 2010

**Figura 31.** NM en la región II, que comprende la isla Coronados (MEX), para el periodo 1992 a 2010

**Figura 32.** NM en la región III, la cual comprende los puntos latitudinales de las islas San Jerónimo (azul), Asunción (rojo), Margarita (verde), para el periodo 1992 a 2010

**Figura 33.** NM en la región sur para el periodo 1992 a 2010 Abarca desde los 15° N hasta los 30° N de latitud. El gráfico superior nos muestra el NM en toda el área mencionada con la señal anual, y el gráfico inferior el NM de toda el área sin la señal anual.

**Figura 34.** NM en la región IV, que comprende el punto latitudinal de la isla Rocas Consag (la más norteña del Golfo de California), en una serie de tiempo continua desde 1992 a 2010.

**Figura 35.** NM en la región V, en una serie de tiempo continua desde 1992 a 2010.

**Figura 36.** NM en la región VI, en una serie de tiempo continua desde 1992 a 2010.

**Figura 37.** NM en la región VII, en una serie de tiempo continua desde 1992 a 2010.

**Figura 38.** Clorofila a (Chl a) en la región norte, en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010. Abarca desde los 20° N hasta los 50° N de latitud. El gráfico superior nos muestra la Chl a en toda el área mencionada con la señal anual, y el gráfico inferior la Chl a de toda el área sin la señal anual.

**Figura 39.** Chl a en la región I, la cual abarca los puntos latitudinales de la isla Santa Barbara (el punto más norteño) y San Miguel (el punto más sureño), en California (EE.UU.), en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010.

**Figura 40.** Chl en la región II, que comprende la isla Coronados (MEX), en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010.

**Figura 41.** Chl a en la región III, la cual comprende los puntos latitudinales de las islas San Jerónimo (azul), Asunción (rojo), Margarita (verde), en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010.

**Figura 42.** Clorofila a (Chl a) en la región sur, en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010. Abarca desde los 15° N hasta los 30° N de latitud. El gráfico superior nos muestra la Chl a en toda el área mencionada con la señal anual, y el gráfico inferior la Chl a de toda el área sin la señal anual.

**Figura 43.** Chl a en la región IV, que comprende el punto latitudinal de la isla Rocas Consag (la más norteña del Golfo de California), en una serie de tiempo continua desde 1997 a 2010.

**Figura 44.** Chl a en la región V, en una serie de tiempo continua desde 1997 a 2010.

**Figura 45.** Chl a en la región VI, en una serie de tiempo continua desde 1997 a 2010.

**Figura 46.** Chl a en la región VII, en una serie de tiempo continua desde 1997 a 2010.

**Figura 47.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos en la región I.

**Figura 48.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos en la región II.

**Figura 49.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos en la región III.

**Figura 50.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos en la región IV.

**Figura 51.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos en la región V.

**Figura 52.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos en la región VI.

**Figura 53.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos en la región VII.

## ÍNDICE DE TABLAS

**TABLA I.** Censos poblacionales por islas, de crías de lobo marino de California, durante los meses de julio-agosto, abarca las islas de Santa Barbara, San Nicolas, San Clemente y San Miguel (EE.UU.), en una serie de tiempo continua de 1975 a 2000, y totales de los censos poblacionales de crías de lobo marino de California, en toda la región I, agregando los años 2001, 2005, 2008, también censados en los meses de julio-agosto.

**TABLA II.** Censos poblacionales por islas, de crías de lobo marino de California, durante los meses de julio-agosto, en Coronados, San Jerónimo, Cedros, Benitos, Asunción, Natividad y Margarita. Totales de la región II (Coronados), y región III (San Jerónimo, Cedros, Benitos, Asunción, Natividad y Margarita), censados en los mismos meses, en una serie de tiempo discontinua que comprende los años 1979, 1989, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000 y 2010.

**TABLA III.** Totales de los censos poblacionales, de crías de lobo marino de California en la región IV, la cual incluye a las islas del norte del Golfo de California (Rocas Consag y San Jorge), en una serie de tiempo discontinua en los años 1979, 1981, 1985 y 2004.

**TABLA IV.** Totales de crías de los censos poblacionales, de crías de lobo marino de California en la región V que incluye las islas Granito, Ángel de la Guarda (lobera los Cantiles y Machos) y Partido y la región VI, la cual comprende las islas Rasito, San Esteban, San Pedro Nolasco y San Pedro

Mártir, en una serie de tiempo discontinua en los años 1979, 1981, 1985, 1986, 1987, 1991 y 2004.

**TABLA V.** Totales de crías de los censos poblacionales, de crías de lobo marino de California en la región VII que incluye las islas San Ignacio y Los Islotes, en una serie de tiempo discontinua en los años 1979, 1980, 1981, 1986, 1987 y 2004.

**TABLA VI.** Correlación desfasada por cada año, entre cada uno de los parámetros oceanográficos (SST, WNS, Chl a, NM) y abundancia de crías, en las regiones de la porción occidental de la Península de Baja California.

## Resumen

En las últimas dos décadas, la población de lobo marino de California, ha aumentado en el sur de California EE.UU., y disminuido en la costa occidental de la Península de Baja California. Se cree que la disminución de lobo marino de California, se redujo en México, debido a que las condiciones anómalas oceanográficas a través del tiempo, son más frecuentes y son cada vez más intensas. De esta manera se recopilaron datos bibliográficos, de cría de lobo marino de California, para las islas Santa Barbara, San Clemente, San Nicolas y San Miguel en el sur de California (EE.UU.), y la región occidental de la Península de Baja California (Coronados, San Jerónimo, Benito, Cedros, Natividad, Asunción y Margarita). Se dividió al sur de California (EE.UU.), en una sola región (región I), y la porción occidental de la Península de Baja California, en tres regiones (región I, II y III). Se obtuvieron datos de satélite mensuales de parámetros oceanográficos (SST, WNS, NM, y Chl a) para cada región, con el fin de analizar si el aumento o reducción de la población de lobo marino, en la región I, II, y III, está relacionado con alguno de los parámetros oceanográficos. Se analiza a cada parámetro por separado, identificando eventos cálidos y fríos en cada región. Encontramos eventos de diferentes intensidades y duración que no estaban registrados como EN o LN en indicadores comúnmente utilizados. De esta manera, se tiene un índice más representativo de cada región. Se realizaron correlaciones entre la abundancia de lobo marino de California y cada parámetro oceanográfico, con el fin de observar si los eventos anómalos, registrados y observados mediante imágenes de satélites, están relacionados con los cambios en la población. Nuestros resultados muestran que la población en la región I esta fuertemente correlacionada con la Chl-a del año previo, aunque también existe una respuesta a corto plazo. La correlación muestra que la producción de Chl-a favorece el crecimiento de la población. La población también se ve débilmente afectada por aumentos en SST y NM (correlación negativa) y sin respuesta clara a eventos de viento. En la región II el efecto de la Chl-a es similar al de la región I, aunque en este caso la respuesta es más rápida y un poco mayor. La relación con SST es similar (-) aunque más fuerte que en la región I mostrando un retraso de 1 año.

La región III se ve afectada dos años después por cambios en SST, aunque a diferencia de las regiones I y II, la correlación es positiva. Los WNS en la misma región, son significativos solo en Asunción y Margarita, con correlaciones negativa y positiva y lags de 1 y 2 años respectivamente. La correlación entre abundancia y NM es alta, negativa y ocurre a lag 0 para las 3 islas.

La Chl-a muestra relación con la abundancia solo en S. Jerónimo, y Margarita, aunque en este caso la correlación es negativa, lo cual sugiere que el aumento en la producción primaria es perjudicial para la abundancia de crías. Los posibles escenarios relacionando la abundancia de crías es analizado. Como recomendación final, no se debería indicar que todos los eventos cálidos perjudican a la población, o que la Chl a se ve perjudicada en años cálidos, ya que la población aumenta en años donde parámetros oceanográficos indican condiciones supuestamente no favorables para la misma.

## **1. Antecedentes**

### ***1.1 Distribución y movimientos de *Zalophus californianus****

El lobo marino de California, *Zalophus californianus* (Lesson 1828), pertenece al Orden Carnivora, Suborden Pinnipedia y Familia Otariidae (Berta y Sumich 1999). Se distribuye principalmente en islas a lo largo de la costa Este del Océano Pacífico desde Columbia Británica en Canadá, hasta las Islas Marías en México incluyendo el Golfo de California (King 1983). Existen zonas de concentración importantes relacionadas con la reproducción como son algunas islas de la Cuenca del Sur de California en EE.UU. (islas San Miguel, Santa Barbara, San Nicolas y San Clemente, (Lowry et al. 1992). La zona reproductiva con mayor población de lobo marino de la región de EE.UU. (80,000 individuos) y mayor porcentaje de crías, se presenta en Isla San Miguel (DeLong-Melin 2000). En México el lobo marino de California se distribuye a lo largo de la península de Baja California; la región occidental comprende las islas Coronados, Todos Santos, San Martín, San Jerónimo, Guadalupe, San Benito, Cedros, Natividad, Asunción e Isla Margarita (Lowry y Maravilla-Chávez 2005). Dentro del golfo se distribuyen en doce islas reproductivas (Rocas Consag, San Jorge, Lobos, Granito, Ángel de la Guarda, Partido, Rasito, San Esteban, San Pedro Mártir, San Pedro Nolasco, San Ignacio, Los Islotes, Le Boeuf et al. 1983; Zavala 1990). Autores mencionan que la temporada reproductiva del lobo marino de California comienza con la llegada de los machos adultos a las zonas reproductivas durante la segunda semana de mayo donde comienza la etapa de apareamiento (Brownell et al. 1974; Aurióles-Gamboa y Le Boeuf 1991). Esta

etapa está caracterizada por la llegada de los machos, quienes establecen territorio antes de la llegada de las hembras a las zonas reproductivas (Heath 2002); las hembras paren y entran inmediatamente en estro. La mayoría de los nacimientos en Estados Unidos y en la región occidental de la Península de Baja California ocurren a lo largo de mayo y junio (Heath 2002); en el Golfo de California comienzan en la cuarta semana de mayo y finalizan la segunda o tercer semana de julio (García-Aguilar y Aurióles-Gamboa 2003), por lo tanto, el periodo reproductivo comprende los meses cálidos entre mayo y agosto, cuando la etapa de apareamientos ha finalizado (Brownell et al. 1974; Aurióles-Gamboa y Le Boeuf 1991). Luego de la temporada reproductiva los machos adultos y subadultos del lobo marino de California que habitan las colonias de la región occidental de la Península de Baja California y el sur de California (EE.UU.) realizan una migración hacia el norte, rumbo a California, Oregon, Washington y la Columbia Británica (Fry 1939; Bartholomew y Boolootian 1960; Hancock 1970; Bigg 1973; Bonnell y Ford 1987), regresando nuevamente al sur al siguiente periodo reproductivo (Lowry 1986; Lowry y Forney 2005).

Los patrones migratorios de las hembras y los animales jóvenes así como el patrón de migración en el Golfo de California aún no han sido descritos (Aurióles 1988; Aurióles et al. 1983; King 1983). Se sabe que sus movimientos se relacionan con la temporada reproductiva, la distribución y movimientos de las especies de peces presa (Aurióles et al. 1983; Wright et al. 2010) y con aumentos en la temperatura superficial del mar (SST), (Sydeman y Allen 1999).

Maldonado y colaboradores (1995) afirman que existen dos grupos filogenéticamente distintos y con gran divergencia entre ellos, lo que supone una ausencia de migración entre las dos zonas (Golfo de California y loberas del Pacífico), al menos por parte de las hembras.

Ainley y colaboradores (1982) asumen que los movimientos del lobo marino de California están relacionados con el seguimiento de presas como la merluza del Pacífico (*Merluccius productus*), la cual puede presentar variaciones interanuales (Ainley et al. 1982).

Se reporta que en la Isla San Miguel en California (EE.UU.), las hembras de lobo marino de California durante el periodo de lactancia, realizan viajes de alimentación al mar con una duración de 3 a 4 días retirándose de la costa a un máximo de 42.5 km, principalmente al noreste y noroeste de la isla (Melin y DeLong 1999).

Weise y colaboradores en el 2006, reportaron que los machos adultos en Monterey California durante condiciones normales (2003-2004), se alimentaban casi exclusivamente sobre la plataforma continental durante los viajes cortos; mientras que en condiciones anómalas (2004–2005) el desplazamiento en las rutas de alimentación fueron más del doble de la distancia y tres veces la duración de los viajes (hasta 450 km de la costa).

Durante la temporada reproductiva el lobo marino de California se mueven hacia el sur (Ainley et al. 1982; Lowry 1985; Lowry y Forney 2005), sin embargo, en el Golfo de California el 35% de los machos y el 60% de las hembras permanecen en las loberas durante todo el año, principalmente en la zona de las Grandes Islas, debido a que es una zona altamente productiva; aunque existen diferentes grados de dispersión entre las loberas del golfo a lo largo del año (Aurioles 1988; Zavala 1990). Aurioles-Gamboa y colaboradores (1983) observan una variación estacional donde la población del Golfo de California presenta una disminución de hembras y machos durante el verano y continúa esta tendencia hasta el invierno. Sin embargo, en la parte norte del Golfo de California no se presenta dicha variación en la población y por lo tanto no explica las variaciones en las poblaciones sureñas. Una de la posible explicación para dicha variación en las poblaciones del sur del golfo puede ser debida a la interacción de éstas con poblaciones del sur y norte de las costas de la región occidental de la Península de Baja California durante la temporada reproductiva (Aurioles-Gamboa et al. 1983).

Más adelante se presenta el mapa de las islas reproductivas del lobo marino de California (Figura 1), y como se puede observar, hay islas que se encuentran a menor distancia geográfica que la mencionada por Melin y DeLong (1999) en el movimiento migratorio de las hembras en busca de su alimentación. Por lo tanto, es preferible trabajar con crías de lobo marino de California, debido a que, las mismas siempre están en el sitio en el que se realiza el conteo. Los adultos

pueden ser contados dos veces, en diferentes sitios, por el movimiento que realizan, mencionado anteriormente.

### **1.2 Abundancia de *Zalophus californianus***

Con base en las estimaciones de abundancia de lobo marino de California por región (EE.UU., occidente de la Península de Baja California, y Golfo de California), se logra observar una disminución de la población en México y un aumento en EE.UU. De las cuatro islas reproductivas en la región de EE.UU., San Miguel es la que presenta mayor población de lobo marino de California, y en las últimas dos décadas, se ha casi duplicado la superficie ocupada por zonas de cría y apareamiento (De Long-Melin 2000).

Lowry y Forney (2005) estimaron la abundancia del lobo marino en (mayo-junio, septiembre y diciembre de 1998, y julio de 1999), y la abundancia fue, de 64,916 para los meses de mayo a junio (temporada de nacimientos), 75,673 en el mes de septiembre y 56,775 en diciembre del mismo año; los autores afirman que la abundancia en el centro y norte de California fue alta durante el periodo cálido El Niño (EN), que se produjo en 1997-98, pero la disminución de la población se observa a finales de dicho evento y durante el periodo de readaptación a condiciones normales, es decir al año siguiente, en 1999.

En 2000, Lowry y Maravilla-Chávez (2005) estimaron la población de EE.UU. entre 238,000 a 241,000 individuos. Para el 2001, durante la temporada

reproductiva se han reportado hasta 237,000 individuos (Carretta et al. 2005) con la mayor cantidad distribuida principalmente al sur de California; el resultado anterior es 32% más que lo estimado por Lowry y Forney (2005) durante la temporada de nacimientos en 1998.

Szteren y Auriolos (2006) afirman que la población en los EE.UU. ha ido en aumento durante los últimos 15 años. En el sur de California (EE.UU.) en las últimas tres décadas, se ha incrementado la población de lobo marino de manera exponencial, pero ha mostrado una disminución en el crecimiento de la población durante los eventos de El Niño de 1972, 1983, 1992 y 1997 (DeLong y Melin 1999). De Long y Melin (2000) adjudican la reducción de la población, durante estos años, a cambios o reducciones en la disponibilidad de peces y cefalópodos, su principal presa.

Brownell et al. (1974) censaron las islas del sur de la Península de Baja California (islas San Benito, Cedros y Natividad), así como la Isla Guadalupe y registraron un total de 15,467 individuos. Le Boeuf et al. (1983), censaron durante el verano de 1979 y 1981 en el Golfo de California e islas del Pacífico mexicano. Para el año de 1979 reportaron un total de 15,140 organismos en el Golfo de California y 23,098 en las costas del pacífico mexicano. Para 1981 reportaron un total de 14,389 individuos en el Golfo de California y 14,994 en las islas del Pacífico mexicano (LeBoeuf et al., 1983). En 1990 ya se contaban 17,162 individuos en el golfo y 9,790 durante 1992 en el Pacífico (Maravilla-

Chávez et al., 2006; Maravilla-Chávez y Lowry 1996), los autores adjudican esta disminución de animales en el Pacífico al evento de EN que se presentó durante ese año.

En 2000, Lowry y Maravilla-Chávez (2005) estimaron la abundancia del lobo marino de California en las poblaciones mexicanas, alrededor de 75,000 y 87,000 individuos, dividido en 63,000 en la costa del Pacífico (Maravilla-Chávez, 2005) y entre 24,000 y 31,000 individuos en el Golfo de California (Aurioles-Gamboa y Zavala-González 1994; Szteren et al. 2006); en el cual se presenta el 12% de la población total del golfo en Isla Ángel de la Guarda durante la época reproductiva (Zavala 1993; Aurioles y Zavala 1994; Inclán-Magaña 1999). Las loberas que han aumentado en abundancia en el Golfo de California son Los Islotes (la isla ubicada más al sur del golfo), Rocas Consag y San Jorge (las islas más norteñas) (Szteren 2006).

Diez años más tarde de lo reportado por Maravilla-Chávez (2005), Milanés-Salinas en el 2012 reporta la situación de la población total del lobo marino de California en la costa oeste de Baja California, un total de 33,447 individuos, el cual representa alrededor del 53% menos (Schramm-Urrutia Heckel-Dziendzielewski, 2012).

Szteren y Aurioles (2006) estiman la población de lobo marino en el Golfo de California en el año 2004 entre 24,062 y 31,159, y una producción de crías de

8,598. Los mismos autores afirman que las tendencias de la población de lobos marinos en el Golfo de California han cambiado dramáticamente desde la última estimación publicada por Auriolles y Zavala en (1994). En comparación a lo reportado por Auriolles-Gamboa y Zavala-González (1994), las poblaciones de Rocas Consag, San Jorge, Los Islotes y San Esteban aumentan significativamente, mientras que en Granito, Cantiles, Machos, el Partido, y Farallón de San Ignacio disminuyen (Szteren y Auriolles, 2006).

Aunque se observa claramente que las poblaciones del Golfo de California fluctúan entre las Islas, toda la población disminuyó 20,05%. La disminución de la población del lobo marino de California, se ha asociado a los eventos cálidos El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), debido a que, el efecto principal de este fenómeno atmosférico es el aumento de la SST, y como consecuencia el desplazamiento de sus presas a aguas más frías (Szteren y Auriolles, 2006).

La variación de la población del lobo marino de California (aumento o disminución de la comunidad) puede indicar cambios en el ambiente, debido a que los pinnípedos son depredadores tope (Bengston y Laws 1985; Trillmich y Ono 1991). Por lo tanto, es importante el estudio de estas variaciones, ya que pueden ser indicadores de cambios en un ecosistema.

### ***1.3 Alimentación del lobo marino de California***

Las zonas geográficas de alimentación del lobo marino de California, probablemente estén relacionadas con la estructura de la población y sus límites de dispersión ya que la ecología alimentaria, en buena medida determina el comportamiento de las especies (Heath y Francis 1983). La concentración de individuos en determinadas zonas parece tener relación con la disponibilidad de alimento (Orta-Dávila 1988; Lowry et al. 1990; Zavala 1999).

El lobo marino de California presenta una marcada preferencia por unas cuantas especies como la anchoveta del norte (*Engraulis mordax*), la sardina Monterey (*Sardinops sagax caeuruleus*) y la merluza del Pacífico (*Merluccius productus*), entre otras. Sin embargo, existen diferencias regionales.

Las presas más frecuentes en el norte y centro de California son la merluza del Pacífico (*Merluccius productus*), la anchoveta del norte (*Engraulis mordax*) y el calamar (*Loligo opalescens*) (Jones 1981; Ainley et al. 1982). Lowry et al. (1990), establecen que las principales presas en el sur de California, EE.UU., son la anchoveta del norte (*Engraulis mordax*), el charrito (*Trachurus symmetricus*) y la merluza del Pacífico (*Merluccius productus*).

En la región occidental de Baja California, en la Isla San Benito, Camacho-Ríos (2004) observó en el año 2002 que la dieta del lobo marino de California se compuso principalmente por la argentina del Pacífico (*Argentina sialis*) y el calamar (*Loligo opalescens*). Barbosa-Devéze y colaboradores (2002),

reportaron que las principales presas del lobo marino en Isla Magdalena, son el rocote (*Sebastes* sp.), la sardina Monterrey (*Sardinops sagax caeuruleus*) y el pez sapo (nombre común). Espinosa (2007) reportó diferencias en cuanto a la presencia de peces, cefalópodos y crustáceos en cada lobera.

Para poder ver la posibilidad de si la reducción de la población del lobo marino de California en las costas mexicanas, y el aumento significativo en la población del sur de California (EE.UU.), se deba a que sigue los patrones de movimiento de la merluza mencionada anteriormente, se podrían investigar las variaciones interanuales que presenta esta especie, y si se observa que también manifestó algún cambio a través de los años, puede ser a que uno de los eventos directos coincida con los cambios en la población del lobo marino de California; sin embargo en la Península de Baja California, no se repite ninguna presa de preferencia (Espinosa 2007), lo que indica que el lobo marino de California, por lo menos en la costa occidental de la Península de Baja California, no tiene una presa principal o está adaptado a diversas especies.

Para el Golfo de California las especies presa también se diferencian de California y Baja California. García-Rodríguez (1999) afirma que las presas más importantes para el lobo marino de California en las Grandes Islas, son la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), la merluza del Golfo (*Merluccius angustimanus*), la macarela (*Scomber japonicus*), el pez sable (*Trichiurus lepturus*) el pez sapo y la sardina Monterey (todas especies de peces). En la región mas norteña del Golfo de California, en Isla San Jorge, Mellink y Romero-

Saavedra (2005) establecen que la presa más importante es el pez sapo, seguido del roncacho mapache (*Pomadasys panamensis*) y el calamar (*Lolliguncula panamensis*). Para la región sur del Golfo (Los Islotes), Porrás-Peters (2004) afirman que las presas más frecuentes encontradas en esta lobera son el serrano de aguas profundas (*Serranus aequidens*), el pez lagarto del Pacífico oriental (*Aulopus bajacali*), el serrano бага (*Pronotogrammus multifasciatus*), el serrano ojón (*Pronotogrammus eos*) y el pez sapo aleta lucia (*Porichthys notatus*).

La merluza del Pacífico (*Merluccius productus*), presa que predomina en la región de EE.UU. se distribuye desde las islas de Vancouver en Canadá hasta la Península de Baja California en México, la distribución que también presenta el lobo marino de California. Agostini y colaboradores en el 2006, en la búsqueda de las condiciones oceanográficas que pueden afectar potencialmente la magnitud de las migraciones de la merluza del Pacífico, analizaron la abundancia y distribución de la especie paralela a la costa durante 1995 y 1998 en función de la corriente sub-superficial del Sistema de Corriente de California (SCC); como resultado obtuvieron que los cambios en las rutas migratorias de la merluza del Pacífico, están relacionada con la corriente sub-superficial del SCC dirigida hacia los polos y no específicamente con el rango de temperatura, teniendo en cuenta que uno de los años de estudio fue año EN (1998). Los mismo autores sugieren que el hábitat de los adultos de esta especie está regido por la corriente sub-superficial del SCC, y concluyen que algunos de los procesos físicos no afectan directamente a la producción de la merluza del

Pacífico, pero que seguramente la relación entre la variabilidad de los procesos océano-atmósfera de gran escala y la distribución de la especie, afecta a la producción (Agostini et al. 2006). Los mismos autores concluyeron que esos cambios de dirección y profundidad son relacionados con la corriente sub-superficial del SCC y no con el rango de temperatura, debido que analizaron el año EN 1998 y los cambios observados se debieron a causa de cambio en la corriente y no en el cambio de SST, es decir, como lo explica Benson et al. (2002), al estudiar la merluza del Pacífico en aguas Canadienses, las relación SST sólo existe hasta que un nuevo régimen climático ocurre. Los mismo autores afirman que el índice de surgencia y el patrón de vientos, son más explícitos para indicar o predecir los cambios de producción en esta especie. El nivel del mar, comúnmente utilizado como índice de transporte, tiene una fuerte relación en la variabilidad interanual de la merluza del Pacífico en las aguas Canadienses (Smith et al. 1990). El mismo autor, que estudia cada parámetro, afirma que en los años donde la corriente que se dirige hacia los polos presenta una señal más fuerte que en años normales, menos merluzas del Pacífico arriban al sur de Vancouver. Por lo tanto, distintos parámetros oceanográficos a SST, nos pueden dar un indicio adecuado del cambio en las poblaciones costeras.

El hábitat de las especies debe estar regido por un conjunto de condiciones que para la misma debe de ser favorable. Los diversos parámetros oceanográficos, circulación oceánica, SCC, SST, nutrientes, etc., establecen los movimientos del

ictioplancton. De esta manera, podemos observar las razones que genera el cambio en la población del lobo marino de California, a través de las condiciones oceanográficas y no teniendo como único indicador a una especie, teniendo en cuenta que el lobo marino consume diversas especies de peces, y algunas se encuentran disponibles en periodos cálidos y otras son desplazadas a zonas mas frías. También las larvas de peces se comportan de manera diferente por anomalías que no provienen de ENSO. De esta manera, se deben tener en cuenta todas las condiciones tanto físicas como biológicas del hábitat y el motivo real de la reducción en una población.

Si las condiciones oceanográficas pueden de una manera directa medir o indicar el movimiento de las presas del lobo marino de California, o en conjunto poder descifrar el por qué de los cambios poblacionales del lobo marino, sin pasar por el estudio de cada una de sus especies de preferencia en particular, podrían utilizarse patrones oceanográficos (cómo corrientes, SST, clorofila, nivel del mar, viento, entre otros), como indicadores para estimar, predecir u observar si se relacionan con determinados parámetros la población del lobo marino, y no de su presa, debido a que, sabremos que su alimento es afectado por las corrientes o anomalías oceanográficas de gran escala o a nivel regional. Es decir, medir u observar a la población de una manera directa con sólo realizar un análisis oceanográfico como primera aproximación.

#### ***1.4 Parámetros oceanográficos y la influencia de el El Niño (EN)***

Las características ambientales determinan el hábitat donde los lobos marinos mantienen sus colonias y se alimentan. Szteren (2006) reporta que la concentración de clorofila *a* es un indicador de la productividad primaria, que puede influenciar en la abundancia de las presas del lobo marino de California a través de una cascada trófica ascendente y que la temperatura afecta principalmente la abundancia y distribución de las presas, mientras que Agostini et al. (2006) afirma que la distribución de las mismas se debe a un cambio en el patrón de corrientes y no al rango de temperatura. Benson et al. (2002) afirman que el patrón de vientos, son más explícitos para indicar o predecir los cambios de producción en esta especie presa, y que el nivel del mar, comúnmente es utilizado como índice de transporte de la misma.

Antes de entender el por qué las colonias de lobo marino de California se establecen en un lugar geográfico específico, hay que analizar el comportamiento de los parámetros oceanográficos en las distintas regiones de estudio, como también la presencia de anomalías interanuales como ENSO en la serie de tiempo que se analizará.

### **1.5 Clorofila *a* (Chl *a*)**

La biomasa y producción del fitoplancton (Chl *a*), son la base principal de las redes tróficas que se desarrollan en el ecosistema pelágico del océano . La misma sirve para cuantificar el componente del ecosistema pelágico (Castro et

al., 2008). A partir del uso de sensores satelitales que captan el color del océano ha sido posible estimar la Chl a, y conocer la variabilidad estacional, o la variabilidad causada por forzamientos climáticos de gran escala, como EN y LN (Castro et al., 2008).

Durante el periodo de surgencias (primavera-verano) a lo largo de la costa de California, se lleva a cabo la reproducción y el destete del lobo marino de California (Bograd et al. 2009). Las loberas que habita este pinnípedo se encuentran en zonas altamente productivas como las de la región del sur de California (EE.UU.) y la región occidental de la Península de Baja California, que se encuentran influenciadas por eventos continuos de surgencias que, durante el invierno muestran los valores más altos de productividad primaria (León-Barocio et al. 2007; Heath 2002).

Estudios previos de los efectos de EN en la costa de California indican una reducción en la intensidad de las surgencias costeras (Kahru y Mitchell 2000 y 2002). Sin embargo, frente a Baja California se ha demostrado que se presenta un patrón positivo en la Chl a y en la producción primaria, ya que éstos se incrementaron durante los eventos de EN 1982-1984 y 1997-1998 (Espinosa-Carreón et al. 2010).

En el Golfo de California tiene una capa superficial con una gran cantidad de nutrientes; estos determinan una elevada Chl a para la región de las Grandes Islas, en la parte central golfo (Álvarez-Borrego 1983; Álvarez-Borrego y Lara-

Lara 1991). El mecanismo exacto de la reducción de la Chl a, en el golfo durante eventos EN no se conoce con exactitud, sin embargo, se puede mencionar que tanto la intrusión del agua superficial tropical, la disminución de la mezcla vertical debido al incremento de la estratificación térmica (Kahru et al., 2004), y la dominancia de nanofitoplancton con bajo contenido de clorofila (Valdez-Holguín y Lara-Lara 1987) se conjugan para provocar dicha disminución.

### ***1.6 Temperatura Superficial del Mar (SST)***

La SST, es uno de los principales indicadores del cambio climático global. La posibilidad de usar los datos proporcionados por sensores remotos, para obtener este parámetro oceanográfico, ha sido de gran utilidad para diferentes estudios globales y regionales.

Lavin y colaboradores (2003) utilizaron imágenes infrarrojas de satélite de enero de 1984 a diciembre de 2000 para describir las anomalías de SST en el Golfo de California. Las anomalías positivas predominantes son debidas a EN, especialmente el de 1997-1998, con desviaciones de más de 3°C por encima de la climatología estacional. Los mismos autores afirman que la anomalía negativa más grande (~ -4°C) está asociada a La Niña (LN) de 1988-1989. El Niño 1986-1987 tuvo el efecto más débil, con anomalías < 2°C.

Durazo (2001) establece que en el Sistema de Corriente de California (SCC) han sucedido cambios en los eventos físicos como EN (1997/98) y LN entre 1998 y

2002, como también eventos EN y LN de corta duración o que presentan una señal débil.

### **1.7 Nivel del Mar (NM)**

El NM es una variable medioambiental de importancia en procesos climáticos, en los sistemas atmósfera-océano (Martínez et al.,2005).El NM se debe a numerosos factores, tales como las diferencias en la presión atmosférica, los vientos, las corrientes oceánicas y la densidad del agua de mar, en donde cada uno por separado o en conjunto, contribuyen con el cambio del NM (Anisimov & Nelson, 1997). Sirve como indicador de surgencias, corrientes, remolinos y anomalías en la SST. Esto último, es debido a que las aguas se contraen, en periodos fríos, y se expande en periodos cálidos. Lo que genera una disminución o aumento en el NM, respectivamente. El aumento o disminución en el NM no es uniforme en todas las zonas costeras, ya que la tasa de cambio por regiones puede variar.

### **1.8 Viento (WNS)**

El viento (WNS en adelante) puede afectar al océano de diversas formas. La más básica consiste en enfriar la superficie del océano, al mismo tiempo que se produce mezcla. Si el viento es persistente, se produce un transporte de agua a

la derecha de la dirección del viento (transporte de Ekman), mecanismo comúnmente usado para explicar surgencias. Además, el rotacional del viento (persistente) puede producir bombeo de Ekman (cerca o lejos de la costa). Por último, la divergencia del viento (aún en vientos no persistentes) puede producir levantamiento de aguas sub-superficiales.

La explicación básica de los efectos producidos por un evento de viento consiste en un arrastre hacia afuera de la costa, acompañado de una disminución en el nivel del mar junto a la costa (Velázquez-Muñoz et al. 2011).

Castro y Martínez (2002) analizaron mediante imágenes de satélite durante el período de 2000-2007, el campo de viento frente a la Península de Baja California. Concluyeron que los vientos en esta zona son muy persistentes y con dirección predominante hacia el sur-sureste. Los mismos autores mencionan que durante el periodo estacional de primavera-verano, los vientos son más intensos que otoño-verano, teniendo en cuenta que la variabilidad fue poca en toda la zona de estudio. También se discute el rotacional positivo a lo largo de la península y que es favorable a bombeo de Ekman, capaz de fertilizar la zona fótica.

Otro aporte importante es el de las surgencias costeras que se presentan en ambas costas del Golfo de California; durante el invierno y primavera, los vientos del noroeste producen surgencias a lo largo de la costa continental mientras que en verano los vientos del sureste generan surgencias en la costa occidental

(Badán-Dangón et al. 1985; Santamaría et al. 1995). Sin embargo, Huntsman y Barber (1977), indican que bajo condiciones de vientos fuertes, se genera una amplia capa de mezcla (~50 m), pero una limitada cantidad de luz para los procesos fotosintéticos.

Durazo et al. (2005) describieron para la región frente a Baja California durante el periodo de 2002-2003, la presencia de un evento EN débil, donde no se observó una disminución de vientos dominantes.

### ***1.9 ENSO y anomalías oceanográficas que repercuten de manera negativa en la población de lobo marino de California.***

Durante eventos EN en la costa de California se genera un calentamiento anómalo de las aguas comúnmente frías (Philander 1990). Cuando las anomalías interdecadales como EN se presentan, existe la presencia de fuertes lluvias, la invasión por organismos tropicales, y la mortalidad en masa de varios organismos marinos locales (DeLong et al. 1991). También reduce la disponibilidad de nutrientes y la productividad biológica de las aguas superficiales (Chávez et al. 2002; McGowan et al. 2003), e incluso inducen cambios importantes en la estructura y distribución regional e interanual del zooplancton (Lavaniegos et al. 2002).

EN de 1983 ha sido considerado como el evento cálido más fuerte registrado en California; el mismo evento trae como consecuencia en isla San Miguel, la

disminución de los nacimientos de lobo marino de California de hasta el 60%, en comparación a los años anteriores al evento (DeLong y Antonelis 1991), el 43% en isla San Nicolás, el 62% en la isla San Clemente, y el 71% en la isla de Santa Bárbara (DeLong et al. 1991).

En 1992, DeLong y Melin (2000) en un estudio completo de las cuatro especies de pinnípedos, afirman que el evento EN de 1991 afectó de manera significativa sólo a el lobo marino de California; la producción de crías se redujo un 43% y la mortalidad de las mismas aumentó 33%, más del doble que el año anterior. Los mismos autores reportan que la población después del evento EN de 1991 el lobo marino de California se recuperó rápidamente y, en el año 1994, la población se encontraba en niveles récord de producción, lo que indica que la supervivencia de adultos no fue dramáticamente impactada durante este evento (DeLong y Melin 2000).

EN de 1997, comenzó a sentirse en las costas del sur de California en el mes de mayo, poco antes de que la etapa reproductiva del lobo marino iniciara. En la zona reproductiva de isla San Miguel en el mismo año, la mortalidad de las crías de lobo marino hasta los cuatro meses de edad fue de más del 24%, lo que llevó a una reducción de la población de lobo marino de California del 51% (DeLong y Melin 2000). Los mismos autores que analizaron los años en donde EN se presentó y afectó de manera significativa a la población de lobo marino de California afirman que, si los eventos EN son cada vez más frecuentes o más

graves, es posible que la población de lobo marino en isla San Miguel entrará en un período sostenido de disminución de la población (DeLong y Melin 2000).

A partir de una serie de tiempo de 1975 a 2001, los conteos de crías en la población de EE.UU. muestran un efecto negativo durante los eventos EN, la producción total de crías decreció en un 35% en 1983, 27% en 1992, y 64% en 1998 (Carreta et al. 2007). Después de los eventos EN 1991/92 y 1997/98, la producción de crías aumentó en 52 y 185% respectivamente, pero no hubo recuperación después de El Niño 1982/83 (Carreta et al. 2007).

Melin y colaboradores (2010), reportan que a partir de un evento oceanográfico anómalo producido a lo largo del centro de la costa de California (EE.UU.) entre mayo y agosto de 2009, se observó un número récord de varamientos a lo largo de la costa de California de crías destetadas nacidas en 2008. Los mismos autores llegan a la conclusión que la respuesta negativa de la población fue a causa de la SST, debido a que, se genera una reducción en la disponibilidad de su presa habitual de verano.

Greig et al. (2005), realizaron un estudio en los mamíferos marinos varados. En su trabajo revisaron 3,707 individuos de lobo marino de California varados vivos entre el año 1991 y 2000 a lo largo de la costa central de California. Los varamientos causado por la desnutrición fueron mayores durante el evento EN de 1991/92 (no es niño) y 1997/98 (Greig et al. 2005). Sin embargo, los

varamientos de lobo marino de California (hembras y machos) siguen altos después de estos eventos, lo que puede indicar que las anomalías provenientes de otras fuentes ajenas a EN genera también varamiento y mortalidad, o que el restablecimiento de las condiciones normales luego del evento cálido no es inmediato.

(Schwing et al. 2006) establece que las condiciones oceanográficas anómalas que no presentan la misma intensidad ni magnitud a los eventos EN, pueden tener efectos similares sobre la estructura de la comunidad marina a escala local o regional.

Hidalgo-González y Álvarez-Borrego (2004), y Kahru et al. (2004) reportan para el norte del golfo, que los valores de producción primaria durante EN 1997-1998, fueron menores que en el resto del golfo. Valdez-Holguín y Lara-Lara (1987) observaron que los efectos de EN 1983 no eran significativos en la región central, y explican que fenómenos físicos locales de enriquecimiento amortiguan los efectos de El Niño.

Es de pensar que los eventos EN, tienen la misma repercusiones en el SCC como en el Golfo de California, pero Bernal et al. (2001) establece que la configuración geográfica del Golfo de California, caracterizado por ser un mar profundo, estrecho y alargado en dirección NO-SE, limitado por la árida Península de Baja California al occidente y por los desiertos de Sonora y Sinaloa

al oriente, le confiere un clima de carácter más continental que el de la vecina Corriente de California. Por lo tanto, el efecto negativo de EN en el golfo no es tan fuerte como en la SCC.

Pérez Lezama (2010), afirma que aunque el más popular, conocido y analizado en la literatura siempre ha sido el fenómeno de EN, la falta de análisis de otra serie de fenómenos que pudiesen estar influyendo en la intensidad del mismo, podría estar sobreestimando la influencia de un fenómeno que se origina en el ecuador y los resultados simplemente pudiesen ser reflejo de la influencia de los otros fenómenos sobre el mismo.

## ***2.0 Hipótesis***

La población de lobo marino de California se redujo en México debido a que las condiciones anómalas oceanográficas a través del tiempo, se presentan con mayor periodicidad y son cada vez más intensas.

## ***3.0 Objetivo General***

Analizar las anomalías de WNS (viento), SST (temperatura superficial del mar), LS (nivel del mar) y CHL a (clorofila a), en una serie de tiempo larga (1975-2010) y su relación con la tendencia poblacional del lobo marino de California en tres regiones del Pacífico Oriental: California (EE.UU.), costa occidental de la

Península de Baja California (desde Isla Margarita, B.C.S. hasta Isla Coronado, B.C) y Golfo de California, México

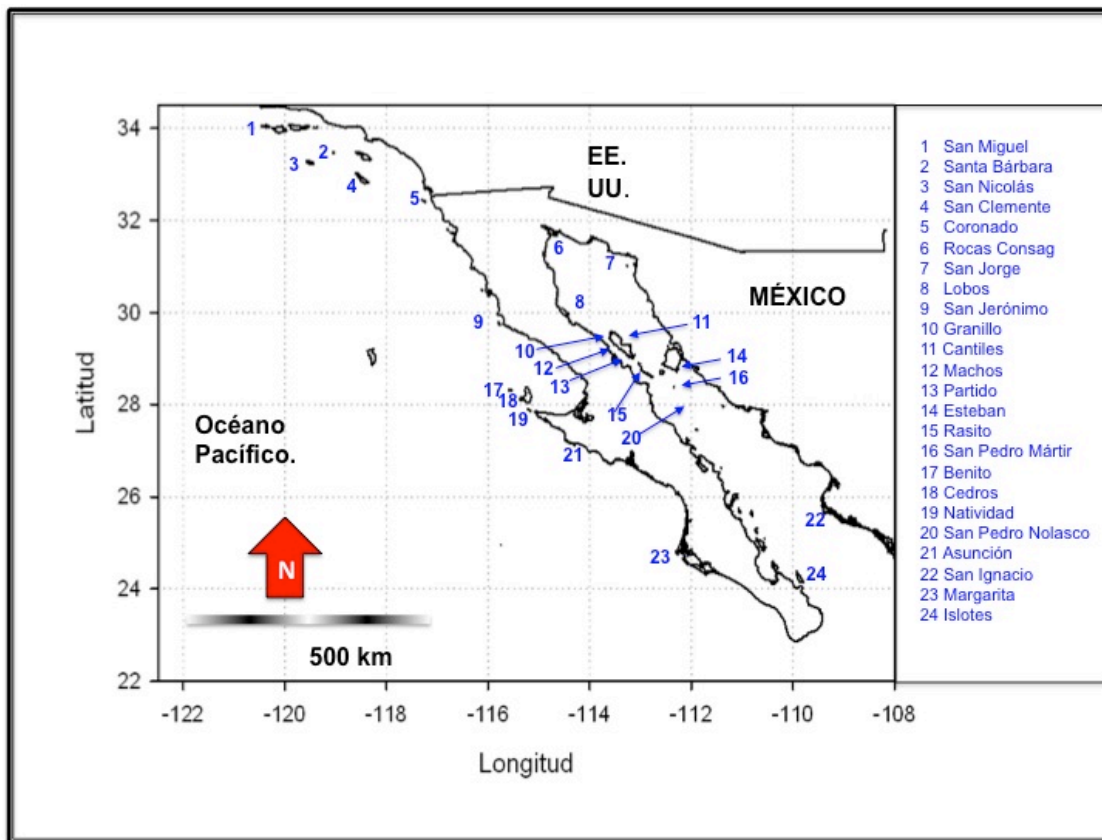
### **3.1 Objetivos Particulares**

1. Analizar la tendencia (crecimiento o decremento) en la cantidad de crías de lobo marino de California por región (California, EE.UU., Golfo de California y occidente de la Península de Baja California, México), en una serie de tiempo.
2. Analizar la tendencia poblacional del lobo marino de California en las regiones de California, EE.UU. y occidente de la Península de Baja California, México), en función de eventos oceanográficos.
3. Analizar si la población de lobo marino, en la región de California, EE.UU., y occidente de la Península de Baja California, México, están relacionada con alguno de los parámetros antes mencionados para cada región.

### **4.0 Área de Estudio**

El área de estudio incluye las costas de la región occidental (EE.UU.), Península de Baja California y Golfo de California (México), toda la región se extiende desde los 24° hasta los 34.2° de latitud norte. La mayoría de las islas se ubican cerca de la costa, que de norte a sur son cuatro islas (San Miguel, San Clemente, San Nicolas y Santa Barbara) en la región de California (EE.UU.), y siete islas en la región de Baja California (Coronados, San Jerónimo, Benito, Cedros, Natividad, Asunción y Margarita). El Golfo de California incluye trece colonias reproductivas (Rocas Consag, San Jorge, Lobos, Cantiles, Granito,

Machos, El Partido, El Rasito, San Esteban, San Pedro Mártir, San Pedro Nolasco, San Ignacio y Los Islotes); la distancia máxima entre Consag (la más norteña) y Los Islotes (la más sureña) es de 823 km, y las dos colonias más cercanas son El Partido y El Rasito, separadas por 7.6 km (Fig. 1).



**Figura 1.** Localización de las islas reproductivas en el área de estudio (California EE.UU., costa occidental de la Península de Baja California y Golfo de California, México).

## 5.0 Metodología

### 5.1 Datos de crías

Los datos utilizados para este trabajo fueron los recopilados por Lowry y Maravilla-Chávez publicados en el 2005, para la región de las islas Santa Barbara, San Clemente, San Nicolas y San Miguel en el sur de California

(EE.UU.) , y la región occidental de la Península de Baja California (Coronados, San Jerónimo, Benito, Cedros, Natividad, Asunción y Margarita). Lowry y Maravilla-Chavéz (2005) asumen que la proporción de sexos al nacer es de 1:1 y que la tasa de mortalidad del 15% pre-censo representa un año normal en el sitio.

Lowry y Maravilla-Chavéz (2005) reportan la compilación de censos de varios autores, en la región occidental de Baja California, para los años 1979, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999 y 2000. En los casos en que se presentan más de un conteo por año, en este trabajo se consideró sólo el que se realizó en la fecha más cercana al final de la temporada de crías (julio-agosto) y que además coincide con el dato más alto. Esto es importante porque así es más confiable la corrección del 15% de mortalidad de crías pre-censo. También se agregó el conteo resultante de 2010 reportado por Milanés-Salinas (2012).

Para los datos de la región de EE.UU. también se utilizó la compilación de Lowry y Maravilla-Chavéz (2005). Cuando se presentó más de un conteo por año, se siguió el mismo criterio que el mencionado en los datos procedentes de la costa occidental de la Península de Baja California. La serie de tiempo para esta región es continua y presenta mayor cantidad de años (1975 a 2000). Cuando se realiza la sumatoria anual por islas en esta región, se agregan el total de crías en las cuatro islas de tres años discontinuos (2001, 2005 y 2008) que fueron

extraídos de los reportes de la NOAA publicados en 2001 y 2011 por Carreta y colaboradores (2007).

Los datos de la región del Golfo de California, son los que presentan menores años en cada lobera reproductiva, para Rocas Cosag y San Jorge los años censados y compilados fueron (1979, 1981, 1985 y 2004). Los primeros tres años se extrajeron del trabajo de Zavala-González (1990), que a su vez recopila información de muchos autores, y el último año son datos publicados por Szteren y Auriolés (2006). Un mayor número de años, aunque también discontinuos (1979, 1980, 1981, 1985, 1986, 1987, 1991, 2004), fueron compilados para las loberas de Granito, Cantiles, Machos, Partido, Rasito, San Esteban, San Pedro Mártir y San Pedro Nolasco; de 1979 a 1987 los censos bibliográficos fueron extraídos de Zavala-González (1990), el año 1991 publicado por Auriolés-Gamboa y Zavala-González (1994), y el último año fueron datos publicados por Szteren y Auriolés (2006). Las loberas reproductivas del sur del golfo, San Ignacio y Los Islotes, es una serie de tiempo discontinua de los años 1979, 1980, 1981, 1985, 1986, 1987, 2004, fueron compilados del trabajo de Zavala-González (1990), y el último año corresponde a un dato publicado por Szteren y Auriolés (2006).

Por la razón que el Golfo de California, no tiene la misma cantidad de datos, que la región occidental del Pacífico, no es posible realizar las correlaciones. De esta manera, se observa la tendencia de las poblaciones de crías de lobo marino de

California, pero no podemos analizar el motivo del cambio en la población, a través de los años, en función a los parámetros oceanográficos.

## *5.2 Regionalización*

Para este estudio, la delimitación de las regiones se hizo considerando estudios previos a partir de diferentes aproximaciones que le dieran un significado biológico a la misma. Con base en una aproximación genética, Schramm y colaboradores (2009) propusieron cinco poblaciones de lobo marino de California; la población del “Pacífico Templado” que incluyen las islas San Miguel y San Nicolas en California y Coronados en Baja California, el “Pacífico Subtropical” comprende las islas Benito, Cedros, Asunción y Margarita, en Baja California; en el Golfo de California, “Golfo Sur” es representado por Los Islotes, “Golfo Central” incluye San Esteban, y Los Cantiles en isla Ángel de la Guarda, y “Golfo Norte” comprende las islas Granito, Lobos y San Jorge (Schramm et al. 2009).

Por lo tanto, en este estudio, la región I (Fig. 2) abarca las islas del sur de California (San Miguel, Santa Barbara, San Nicolas, San Clemente), se separa la Península de Baja California en dos, la región II (Fig. 2) corresponde a Coronados, y la región III (Fig. 2) a las islas San Jerónimo, Cedros, Benito, Natividad, Asunción y Margarita. Aunque las islas de Santa Barbara y San Clemente no figuran en el estudio de Schramm et al. (2009), se incluyen en esta región para nuestro análisis, debido a que la distancia latitudinal no es grande

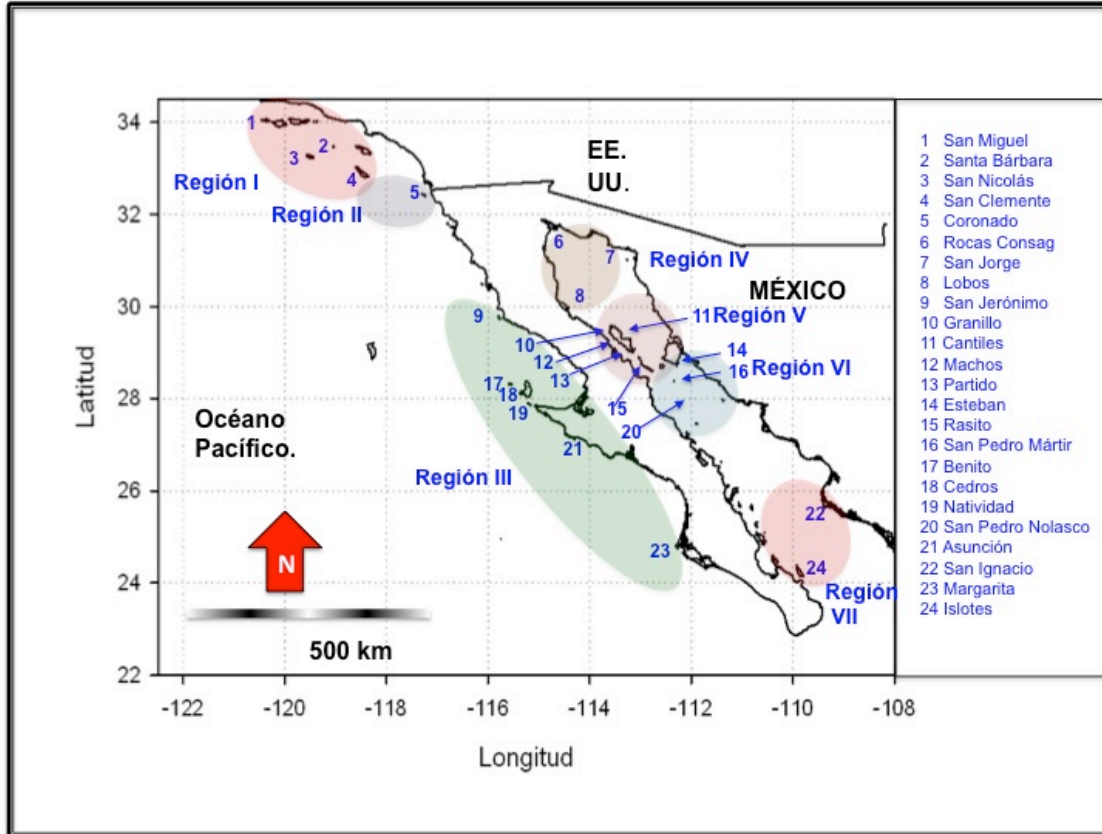
para la representación y análisis de los parámetros oceanográficos. A pesar que en el estudio genético (Schramm et al. 2009) las islas Coronados se agrupa con las loberas de EE.UU., en este estudio fue necesario mantenerla independiente porque los años de conteos de crías no coincidía con las loberas de EE.UU.

En la región III se incluye a San Jerónimo, aunque no se considera en el estudio genético, porque esta isla no presenta una distancia latitudinal grande con respecto a las otras islas de la misma región, para la representación y análisis de los parámetros oceanográficos. Esta zonación también considera parcialmente los hábitos alimentarios del lobo marino de California, ya que esta forma de subdividir la zona tiene coincidencias con los grupos propuestos por Espinosa (2007). Esta autora propuso siete grupos putativos para la región occidental de la Península de Baja California y el Golfo de California, en años donde las condiciones climáticas y oceanográficas fueron normales (excluyendo años EN y LN). Para el occidente de la Península de Baja California los grupos que tienen hábitos alimentarios similares son: 1) Pacífico Norte: San Miguel, 2) Pacífico Centro: San Nicolas, San Clemente, Coronado y San Martín, y 3) Pacífico Sur: San Benito, Magdalena y Margarita (Espinosa 2007).

En el Golfo de California los grupos propuestos por Espinosa (2007) son: 1) Golfo de California Sur: Los Islotes, 2) Golfo de California Centro-Este: San Ignacio, San Pedro Nolasco, San Pedro Mártir, Granito y Los Cantiles, 3) Golfo de California Centro-Oeste: San Esteban, El Partido, El Rasito y Los Machos y

4) Golfo de California Norte: Lobos y Rocas Consag. Estos grupos a su vez comparten amplia similitud con la regionalización de Szteren (2006), quien regionalizó el Golfo de California con base en datos demográficos, biológicos, ecológicos y biogeoquímicos.

Szteren (2006), consideró censos poblacionales, resultados genéticos, contenido de metales traza en hueso, diversidad de dieta, presencia de *Leptospira*, isótopos estables, incidencia de osteoartritis, y dos parámetros oceanográficos como SST y concentración de Clorofila a; de esta manera Szteren estableció cuatro regiones para el Golfo de California: 1) Golfo Norte: Rocas Consag, San Jorge y Lobos, 2) Grandes Islas: Granito, Cantiles, Machos y Partido, 3) Golfo Centro: Rasito, San Esteban, San Pedro Mártir y San Pedro Nolasco, y 4) Golfo Sur: San Ignacio y Los Islotes. Por lo tanto, con base en lo anterior, se decide que para el Golfo de California en este estudio la zona IV incluye Rocas Consag y San Jorge (sin contar a Isla Lobos por falta de datos en censos poblacionales de lobo marino de California); como región V las Grandes Islas (Granito, Cantiles, Machos y Partido), región VI (Rasito, San Esteban, San Pedro Nolasco y San Pedro Mártir) y como región VII (Los Islotes y San Ignacio) (ver Fig. 2).



**Figura 2.** Regiones establecidas dentro del área de estudio para este trabajo. Región I comprende las islas de Santa Barbara, San Nicolás, San Clemente y San Miguel en California (EE.UU), la región dos incluye a la isla Coronados, y la región III es representada por las islas San Jerónimo, Benitos, Cedros, Asunción, Natividad y Margarita, en Baja California. Las regiones del Golfo de California son la región IV (Rocas Consag e isla San Jorge), región V incluye las islas Granito, Ángel de la Guarda (lobera los Cantiles y Machos) y Partido, región VI (Rasito, San Esteban, San Pedro Nolasco y San Pedro Mártir) y la región VII (Los Islotes y San Ignacio).

### 5.3 Conteo de crías

Con el fin de analizar la reducción de la población del lobo marino de California, se realizó una compilación bibliográfica de los últimos censos de la especie en las áreas de interés. En la TABLA I se observan 29 años de datos de crías en la región I.

**TABLA I.** Censos poblacionales por islas, de crías de lobo marino de California, durante los meses de julio-agosto, abarca las islas de Santa Barbara, San Nicolás, San Clemente y San

Miguel (EE.UU.), en una serie de tiempo continua de 1975 a 2000, y totales en toda la región I, agregando los años 2001, 2005, 2008, también censados en los meses de julio-agosto.

Año/Islas	Santa Barbara	San Clemente	San Miguel	San Nicolas	Región I
1975	684(a)	608(a)	7323(b)	3800(a)	12415
1976	582(a)	413(a)	8359(b)	2887(a)	12241
1977	493(a)	351(a)	7664(b)	3773(a)	12281
1978	465(c)	465(s)	7268(b)	3241(s)	11439
1979	625(c)	549(s)	8710(b)	4880(s)	14764
1980	773(s)	619(s)	9275(b)	6288(b)	16955
1981	730(c)	666(e)	8937(b)	6824(b)	17157
1982	818(c)	941(e)	10143(o)	7738(k)	19640
1983	237(d)	353(f)	7393(o)	4405(c)	12388
1984	280(d)	411(g)	9143(o)	4360(c)	14194
1985	543(d)	609(h)	9393(o)	4556(n)	15101
1986	814(d)	718(i)	11571(o)	4317(n)	17420
1987	917(s)	782(i)	12807(r)	5537(n)	20043
1988	1089(s)	803(j)	11133(r)	6483(t)	19508
1989	1307(s)	795(j)	12704(r)	8951(t)	23757
1990	1286(s)	629(s)	11741(r)	11766(p)	25422
1991	1504(s)	913(s)	15357(o)	11827(p)	29601
1992	1470(s)	789(s)	10753(s)	9348(p)	22360
1993	949(s)	745(s)	11985(s)	10595(p)	24274
1994	1688(s)	1067(s)	17076(y)	16889(p)	36720
1995	1647(s)	1189(s)	16751(x)	17512(p)	37099
1996	2326(s)	1207(s)	18265(x)	20285(p)	42083
1997	2467(s)	1326(s)	18909(x)	20488(p)	43190
1998	707(s)	682(s)	9277(x)	4885(s)	15551
1999	2410(s)	1326(q)	19286(x)	19878(s)	42900
2000	2851(s)	1735(s)	20609(s)	24167(s)	49362
2001					56440 (N)
2005					55519 (N)
2008					68740 (N)

<sup>a</sup> Bonnell et al. 1980, <sup>b</sup> DeMaster et al. 1982, <sup>c</sup> Francis and Heath 1991a, <sup>d</sup> Lowry et al. 1987, <sup>e</sup> Oliver and Lowry 1987, <sup>f</sup> Oliver et al. 1988, <sup>g</sup> Wexler and Oliver 1988, <sup>h</sup> Oliver and Wexler 1991, <sup>i</sup> Oliver 1991a, <sup>j</sup> Oliver 1991b, <sup>k</sup> Stewart and Yochem 1984, <sup>l</sup> Heath and Francis 1983, <sup>m</sup> Stewart and Yochem 1986, <sup>n</sup> Stewart et al. 1993, <sup>o</sup> DeLong and Melin 2000, <sup>p</sup> Lowry 1999, <sup>q</sup> Carretta et al. 2000, <sup>r</sup> Lowry (en este estudio), <sup>t</sup> B. Stewart pers. comm. 11 June 2003, <sup>x</sup> Melin 2002, N Carreta et al. 2007.

**TABLA II.** Censos poblacionales por islas, de crías de lobo marino de California, durante los meses de julio-agosto, en Coronados, San Jerónimo, Cedros, Benitos, Asunción, Natividad y Margarita. Totales de la región II (Coronados), y región III (San Jerónimo, Cedros, Benitos, Asunción, Natividad y Margarita), censados en los mismos meses, en una serie de tiempo discontinua que comprende los años 1979, 1989, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000 y 2010.

Años	Coronados	San Jerónimo	Benito	Cedros	Natividad	Asunción	Margarita	Región II	Región III
1979(a)	60	10	3,743	2312	1,322	1582	1202	60	10161
1989(b)	40	9	2,134	1607	1,037	1334	1337	40	7449
1990(c)	52	0	2848	2,174	1,627	1394	1,638	52	9681
1992(c)	12	33	1229	815	715	1023	1321	12	5103
1993(c)	42	3	1445	1,345	786	913	1341	42	5830
1995(c)	34	1	2370	1,910	951	1550	1115	34	7896
1997(b)	52	0	3037	1,573	1125	1472	1147	52	8354
1999(b)	64	1	3039	2119	1,152	1558	1,181	64	9049
2000(b)	82	0	4,823	3,272	1,870	1,891	1,673	82	13529
2009(s)	116	7	1322	2,125	312	867	*	116	4333
2010(s)	69	8	2234	3,875	225	586	*	69	6928

a LeBoeuf, et al. 1983, b Lowry 2005, c Maravilla-Chavéz y Lowry 2005, d Maravilla-Chavéz et al. 1997, s Milanés-Salinas (2012). (\*) no datos.

**TABLA III.** Totales de los censos poblacionales, de crías de lobo marino de California en la región IV, la cual incluye a las islas del norte del Golfo de California (Rocas Consag y San Jorge), en una serie de tiempo discontinua en los años 1979, 1981, 1985 y 2004.

Años	Región IV
1979 (a)	1048
1981 (a)	470
1985 (a)	791
2004 (b)	968

a Zavala-González (1990), b Szteren y Auriolos (2006).

**TABLA IV.** Totales de crías de los censos poblacionales, de crías de lobo marino de California en la región V que incluye las islas Granito, Ángel de la Guarda (lobera los Cantiles y Machos) y Partido y la región VI, la cual comprende las islas Rasito, San Esteban, San Pedro Nolasco y San Pedro Mártir, en una serie de tiempo discontinua en los años 1979, 1981, 1985, 1986, 1987, 1991 y 2004.

Años	Región V	Región VI
1979 (a)	983	1277
1980 (a)	305	650
1981 (a)	624	1020
1985 (a)	823	453
1986 (a)	1137	1794
1987 (a)	607	1757
1991 (b)	466	648
2004 (c)	383	2050

a Zavala-González (1990), b Auriolos-Gamboa y Zavala-González (1994), c Szteren y Auriolos (2006).

**TABLA V.** Totales de crías de los censos poblacionales, de crías de lobo marino de California en la región VII que incluye las islas San Ignacio y Los Islotes, en una serie de tiempo discontinua en los años 1979, 1980, 1981, 1986, 1987 y 2004.

Año	Región VII
1979 (a)	276

1980 (a)	38
1981 (a)	94
1986 (a)	28
1987 (a)	75
2004 (b)	201

a Zavala-González (1990), b Szteren y Aurióles (2006).

#### 5.4 Sensores Remotos

Como resultado de esta nueva capacidad de usar sensores remotos para estudiar el océano, pueden realizarse determinaciones de la variabilidad a escala global de diferentes procesos físicos y biológicos. Se obtuvieron promedios mensuales para cada región, mediante satélites, de los parámetros oceanográficos (SST, WNS, NM, y Chl a), para diferentes periodos. El periodo de SST comprende desde 1982 a 2009 del producto de Satélite AVHRR, que por sus siglas en inglés significa Advanced Very High Resolution Radiometer, el cual proporciona imágenes diarias con una resolución espacial de 4 Km. Los datos de satélite de WNS, que comprende el periodo desde 1992 a 2010, fueron extraídos del producto CCMP (por sus siglas en inglés; Cross-Calibrated Multi-Platform), que mide el vector del viento, en la superficie oceánica. Los datos mensuales de WNS, combinan el conjunto de datos de velocidad del viento de radiómetros de microondas, los cuales se obtienen de varios satélites (SSM/I, SSMIS, AMSR, TMI y WindSat) y de los de dispersómetros, mediante los satélites (QuikSCAT y SeaWinds). Todas las observaciones del viento y campos de análisis se hace referencia a una altura de 10 metros y el producto derivado cuenta con una resolución espacial de 0.25°. Los datos de NM, fueron recolectados mediante el

satélite los altímetros Topex, Jason I y 2 y Envisat. El producto analizado es denominado MSLA por sus siglas en inglés: Maps of Sea Level Anomalies. Este producto cuenta con datos diarios a nivel global. Los datos de este satélite tienen una resolución espacial de  $1/3^\circ \times 1/3^\circ$ . Por último los datos de Chl a, se obtuvieron del satélite SeaWiifs, y comprende el periodo de 1997 hasta 2010. Este satélite mide diariamente la concentración de Chl a, a través de la irradiancia por longitud de onda de 400 a 700 nm.

Para todas las imágenes de satélite se generaron transectos perpendiculares a la costa de 200 km, separados por 4 km entre sí, desde los 15 a los 50° N. La zona se dividió en zona Norte (de los 30 a los 50°N) y zona Sur (desde los 15 a los 30°N), incluyendo el Golfo de California. Estos transectos fueron promediados para obtener un solo valor del parámetro oceanográfico; estos valores diarios a su vez fueron promediados mensualmente para un correcto análisis en función de la población de lobo marino de California.

Para realizar una identificación más apropiada de la influencia de los eventos anómalos y procesos interanuales de EN y LN, usualmente enmascarados por la señal anual, en toda el área de estudio y para cada parámetro se presentan en las imágenes la opción, en la cual la señal anual ha sido removida, y para poder realizarlas se utilizó el módulo de ajuste armónico descrito por Ripa en 2001. Para los registros globales de los eventos cálidos (EN), y los eventos fríos (LN), a nivel bibliográfico, se consultó el índice global que reporta la NOAA, conocido

como ONI por sus siglas en inglés (Oceanic Niño Index), para poder tener una referencia y compararlos con nuestras observaciones a nivel regional.

Las gráficas en las que se representa la regresión lineal junto a la abundancia de crías de lobo marino de California, se realizaron con el fin de observar la tendencia de la población (aumento o disminución) de lobo marino de California en cada región.

### *5.5 Correlaciones*

Se realizan correlaciones desfasadas entre la abundancia de lobo marino de California y cada parámetro oceanográfico, con el fin de observar si los eventos anómalos, registrados y observados mediante imágenes de satélites, pudieron ser causa de los cambios en la población.

Las correlaciones desfasadas (TABLA VI), se realizaron en las regiones de la porción occidental de la Península de Baja California (región I, II y III). Los datos derivados de satélite se correlacionaron con los datos de abundancia, recolectado bibliográficamente para este trabajo. Para SST, los años correlacionados en la región I, fueron desde 1982 a 2000, de manera continua, y los años 2001, 2005 y 2008. SST, es el parámetro que presenta la serie más larga en esta región, debido a que se tienen los datos de abundancia desde 1975, sin embargo los datos de SST inician en 1982, se correlacionaron a partir de ese año. El mismo parámetro en la región II, se correlaciono con los datos de

crías en los años (1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000 y 2009), se pierden dos años de datos de abundancia (1979 y 2010), debido a que los datos de satélite comienzan en 1982 y finalizan en 2009. Para la región III, se correlacionan los mismo años de abundancia de crías con SST que la región II.

En WNS, parámetros en el cual se tienen 20 años de datos de satélite (desde 1990 a 2010), se realizaron correlaciones en la región I para los mismos años que SST, pero la diferencia es que se pierden más años de datos de abundancia (15 años), aunque esta región sigue proporcionando la serie de tiempo más larga en cada parámetro. Los WNS, en la región II y III, se correlacionaron para los años 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000 y 2010 y sólo se pierden dos años de datos (1979 y 1989).

El NM, cuenta con los datos de satélite desde 1992 a 2010, en la región I, de manera continua se correlacionan desde 1992 a 2000, y los años 2001, 2005 y 2008, al igual que en los dos parámetros mencionados anteriormente, pero se pierden dos años más de datos en abundancia de crías (17 años). La región II y III, se correlacionan los años (1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000 y 2010) y se pierden tres años de datos (1979, 1989 y 1990).

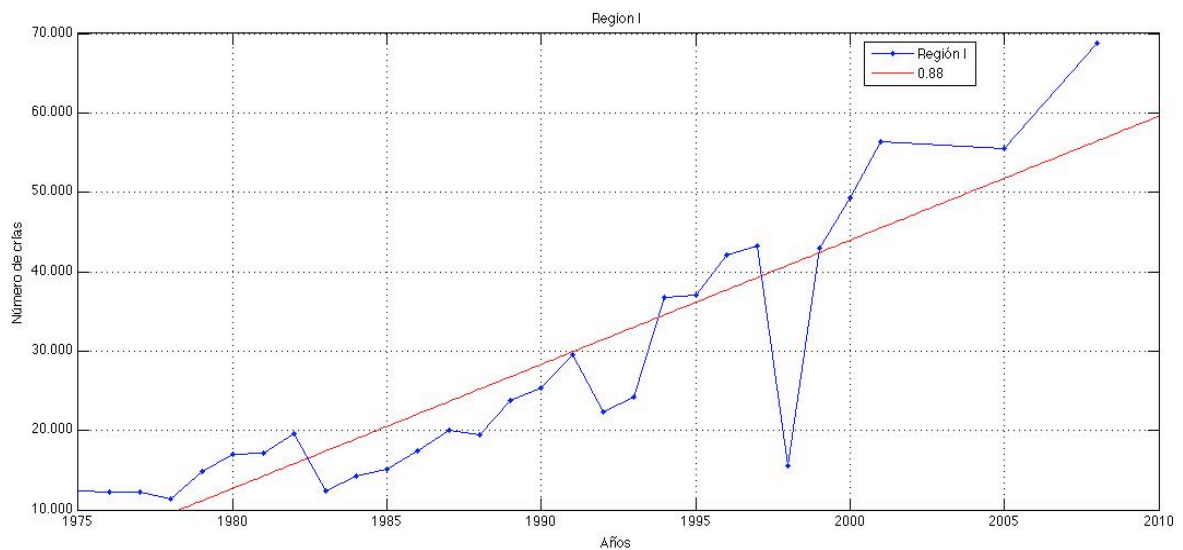
La Chl a, es el parámetro que tiene mas datos faltantes, su serie inicia en 1997 y finaliza en 2010. De esta manera para la región I, se correlacionaron desde 1997 a 2000, y los años 2001, 2005 y 2008. La región II y III, los datos disponibles son aun menores que para los otros parámetros, debido a que los años para

correlacionar son pocos. En la región II y III se correlacionan los años 1997, 1999, 2000 y 2010, (TABLA VI).

## 6.0 Resultados

### 6.1 Abundancia de Crías

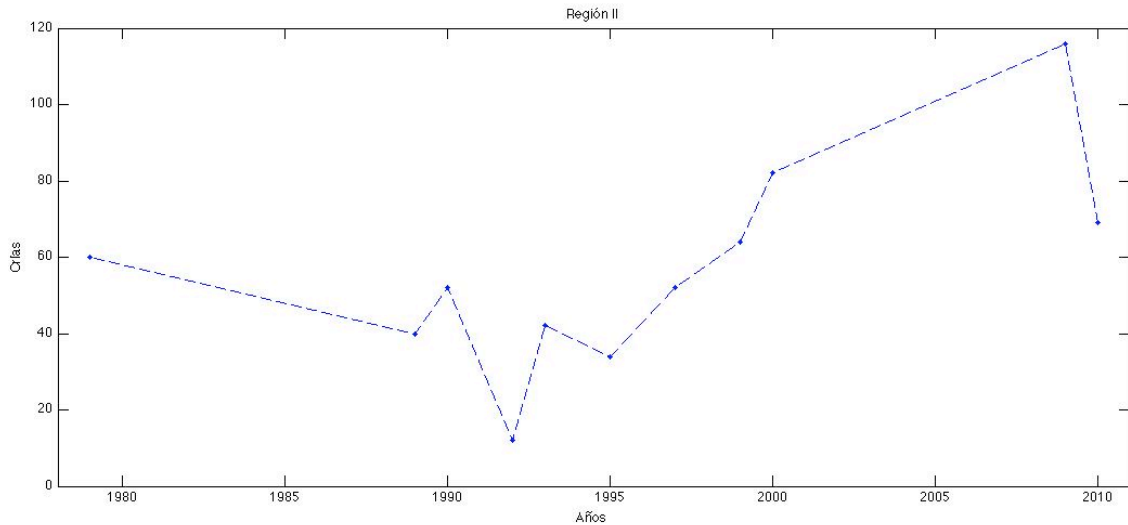
La Figura 3 muestra los totales anuales de crías de lobo marino de California en la región I de 1975 a 2000 de manera continua, más los totales anuales de los años (2001, 2005 y 2008), y su regresión lineal aplicada a la misma serie de tiempo en la región.



**Figura 3.** Abundancia de crías en una serie de tiempo continua desde 1975 a 2000, en la Región I, que comprende cuatro islas (Santa Barbara, San Nicolas, San Clemente y San Miguel (EE.UU.)). En rojo regresión lineal aplicada para abundancia en la Región I.

En la región I, se observa una marcada tendencia al aumento poblacional. La mayor reducción de la población se observa en 1998, pero la población de crías se recupera favorablemente hasta alcanzar un máximo en el año 2008 de 68740 individuos.

En la Figura 4 (región II) se muestra los totales anuales de abundancia. En 1979 en la región II se censaron 60 individuos, 10 años después la disminución fue de 29 individuos recuperándose la población de crías un año después.

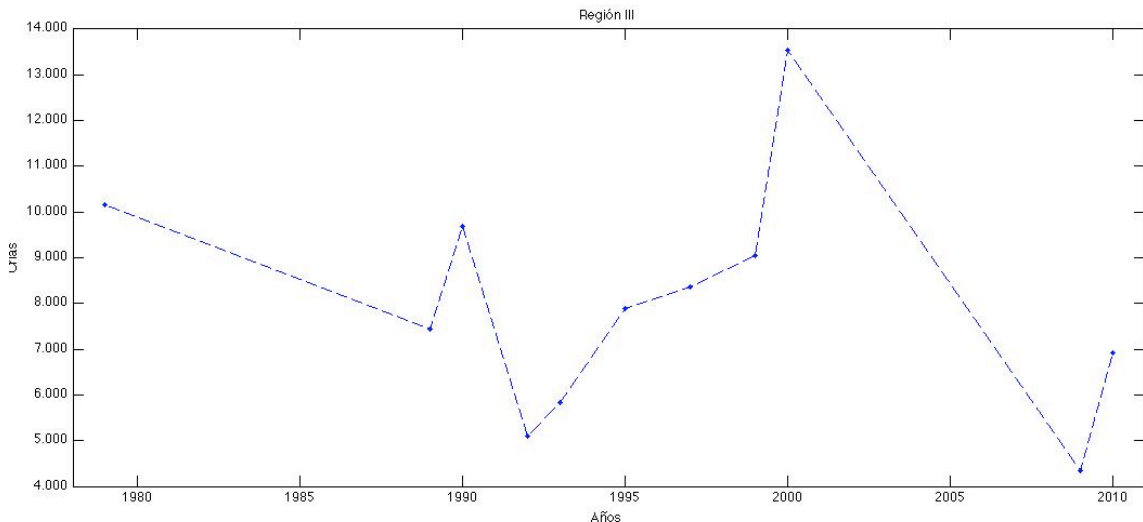


**Figura 4.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, que comprende los años 1979, 1989, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000 y 2010, en la Región II, en la isla Coronado (MEX).

El mínimo de la población en la región II fue en el año 1992, la cual disminuyó de 52 individuos en 1990 a 12 individuos en 1992, teniendo en cuenta que en la bibliografía 1991, se registra un EN moderado. La población aumenta a partir de 1999, hasta llegar a 116 organismos diez años después. Un año más tarde, en 2010 la población cae nuevamente a 69 organismos. La tendencia en esta región no es clara, debido a que el aumento, no debe ser significativo.

En la región III (Figura 5), se ve una clara tendencia a que la población oscila alrededor de la media. sin embargo observamos que la región III, había llegado a un número record diez años atrás (2000) de 13529 individuos de crías de lobo marino de California, y en el año 2010 se redujo a 6928 individuos. Un año

antes, en el año 2009 (año registrado como LN m) llega a registrarse el mínimo observado en 30 años, con 4333 individuos.

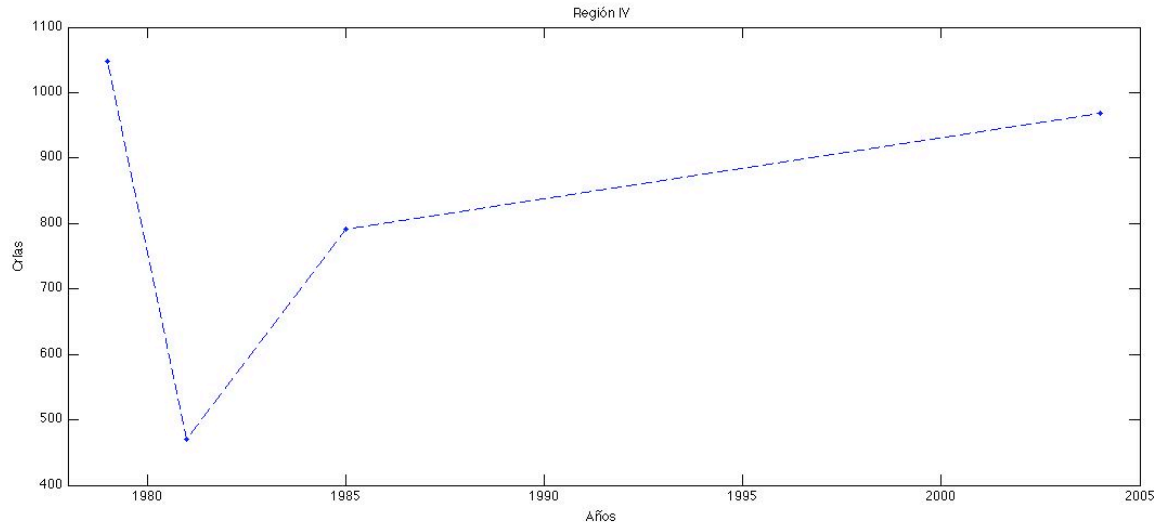


**Figura 5.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, que comprende los años 1979, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000 y 2010, en la Región III, que incluye las islas San Jerónimo, Benito, Cedros, Asunción, Natividad y Margarita (MEX).

Del 2000 al 2010 la población experimenta una pérdida de 6601 individuos. Durante el periodo de tiempo analizado se observa una disminución durante 1992 en ambas regiones (II y III). A excepción de los años 1992 y 2009, la población se mantiene con fluctuaciones pero no tan marcadas como las mencionadas anteriormente.

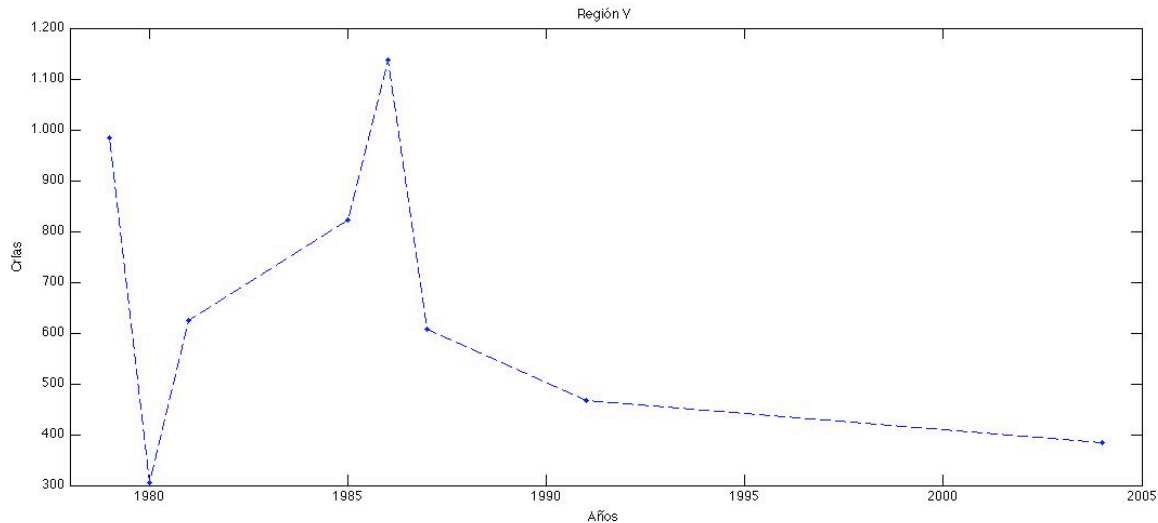
En la Figura 6 observamos la región IV, la cual pertenece a la abundancia de crías de lobo marino de California en el Golfo de California. Esta región es la que presenta menos datos censados del área de estudio. Se observa que no experimentó una tendencia a disminuir (aunque esta afirmación es apresurada, ya que no hay suficiente datos), debido a que en 1979 se registraron 1048 individuos, y en 2004 (25 años después) se registran 968, lo cual representa una

disminución de sólo 80 organismos. La disminución que se observa al comienzo del año 1982, coincide con un EN fuerte, donde se registraron 470 individuos.



**Figura 6.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, que comprende los años 1979, 1981, 1985 y 2004, en la Región IV, que incluye Rocas Consag e isla San Jorge, ubicadas en el Golfo de California (MEX).

En la región V, ubicada también en el Golfo de California, durante 1980 se alcanza el mínimo con 305 individuos, 678 crías menos que el año anterior (Figura 7). La población se recupera rápidamente en el año siguiente (1981), aumentando a 625 crías, y continúa aumentando hasta EN moderado de dos años 1986 y 1987, durante lo cual se observa una disminución, que se refleja hasta 1987.

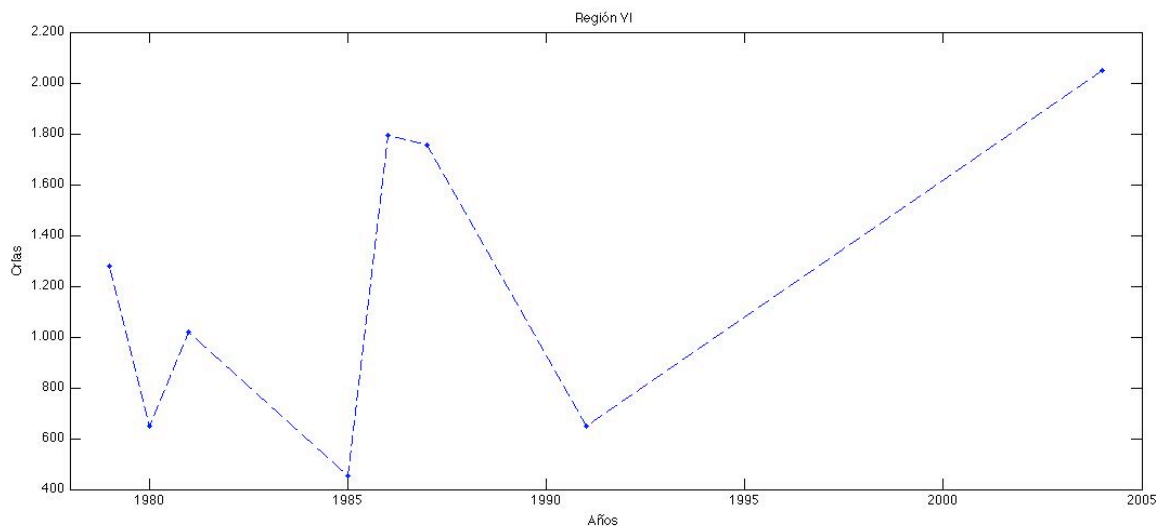


**Figura 7.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, que comprende los años 1979, 1980, 1981, 1985, 1986, 1987, 1991 y 2004, en la Región V, que incluye las islas Granito, Ángel de la Guarda (lobera los Cantiles y Machos) y Partido, ubicadas en el Golfo de California (MEX).

La población durante el periodo 1986-1987 desciende del máximo observado en esa región de 1137 crías en 1986, a 607 en 1987. Cuatro años más tarde (1991) la población desciende a 466 crías, por lo que la tendencia es a disminuir. Durante el siguiente conteo (24 años después) la población llega a 383 crías. LN débil de 1995, 2000 y 2005 en la región V, no generó una recuperación de la población luego de los eventos cálidos (EN) moderados de 1986/87, y 1991, y el fuerte de 1997.

La región VI (Figura 8), también experimenta una disminución de la población, al igual que la región V en 1980, sin alcanzar el mínimo absoluto observado en la región V. Durante 1980 la población pasa de 1277 individuos a 650. La población se recupera al año siguiente, durante el cual se censaron 1020 individuos. El mínimo de la población se observa un año antes de EN moderado

de 1986/87 en esta región, lo que genera que en 1985, la población de lobo marino de California cuente con 453 individuos. Al año siguiente (1986) la población se recupera sin observar una disminución otro año más tarde (1987). De esta manera, EN débil de 1986/87, no genera efectos negativos en la población en esta región.

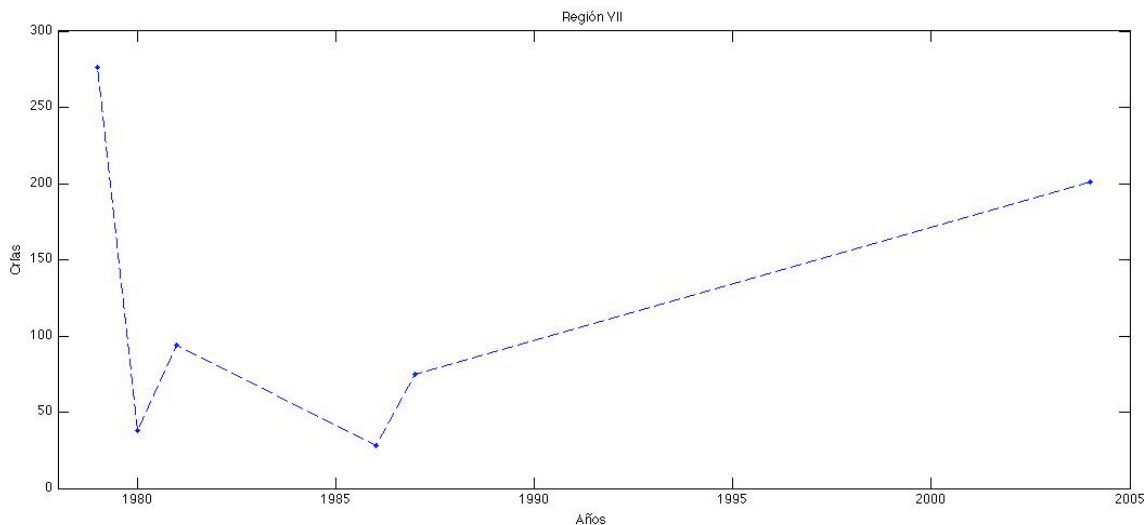


**Figura 8.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, que comprende los años 1979, 1980, 1981, 1985, 1986, 1987, 1991 y 2004, en la Región VI, que incluye las islas Rasito, San Esteban, San Pedro Mártir, y San Pedro Nolasco, ubicadas en el Golfo de California (MEX).

Otra disminución drástica se observa en 1991 (EN moderado), en este año se registró un total de 648 crías (1109 individuos menos que en 1987). En el 2004 (EN débil), la población tiende a aumentar, y llega a su máximo con 2050 organismos, a diferencia de la región V la cual presenta el segundo número más bajo entre los mismos dos años (1991-2004).

En la Figura 9, observamos la población más sureña del Golfo de California, la región VII, la cual presenta una disminución de crías en 1980, al igual que las regiones V y VI, pero diferente de la región IV (la región más norteña del Golfo

de California, que la presenta en 1981). En 1980 la región VII cuenta con 238 individuos menos que lo observado el año anterior (1979). En 1979 se registra el máximo en la población de crías de lobo marino, número que no vuelve a observarse en toda la serie de tiempo analizada. La población aumenta después del bajo número censado en 1980, pero vuelve a disminuir en 1986 y después continúa en aumento hasta el 2004 (año que la población presenta 201 organismos), sin que se recupere totalmente. Cabe mencionar que desde 1975 a 1979, no se registra ningún evento cálido (EN), ni tampoco ningún evento frío (LN), a nivel global. Esto no es cierto, en mi tabla 1975 fue LN fuerte, y 1976-1977 fueron EN débil.



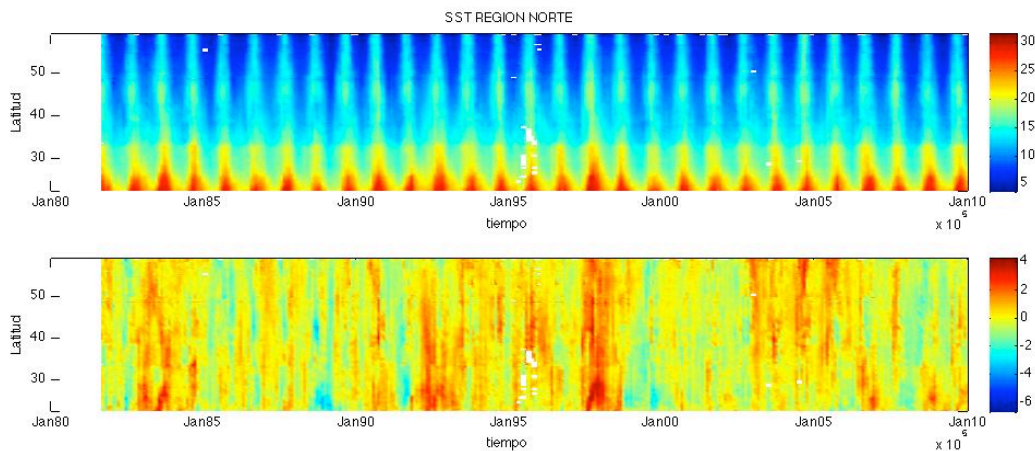
**Figura 9.** Abundancia de crías en una serie de tiempo discontinua, que comprende los años 1979, 1980, 1981, 1986, 1987 y 2004, en la Región VII, que incluye las islas San Ignacio y Los Islotes, ubicadas en el Golfo de California (MEX).

El evento EN de 1986/87, en la región VII, coincide con la disminución al mínimo (28 organismos censados durante 1986) de la población de crías.

## 6.2 SST

A través de los datos de satélites obtenidos, se presentan a continuación los gráficos de los parámetros oceanográficos. En la parte superior de cada gráfico se puede observar el parámetro correspondiente medido (incluida la señal anual), y en la parte inferior del mismo se ha removido la señal anual. Los diagramas son llamados de Hovmöller, es decir se grafica el parámetro en cuestión (SST, NWS, NM o Chl a) en color contra tiempo (eje horizontal) y latitud (eje vertical). Esta representación muestra en mayor detalle los cambios que se generaron en función del tiempo y la posición.

El primer gráfico es SST (Figura 10) en la región norte, la cual como se mencionó anteriormente comprende desde 20° N hasta los 60° N (abarcando toda la región occidental de la Península de Baja California). La serie de tiempo observada en este parámetro incluye promedios mensuales de SST, a partir del 16 de enero de 1982 hasta el 16 de diciembre de 2009.



**Figura 10.** SST en la región norte, que abarca de 20° N a 60° N de latitud, durante el periodo 1982 a 2009. Gráfico superior nos muestra los datos originales de SST, y el gráfico inferior muestra los datos de SST, sin señal anual.

Lo que se observa en el gráfico superior (datos de SST originales), son ciclos anuales bien definidos, con periodos cálidos (verano) y periodos fríos (invierno). Al quitar la señal anual, se observa con detalle que, la región en toda la serie de tiempo presenta anomalías positivas, es decir los periodos fríos o invernales no parecen ser tan dominantes como los periodos cálidos en los 20° a 60° N. Los tres eventos cálidos más notorios y de larga duración se manifiestan en los años 1982 (EN fuerte), 1991 (EN moderado) y 1997 (EN fuerte), los cuales son reportados por el índice ONI (Ocean Niño Index) como evento EN. De los tres eventos mencionados, el que se manifestó a lo largo de toda el área observada es el EN del 1997. En esta región, EN de 1991, se manifiesta con la misma intensidad que EN de 1982. De 1991 a 1994, se presentó un evento cálido de larga duración, este evento puede observarse desde la latitud 20° N hasta los 50° N. ONI reporta el evento, anteriormente mencionado como un EN moderado.

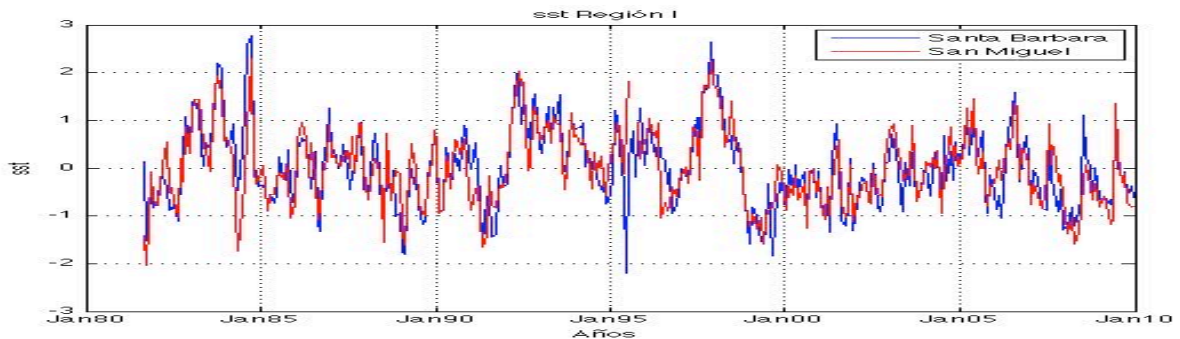
Es importante también destacar los eventos cálidos o fríos que no necesariamente están caracterizados por un evento de tal magnitud como EN pero que pueden ser eventos anómalos que provocan también consecuencias a nivel biológico en diferentes regiones; como por ejemplo entre los años 2004 a 2006 se puede observar que se presentan altas temperaturas hasta las latitudes norteñas (de los 35° N hasta los 60° N), y ONI lo registra como EN débil. También hay que destacar años que se reportan en los índices globales como EN moderados y a nivel regional no lo se observan, como por ejemplo, el año

2002, que en nuestro gráfico la señal se observa un evento cálido sumamente débil.

También son apreciables los periodo fríos (anomalías negativas), en la figura 10. Por ejemplo durante 1988, donde el evento frío comienza en la latitud  $20^{\circ}$  N con mayor intensidad y va disminuyendo en duración hacia latitudes altas. También antes del evento EN sucedido en 1991 ocurre un periodo frío, con la particularidad que se presentan las mismas anomalía en latitudes altas que en bajas, pero en estas últimas con menor duración. Lo anterior vuelve a repetirse para el año 1988. Para el periodo frío observado durante el año 1999/00 (registrado como un evento LN fuerte al igual que 1988), se presentan las mínimas anomalías de temperaturas en la región sur de la Península de Baja California, con una duración importante de aproximadamente un año, interrumpida por un periodo cálido débil. El año 1999 es caracterizado por un evento frío, el cual tiene una duración cuasi simétrica en todas las latitudes, con la diferencia que en la latitud  $30^{\circ}$  N la duración del periodo frío es menor, presentándose temperaturas elevadas entre  $20^{\circ}$  y  $23^{\circ}$  C, como sucede a partir de la latitud  $50^{\circ}$  N. Lo anterior, es un evento de reacomodo o de ajuste después de un año EN fuerte como el que sucede en el 1997. Las anomalías positivas (hasta  $\sim 4$ ) no se observan solamente en las latitudes medias de los  $23^{\circ}$ , también se pueden observar claramente en las latitudes altas de  $60^{\circ}$  N (aunque con señal más débil). Las altas temperaturas, caracterizadas por anomalías

positivas, se observan claramente durante los años 2003, 2004 (EN débil) y 2005, disminuyendo esta señal en latitudes menores.

En la región I (Figura 11), se muestran las anomalías de SST en los extremos latitudinales de la misma, es decir, isla más norteña y más sureña. Se observan claramente los eventos cálidos de 1982 y 1997. EN de 1991 se observa un año después, en 1992, como una de las anomalías positivas (de magnitud 2) en la serie de tiempo. En la misma región se puede ver un enfriamiento en la isla de Santa Barbara durante el año 1995 (LN débil). Las anomalías positivas, no sólo se observan en periodos cálidos EN, también se observa una anomalía positiva en 1984, la cual es más intensa que EN de 1997.

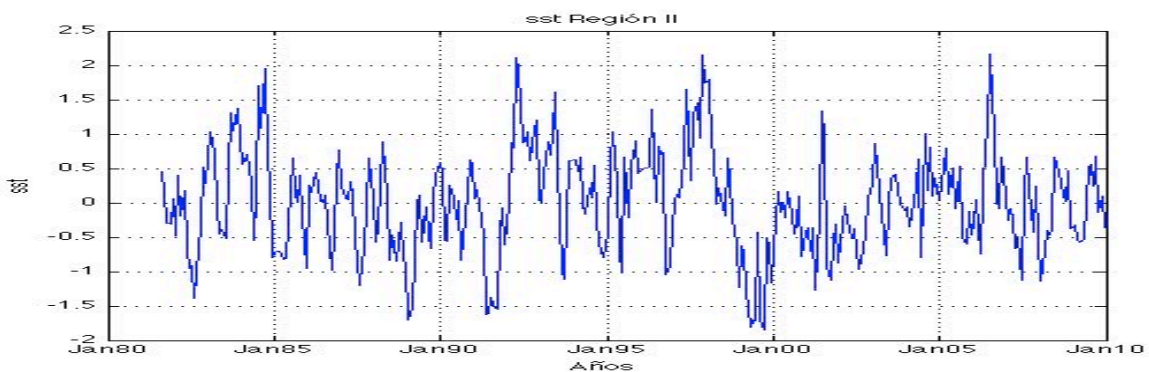


**Figura 11.** Anomalía de SST en los extremos de la región I, que comprende los dos puntos latitudinales de las islas de Santa Barbara y San Miguel en California (EE.UU.), para el periodo de 1982 a 2009.

En la región II (Figura 12), también se observan los tres eventos mencionados en la región I, con la misma duración de EN de 1982, 1997 y 1991 además de anomalías positivas en 1983, 1984 y 2006. La región II, se caracteriza por presentar eventos cálidos que alcanzan las mismas temperaturas que los eventos que se han registrados como fuertes en todo el SCC, así como de

eventos fríos. Los años en los que también se observan eventos cálidos son, 2002 y 2006 (EN moderado y débil, respectivamente), y los eventos fríos en 1989, 1991 (LN fuerte en mi tabla no son LN de ningún tipo), y 1999 (LN fuerte). Cabe señalar que EN de 1991, comienza en las regiones I y II en 1992.

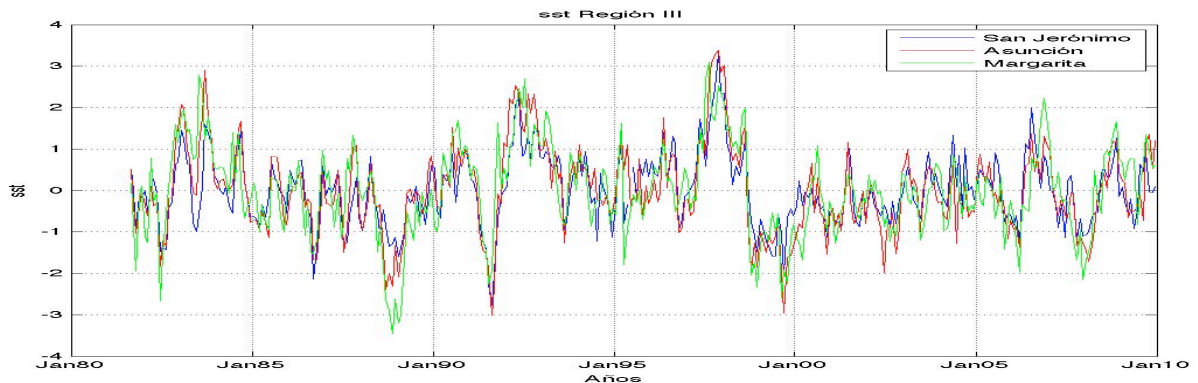
El período cálido de 2006 (EN débil), y 2002 (EN moderado), son similares al evento EN de 1991 (EN moderado), y 1997 (EN fuerte) con respecto a temperatura. Con respecto al período de duración de los eventos cálidos, EN de 1991 y 1997, fueron más largos que el 2006, aunque los tres eventos presentan la misma intensidad. La anomalía positiva de 1984, que se observa en la región I, como la más intensa, se observa en esta región, con menor intensidad que los eventos cálidos de 1991, 1997 y 2006. La región II presenta fluctuaciones más marcadas en comparación a la región I, aunque tampoco muestra una tendencia clara al aumento o disminución de SST.



**Figura 12.** Anomalía de SST en la región II, que comprende la isla Coronados (MEX), para el período 1982-2009.

La región III (Figura 13) está representada por el promedio mensual de SST, de tres puntos latitudinales (San Jerónimo, Asunción, y Margarita); en ella se

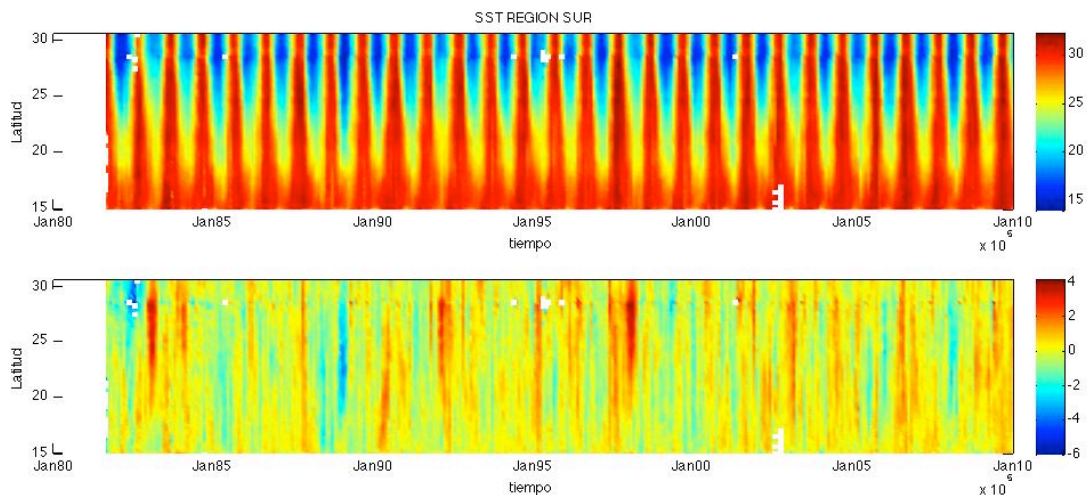
pueden distinguir los eventos EN de 1982 (EN fuerte), 1991(EN moderado) y 1997 (EN fuerte). Las anomalías positivas y duración de los eventos de 1991 y 2007 son tan marcados como EN 1997, mientras que 2007 es un evento frío, reportado como LN moderado.



**Figura 13.** Anomalía de SST en los extremos y la latitud media de la región III, que comprende los puntos latitudinales de las islas San Jerónimo, Asunción y Margarita para el periodo de 1982 a 2009.

Los eventos fríos en la región III, son los más intensos en relación a las dos regiones anteriores. Se registran tres eventos marcados con diferente duración. En 1989 (año en el cual no se reporta ningún evento), se presenta el primer evento frío que fue diferente en las tres islas, siendo el más fuerte en Margarita (la más sureña de las islas). Antes del evento cálido de 1992, durante 1991 se observa el segundo evento frío con la singularidad de que en los tres puntos de la región las anomalías son similares Cabe mencionar que 1991 esta reportado como EN moderado. El tercer evento frío ocurrido en 1999 tiene la misma intensidad pero con menor duración que los dos eventos mencionados anteriormente.

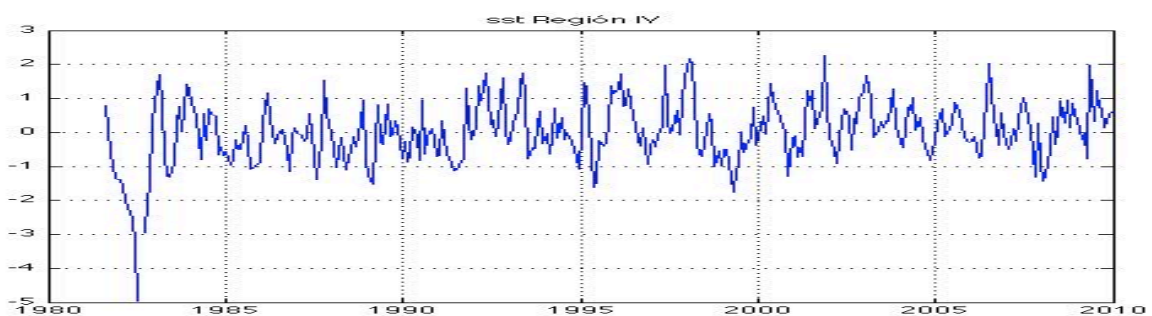
En la región sur, (30° N a 15° N, Figura 14), abarca el Golfo de California hasta aproximadamente el Golfo de Tehuantepec, los datos de SST, comienzan desde agosto de 1981 hasta diciembre de 2009. En la Figura 14b se observan al menos tres señales fuertes de calentamiento de SST, que coinciden con los años EN (1982, 1991 y 1997). La primera señal (1982) se extiende entre los 20 y 30° N, luego la temperatura desciende. Se observa en 1990 desde los 15 a 27° N, y aunque no está reportado como año cálido, se observa una señal importante, que se extiende a lo largo de casi toda la región, con una duración e intensidad menor que en 1992 (segunda señal fuerte). La señal comienza a desvanecerse aproximadamente a la latitud 20° N. En 1995, se observa una señal de similar intensidad que en 1990, pero que abarca toda la región. La tercera señal en 1997, que se caracteriza por presentar altas anomalías de SST, observada en el diagrama de Hovmöller, es fuerte y con similar duración que el evento de 1982.



**Figura 14.** SST en la región sur, que abarca desde los 15° N hasta los 30° N de latitud, incluye todo el Golfo de California, para el periodo de 1981 a 2009. Gráfico superior nos muestra los datos originales de SST, y el gráfico inferior muestra los datos de SST, sin señal anual.

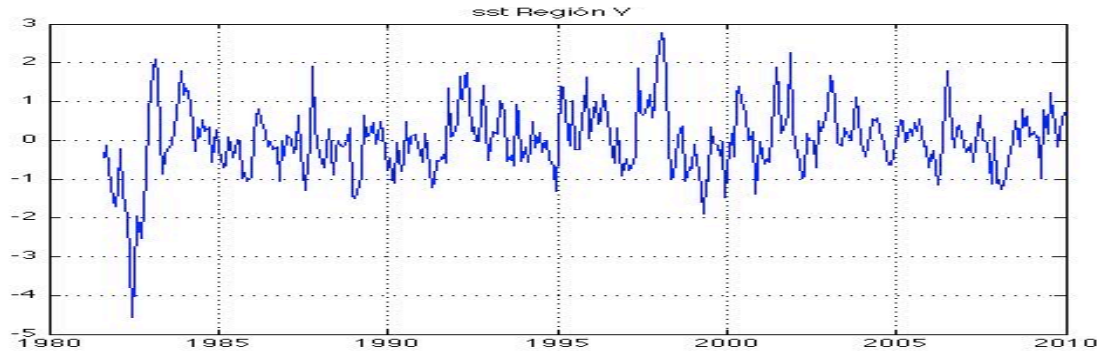
Con respecto a los periodos fríos de la región sur, observamos que antes del evento EN 1982 sucede un evento frío en la latitud aproximada de 29° N, que no se reporta como año LN en el índice global. Eventos de bajas temperaturas y de corta duración no se vuelven a observar hasta el comienzo de 1990, el cual presenta similar duración, pero se extiende desde los 23° a 25° N. Un evento que mantiene una señal constante en todas las latitudes es el observado al final de 1985 y comienzo de 1986, el cual se comporta de manera inversa al mencionado evento de 1981, debido a que, la duración del evento es más corta en al norte, pero en este caso la señal del evento frío se mantiene en toda la región.

El único evento frío fuerte (anomalías negativas de -4°C) que se observa en la región IV (región más norteña del Golfo de California), es en el año 1981 (Figura 15). Ningún evento cálido EN se puede notar en los años siguientes, ni siquiera es notorio el aumento de temperatura en el EN de 1982, luego del evento frío observado en 1981. Esta región parecen no haber sido afectada por los eventos cálidos o fríos reportados en la literatura.



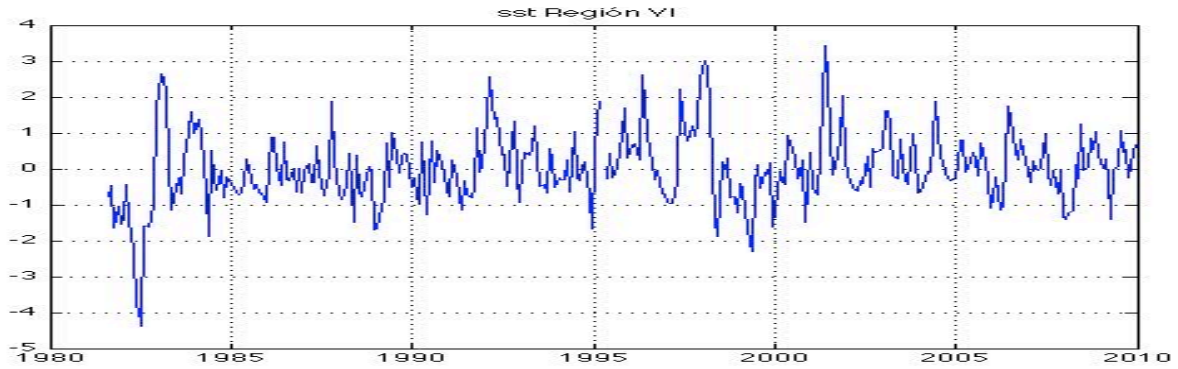
**Figura 15.** Promedios mensuales de SST en la región IV, que comprende el punto latitudinal de la isla Rocas Consag (la más norteña del Golfo de California), para el periodo de 1981 a 2009.

En la región V (Figura 16), también podemos observar la fuerte anomalía negativa ( $-4.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), antes de EN 1982. El evento cálido se manifestó más en esta región con una anomalía positiva de 2. La siguiente anomalía positiva se observa en el EN de 1997 ( $2.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), a diferencia de la región IV comienzan a sobresalir las anomalías positivas de SST.



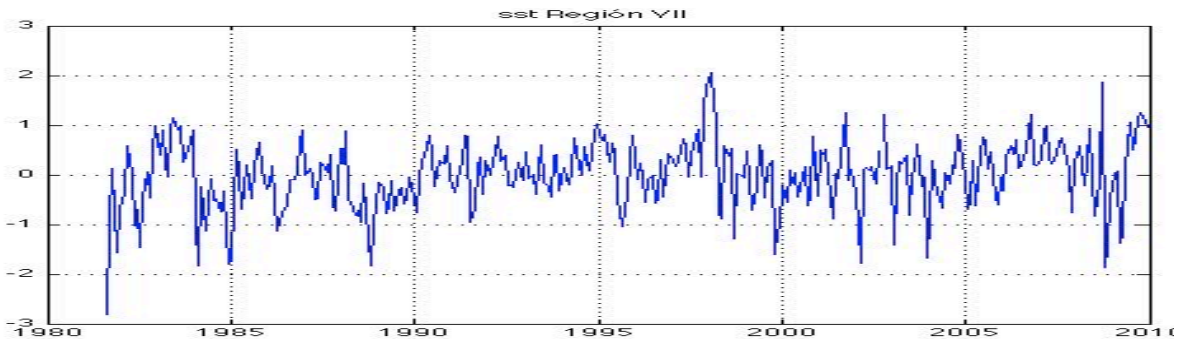
**Figura 16.** Promedios mensuales de SST en la región V, que comprende el punto latitudinal de la isla Ángel de la Guarda, para el periodo de 1981 a 2009.

La región VI (Figura 17), se caracteriza por presentar anomalías más marcadas. La señal fría de 1981, antes del evento cálido de 1982, sigue siendo la más fuerte como en las regiones anteriores dentro del Golfo de California. EN de 1982, no presenta anomalías tan marcadas en esta región como EN de 1997, que es similar a las regiones de la parte occidental de Baja California. El evento cálido que se observa en la región VI, más que los mencionados anteriormente es durante el 2002 (reportado como EN moderado); un evento que se observa también en las dos regiones anteriores, pero no es tan notorio como en la región VI.



**Figura 17.** Promedios mensuales de SST en la región VI, que comprende el punto latitudinal de la isla San Esteban, para el periodo de 1981 a 2009.

La región VII (Figura 18) es la región más al sure del Golfo de California, en la cual se puede observar una anomalía negativa durante 1981, como en las regiones anteriores del Golfo de California, así como una débil anomalía positiva de 2 °C durante EN de 1997.



**Figura 18.** Promedios mensuales de SST en la región VII, que comprende el punto latitudinal de la isla Los Islotes (la más sureña del Golfo de California), para el periodo de 1981 a 2009.

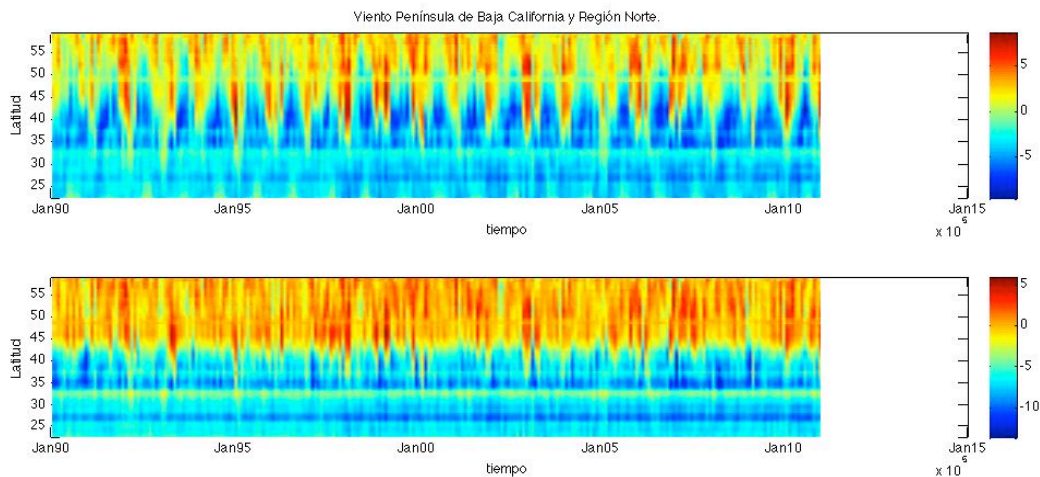
Esta región presenta mayores eventos fríos que cálidos; estos eventos ocurren en los años 1981, 1984 y 1985 (LN débil), 1989, 2000 (LN débil), 2002 (EN moderado), 2004 (EN moderado), y 2009 (EN moderado), pero las anomalías negativas no rebasan los -2 °C, como se observa en 1981 con -3 °C.

Las regiones del Golfo de California no presentan los eventos cálidos o fríos reportados en la literatura como anomalías positivas o negativas fuertes, y tampoco una marcada tendencia en cada una de las regiones en cuanto a la SST. Lo anterior muestra la importancia de basar nuestro análisis en indicadores locales mas que en los existentes, ya que pueden o no ser representativos de la dinámica regional.

### 6.3 WNS

Se utilizaron promedios mensuales de vientos en las siete regiones, los datos comprende la serie de tiempo desde el 16 de enero de 1990 hasta el 15 de diciembre de 2010.

En la Figura 19 se presentan los WNS de la región norte en m/s, de los 20° a 60° N, con la señal anual (gráfico superior) y sin la señal anual (gráfico inferior).



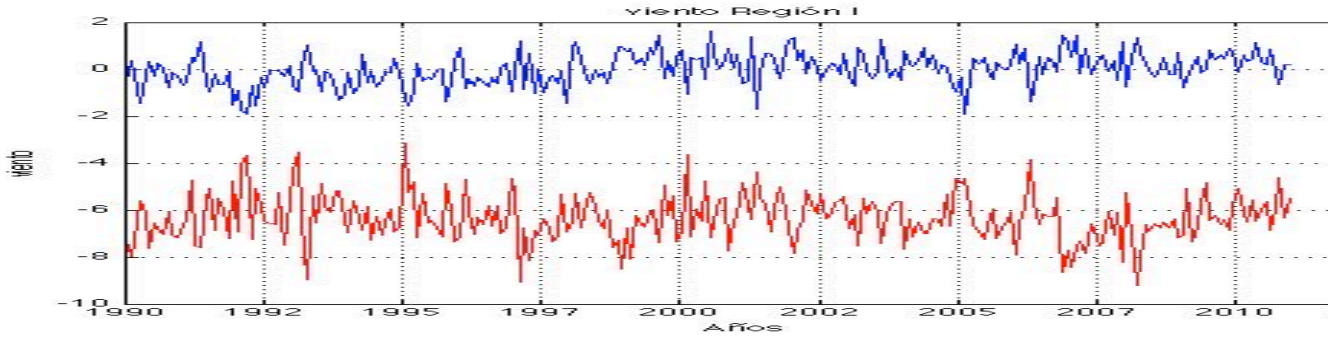
**Figura 19.** Anomalía de viento en la región norte, durante el periodo 1990 a 2010. Abarca desde los 20° N hasta los 50° N de latitud. Gráfico superior nos muestra los datos originales de WNS, y el gráfico inferior muestra los datos de WNS, sin señal anual.

En el gráfico inferior de la Figura 19, hay una línea horizontal en toda la serie de tiempo en la latitud 32° N, la cual corresponde a vientos SO predominantemente, y corresponde a la latitud de las regiones I y II.

En las figuras de WNS que se muestran a continuación, se representa la componente X (línea azul), que nos indica la dirección de los WNS hacia el Este (+) y hacia el Oeste (-). El cambio de signo en esta componente nos indica que la misma, a veces va hacia el Este (+) y otras veces hacia el Oeste (-). La componente Y (línea roja), son WNS hacia el Norte (+) o hacia el Sur (-), la cual nunca cambia de signo y es siempre negativa, es decir siempre en dirección hacia el Sur.

En la Figura 20, se observan las componentes en la región I, desde 1990 a 2010. La componente Y es más intensa que la componente X, entonces los WNS son predominantemente hacia el SE o SW.

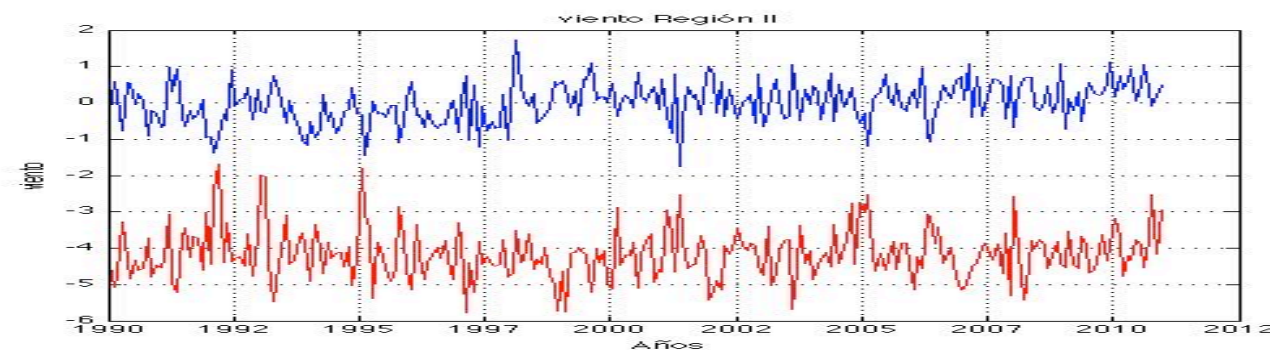
La componente X (vientos Este-Oeste), en la región I, nos indican los cambio de signo a finales de 1991 (EN fuerte), 2001 y 2005 (LN débil). Son los más fuertes con vientos predominantes hacia el SW. La componente Y, la cual nos indica vientos con dirección hacia el Sur, indica que se intensifica en 1993, fines de 1996, 1998, 2006 y 2008, y se debilita en 1991, 1993, 1995, 2001, 2005 y 2006. Los WNS, de EN de 1997 son débiles, y en dirección hacia el SW al comienzo del año y hacia el SE al final. Sin embargo, este comportamiento se observa en otros años en que no se reportan eventos anómalos.



**Figura 20.** Anomalía de viento en la región I, que comprende las islas (Santa Barbara y San Miguel (EE.UU.), durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

En la región II (Figura 21), la cual corresponde a la Isla Coronados, a muy corta distancia de la región I, los WNS nos proporcionan una información más clara en cuanto eventos anómalos. La componente X, indica que a finales de 1991 (EN fuerte), 1994, 1995 (LN débil), comienzos de 1997 (EN fuerte), 2001, 2005 y 2006 (LN débil en los últimos dos años), la componente del viento perpendicular a la costa se intensificó.

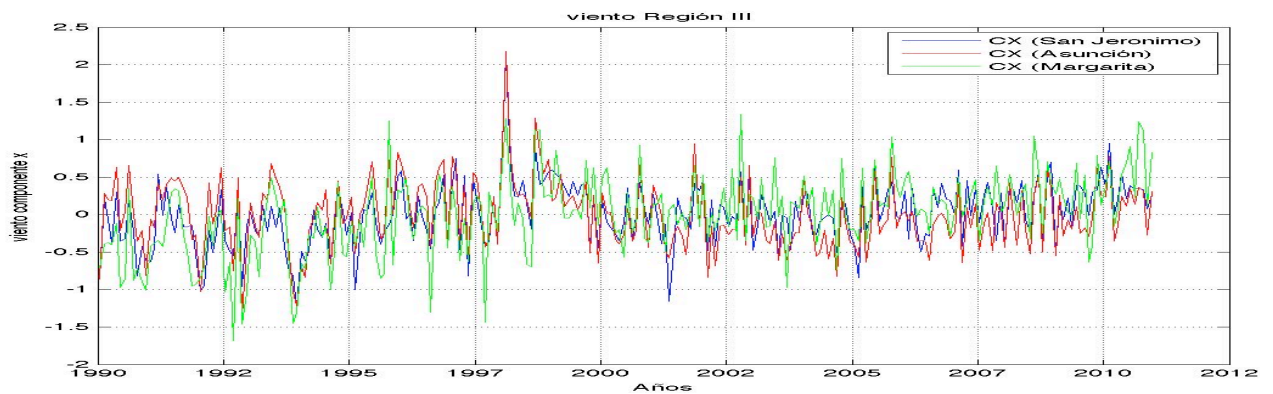
En cuanto al evento EN de 1997, los vientos presentan una dirección hacia el SE, presentándose vientos más intensos hacia el Este y vientos débiles hacia el Sur.



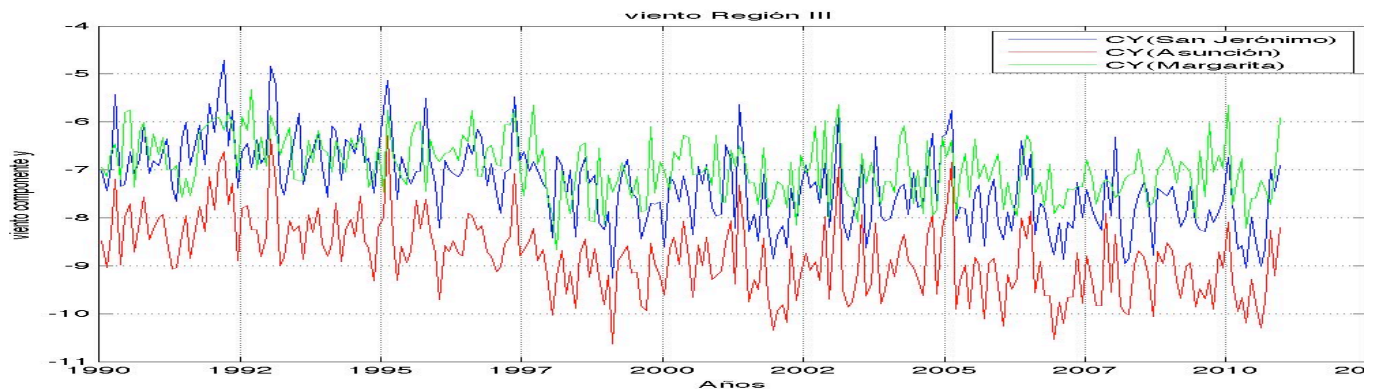
**Figura 21.** Anomalía de viento en la región II, que comprende la isla Coronados (MEX), durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

La región III se presenta en dos figuras: la componente X (Figura 22) y la componente Y (Figura 23). En la Figura 23, se observa que el viento , presenta un rango entre -1 y 1 mts, y en la Figura 23, el rango es entre -6 y -9. Lo anterior significa que el viento es hacia el Sur, y que la componente Y es 6 a 7 veces mayor.

Asunción (punto intermedio de las tres islas), presenta los vientos más intensos en dirección hacia el SE, y SO de los tres puntos latitudinales de la región III.



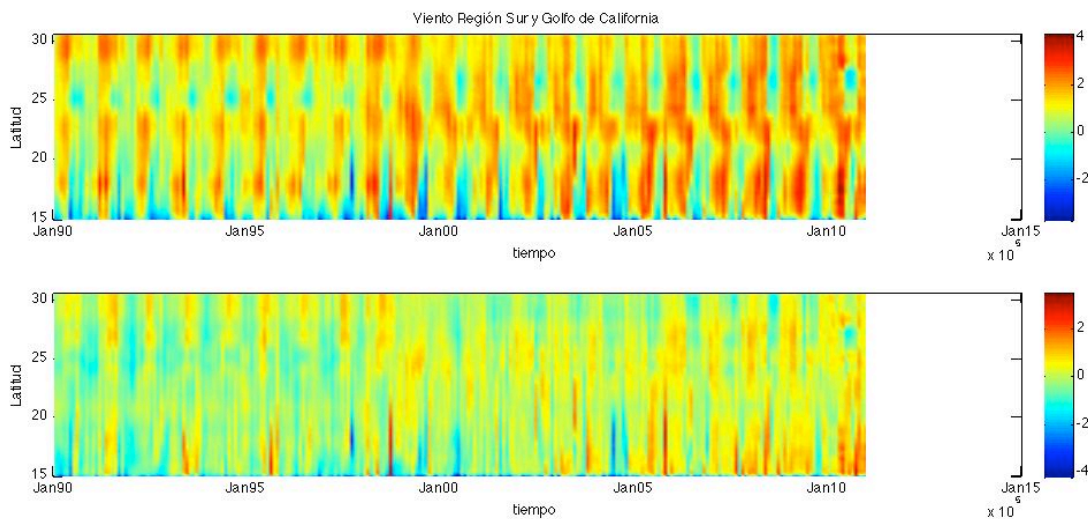
**Figura 22.** Componente X de WNS en la región III, la cual comprende los tres puntos latitudinales de las islas San Jerónimo (azul), Asunción (rojo), y Margarita (verde), durante el periodo 1990 a 2010.



**Figura 23.** Componente Y del WNS en la región III, la cual comprende los puntos latitudinales de las islas San Jerónimo (azul), Asunción (rojo), Margarita (verde), durante el periodo 1990 a 2010.

En la Figura 24, se presentan los WNS, de la región sur, desde los 15° N a 30° N, con promedios mensuales desde el 15 de enero de 1990, hasta el 15 de diciembre de 2010. El gráfico superior muestra los WNS con señal anual, y el gráfico inferior sin la señal anual.

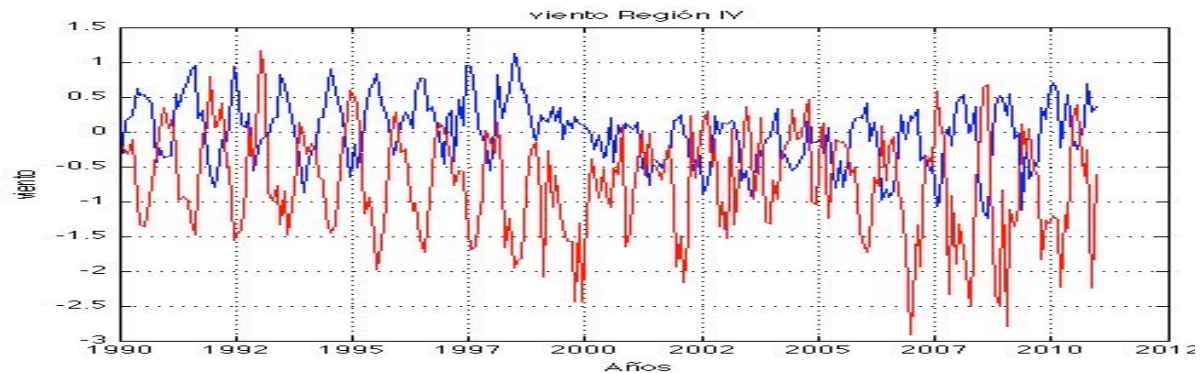
Dentro de estas latitudes se analizan los vientos del Golfo de California, en las regiones IV, V, VI y VII. En todas las latitudes los vientos se dirigen hacia el Sur, sin embargo, de los 18° N a los 22° N, a partir del año 2000, los vientos presentan mayor intensidad y duración que en los años anteriores.



**Figura 24.** WNS en la región sur, en una serie continua de 1990 a 2010. Abarca desde los 15° N hasta los 30° N de latitud. Gráfico superior nos muestra los datos originales de WNS, y el gráfico inferior muestra los datos de WNS, sin señal anual.

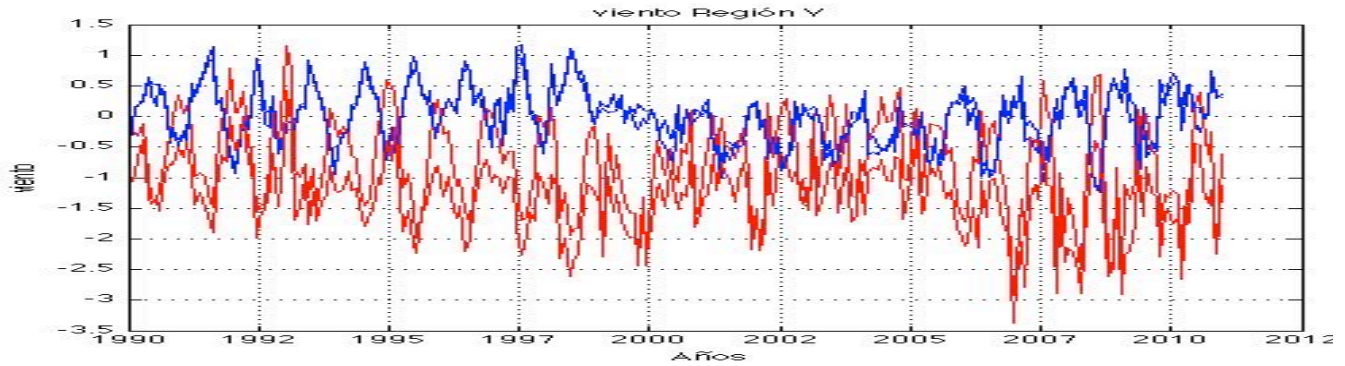
En la Figura 25, se representan los WNS de la región más norteña del Golfo de California (región IV), en la cual se observa que a partir de 2000, como se menciona en la Figura 24, los WNS comienzan a intensificarse en dirección al

oeste, de esta manera, a partir de ese año, los vientos son predominantes en dirección hacia el SW.



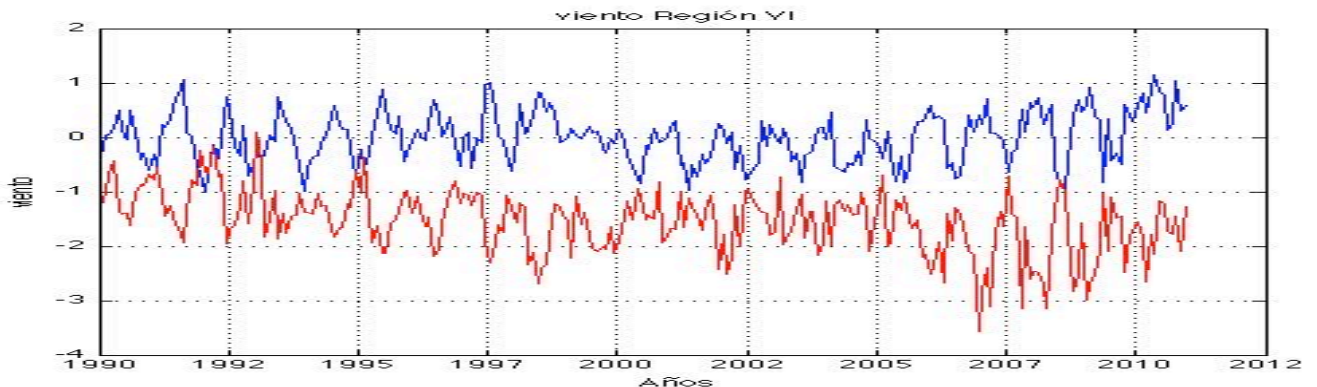
**Figura 25.** Anomalía de viento en la región IV, que representa el punto latitudinal de Rocas Consag, en el Golfo de California, durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

La Figura 26, corresponde a los WNS en la región V, la cual es caracterizada por presentar una clara división en cuanto al comportamiento de los vientos en la serie de tiempo. Antes del año 2000, los vientos hacia el SE presentan mayor intensidad que los vientos hacia el SSW, a excepción del evento cálido EN registrado en 1997, donde los vientos son hacia el SSE presentando la misma intensidad que el año 1991. A partir del año 2000 al 2005 (donde ocurren dos eventos EN, uno fuerte y el otro moderado, respectivamente), excepto a finales de 2001, los vientos hacia el SE presentan intensidades similares a las observadas antes del año 2000.



**Figura 26.** Anomalía de viento en la región V, que representa el punto latitudinal de la isla Ángel de la Guarda, en el Golfo de California, durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

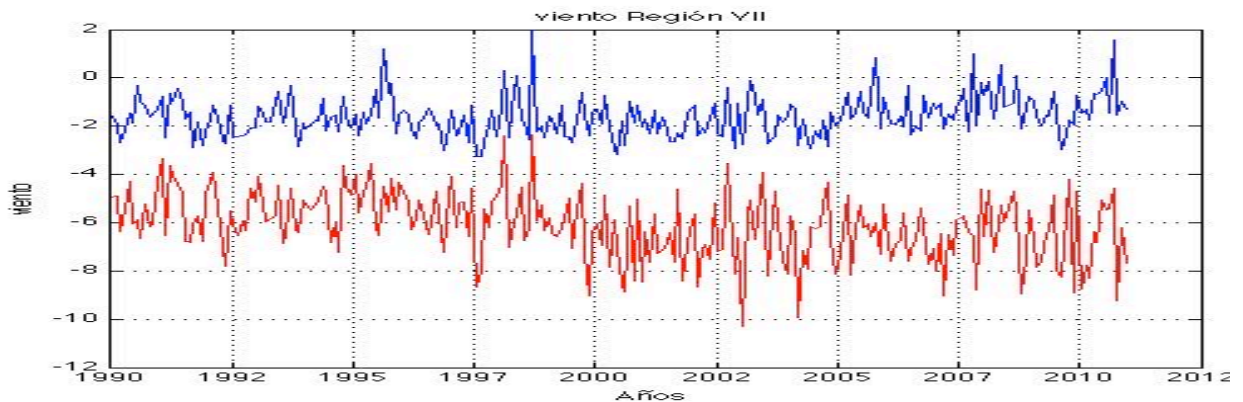
La Figura 27, presenta vientos de la región VI. Estos vientos antes del año 2000, son mayoritariamente más intensos en dirección hacia el SE. Del año 2000 a 2005 (2002 y 2004 son años EN moderado), los vientos dominantes son débiles.



**Figura 27.** Anomalía de viento en la región VI, que representa el punto latitudinal de la isla San Esteban, en el Golfo de California, durante el periodo 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

A partir del 2005 se intensifican en dirección al SW. Del año 2006 y hasta el año 2010, se presenta la variabilidad mas grande del periodo analizado, los eventos EN o LN no son claramente observados en el viento.

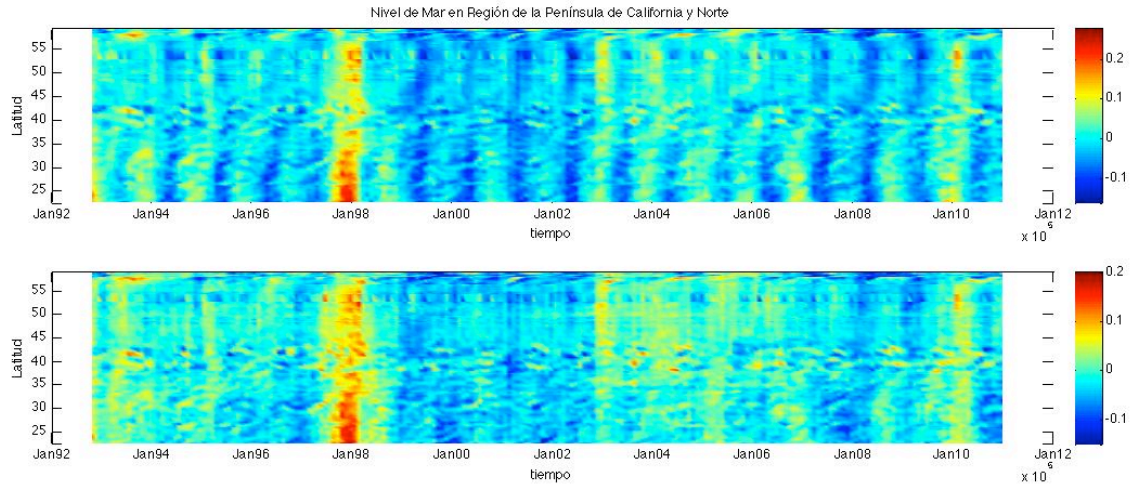
En la Figura 28, se observan los WNS de la región más al sur del Golfo de California. La componente X, por primera vez en todas las regiones mencionadas anteriormente presenta pocos valores positivos, mismos que suceden en los años 1995 (LN débil), 1999 (LN fuerte), 2006 (EN débil), 2007 (LN moderada) y 2010 (LN fuerte).



**Figura 28.** Anomalía de viento en la región VII, que representa el punto latitudinal de Los Islotes, en el Golfo de California, en una serie de tiempo continua de 1990 a 2010. Componente X (azul), componente Y (rojo).

#### 6.4 NM

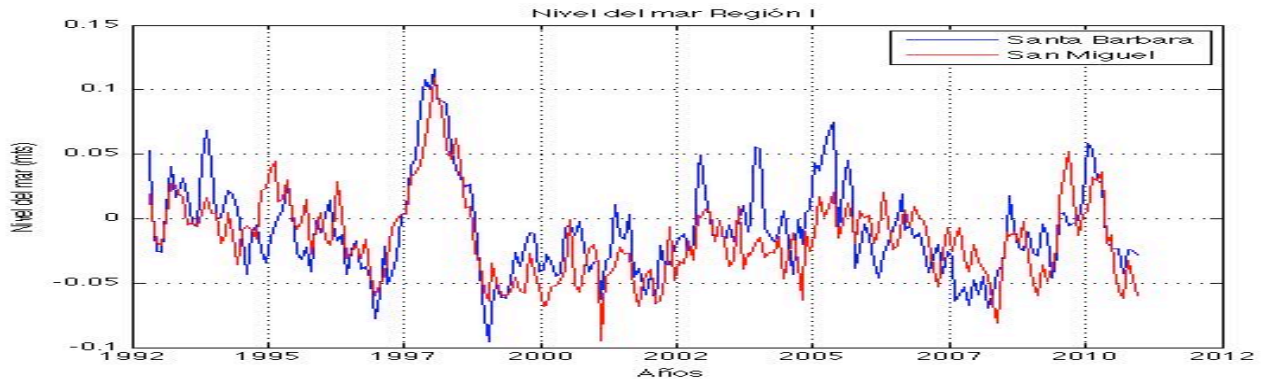
En la Figura 29, se observa el NM en metros (m), entre las latitudes de 20° N a 60° N, para el periodo 1992 a 2010. Dentro de estas latitudes se analizan los cambios del NM, de las regiones I, II y III.



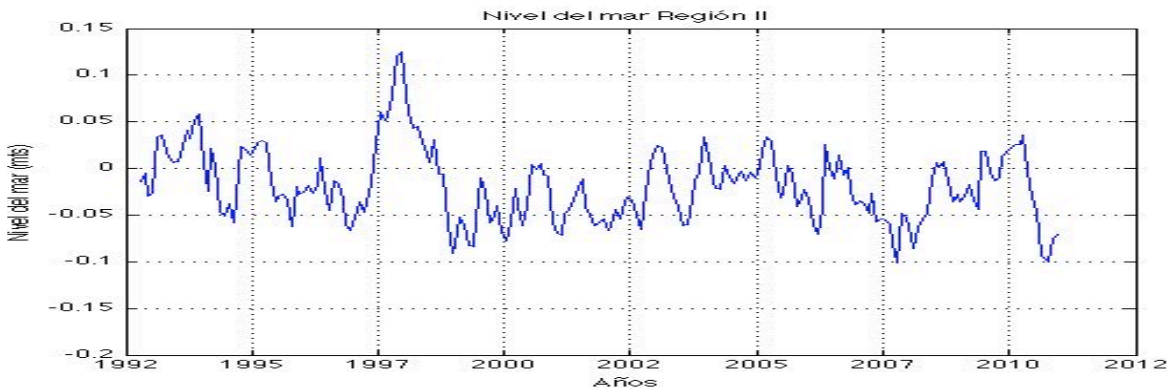
**Figura 29.** Nivel del mar (NM) de la región norte, para el periodo 1992 a 2010. Abarca desde los 20° N hasta los 50° N de latitud. Gráfico superior nos muestra los datos originales de NM, y el gráfico inferior muestra los datos de NM, sin señal anual.

Para fines de 1997 y principios de 1998 EN es notorio en cuanto al cambio en el NM, el cual aumenta y es observado a lo largo de toda la región representada. Este aumento es más notorio (0.2 m) desde la latitud 20° N hasta los 35° N. El NM a partir de la latitud 35° N, es menor que en las latitudes altas y la duración del evento también es menor. Se observa en el periodo de tiempo desde 1999 a 2002, que el NM se encuentra por debajo del promedio; mientras que desde 2002 a 2007, el NM muestra anomalías positivas a lo largo de toda región.

La región I y la región II (Figura 30 y 31, respectivamente), muestran el evento EN 1997 reflejado en el NM de manera clara. En estas regiones, se observa un aumento de 0.22 m y una disminución en el año 1999, el cual representa al NM mínimo del periodo analizado (-0.09 m). El NM, oscila en un rango de 0.05 a -0.05, el único evento mayor es EN 1997 con un incremento en el NM. El segundo mínimo se observa en el año 2001 (-0.09 ) y en 2008 (-0.07).

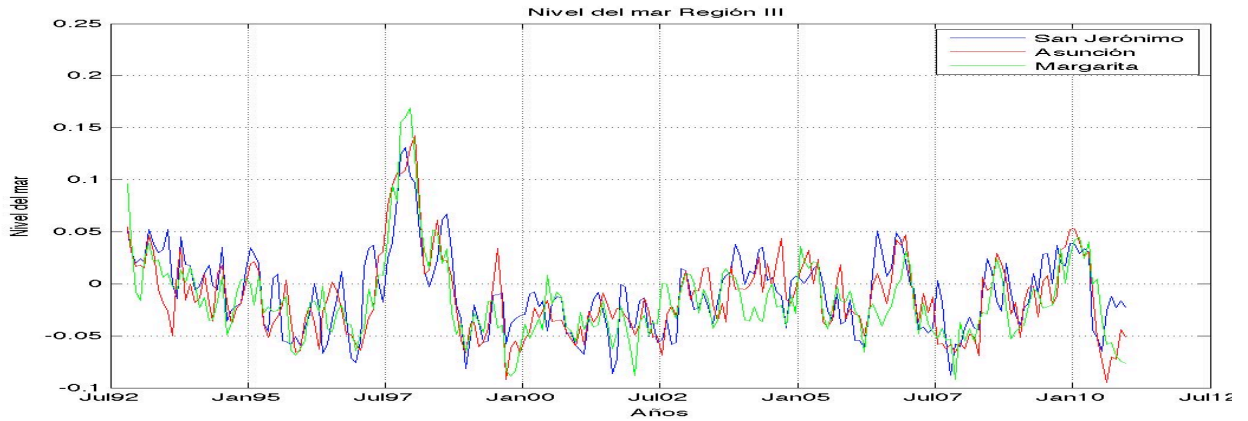


**Figura 30.** NM en la región I, la cual abarca los puntos latitudinales de la isla Santa Barbara (el punto más norteño) y San Miguel (el punto más sureño), en California (EE.UU.), para el periodo 1992 a 2010



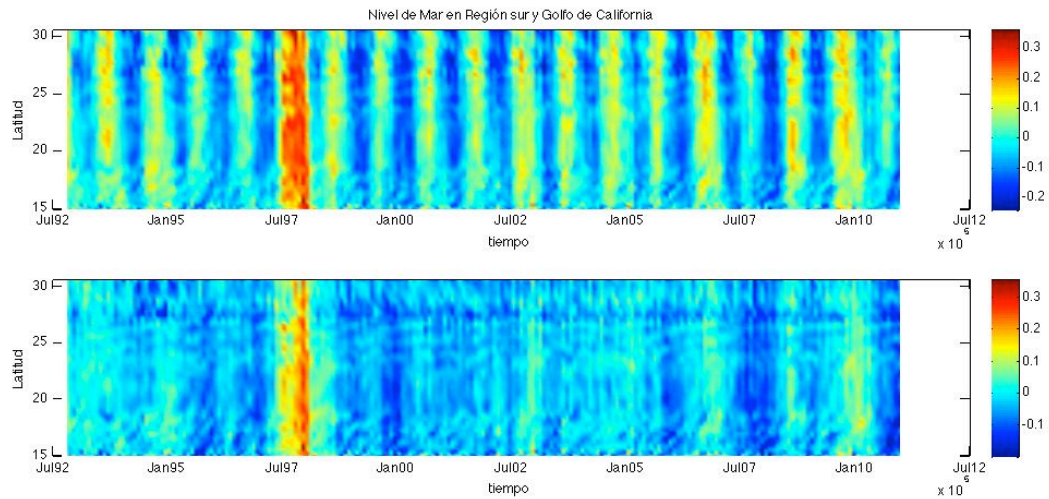
**Figura 31.** NM en la región II, que comprende la isla Coronados (MEX), para el periodo 1992 a 2010

La región III (Figura 32), se observa el máximo del NM en EN fuerte de 1997, al igual que en las regiones I y II, ubicadas en la porción occidental de la Península de Baja California. El mínimo del NM se observa en el año 2007 (LN moderada), y en el año 2010 (LN fuerte), al igual que sucede en la región II.



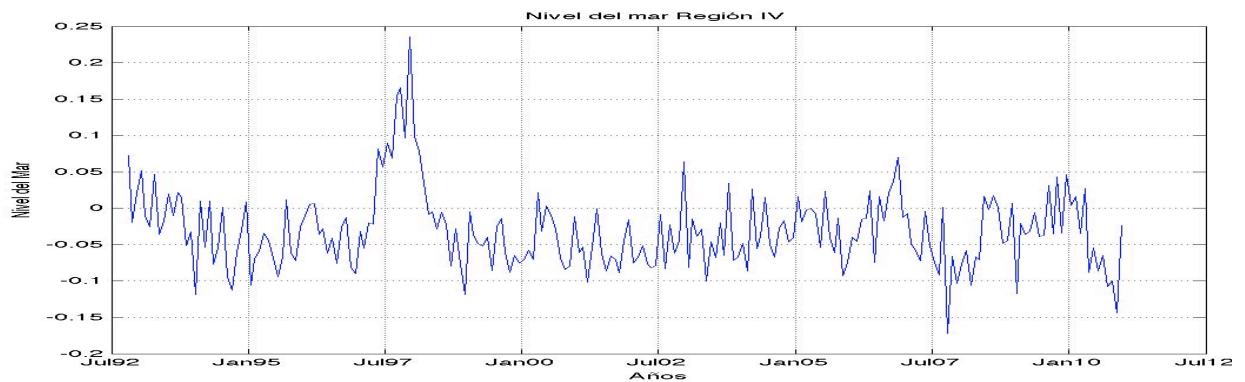
**Figura 32.** NM en la región III, la cual comprende los puntos latitudinales de las islas San Jerónimo (azul), Asunción (rojo), Margarita (verde), para el periodo 1992 a 2010

En el Golfo de California EN de 1997 no fue la excepción, debido a que se observa en la Figura 33, la cual presenta el NM de la región sur, entre 15° N y 30° N, con promedios mensuales desde el 22 de octubre de 1992, hasta el 16 de diciembre de 2010, que el evento cálido se presenta con 0.3 m por arriba del promedio del NM en todas las latitudes. Diez años más tarde el siguiente evento claro en la serie de tiempo es el NM mínimo, permaneciendo esta condición a lo largo de un año (evento más largo observado en la serie de tiempo). El gráfico superior muestra el NM con señal anual, y el gráfico inferior sin la señal anual.



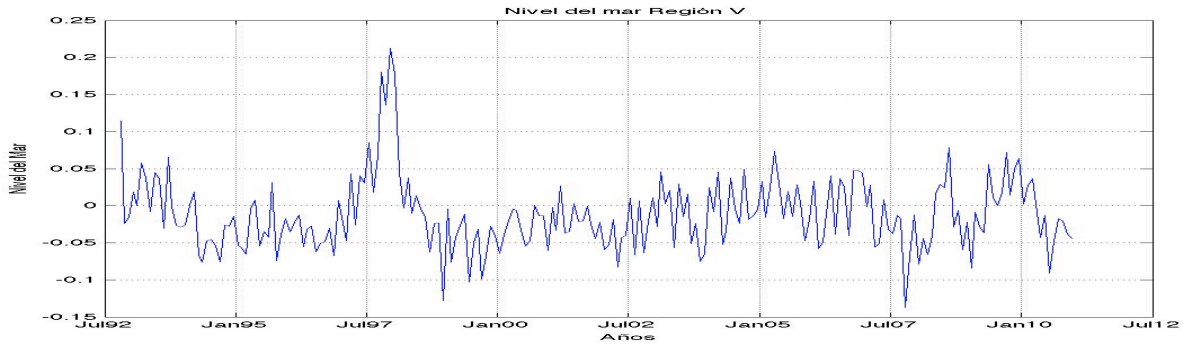
**Figura 33.** NM (m) en la región sur (IV, V, VI y VII, de los 15° N hasta los 30° N) para el periodo 1992 a 2010. Gráfico superior nos muestra los datos originales de NM, y el gráfico inferior muestra los datos de NM, sin señal anual.

En la región IV (Figura 34), al igual que las tres regiones mencionadas anteriormente, el evento EN 1997, es el evento más fuerte que se refleja en el NM, pero con mayor altitud (0.24 m). El mínimo del NM se observa en el año 2007 (LN moderada).



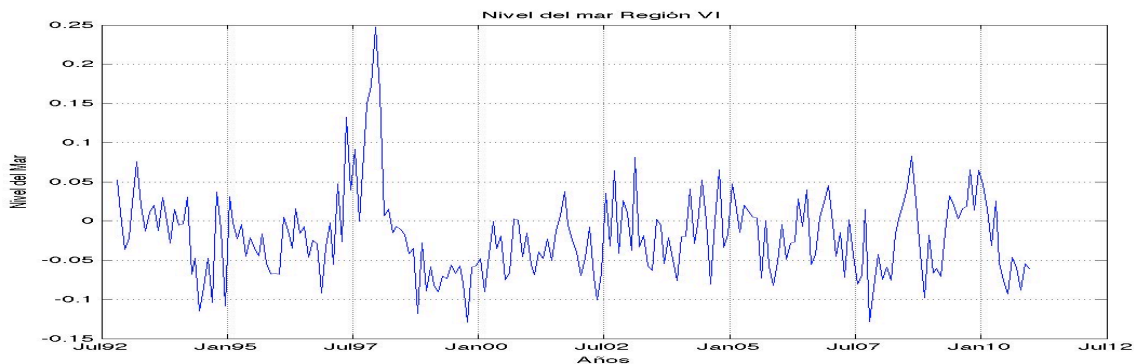
**Figura 34.** Promedios mensuales del NM (m) en la región IV, que comprende el punto latitudinal de la isla Rocas Consag (la más noroeste del Golfo de California), en una serie de tiempo continua desde 1992 a 2010.

La región V (Figura 35), al igual que la región anterior del Golfo de California, el incremento del NM se observa en EN de 1997 (0.22 m), y el mínimo en el 2007 (0.17 m por debajo del promedio).



**Figura 35.** Promedios mensuales del NM (m) en la región V, que representa el punto latitudinal de la isla Ángel de la Guarda, en el Golfo de California, en una serie de tiempo continua desde 1992 a 2010.

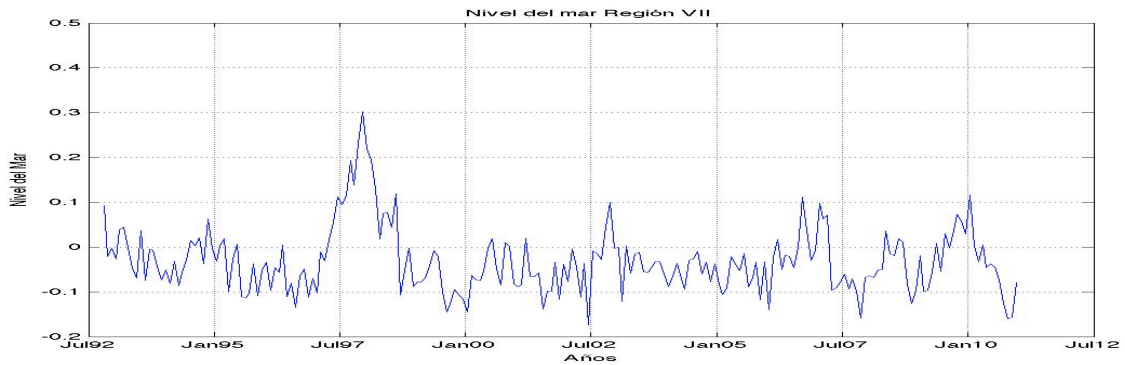
La región VI (Figura 36), el NM de EN 1997, alcanza una altitud de 0.25 m, y dos mínimos en 1999 y 2007, LN fuerte y moderada respectivamente.



**Figura 36.** Promedios mensuales del NM (m) en la región VI, que representa el punto latitudinal de la isla San Esteban, en el Golfo de California, en una serie de tiempo continua desde 1992 a 2010.

La región VII (región más sureña del Golfo de California, Figura 37), representa el mayor incremento en el NM de las regiones del Golfo de California, en el

evento EN de 1997 con 0.3 m, y dos mínimos en 1999 y 2007, al igual que la región anterior (región VI).

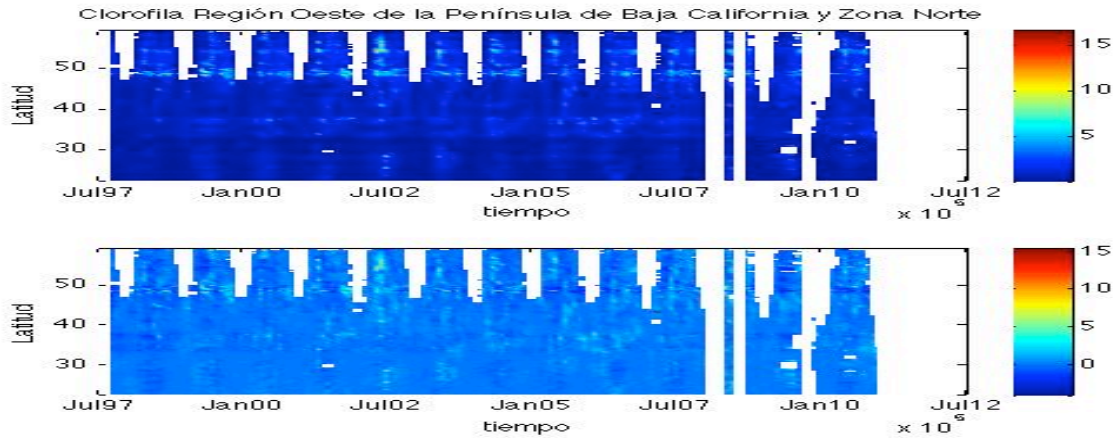


**Figura 37.** Promedios mensuales del NM (m) en la región VII, que representa el punto latitudinal de Los Islotes (la más sureña del Golfo de California), en una serie de tiempo continua desde 1992 a 2010.

La duración e intensidad del evento EN ocurrido en 1997, se refleja en el incremento del NM, de la misma manera que en las regiones de la porción occidental de la Península de Baja California (I, II y III), como en las regiones del Golfo de California (IV, V, VI, y VII).

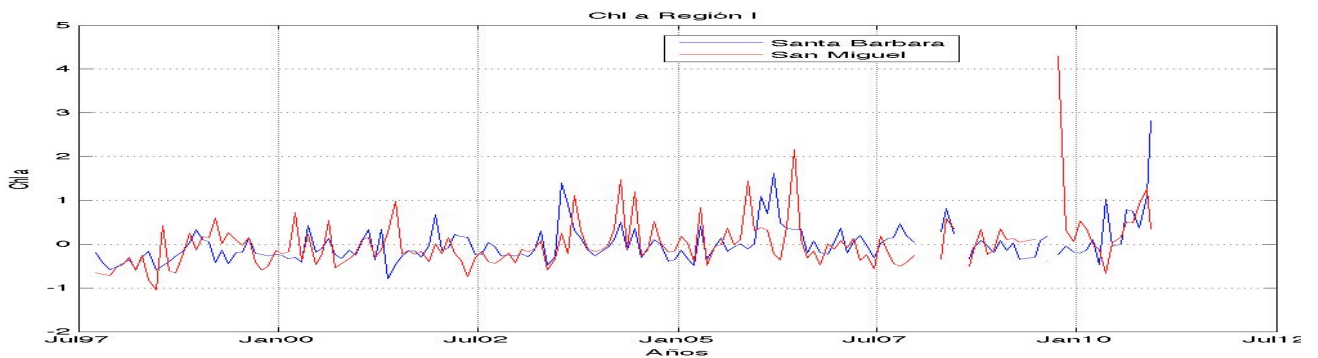
### 6.5 Chl a

La Figura 38 representa la concentración de Chl a en  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Estas concentraciones abarcan las latitudes de los  $20^\circ$  N a  $60^\circ$  N, en una serie de tiempo continua entre el 17 de septiembre de 1997 al 6 de diciembre del 2010. Dentro de estas latitudes se analizan los cambios en la concentración de Chl a, de las regiones I, II y III.



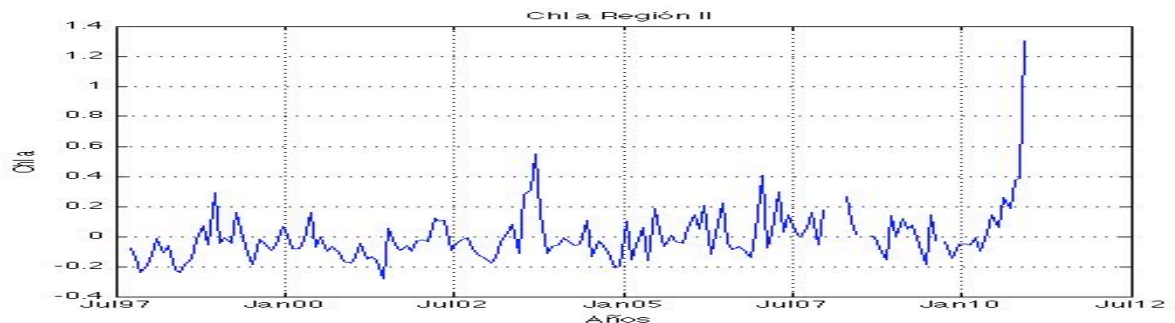
**Figura 38.** Chl a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en la zona norte (regiones I, II, III), en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010. Abarca desde los  $20^\circ$  N hasta los  $50^\circ$  N de latitud. Gráfico superior nos muestra los datos originales de Chl a, y el gráfico inferior muestra los datos de Chl a, sin señal anual.

En la Figura 39, observamos las anomalías de Chl a, en una serie de tiempo continua de 1997 al 2010, en Santa Barbara (punto latitudinal más noroeste de la región I) y San Miguel (punto más sureño de la región I). La concentración máxima de toda la serie de tiempo analizada, se observa a finales de 2010, en Santa Barbara con una anomalía positiva de 2.8, y en San Miguel una concentración máxima observada a finales del 2009 (año LN), con una anomalía de 4.3. En rango de Chl a, observando las anomalías, se mantiene entre 0 y 2 en casi toda la serie de tiempo, a excepción de los años mencionados anteriormente.



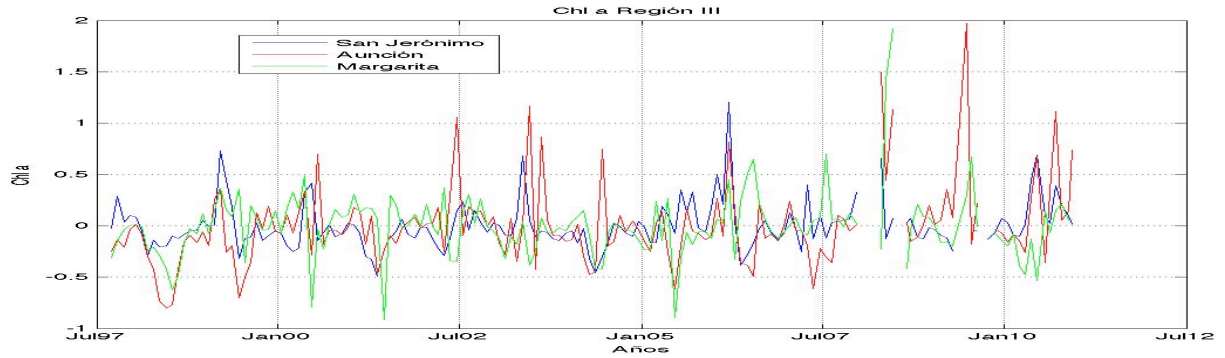
**Figura 39.** Chl a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en la región I, la cual abarca los puntos latitudinales de la isla Santa Barbara (el punto más norteño) y San Miguel (el punto más sureño), en California (EE.UU.), en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010.

La Figura 40 presenta la Chl a, en la región II. La región es caracterizada por presentar valores bajos de Chl a en toda la serie de tiempo, a excepción de un pico observado en el año 2010, con una anomalía positiva de 1.3. Otro pico de Chl a, el cual no es tan alto como el anterior, se presenta en el año 2003 con un valor de 0.48.



**Figura 40.** Chl a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en la región II, que comprende la isla Coronados (MEX), en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010.

La región III (Figura 41), muestra anomalías bien definidas en toda la serie de tiempo, en comparación a las dos regiones anteriores. Asunción (isla intermedia de la región III), es la isla de toda la región que presenta las anomalías positivas de mayor valor. Se observan cinco picos mayores a 1 durante los años 2002, 2003, 2008, 2009 y 2010. Durante 2009 se presentó la mayor anomalía positiva, con un valor de 2. El valor mínimo (0.85), se observa en Asunción, a finales de 1997 e inicio de 1998.



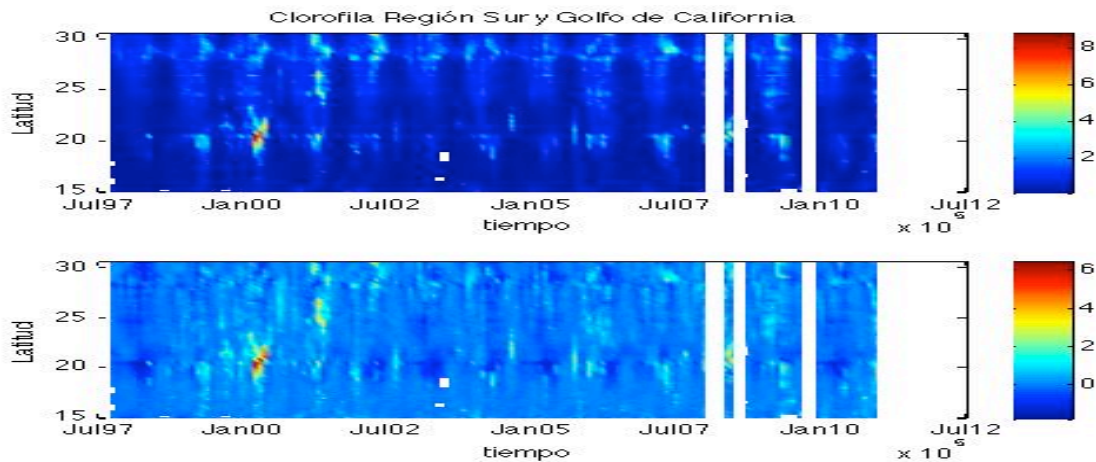
**Figura 41.** Chl a ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) en la región III, la cual comprende los puntos latitudinales de las islas San Jerónimo (azul), Asunción (rojo), Margarita (verde), en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010.

Margarita (Isla más sureña de la región III), es la que presenta las anomalías más débiles de la región. Sólo se observa una anomalía positiva marcada con un valor de 1.9, a inicios de 2008. En toda la serie de tiempo las anomalías positivas, de la isla Margarita tienen un rango de 0-0.5, exceptuando los años 2006 y 2007 que llega a 0.7, y la anomalía mencionada de 2008. Las anomalías negativas, se observan en tres depresiones visibles, durante el 2000 (-0.78), 2001 y 2005 (-0.92). En 1998 la anomalía es débil (0.6).

San Jerónimo (punto latitudinal más norteño de la región III), presenta valores intermedios entre las dos islas, con sólo una distinción que se observa como anomalía positiva en el 2006, con un valor de 1.3. Otras dos anomalías positiva que se puede mencionar (0.6), ocurre en 1999 y 2003.

La región III, se caracteriza por presentar un porcentaje alto de anomalías positivas en toda la serie de tiempo en la isla intermedia y sureña de la región, mientras que la isla norteña no presenta cambios drásticos, y la fluctuación parece ser estacional.

La Figura 42, representa la concentración de Chl a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en las latitudes de los  $15^\circ\text{ N}$  a  $30^\circ\text{ N}$ , en una serie de tiempo continua entre el 17 de septiembre de 1997 al 6 de diciembre del 2010. Dentro de estas latitudes se analizan los cambios en la concentración de Chl a en el Golfo de California, de las regiones IV, V, VI y VII.



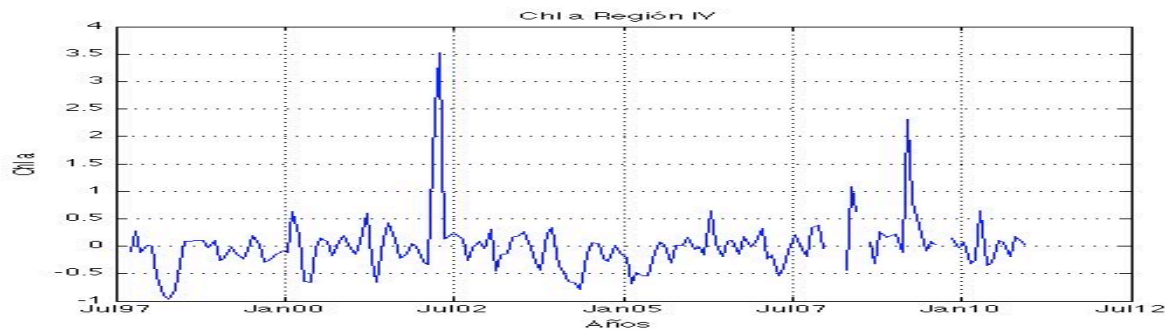
**Figura 42.** Clorofila a (Chl a,  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en la región sur, en una serie de tiempo continua de 1997 a 2010. Abarca desde los  $15^\circ\text{ N}$  hasta los  $30^\circ\text{ N}$  de latitud. Gráfico superior nos muestra los datos originales de Chl a, y el gráfico inferior muestra los datos de Chl a, sin señal anual.

En el gráfico inferior de la Figura 42 (sin señal anual), observamos un incremento marcado en la concentración de Chl a, con valores de hasta  $6\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , durante el año 2000, dentro del rango de las latitudes  $19^\circ\text{ N}$  hasta  $21^\circ\text{ N}$ . Este evento, junto a un segundo incremento en el año 2001 de  $3\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , entre los  $24$  y  $26^\circ\text{ N}$ , son los dos eventos evidentes de toda a serie de tiempo.

La Figura 43, que representa la región IV, se observa una anomalía negativa de  $-1$  en 1997. Se observan dos anomalías positivas que sobresalen en toda la

serie de tiempo, a finales del año 2001 de 3.5 (la mayor anomalía), y de 2.3 en 2009.

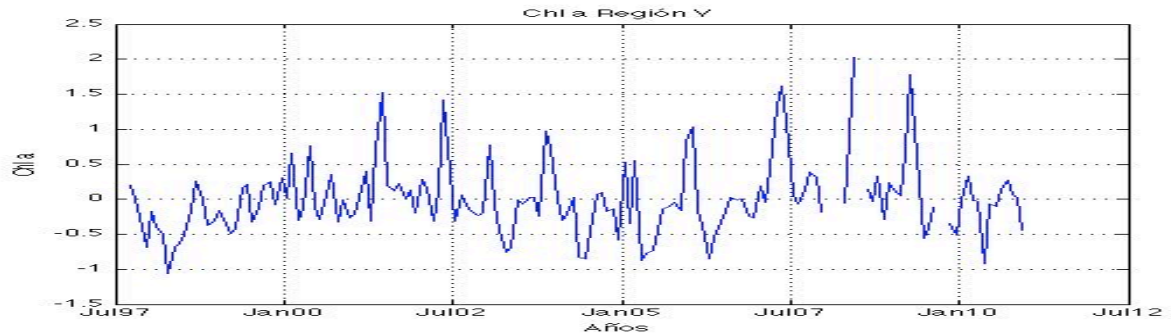
En general, a excepción de los dos picos, la región IV se caracteriza por presentar débiles anomalías en toda a serie de tiempo.



**Figura 43.** Chl a (mg.m-3) en la región IV, que comprende el punto latitudinal de la isla Rocas Consag (la más noroeste del Golfo de California), en una serie de tiempo continua desde 1997 a 2010.

En la región V (Figura 44), se observan anomalías positivas de Chl a, que alcanzan mayor valor, que las anomalías negativas. A finales de 1997 y comienzos de 1998, se presenta la anomalía negativa más fuerte de (-1).

Las anomalías positivas, en esta región son de más y de mayor valor que las negativas. En 2001, existen dos anomalías de 1.5 y 1.4 respectivamente. En 2003 y 2006, las anomalías son de 1, mientras que 2007, 2008 y 2009, la concentración parece aumentar, reflejándose en anomalías positivas de 1.5, 2 y 1.7 respectivamente.

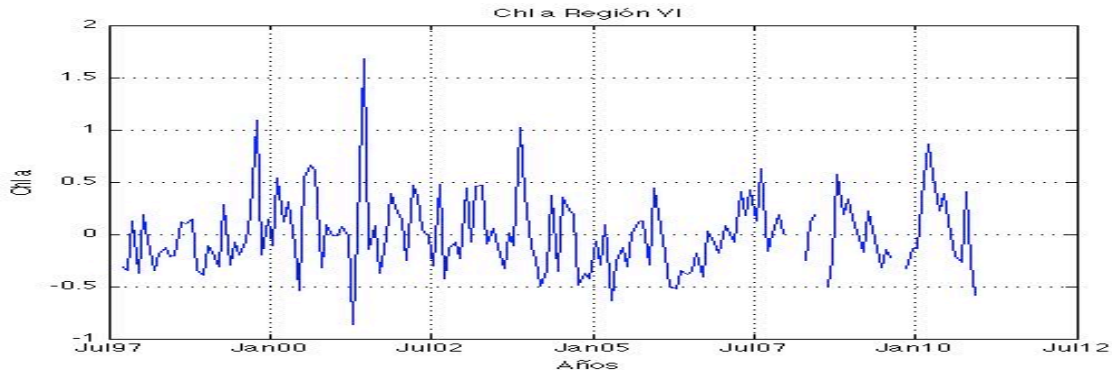


**Figura 44.** Chl a (mg.m-3) en la región V, que representa el punto latitudinal de la isla Ángel de la Guarda, en el Golfo de California, en una serie de tiempo continua desde 1997 a 2010.

La región VI (Figura 45), presenta un rango mayoritario de Chl a, en comparación a las regiones anteriores del golfo, entre 0.5 a -0.5, en toda la serie de tiempo. Las excepciones son las anomalías positivas encontradas en 1999 con un valor de 1.1, en 2001 (1.7, anomalía positiva de mayor valor), 2004 con un valor de 1, y finalmente en el año 2010 de 0.8.

La anomalía negativa que llega a rebasar el rango mencionado anteriormente de -0.5 a 0.5, únicamente se observa en 2001, antecediendo la anomalía positiva más fuerte, con un valor de -0.8.

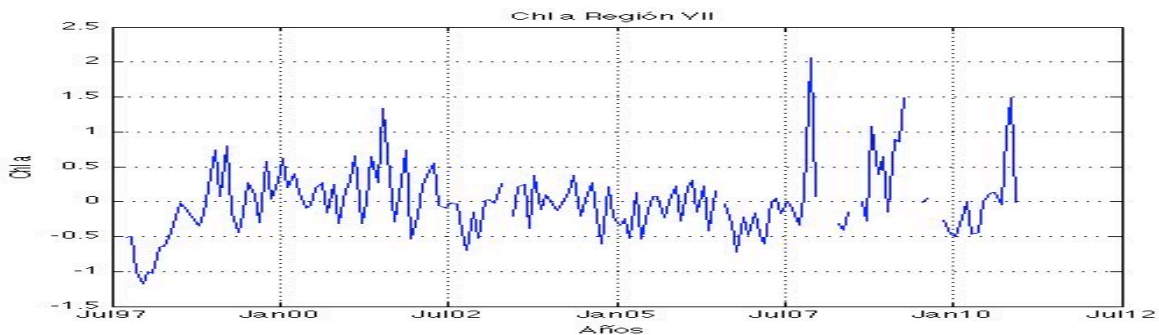
En la región VI, EN de 1997 no se ve reflejado en la concentración de Chl a como una fuerte anomalía negativa.



**Figura 45.** Chl a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en la región VI, que representa el punto latitudinal de la isla San Esteban, en el Golfo de California, en una serie de tiempo continua desde 1997 a 2010.

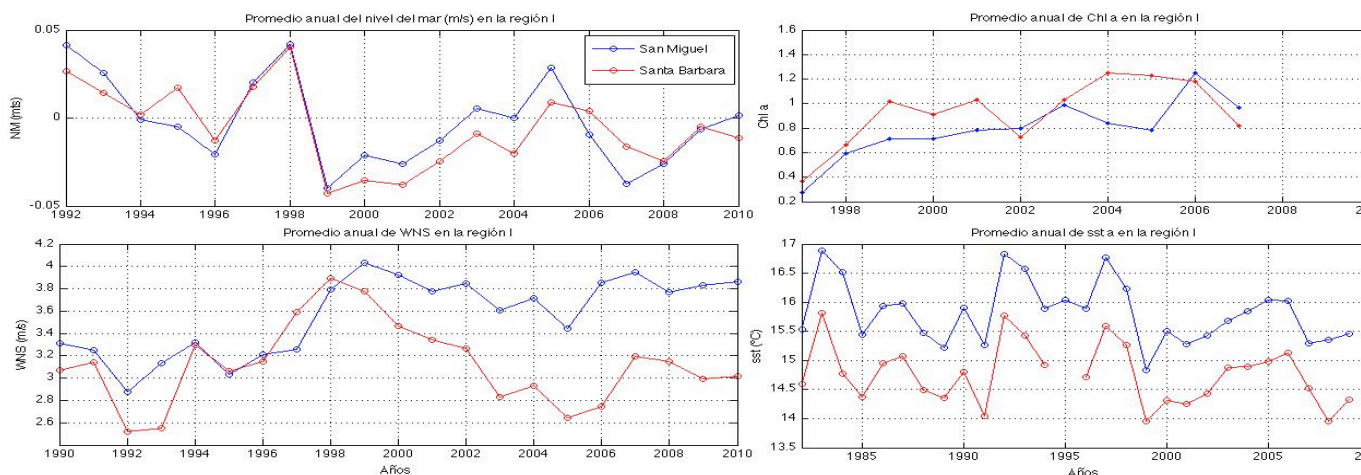
En la Figura 46, se representa la Chl a de la región VII (región más sureña del Golfo de California). Durante 1997, se presenta una anomalía de -1.2 (único valor negativo que rebasa el -1, en toda la serie de tiempo). La serie oscila entre el rango de 0.5 a -0.5, en la mayoría de los años.

Sólo se observan cuatro picos, que corresponden a anomalías positivas, en los años 2001, con un valor de 1.3, y las tres anomalías seguidas que se mencionan anteriormente en la región V, en los años 2008, 2009 y 2010, con valores de 2, y 1.5 respectivamente. Esta región también se caracteriza por anomalías positivas mayores, que anomalías positivas.



**Figura 46.** Chl a (mg.m-3) en la región VII, que comprende el punto latitudinal de Los Islotes (la más sureña del Golfo de California), en una serie de tiempo continua desde 1997 a 2010.

los conteos de crías de lobo marino de California es un dato por año, se promediaron anualmente los cuatro parámetros oceanográficos (SST, NM, WNS y Chl) en las siete regiones, con el fin de observar si los efectos cálidos o fríos se manifiestan el mismo año que fueron registrados un año después en cada región. En la Figura 47, se muestran los parámetros en la región I. El NM, alcanza su mayor altitud en 1992 y 1998 (0.4 mts). Su valor mínimo, se observa en 1999 (0.4 mts, por debajo de la media).

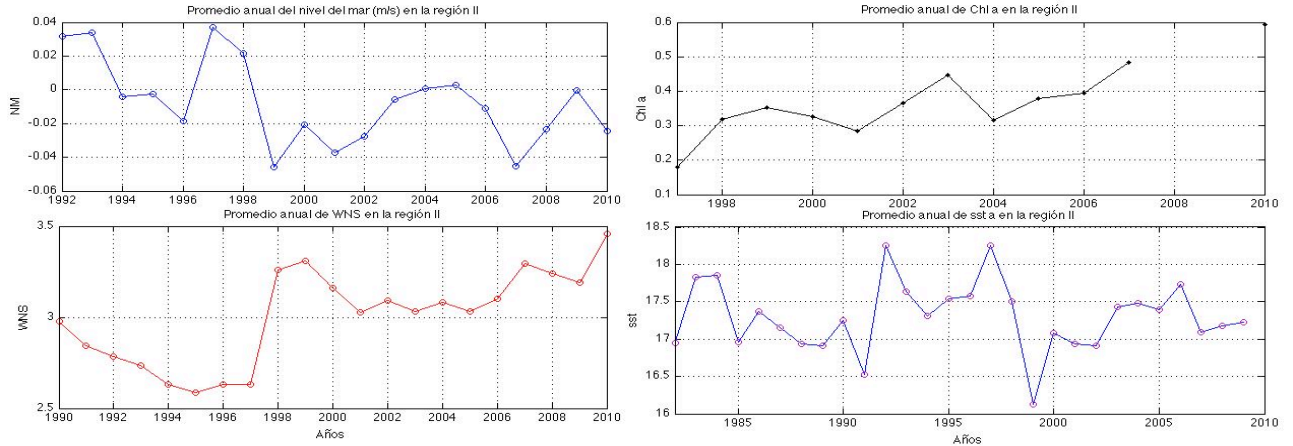


**Figura 47.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos (NM, WNS, Chl a y SST), en la región I.

Los WNS en la región I, son los más intensos en 1999 (4 m/s). Del año 2000 a 2005, los WNS en las dos islas de la región I disminuyen, aumentando nuevamente en el 2006. Los promedios anuales de WNS, son más intensos en San Miguel, que los que se observan en Santa Barbara, pero con la misma tendencia en toda la región. La Chl a, desde el inicio de la serie en 1997, año que presenta el promedio anual mínimo de la concentración (0.25 mg.m-3),

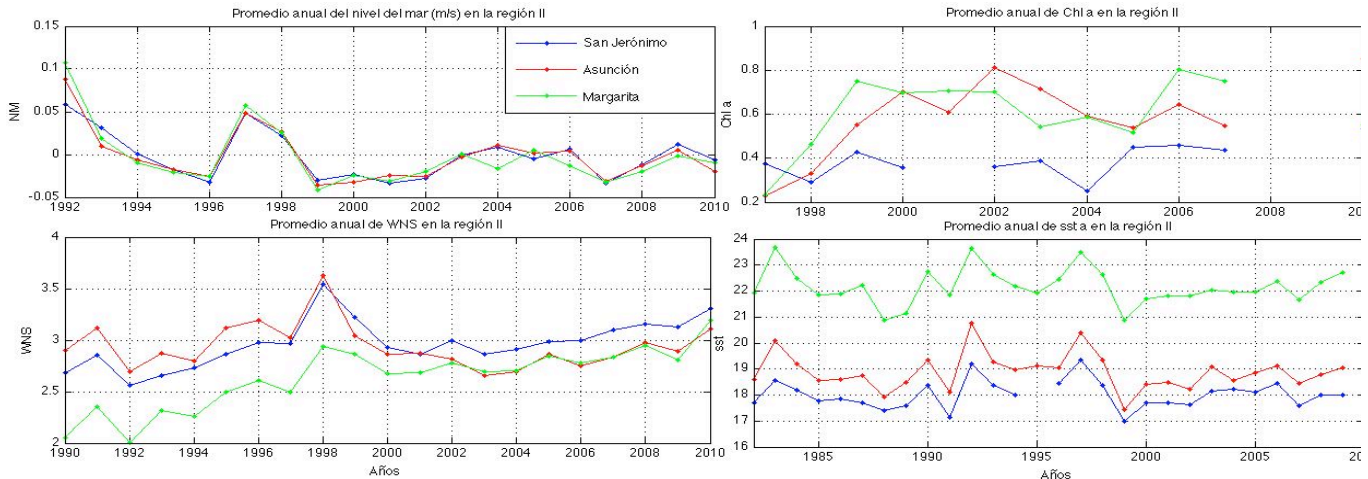
hasta el año 2010 (concentración máxima de 1.38 mg.m-3), en general aumenta, a excepción de tres años, 2002 para Santa Barbara, 2005 en San Miguel y 2007 en las dos islas de la región, hasta alcanzar la concentración máxima en el año 2010. La SST, muestra tres valores altos en el promedio anual de la región I. En 1983 (16.92° C), 1992 (16.6° C) y 1997 (16.8° C). Mientras que las temperaturas mínimas de la región I, la presenta Santa Barbara, en los años 1991 y 1999 con 14.8° C y 13.9° C, respectivamente.

La Figura 48, muestra los promedios anuales de la región II, observando el NM en su máxima altitud en 1997, y el valor mínimo en el año 1999 y 2007 (0.04 y -0.04 mts. respectivamente). Los WNS son débiles en 1997, con un mínimo de velocidad de 2.63 m/s. En 1999 los vientos son intensos (3.02 m/s), presentándose el máximo de velocidad en 2010 de 3.45 m/s. La Chl a en la región II, presenta su concentración mínima en 1997 (0.17 mg.m-3), a partir de ese año crece en la mayoría de la serie de tiempo, exceptuando el 2004 (0.31 mg.m-3), y llega a su concentración máxima en el 2010, luego de 13 años a 0.59 mg.m-3 (2007 y 2008 no hay datos). La SST, en esta región presenta los valores máximos para el año 1983, 1992 y 1997. El año 1992 (17.64° C), presenta un promedio anual mayor a que en 1983. El segundo máximo es durante 1997, con 17.5° C, y la temperatura mínima, es de 16.1° C, durante 1999.



**Figura 48.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos (NM, WNS, Chl a y SST), en la región II.

La Figura 49, muestra el promedio anual de los cuatro parámetros oceanográficos de la región III, la cual es representada por tres islas (San Jerónimo, Asunción y Margarita). El NM tiene su altitud máxima en 1992 (0.01m), y un valor alto en 1997 (0.05 m). 1999 es el año que se observa el valor mínimo del NM con -0.6 m. Los vientos más débiles se observan en 1992 y los más intensos en 1998, en toda la región. La Chl a, al final de la serie, en el año 2010, aumenta en la isla más norteña e intermedia de la región III, mientras que en el punto más sureño disminuye. Los valores altos de Chl a en la región se observan en 1999, 2002 y 2006.

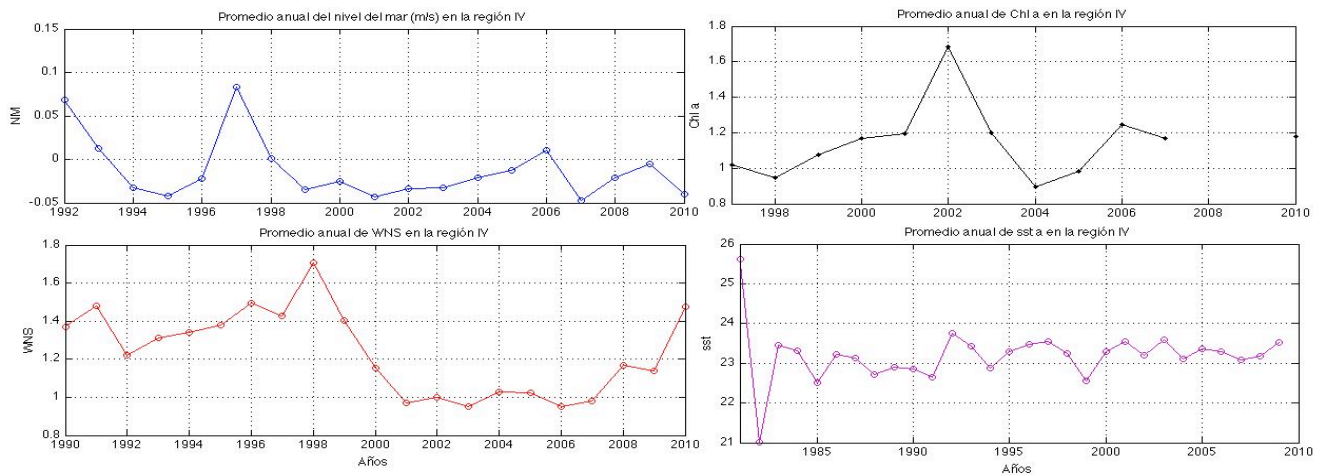


**Figura 49.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos (NM, WNS, Chl a y SST), en la región III.

Por último la SST en esta región, presenta sus temperaturas más elevadas en los años 1983, 1992 y 1997. Las mayores temperaturas en toda la serie de tiempo la presenta el punto más sureño de la región, y los valores mínimos de SST en la región se observan durante 1999.

En la Figura 50, se presentan los promedios anuales de los parámetros oceanográficos de la región IV, región más norteña del Golfo de California. El NM en esta región, se encuentra por debajo de la media durante la serie de tiempo a excepción de 1992 y 1997. Los WNS disminuyen a partir de 1998 (1.7 m/s), y se mantienen aproximadamente a 1 m/s, desde 2001 a 2007, que comienzan a intensificarse. La concentración de Chl a, es baja durante 1997 y 1998, (1.01 y 0.94 mg.m-3, respectivamente). El valor máximo se observa en el año 2002 con un promedio anual de (1.68 mg.m-3), y la concentración mínima se presenta en el año 2004 con (0.84 mg.m-3), a partir de este último año se

incrementa, y en 2010 se presenta un promedio anual de (1.18 mg.m-3). La concentración de Chl a, no llega nuevamente al valor observado en 2002.

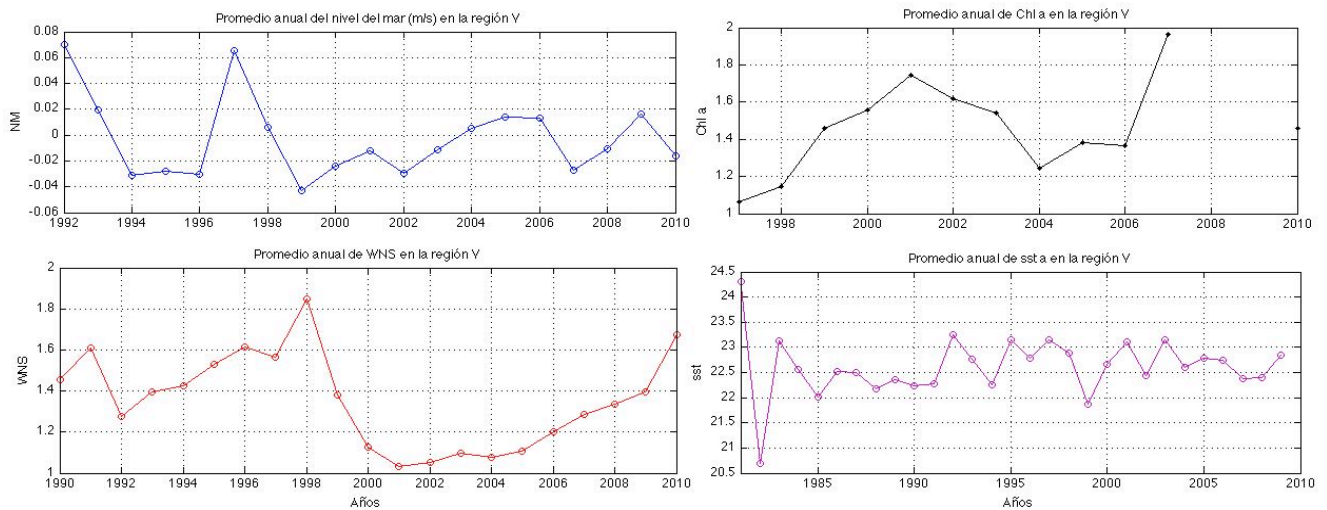


**Figura 50.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos (NM, WNS, Chl a y SST), en la región IV.

La SST en 1981, es la más elevada en esta región (25.62 °C), mientras que en 1982 se observa la mínima SST (21.02 °C), y en 1983 (23.46 °C). Luego de los últimos dos años mencionados anteriormente, la SST se mantuvo cuasi constante entre un rango de los 22.5 a los 23.5 °C.

La Figura 51 muestra los promedios anuales de los parámetros oceanográficos de la región V. El NM, presenta los dos puntos más elevados en los años 1992 y 1997 (0.07 y 0.06 mts respectivamente), mientras que los valores por debajo de la media se observan en los años 1999, 2002, y 2007. Los WNS en esta región, son más intensos durante 1998 (1.84 m/s), luego se debilitan hasta llegar a su mínimo valor en el año 2001 con 1.03 m/s, y comienzan a incrementarse nuevamente a partir del año 2005 hasta llegar en el 2010 a 1.67 m/s. La concentración de Chl a es la más baja en 1997 y 1998, la misma presenta

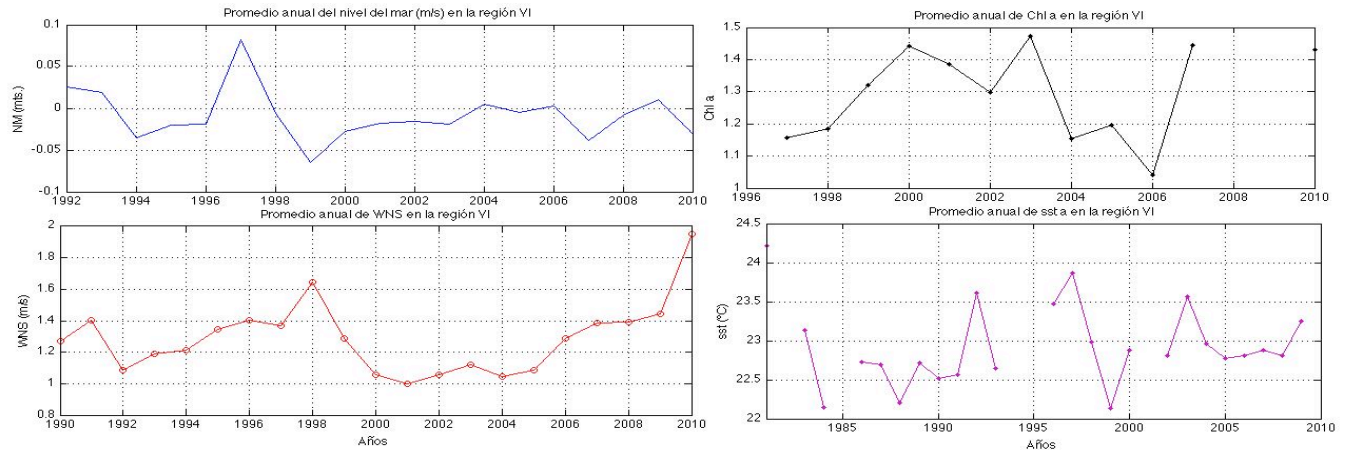
concentraciones de (1.06 y 1.14 mg.m-3, respectivamente). La concentración máxima de Chl a se observa en el año 2007 con (1.96 mg.m-3), la cual decae en el 2010 (1.45 mg.m-3). La SST en la región V, presenta su máxima temperatura de 24.30 °C en 1981, y al siguiente año, en 1982, el valor mínimo (20.69 °C). A partir de 1982 la SST se mantiene en un rango entre 22 °C (valores mínimos observados en los años 1985 y 1999) y los 23.3 °C.



**Figura 51.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos (NM, WNS, Chl a y SST), en la región V.

En la Figura 52, se observan los promedios anuales de los parámetros de la región VI. Los dos puntos por arriba de la media del NM, se encuentran en los años 1992 y 1997 (este último año presenta la mayor altitud). Y el nivel más bajo en los años 1999 y 2007. Los WNS, en 1998 muestran el segundo pico más alto (1.64 m/s), pero la máxima velocidad de la serie de tiempo analizada se observa en el 2010 (1.96 m/s). Los vientos débiles ocurren durante 1992, y 2001. La concentración de Chl a en los años 1997 y 1998 es de 1.06 y 1.14 mg.m-3, respectivamente. Sin embargo, la concentración mínima es durante el año 2006

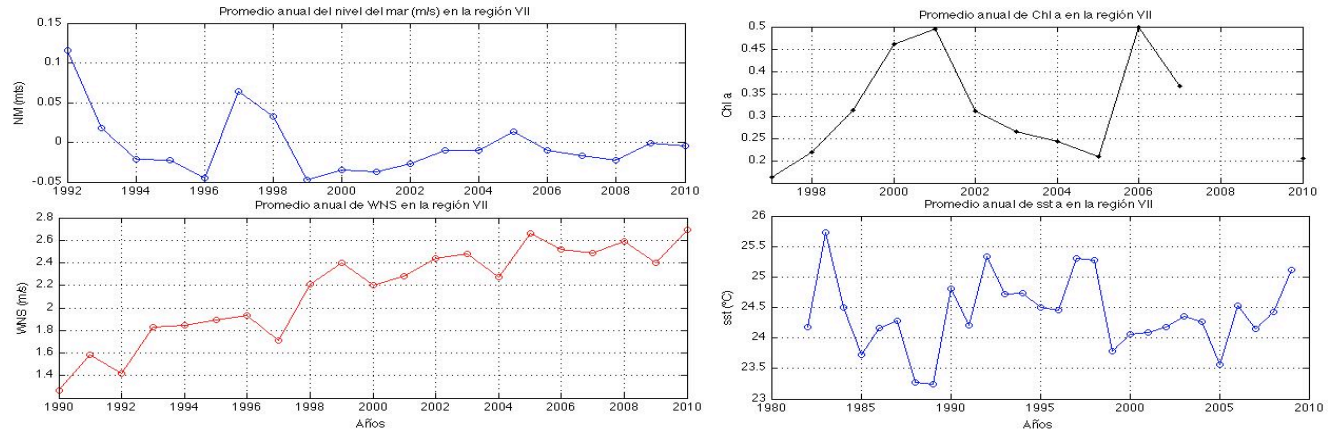
con 1.04 mg.m<sup>-3</sup>. Las cuatro concentraciones más altas de Chl a en esta región, se observan en los años 2000, 2003, 2007 y 2010 con 1.44, 1.47, 1.44 y 1.43 respectivamente.



**Figura 52.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos (NM, WNS, Chla y SST), en la región VI.

Por último, la SST en la región VI presenta sus mayores temperaturas en los años 1981, 1992, 1997 y 2003 (24.21 °C, 23.6 °C, 23.86 °C, y 23.56 °C, respectivamente), siendo el año más cálido 1981. Las SST más bajas de la región se observan en los años 1984, 1988 y 1999 (22.14 °C, 22.68 °C, y 22.13 °C, respectivamente), siendo el año más frío en la región IV, en 1999.

La Figura 53 representa los promedios anuales de los parámetros oceanográficos de la región VII (región más sureña del Golfo de California). El NM, presenta su mayor altitud en 1992, 1997 y 1998. A excepción de los años mencionados anteriormente, en toda la serie de tiempo el NM se encuentra muy cerca o por debajo de la media.



**Figura 53.** Promedios anuales de parámetros oceanográficos (NM, WNS, Chl a y SST), en la región VII.

En 1990 (primer año de nuestra serie de tiempo), los WNS presentan el promedio anual mínimo (1.26 m/s), y los años que presentaron una disminución son, 1992, 1997, 2004 y 2009 (1.41 m/s, 1.71 m/s, 2.27 m/s y 2.52 m/s, respectivamente). Sin embargo, los WNS se intensificaron a lo largo del tiempo, presentándose en 2010 el máximo promedio anual, con una velocidad de 2.7 m/s. La Chl a tiene dos máximos en los años 2001 y 2006, con una concentración de 0.5 mg.m-3. El mínimo se presenta en 1997, con una concentración promedio de 0.36 mg.m-3, y el 2005, presentó una concentración baja de 0.2 mg.m-3. la SST en la región VII, presenta la temperatura máxima en 1983 (25.7 °C), y la mínima en 1989 de 23.4 °C. En toda la serie de tiempo la SST se mantiene en un rango entre los 23.5 y 25° C.

A continuación, en la TABLA VI, se presentan las correlaciones entre cada uno de los parámetros oceanográficos, y abundancia de crías de lobo marino de California, en las regiones I, II y III.

Las correlaciones nos pueden indicar cuanto tiempo tarda, el aumento o disminución de la población, cuando se presenta un evento oceanográfico. El número de Lags, nos indica el tiempo que tarda en que la población presente cambios por el parámetro oceanográfico. Lo anterior se explica, que sí un evento anómalo de SST, WNS, NM, o Chl a ocurre, la población reaccionará en un determinado tiempo. Si Lags es 0, la población reacciona en el mismo tiempo que el parámetro cambia, si Lags es -1, será al año siguiente. Como los parámetros físicos preceden a los biológicos, las correlaciones negativas son las que tendremos en cuenta.

**TABLA VI.** Correlación, entre cada uno de los parámetros oceanográficos (NM, WNS, Chl a, SST) y abundancia de crías, en la región I, II y III. Se presentan en color las correlaciones más significativas. En azul (correlaciones negativas), y en amarillo (correlaciones positivas).

Lags			REGIÓN III		
	REGIÓN I	REGIÓN II	S.Jerónimo	Asunción	Margarita
<b>SST</b>	Correlación				
-3	-0.0663	-0.3241	0.0401	-0.0263	-0.0756
-2	-0.2014	-0.3496	0.7909	0.6839	0.6663
-1	-0.2759	-0.4511	-0.4259	-0.4867	-0.4959
0	-0.3306	-0.2961	-0.3162	-0.373	-0.3681
1	-0.0044	-0.0859	-0.1557	-0.0351	-0.026
2	-0.0216	-0.1188	-0.132	-0.1439	0.031
3	0.0399	0.3467	0.3535	-0.0082	-0.0367
<b>WNS</b>					
-3	0.2582	0.3169	0.245	-0.0192	0.3241
-2	0.2455	0.3781	0.2745	-0.025	0.458
-1	0.1602	0.1313	-0.0015	-0.4362	0.3535
0	0.14	0.2246	0.1218	-0.2318	0.3146
1	-0.1051	0.3457	0.2797	-0.0992	0.4291
2	-0.3776	0.4231	0.1664	-0.3542	0.2765
3	-0.4644	0.4759	0.0831	-0.2951	0.2398
<b>NM</b>					
-3	-0.3121	0.374	-0.2967	-0.2149	-0.1968
-2	-0.2628	0.2453	0.5444	0.4672	0.4666
-1	-0.1758	-0.2624	-0.2645	-0.2527	-0.2555
0	-0.1498	0.0506	-0.5891	-0.5206	-0.4285
1	-0.1068	0.0689	-0.0671	0.0507	-0.1675
2	-0.053	-0.0152	-0.0815	-0.2409	-0.0933
3	-0.0385	-0.0502	-0.0535	-0.094	-0.1753
<b>Chl a</b>					
-3	-0.157	-0.5096	0.2344	0.5288	0.5555

-2	0.2118	-0.0373	-0.2719	-0.5089	-0.9119
-1	0.8615	0.1169	0.3543	-0.254	0.0796
0	0.6492	0.929	-0.8803	-0.1603	0.3315
1	0.2263	0.0783	0.5565	0.433	-0.0308
2	0.1237	-0.1671	0.0635	0.0024	-0.0248
3	-0.2884	-0.4102	-0.0566	-0.0411	0.0009

La población de crías de lobo marino de California, en la región I, en el parámetro SST, presenta el cambio a 0 Lags. Lo que significa que ocurre el evento, y la población se ve afectada en el mismo año. Con respecto a los WNS, en la misma región, la población se ve afectada dos años después (Lags -2). El NM, tres años después (Lags -3), y la Chl a, un año después, es cuando la población cambia con respecto a este parámetro (Lags -1).

La región II, la población de crías se ve afectada un año después, que ocurre el evento anómalo de SST, debido a que, la correlación más fuerte, se observa en Lags (-1). Los WNS, en esta región afectan dos años después (Lags -2), el NM tres años después (Lags -3), y la Chl a ocurre a 0 Lags, lo que establece que el cambio de la población, se observa en el mismo año que ocurre el evento anómalo de Chl a.

En la región III, se presentan las correlaciones de tres puntos latitudinales (S. Jerónimo, Asunción y Margarita). La población en los tres puntos de la región III, se ve afectada dos años después, en cuanto al parámetro oceanográfico SST, con Lags de -2. Los WNS, en la misma región, dos años después (Lags -2), en S. Jerónimo y Margarita, y un año después en Asunción (Lags -1). El NM, en toda la región ocurre a 0 Lags. Por último la Chl a, en los puntos de S. Jerónimo, y Asunción, la población se ve afectada en el mismo año que el evento oceanográfico ocurre (0 Lags), y en Margarita un año después (Lags -1).

## **7.0 Discusión**

Debido a que el interés del trabajo era encontrar una explicación a la aparente reducción de la población de lobo marino de California que habita la costa occidental de la Península de Baja California, en los últimos 10 años, y su relación con las tendencias poblacionales en E.E.U.U. y el Golfo de California, lo más conveniente era trabajar con datos de crías. Es decir, debido al movimiento o cambio de loberas que pueden realizar los organismos adultos, sobre todo durante eventos poco favorables para ellos, como durante EN (Morris et al. 1999, Huber 1991, DeLong y Melin 2000), era importante trabajar con datos de individuos que permitiera la comparación del tamaño de la colonia entre años, aún cuando se presentaran eventos oceanográficos adversos. De esta manera se puede observar la tendencia poblacional año con año y analizar paralelamente los parámetros oceanográficos en un año en particular y otro después con respecto a la presencia de crías (correlaciones desfasadas). Otra importancia de trabajar con crías de lobo marino de California, es porque hay islas que se encuentran a menor distancias geográfica que los viajes que realizan las hembras en busca de su alimentación, debido a esto también se minimiza el error de no contar al mismo individuo.

La tendencia de la población de lobo marino de California, en la región I (Figura 3), tiende a incrementarse. De acuerdo con los autores mencionados anteriormente, los cuales afirman que esta región ha incrementado su población

en los últimos años, y teniendo en cuenta el estudio bibliográfico de los censos de cada isla que conforman la región de EE.UU. podemos decir que sus afirmaciones son ciertas. Lo anterior se ve apoyado con los números record que se encuentran en los últimos años de la serie de tiempo en esta región (Figura 3), y porque la población aumenta en función del tiempo.

Lowry y Forney (2005) afirman que la abundancia de lobo marino de California en el centro y norte de California fue alta durante el periodo cálido EN (1997/98), pero la disminución de la población se observa a finales de dicho evento, es decir al año siguiente, en 1999. Lo anterior se refleja en nuestros resultados en la TABLA I, la cual muestra que en 1998, el total de la población de crías de lobo marino de California, en la región I, es de 15551 individuos, y en 1999 de 4900. En cuanto al análisis de parámetros oceanográficos en la región, se puede relacionar de la siguiente manera. En 1998 se presenta la concentración mínima de Chl a de toda la serie de tiempo ( $0.57 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), y al año siguiente  $0.75 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (Figura 47). En SST, durante el año de 1998 el promedio anual es de  $16.23^\circ \text{C}$ , mientras que en 1999, la temperatura desciende a  $14.82^\circ \text{C}$  (Figura 47). Si analizamos que la Chl a, fue menor en 1998 y que la SST fue mayor en el mismo año, esta causa pudo haber generado la disminución de la población, que se observa un año después. Ahora bien, en 1998, sólo presenta  $0.2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  menos de Chl a que el año anterior, y menos de 2 grados de diferencia con 1999, lo que puede ocurrir, es que en el sur de California, EN de 1997 no fue tan perjudicial como en el norte y centro del mismo estado, o las dos condiciones

oceanográficas mencionadas anteriormente a nivel local, no cambiaron con el evento cálido, y otros parámetros pueden brindar más información. Esta incertidumbre, la podemos aclarar con las correlaciones (TABLA VI), la cual nos dice que la población de crías de lobo marino de California, en la región I, se ve afectada un año después, que ocurre el cambio en Chl a. Mientras que la población cambia en el mismo año que ocurre un evento en SST. Lo que podemos decir que el efecto de Chl a, como parámetro indirecto del alimento, en 1998, es lo que pudo generar esa reducción en la población de 1999, como dicen Lowry y Forney (2005), para el norte y centro de California, y lo que ocurre con nuestra población del sur de California.

Durante 1999 (año en el cual se observa la disminución que mencionan Lowry y Forney en 2005), se reportó un fuerte evento frío (LN), que coincide con nuestros resultados. Los valores de Chl a son altos, WNS más intensos, baja SST y bajo NM. Los efectos negativos de la población de lobo marino de California son evidentes un año después, y se esperaría que la población durante el año 2000 se recuperara, debido a que las condiciones de 1999 fueron favorables. Es decir, la SST y Chl a, en toda la región I. Se consideran estos parámetros, debido a que, la bibliografía afirma que la reducción se da por falta de alimento, reflejado indirectamente en Chl a, o por desplazamiento de sus presas (Morris et al. 1999, Huber 1991), por calentamiento que se observa mediante SST. Sin embargo, aquí analizaremos los cuatro parámetros. Lo anterior es cierto para el año 2000, debido a que la población de crías alcanzó

un total de 49362 individuos en este año, lo cual es 6172 individuos más que en 1999 en la región. Sin embargo, en la región I no ocurre la reducción que afirman Lowry y Forney (2005) durante 1999, pero sí ocurre en 1998, debido a que la población de crías en 1997 es de 43190 individuos, y cae drásticamente en 1998 con un total de 15591 individuos y se recupera en 1999. Y es la Chl a el parámetro que hace esta diferencia, debido a que la población cambia, un año después de que el evento favorable de la Chl a ocurra (TABLA VI). Lo anterior es porque, la población es afectada por la SST, en el mismo año, y por los WNS y NM, tres años después.

El análisis anterior, indica que la señal de un evento global, puede tener tiempos e intensidades diferentes en cada región, es por esto que es muy importante trabajar por regiones, y no utilizar un índice establecido a nivel global, en una región en particular.

Otro indicio de que el registro global no pertenece a una región en particular y que el desfase de un año, entre las condiciones oceanográficas y los efectos negativos o positivos de la población de lobo marino ocurren, es observado luego del evento 1982/83. Según la ONI 1982 fue un EN fuerte, y 1983 un LN débil, y en la región I, 1983 tiene un promedio anual de temperatura mayor que 1982, la disminución de la población se observa en 1983. Lo anterior, concuerda con las correlaciones (TABLA IV), la cual nos da la información que la SST, es el parámetro que genera, en el mismo año el cambio en la población. Considerando que sólo tenemos información de SST en estos años, no

podemos afirmar que únicamente es el parámetros el cuál afectó a la población, pero sí podemos afirmar que ocurre la disminución en el mismo año, según nuestros resultados.

DeLong y colaboradores (1991), analizaron los impactos de la población de lobo marino de California durante eventos EN en Isla San Miguel, y afirman que el mayor impacto en la reducción de la población se observa en el evento EN de 1983. Aunque ese año sea registrado como LN, coincide con nuestros datos bibliográficos y registros de SST. La población en 1982 es de 19640 crías de lobo marino, y en 1983 se reduce a 12388 individuos. En 1983 en Isla San Miguel se presenta un promedio anual de 16.9° C, y el promedio anual en 1982 es de 15.5 °C. Lo anterior coincide, con nuestros resultados en las correlaciones (TABLA VI). Esta tabla, señala que los cambios en SST, genera cambios en la población de lobo marino, en mismo año. Aunque no tenemos datos de otros parámetros para comparar lo que afirma DeLong y colaboradores en 1991, los años en que existe disminuciones de la población en la región I, tienen el mismo promedio anual de SST (1992 y 1997, respectivamente).

Szteren y Auriolles (2006) afirman que la población del sur de California (EE.UU.) aunque ha ido en aumento durante los últimos 15 años, muestra una disminución en el crecimiento de la población durante los eventos de EN 1992 y 1997. La Figura 11, en donde se presentan las anomalías de SST en la región I, indican que en 1992 (año en el cual se manifiestan los efectos del EN 1991), presenta

una anomalía de 2, y EN de 1997 de 2.4; estos valores corresponden a los valores máximos de la serie de tiempo en los promedios mensuales para la región I. También se puede observar en la Figura 47, que indica que 1992 y 1997, fueron años cálidos (16.82 y 16.77° C, respectivamente), dos de los tres valores máximos de SST junto a el año 1983. Para los dos mismo eventos los WNS en la región I fueron débiles, el promedio anual de 1992, presenta el valor mínimo de 2.87 m/s, mientras que EN de 1997 se caracterizó por presentar vientos de 3.25 m/s, luego los vientos se intensifican, y por lo menos hasta el año 2010 no vuelven a presentar valores por debajo de 3.8 m/s. La Chl a, la cual sólo se puede analizar durante EN de 1997, indica que para 1997 en la región I, la concentración fue de 0.27 y 0.36 mg.m-3, para San Miguel y Santa Barbara respectivamente (valores mínimos en toda nuestra serie de tiempo), y el año 1998 presentó una concentración de 0.6 mg.m-3 y 0.66 mg.m-3 (segundo valor mínimo para toda la región). Por lo tanto, los efectos de la reducción de la población de lobo marino de California pueden observarse un año después, de la concentración mínima de Chl a. Por último el NMM en 1997 muestra el valor de 0.02 mts por arriba de la media, llega al valor máximo en 1998 con 0.04 mts, y el valor mínimo por abajo del NM de (-0.04 mts), se observa en el año de 1999. El NM proporciona la información de que los eventos cálidos ocurren, debido a que una poca diferencia del NM, nos indica que hay presencia de un calentamiento o enfriamiento de la superficie oceánica. En esta región, en cuanto a los parámetros oceanográficos, los eventos EN de 1982 y 1991, se manifiestan un año después en los cuatro parámetros oceanográficos, mientras

que los efectos de EN de 1997, se manifiestan en la región en ese mismo año, en SST y Chl a, mientras que un año después se observa los efectos en el NM y WNS. En cuanto a la reducción de abundancia de lobo marino de California, EN de 1982, 1991 y 1997, provocaron eventos negativos en la población un año después. Lo que se podría adjudicar esta disminución a los eventos EN, anteriormente mencionados, y a que el parámetro Chl a, es el más importante, debido a que, las correlaciones en la TABLA VI, indican que el cambio de la población se ve afectado un año después, al cambiar e parámetro.

Melin y colaboradores (2010), reportan que a partir de un evento oceanográfico anómalo producido a lo largo del centro de la costa de California (EE.UU.) entre mayo y agosto de 2009, el cual se caracterizó por un índice de surgencias negativas no vista en 40 años y temperaturas cálidas de SST, coincidió con el destete y la reproducción del lobo marino de California. Simultáneamente con el evento oceanográfico anómalo, se reportó un número récord de varamientos a lo largo de la costa de California de crías destetadas nacidas en 2008. Los mismos autores llegan a la conclusión que la respuesta negativa de la población fue a causa de la SST, debido a que, se genera una reducción en la disponibilidad de su presa habitual de verano. De acuerdo a nuestros resultados de la región I, el año de 2009, aunque no contamos con el dato de Chl a para ese año, la SST tuvo un promedio anual de 14 °C para Santa Barbara y 14.86 °C para San Miguel (picos mínimos de cada isla, y el tercero en 27 años). No contamos con datos de abundancia de la región I, nuestros datos llegan a 2008. Sin embargo

nuestras correlaciones (TABLA VI), nos indican que la población se ve afectada, en el mismo año que ocurre un cambio en SST (Lags 0), y el 2009 no fue un año cálido en el sur de California, en este año, la SST es mínima. En este caso, si comparamos lo dicho por Melin et al., (2010), a lo largo de la costa central de California, con nuestros resultados al sur de California, podemos establecer que estos dos lugares mencionados anteriormente, no tiene relación en cuanto a los parámetros oceanográficos. Y que la población de lobo marino de California se ve afectado de manera muy diferente, es decir, si la región I, se vio afectada, es por SST frías.

La concentración de Chl a que se presenta en el año en donde la SST fue similar a 2009, como lo fue 1999, es de (0.71 mg.m<sup>-3</sup> para San Miguel y 1.02 mg.m<sup>-3</sup> en Santa Barbara), y el mínimo es de 0.27 y 0.36 mg.m<sup>-3</sup> respectivamente en el año 1997. Tampoco se puede considerar 2009 como una concentración de Chl a mínima, si se toma en cuenta el parámetro de SST. Ahora bien, si se analizan WNS, en la región para el año 2009, se encuentran los vientos más intensos de toda la serie de tiempo analizada para ese año (3.8 m/s en San Miguel y 4.03 m/s en Santa Barbara). Entonces si contamos con los vientos más intensos y temperaturas mínimas en 2009, como también un NM por debajo del promedio, podemos dudar que en la región I, por lo menos en los resultados de nuestro análisis, no se presenta en el 2009 un índice negativo de surgencias o downwelling (proceso contrario a la surgencia). Es decir, aunque el NM pueda indicar una contracción de las aguas, la SST y los WNS nos pueden indicar mezcla. Lo que podemos afirmar, es que no hay presencia de una SST

cálida, y las región central y sur de California, no se comportan de manera similar.

A partir de una serie de tiempo de 1975 a 2001, los conteos de crías en la población de EE.UU. muestran un efecto negativo durante los eventos EN, la producción total de crías decreció en un 35% en 1983, 27% en 1992, y 64% en 1998 (Carreta et al. 2007). Después de los eventos EN 1991 y 1997, la producción de crías aumentó en 52 y 185% respectivamente, pero no hubo recuperación después de El Niño 1983 (Carreta et al. 2007). En la región I, analizamos que para los eventos que menciona Carreta y colaboradores en el 2007, los efectos negativos en la población de crías de lobo marino, fue la reducción de un 63% en 1983, 75.5% en 1992, y 36% en 1998, lo que implica que en nuestra región, la población se redujo en mayor medida en 1992 (un año después del EN 1991), según nuestros datos de Lowry-Maravilla (2005). Sin embargo, la población después de 1983 se recupera en cinco años, mientras que en 1992 y 1998, la población se recupera al año siguiente. Teniendo en cuenta que San Miguel representa la isla con mayor número de individuos de lobo marino de California, y se encuentra dentro de la región I, analizamos si los parámetros pueden indicar dicha disminución, y porque 1992 (año después de EN 1991, fue el año que más impacta, en la serie de tiempo analizada). En el año 1992, el NM es el máximo junto al año 1998, los vientos son los más fuertes en los dos años, la concentración de Chl a presenta el valor mínimo en 1998 (1992 no hay datos), y la SST es máxima en los tres años (1983,1992 y 1998).

Lo anterior nos da indicios, para predecir que la población de lobo marino de California, será baja el año siguiente. La única diferencia que notamos en el año 1992, con respecto a 1983 y 1997, es que la SST fue la más alta de la historia, y si tomamos en cuenta la TABLA VI, la cual nos dice que la SST al cambiar, la población se ve afectada en el mismo año, pudo ocurrir que la población tardara en recuperar sus número de individuos.

Cuando se analizan los parámetros en la región occidental de la Península de California, la cual abarca las regiones II y III, se puede dilucidar si las condiciones fueron óptimas o no, para el desarrollo de la población y comparar con la región I, en donde el aumento de la población de lobo marino de California fue muy amplia en los últimos 10 años.

La región II, después de 31 años (2010), tiene 9 organismos más, que al inicio de la serie de tiempo. La población aumenta en el año 2000 y 2009, con 22 y 56 organismos respectivamente, en comparación a 2010. El año 1999 se consideró como un evento frío fuerte (LN), y el 2008 se reportó una LN débil, y se manifiesta como un efecto positivo en la población un año después en el 2000, y en el año 2009. Lo anterior se ve reflejado en la tabla VI, la cual muestra que el cambio de SST, en la región II, genera cambios en la población de lobo marino de California, un año después. Las condiciones oceanográficas para 1999, fueron los vientos más fuertes de la serie de tiempo (3.3 m/s), temperaturas mínimas de 16°C, 0.05 m abajo del promedio del NM, y 0.35 mg.m<sup>-3</sup> (esta

concentración no es máxima, pero se eleva luego del evento cálido de 1997, el cual presenta un promedio anual de 0.19 mg.m-3). La información anteriormente descrita indica que fue un año frío y la población responde de manera positiva un año después. En 2008, la SST de 14° C y 15.48° C (Santa Barbara y San Miguel, respectivamente), 0.045 por debajo del NM, y los vientos de 3.2 m/s y 3.8 m/s. Por lo tanto, se puede considerar un año frío, y que las condiciones oceanográficas favorecieron, un aumento en la población de 2009.

La población en la región II disminuye en mayor medida, en 1992 con 40 organismos menos que el año anterior. 1991 el mismo registrado como EN fuerte, presenta vientos de 2.8 m/s, NMM de 0.03 m por arriba del promedio, y SST de 16.5° C. Sin embargo, al parecer, la poca diferencia de SST e intensidad de vientos, para esta región en particular, que existe entre un año cálido y un año frío, no afecta directamente a la población de lobo marino de California. Tal vez por eso, la población se ve afectada un año después. El parámetro SST, genera disminución de la población un año después, según nuestros resultados, observados en la TABLA VI. La producción primaria, o pelágicos menores, sí pueden ser susceptible a estos pequeños cambios (Hernández de la torre et al., 2004). Por lo tanto, los parámetros oceanográficos pueden ser excelentes indicadores y predictores de la población de lobo marino de California, y dependiendo su intensidad, será la manera que afecte a la misma. Aunque en la región II, sólo se tengan 9 organismos más que al inicio de la serie de tiempo,

existe una reducción luego del año 2000, debido a que la misma región, tiene en ese año 82 crías, y 10 años después sólo 69 crías.

La población III, al inicio de los datos (1979), tiene una población de 10000 crías de lobo marino, disminuye a la mitad en 1992 (un año después del evento cálido EN 1991). La población llega a su punto máximo, en el año 2000 (un año después, de LN fuerte de 1999), con 13529 organismos, y nueve años después (2009), a su punto mínimo con 4333 organismos. Lo anterior implica que en 2010 (al final de la serie de tiempo), la población cuenta con 6601 organismos menos que 10 años atrás, y 3072 organismos menos que al inicio de la serie. Antes de analizar el por qué aumenta en la región I y disminuye en las regiones II y III en los últimos años, se analizará qué sucede con los parámetros oceanográficos en esta región. El año 1991, como se mencionó anteriormente, se reportó como un evento cálido fuerte, lo cual genera en la población de lobo marino una disminución notoria al año siguiente (TABLA II y Figura 5). En cuanto a los parámetros oceanográficos, lo anterior puede notarse en la Figura 49, la cual muestra el promedio anual de cada uno de ellos, en la región III. El NMM, para 1992, es el máximo de toda la serie de tiempo, los WNS son los más débiles, y la SST la más alta, lo que notoriamente el evento cálido fuerte de 1991, en la región III, se manifestó en 1992, de esta manera no es que la población tarde un año en generar una reducción, más bien en esta región las anomalías se manifestaron un año después a lo que indica el índice global, y la población respondió inmediatamente al cambio. El máximo de la población de

lobo marino ocurre en el año 2000, año en el cual el NMM es mínimo, la Chl a presenta concentraciones altas, menos en el punto más norteño de la región (San Jerónimo), los WNS se mantienen entre 2.7 y 3 m/s, y la SST aumenta 1°C, luego de LN de 1999. De esta manera los parámetros se mantienen en las mismas condiciones que el año frío de 1999, a excepción de la SST que aumenta 1°C. Las condiciones son favorables, se mantienen, y se observa el aumento máximo de la población. El mínimo de la población, se observa en el 2009, diez años más tarde de las condiciones favorables, que generaron el máximo en la población. Los parámetros oceanográficos de 2009, indican que el NMM en la región se mantiene en el promedio (ni más alto ni más bajo), y a partir del año 2000 se mantuvo ahí, por nueve años, a excepción del 2007, que baja 0.03 mts. Los WNS, de 1990 a 2000, tienen una tendencia a intensificarse, pero del 2000 a 2009, aunque aumentan gradualmente, lo hacen de manera lenta con los años, se mantienen en un rango entre 2.7 y 3 m/s, y la SST entre el 2000 y 2009 va fluctuando en 1°C, entre los dos puntos más norteños (San Jerónimo y Asunción), y en Margarita (punto más sureño de la región) de 2000 a 2005 la SST se mantiene en 22°C y baja 1°C en el 2007. Es decir, durante diez años, los parámetros en esta región se mantuvieron estables.

A continuación se presenta la explicación de por qué la población en la región I, aumenta mientras que la población en las regiones II y III disminuyen en función del tiempo en la última década. La población en la región I (Figura 3, TABLA I), en el año 2008, tiene 19378 individuos más que el año 2000. La región II en el año 2010 tiene 13 organismos menos que el año 2000 (Figura 4, TABLA II). Y

por último la región III, en el año 2010, tiene 6601 crías de lobo marino menos que el año 2000. De esta manera afirmamos que en la última década, según los censos publicados, la región I, aumenta mientras que las regiones II, y III disminuyen, en menor y gran medida respectivamente. Los parámetros oceanográficos en la región I en la última década muestran, una elevación en el NM del año 2005, y una depresión del mismo, en el año 2006, que junto al año 2000, son los más bajos. En la región II, el NM, se encuentra en la media, o por debajo del promedio, desde el año 2000, lo que significa que el NM no sube más del promedio en 10 años. Es decir, los efectos del año cálido (2005), no se sintieron en esta región, a diferencia de la región I. En la región III, el NM, tampoco muestra elevaciones por arriba de la media, y se marca la depresión de 2006. Este parámetro podría explicar que no hubo periodos cálidos, lo que supuestamente al lobo marino le beneficia, entonces ¿por que disminuye la población es estas dos últimas regiones?

Los WNS en la región I, disminuyen considerablemente desde el año 2000 al 2005, y al siguiente año comienzan a intensificarse. En la región II, los WNS se mantienen estables desde el 2000 hasta el 2006, luego se incrementan, pero su incremento llega a 0.5 m/s en el 2010. En la región III, los WNS, se mantienen cuasi estables, sólo se intensifican 0.2 m/s a lo largo de la década. La Chl a en la región I, tiende a incrementarse en toda la serie de tiempo. Desde el 2000 al 2006 la Chl a, aumenta 0.8 mg.m-3, disminuye en el 2007 0.4 mg-m-3, pero en la región presenta una tendencia a que la Chl a se incremente en la última década. En la región II, la tendencia es muy marcada a que aumenta a través de

los años, pero con la diferencia que la máxima concentración es de 0.5 mg.m<sup>-3</sup> en la región II, mientras que la máxima en la región I es de 1.2 mg.m<sup>-3</sup>. La región III, de 2000 a 2007, no rebasa la concentración de 0.8 mg.m<sup>-3</sup>. Y en cuanto a este parámetro, la tendencia, no está definida en esta región. Este aumento de la Chl a, en la región I, como las concentraciones que alcanza el mismo parámetro, puede dar un indicio del por qué la población aumenta, debido a que más Chl a, genera mayor alimento para los pelágicos menores (alimento de lobo marino de California). Otra de las causas con respecto a este parámetro, es el resultado de las correlaciones (TABLA VI). En la región I, la población de lobo marino, cambia un año después, del cambio en la Chl a (Lags -1). En la región II y III, el cambio en la población, se observa en el mismo año (Lags 0), del cambio en la Chl a, exceptuando el punto más sureño (Margarita), que se observa un año después (Lags -1). Lo anterior, puede significar, que la especie tenga preferencia, por la región I, debido a que la población, en busca de alimento fue quedándose en el sitio, en la última década.

Por último se analiza la SST, la región I aumenta aproximadamente 1°C, desde el 2000 a 2006, y baja 1°C hasta 2009. La fluctuación de SST, en la región II, no llega a 1°C, en 9 años. La región III, de 2000 a 2010, es el periodo más estable de toda la serie de tiempo, la fluctuación es de 1°C.

El periodo de 2000 a 2010 en las regiones II y III, son años estables en cuanto a los parámetros oceanográficos, es decir, los mismos no presentan grandes

fluctuaciones, el que cambia en mayor medida es la Chl a y en la región III. Esto último indica que más allá de las bajas concentraciones que se presentan en toda la década en las regiones II y III, a diferencia de lo que sucede con la región I, la región III, presenta en su punto más norteño (San Jerónimo) concentraciones de 0.4 mg.m-3, a excepción de un solo año (2004) que presenta concentraciones de 0.2 mg.m-3, y es el punto en donde la población presenta menor número de individuos por año en toda la región (TABLA III), presentando el máximo de la población, en 1992, año posterior al EN fuerte de 1991, en el cual absolutamente todos los puntos de la región III disminuyen su población a diferencia del punto más norteño que aumenta en gran medida.

La estabilidad de los parámetros oceanográficos, no se observa en la región I, en la cual el NM aumenta hasta el 2005 y drásticamente disminuye, hasta que en 2007 comienza a subir nuevamente, los WNS, de 2000 a 2005 disminuyen significativamente, y se intensifican en la última mitad de la década, la Chl a presenta el doble de la concentración en San Miguel (punto de la región que presenta el mayor número de individuos de lobo marino de California), al final de los 10 años, y la SST de 2000 a 2005 sube 1°C, mientras que de 2005 a 2010 disminuye 1°C. Teniendo en cuenta que las regiones II y III, la SST no varía en orden de 1°C en los 10 años.

El cambio de SST, puede indicar presencia de mezcla, lo que genera mayor cantidad de nutrientes, necesarios para la producción primaria. Mayor producción primaria, mayor cantidad de pelágicos menores (alimento para la

población de lobo marino de California). Y la concentración de Chl a, en la región I, es mayor a la región II, y III. Lo que puede generar que la población en la región I, aumenta a lo largo de toda la serie de tiempo, y sólo disminuya, de manera drástica, en los eventos cálidos de 1983, 1992 y 1998 (Figura 3). En estos años, la SST es cálida, y probablemente es el parámetro más importante que genere dicha disminución. Lo anterior es debido a que la población, cambia en el mismo año que la SST lo hace, y la concentración de Chl a, en los años EN, mencionados anteriormente, no disminuye.

Es muy importante destacar que en la región I, mientras el NM aumenta, los vientos disminuyen y la SST aumenta, en la primera mitad de la década analizada, la Chl a crece exponencialmente, mientras que supuestamente los parámetros indican años cálidos. Por esto último no se debería indicar que eventos cálidos perjudican a la población, o que la Chl a se ve perjudicada en años cálidos, ya que la población aumenta en años, donde parámetros oceanográficos indican condiciones, supuestamente no favorables para la misma.

Las loberas que han aumentado en abundancia de toda la población en el Golfo de California, según datos de 1970-2004, son Los Islotes (la isla ubicada más al sur del golfo, región VII), Rocas Consag y San Jorge (las islas más norteñas, región IV) (Szteren 2006). Mientras que la misma autora afirma que la región central del golfo (cerca de Ángel de la Guarda) disminuye, y basa este evento en

la reducción de la sardina, al ser parte de la dieta principal del lobo marino de California.

Aunque la tendencia en la región IV, es difícil de determinar, debido a que es la región con menos datos, ya que existen escasos artículos en la literatura que publiquen censos de cría de lobo marino, se analizará cada año. La TABLA III, presenta sólo cuatro años de abundancia, de los puntos más norteños (Rocas Consag y San Jorge). La población de crías disminuye notoriamente en 1981, año que se presentan 578 individuos menos que en 1979 (dos años antes). El único parámetro que se puede analizar en ese año es la SST, la cual en 1981 presenta un promedio anual de 25.7°C (Figura 50), año más cálido de toda la serie de tiempo, casi 3°C más que el promedio de SST en 29 años. En la Figura 15, se observa que 1981, presenta una anomalía positiva de SST, de 1.8. Lo anterior nos da un indicio de que la SST, puede ser un parámetro importante, para observar una disminución de la población en esta región, sin tener otros parámetros de observación.

Para el siguiente año de datos (1985), la población se recupera (791 individuos), y finalmente en 2004, aumenta a 968 individuos. El promedio anual de SST en 1985, para la región IV, es de 22.5 °C, a diferencia de los años 1981 y 1982, que presentan las SST más cálidas de la región. En toda la serie de tiempo la SST se mantiene en un rango de 22.5 °C a 23.5°C, de esta manera, disminuye la población, cuando la SST es más cálida que el promedio.

Para el último año (2004), las condiciones oceanográficas son, NM por debajo del promedio, WNS de 1 m/s, SST de 23°C, y la Chl a presenta concentraciones mínimas de 0.82 mg.m-3. Sin embargo, el año anterior (2003), presentó 1.2 mg.m-3, y dos años antes (2002) el máximo de 1.63 mg.m-3. Lo anterior puede ser un indicio, que la población, en 2004, se vea favorecida en la región. Si se tuvieran mayor cantidad de datos y se pudieran hacer las correlaciones, podría ser que la Chl a, tuviera Lags (-2), es decir que la población de lobo marino de California, se favoreciera dos años después, del incremento en este parámetro. Las condiciones oceanográficas, que indican eventos cálidos, en la región IV, se manifiestan en dos parámetros (NM, y Chl a), y sólo tres eventos, dos años cálidos y un año frío son observados. EN de 1991 y 1997 se observan en la Figura 50, mediante una elevación del NM de 0.5 m por arriba de la media, y en Chl a (1997), con una concentración baja de 1 mg.m-3. Los WNS, y la SST no muestran que esos años fueran anómalos. Esto indica que en esta región del golfo, los eventos cálidos o fríos, no son tan marcados, como se observaban en las regiones del Pacífico. En esta región observamos a los dos parámetros mencionados anteriormente, que se comportan de manera muy diferente antes y después del año 2000. En los dos eventos cálidos 1992 y 1997, se presentan el NM más alto, pero también los vientos más intensos, lo que deberían ser los WNS más débiles, y luego del año 2000, hay un periodo de gran estabilidad por lo menos 6 años, en los cuales los promedios anuales de WNS y NM no cambian. Lo anterior nos indica lo afirmado por Pérez Lezama (2010), quien dice que aunque el más popular, conocido y analizado en la literatura siempre ha sido el

fenómeno de EN, la falta de análisis de otra serie de fenómenos que pudiesen estar influyendo en la intensidad del mismo, podría estar sobre estimando la influencia de un fenómeno que se origina en el ecuador y los resultados simplemente pudiesen ser reflejo de la influencia de los otros fenómenos sobre él mismo.

La región V cuenta con 8 años de datos de abundancia de cría de lobo marino, en la lobera de Ángel de la Guarda, disminuye al final de la serie de tiempo (TABLA IV), como lo menciona Szteren (2006). En 2004 se cuentan 600 individuos menos que el primer año registrado (1979). La región VI, que presenta la misma cantidad de años en datos de abundancia (TABLA IV), aumenta en función del tiempo, se presentan 773 organismos más que al inicio. Aunque las regiones V y VI, presenten una serie discontinua, se puede observar que la región V, se comporta de manera diferente a la región VI, en cuanto a la abundancia poblacional, teniendo en cuenta que se encuentran relativamente cerca dentro del Golfo de California. Analizando los parámetros oceanográficos de cada región, el NM se comporta de manera similar, ya que se observan los eventos cálidos de 1991 y 1997, y los eventos fríos de 1999 y 2007. El comportamiento de los WNS, también se comportan de manera similar, con la diferencia que los WNS en la región V, son más intensos. La Chl a, se mantiene alta, durante los años anteriores a 2004, a excepción de EN 1997, en las dos regiones. La misma alcanza concentraciones de 1.78 mg.m<sup>-3</sup>, en la región V, y en la región VI a 1.5 mg.m<sup>-3</sup>. Por último la SST, también se comporta de manera

similar debido a que su fluctuación en la serie de tiempo, hasta 2004, se encuentra en el orden de  $1^{\circ}\text{C}$ , a excepción de los eventos mencionados anteriormente. A partir de estos datos, no se puede dilucidar el motivo por el cual disminuye la población en la región V y aumenta en la región VI. Los vientos podrían marcar esta diferencia. Sin embargo, se necesitaría un estudio de correlaciones y mayores datos de abundancia en las dos regiones.

Un estudio realizado en Los Islotes (punto que pertenece a la región VII, junto a San Ignacio), durante EN (1997/98), demuestra que las variaciones encontradas en la dieta no se asocian a un efecto negativo para la población de lobo marino de California en esa zona, debido a que, los parámetros poblacionales y nutrimentales no difirieron significativamente (Samaniego-Herrera, 1999). De esta manera, se analizan los parámetros oceanográficos, para conocer si influyen de alguna manera en las variaciones que presenta la población de crías de lobo marino de California. La TABLA V, presenta la abundancia de cría de lobo marino en una serie de tiempo discontinua en los años 1979, 1980, 1981, 1986, 1987 y 2000, la cual indica que la población en 21 años, presenta 71 organismos menos. Sin embargo, el único parámetro que se puede analizar es SST, debido a los años que se tienen de abundancia. En el Golfo de California, Lavin y colaboradores (2002), analizaron la SST mediante imágenes infrarrojas de satélite en una serie de tiempo de 16 años (1984 - 2000), y establecieron que las anomalías positivas predominantes fueron a causa del evento EN, especialmente el de 1997/98, con desviaciones de más de  $3^{\circ}\text{C}$  por encima de la

climatología estacional. En este trabajo, mediante la serie continua de SST, desde 1981 a 2009, en todas las regiones del Golfo, se observa que las anomalías positivas de EN de 1982/83 son de igual magnitud que las que presenta EN 1997/98, y son de 2°C, a excepción de la región VII, que EN 1982/83 es de 1°C. En la región VII, en 2004, se observan 75 organismos menos que en 1979. No existe gran cantidad de datos, sin embargo en 1980, es cuando la reducción de la población de crías, se ve afectada en mayor medida. Debido a que no sólo existen datos de satélite desde 1981 en adelante, no es posible analizar esta disminución. Sin embargo, otra reducción importante, se observa en 1986, año en el cual la SST, presenta un promedio anual de 24.2°C (SST, alrededor de la media). De esta manera no es posible asegurar que la SST, para la región más sureña del Golfo de California (región VII), pueda ser el parámetro que generó dicha disminución en 1986. EN de 1997, en esta región, presenta WNS intensos en dirección hacia el SW, como también en 1999 (LN fuerte). Lo cual se esperaría que los WNS sólo presenten dirección hacia SW, en eventos cálidos.

### ***8.0 Conclusiones y Recomendaciones***

En la región I, el efecto de Chl a, como parámetro indirecto del alimento, en 1998, es lo que pudo generar la reducción de la población en 1999.

En la región I, en cuanto a los promedios anuales de los parámetros oceanográficos, los eventos EN de 1982 y 1991, se manifiestan un año después en los cuatro parámetros oceanográficos.

Los efectos de EN de 1997, se manifiestan en la región en ese mismo año, en SST y Chl a. Por último el NM y WNS, un año después.

En la región I, la reducción de la población de lobo marino de California, se observa un año después que ocurre EN de 1982, 1991 y 1997.

Las correlaciones, indican que en la región I, la población cambia en el mismo año que el parámetro de SST cambia (Langs 0), y al año siguiente que cambia la Chl a (Langs 1).

Se afirma, según lo analizado, que la región central y sur de California, no pueden ser englobada en una sola región, debido a que en parámetros oceanográficos no se comportan de manera similar.

En la región II y III, el cambio en la población, se observa en el mismo año (Lags 0), del cambio en la Chl a, exceptuando el punto más sureño (Margarita), que se observa un año después (Lags 1).

La concentración de Chl a, en la región I, es mayor a la observada en la región II, y III.

La señal de un evento global, puede tener tiempos e intensidades diferentes en cada región, es por esto que es muy importante trabajar por regiones, y no utilizar un índice establecido a nivel global, en una región en particular.

No se debería indicar que todos los eventos cálidos perjudican a la población, o que la Chl a se ve perjudicada en años cálidos, ya que la población aumenta en años donde parámetros oceanográficos indican condiciones supuestamente no favorables para la misma.

La SST, puede ser un parámetro importante para observar una disminución de la población de crías de lobo marino de California, en la región IV, dentro del Golfo de California.

En la región IV, aunque no se tengan las correlaciones, la población disminuye, cuando la SST es más cálida que el promedio de todos los años, y la población se favorece dos años más tarde del cambio en la Chl a.

La población de crías de lobo marino de California, en la región V disminuye, y en la región VI aumenta, en función del tiempo. La única diferencia que se observa en los parámetros oceanográficos, es que los WNS en la región V, son más intensos.

Los vientos podrían ser un parámetro importante en este tipo de estudios. Sin embargo, se necesitaría un estudio de correlaciones y mayores datos de abundancia, que con los que se cuenta en las regiones del golfo.

En esta región del golfo, los eventos cálidos o fríos, no son tan marcados como se observaban en las regiones del Pacífico.

### **8.0 Conclusiones y Recomendaciones**

En la región I, el efecto de Chl a, como parámetro indirecto del alimento, en 1998, es lo que pudo generar la reducción de la población en 1999.

En la región I, en cuanto a los promedios anuales de los parámetros oceanográficos, los eventos EN de 1982 y 1991, se manifiestan un año después en los cuatro parámetros oceanográficos.

Los efectos de EN de 1997, se manifiestan en la región en ese mismo año, en SST y Chl a. Por último el NM y WNS, un año después.

En la región I, la reducción de la población de lobo marino de California, se observa un año después que ocurre EN de 1982, 1991 y 1997.

Las correlaciones, indican que en la región I, la población cambia en el mismo año que el parámetro de SST cambia (Langs 0), y al año siguiente que cambia la Chl a (Langs 1).

Se afirma, según lo analizado, que la región central y sur de California, no pueden ser englobada en una sola región, debido a que en parámetros oceanográficos no se comportan de manera similar.

En la región II y III, el cambio en la población, se observa en el mismo año (Lags 0), del cambio en la Chl a, exceptuando el punto más sureño (Margarita), que se observa un año después (Lags 1).

La concentración de Chl a, en la región I, es mayor a la observada en la región II, y III.

La señal de un evento global, puede tener tiempos e intensidades diferentes en cada región, es por esto que es muy importante trabajar por regiones, y no utilizar un índice establecido a nivel global, en una región en particular.

No se debería indicar que todos los eventos cálidos perjudican a la población, o que la Chl a se ve perjudicada en años cálidos, ya que la población aumenta en años donde parámetros oceanográficos indican condiciones supuestamente no favorables para la misma.

La SST, puede ser un parámetro importante para observar una disminución de la población de crías de lobo marino de California, en la región IV, dentro del Golfo de California.

En la región IV, aunque no se tengan las correlaciones, la población disminuye, cuando la SST es más cálida que el promedio de todos los años, y la población se favorece dos años más tarde del cambio en la Chl a.

La población de crías de lobo marino de California, en la región V disminuye, y en la región VI aumenta, en función del tiempo. La única diferencia que se observa en los parámetros oceanográficos, es que los WNS en la región V, son más intensos.

Los vientos podrían ser un parámetro importante en este tipo de estudios. Sin embargo, se necesitaría un estudio de correlaciones y mayores datos de abundancia, que con los que se cuenta en las regiones del golfo.

En esta región del golfo, los eventos cálidos o fríos, no son tan marcados como se observaban en las regiones del Pacífico.

### **Referencias Bibliográficas**

Álvarez-Borrego, S. y R. Lara- Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. Pp. 555-567. En: J.P. Dauphin y V.R.T. Simoneit (Eds.) The Gulf and Peninsular Province of the Californias. Am. Assoc. Pet. Geol., Memoir 47.

Álvarez-Borrego, S. 2002. Physical Oceanography. Pp. 41-59. En: A New Island Biogeography of the Sea of Cortés. Case, T.J., M.L. Cody y E. Ezcurra (Eds). Oxford University Press. Oxford.

Álvarez-Borrego, S. 1983. The Gulf of California. Pp. 427-449. En: B.H. Ketchum (Ed.) Estuaries and Enclosed Seas of the World. Elsevier Sci. Publ. Amsterdam.

Allen, S., W. Sydeman, J. Nusbaum y H. Nevins. 1999. ENSO effects on pinnipeds in the Gulf of the Farallones, California. En: 13th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. 28 de noviembre a 3 de diciembre. Wailea, Hawaii.

Aurioles Gamboa, D y A Zavala González. 1994. Algunos factores ecológicos que determinan la distribución y abundancia del lobo marino *Zalophus californianus*, en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 20(4): 535-553.

Aurioles-Gamboa D., Sinsel F., Fox C., Alvarado E. y Maravilla O. 1983. Winter Migration of Subadult Male California Sea Lions (*Zalophus californianus*) in the Southern Part of Baja California. *Journal of Mammalogy*, Vol. 64(3). Págs. 513-518.

Aurioles-Gamboa D. y B.J. Le Boeuf. 1991. Effects of the El Niño 1982-83 on California sea lions in México. In "Pinnipeds and El Niño: Responses to Environmental Stress" Vol. 88. Págs. 112-118.

Aurioles-Gamboa D. y Sinsel F. 1988. Mortality of California sea lion pups at Los Islotes, Baja California Sur, México. *J. Mammal.* Vol. 69. Págs. 180-183.

Aurioles, D. y A.G. Zavala. 1994. Algunos factores ecológicos que determinan la distribución y abundancia del lobo marino *Zalophus californianus*, en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*. 20(4): 535-553.

Badan Dagon, A. Dorman, C.E., Merrifield, M.A y Winant, C.D. 1991. The lower atmosphere over the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 96(16):877-896.

Bartholomew G.A. y Booloottian R.A. 1960. Numbers and population structure of the pinnipeds on the California Channel Islands. *Journal of Mammalogy*. Vol. 41(3). Págs. 366-375.

Bernal G., Ripa P. y Herguera Juan Carlos. 2001. Variabilidad oceanográfica y climática en el Bajo Golfo de California: influencias del Trópico y Pacífico Norte. *Revista de Ciencias Marinas*. Vol. 27(4). Págs. 595-617.

Brent S. Stewart<sup>1</sup>, Pamela K. Yochem<sup>1</sup>, Robert L. DeLong and George A. Antonelis. 1981. Trends in Abundance and Status of Pinnipeds on the Southern California Channel Islands NMFS, NOAA, Seattle, WA 98115

Bigg M.A. 1973. Census of California sea lion on southern Vancouver Island, British Columbia. *Journal of Mammalogy*. Vol. 54(1). Págs. 285-287.

Bonnell M.L. y Ford R.G. 1987. California Sea Lion distribution: A statistical analysis of aerial transect data. *The Journal of Wildlife Management*. Vol. 51. Págs. 13-20.

Brownell R.L., DeLong R.L., y Schreiber R.W. 1974. Pinniped populations at islas Guadalupe, San Benito, Cedros, and Natividad, Baja California, in 1968. *Journal of Mammalogy* Vol. 55. Págs. 469-472.

Castro G Gaxiola, J Cepeda Morales, NájeraMartínez TL, EspinosaCarreón ME, De la Cruz-Orozco, R Sosa Avalos, E Aguirre-Hernández, JP Cantú-Ontiveros Biomasa y producción del fitoplancton. 2008. *Ciencias Marinas* (2008), pags (59–85).

Espinosa de los Reyes Ayala, María Guadalupe. Variabilidad espacial de la dieta del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*, Lesson 1828) Tesis de maestría en ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. 2007.

Fletcher, J.O., Slutz, R.J and Woodruff, S.D. (1983). Towards a comprehensive ocean-atmosphere dataset. *Trop. Ocean-Atmos. Newsletter*, 20:13-14.

Francis J.M. y Heath C.B. 1991. Population abundance, pup mortality and copulation frequency in the California sea lion in relation to the 1983 El Niño on San Nicolas Island. In "Pinnipeds and El Niño: Responses to Environmental Stress" Vol. 88. Págs. 119-128.

Fry Jr., D.H. 1939. A winter influx of sea lions from Lower California. *California Fish and Game Bulletin*. Vol. 25. Págs. 245-250.

Gallo, J.P. 2003. Mortandad de mamíferos marinos en el área de Guaymas debido a la interacción con las pesquerías. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Guaymas, Son. 34 pp.

García-Aguilar M.C. y Aurioles-Gamboa D. 2003. Cuidado materno del lobo marino de California en Los Islotes, Golfo de California. *Ciencias Marinas* Vol. 29. Págs. 23-36.

- Greig Denise J., Gulland Frances M. D., Kreuder Christine. 2005. A Decade of Live California Sea Lion (*Zalophus californianus*) Strandings Along the Central California Coast: Causes and Trends, 1991-2000. *Aquatic Mammals*. Págs. 11-22
- Hancock D. 1970. California sea lion as a regular visitant off the British Columbia Coast. *Journal of Mammalogy*. Vol. 51(3). Págs. 614.
- Heath, C.B. y J.M. Francis. 1983. California sea lion population dynamics and feeding ecology with applications for management. Results of 1981- 1982. Research on Santa Barbara and San Nicolas Islands. Report. January 1983.
- Heath C.B. 2002. California, Galapagos, and Japanese sea lions (*Zalophus californianus*, *Z. wolfebaeki*, and *Z. japonicus*). Pages 180-186 in Perrin, W.F., Wursig, B. y Thewissen, J.G.M. (Eds) *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Huber, H.R. 1991. Changes in the distribution of California sea lions North of the breeding rookeries during the 1982-83 El Niño. *En: Trillmich, F. y K.A. Ono (eds.). Pinnipeds and El Niño. Responses to Environmental Stress*. Springer-Verlag. Ecological Studies, Vol. 88. Berlín, Alemania, pp. 129-137.
- Inclán Magaña, L. 1999. Estimación del tamaño de la población del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) en la región de las Grandes Islas, Golfo de California, México, utilizando tablas de vida. Tesis de Maestría. Departamento de Ecología. CICESE. 74 pp.
- King, J. E. 1983. *Seals of the World*. Cornell University Press, England. 239 pp.
- Lavín M.F, E. Palacios-Hernández, C. Cabrera.2003. Sea surface temperature anomalies in the Gulf of California. *Geofísica Internacional Vol. 42, Num. 3, pp. 363-375*
- Le Boeuf B.L., D. Aurioles, R. Condit, C. Fox, R. Gisiner , R. Romero, F. Sinsel. 1983. Size and distribution of the California sea lion population in Mexico. *Proceeding of California Academy of Sciences* Vol. 43. Págs. 77-85.
- Le Boeuf, BJ y J Reiter. 1991 Biological Effects Associated with El Niño Southern Oscillation, 1982-1983, on Northern Elephant seals breeding at Año Nuevo, California. *En: Pinnipeds and El Niño Responses to Environmental Stress*. F Trillmich y KA Ono (eds), pp. 207-218. Springer-Verlag. Alemania.
- León-Barocio O.A., Millán-Núñez R., Santamaría-del-Ángel E. y González- Silvera A. 2007. Productividad primaria del fitoplancton en la zona eufótica del sistema de la Corriente de California estimada mediante imágenes del CZCS. *Ciencias Marinas*, Vol. 33(1). Págs. 59-72.
- López M.S., J. Candela y M.L. Argote. 2006. Why does the Ballenas Channel have the coldest SST in the Gulf of California? *Geophysical Research Letters*. 33. L11603, doi:10.1029/2006GL025908, 2006.
- Lowry M.S., C.W. Oliver y J.B. Wexler. 1986. The food habits of California sea lions at San Clemente Island, California: April 1983 through September 1985. Southwest Fisheries Center. National Marine Fisheries Service. Administrative Report LJ-86-33. La Jolla, California. Págs. 33.
- Benigno Hernández de la Torre<sup>1</sup>, Gilberto Gaxiola-Castro, Sila Nájera-Martínez. ENSO effects on primary production off Baja California *Ciencias Marinas* (2004), 30(3): 427-441. México, D.F.
- Lowry, M.S., C.W. Oliver, C. Macky y J.B. Wexler. 1990. Food habits of California sea lions *Zalophus californianus* at San Clemente Island, California, 1981-1986. *Fishery Bulletin*. 88(3):509-521.
- Lowry M.S. y Maravilla-Chavez, O. 2005. Recent abundance of California sea lions in western Baja California, Mexico and the United States. *Proceedings of 6th. California Island Symposium, CA*. Págs. 485-497.
- Lowry, M.S. y K.A. Forney. 2005. Abundance and distribution of California sea lions (*Zalophus californianus*) in central and northern California during 1998 and summer 1999. *Fishery Bulletin*. 103:331-343.
- Lyons, E. T., R. L. DeLong, S. R. Melin and S. C. Tolliver. 1997. Uncinariasis in northern fur seal and California sea lion pups from California. *Journal of Wildlife Diseases* 33:848-852.

- Maldonado, E., J.F. Orta-Dávila, B.S. Stewart, E. Geffen y R.K. Wayne. 1995. Intraspecific genetic differentiation in Californian sea lions (*Zalophus californianus*) from Southern California and the Gulf of California. *Marine Mammal Science*. 11(1): 46-58.
- Maravilla-Chávez O. y Lowry M.S. 1996. Censos de pinnípedos en islas de la costa occidental de la península de Baja California, México (julio/agosto,1992). *Ciencia Pesquera* No. 13.
- Mark S . Lowry, Peter Boveng, Robert J. DeLong, Charles W. Oliver, Brent S . Stewart, Horacio DeAnda, Jay Barlow. 1992. Status of the California sea lion. (*Zalophus californianus californianus*) population in 1992. La Jolla C.A.
- Melin S. y DeLong R. 1999. Sesonal foraging behavior of lactating California sea lions from San Miguel island, California. NOAA National Marine Fisheries Service
- Melin S.R., DeLong R. y James T. 2000. Attendance patterns of California sea lion *Zalophus californianus* females and pups during the non-breeding season at San Miguel island. *Marine Mammal Science*. Vol. 16(1). Págs. 169-185.
- Melin S.R. 2002. The foraging ecology and reproduction of the California sea lion (*Zalophus californianus californianus*). Tesis de doctorado. Universidad de Minnesota, Minneapolis, MN. Págs. 150.
- Morris, P.A. G.W. Oliver, J. Elliott, S.R. Melin y R.L. DeLong. 1999. El Niño 1998 and changes in California sea lion, *Zalophus californianus*, use of Año Nuevo island. *En: 13<sup>th</sup> Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals*. 28 de noviembre a 3 de diciembre. Wailea, Hawaii.
- Milanés Salinas María de los Ángeles 2012. Abundancia y distribución de sitios de crianza del Lobo marino de California, *Zalophus Californianus*, en el Pacífico Mexicano. Ensenada-Baja California, México. 1:123
- Orta-Dávila, F. 1988. Hábitos alimentarios y censos globales del lobo marino (*Zalophus californianus*) en el Islote El Rasito, Bahía de las Animas, Baja California, México, durante octubre 1986-1987. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California. México. 88 pp.
- Podestá M. Arbelo, G.P., P.A Hernández-Leal. Nueva. 2001. Técnica para estimar la temperatura superficial del mar con el NOAA/AVHRR. teledetección, medio ambiente y cambio global. Pags (372-375). Miami, Florida. USA
- Robert L. De Long and Sharon R. Melin. THIRTY YEARS OF PINNIPED RESEARCH AT SAN MIGUEL ISLAND National Marine Mammal Laboratory, Alaska Fisheries Science Center, NMFS Building 4, 7600 SandPointWay, N.E., Seattle.
- Santamaría del Angel E. Alvarez Borrego S. Muller Karger F.E. 1994. The 1982-1984 El Niño in the Gulf of California as seen in coastal zone color scanner imagery. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 99, NO. C4, PAGES 7423-7431, APRIL 15, 1994
- Schramm Yolanda, S. L. Mesnick J. de la Rosa D. M. Palacios M. S. Lowry D. Aurióles-Gamboa H. M. Snell S. Escorza-Treviño. 2009. Phylogeography of California and Galápagos sea lions and population structure within the California sea lion. *Mar Biol* (2009) 156:1375–1387
- Schramm, Yolanda. 2002. Estructura genética y filogeografía del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*) en aguas adyacentes a la Península de Baja California, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México. 146 pp.
- Szteren D., Aurióles D. y Gerber L.R. 2006. Population Status and Trends of the California Sea Lion (*Zalophus californianus californianus*) in the Gulf of California, Mexico. *Sea Lions of the World Alaska Sea Grant College Program*, AK-SG-06-01. Págs. 17.
- Trillmich F., Ono K.A., Costa D.P., DeLong R. L., Feldkamp S. D., Francis J. M., Gentry R. L., Heath C. B., Le Boeuf B. J., Majluf P. y York A. E. 1991. The effects of El Niño on pinniped populations in the eastern Pacific. *En: Pinnipeds and El Niño: responses to environmental stress*. Págs. 247– 260.

Velázquez-Muñoz, J.A Martínez, C. Chavanne R Durazo, P. Flament.2011. Wind-driven coastal circulation in the Gulf of Tehuantepec, Mexico.*Ciencias Marinas* (2011), 37(4A): 443–456

Weise M.J,Daniel P. Costa, and Raphael M. Kudela.2006.Movement and diving behavior of male California sea lion (*Zalophus californianus*) during anomalous oceanographic conditions of 2005 compared to those of 2004 .Received 6 June 2006; revised 31 August 2006; accepted 26 September 2006; published 10 November 2006.

Weise, M.J. 2006. Foraging ecology of male California sea lion (*Zalophus californianus*): movement, diving and foraging behaviour, and diving capacity. Tesis de Doctorado. University of California, Santa Cruz. Santa Cruz, Ca. 137 pp.

Wright B.E., Mathew J.T. y Robin F.B. 2010. Movements of male California Sea Lions Captured in the Columbia River. Northwest Science. Vol. 84(1). Págs. 13.

Wursig B, RR Reeves y JG Ortega-Ortiz (2002) Global Climate Change and Marine Mammals. *En: Marine Mammals. Biology and Conservation*. PGH Evans y JA Raga (eds), pp. 589-608. Kluwer Academia/Plenum Publishers.

Zavala, G.A. 1990. La población del lobo marino común *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1821) en las islas del Golfo de California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 253 pp.

Zavala, G.A. 1993. Biología poblacional del lobo marino de California *Zalophus californianus californianus* (Lesson, 1828) en la región de las grandes islas del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 79 pp.

Zavala, G.A. 1999. El lobo marino de California (*Zalophus californianus*) y su relación con la pesca en la región de las Grandes Islas, Golfo de California, México. Tesis de Doctorado. Departamento de Ecología. CICESE. 169 pp.

.FA