



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD SUPERFICIAL
DE MESOESCALA EN EL GOLFO DE
CALIFORNIA Y SU RELACIÓN CON LA
DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE
MISTICETOS (2005-2006).

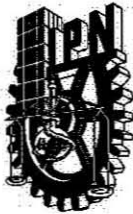
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

RICARDO GARCÍA MORALES

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2008



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 8 del mes de Octubre del 2008 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

"ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD SUPERFICIAL DE MESOESCALA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y SU RELACIÓN CON LA DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE MISTICETOS (2005-2006)"

Presentada por el alumno:

GARCÍA
Apellido paterno

MORALES
materno

RICARDO
nombre(s)

Con registro:

B	0	6	1	1	3	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL


DR. BERNARDO SHIRASAGO GERMÁN

PRESIDENTE


DR. JOSÉ DE LA CRUZ AGÜERO

SECRETARIO


MC. GUSTAVO DE LA CRUZ AGÜERO

SEGUNDO VOCAL


MC. ENRIQUE A. GÓMEZ GALLARDO LANZUETA
2°. DIRECTOR

TERGER VOCAL

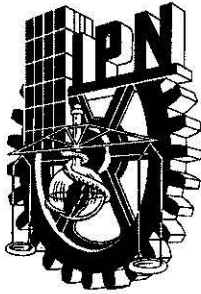

DR. MACLOVIO OBESO NIEBLAS

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN
CICIMAR
DIRECCION



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 17 del mes Noviembre del año 2008, el (la) que suscribe RICARDO GARCÍA MORALES alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro B061135 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. BERNARDO SHIRASAGO GERMÁN y MC. ENRIQUE A. GÓMEZ GALLARDO UNZUETA y cede los derechos del trabajo titulado: "ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD SUPERFICIAL DE MESOESCALA EN EL GOLFO DE CALIFORNIA Y SU RELACIÓN CON LA DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE MISTICETOS (2005-2006)" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: rigarciam@ipn.mx bshirasago@ipn.mx eagg@uabcs.mx Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


BIÓL. RICARDO GARCÍA MORALES
/nombre y firma

Mi trabajo está dedicado...

A mi familia padres y hermanos, por su apoyo en cada momento de mis estudios de maestría, por haber confiado en mí y desearme siempre lo mejor. A ti negro por cuidar siempre de mis papas y mi hermana cuando yo no estoy acompañándolos sigue así siempre adelante...

Y en especial a mi esposa SONIA, por seguir siendo mi pilar que nunca se quiebra que siempre está a mi lado dándome su amor y cariño. Por ser como eres, nunca cambies. A y por aguantarme jaja... Te aplata AMOR.

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional CICIMAR-IPN por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de maestría. Por facilitarme sus instalaciones para cumplir con mis asignaturas y tesis correspondiente.

A mis directores de tesis Dr. Bernardo Shirasago Germán y al M. en C. Enrique Alejandro Gómez Gallardo Unzueta por su gran apoyo y aportaciones en la realización de este trabajo. Gracias Doc. por ser un excelente amigo e investigador...

A mis asesores Dr. Maclovio Obeso Nieblas, Dr. José De La Cruz Agüero, M. en C. Gustavo De La Agüero y al Dr. Ángel Jiménez Illescas, por sus valiosas observaciones las cuales enriquecieron más el trabajo.

Las ayudas económicas fueron fundamentales: agradezco al Programa Interinstitucional de Formación de Investigadores (PIFI), por su beca durante toda mi maestría. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por su gran apoyo económico durante los dos años de maestría.

A la Cetacean Society International (CSI) y a su presidente William Rossiter y Barbara Kilpatrick por su valioso apoyo económico para la adquisición de equipo de cómputo el cual fue de gran importancia en el análisis y procesamiento de imágenes satelitales para mi proyecto de tesis. Muchas gracias.

A Mati Karu del Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, por suministrar todas las imágenes que se utilizaron en esta investigación.

A mis amigos del laboratorio de Oceanología Leonardo, Luis Mariano, Cesar, Dr. Sergio Troyo, Dr. Felipe Salinas, Capi Zaldívar, Capitán Héctor García por sus comentarios y apoyo profesional durante este estudio.

A mis queridos amigos Raúl, Alvin, Diego, Hugo, Myrna, Bere, Sarahi, Natalia, ya que son una parte muy importante en mi vida personal y profesional, gracias por todas las vivencias, gracias por apoyarme en las buenas y las malas. Los quiero mucho.

Al todo el personal del CICIMAR, por facilitarme todo lo indispensable en el desarrollo de mi tesis y mi estancia en esta institución, agradezco especialmente a mi amigo Humberto Ceseña por aguantarnos ya que somos muy enfadosos y por el café y los dulces.

Y a todos los estudiantes e investigadores de este centro con los cuales he convivido gracias a todos por aceptarme como su compañero.

ÍNDICE GENERAL	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABLAS	vi
GLOSARIO	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	6
III. JUSTIFICACIÓN	16
IV. OBJETIVOS	17
V. AREA DE ESTUDIO	17
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	20
6.1 Análisis de imágenes de satélite.	20
6.2 Distribución y abundancia relativa de ballenas.	22
6.3 Mapas de distribución.	22
6.4 Análisis de datos.	23
VII. RESULTADOS	25
7.1 Análisis de la circulación y valores de concentración de clorofila “a” y TSM por regiones mediante imágenes satelitales en el año 2005.	25
7.1.1 Zona norte.	25
7.1.2 Zona centro.	32
7.1.3 Zona sur	39
7.2 Análisis de la circulación y valores de concentración de clorofila “a” y TSM por regiones mediante imágenes satelitales en el año 2006.	46
7.2.1 Zona norte	46
7.2.2 Zona centro	54
7.2.3 Zona sur	61

7.3 Distribución espacial de avistamientos de cetáceos.	68
7.4 Análisis temporal de concentración de clorofila “a” y temperatura superficial del mar mediante imágenes satelitales y correlación de Spearman ($p < 0.05$) entre variables ambientales, fenomenología y distribución y abundancias de misticetos.	71
VIII. DISCUSIÓN	89
8.1 Análisis temporal de concentración de clorofila “a”, temperatura superficial del Mar.	89
8.2 Análisis de circulación superficial en el año 2005 y 2006.	91
8.3 Variabilidad ambiental, fenomenología y distribución y abundancia de misticetos.	94
IX. CONCLUSIONES	98
X. RECOMENDACIONES	100
XI. BIBLIOGRAFIA	101

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1	a): Área de estudio y b): mapa de transectos recorridos en el Golfo de California.	15
Figura 2	Regionalizaciones del Golfo de California de acuerdo a su productividad primaria. a) Zonación fitogeográfica: las letras representan la propuesta por Gilbert & Allen (1943) y en números la propuesta de Round (1967) (tomado de Brinton <i>et al.</i> , 1986); b) Propuesta por Santamaría-del-Ángel <i>et al.</i> (1994a), utilizando de concentración de pigmentos de imágenes satelitales CZCS; c) Regionalización propuesta por Arias-Aréchiga (1998) con base en la concentración pigmentaria; d) Regiones propuestas por Lluch-Cota & Arias-Aréchiga (2000); e) Productividad primaria (medida en gC/m ² /día) en cuatro regiones del Golfo de California, durante tres estaciones: S: verano, A: otoño y W: invierno (Lluch-Cota, 2004).	19
Figura 3	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona norte del Golfo de California durante el primer semestre del año 2005.	27
Figura 4	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona norte del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2005.	28
Figura 5	Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila “a” superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2005.	30
Figura 6	Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila “a” superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2005.	31
Figura 7	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona centro del Golfo de California durante el primer semestre del año 2005.	34
Figura 8	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura	

	superficial del mar en la zona centro del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2005.	35
Figura 9	Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila “a” superficial máxima por mes en la región centro del GC en el año 2005.	37
Figura 10	Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila “a” superficial máxima por mes en la zona centro del GC en el año 2005.	38
Figura 11	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona sur del Golfo de California durante el primer semestre del año 2005.	42
Figura 12	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona sur del Golfo de California durante el primer semestre del año 2005.	43
Figura 13	Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila “a” superficial máxima por mes en la región sur del GC en el año 2005.	45
Figura 14	Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila “a” superficial máxima por mes en la zona sur del GC en el año 2005.	46
Figura 15	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona norte del Golfo de California durante el primer semestre del año 2006.	49
Figura 16	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona norte del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2006.	50
Figura 17	Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila “a” superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2006.	52
Figura 18	Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila “a” superficial máxima por mes en la zona norte del GC en el año	53

	2006.	
Figura 19	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona centro del Golfo de California durante el primer semestre del año 2006.	56
Figura 20	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona centro del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2006.	57
Figura 21	Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila “a” superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2006.	59
Figura 22	Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila “a” superficial máxima por mes en la zona centro del GC en el año 2006.	60
Figura 23	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona sur del Golfo de California durante el primer semestre del año 2006.	63
Figura 24	Distribución superficial de clorofila “a” y temperatura superficial del mar en la zona sur del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2006.	64
Figura 25	Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila “a” superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2006.	66
Figura 26	Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila “a” superficial máxima por mes en la zona sur del GC en el año 2006.	67
Figura 27	Distribución y abundancia relativa de misticetos en el Golfo de California durante invierno, verano del 2005 y 2006	68
Figura 28	Variación de organismos por temporada de muestreo durante los años de estudio 2005-2006.	70
Figura 29	Imagen de Clorofila “a” de febrero del 2005 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de pigmentos	

	fotosintéticos (mg m ⁻³) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.	72
Figura 30	imagen de TSM de febrero del 2005 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de temperaturas en (°C) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis .	73
Figura 31	Variación espacial de: A) Clorofila “a” y TSM, B) abundancia de organismos y Clorofila “a”, C) abundancia de organismos y TSM, D) porcentaje de organismos presentes en fenómenos de mesoescala en febrero de 2005.	74
Figura 32	Imagen de Clorofila “a” de junio del 2005 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de pigmentos fotosintéticos (mg m ⁻³) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.	76
Figura 33	Imagen de TSM de febrero del 2005 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de temperaturas en (°C) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.	77
Figura 34	Variación espacial de: A) Clorofila “a” y TSM, B) abundancia de organismos y Clorofila “a”, C) abundancia de organismos y TSM, D) porcentaje de organismos presentes en fenómenos de mesoescala en junio 2005.	78
Figura 35	Imagen de Clorofila “a” de febrero del 2006 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de pigmentos fotosintéticos (mg m ⁻³) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.	80
Figura 36	Imagen de TSM de febrero del 2006 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de temperaturas en (°C) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.	81
Figura 37	Variación espacial de: A) Clorofila “a” y TSM, B) abundancia	

	de organismos y Clorofila “a”, C) abundancia de organismos y TSM, D) porcentaje de organismos presentes en fenómenos de mesoescala en febrero 2006.	82
Figura 38.	Imagen de Clorofila “a” de junio del 2006 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de pigmentos fotosintéticos (mg m ⁻³) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis	84
Figura 39.	Imagen de TSM de junio del 2006 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de temperaturas en (°C) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.	85
Figura 40.	Variación temporal de: A) Clorofila “a” y TSM, B) abundancia de organismos y Clorofila “a”, C) abundancia de organismos y TSM, D) porcentaje de organismos presentes en fenómenos de mesoescala en junio 2006.	86
Figura 41.	Variación del total de organismos y concentración de Chl “a” por temporada de muestreo durante los años de estudio 2005-2006.	87
Figura 42	Variación del total de organismos y TSM por temporada de muestreo durante los años de estudio 2005-2006.	87

LISTA DE TABLAS

Página

Tabla 1	Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2005) en la región norte. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).	29
Tabla 2	Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2005) en la región centro. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).	36
Tabla 3	Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2005) en la región sur. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).	44
Tabla 4	Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2006) en la región norte. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).	51
Tabla 5	Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2006) en la región centro. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).	58
Tabla 6	Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2006) en la región sur. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A),	

	Ciclónica (C), No definida (N).	65
Tabla 7	Número de organismos, zonas, fenomenología, valores de concentración de Clorofila “a” y TSM observados en el GC mediante imágenes de satélite durante febrero (2005). Los recuadros rojos indican los valores de correlación que se tomaron en cuenta para el estudio.	
Tabla 8	Número de organismos, zonas, fenomenología, valores de concentración de Clorofila “a” y TSM observados en el GC mediante imágenes de satélite durante junio (2005). Los recuadros rojos indican los valores de correlación que se tomaron en cuenta para el estudio.	72
Tabla 9	Número de organismos, zonas, fenomenología, valores de concentración de Clorofila “a” y TSM observados en el GC mediante imágenes de satélite durante febrero (2006). Los recuadros rojos indican los valores de correlación que se tomaron en cuenta para el estudio.	76
Tabla 10	Número de organismos, zonas, fenomenología, valores de concentración de Clorofila “a” y TSM observados en el GC mediante imágenes de satélite durante junio (2006). Los recuadros rojos indican los valores de correlación que se tomaron en cuenta para el estudio.	80
		84

GLOSARIO

Abundancia: Número de individuos por unidad de área, distancia o tiempo durante el esfuerzo de observación.

Ambiente: Es un conjunto de elementos físico-químicos, geológicos y biológicos interrelacionados que producen los diferentes recursos que requieren los organismos para perpetuarse a través del tiempo.

Avistamiento: Observación de un cetáceo, ya sea sólo o en grupo identificado a cualquier nivel taxonómico.

Eufáusidos: También llamado krill, son crustáceos pequeños con forma de camarón, con caparazón fusionado completamente al tórax (cefalotórax), ojos compuestos pedunculados. Se caracterizan por presentar branquias externas adheridas a los apéndices torácicos y dos fases larvianas únicas del grupo (caliopsis y furcillas). Las 86 especies actualmente descritas pertenecen al Orden Euphausiacea con dos familias Bentheuphausiidae (monoespecífica) y Euphausiidae. La palabra eufáusido se deriva del griego eu = bueno o verdadero y phausia = asociado a brillante o que emite luz.

Hábitat: Conjunto de recursos y condiciones ambientales definidos espaciotemporalmente que determinan la presencia, supervivencia y reproducción de una población o especie.

Misticeto: Cetáceo que se caracteriza por presentar placas córneas en forma de barbas o escobillas, con las cuales filtran su alimento.

Especie residente: Permanencia de una especie en un sitio en particular.

Transecto: Línea imaginaria establecida con la finalidad de obtener un rumbo de búsqueda de grandes cetáceos para cubrir las distintas regiones del área de estudio durante la realización de los censos.

Filamentos: Extensiones longitudinales o lenguas que se desprenden de fenómenos oceanográfico, constituidos principalmente por las surgencias costeras, las cuales transportan aguas características de dicha zona costera, como altas concentraciones de pigmentos fitoplanctónicos o aguas de mayor o menor temperatura.

Inestabilidades: Extensiones longitudinales o parcelas de agua que se desprenden principalmente de corrientes marinas, remolinos o frentes oceánicos, las cuales en su mayoría tienden a rotar, ya sea ciclónica o anticiclónicamente, o tomar una dirección aleatoria.

Intrusión de agua. Arribo de una masa de agua con características particulares de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto u otros parámetros oceanográficos, a una zona en particular, la cual puede ser identificable por algún método.

Remolinos Oceanográficos: Movimiento de mar el cual presenta vorticidad, característica de un fluido en rotación. Dicha rotación puede ser anticiclónica, esto es en sentido de las manecillas del reloj, y ciclónica, rotación en contra de las manecillas del reloj. Ambos sentidos son en el hemisferio norte, siendo contrarios en el hemisferio sur.

Surgencias: Movimientos ascendentes mediante los cuales las aguas de los niveles subsuperficiales son llevadas hasta la superficie, desde profundidades generalmente menores de 100-200 metros, y removidas desde el área de transporte por el flujo horizontal, produciéndose así un aporte de nutrientes a las aguas superficiales empobrecidas por el consumo biológico.

Masa de Agua: Un gran volumen de agua que puede ser reconocida por tener un área de origen común. Pueden formarse por interacciones entre aire y mar o, por mezcla de dos o más cuerpos de agua. Una masa de agua se caracteriza en un diagrama T-S por un grupo de valores que pueden unirse en una línea curva o recta. Una vez formadas, las masas de agua se hunden a una profundidad determinada según su densidad relativa a las aguas de más arriba y más abajo de ellas en la columna vertical".

Imagen de satélite: Imágenes obtenidas mediante sensores instalados en plataformas satelitales. Las imágenes son matrices de celdas, formadas por un número variable de columnas y filas. Cada celda representa espacialmente un área geográfica indivisible, determinando así el detalle espacial mínimo discernible dentro de la imagen. El valor que contiene cada celda es la expresión en energía de algún parámetro, variable o característica que define a esa área geográfica. Tanto la dimensión del área geográfica que representa cada celda,

como la cantidad diferente de valores que pueda contener, varía dependiendo del origen de la imagen

Variable ambiental: Descriptor físico, químico, geológico y/o biológico que permite identificar una característica del ambiente.

RESUMEN

El Golfo de California es un mar con alta productividad primaria, como resultado de los numerosos fenómenos oceanográficos que en él ocurren así como el transporte de nutrientes hacia la zona eufótica. Esto da como resultado afloramientos estacionales a lo largo de ambas costas propiciando una alta diversidad y abundancia de especies dentro de las cuales están los cetáceos. El golfo representa una región idónea para estudiar la distribución de este tipo de organismos y en particular de ballenas. Algunos estudios con diferentes especies de cetáceos han sido realizados en el golfo pero en su mayoría en áreas particulares y utilizando información proveniente de cruceros de investigación, lo cual limita su cobertura. Por lo tanto es necesaria la realización de estudios a mayor escala para contribuir al conocimiento de la biología y ecología de estos organismos. Se analizaron imágenes mensuales de Temperatura Superficial del Mar del sensor NOAA-AVHRR y una composición de imágenes Modis-SeaWiFS de clorofila "a", en el Golfo de California para los años 2005 y 2006, así como datos de abundancias relativas de la ballenas obtenidos mediante 2 recorridos aéreos por año en los meses de febrero y junio, cubriendo todo el Golfo de California. En invierno (febrero) de 2005, se presentó una distribución de organismos en todo el golfo con un número total de 99 avistamientos ubicados principalmente al norte y centro del golfo, asociados a valores altos de clorofila "a" (4.3 mg/m^3) y valores bajos de temperatura (20°C), característicos de la época de surgencias. Para el verano (junio) de 2005 la distribución se concentró en su mayoría en la parte norte del golfo con 46 avistamientos, observándose una fuerte disminución de los valores de concentración de clorofila "a" (1.9 mg/m^3) y altos valores de temperatura (28°C), asociados fuertemente a la intrusión de aguas oligotróficas provenientes del Pacífico. El invierno de 2006 se registró un gran número de avistamientos a lo largo de todo el golfo con un total de 183 organismos, asociados principalmente a valores muy altos de clorofila "a" (10.5 mg/m^3), tanto en las zonas costeras como oceánicas, y temperaturas bajas (18°C). Finalmente en el verano de 2006, la distribución se localizó solo en ciertas zonas del golfo con 30 avistamientos, asociados a una fuerte disminución de concentración de clorofila "a" (2.0 mg/m^3) y valores de temperatura altos (29°C),

producto de la intrusión de Agua Superficial Ecuatorial. El Golfo de California presentó una gran cantidad de estructuras de mesoescala, siendo las más frecuentes los remolinos ciclónicos y anticiclónicos, surgencias, filamentos de concentración de clorofila y las intrusiones de Agua Superficial Ecuatorial. Se obtuvieron un total 32 correlaciones de todos los parámetros (organismos, fenomenología, Clorofila "a" y Temperatura Superficial del Mar) para las cuatro temporadas de estudio. Solo 18 (56%) de estas correlaciones fueron estadísticamente significativas con una $r > 0.5$ y $p < 0.05$, con valores entre 0.5 y 0.91 así como -0.5 y -0.91. Del total de correlaciones 14 (44 %) fueron negativas con valores entre -0.05 y -0.91, mientras que el 18 (56%) fueron positivas con valores entre 0.14 y 0.93, para los 2 años de estudio. Por lo tanto, es posible inferir que la distribución de cetáceos mostró una correlación significativa con las variables ambientales y estructuras mesoescalares.

ABSTRACT

The Gulf of California is a highly productive sea, as a result of the several oceanographic phenomena that occurred in it and of the transport of nutrients to the euphotic zone. This situation gives as a result seasonal upwellings along both coasts presenting high diversity and abundance of species, among these the cetaceans. This sea represents a suitable region for studying these kind of organisms and in particular the whales. Some studies with different species of cetaceans have been done in the gulf but many of them in particular areas and mainly using information from research cruises, limiting their coverage. Therefore, it is necessary the conduction of studies to higher scales to contribute to the knowledge of the biology and ecology of these organisms. Sea Surface Temperature from the sensor NOAA-AVHRR and a Modis-SeaWiFS chlorophyll "a" composition images were analyzed in the Gulf of California in the years 2005 and 2006, as well as data of relative abundances of the whales by means of two fly surveys per year in the months of February and June, in the whole Gulf of California. In winter (February) of 2005, the distribution of organisms was in the whole gulf with a total number of 99 sightings located mainly to the north of the gulf, associated to high values of chlorophyll "a" (4.3 mg/m³) and lower in temperature (20°C), characteristic of the upwelling period. During the summer (June) of 2005 the distribution was mainly located in the north part of the gulf with 46 organisms, being observed a strong decrease of chlorophyll "a" concentration (1.9 mg/m³) and high temperature values (28°C), these conditions strongly associates to the intrusion of oligotrophic waters from the Pacific. A considerable number of sightings were registered in winter of 2006, in the whole gulf with a total of 183 organisms, mainly associated to very high values of chlorophyll "a" (10.5 mg/m³), both in the coastal and oceanic areas, and low temperatures (18°C). Finally, in the summer of 2006 the distribution was located in certain zones of the gulf with 30 sightings, associated to a strong decrease of chlorophyll "a" concentration (2.0 mg/m³) and high values of temperature (29°C), product of the intrusion of Surface Equatorial Water. The Gulf of California presented a great number of mesoescala structures, being the most frequent the cyclonic and anticyclonic gyres, upwellings, filaments of chlorophyll concentration and water intrusions of Surface Equatorial

Water. A total of 32 correlations were obtained from the all parameters (organisms, phenomenology, chlorophyll "a" and SST) for the four study periods. Only 18 (56%) of these correlations were statistically significant with a $r > 0.5$ and $p < 0.05$, with values between 0.5 and 0.91 as well as -0.5 and -0.91. From the all correlations 14 (44%) were negative, with values between -0.05 and -0.91 while 18 (56%) were positive with values between 0.14 and 0.93, for both study periods. Therefore, it is possible to infer that the distribution of cetaceans showed a significant correlation with the environmental variables and mesoscale structures.

I. INTRODUCCIÓN

El Golfo de California ocupa una posición muy importante dentro de los 24 mares marginales y de los 5 grandes golfos del Océano Pacífico (Salazar-Sparks, 1999), debido primordialmente a su alta productividad biológica (Lluch-Cota, 2004; Arias–Arechiga, 1999; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991; Álvarez-Borrego, 2002) y a los fenómenos oceanográficos y meteorológicos que en él ocurren. Entre estos últimos, se pueden mencionar las surgencias estacionales que se presentan a lo largo de ambas costas del golfo, destacando las continentales, remolinos ciclónicos y anticiclónicos, procesos intensos de mezcla generados por vientos y mareas, así como intrusiones de Agua Superficial Ecuatorial proveniente del Pacífico. (Álvarez-Borrego *et al.*, 1979; Lavin y Marinone, 2003; Marinone, 2003; Zamudio, *et al.*, 2008).

El Pacífico tiene una influencia marcada sobre el comportamiento oceanográfico del golfo, por lo que presenta una similitud entre las aguas que se encuentra dentro del golfo y las aguas de la región tropical oriental del Pacífico (Lavin *et al.*, 1997). El forzamiento dinámico que ejerce Pacífico sobre el golfo, es uno de los aspectos oceanográficos más importantes, pues integra y refleja el efecto de fenómenos tan relevantes como los balances globales de calor y sal, la circulación termohalina, la circulación barotrópica (Makarov, 2008) y el efecto del intercambio termodinámico y de *momentum* con la atmósfera (Emilson y Alatorre, 1997).

La variabilidad estacional e interanual de las condiciones oceanográficas y atmosféricas en el golfo, influyen en la distribución, abundancia y disponibilidad de los recursos marinos (Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994). El patrón de vientos presenta un comportamiento estacional bien definido, siendo dominantes y fuertes del noroeste durante el invierno y débiles del sureste con frecuentes calmas en el verano. Lo anterior producto de los cambios estacionales de los centros de presión atmosférica en su vecindad y a la reorientación que sufren tales vientos por la presencia de cordilleras montañosas en ambos lados del golfo.

Estas condiciones oceanográficas y meteorológicas han propiciado que el Golfo de California, particularmente el Golfo superior y central, se considere una región de gran complejidad ecológica, caracterizándose por presentar una alta diversidad de especies peces y gran abundancia de especies de importancia comercial (Cisneros-Mata *et al.* 1997). Aunado a lo anterior, existe un alto grado endemismo registrado en la región más norteña del Golfo (17% del total de las especies son peces según (Moser *et al.*, 1974) y el registro de especies marinas que se encuentran en peligro de extinción o que han disminuido fuertemente el tamaño de sus poblaciones, como es el caso de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*) y la vaquita (*Phocoena sinus*) (Fisher *et al.*, 1995).

Los mamíferos marinos viven toda su vida o parte de ésta, parcialmente o totalmente en el mar. Estos comprenden a los cetáceos (ballenas, delfines y marsopas), pinnípedos (focas, morsas y lobos marinos), úrsidos (oso polar), mustélidos (nutria marina) y sirenios (manatíes y dugongos). Los Cetáceos se divide a su vez en dos subórdenes, los Mysticetos (cetáceos barbados) y los Odontocetos (cetáceos dentados) (Reeves *et al.*, 2002).

El Golfo California es una región idónea para estudiar la distribución de Mysticetos, los cuales en este mar se encuentran representados por tres familias y ocho especies, correspondiendo al 75 y 67% del total en el mundo respectivamente. Dentro de estas últimas se encuentra la Ballena franca (*Eubalaena glacialis*), que tienen solo un registro en la región sur del Golfo (Urbán *et al.*, 2005) y, aunque la competencia interespecifica y las estrategias reproductivas afecten la distribución de los cetáceos, los estudios indican que la mayoría de estas ballenas deben alimentarse todos los días y en grandes cantidades (Smith y Gaskin, 1974,; Lockyer, 1981,; Kenney *et al.*, 1985; CETAP5), por lo que un hábitat favorable es principalmente aquel determinado por la disponibilidad de alimento, ya que estos organismos por su gran tamaño, periodos de gestación en promedio de un año, actividades reproductivas, acelerado desarrollo de las crías y hábitos migratorios, tienen dichos hábitos alimentarios (Kenney y Winn, 1986).

Dentro de esta gran riqueza específica de misticetos en el Golfo de California, encontramos el rorcual de sei (*Balaenoptera borealis*). Esta ballena habita principalmente aguas frías y templadas, alejadas de la plataforma continental (Leatherwood y Reeves, 1983); alcanza los 18 metros de longitud, siendo las hembras un poco más grandes que los machos. El periodo de gestación es de un año y la mayor parte de los nacimientos son en invierno (Ellis, 1980), su alimentación está constituida por copépodos, eufáusidos, peces pelágicos menores y calamar, que se ha visto a todo lo largo del golfo pero en raras ocasiones.

El rorcual de Minke (*Balaenoptera acutorostrata*), se encuentra en todos los océanos del mundo, presentando una marcada preferencia por aguas templadas y frías, por lo que es poco frecuente en aguas tropicales. En estado adulto, mide alrededor de 8 metros y su característica más distintiva es una franja de color claro en las aletas pectorales. Se alimenta principalmente de peces pelágicos menores, eufáusidos y copépodos y es el más pequeño de los rorcuales (Ellis, 1980). Presenta escasos avistamientos en el Golfo de California, siendo 25 hasta 1993 (Vidal *et al.*, 1993, Tershy *et al.*, 1990, Balcom *et al.*, 1979).

La ballena azul (*Balaenoptera musculus*) habita todos los océanos del mundo, existiendo numerosos avistamientos en el Golfo de California (Tershy *et al.*, 1990), en aguas de alta productividad y a lo largo de la plataforma continental (Leatherwood *et al.*, 1985). Su longitud promedio es de 24.5 metros, siendo la hembra ligeramente mayor que el macho y presenta un periodo de gestación es de 11 meses. Su principal presa es *Nyctiphanes simplex* (Gendron, 1990) y consumen en promedio 3.5 toneladas de alimento al día, en el Pacífico Norte (Ellis, 1980; Yochem y Leatherwood, 1985).

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) se encuentra en todos los océanos. En el golfo se tienen reportes de esta ballena durante las cuatro estaciones de año, lo que indica que es probable que algunos individuos permanezcan en su

interior, habiéndose observado principalmente en la zona de Los Cabos, para reproducirse, no realizando su migración normal hacia aguas frías del Pacífico Norte (Urbán y Aguayo, 1987): Esta ballena mide alrededor de 16 metros de longitud, su periodo de gestación 11.5 meses (Leatherwood *et al.*, 1982; Urbán *et al.*, 1989; Jaramillo, 1995) y se alimenta de peces pelágicos menores y eufáusidos (Ellis, 1980).

La ballena gris (*Eschrichtius robustus*) habita en el Pacífico Norte realizando migraciones desde el Mar de Bering hasta las costas de Baja California, (Rice y Wolman, 1971). La existencia de registros durante todo el año en el interior del Golfo de California, indica que no todos los individuos realizan la migración normal de la especie sino que permanecen y se alimentan en el golfo todo el año (Flores-Ramírez *et al.*, 1996) Su longitud promedio es 14.5 metros su periodo de gestación es de 13 meses (Rice, y Wolman, 1971), se alimenta principalmente de anfípodos que filtra del suelo marino (Nerini, 1984).

El rorcual común (*Balaenoptera physalus*) se encuentra en todos los mares del mundo, aunque muestra preferencia por zonas templado frías (Leatherwood *et al.*, 1982; Gambell, 1985). En el GC existe una población residente con avistamientos desde el Alto golfo hasta la Bahía de la Paz durante todo el año, con una población de aproximadamente 500 individuos; no se tienen avistamientos en la Boca del Golfo de California (Rojas, 1984; Tershy *et al.*, 1993 Urbán, 1996). Su longitud en estado adulto es de 24 metros, presenta un periodo de gestación de casi un año (Gambell, 1985; Enriquez y Urbán, 1996), sus principales fuentes de alimento son algunos invertebrados como los eufáusidos y los copépodos; además, consumen pelágicos menores como macarela, anchoveta y la sardina (Tershy, 1992).

El rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) se caracteriza por habitar exclusivamente agua tropicales y subtropicales (Cummings, 1985). En el Golfo de California existen numerosos registros convirtiéndola en la ballena más común con una población residente de 400 individuos (Urbán y Flores, 1996). Su longitud es

aproximadamente de 14 metros, su principal alimento son los peces pelágicos menores, aunque eventualmente se alimenta de calamar y pequeños crustáceos (Teshy, 1992; Tershy *et al.*, 1993).

En vista de lo anterior, las diferencias en la presencia espacial y temporal de las diferentes especies de ballenas son un índice de la importancia que representa el Golfo de California para sus diferentes poblaciones. Por ejemplo, para el rorcual común y el rorcual tropical, el golfo representa el área donde realizan todas sus actividades vitales, teniéndose en ambos casos evidencias de la presencia de poblaciones residentes. Para la ballena azul, la región es importante para su reproducción y alimentación; para la ballena jorobada el Golfo de California representa una de las regiones más importantes del Océano Pacífico donde realiza sus actividades reproductivas, mientras que para la ballena gris esta región representa una zona secundaria de reproducción. (Del Angel Rodríguez, 1990; Gendron, 1990; Martínez Serrano, 2005).

Las condiciones ambientales influenciadas por los fenómenos oceanográficos, juegan un papel relevante durante el ciclo de vida de las especies, así como en la distribución y abundancia de las mismas. Por lo tanto, la adecuada administración de los recursos, requiere del conocimiento de la dinámica poblacional y de los posibles efectos que el ambiente pudiera tener en ellos, que conlleve a la evaluación y determinación de estrategias para la conservación y manejo óptimo de estos recursos (Bakun, 1996; Gaskin, 1982).

El presente trabajo describe la evolución de las condiciones oceanográficas superficiales que prevalecieron en el Golfo de California durante los años de 2005 y 2006 identificando la presencia de estructuras de mesoescala, con la finalidad de conocer en que parte de la evolución de tales procesos físicos, se han realizado los muestreos de *Misticetos* y en que grado se relaciona, para de esta forma contribuir a una mayor comprensión de la influencia que el ambiente tiene sobre la distribución y abundancia de estos cetáceos.

II. ANTECEDENTES

La porción norte del golfo es una región poco profunda (menos de 200 m en promedio) y se caracteriza por su enriquecimiento debido a las intensas corrientes de marea, que alcanzan los 9 metros de amplitud (Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994), gran turbidez, sedimentos gruesos, temperaturas extremas, alta evaporación y salinidad (Maluf, 1983). Su circulación es ciclónica durante junio a septiembre y anticiclónica en noviembre a marzo (Carrillo *et al.*, 2002, Marinone, 2003). Estudios recientes (López, 2005; López-Calderon., *et al.*, en prensa), han demostrado que la circulación y el patrón de vientos en esta parte norte son más complejos de lo reportado con anterioridad, encontrando además la existencia de pequeños remolinos (eddies) ciclónicos en verano e invierno, los cuales contribuyen a la mezcla e intercambio de material suspendido. Así mismo manifiestan que la cantidad de clorofila “a” en el interior de los eddies, no depende del tipo de estructura hidrográfica que representan, si no de la cantidad presente de este pigmento en la zona donde fueron generados.

La zona de las grandes islas presenta una topografía particular y es oceanográficamente única. Se caracteriza por presentar aguas superficiales relativamente fría con respecto a su entorno asociados a altos niveles de productividad (Paden *et al.* 1991; Soto-Mardones *et al.* 1999; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994). Ambas características se deben a una fuerte mezcla por mareas inducida por la interacción de intensas corrientes de marea con los umbrales de San Esteban y San Lorenzo y con la propia batimetría irregular de la zona (Badan-Dagon *et al.*, 1995; Paden *et al.*, 1991). Entre la Isla Ángel de la Guarda y la Península de Baja California, se encuentra el Canal de Ballenas, estructura topográfica muy profunda (hasta 1,500 m) y donde también se producen fuertes corrientes de marea. Esta zona presenta baja temperatura superficial y alta productividad durante todo el año, lo cual es consecuencia de la mezcla causada por las corrientes de marea, la batimetría, y además por procesos de circulación que causan convergencia en el fondo y divergencia en la superficie (López *et al.*, 2006).

La región central (desde el sur de Isla Tiburón hasta la altura de La Paz-Topolobampo) presenta varias subcuencas, baja amplitud de mareas e importantes surgencias estacionales (Maluf, 1983). En esta parte del golfo, Marinone y Ripa (1998) y Ripa y Marinone (1989) reportaron una circulación estacional de dos capas, registrando un flujo en la capa superficial de los 100m hacia el sur en invierno y hacia el norte en verano con un flujo compensatorio en profundidad. La termoclina está bien desarrollada todo el verano, siendo máxima en agosto (Álvarez-Borrego, 1983). Esta zona muestra importantes diferencias de temperatura entre invierno y verano, donde ocurren mínimos de salinidad superficial (Soto-Mardones *et al.*, 1999). Esta parte del golfo presenta una importante generación de remolinos ciclónicos y anticiclónicos que ocupan todo su ancho. La mayoría de este tipo de estructuras se han detectado en verano. Un ejemplo de ellos es el estudio realizado por Pegau *et al* (2002), quienes a través de imágenes de clorofila del SeaWiFS, observaron trenes de remolinos durante el verano de 1999. Zamudio *et al.* (2008) registran trenes de remolinos en el golfo, mencionando que el origen de estos está relacionada con una corriente de frontera Este (costas continentales) que presenta dos máximos, uno en mayo-junio y otro en diciembre y así mismo, dichos autores afirman que en verano de 2004, esta corriente de frontera se vio intensificada por ondas atrapadas a la costa (Equatorial-originated Downwelling Coastally Trapped Waves), lo cual puede contribuir a la formación de remolinos en el centro del golfo. Adicionalmente estos remolinos son un mecanismo de dispersión de aguas frías durante el invierno, a través de filamentos con alta concentración de clorofila "a", que atraviesan el Golfo de este a oeste (Navarro-Olache *et al.*, 2004).

El Golfo sur exhibe características más oceánicas, con pendientes pronunciadas, menores niveles de salinidad, mayores precipitaciones y gran influencia del Pacífico (Maluf, 1983). La boca del Golfo presenta tres masas de agua superficiales: Agua de la Corriente de California, fría y de baja salinidad que fluye hacia el sur a lo largo de la costa de Baja California; Agua del Pacífico Tropical, cálida y de salinidad intermedia, que fluye del sureste hacia la boca del Golfo; y Agua del Golfo de California, cálida y de mayor salinidad (Álvarez-Borrego *et al.*, 1978;

1983; Lavin y Marinone 2003), siendo típica la generación de frentes (Álvarez-Borrego, 1983). La circulación en esta parte del golfo está generada por los vientos, procesos termohalinos y el forzamiento dinámico que ejerce el Pacífico (Marinone, 2003).

Las aguas en la entrada al golfo están en una zona de transición compleja. Estas diferentes masas de agua está influenciada por el Sistema de Corrientes del Pacífico Tropical Este, las cuales presentan un fuerte comportamiento estacional, reflejo de los cambios meteorológicos estacionales del Océano Pacífico (Wyrki, 1965,1966; Baumgartner and Christensen, 1985; Fielder, 1992; Strub and James, 2002a). El movimiento estacional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), genera desplazamientos latitudinales del Sistema de Corrientes Ecuatoriales las cuales determinan en particular que tal al sur se desplaza la Corriente de California y por ende su presencia en la boca de golfo, o que tan al norte la Corriente Costera de Costa Rica transporta Agua Superficial Tropical (Wyrki, 1967; Fielder, 1992) y por lo tanto su arribo al golfo.

Badan-Dangón (1998) menciona que en junio y julio la corriente Norecuatorial se desplaza a lo largo de las costas mexicanas de Tehuantepec a Cabo Corrientes, constituyendo la Corriente Costera Mexicana con velocidades de 0.3 cm/s transportando cerca de 4 Sv en 2003 y 2.5 Sv en 2005 a 0.15 cm/s (Lavin, *et al* 2006), detectando el arribo de sus aguas hasta el Golfo de California. Al entrar esta corriente al golfo, una parte permanece adyacente a las costas continentales, otra parte forma meandros y el resto genera una circulación cerrada formando remolinos (Zamudio, 2008). Esta corriente transporta Aguas Superficiales Ecuatorial de baja densidad, alta temperatura, baja salinidad al interior del golfo, provocando una fuerte y progresiva disminución en la concentración de clorofila “a” en su interior (Shirasago-German *et al.*, 2006).

Los primeros esfuerzos para entender la relación entre la distribución de las ballenas y las variables oceanográficas se remontan hasta mediados del siglo XX.

En distintas regiones del Pacífico noreste se han realizado diversos trabajos con la finalidad de entender la asociación de los patrones de distribución de ballenas con las variables oceanográficas y/o con la distribución y abundancia de su alimento (Smith *et al.*, 1986; Schoenherr, 1991; Fiedler *et al.*, 1998; Gregr y Trites, 2001; Moore *et al.*, 2002; Murase *et al.*, 2002, Croll *et al.*, 2005). Todos ellos han encontrado correlaciones positivas entre la presencia de cetáceos, con la abundancia de sus presas y variables oceanográficas, como son principalmente la temperatura, frentes oceánicos y corrientes marinas, analizados mediante sensores remotos y mediciones de campo.

Baumgartner y Mate (2005) analizaron la distribución espacio-temporal de ballenas francas con respecto a un conjunto de variables ambientales para caracterizar sus sitios norteños de alimentación, concluyendo que las ballenas visitaron preferentemente áreas poco profundas y con bajas temperaturas, alta salinidad y alta estratificación superficial; sin embargo, no encontraron asociación evidente de su patrón de distribución con estructuras oceanográficas de mesoescala como frentes o regiones con altas concentraciones de clorofila. Existen otros estudios en el Golfo de México en los que analizaron varias especies de odontocetos y misticetos simultáneamente, intentando describir su hábitat variables fisiográficas o hidrográficas, incluyendo biomasa zooplanctónica, logrando en todos ellos diferenciar el hábitat por especie o grupos de especies (Davis *et al.*, 1998, 2002; Baumgartner *et al.*, 2001). Más recientemente, empleando métodos de ordenación no lineales como el Escalamiento Multidimensional No-Métrico (ENMM = NMDS en sus siglas en inglés) y análisis de correspondencias canónicas, Palacios (2003), analizó la influencia de variables ambientales en relación a la presencia y abundancia de nueve especies de cetáceos en las Islas Galápagos, logrando diferenciar el hábitat de las especies en tres grupos en función de las condiciones oceanográficas.

Los estudios de caracterización o descripción del hábitat de grandes cetáceos en el Golfo de California están enfocados a zonas geográficas en particular como es el caso del Canal de Ballenas, la costa occidental del golfo, en el interior de Bahía de

La Paz y zonas adyacentes. De manera independiente, en ésta región se ha descrito la distribución de *Balaenoptera musculus*, *Balaenoptera physalus*, *Megaptera novaeangliae* y en menor detalle la distribución de *Balaenoptera edeni*, (Gendron, 1990,1992; Del-Ángel-Rodríguez, 1997; Tershy *et al.*, 1990, 1991; Gendron y Urbán, 1993). Hasta la fecha se cuenta únicamente con un trabajo multi-específico que cubre la mayor parte del golfo (ambas costas y zona oceánica) (Mangels y Gerrodette, 1994) durante tres meses y en barcos, el cual fue realizado en verano y está enfocado a la distribución de cetáceos, sin involucrar una relación con variables ambientales. Sin embargo, poco se conoce de la temporada fría, cuando ocurren los mayores niveles de productividad primaria y secundaria, así como la presencia de las grandes ballenas. De manera particular Tershy y Breese (1990) y Tershy (1992) estudiaron en la región del Canal de Ballenas la distribución, abundancia, composición y uso del hábitat de cuatro especies de ballenas barbadas en la temporada fría (Noviembre a Mayo) y cálida (Junio a Octubre), asociadas a variables ambientales como temperatura, profundidad y distancia a la costa. Zavala-Hernández (1996) demostró que en la costa oriental y occidental de la península de Baja California *Balaenoptera musculus* y *Balaenoptera physalus* tienden a habitar zonas con características relativamente distintas; la ballena azul prefirió zonas más oceánicas y con temperaturas comparativamente más elevadas, mientras que la ballena de aleta habitó zonas poco profundas y con menores temperaturas. Mediante el registro de agregaciones superficiales diurnas de *N. simplex*, Gendron (1990), encontró la asociación de la distribución espacio-temporal de *Balaenoptera musculus* con la abundancia de eufáusidos (*N. simplex*) en la zona suroeste del Golfo de California., entre otras razones, para alimentarse durante su estancia en estas aguas.

En el Pacífico mexicano, en especial en el Golfo de California, coinciden cetáceos de aguas tropicales y templadas (Urbán, 1993). Aunque lo anterior hace atractiva la investigación de la dinámica comunitaria del orden, tales estudios han sido escasos y de cobertura limitada (Salinas y Bourillón, 1988; Gendron, 1992).

Al respecto, Gendron (1992) documentó cambios en la riqueza y equidad, asociados con el efecto de El Niño Oscilación del Sur (ENSO). Por otro lado, en el Canal de Ballenas el número y abundancia de distintas especies de cetáceos disminuyó por su éxodo después del efecto de uno de los ENSO más intensos de la historia (Tershy *et al.*, 1990, 1991). Esto sugiere que en el Golfo de California se presentan cambios rápidos y significativos en las comunidades de cetáceos, asociados con eventos oceanográficos de distinta escala, cuya naturaleza y características aún no son explicadas.

Posteriormente, Del Ángel-Rodríguez (1997) estudió la distribución espaciotemporal y la dieta de la ballena de aleta y la ballena azul mediante la identificación de mandíbulas de eufáusidos en heces fecales recolectadas en la Bahía de La Paz, concluyendo que aunque ambas especies se alimentan de *N. simplex*, éstas difieren en el uso espacio-temporal de la bahía: *Balaenoptera physalus* prefirió zonas más someras y cercanas a la costa que *Balaenoptera musculus*, por lo que supone que posiblemente exista una reducida competencia entre estos rorcuales. Aunque la caracterización del hábitat de la ballena jorobada ha sido notablemente menos estudiada en el golfo, se ha informado que generalmente habita áreas costeras y que en el suroeste de esta región, fue inusual observarla alimentándose de eufáusidos (Gendron y Urbán, 1993).

La variación espacio-temporal de la concentración de clorofila, temperatura superficial del mar, profundidad de la termoclina, productividad primaria (Fiedler, 2002; Fiedler y Philbrick, 2002), biomasa zooplanctónica y profundidad de la isoterma de los 15°C (Baumgartner *et al.*, 2001) entre otras variables, han sido utilizadas como descriptores relevantes para la identificación y caracterización del hábitat de grandes cetáceos, (Smith *et al.*, 1986). Algunos estudios han coincidido en que es posible explicar mejor la distribución de los cetáceos mediante el conocimiento de la distribución y disponibilidad de sus presas, las cuales están más estrechamente influenciadas por las variables oceanográficas como temperatura, salinidad y niveles de pigmentos fotosintéticos (Smith *et al.*, 1986; Davis *et al.*, 1998; Baumgartner *et al.*,

2001; Murase *et al.*, 2002). Sin embargo, las condiciones oceanográficas no sólo deben contribuir a la producción de las presas de los grandes cetáceos, sino que además se requiere de factores que favorezcan la concentración de las mismas (Gaskin, 1982; Sims y Quayle, 1998; Etnoyer *et al.*, 2004).

La dieta del rorcual común *Balaenoptera physalus* es muy variada y es considerado un organismo generalista. En el Golfo de California la población de este rorcual es residente. Se conoce de la importancia de los eufáusidos como alimento en la temporada fría (invierno-primavera) para este mamífero. (Jaume-Schinkel, 2004).

Chávez (2006), mediante dos cruceros oceanográficos durante Marzo y Abril 2005 (temporada fría), caracterizó el hábitat de los grandes cetáceos en el Golfo de California, estudiando la asociación entre la abundancia de las especies y algunas variables ambientales. Las variables ambientales medidas *in situ* fueron temperatura superficial del mar (TSM), coloración superficial del mar (CSM), concentración de clorofila superficial (CCS), biomasa zooplanctónica (BZ), abundancia relativa de eufáusidos (EUF) y profundidad (P). Datos de temperatura (T) y clorofila-a (*Cl -a*) de imágenes satelitales también fueron utilizados. Los análisis realizados indicaron que en invierno el GC presenta al menos tres patrones distintos de hábitats que propician la segregación espacial de tres especies de grandes cetáceos: *Physeter macrocephalus* distribuida en regiones cálidas, con altas profundidades, baja CCS, BZ y EUF, presentando fidelidad a la región centro del GC. *Balaenoptera musculus* se distribuyó en aguas cálidas y profundas, con baja CCS, elevada BZ y EUF, sin presentar fidelidad a una región en particular del GC. En contraste, *Balaenoptera physalus* habitó aguas principalmente costeras, frías y someras, con alta CCS, baja BZ y EUF con elevada fidelidad al Alto Golfo. El hábitat de *Balaenoptera edeni* y *Megaptera novaeangliae* no pudieron ser caracterizados debido al reducido número de avistamientos obtenidos. La segregación de especies en invierno parece responder en gran medida a la distribución y disponibilidad de presas preferenciales de cada especie de cetáceo.

Se han hecho varias regionalizaciones oceanográficas del GC con base en diferentes variables y con distintos grados de detalle. Entre las más antiguas está la descrita por Gilbert & Allen (1943) la cual se llevó a cabo con base en la composición de fitoplancton y por Round (1967), utilizando la distribución y abundancia de fitoplancton, quienes describen cuatro regiones similares dentro del GC (Fig. 1a): en la zona 1 predominan formas del océano abierto indicando la entrada de agua del Pacífico, la zona 2 sería de transición y corresponde a la Cuenca del Carmen donde el plancton es pobre. La zona 3, central presenta algunos grupos característicos y la ausencia de otros grupos y la región 4 en el norte, donde la abundancia de diatomeas es baja, con pocas especies de la zona 3 que llegan hasta ahí.

De acuerdo a la distribución del fitoplancton, Álvarez-Borrego (1983) estableció que el golfo se divide en tres regiones geográficas: la región sur (al sur de los 25°N), la región media (entre 25 y 27° N) y la región norte (al norte de los 27°N). La zona sur presenta las menores poblaciones de fitoplancton y la productividad primaria promedio es de 0.27 gCm⁻²/día. La región media presenta una mayor abundancia de fitoplancton, aunque todavía pobres y la productividad primaria promedio es de 0.38 gCm⁻²/día . Finalmente la zona norte presenta un valor de productividad primaria integrada de 0.53 a 0.68 gCm⁻²/día (Zeitzchel 1969).

Utilizando datos de la concentración de pigmentos obtenidos de imágenes satelitales del sensor CZCS (Costal Zone Color Scanner), Santamaría-del-Ángel *et al.*, (1994), proponen una división del Golfo de California detallada que consiste de 14 regiones. La zona 1 comprendió el Alto Golfo, la 2 centro y oeste del golfo norte y la zona 4 se ubica justo al norte de la isla Ángel de la Guarda. Las zonas 3, 6, 10 y 14 se encuentran en la costa este y son zonas de surgencias de invierno. La zona 5 se sitúa al oeste de dicha isla, en el Canal de Ballenas, que se distingue de áreas aledañas por su alta concentración de nutrientes y su fuerte turbulencia. La zona 7 se caracteriza por la presencia de ondas internas. Las regiones 8, 9 y 11 presentan baja

concentración de pigmentos. Hacia el sur, la región 12 separa la Bahía de La Paz y por último la región 13 en la Boca del Golfo es oceánica y oligotrófica (Fig. 1b).

Posteriormente, Arias-Aréchiga (1998) define tres regiones con base a la concentración de pigmentos fotosintéticos, usando datos satelitales del CZCS. De acuerdo a los factores de forzamiento (i.e. aspectos físicos determinantes): la zona norte (incluyendo las grandes islas) influida principalmente por las mareas, la zona central (hasta la Bahía de La Paz), influida por los vientos y la zona sur (boca del golfo) influido por el Océano Pacífico (Fig. 1c). Con base a ésta última regionalización, Lluch-Cota & Arias-Aréchiga (2000) propusieron la división el Golfo considerando básicamente las mismas regiones, pero agregan otra alrededor del canal de Ballenas, que se diferencia por sus mayores niveles de concentración pigmentaria debido a su configuración batimétrica y los procesos oceanográfica que en el ocurren (Fig. 1d).

Por último Lluch-Cota (2004), describe 4 zonas en el Golfo de California con base en los niveles de productividad primaria: una al norte de la Isla Ángel de la Guarda, la segunda en la zona de las Grandes Islas, la tercera en el centro-sur del golfo (incluye la Bahía de La Paz) y la cuarta en la boca del Golfo (Fig. 1e). Estas regiones coinciden con las descritas por Maluf (1983).

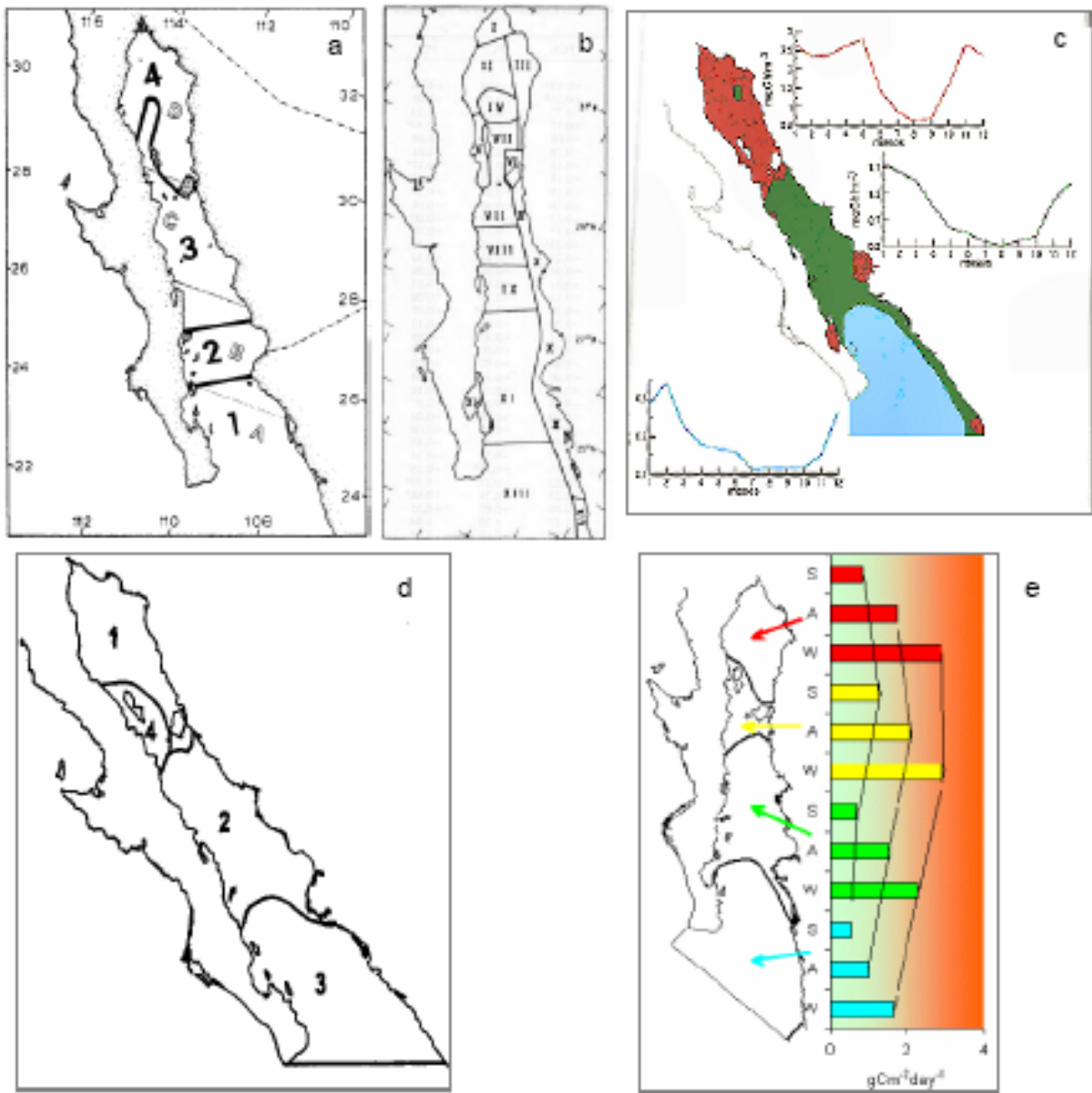


Figura 2. Regionalizaciones del Golfo de California de acuerdo a su productividad primaria. a) Zonación fitogeográfica: las letras representan la propuesta por Gilbert & Allen (1943) y en números la propuesta de Round (1967) (tomado de Brinton *et al.*, 1986); b) Propuesta por Santamaría-del-Ángel *et al.* (1994a), utilizando de concentración de pigmentos de imágenes satelitales CZCS; c) Regionalización propuesta por Arias-Aréchiga (1998) con base en la concentración pigmentaria; d) Regiones propuestas por Lluch-Cota & Arias-Aréchiga (2000); e) Productividad primaria (medida en $gC/m^2/día$) en cuatro regiones del Golfo de California, durante tres estaciones: S: verano, A: otoño y W: invierno (Lluch-Cota, 2004).

Este trabajo se encuentra enmarcado dentro de los proyectos “Determinación del Estado Actual de las Poblaciones de Grandes Ballenas en el Golfo de California y Propuesta de un Programa de Manejo y Protección Regional” (primaPRIMMA-UABCS) y “Análisis de eventos oceanográficos en la parte sur del Golfo de California mediante mediciones de satélite e in situ” (SIP-IPN).

III. JUSTIFICACION

Existen estudios sobre la estimación de la abundancia relativa de los cetáceos en el Golfo de California y la propuesta de áreas donde ésta es más alta. La mayoría de ellos se han enfocado al problema metodológico de estimar la abundancia relativa, explicar los cambios de la misma y la manera en que ésta es afectada por el ambiente. Sin embargo, dichos estudios no integran la dinámica oceanográfica del golfo y sus variaciones estacionales e interanuales, con la distribución y abundancia de cetáceos, por lo que la representación de sus hábitats se ha limitado a la descripción de la distribución de algunos parámetros ambientales y en la mayoría de los casos de áreas en particular.

Por lo tanto, es indispensable realizar análisis de la dinámica oceanográfica del golfo con el mayor número de variables posibles, integrándola a las descripciones demográficas, para que, mediante el conocimiento de la biología de los organismos, pueda inferirse con mayor claridad el comportamiento de las especies, así como las necesidades ambientales de las mismas, esto con el fin de llevar a cabo un mejor manejo de las áreas naturales y sus recursos.

Lo anterior se plantea como antecedente para la realización de estudios que permitan un análisis integral de eventos ambientales a nivel de mesoescala y relacionarlos con la presencia de organismos, que por sus hábitos, se ven directamente afectados por este tipo de eventos.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general.

Analizar la evolución superficial de las condiciones oceanográficas y de las estructuras mesoescalares en el Golfo de California durante los años 2005 y 2006 que determinaron los marcos oceanográficos prevalecientes durante las épocas de muestreo biológico, que influyeron en la distribución y abundancia relativa de los misticetos en esta región.

Objetivos específicos.

Determinar la evolución de las condiciones oceanográficas y de las estructuras mesoescalares durante los años 2005 y 2006 a través de imágenes de Clorofila "a" y de Temperatura Superficial del Mar .

Cuantificar las variaciones de Clorofila "a" y de Temperatura Superficial del Mar estacional e interanualmente en las diferentes zonas del GC, durante las épocas de estudio.

Obtener la distribución y abundancia de misticetos en las diferentes épocas de muestreo en la zona de estudio.

Encontrar las correlaciones existentes entre los marcos oceanográficos prevalecientes en las épocas de muestreo y la distribución y abundancia de misticetos, a través de análisis estadísticos.

V. ÁREA DE ESTUDIO.

El GC es un mar marginal situado al noroeste de México, localizado aproximadamente entre los 23° y 32° de latitud norte y de 107° a 115° de longitud oeste (Fig. 1a). La circulación de las aguas superficiales de dicho golfo está muy ligada al patrón de vientos; siendo estos principalmente del noroeste en invierno y del sureste en verano, generando a su vez afloramientos estacionales que se presentan a lo largo de ambas costas del golfo (Roden 1984).

El GC se extiende desde el delta del Río Colorado hasta Cabo San Lucas, en el extremo sur de la Península de Baja California y Cabo Corrientes, Jalisco en el macizo continental. Mide alrededor de 1,100 km de largo por un promedio de 150 km de ancho. El área se define como una cuenca de evaporación sub-tropical, presentando características templadas y tropicales (Santamaría del Ángel *et al.*, 1994). Topográficamente se divide en una serie de cuencas y cañones separados por cordilleras submarinas transversales que se hacen más profundas hacia el sur. El golfo norte es más somero debido a la acumulación de sedimentos provenientes principalmente del Río Colorado, mientras que al sur de las grandes islas (Tiburón y Ángel de la Guarda) la plataforma continental es más estrecha, existiendo varias sub-cuencas (Álvarez-Borrego, 1983) llegando hasta la boca del Golfo con unos 3,600 m de profundidad (SEMARNAP, 2000).

El Golfo de California puede ser considerado como un laboratorio natural, dentro del cual se presentan fenómenos físicos de diferentes escalas espaciales y temporales. Usualmente, se ha dividido en varias regiones asociadas con cuencas individuales, que aumentan en profundidad hacia la boca del golfo. En cada una de estas regiones se observan diferencias en los procesos físicos que controlan la circulación y la estructura termohalina. La entrada del golfo es de 200 km de ancho (de Los Frailes, B.C.S., a El Dorado, Sin., con profundidades que se extienden hasta los 2,500 m en la Cuenca Pescadero, lo cual permite un intercambio libre entre el Pacífico y el golfo, (Castro, 2000).

Durante el invierno y primavera los vientos dominantes son provenientes del noroeste con velocidades de 8 a 12 m/s, mientras que en verano y otoño son del suroeste con valores menores o iguales a 5 m/s, con frecuentes calmas (Roden, 1964; Badan-Dagon *et al.*, 1991b; Merriemfield and Winant, 1989; Lavin y Marinone, 2003).

El Golfo de California es un mar con alta productividad primaria (Zeitzschel, 1969; Gaxiola-Castro y Alvarez- Borrego, 1986; Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987), como resultado del continuo transporte de nutrientes hacia la zona eufótica mediante surgencias estacionales (Alvarez- Borrego y Lara-Lara, 1991). Sin embargo, la influencia de las aguas del Océano Pacífico, las características geográficas, topográficas y batimétricas, además de los procesos físicos como mareas, vientos y calentamiento solar, determinan zonas con diferentes condiciones tróficas. Con base en la distribución de fitoplancton, el Golfo se dividió por primera vez en cuatro regiones (Round, 1967): la región al sur de la latitud 25°N; la región central, entre la latitud de 25 y 27°N; la región norte, entre la latitud de 27°N y las grandes islas y la región interior, al norte de las Islas Ángel de la Guarda y Tiburón. La región sur se caracteriza por menor abundancia de fitoplancton; en cambio, en la región norte se han registrado los valores mayores (Álvarez-Borrego y Lara- Lara, 1991).

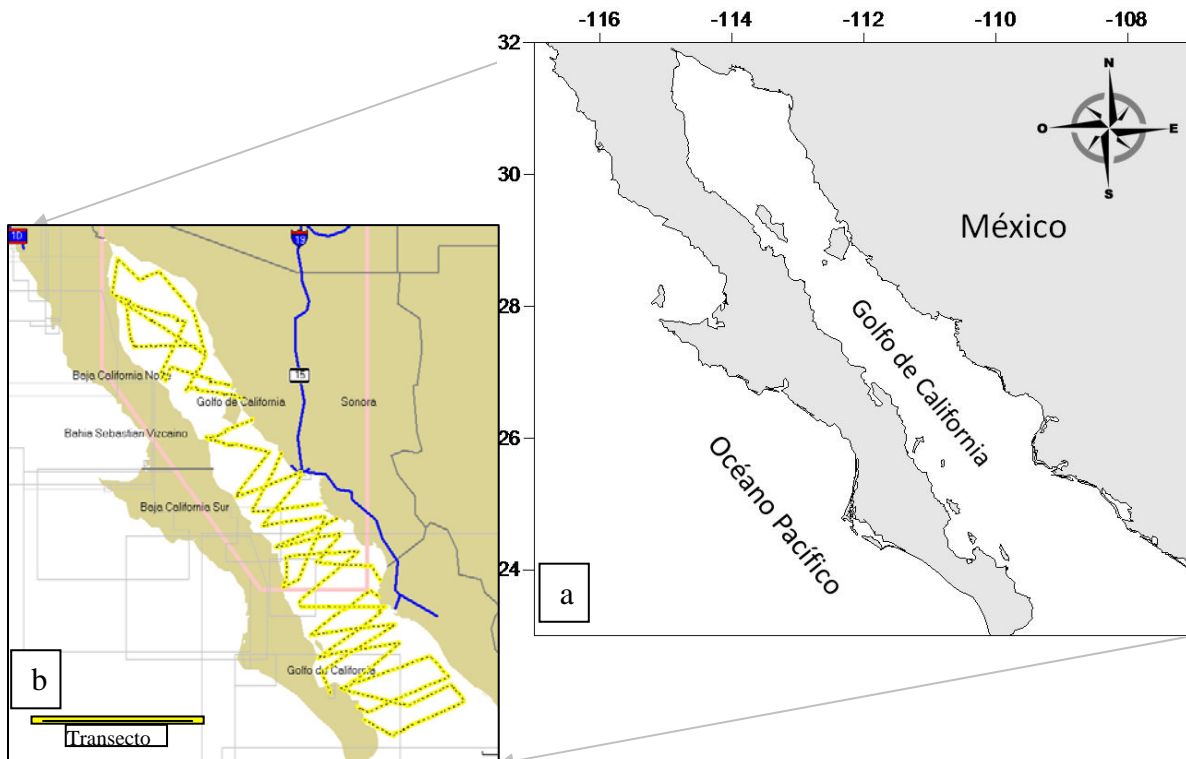


Figura 1: a): Área de estudio y b): mapa de transectos recorridos en el Golfo de California.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1 Análisis de imágenes de satélite.

Los sensores remotos se han convertido en una de las herramientas fundamentales en la investigación marina, desde que empezó su uso en abril de 1960. La puesta en órbita del Programa Observaciones de Satélite por Infrarrojo (TIROS), primer satélite meteorológico TIROS-N, reveló la enorme capacidad de este tipo de sensores para el estudio de la atmósfera, continentes y los océano desde el espacio (IOCCG, 1999).

La observación de la superficie del océano con sensores remotos ha permitido analizar la evolución espacio-temporal de los fenómenos superficiales de micro, meso y macro escala en los océanos, con una mejor resolución espacial, espectral y temporal, con una mayor disponibilidad y bajo costo, con respecto a las observaciones obtenidas en cruceros oceanográficos (White *et al.*, 1990). Las imágenes infrarrojas, del espectro visible (color del mar) y de radar, entre otras, provenientes de sensores de satélite, se utilizan principalmente para estimar la temperatura superficial del mar (TSM), la concentración de clorofilas, vientos sobre la superficie del mar (Gaxiola–Castro y Müller–Karger, 1998).

Se analizaron imágenes quincenales de Temperatura Superficial del Mar (TSM) del sensor NOAA-AVHRR y una composición de imágenes Modis-SeaWiFS de clorofila “a” del Golfo de California, durante los años 2005 a 2006, incluyendo las temporadas de estudio. Todas las imágenes fueron suministradas por Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, en alta resolución (1.1 km. en el nadir), tipo HRPT (High Resolution Picture Transmission) y formato HDF (Hierarchical Data Format).

Se utilizó el sistema WIM (Windows Image Manager), para la obtención de los datos ambientales de las imágenes de TSM y Clorofila “a” las cuales nos ayudan a identificar estructuras oceanográficas de mesoescala en la región del Golfo de

California, como la manifestación de intrusiones de aguas, filamentos , surgencias, así como remolinos ciclónicos y anticiclónicos. Así mismo, estos datos se utilizaron para llevar cabo el análisis estadístico.

Debido a que el Golfo de California presenta una cantidad importante de remolinos se hace énfasis en la dinámica de estas estructuras, siendo que los remolinos anticiclónicos presentan una rotación a favor a las manecillas del reloj y, en los casos en que son influenciados por la rotación terrestre (geostróficos), producen una elevación de la superficie del océano en su centro, que decrece radialmente hacia su borde. Este sentido de rotación genera una convergencia hacia el interior del remolino, lo que resulta en una depresión de la termoclina y un engrosamiento de la capa superficial (Duxbury *et al.* 2000). Tradicionalmente estos remolinos se asocian con temperaturas cálidas, aunque éstas no siempre son mayores a las de su entorno y con bajas densidades fitoplanctónicas (Kitano 1975; Smith y Baker 1985; Morrow *et al.*, 2003; Van Aken *et al.* 2003).

En un remolino ciclónico geostrofico ocurre lo contrario, una depresión de la superficie del océano y un afloramiento de agua subsuperficial hacia la superficie, con una consecuente elevación de la termoclina y un adelgazamiento de la capa superficial (Duxbury *et al.* 2000). Esto hace que los remolinos ciclónicos presenten una temperatura menor a la adyacente (Schmitz y Vastano 1975), una alta concentración de nutrientes y alta densidad fitoplanctónica (Müller-Karger y Fuentes-Yaco 2000; Fiedler 2002; Vaillancourt *et al.* 2003).

La identificación de los giros en las imágenes de satélite se realizó como en estudios previos (Pegau *et al* 2002; López 2005; Zamudio, 2008), en las cuales estos pueden detectarse mediante una mayor o menor concentración de pigmentos en su borde que a la de su entorno, y el sentido del giro se determina observando el origen del giro, que en la mayoría de los casos es en la zona costera con valores de concentración iguales o mayores que en el borde del giro y un final de bajas concentraciones de pigmentos y en muchas ocasiones no se presenta cerrado el

circulo del remolino dando como resultado el sentido del giro. La circulación superficial es inferida de las imágenes de concentración de clorofila “a”, puesto que está comprobada la utilidad de los pigmentos fotosintéticos como trazadores de estructuras mesoescalares (Pegau *et al.* 2002), y que estas imágenes pueden resultar más confiables que las imágenes de temperatura superficial del mar, considerando que en el Golfo de California el intenso calentamiento solar puede eliminar los gradientes de temperatura superficial rápidamente (Paden *et al.* 1991; Pegau *et al.* 2002).

6.2 Distribución y abundancia relativa de ballenas.

Se realizaron dos recorridos aéreos por año en los meses de febrero y junio durante la última semana de cada mes en el 2005 y 2006 (Fig. 1), en una avioneta Cessna de cuatro plazas con 4 horas de autonomía, con tres tripulantes a bordo, 2 observadores y un anotador, se recorrió todo el Golfo de California con un esfuerzo total de 14,717 km recorridos y 179 horas de vuelo; con la finalidad de registrar los cetáceos a lo largo de transectos sistemáticos predefinidos, se voló a una altitud promedio de 900 pies sobre el nivel del mar y a una velocidad promedio de 100 millas por hora. En cada avistamiento se tomaron los datos relativos a su registro como posición, hora del día, especie, número de organismos, comportamiento, etc. Se utilizaron binoculares 7 X 50, para ayudar en la identificación y cuando fue necesario, se interrumpió el transecto (y esfuerzo) para verificar especie, número de organismos y comportamiento, regresando posteriormente al punto de interrupción para continuar con el transecto y esfuerzo. Además se utilizaron cámaras de fotografía digitales y video para confirmar la identificación.

6.3 Mapas de distribución.

De las regionalizaciones anteriores, se aplicó como base la de Arias Aréchiga (1998) para el análisis mensual de fenomenología y distribución de valores de clorofila “a” y TSM, dadas las características de cada región. Posteriormente se utilizó la regionalización propuesta por Lluch Cota y Arias Aréchiga (2000), la cual

como se mencionó, está basada en la distribución de pigmentos fotosintéticos superficiales, ampliándose de cuatro a ocho zonas, para el análisis de la dinámica oceanográfica, valores superficiales de clorofila “a” y TSM por temporadas. Para facilitar la descripción de las zonas, estas se dividieron a su vez en cuatro cuadrantes, en los cuales se tomaron los mínimos y los máximos de concentración de clorofila “a” y TSM, para hacer más representativos dichos valores de cada zona. Se elaboraron mapas de distribución y abundancia relativa de los avistamientos de cetáceos, registrados durante los meses de estudio, con el programa Surfer 7.0. (Golden Software Inc, 1999).

6.4 Análisis de datos.

Se elaboraron tablas de la fenomenología por cada mes y cada zona de estudio especificando número y tipo estructura de mesoescala en los dos años con la finalidad de encontrar el patrón de circulación y duración de la misma. Se hizo un análisis y graficas de los valores máximos de clorofila “a” y TSM, junto con diagramas de dispersión con la finalidad de observar la eventual correlación y tendencia de estas dos variables, también se analizó la abundancia de organismos por mes y zonas de estudio, para observar variación entre las épocas de estudio. También se analizó la relación entre los valores de clorofila “a” y TSM, ballenas (no. org.) y clorofila “a”, ballenas (no. org.) y TSM y porcentaje de organismos con respecto al total observado en cada temporada, presentes en fenómenos de mesoescala en cada temporada de estudio.

Para explorar si la temperatura, concentración de clorofila “a” y fenomenología son factores que afectan la distribución y abundancia de misticetos, se utilizaron análisis de correlación Spearman, esta prueba estadística permite medir la correlación o asociación de dos variables y es aplicable cuando las mediciones se realizan en una escala ordinal. El coeficiente de correlación de Spearman se rige por las reglas de la correlación simple de Pearson y las mediciones de este índice corresponden de + 1 a - 1, pasando por el cero, donde este último significa no

correlación entre las variables estudiadas, mientras que los dos primeros denotan la correlación máxima directa e inversamente proporcional respectivamente. Esta se utilizó para inferir que parámetros ambientales existentes inciden con mayor significancia en la variación de la distribución y abundancia relativa de los misticetos dentro del área de estudio (Zar 1996).

VII. RESULTADOS

7.1 Análisis de la circulación y valores de concentración de clorofila "a" y TSM por regiones mediante imágenes satelitales en el año 2005.

7.1.1 Región norte

La región norte abarcó desde el Delta del Río Colorado hasta la sur de las grandes islas. En el mes de enero se observaron valores altos de Chl "a" en las zonas costeras altas de Sonora y Baja California (BC) y al Noroeste de la Isla Ángel de la Guarda, así como valores bajos en la parte central de la región fluctuando entre 0.37-5.1 mg Chl m⁻³ y una TSM de 16.35-18.30 °C. Por lo anterior se observa una circulación poco definida. En el mes de febrero continuaron las altas concentraciones en la parte costera detectándose un eddie ciclónico al Noroeste del Canal de Ballenas, a través de valores relativamente altos de Chl "a". También se registraron valores relativamente altos en la parte baja del citado canal. En este mes los valores de Chl "a" fluctuaron entre 0.44-5.1 mg.m⁻³ y con TSM de 16.65-18.45 °C. El mes de marzo mostró un aumento muy importante de Chl "a" y un ligero incremento de temperatura en toda la zona con valores entre 0.67-8.4 mg m⁻³ y TSM de 17.85-19.05 °C, respectivamente. En la cual no se observa una, circulación definida. En el mes de abril siguieron las altas concentración de Chl "a" de 0.63-8.7 mg.m⁻³ en la parte costera de BC y Sonora donde se observan dos eddies anticiclónicos a través de altas concentraciones de Chl "a" con valores ligeramente mayores de temperatura, al Noroeste del Canal de Ballenas y una TSM de 18.15-20.85 °C. Para mayo se continua observando la evolución de los dos remolinos observados en el mes anterior con los mismos valores en Chl y un decremento importante en la concentración de pigmentos en las costas continentales así como un incremento al sur de las Grandes Islas altos valores Chl "a" resultando en una variación de 0.46-5.0 mg.m⁻³ en toda la zona. En este mes se observa un incremento de temperatura generalizado con valores de 20.40-23.25 °C. En junio se observó una disminución de la Chl "a" en la parte central de la región norte manteniéndose relativamente altas en las zonas costeras y de las Islas con valores de 0.53-2.69 mg.m⁻³. Se detecta un incremento importante de TSM de 25.95-28.50 °C. Lo anterior denota el inicio de una circulación ciclónica en toda la parte norte del GC (Fig. 3). Durante julio se observan

valores altos de Chl en toda la parte norte y una ausencia de pigmentos en la parte central, los valores fluctúan de 0.19-1.6 mg·m⁻³, con un aumento importante TSM con respecto al mes anterior y valores de 28.95-30.75 °C. Lo anterior describe claramente un remolino ciclónico que ocupa la mayor parte de esta zona a través de la imagen de Chl “a” y con gradientes débiles en la de TSM. Para agosto se observa una estructura similar que la del mes anterior y el remolino registrado se observa menos geométrico. Los valores de pigmentos registrados son de 0.23-0.83 mg·m⁻³ y un ligero aumento generalizado de TSM 30.30-31.80 °C. Al igual que los dos meses anteriores el mes de septiembre presentó la estructura ciclónica con un ligero aumento de pigmentos de 0.26-1.4 mg·m⁻³ y una TSM de 30.60-31.95 °C. Para el mes de octubre se observan valores bajos en la parte central de la zona y altos valores de Chl “a” en toda la parte norte y en el Canal de ballenas. Los valores de pigmentos observados son de 0.30-2.6 mg·m⁻³ y una disminución TSM de 28.65-29.55°C. Se aprecia el debilitamiento de la estructura ciclónica presente en los meses anteriores. Noviembre presenta un ligero aumento en las concentraciones de Chl “a” en la parte central y valores relativamente altos en su entorno, detectándose un eddy anticiclónico mediante gradientes débiles de Chl “a” y temperaturas ligeramente más bajas. Los valores de Chl “a” fluctuaron entre 0.60-3.1 mg·m⁻³ y baja considerable de temperaturas de 24.00-25.95 °C. Para diciembre se observan nuevamente altos valores de pigmentos en toda la zona costera y zona de las Grandes Islas y valores bajos en la parte central, así como también valores bajos de temperatura oscilando entre 17.85-21.45 °C y 0.65-4.6 mg·m⁻³. Por anterior podemos observar un mayor desarrollo del remolino anticiclónico iniciado en el mes anterior (fig. 4).

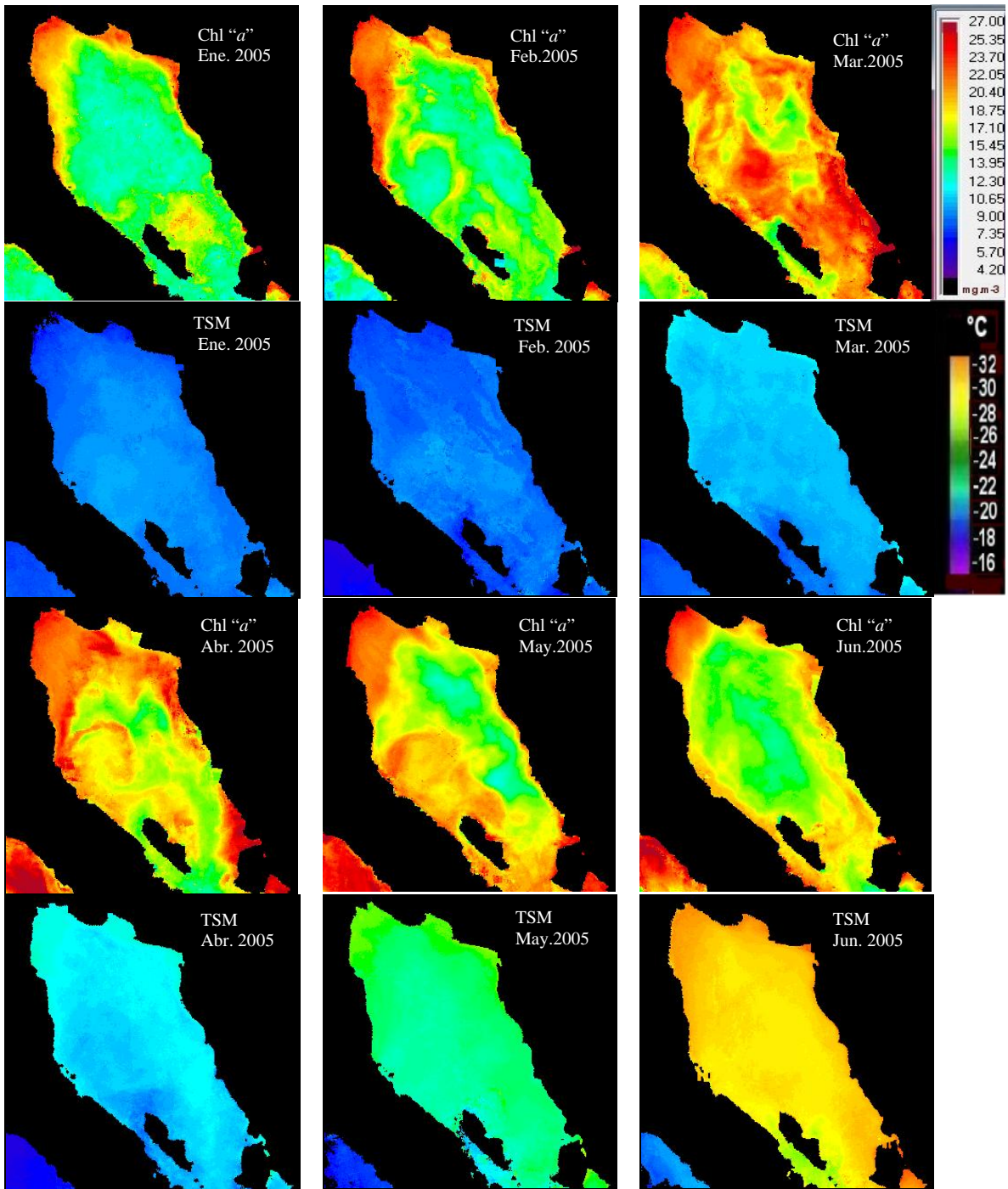


Figura 3. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona norte del Golfo de California durante el primer semestre del año 2005.

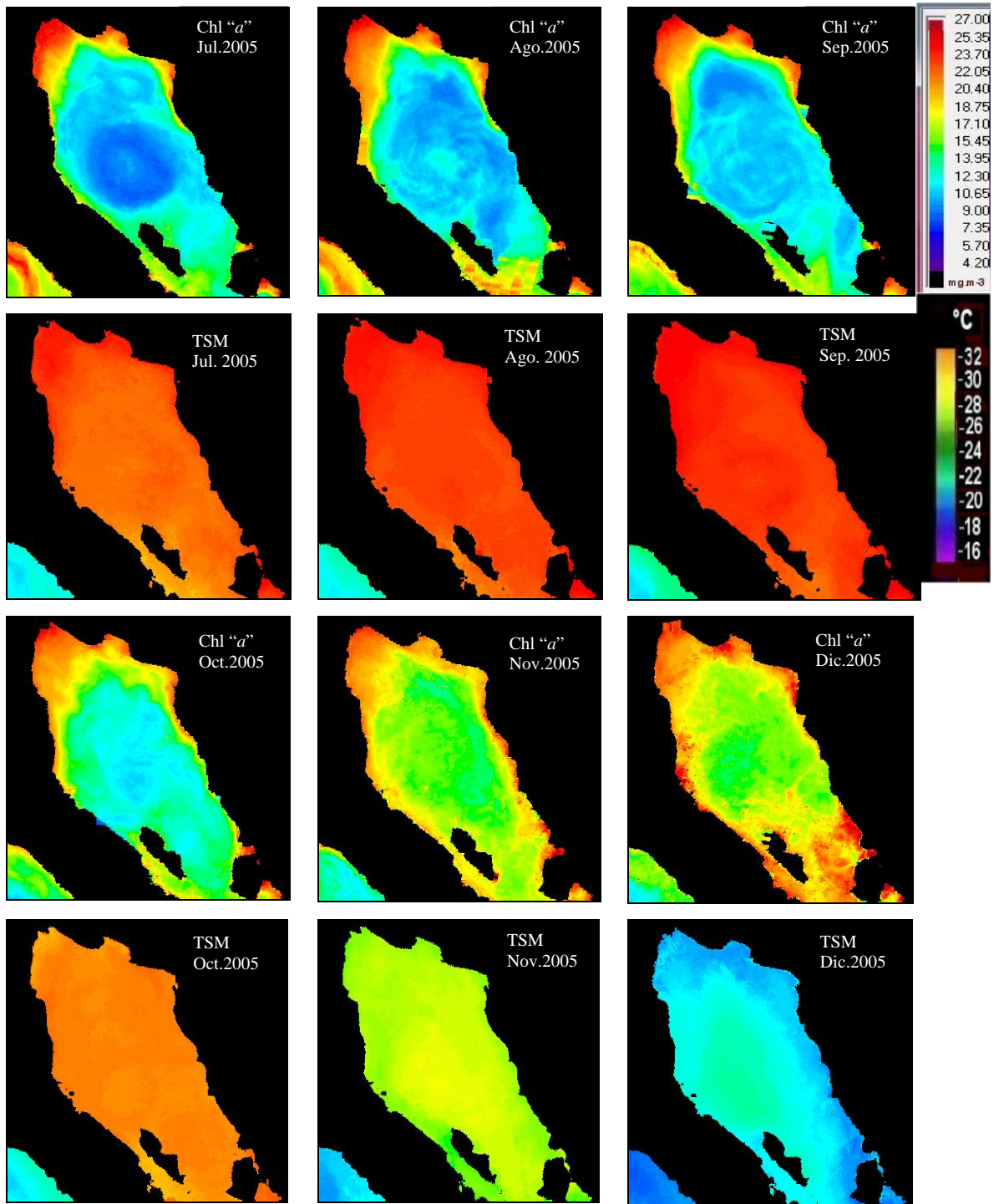


Figura 4. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona norte del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2005.

La tabla uno muestra la cuantificación y rotación de los remolinos por mes observados en la región norte durante el 2005, observándose remolinos anticiclónicos, ciclónicos, los valores mínimos y máximos de concentración de Chl “a”, TSM con respecto al promedio de cada zona y Filamentos de concentración de clorofila “a”.

Tabla 1. Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2005) en la región norte. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).

Meses	Clorofila "a"	TSM	Remolinos	Filamentos	Frecuencia
	Min-Max	Min-Max	A-C-N		
Enero	0.37-5.1	16.35-18.3	0-0-1	0	1
Febrero	0.44-5.1	16.65-18.45	0-1-0	0	1
Marzo	0.62-8.4	17.85-19.05	0-0-1	1	2
Abril	0.63-8.7	18.15-20.85	1-0-0	0	1
Mayo	0.46-5	20.40-23.25	1-0-0	0	1
Junio	0.53-2.6	25.95-28.5	0-1-0	0	1
Julio	0.19-1.6	28.95-30.75	0-1-0	0	1
Agosto	0.23-0.83	30.30-31.8	0-1-0	0	1
Septiembre	0.26-1.4	30.50-31.95	0-1-0	0	1
Octubre	0.30-2.26	28.65-29.55	0-0-1	0	1
Noviembre	0.60-3.1	24.00-25.95	1-0-0	0	1
Diciembre	0.65-4.6	17.85-21.45	1-0-0	0	1
Frecuencia			4-5-3	1	13

De acuerdo a los valores de Chl "a" y TSM observados en el diagrama de dispersión mostraron una clara relación significativa la cual nos indica la eventual correlación entre estas dos variables, (Fig. 5). En las graficas se observa que a menor temperatura se presenta una mayor concentración de Clorofila "a" y viceversa, en la cual podemos observar un ciclo anual con dos temporadas bien definidas, la temporada fría con TSM < 24.98 °C y Chl "a" >3.97 mg·m⁻³ la cual comprende desde los meses de diciembre a mayo en los que se presentan temperaturas bajas una mayor concentración de Clorofila "a" y a partir de junio a noviembre se observan las mayores temperaturas y una consecuente disminución de clorofila "a" caracterizada como temporada cálida con TSM > 24.98 °C y Chl "a" < 3.97 mg·m⁻³ (Fig. 6).

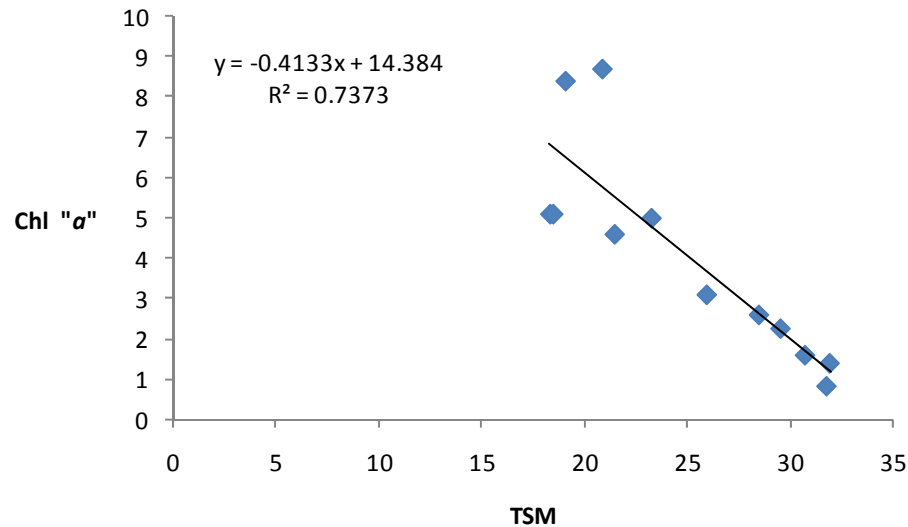


Figura 5: Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila "a" superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2005.

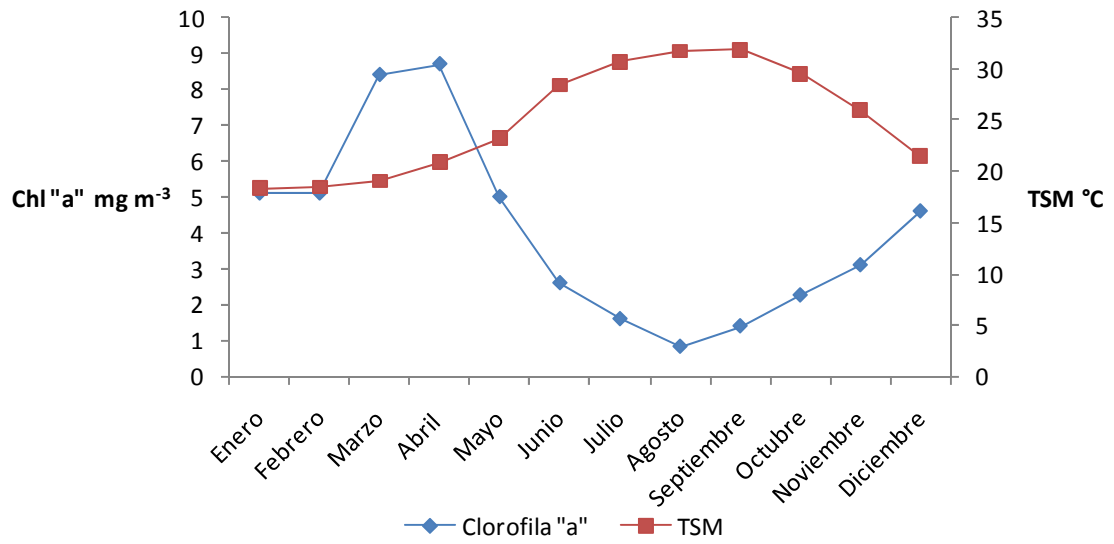


Figura 6: Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila "a" superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2005.

7.1.2 Región centro

La región centro comprendió desde el sur de las Grandes Islas hasta los límites de Sonora y Sinaloa y la Isla San José en Baja California Sur. En el mes de enero se observaron valores bajos de concentración de Chl "a" en toda la zona a excepción de algunas partes costeras de Sonora y Baja California de $0.36-9.3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM de $18.30-19.95^\circ\text{C}$ la cual mostró ciertas inestabilidades asociadas a ligeros valores de Chl "a". En febrero se observó un incremento de concentración de clorofila "a" en la parte costera de Sonora y ligero en la parte central con un aumento de temperatura con valores de Chl "a" $0.63-11.48 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM de 19.05 a 20.25°C . También se observan una serie de inestabilidades al noroeste y al sureste con un remolino ciclónico en la parte central delineado por valores ligeramente más altos de Chl "a" y TSM. Para marzo se presentó un aumento considerable de Chl "a" en toda la costa de Sonora y un transporte de concentración de Chl "a" de costa a costa a través de dos remolinos anticiclónicos delineados por altos valores de pigmentos. También se observó un ligero aumento de TSM en comparación con los meses anteriores con valores de concentración de clorofila "a" de $0.86-13.64 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una temperatura de $18.75-21.00^\circ\text{C}$. En abril se observó un aumento de Chl "a" principalmente en las costas continentales y una serie de filamentos que se desprenden hacia las costas peninsulares y un aumento de TSM en la zona. Los valores fluctuaron entre $0.67-15.66 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ de Chl y una TSM de $18.90-22.65^\circ\text{C}$, no observándose estructuras definidas. En mayo se presentó una fuerte disminución de los valores de Chl "a" en toda la parte Suroeste a excepción de la parte Noroeste y algunas partes de la costa de Sonora. Los valores de Chl "a" y TSM variaron entre $0.32-5.37 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y 22.35 a 24.75°C , respectivamente. Se empiezan a observar los efectos de la intrusión de aguas ecuatoriales reflejada por una disminución en los valores de pigmentos y un aumento de la temperatura. Para junio continuó la disminución de pigmentos en toda la zona y un aumento de TSM, con valores de Chl "a" de $0.21-0.89 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y TSM de $26.10-28.50^\circ\text{C}$. En este mes se aprecian de forma importante la intrusión de aguas ecuatoriales en toda la zona generando dos remolinos ciclónicos detectados por valores ligeramente mayores que su entorno (Fig. 7). Para el mes de julio se continúa la disminución de pigmento pero

observándose en algunas partes costeras con mayor concentración de pigmento en las cuales los valores oscilaron entre $0.15-1.09 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM de $28.65-30.75^\circ\text{C}$. Se observaron dos remolinos ciclónicos a través de valores de Chl "a" ligeramente mayores a su entorno y un leve incremento en su TSM en sus núcleos a pesar de los bajos gradientes que presenta, asociados a la intrusión de aguas ecuatoriales prevalecientes en esta época. En agosto persisten los valores bajos de pigmentos asociados a los efectos de la intrusión de aguas ecuatoriales y un incremento de TSM los cuales presentan una variación de $0.13-0.28 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$, 30.00 a 31.65°C , respectivamente. Lo anterior a excepción de la parte Noroeste de la zona, que corresponde al Sureste de las Grandes Islas. En este mes se continúan observando los grandes remolinos ciclónicos detectados mediante pequeños valores de concentración de pigmentos y gradientes de TSM muy débiles. En septiembre se observó una distribución de Chl "a" muy similar a la del mes anterior, pero a pesar de esto ya no son evidentes los remolinos ciclónicos ni por pigmentos y TSM variando éstos entre $.13-0.86 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y $30.90-31.95^\circ\text{C}$, respectivamente. En el mes octubre se detectó un aumento considerable en las concentraciones de pigmentos en la parte costera continental y al Noroeste de la zona con valores de $0.21-4.07 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una temperatura de $26.70-28.80^\circ\text{C}$. Los efectos de la intrusión de aguas ecuatoriales empiezan a verse menos evidentes registrándose valores muy bajos en la parte media inferior de esta zona y una disminución de TSM en el cual se observa una estructura en forma de onda delimitado por valores muy bajos de concentración de Chl "a" y valores ligeramente mayores de TSM. Noviembre presentó valores muy altos de Chl "a" en las costas de Sonora asociados a temperaturas bajas y un transporte considerable de pigmentos en las costas continentales a las peninsulares debido la presencia de dos remolinos ciclónicos y anticiclónicos que abarcan todo el ancho del golfo y un eddy en la parte Noroeste observados mediante valores altos de pigmentos en su entorno y altas temperaturas en su núcleo. Los valores Chl "a" oscilaron entre $0.53-5.3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM de $20.10-25.20^\circ\text{C}$. Este mes es el último en el que se registra la intrusión de aguas ecuatoriales a la zona. En diciembre se observó una disminución en las concentraciones de pigmentos en toda la zona a excepción de las costas continentales desapareciendo los remolinos observados el

mes anterior, con valores de concentración de Chl "a" de 0.53-4.51 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, y una TSM de 16.80 a 20.40 $^{\circ}\text{C}$ como se puede observar en la (Fig. 8).

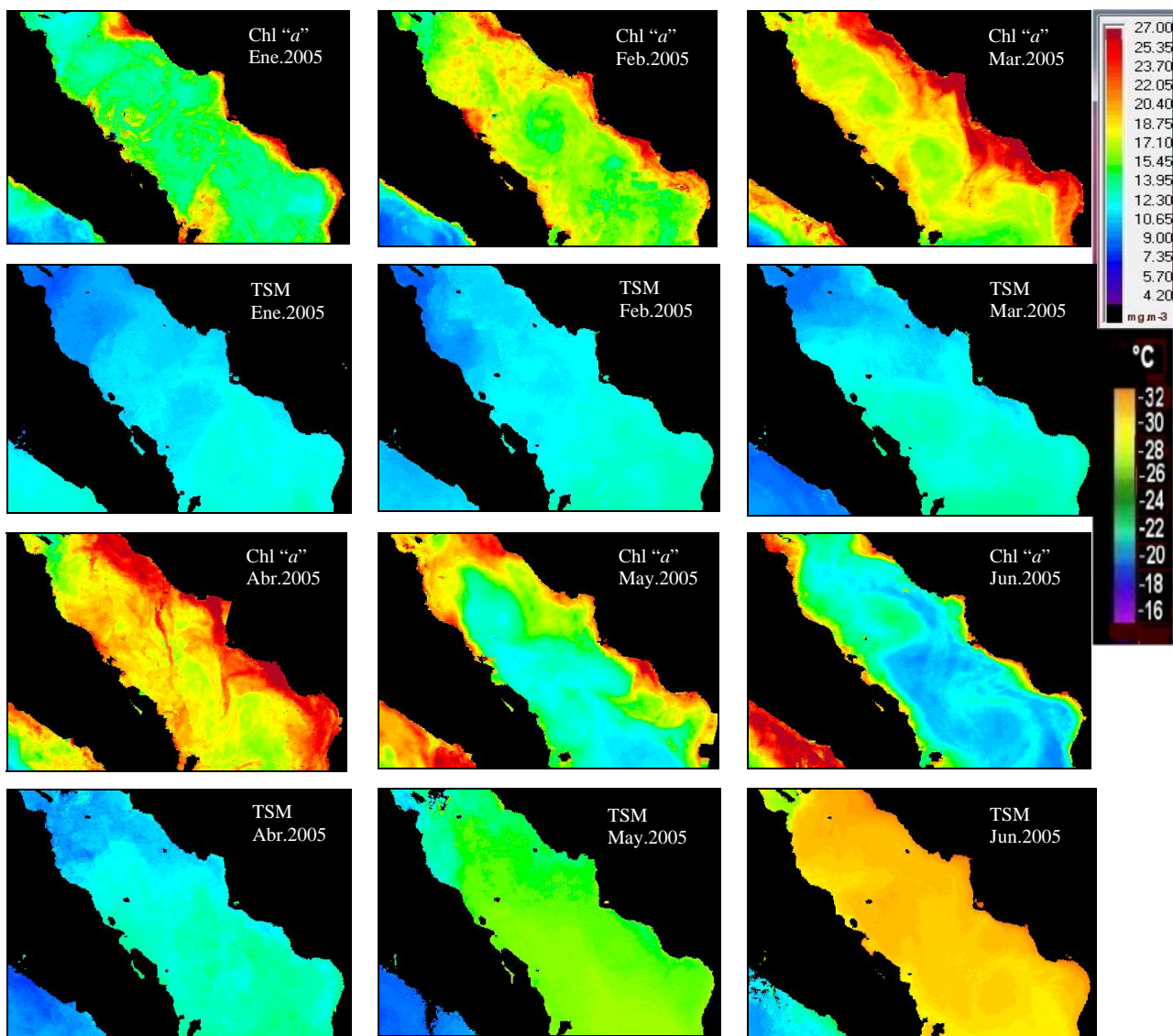


Figura 7. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona centro del Golfo de California durante el primer semestre del año 2005.

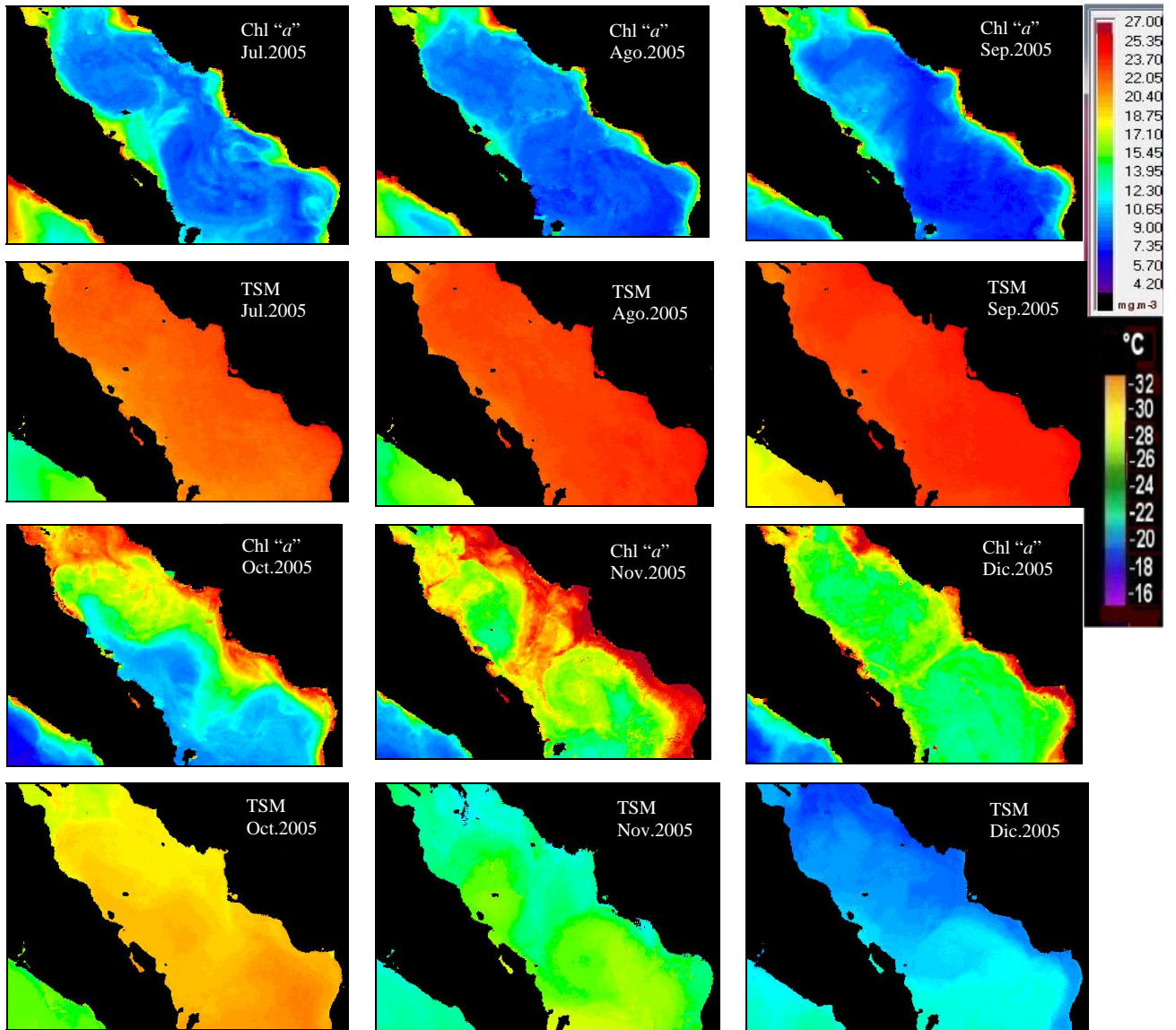


Figura 8. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona centro del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2005.

La tabla dos muestra la cuantificación y rotación de los remolinos por mes observados en la región central durante el 2005, observándose remolinos anticiclónicos, ciclónicos, los valores mínimos y máximos de concentración de Chl “a”, TSM con respecto al promedio de cada zona y Filamentos de concentración de clorofila “a”.

Tabla 2. Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2005) en la región centro. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).

Meses	Clorofila "a"	TSM	Remolinos	Filamentos	Frecuencia
	Min-Max	Min-Max	A-C-N		
Enero	0.36-9.3	18.30-19.95	0-0-1	0	1
Febrero	0.63-11.4	19.05-20.25	0-1-0	1	2
Marzo	0.86-13.64	18.75-21	1-0-0	1	2
Abril	0.67-15.66	18.90-22.65	0-0-1	1	2
Mayo	0.32-5.37	22.35-24.75	0-0-1	0	1
Junio	0.21-0.89	26.10-28.5	0-1-0	0	1
Julio	0.15-1.09	28.65-30.75	0-1-0	0	1
Agosto	0.13-0.28	30.00-31.65	0-1-0	0	1
Septiembre	0.13-0.86	30.90-31.95	0-0-1	0	1
Octubre	0.21-4.07	26.70-28.8	0-0-1	0	1
Noviembre	0.53-5.3	20.10-25.2	1-1-0	0	2
Diciembre	0.53-4.51	16.80-20.4	0-0-1	0	1
Frecuencia			2-5-6	3	16

Al igual que en la parte norte los valores de TSM y Chl "a" en el centro del Golfo de California mostraron una relación significativa entre estas dos variables. En las graficas se observa que a menor temperatura se presenta una mayor concentración de Clorofila "a" y viceversa, siendo los meses de diciembre a mayo los que presentan una mayor concentración de Clorofila "a" y temperaturas bajas con valores Chl "a" > 6.03 mg·m⁻³ y TSM < 25.48 °C, característico de la temporada fría y desde junio a noviembre se observan las mayores temperaturas y una consecuente disminución de clorofila "a" característica de la temporada cálida con TSM > 25.48 °C y Chl "a" < 6.03 mg·m⁻³ (Fig. 9).

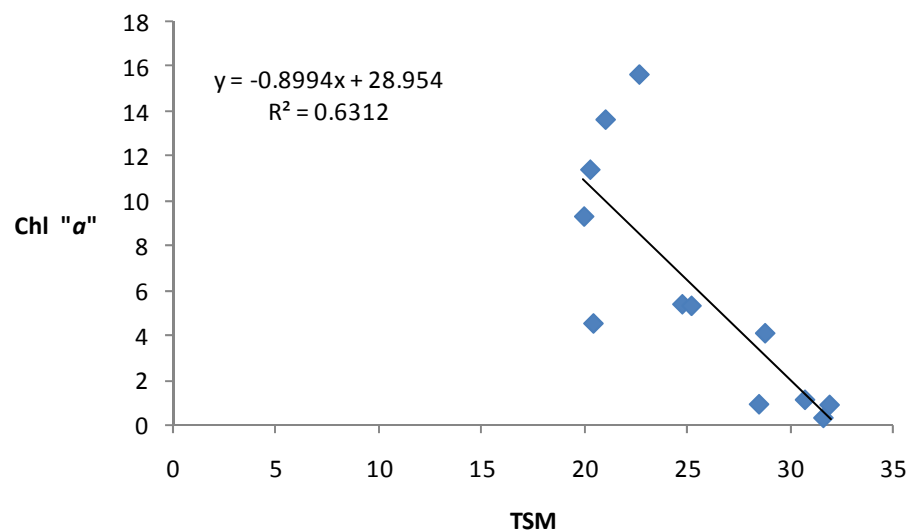


Figura 9: Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila "a" superficial máxima por mes en la región centro del GC en el año 2005.

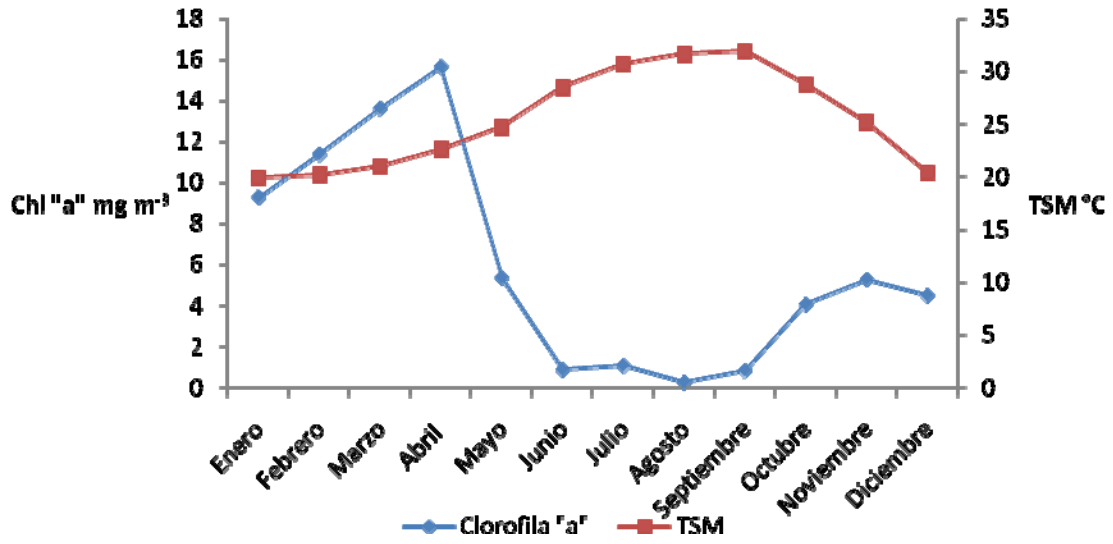


Figura 10: Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila "a" superficial por mes en la zona centro del GC en el año 2005.

7.1.3 Región sur

La región sur del GC la cual comprendió desde los límites de Sonora y Sinaloa Isla San José hasta el norte de Nayarit incluyendo el sur de la Península de BC, en enero se registró valores relativamente bajos de Chl "a" en la mayor parte de esta zona, observándose ligeras variaciones de temperatura entre 0.23-4.6 mg·m⁻³ y una TSM 21.00-23.25°C. Se detectó un acoplamiento de dos remolinos, ciclónico y anticiclónico, frente a la Bahía de la Paz, así mismo, se presentó un tercer gran remolino en la Boca del Golfo, interaccionando entre las zonas oligotróficas del Pacífico y con las de mayores pigmentos propias del interior del golfo. Durante febrero continúa la evolución de las estructuras mesoescalares del mes anterior con valores de TSM similares de entre 20.70-22.80°C y pigmentos de 0.27-5.01 mg·m⁻³. Para el mes de marzo se presentó un incremento de concentración de pigmentos en toda la costa de Sinaloa con valores en toda la zona oscilando entre 0.16-7.58 mg·m⁻³ y una distribución de temperatura similar a la del mes anterior con valores de 20.40 a 22.50 °C. Se registró una intrusión de aguas del Pacífico al interior del golfo frente a las costas peninsulares mediante valores mínimos de concentración de Chl "a" y valores de TSM ligeramente mayores. Frente a la costa sur de Sinaloa se detecta el inicio de la formación de un remolino ciclónico a través de valores de pigmentos relativamente altos en su borde Noroeste y muy bajos en su núcleo. Durante abril se observa la distribución de Chl "a" y TSM similares al mes anterior con valores entre 0.10-8.12 mg·m⁻³ y 19.95-22.95 °C, respectivamente. Se observa plenamente desarrollado el remolino ciclónico frente a la costa sur de Sinaloa a través de valores relativamente altos de pigmentos, así como la influencia del Pacífico al interior del golfo mencionado en el mes anterior mediante valores muy bajos de Chl "a". En mayo se detecta una disminución de pigmentos en la zona y un aumento de temperatura con valores de Chl "a" de 0.09-2.60 mg·m⁻³ y una TSM de 23.40-25.50°C. Esta caída de pigmentos y el incremento de la TSM parecen estar relacionados a los efectos de la intrusión de Agua Superficial Ecuatorial. El mes de junio muestra una distribución similar al mes anterior pero con una disminución importante de pigmentos en las costas de Sinaloa, acompañado de un incremento importante de temperatura en toda la zona, con valores Chl "a" de 0.12-0.98 mg·m⁻³

y una TSM de 22.95-27.45 °C. Estos efectos al igual que en el mes anterior parecen estar relacionados con la intrusión de aguas ecuatoriales a la zona. Así mismo se observa un transporte de altas concentraciones de pigmentos al sur de la Península de BC, del Pacífico al interior del golfo (Fig. 11). Durante el mes de julio continúa la disminución de pigmentos y el aumento de TSM con valores de 0.15-0.43 mg·m⁻³ y 25.65 a 28.65 °C. A pesar de los bajos valores de Chl “a” se puede observar en la Boca del Golfo un gran remolino ciclónico evidenciado por ligeros gradientes de esta variable, acompañado de aguas de menor TSM. En agosto se observan los valores más bajos de pigmentos en el año y un incremento importante de temperatura con valores de 0.09-0.69 mg·m⁻³ y de 29.40 a 31.35 °C, respectivamente. No se observan evidencias del remolino registrado en el mes anterior, pero a pesar de esto continúan los efectos de la intrusión de aguas ecuatoriales registradas en el mes anterior. El mes de septiembre presentó una ligera recuperación de Chl “a” en las costas de Sinaloa registrando altos valores al sur de ella continuando con altos valores de temperatura, con valores de 0.09-1.90 mg·m⁻³ y de 30.45 a 32.85°C, respectivamente. Se observa en la parte central de la Boca del Golfo un remolino anticiclónico a través de valores ligeramente mayores de pigmento y temperatura. Así mismo se localiza un filamento que transporta pigmentos desde la zona costera del sur de Sinaloa a toda la Boca del Golfo. Este filamento originado por la interacción del remolino anticiclónico mencionado anteriormente y un gran remolino ciclónico al sur de este filamento (no mostrado). En octubre se observó un ligero aumento de pigmentos en toda la zona y una disminución de temperatura con valores de 0.14-2.69 mg·m⁻³ y de 27.90 a 29.85 °C, observándose las mismas estructuras que el mes anterior ligeramente desplazadas hacia el Norte, así como un filamento con concentración de Chl “a” ligeramente mayor y baja temperatura hacia el Norte de las costas de Sinaloa. En este mes continúan observándose los efectos de la intrusión de aguas ecuatoriales en la zona, a través de valores bajos de Chl “a”. Noviembre presentó un aumento de las concentraciones de pigmentos en las costas de Sinaloa y un decremento en la temperatura con valores de 0.18-7.85 mg·m⁻³ y de 22.65 a 27.15 °C. El remolino anticiclónico observado en el mes anterior se ha debilitado dejando únicamente los efectos relativos a muy bajas

concentraciones de pigmentos y temperaturas relativamente mayores. El filamento observado en el mes anterior al norte de las costas de Sinaloa se desplazó a las costas peninsulares evolucionando hacia la formación de un remolino ciclónico con una TSM relativamente menor. En diciembre se observó un aumento de las concentraciones de pigmentos en las costas de Sinaloa acompañada de una importante disminución de temperatura, se registraron valores de Chl "a" de 0.56-13.18 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM de 18.00 a 22.80 °C. También se registró un incremento considerable de pigmentos en la Bahía de la Paz, registrándose un eddy ciclónico en su zona oceánica adyacente, a través de valores ligeramente mayores de Chl "a" y una TSM ligeramente menor, propiciándose por todos los procesos involucrados un intercambio de pigmentos entre ambas costas (Fig 12).

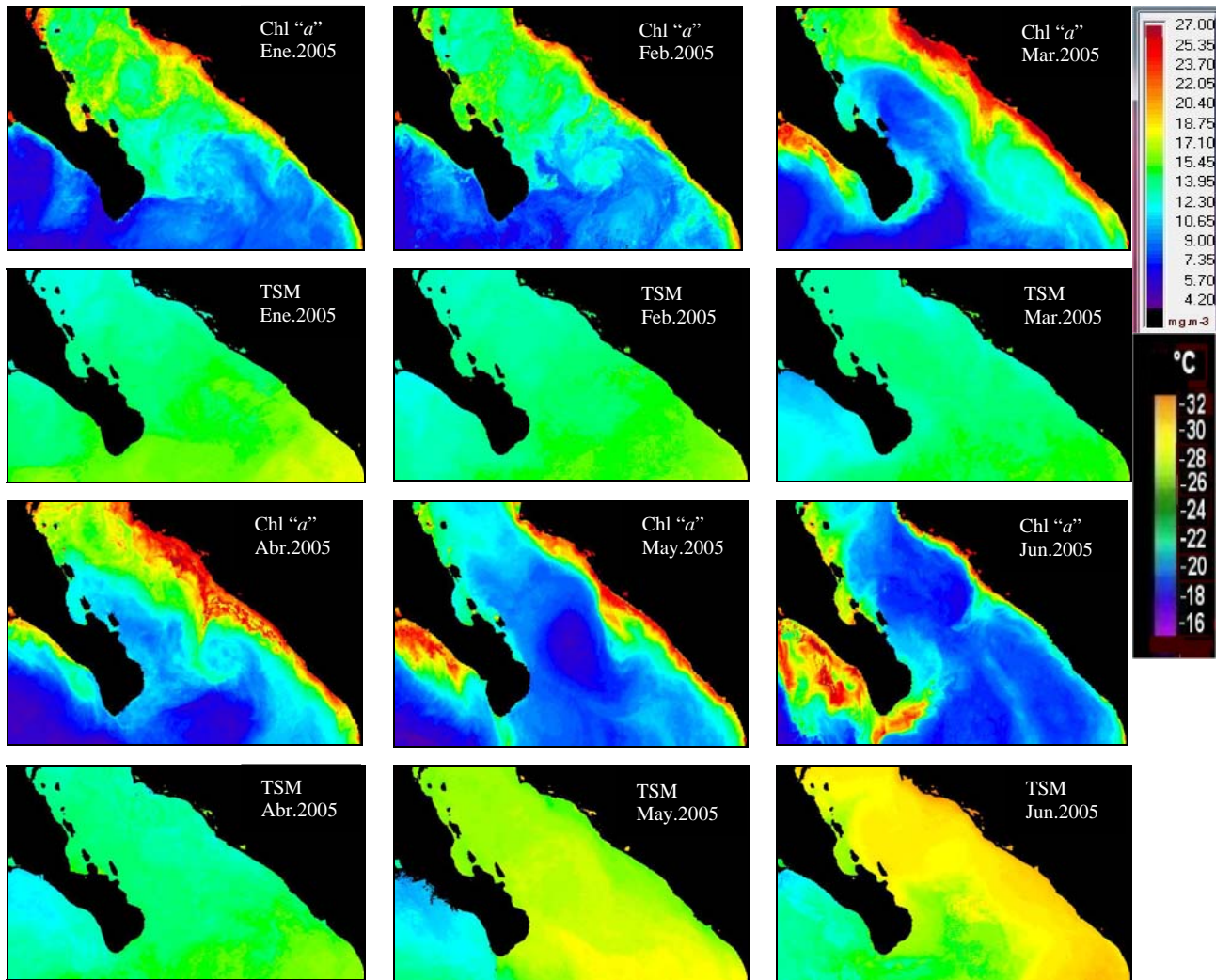


Figura 11. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona sur del Golfo de California durante el primer semestre del año 2005.

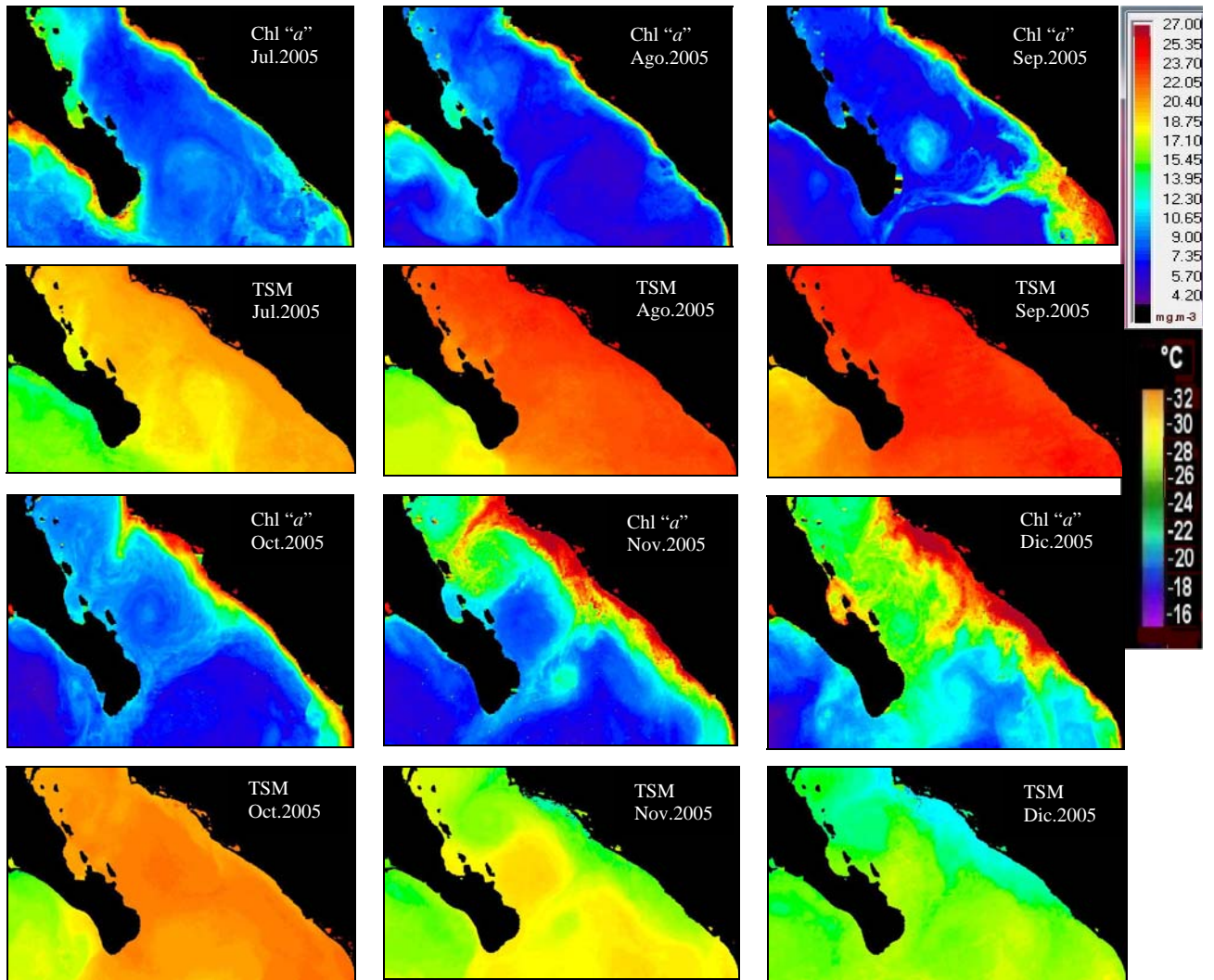


Figura 12. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona sur del Golfo de California durante el primer semestre del año 2005.

La tabla tres muestra la cuantificación y rotación de los remolinos por mes observados en la región sur durante el 2005, observándose remolinos anticiclónicos, ciclónicos, los valores mínimos y máximos de concentración de Chl “a”, TSM con respecto al promedio de cada zona y Filamentos de concentración de clorofila “a”.

Tabla 3. Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2005) en la región sur. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).

Meses	Clorofila "a"	TSM	Remolinos	Filamentos	Frecuencia
	Min-Max	Min-Max	A-C-N		
Enero	0.23-4.6	21.00-23.25	1-1-0	0	2
Febrero	0.27-5.01	20.70-22.8	1-1-0	0	2
Marzo	0.16-7.58	20.40-22.5	0-1-0	0	1
Abril	0.10-8.12	19.95-22.95	0-1-0	0	1
Mayo	0.09-2.6	23.40-25.5	0-0-1	0	1
Junio	0.12-0.98	22.95-27.45	0-0-1	0	1
Julio	0.15-0.43	25.65-28.65	0-1-0	0	1
Agosto	0.09-0.69	29.40-31.35	0-0-1	0	1
Septiembre	0.09-1.9	30.45-32.85	1-1-0	0	2
Octubre	0.14-2.69	27.90-29.85	1-1-0	0	2
Noviembre	0.18-7.85	22.65-27.15	0-1-0	1	1
Diciembre	0.56-13.18	18.00-22.8	0-1-0	0	1
Frecuencia			4-9-3	1	16

Como en los casos anteriores los valores en el análisis de dispersión mostraron una eventual relación significativa (Fig. 13), en los cual los valores observados en la grafica muestran que a mayor temperatura se presenta una menor concentración de Clorofila "a" y viceversa, siendo los meses de noviembre a abril los que presentan una mayor concentración de Chl "a" $> 4.6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM $< 26.42 \text{ }^\circ\text{C}$, caracterizado como una temporada fría , y desde mayo a octubre se observan las mayores temperaturas y una clara disminución de clorofila "a" caraterizada como una temporada cálida con valres de Chl "a" $< 4.6 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM $> 26.42 \text{ }^\circ\text{C}$ (Fig. 14).

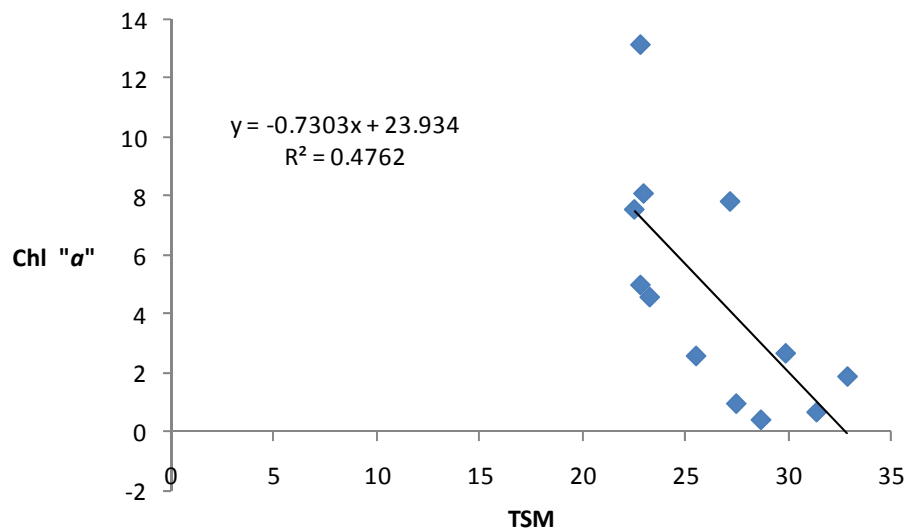


Figura 13: Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila "a" superficial máxima por mes en la región sur del GC en el año 2005.

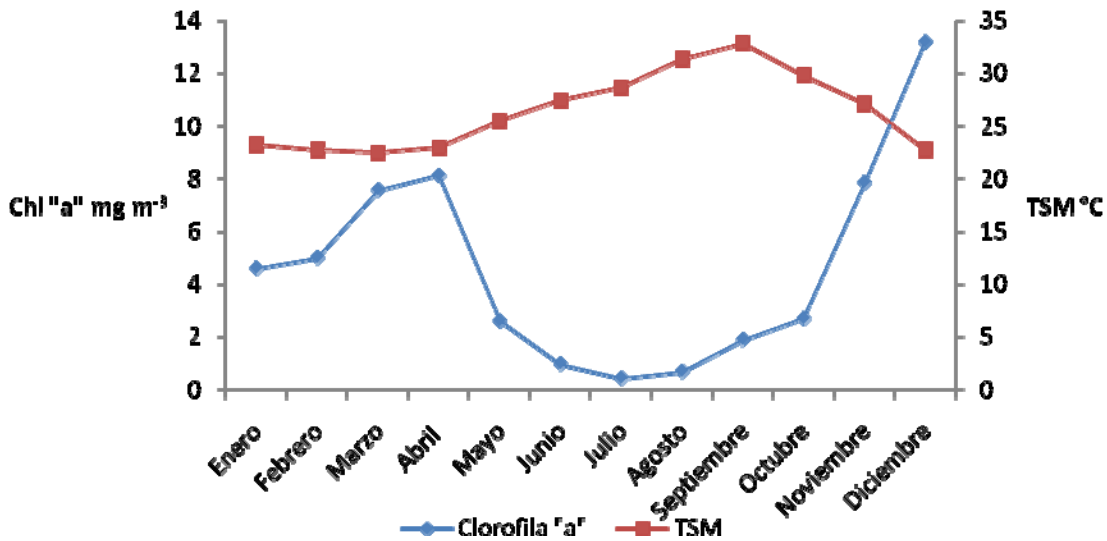


Figura 14: Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila “a” superficial máxima por mes en la zona sur del GC en el año 2005.

7.2 Análisis de circulación y valores de concentración de clorofila “a” y TSM por regiones mediante imágenes satelitales en el año 2006.

7.2.1 Región norte

En el mes de enero, se observan valores altos de Chl “a” en la zona de las Grandes Islas y la zona costera de BC y Sonora y bajos en la parte central, con valores de Chl “a” que fluctúan entre 0.58-6.38 mg·m⁻³ y una TSM de 16.65-18.60 °C. Se detecta la presencia del remolino anticiclónico detectado desde el mes anterior al noroeste del Canal de Ballenas, mediante valores altos de clorofila en su entorno y temperaturas ligeramente mayores. Para el mes de febrero se observó un considerable aumento de las concentraciones de Chl “a” en toda la zona, principalmente en las costas de sonora, con valores de Chl “a” 0.51-18.62 mg·m⁻³ y una ligera disminución en la TSM 15.60-18.45 no registrándose con esta variable la circulación anticiclónica detectada con temperaturas. Se observa claramente la presencia del remolino anticiclónico desarrollado desde meses anteriores en toda la parte norte. En marzo, presenta una disminución en la concentración de Chl “a” entre 0.51-16.21 mg·m⁻³, en la cual ya no se observa la señal de la circulación anticiclónica

y en su lugar se observa 2 eddies anticiclónicos a través de altos valores de concentración Chl "a" y un decremento importante frente a las costas de Sonora. En los remolinos anticiclónicos mencionados se registra valores ligeramente mayores así como un leve incremento de temperatura en toda la zona con valores de TSM de 16.35-17.85 °C. Para el mes de abril se observó un aumento de Chl "a" en la mitad norte de esta zona principalmente en las costas de BC donde se registran muy altos valores y continúa la señal de los eddies anticiclónicos, los valores fluctuaron entre 0.74-8.7 mg·m⁻³. Así mismo se observa un filamento con muy bajos valores de Chl "a" que se origina entre las Islas Tiburón y Ángel de la guarda y que continúa por toda la zona costera de Sonora y que llega hasta el Delta del Rio Colorado. Se observó un aumento en la temperatura en toda la zona con una TSM de 18.75-20.85 °C. En mayo se sigue observando la evolución de los remolinos de los meses anteriores con un incremento de concentración de Chl "a" en donde se encuentran ubicados así como una mayor presencia del filamento detectado el mes anterior a través de bajos valores de pigmentos y registrándose altos valores entre las grandes islas. Se registró un incremento de Chl "a" de 0.68-10.71 mg·m⁻³, con un incremento TSM 19.65-22.95 °C en toda la zona. En junio se observa un decaimiento importante de Chl "a" en toda la zona a excepción de la parte norte y del Canal de Ballenas, con valores de 0.30-1.90 mg·m⁻³, observándose un filamento que se inicia en su parte sur y que continua entre las Grandes Islas y hacia la costa de Sonora registrado a través de valores de alta concentración y de aguas ligeramente frías. La TSM se incremento considerablemente con valores de 25.50-28.50 °C. Esto revela el pleno desarrollo de la circulación ciclónica en esta zona, (Fig. 15). Para el mes de julio continua la distribución similar del mes anterior de Chl "a" con valores entre 0.21-1.30 mg·m⁻³, y un aumento de TSM de 29.55-31.50 °C permaneciendo la circulación ciclónica. En agosto continua la misma distribución que los meses anteriores con valores de Chl "a" y 0.17-1.30 mg·m⁻³ donde se observó plenamente desarrollado el remolino ciclónico que ocupa toda la zona, y un decaimiento de las concentraciones de pigmentos en el Canal de Ballenas y una TSM generalizada e toda la zona de 30.30-31.95 °C. Al igual que los dos meses anteriores en septiembre se presentó una estructura ciclónica con un aumento de la concentración de Chl "a" en la parte norte

de la zona y el Canal de Ballenas con valores de pigmentos entre $0.21-2.26 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una leve disminución de TSM de $29.10-30.60 \text{ }^\circ\text{C}$. En octubre se presentó un aumento en la concentración de pigmentos en la zona norte asociada a una serie de inestabilidades. También se registraron altas concentraciones en el Canal de Ballenas y costas de Sonora, así como valores bajos en la parte central con una disminución de TSM. Los valores de pigmentos observados son de $0.44-4.51 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM de $25.95-27.45^\circ\text{C}$. También se aprecia el debilitamiento de la estructura ciclónica presente en los meses anteriores. Noviembre presenta un ligero aumento en las concentraciones de Chl "a" en la parte central y valores relativamente altos en su entorno y temperaturas ligeramente más bajas. En este mes no se denotó una circulación definida. Los valores de clorofila "a" entre $0.72-4.8 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ con una TSM de $24.00-25.35 \text{ }^\circ\text{C}$. Para diciembre se empezó a observar una circulación anticiclónica con una concentración de Chl "a" alta en la zona norte y una disminución en el Canal de Ballenas y porción central con valores de pigmentos de $0.47-5.3 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una Temperatura superficial del mar de $18.30-21.10 \text{ }^\circ\text{C}$. (Fig. 16).

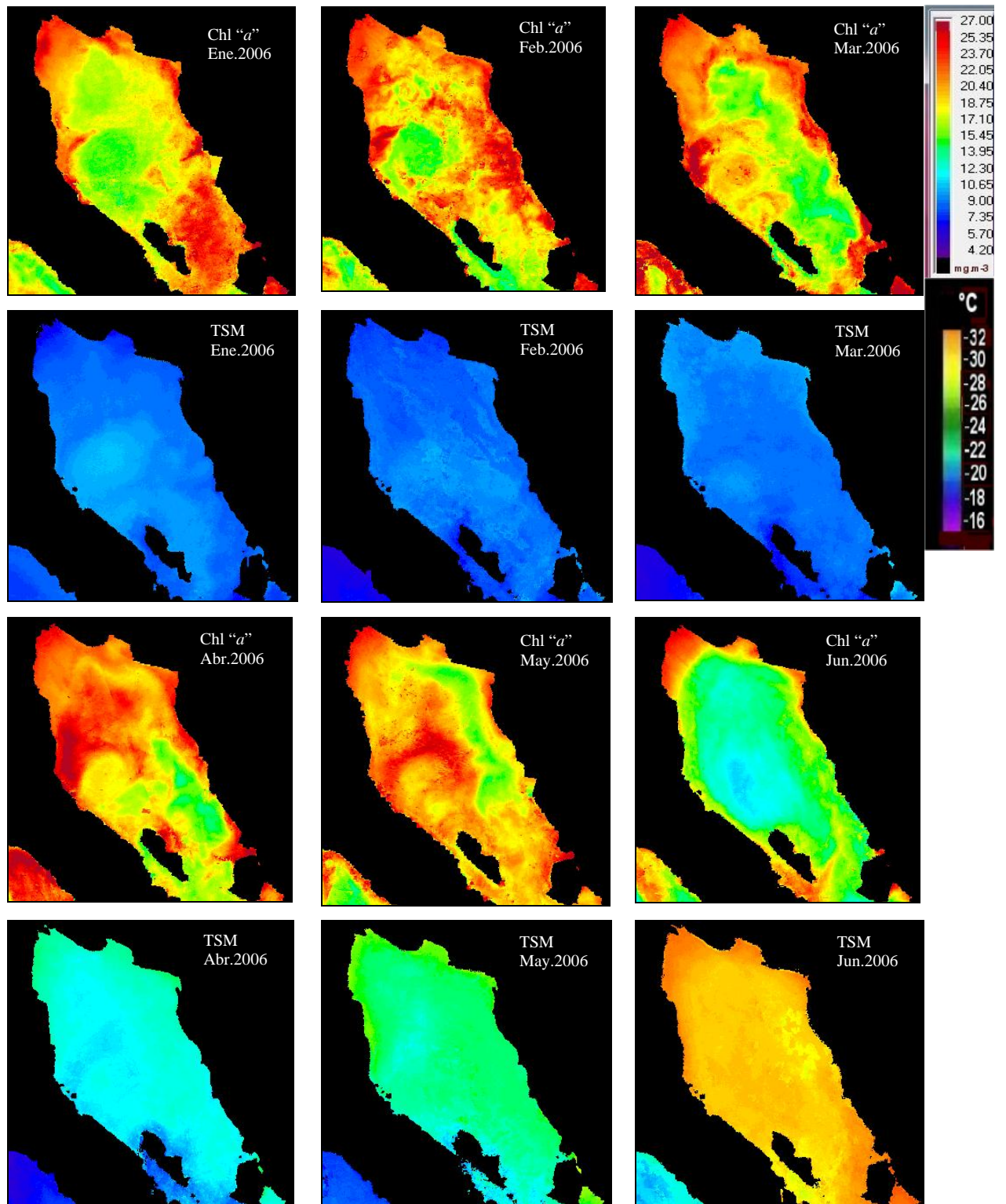


Figura 15. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona norte del Golfo de California durante el primer semestre del año 2006.

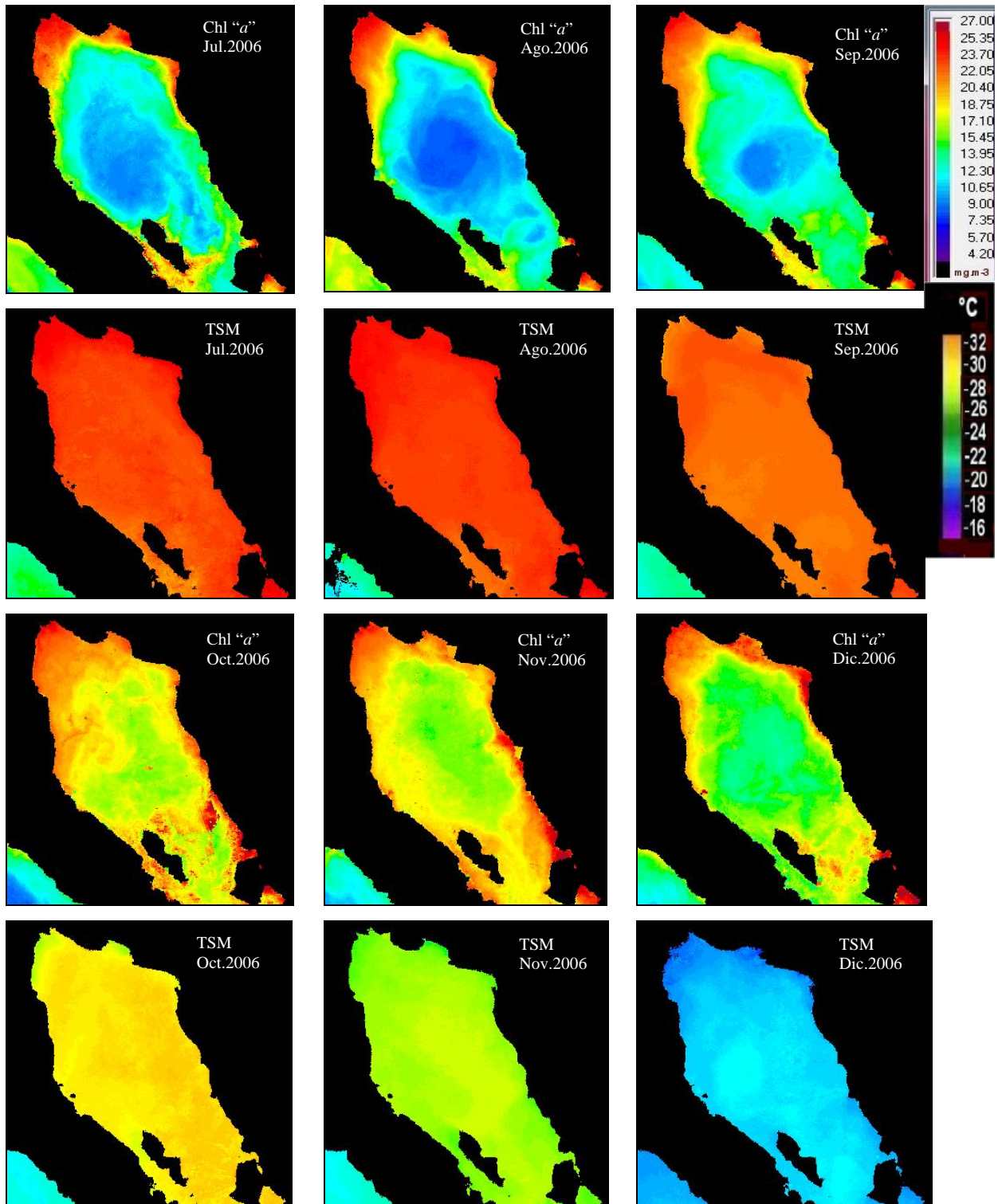


Figura 16. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona norte del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2006.

La tabla cuatro muestra la cuantificación y rotación de los remolinos por mes observados en la región norte durante el 2006, observándose remolinos anticiclónicos, ciclónicos, los valores mínimos y máximos de concentración de Chl “a”, TSM con respecto al promedio de cada zona y Filamentos de concentración de clorofila “a”.

Tabla 4. Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2006) en la región norte. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).

Meses	Clorofila "a"	TSM	Remolinos	Filamentos	Frecuencia
	Min-Max	Min-Max	A-C-N		
Enero	0.58-6.38	16.65-18.6	1-0-0	0	1
Febrero	0.51-18.62	15.60-18.45	1-0-0	0	1
Marzo	0.51-16.21	16.35-17.85	1-0-0	1	2
Abril	0.74-8.7	18.75-20.85	1-0-0	0	1
Mayo	0.68-10.71	19.65-22.95	1-0-0	0	1
Junio	0.30-1.9	25.50-28.5	0-1-0	0	1
Julio	0.21-1.3	29.55-31.5	0-1-0	0	1
Agosto	0.17-1.3	30.30-31.95	0-1-0	0	1
Septiembre	0.21-2.26	29.10-30.6	0-1-0	0	1
Octubre	0.44-4.51	25.95-27.45	0-0-1	0	1
Noviembre	0.72-4.8	24.00-25.35	0-0-1	0	1
Diciembre	0.47-5.3	18.30-20.1	1-0-0	0	1
Frecuencia			6-4-2	1	13

En esta región norte para el 2006 la eventual correlación entre los valores de Chl "a" y TSM en el diagrama de dispersión mostraron una relación significativa al igual que en el 2005 (Fig. 17), en los cuales se observa claramente que a mayor temperatura se presenta una menor concentración de Clorofila "a" y viceversa, siendo los meses de enero a mayo los que presentan una mayor concentración de Chl "a" $> 6.8 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y TSM bajas $< 24.51 \text{ }^\circ\text{C}$ la cuales se puede caracterizar como una temporada fría , y en los meses de junio a noviembre, se observan las mayores temperaturas y una clara disminución de clorofila "a" con valores de Chl "a" $< 6.8 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM $> 24.51 \text{ }^\circ\text{C}$ caracterizados como una temporada cálida (Fig. 18).

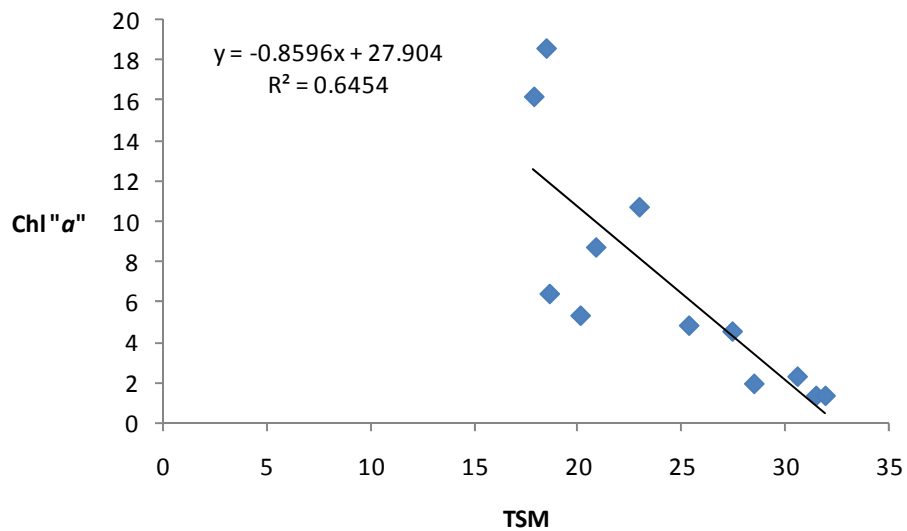


Figura 17: Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila "a" superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2006.

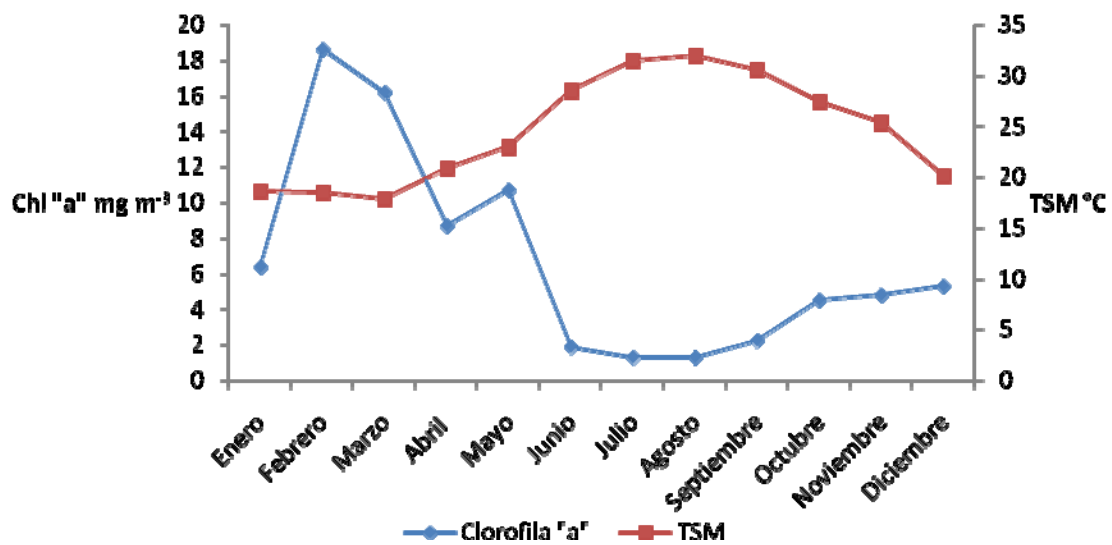


Figura 18: Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila "a" superficial máxima por mes en la zona norte del GC en el año 2006.

7.2.2 Zona centro

En enero se observan bajas concentraciones de pigmentos en la mayor parte del golfo registrándose áreas de alta concentración en las costas de Sonora y en partes de la Península de BC detectándose un intercambio de Chl "a" entre las dos costas a través de una serie de remolinos ciclónicos y anticiclónicos, identificados mediante altas concentraciones de Chl "a" en su entorno y ligeros gradientes de TSM en su núcleo. Los valores de concentración de Chl "a" fluctuaron entre 0.58-7.07 mg·m⁻³ y TSM entre 16.35-18.75°C. En febrero se observa un aumento de concentraciones de pigmentos en toda la costa de Sonora y el mismo patrón de distribución de remolinos que el mes anterior continuando el intercambio de Chl "a" 0.51-23.08 mg·m⁻³ entre ambas costas con un ligero aumento de temperatura en toda la zona con valores desde los 15.90-19.35°C. En marzo se observó una ligera disminución de pigmentos al norte de la zona costera continental y un aumento hacia el sur tanto en la parte continental como peninsular continuando el intercambio de Chl "a". Sobre sale la estructura de un remolino anticiclónico perfectamente bien delineado ocupando casi todo el ancho del golfo y con muy bajos valores de pigmentos y una temperatura ligeramente mayor. Los valores oscilaron entre 0.52-14.12 mg·m⁻³ con TSM de 17.55 a 20.70 °C. Durante abril se presentó un incremento considerable de Chl "a" en la mayor parte de esta zona y continúa, como en los meses anteriores, un intercambio de pigmentos entre ambas costas a través de remolinos entre 0.36-23.40 mg·m⁻³. Permanece la evolución del remolino anticiclónico de muy baja concentración en la parte sur y una elevación de la TSM en la parte media baja de entre 18.30-21.00°C. En mayo se observó una disminución muy importante de pigmentos así como un incremento de temperatura generalizado en la mayor parte de la zona, restringiéndose las altas concentraciones de pigmentos a la parte noroeste, con valores de Chl "a" de 0.31-2.3 mg·m⁻³ y una temperatura superficial de 23.70-25.65°C. La distribución anterior refleja una importante interacción entre las Aguas Ecuatoriales que entran al golfo y las aguas propias del golfo ricas en pigmentos durante esta época. En junio se presentó un fuerte decremento de concentración de Chl "a" y una elevación de la temperatura en toda la zona registrándose valores de Chl "a" de 0.27-1.90 mg·m⁻³ con una TSM de 28.05-

30.60°C. (Fig. 19) presentándose la intrusión de aguas ecuatoriales en zona. En el mes de julio continuo la disminución de pigmentos a valores mínimos en la parte central de la zona hubo y un aumento de temperatura registrándose valores de Chl "a" de 0.14-1.39 mg·m⁻³ y temperaturas superficiales de 30.00-31.95°C, detectándose todavía los fuertes efectos de la intrusión de aguas ecuatoriales. En el mes de agosto se presentaron las mínimas concentraciones de Chl "a" y las mayores en TSM de este año con valores de entre, 0.14-0.83 y 30.45 a 32.25, respectivamente y manteniéndose altas concentraciones en la parte costera al noroeste de esta zona. En septiembre hubo una ligera recuperación de pigmentos principalmente en la zona costera y un ligero decremento en la temperatura superficial con valores de, 0.15-0.92 mg·m⁻³ y 30.15 a 31.95 °C, aun se observan los efectos de la intrusión. En octubre se observó un importante aumento de la concentración de pigmentos al noroeste de la zona y en la parte costera de Sonora y valores mínimos al sur, detectándose un decremento en la temperatura al norte con valores de Chl "a" 0.16-7.8 mg·m⁻³ y una TSM de 27.15 a 29.70°C, este mes es el ultimo que en el que se registra los efectos de las intrusiones. En el mes de noviembre se inicia una recuperación de la concentración de pigmentos en casi toda la zona del sureste la cual todavía registra valores bajos. Se detecta la presencia de un eddy ciclónico a través de altos valores de Chl "a" de 0.51-10.35 mg·m⁻³ y bajas temperaturas entre 25.05 a 26.85°C. En diciembre se observó una recuperación en toda la zona con una serie de inestabilidades las cuales provocan un intercambio de concentraciones entre costas con valores de Chl "a" entre 0.51-6.35 mg·m⁻³ y observándose una importante disminución de la temperatura en la parte norte de la zona con valores que fluctúan entre 22.20 y 25.20°C,(Fig. 20).

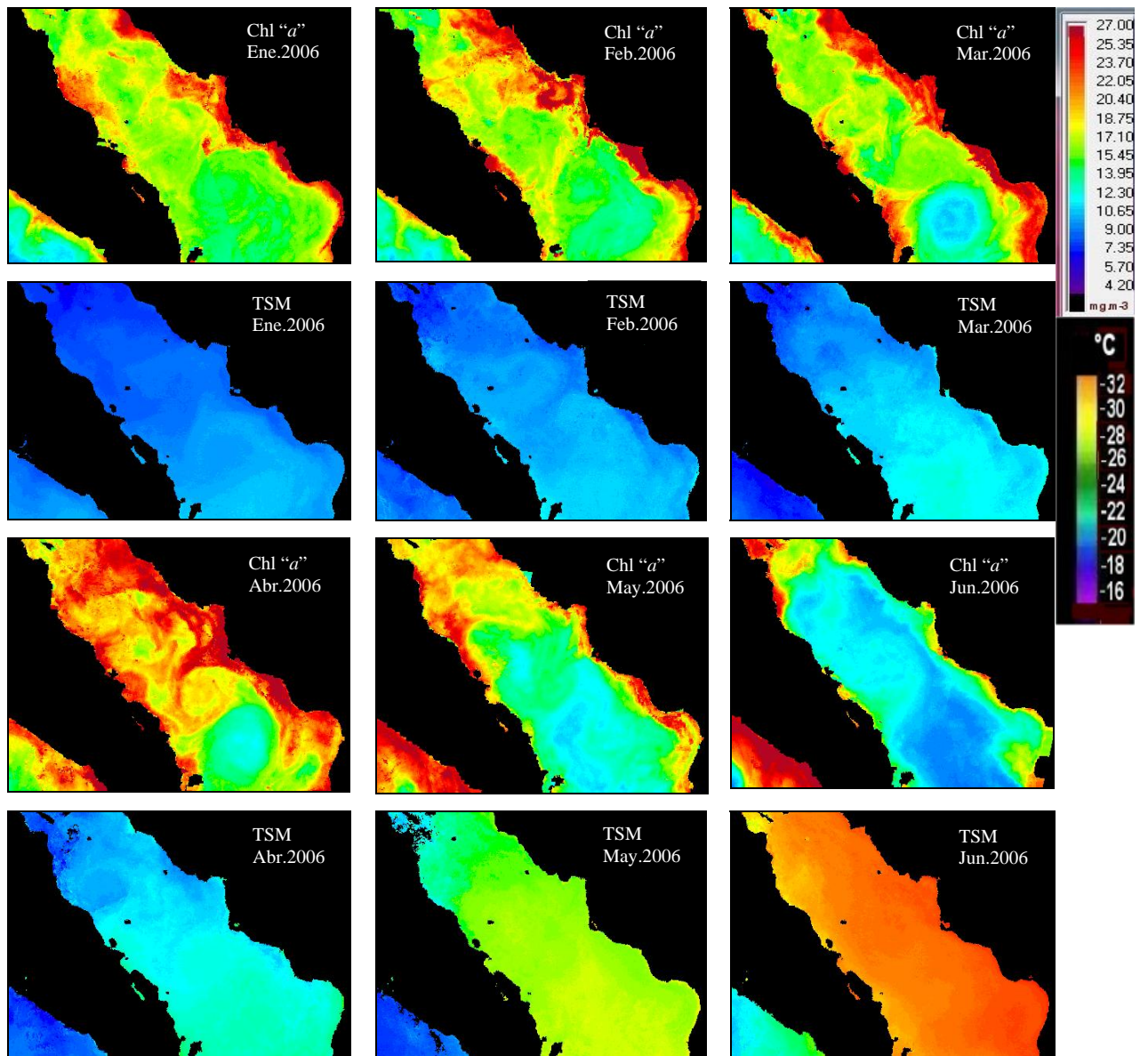


Figura 19. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona centro del Golfo de California durante el primer semestre del año 2006.

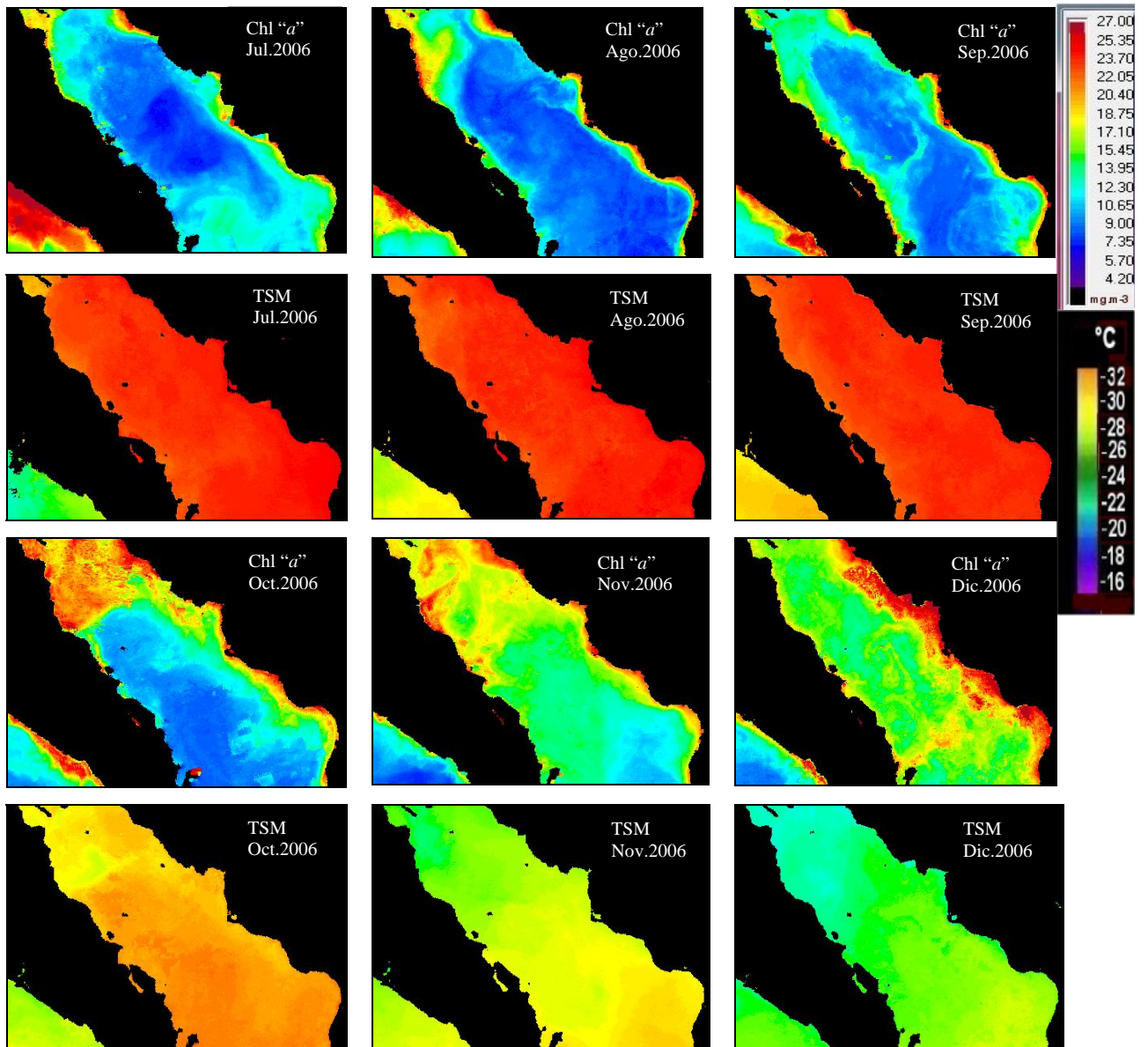


Figura 20. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona centro del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2006.

La tabla cinco muestra la cuantificación y rotación de los remolinos por mes observados en la región centro durante el 2006, observándose remolinos anticiclónicos, ciclónicos, los valores mínimos y máximos de concentración de Chl “a”, TSM con respecto al promedio de cada zona y Filamentos de concentración de clorofila “a”.

Tabla 5. Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2006) en la región centro. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).

Meses	Clorofila "a"	TSM	Remolinos	Filamentos	Frecuencia
	Min-Max	Min-Max	A-C-N		
Enero	0.58-7.09	16.35-18.75	1-0-0	0	1
Febrero	0.51-23.08	15.90-19.35	1-0-0	0	1
Marzo	0.52-14.12	17.55-20.7	1-0-0	1	2
Abril	0.36-23.4	18.30-21.1	1-0-0	0	1
Mayo	0.31-2.3	23.70-25.65	1-0-0	0	1
Junio	0.27-1.9	28.05-30.6	0-1-0	0	1
Julio	0.14-1.39	30.00-31.95	0-1-0	0	1
Agosto	0.14-0.83	30.45-32.25	0-1-0	0	1
Septiembre	0-15-0.92	30.15-31.95	0-1-0	0	1
Octubre	0.16-7.8	27.15-29.7	0-0-1	1	2
Noviembre	0.51-10.35	25.05-26.85	0-0-1	1	2
Diciembre	0.51-6.35	22.20-25.2	1-0-0	1	2
Frecuencia			6-4-2	4	16

En la región centro los valores de Chl “a” y TSM en el diagrama de dispersión mostraron una correlación significativa (Fig. 21), en la grafica se observa claramente que a mayor temperatura se presenta una menor concentración de Clorofila “a” y viceversa, siendo los meses de octubre a abril los que presentan una mayor concentración de Chl “a” $> 8.29 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y TSM bajas $< 26.17 \text{ }^\circ\text{C}$ la cuales se puede caracterizar como una temporada fría , y en los meses de mayo a septiembre, se observan las mayores temperaturas y una clara disminución de clorofila “a” con valores de Chl “a” $< 8.9 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM $> 26.17 \text{ }^\circ\text{C}$ caracterizados como una temporada cálida (Fig. 22).

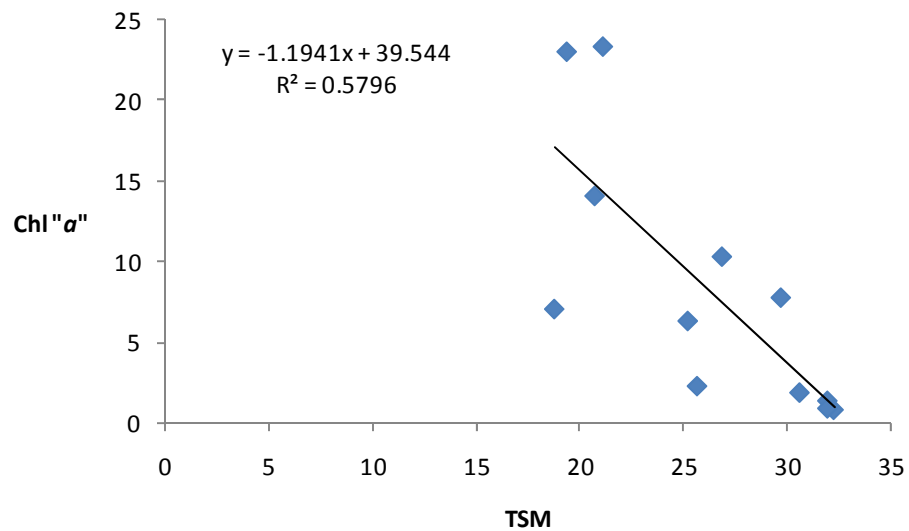


Figura 21: Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila “a” superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2006.

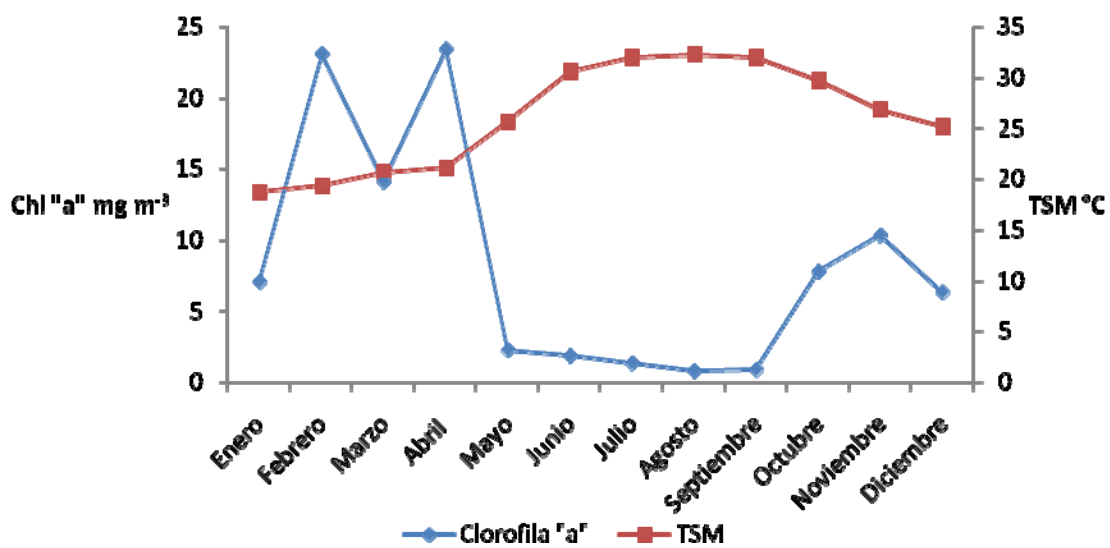


Figura 22: Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila "a" superficial máxima por mes en la zona centro del GC en el año 2006.

7.2.3 Zona sur

En enero se presentaron altos valores de Chl "a" y bajos de TSM en las costas de Sinaloa con valores de $0.49-9.33 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y $19.05-22.35^\circ\text{C}$, respectivamente. Persiste la estructura ciclónica detectada enfrente de las costas peninsulares pero ahora acoplado a una estructura anticiclónica en su parte sur detectándose a través de valores ligeramente mayores de pigmentos y de temperaturas ligeramente frías. En febrero se incrementaron los pigmentos en la zona costera de Sinaloa persistiendo en su mayor parte las temperaturas registradas en el mes anterior con valores de "a" $0.67-11.09 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y temperaturas de $18.75-21.45^\circ\text{C}$, manteniéndose el acoplamiento de remolinos presentes en meses antes mencionados. Para el mes de marzo presentó una ligera disminución en los valores de Chl "a" principalmente en las costas de Sinaloa y un leve aumento de TSM en la parte sur de esta zona con valores de entre $0.16-15.66 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y $18.90-22.65^\circ\text{C}$, respectivamente. En este mes tienden a desaparecer las estructuras ciclónica y anticiclónica detectadas en meses anteriores enfrente de la Bahía de la Paz. En abril aumenta nuevamente la concentración de pigmentos en las costas de Sinaloa acoplada a un ligero aumento de temperatura, observándose un transporte de concentraciones de Chl "a" de las costas continentales a las peninsulares con valores de entre $0.49-2.42 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y de 20.40 a 23.25°C , respectivamente. Se observa un acoplamiento de remolinos ciclónico y anticiclónico de grandes dimensiones en la Boca del Golfo detectados mediante bajas concentraciones de pigmentos y una temperatura ligeramente mayor que las del mes anterior, asociados al posible inicio de la intrusión de aguas ecuatoriales. En mayo se presenta una caída muy importante de Chl "a" y un incremento de TSM en toda la zona con valores de entre $0.17-1.25 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y $26.25-27.45^\circ\text{C}$ respectivamente. Se observa plenamente la intrusión de aguas ecuatoriales mediante valores bajos de pigmentos y una mayor temperatura. En junio se aprecia una distribución similar de pigmentos a la del mes anterior y un incremento de la temperatura de $0.18-0.98 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y $28.05-31.50^\circ\text{C}$, respectivamente. Se observa una serie de inestabilidades en toda la zona detectadas a través de ligeros gradientes de Chl "a" y TSM (Fig. 23). En julio persisten los valores bajos de pigmentos y un incremento de temperatura variando entre $0.16-0.49 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y $30.00-32.40^\circ\text{C}$,

respectivamente. No se observan remolinos ni inestabilidades posiblemente debido a que no hay o no son observables a la falta de pigmentos o gradientes de temperatura. Sin embargo se detectan los efectos de la intrusión de aguas oligotróficas ecuatoriales. En agosto continúa el desarrollo de valores muy bajos de pigmentos y de incrementos de temperatura con valores de $0.07-0.95 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y $29.49-32.10 \text{ }^\circ\text{C}$, continuando los efectos de la intrusión de aguas del Pacífico. Para el mes de septiembre se mantiene la distribución muy similar que en el mes anterior detectándose un ligero incremento de altas concentraciones de Chl "a" en las costas de Sinaloa con valores de $0.08-0.60 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y de $29.25-31.65 \text{ }^\circ\text{C}$. No se observa ninguna circulación definida continuando los efectos intrusivos ya mencionados. En octubre se detecta las mayores TSM de este año con valores de $0.08-2.42 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ $30.60-32.10^\circ\text{C}$, respectivamente. También se observa una disminución de concentración de Chl "a", principalmente en las costas peninsulares registrándose los mínimos valores de todas las épocas de estudio. En noviembre persisten los valores bajos de pigmentos y una disminución de temperatura con respecto al mes anterior con valores de $0.14-3.54 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y 27.00 a $28.05 \text{ }^\circ\text{C}$, continuando los efectos de la intrusión de aguas del Pacífico detectándose la presencia de un remolino ciclónico a través de débiles gradientes de pigmentos y temperatura. Para diciembre se inicia la recuperación de los pigmentos en esta parte costera de Sinaloa. Se presenta un gran aumento de Chl "a" en las en la costa de Sinaloa con un gran giro ciclónico en la boca del Golfo de California con una concentración de $0.10-3.09 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM de 24.30 a $26.85 \text{ }^\circ\text{C}$, (Fig. 24).

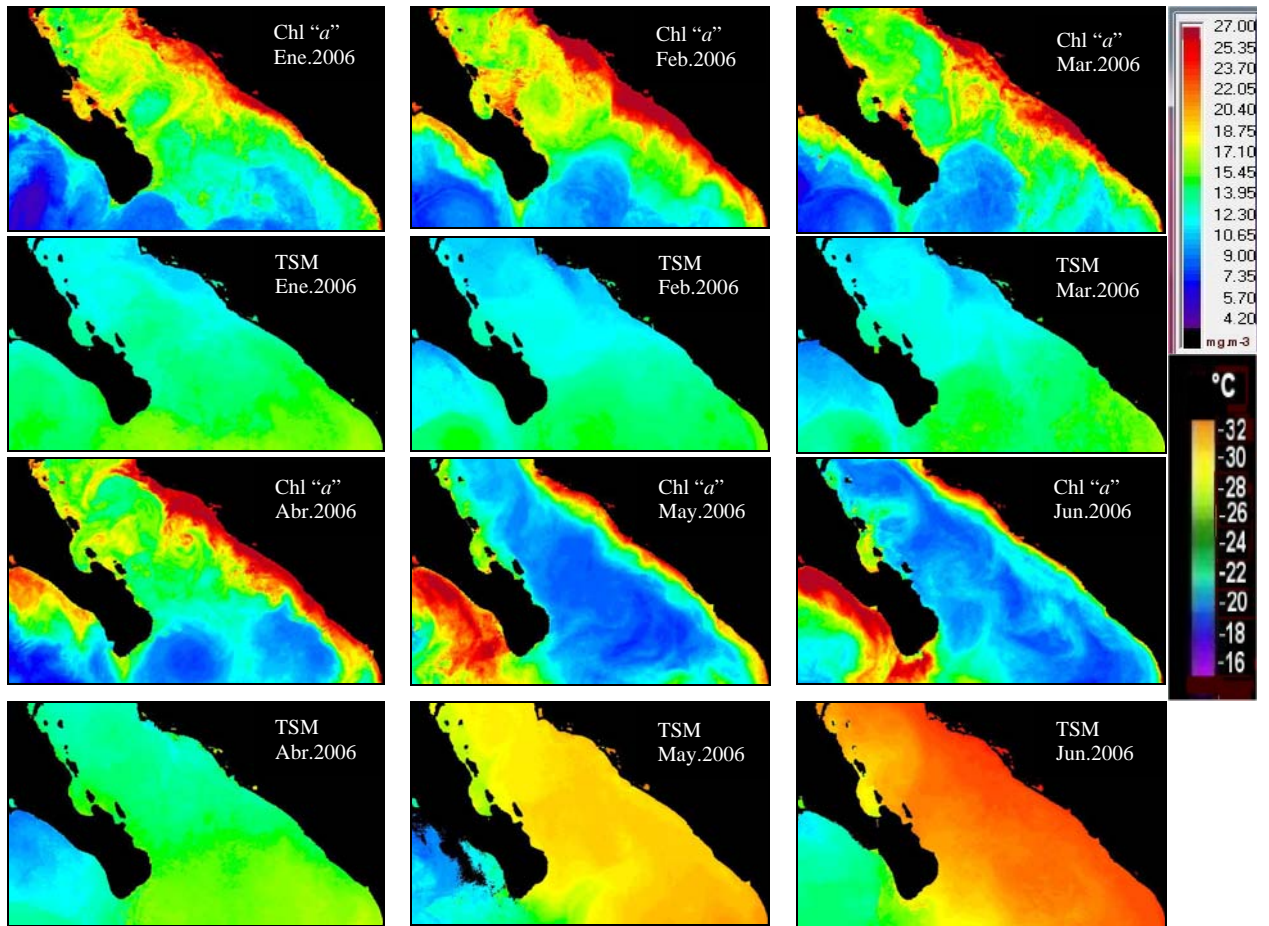


Figura 23. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona sur del Golfo de California durante el primer semestre del año 2006.

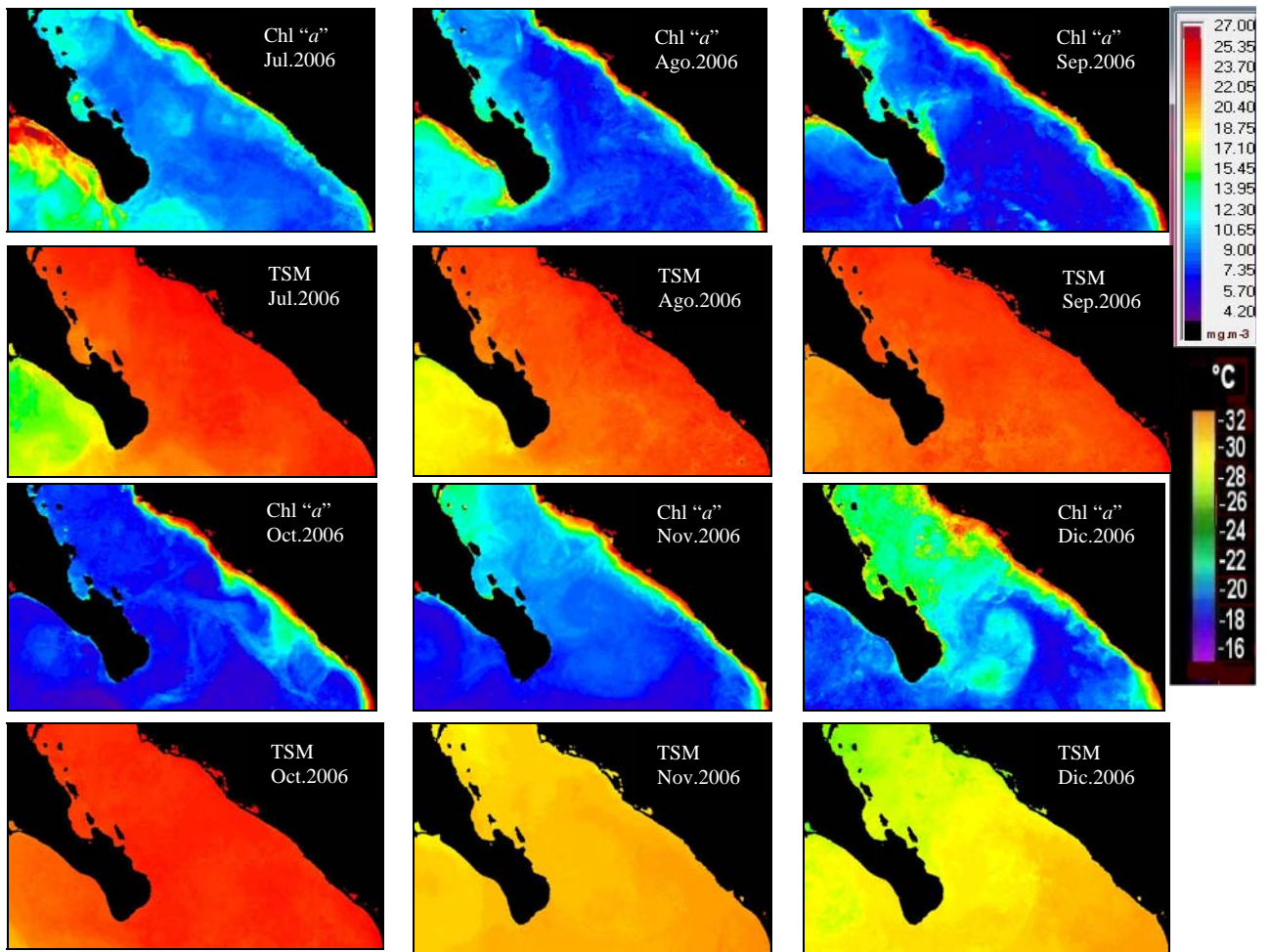


Figura 24. Distribución superficial de clorofila "a" y temperatura superficial del mar en la zona sur del Golfo de California durante el segundo semestre del año 2006.

La tabla seis muestra la cuantificación y rotación de los remolinos por mes observados en la región sur durante el 2006, observándose remolinos anticiclónicos, ciclónicos, los valores mínimos y máximos de concentración de Chl “a”, TSM con respecto al promedio de cada zona y Filamentos de concentración de clorofila “a”.

Tabla 6. Número y tipo de estructuras de mesoescala observadas en el GC mediante imágenes de concentración de clorofila “a” y TSM durante (2006) en la región sur. En la tabla, en la columna de remolinos, la rotación es: Anticiclónica (A), Ciclónica (C), No definida (N).

Meses	Clorofila "a"	TSM	Remolinos	Filamentos	Frecuencia
	Min-Max	Min-Max	A-C-N		
Enero	0.49-9.33	19.05-22.35	1-1-0	1	3
Febrero	0.67-11.09	18.75-21.45	1-1-0	1	3
Marzo	0.16-15.66	18.90-22.65	0-0-1	1	2
Abril	0.49-2.42	20.40-23.25	1-1-0	1	3
Mayo	0.17-1.25	26.25-27.45	0-0-1	0	1
Junio	0.18-0.98	28.05-31.5	0-0-1	0	1
Julio	0.16-0.49	30.00-32.4	0-0-1	0	1
Agosto	0-07-0.95	29-49-32.1	0-0-1	0	1
Septiembre	0.08-0.6	29.25-31.65	0-0-1	0	1
Octubre	0.08-2.42	30.60-32.1	0-0-1	1	2
Noviembre	0.14-3.54	27-00-28.05	0-1-0	1	2
Diciembre	0.10-3.09	24.30-26.85	0-1-0	1	2
Frecuencia			3-5-7	7	22

En la región sur los valores de Chl "a" y TSM en el diagrama de dispersión mostraron una correlación significativa (Fig. 25), en la graficas se observa que a mayor temperatura se presenta una menor concentración de Clorofila "a" y viceversa, siendo los meses de enero a marzo los que presentan una mayor concentración de Chl "a" $> 4.31 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y TSM bajas $< 27.65 \text{ }^\circ\text{C}$ los cuales se pueden caracterizar como una temporada fría , y en los meses de mayo a diciembre, se observan las mayores temperaturas y una clara disminución de clorofila "a" con valores de Chl "a" $< 4.31 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una TSM $> 27.65 \text{ }^\circ\text{C}$ caracterizados como una temporada cálida (Fig. 26).

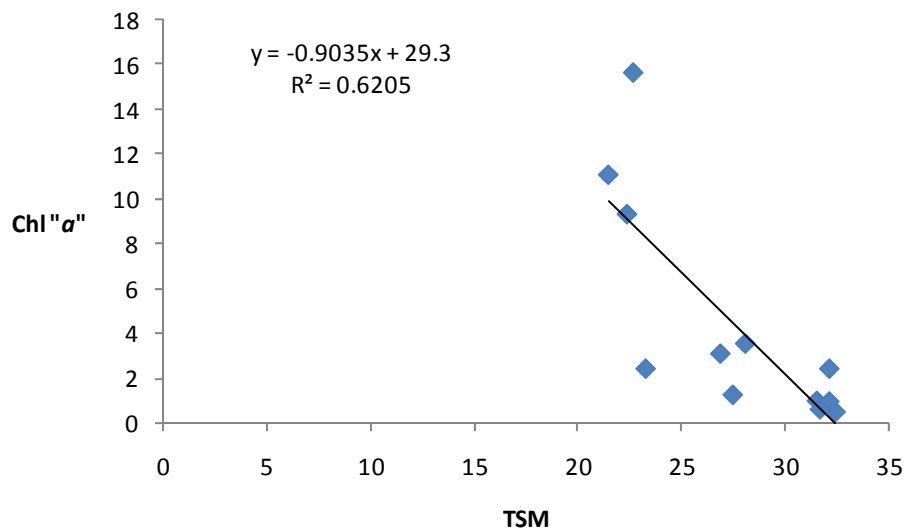


Figura 25: Diagrama de dispersión de temperatura superficial del mar y clorofila "a" superficial máxima por mes en la región norte del GC en el año 2006.

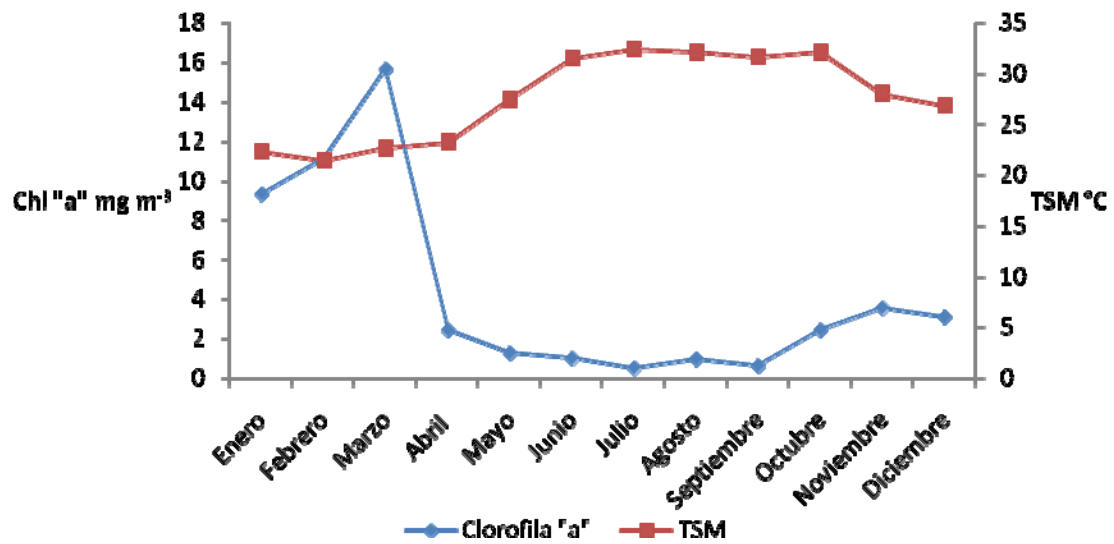


Figura 26: Variabilidad de Temperatura superficial del mar y Clorofila "a" superficial máxima por mes en la zona sur del GC en el año 2006.

7.3 Distribución espacial de avistamientos de cetáceos.

Se observaron un total de 358 individuos de ballenas durante las 2 temporadas de estudio. El invierno de 2006 presentó las mayores abundancias con 183 organismos distribuidos a lo largo de todo el Golfo de California, las menores se presentaron en verano de este mismo año con solamente 30 organismos avistados en la parte norte y central del Golfo de California. En invierno el 2005 se observaron 99 individuos distribuidos en su mayoría en la parte central y norte del Golfo, pero en verano del mismo año, solo 46 organismos avistados, en su mayoría en la parte norte del Golfo de California,(Fig. 27).

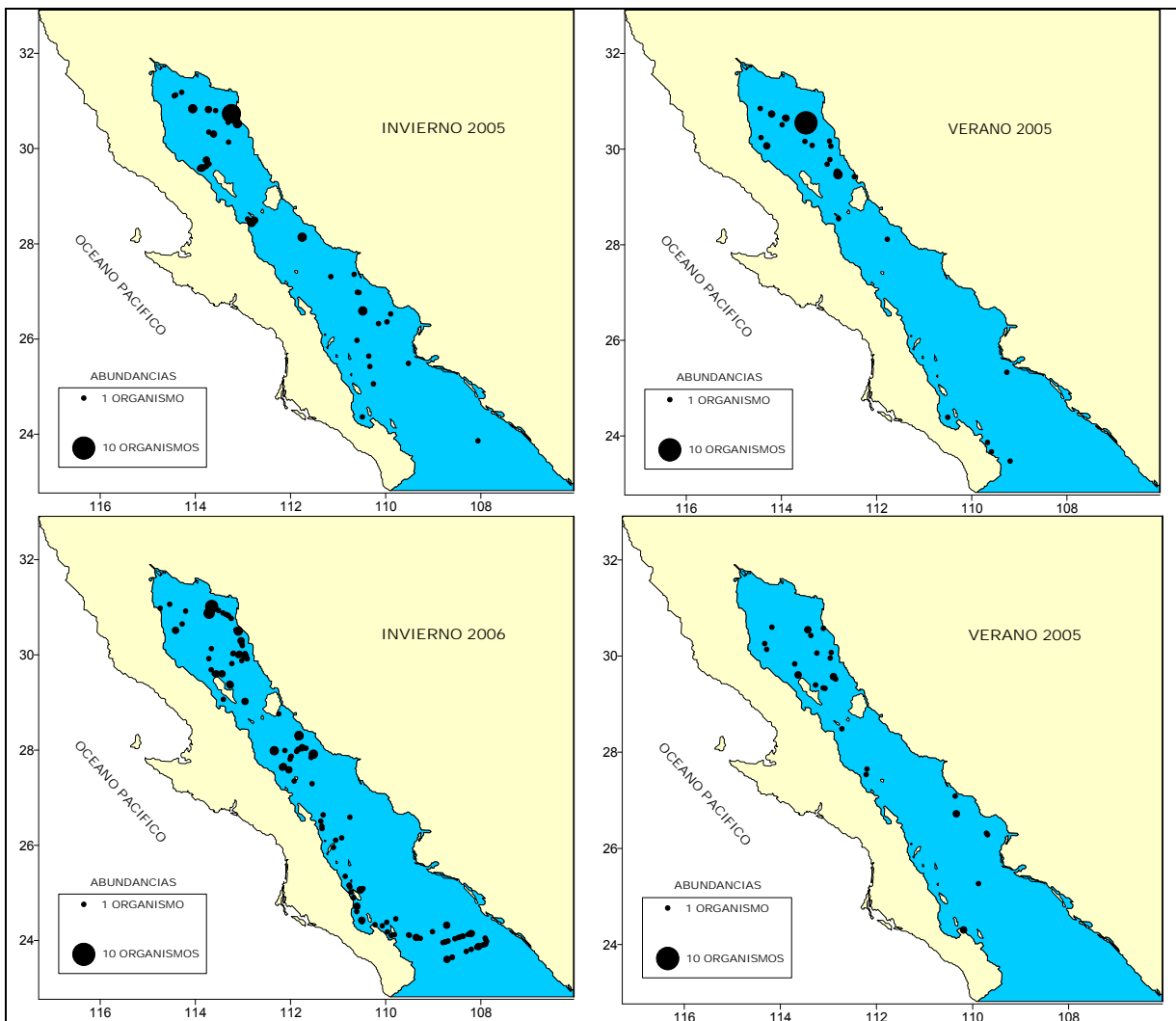


Figura 27. Distribución y abundancia relativa de mysticetos en el Golfo de California durante invierno, verano del 2005 y 2006

La grafica nos muestra el número de organismos por zona y temporada, en la cual podemos observar que para la temporada fría correspondiente al mes de febrero del 2006 tuvo la mayor abundancia de misticetos con un total de 183 organismos. La zona que presentó un número mayor de misticetos fue la zona 7 con 39 organismos, la zona que presentó menor número de misticetos fue la zona 2 con 9 organismos y un promedio de 22 organismos por zona en esta temporada. En el mes de junio de este mismo año 2006 correspondiente a la temporada cálida se observaron las menores abundancias de misticetos entre los dos años de estudio, con un total de 30 organismos siendo las zonas 5 y 8 las que presentaron la menor abundancia con 2 organismos, la que presentó un número mayor de organismos fue la zona 1 con un total de 7 organismos avistados y la zona 7 con cero organismos con un promedio de 4 organismos para esta temporada, (Fig. 28).

Para febrero del 2005 caracterizado como una temporada fría se observaron un total de 99 organismos, en el cual la zona 2 presentó la mayor abundancia de organismos de este año con 40 organismos, y las zonas en las que se observaron las menores abundancias fueron la 7 y la 8 con 2 organismos cada una, también se pudo observar la zona 3 en la cual no se presentó ningún avistamiento con un promedio de 14 organismos para esta temporada. El mes de junio que se caracteriza como la temporada cálida de este año se observaron las menores abundancia de este año con un total de 46 organismos. En la zona 1 se presentaron las mayores abundancias con 17 organismos avistados, las menores abundancias se observaron en las zonas 4 y 5 con 1 avistamiento. En este mes se presentaron dos zonas con cero avistamientos las cuales corresponden a la 6 y 7 con un promedio de 7 organismos para esta temporada, (Fig. 28).

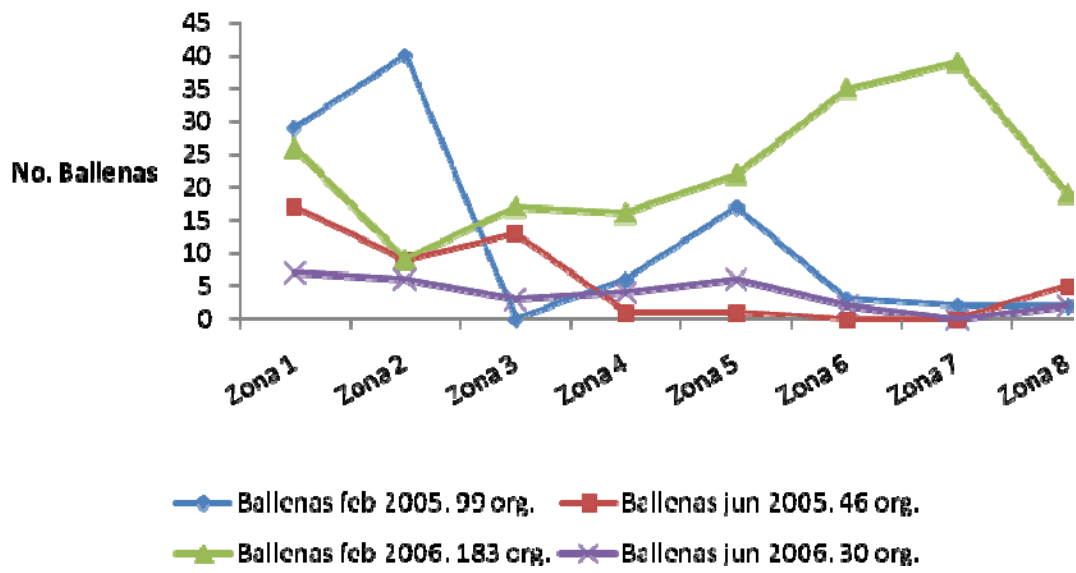


Figura 28: Variación de organismos por temporada de muestreo durante los años de estudio 2005-2006.

7.4 Análisis temporal de concentración de clorofila “a” y temperatura superficial del mar mediante imágenes satelitales y correlación de Spearman ($p < 0.05$) entre variables ambientales, fenomenología y distribución y abundancias de misticetos.

En el mes de febrero del 2005, las mayores concentraciones de clorofila “a” se presentaron en el Alto Golfo, alrededor de las Grandes Islas, en las costas de Sinaloa y Sonora con valores de 2.9-9.4 mg.m⁻³, mostrando un decremento latitudinal de norte a sur, zonas en las cuales se distribuyeron la mayoría de los organismos presentando una relación a una circulación anticiclónica con una $r=0.78$, y una concentración de Chl “a” con una $r= 0.73$ en la zona 1 y 2. Las menores concentraciones se mostraron en la Boca del Golfo con valores de 1.6 mg chl m⁻³ en las zonas 7 y 8 (Tabla 7), (Fig. 29). Se encontró un incremento latitudinal de TSM de 6.3°C desde la parte norte hacia la región sur del GC, en la cual las TSM más frías (16.8°C) se encontraron en las zonas de las grandes islas (Ángel de la Guarda y Tiburón) zona 3 y 4. A lo largo de las costas de Sonora y Sinaloa se detectaron zonas con temperaturas relativamente bajas de 20.31°C, posiblemente generadas por el efecto del viento en dirección noroeste y surgencias sub-superficiales zona 5 y 6. La masa de agua cálida comprendió toda la parte centro y sur del GC con una TSM máxima de 23.1°C en la boca en las zonas 7 y 8. Se encontró una correlación inversa significativa entre número de organismos y TSM con una $r=-0.88$. Con respecto a la correlación entre número de organismos, en relación a las zonas donde se distribuyen nos indica la presencia o ausencia de ballenas las cuales en su mayoría están replegadas hacia el norte con una relación de $r=-0.9$, la relación entre concentración de pigmentos y TSM es inversamente con una $r=-0.6$. Así mismos en zonas con mayor TSM y aguas bajas en concentración de pigmentos fueron las que presentaron una menor cantidad de organismos y las zonas con mayor concentración de de pigmentos y menor TSM presentaron mayor cantidad de organismos (Fig. 30). Se encontró que la mayor parte de los organismos en esta temporada está asociada a remolinos anticiclónicos con un 49%, surgencias con un 19% en la zona 1 y 5, y remolinos ciclónicos con un 11%, 20% a inestabilidades con respecto al total. (Fig. 31).

Tabla 7. Número de organismos, zonas, fenomenología, valores de concentración de Clorofila “a” y TSM observados en el GC mediante imágenes de satélite durante febrero (2005). Los recuadros rojos indican los valores de correlación que se tomaron en cuenta para el estudio.

Ballenas feb. 2005.	Zonas	Giro ciclonico	Giro Anticiclonico	Surgencias	Intrusion	Chl mg m ⁻³	TSM °C
29	1	0	16	13	0	0.95	17.92
40	2	0	29	0	0	1	17.11
6	4	0	0	0	0	0.70	17.51
17	5	6	2	6	0	1.24	20.36
3	6	3	0	0	0	1.25	20.62
2	7	1	1	0	1	0.49	22.65
2	8	1	0	0	0	0.45	22.35
Spearman R	-0.918956	-0.434272	0.785355	0.494413	-0.514929	0.738769	-0.882919
t(N-2)	-5.21060	-1.07802	2.83680	1.27187	-1.34318	2.45109	-4.20481
P-level	0.003437	0.330263	0.036383	0.259365	0.236956	0.057858	0.008450
Total org. 99		11	48	19	1	Chl/TSM	-0.6

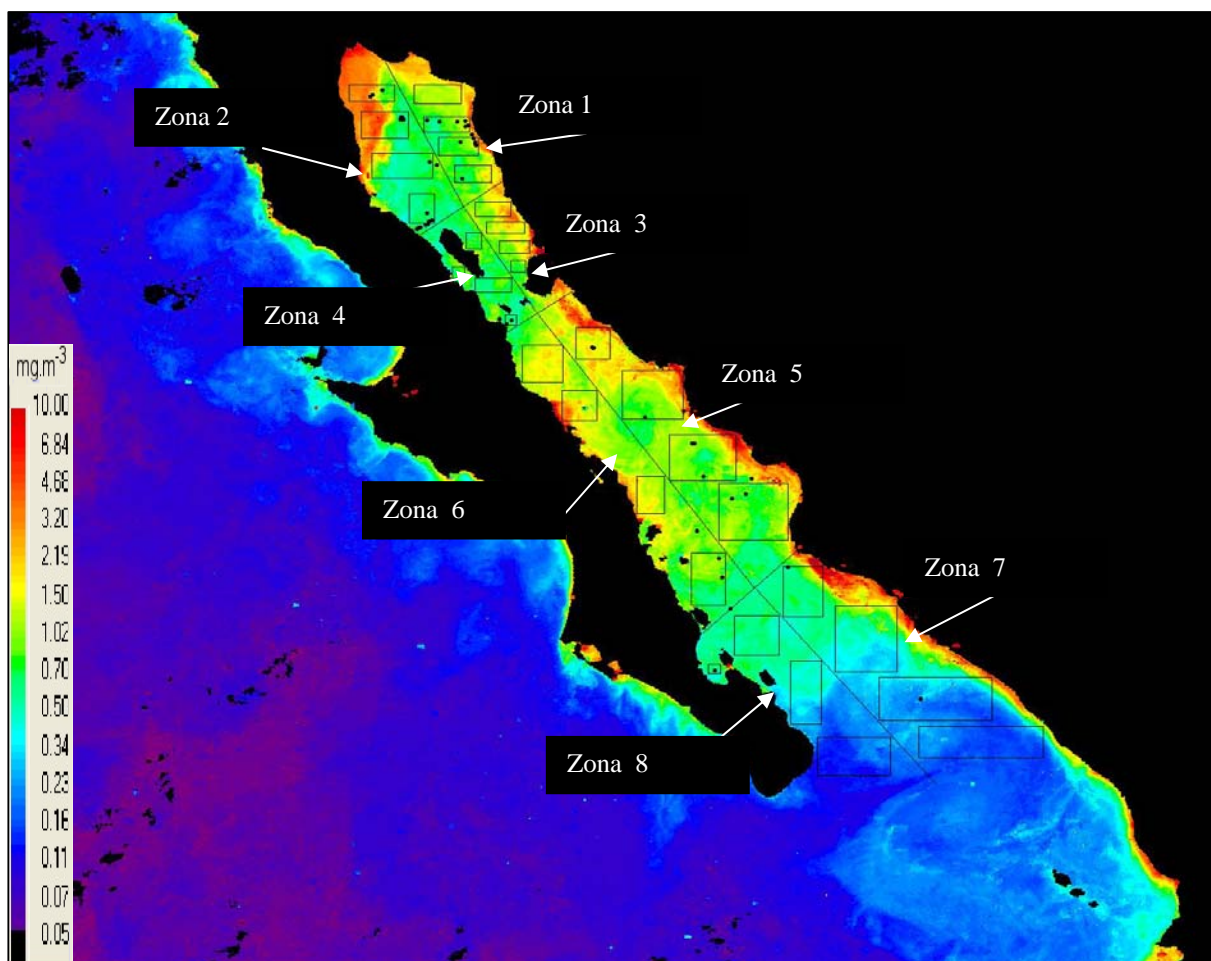


Figura 29. Imagen de Clorofila “a” de febrero del 2005 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de pigmentos fotosintéticos (mg m-3) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.

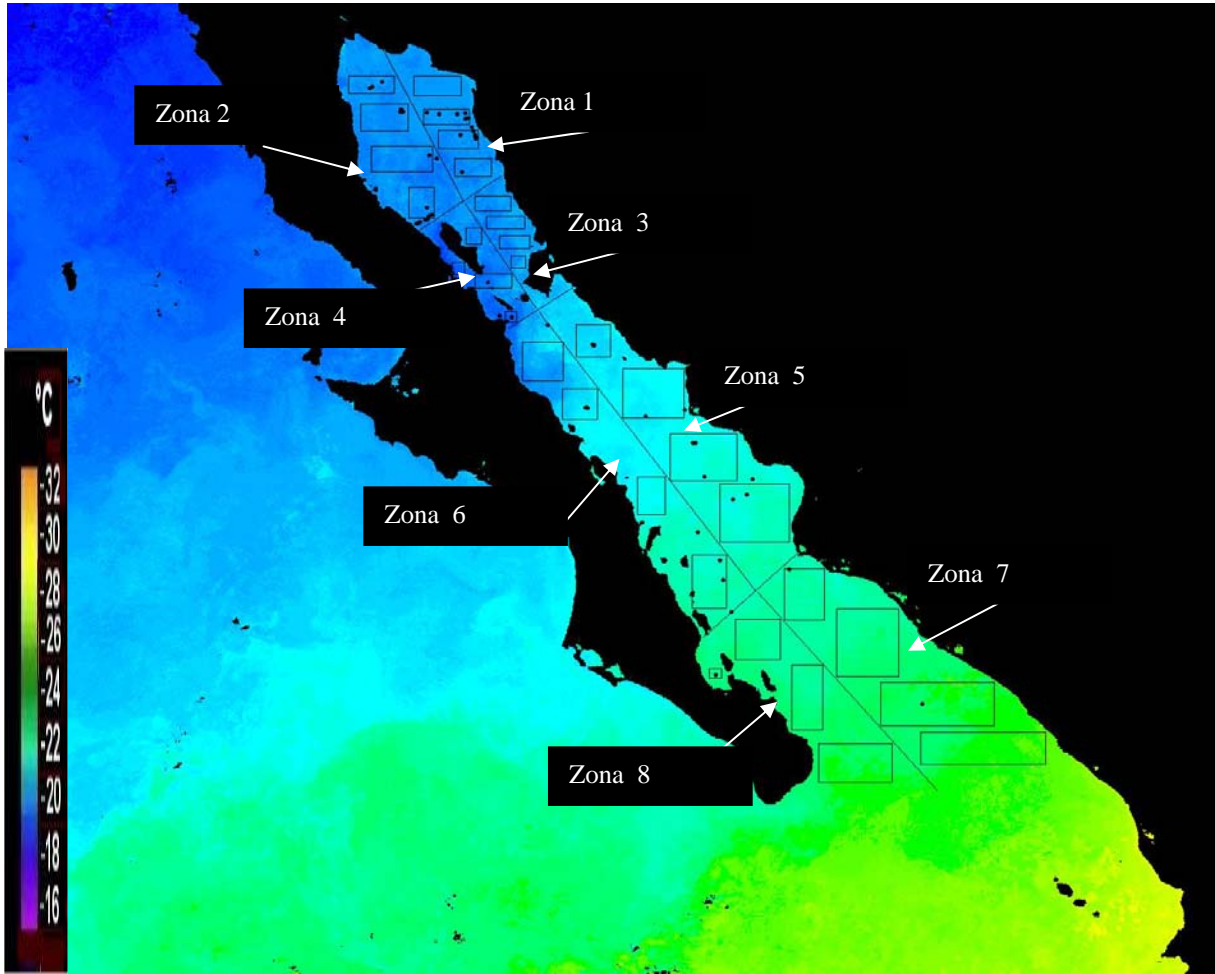


Figura 30. Imagen de TSM de febrero del 2005 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de temperaturas en (°C) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.

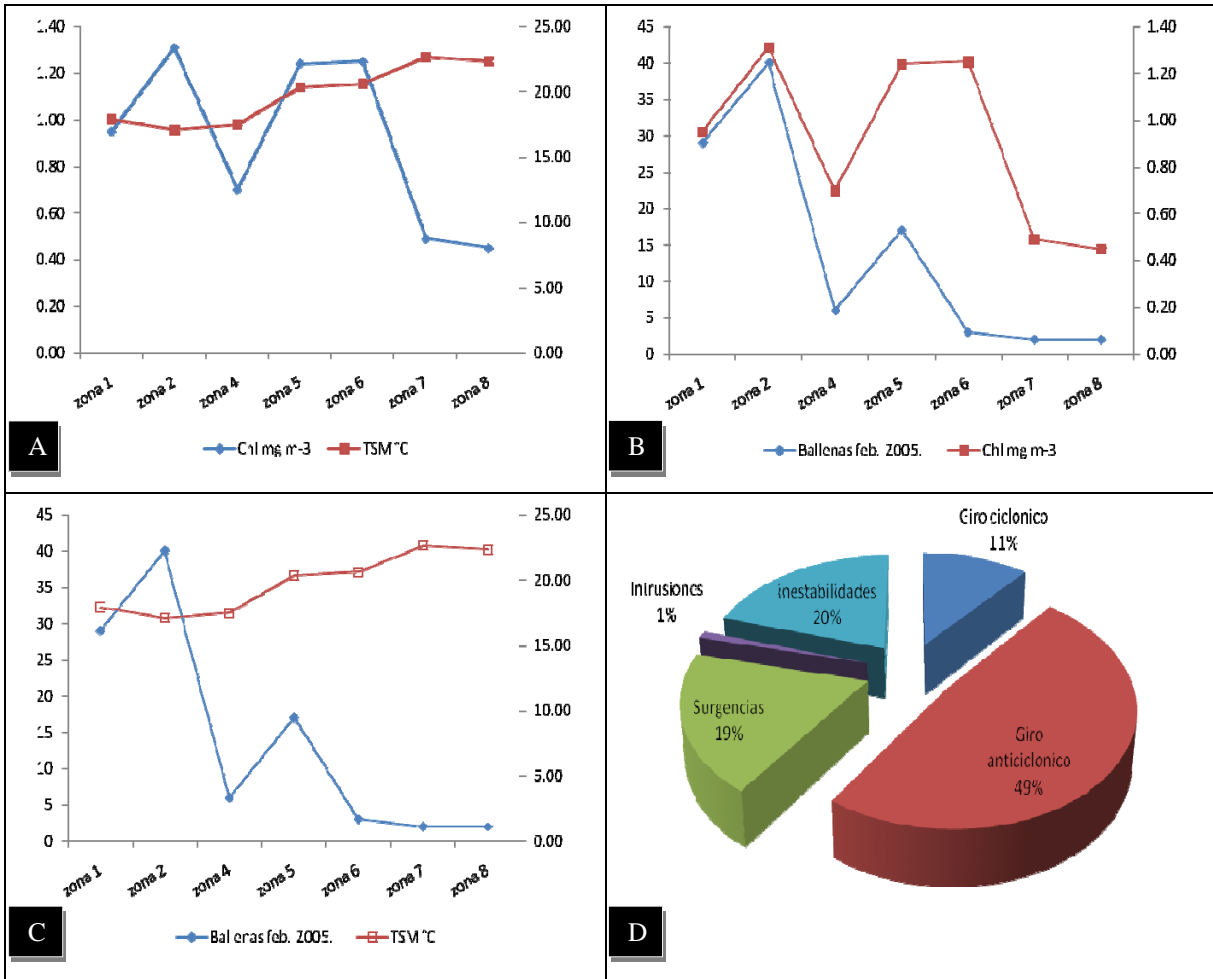


Figura 31. Variación espacial de: A) Clorofila "a" y TSM, B) abundancia de organismos y Clorofila "a", C) abundancia de organismos y TSM, D) porcentaje de organismos presentes en fenómenos de mesoescala en febrero de 2005.

Para el mes de junio (2005), las mayores concentraciones de clorofila "a" se presentaron en el Alto Golfo, alrededor de las Grandes Islas, mostrando un decremento latitudinal de norte a sur con valores que van desde 1.4-4.6 mg·m⁻³, en las zonas 1,2 y 3 donde se encontraron las mayores abundancias de organismos correlacionados a remolinos ciclónicos con una $r=0.93$, áreas con una mayor concentración de pigmentos con una $r=-0.51$. (Tabla 8) (Fig. 32) Se observó una notable disminución de la concentración de clorofila "a" en la porción central oceánica la Boca del Golfo, zonas 5,6,7 y 8 debido a la intrusión de agua cálida de aguas ecuatoriales con bajos valores de clorofila 0.7-1.4 mg·m⁻³. Por lo cual se encontró un número muy bajo de organismos en estas zonas, ósea a menor cantidad de pigmentos y una temperatura alta menor cantidad de organismos. En la temporada cálida se encontró un incremento longitudinal de temperatura superficial del mar de 6.6°C entre la costa peninsular y continental, en la cual las TSM más frías 22.2°C se encontraron en las zonas del Canal de Ballenas zona 4 y la Bahía de la Paz correspondiente a la zona 8, posiblemente ocasionadas por el efecto de los vientos del sureste provocando surgencias débiles en la costa peninsular. La intrusión de agua cálida comprendió en su mayoría todo el GC con una temperatura máxima de 28.8°C, que asociado a las bajas concentraciones de pigmentos que nos da una correlación inversamente significativa con una $r=-0.52$ de lo cual podemos inferir la distribución más norteña en las zonas 1,2,3, de la mayoría de los organismos (Tabla 8) (Fig.33). El porcentaje de organismos asociados a fenomenología presente observada en esta época fue un 44% a remolinos ciclónicos, 11% a intrusiones y 43% a zonas con inestabilidades. (Fig. 34).

Tabla 8. . Número de organismos, zonas, fenomenología, valores de concentración de Clorofila “a” y TSM observados en el GC mediante imágenes de satélite durante junio (2005). Los recuadros rojos indican los valores de correlación que se tomaron en cuenta para el estudio.

Ballenas jun 2005.	Zonas	Giro ciclonico	Giro Anticiclonico	Surgencias	Intrusion	Chl mg m ⁻³	TSM °C
17	1	7	0	0	0	1.44	27.6
9	2	6	0	0	0	1.46	28.6
13	3	7	0	0	0	1.17	27.9
1	4	0	0	0	0	4.65	27.03
1	5	0	0	0	1	1.46	28.35
5	8	0	0	0	4	0.77	28.98
Spearman R	-0.753702	0.939336			-0.463046	-0.514706	-0.057977
t(N-2)	-2.29362	5.47723			-1.04486	-1.20067	-0.11615
P-level	0.083523	0.005408			0.355072	0.296120	0.913132
Total org. 46		20	0	0	5	Chl/TSM	-0.52

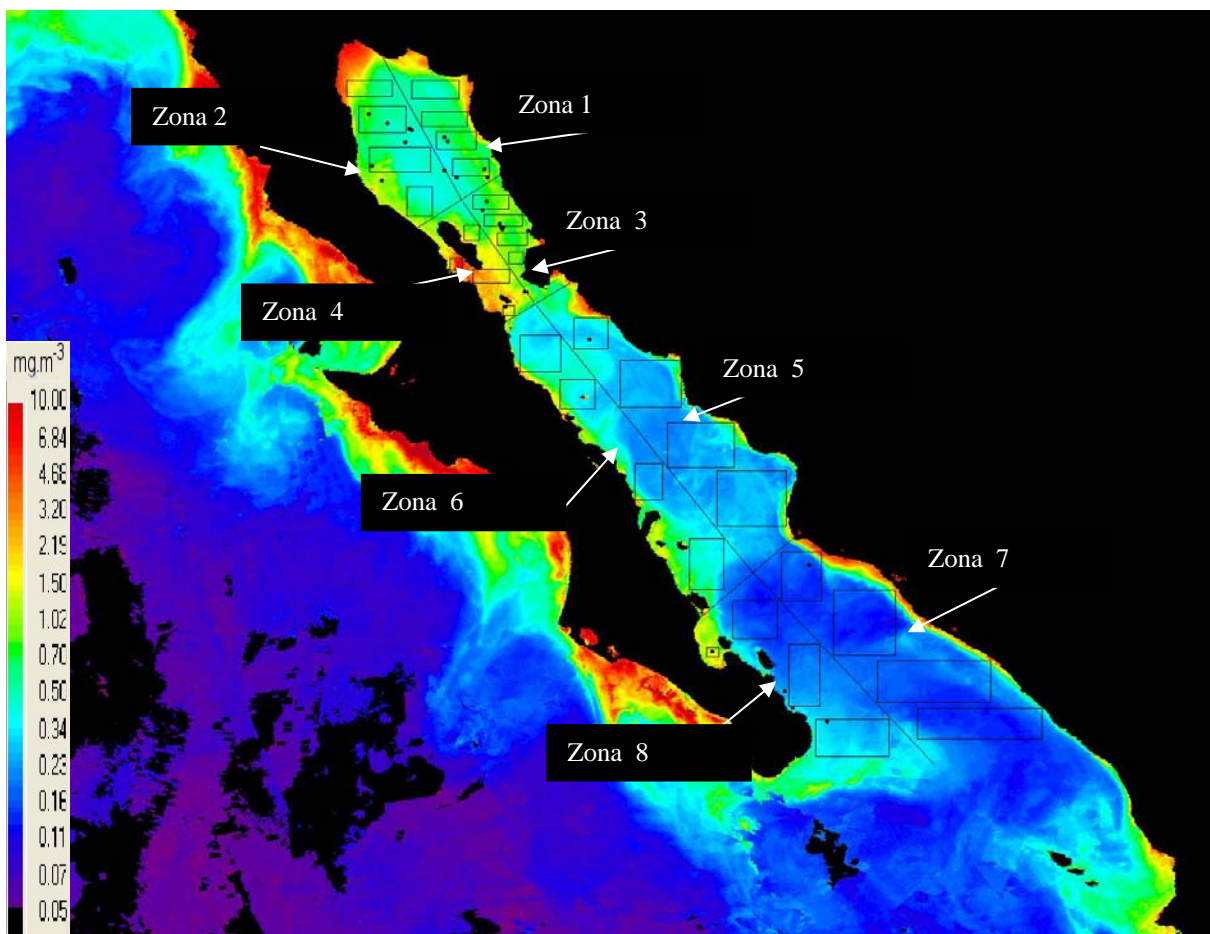


Figura 32. Imagen de Clorofila “a” de junio del 2005 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de pigmentos fotosintéticos (mg m⁻³) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.

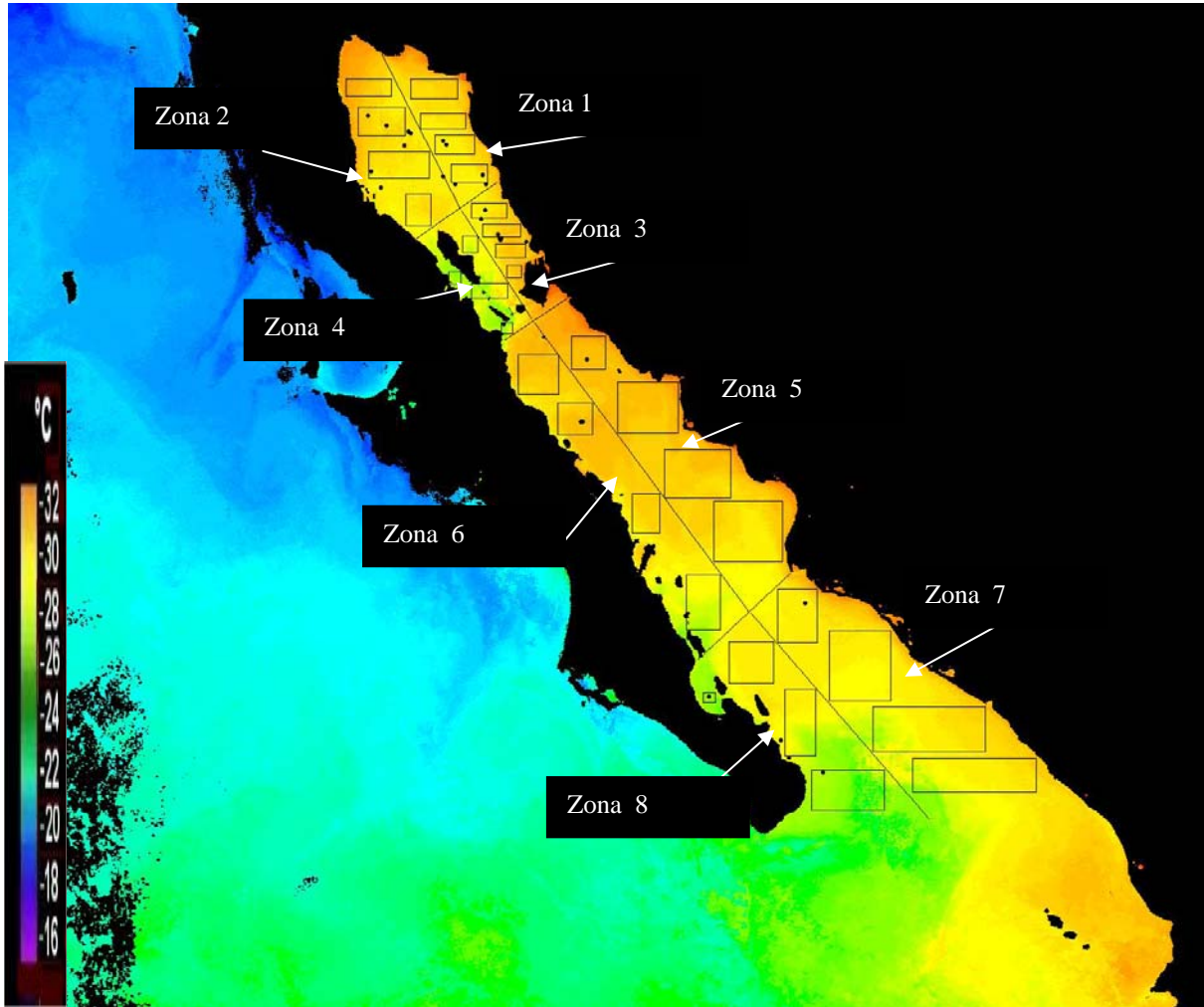


Figura 33. Imagen de TSM de febrero del 2005 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de temperaturas en (°C) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.

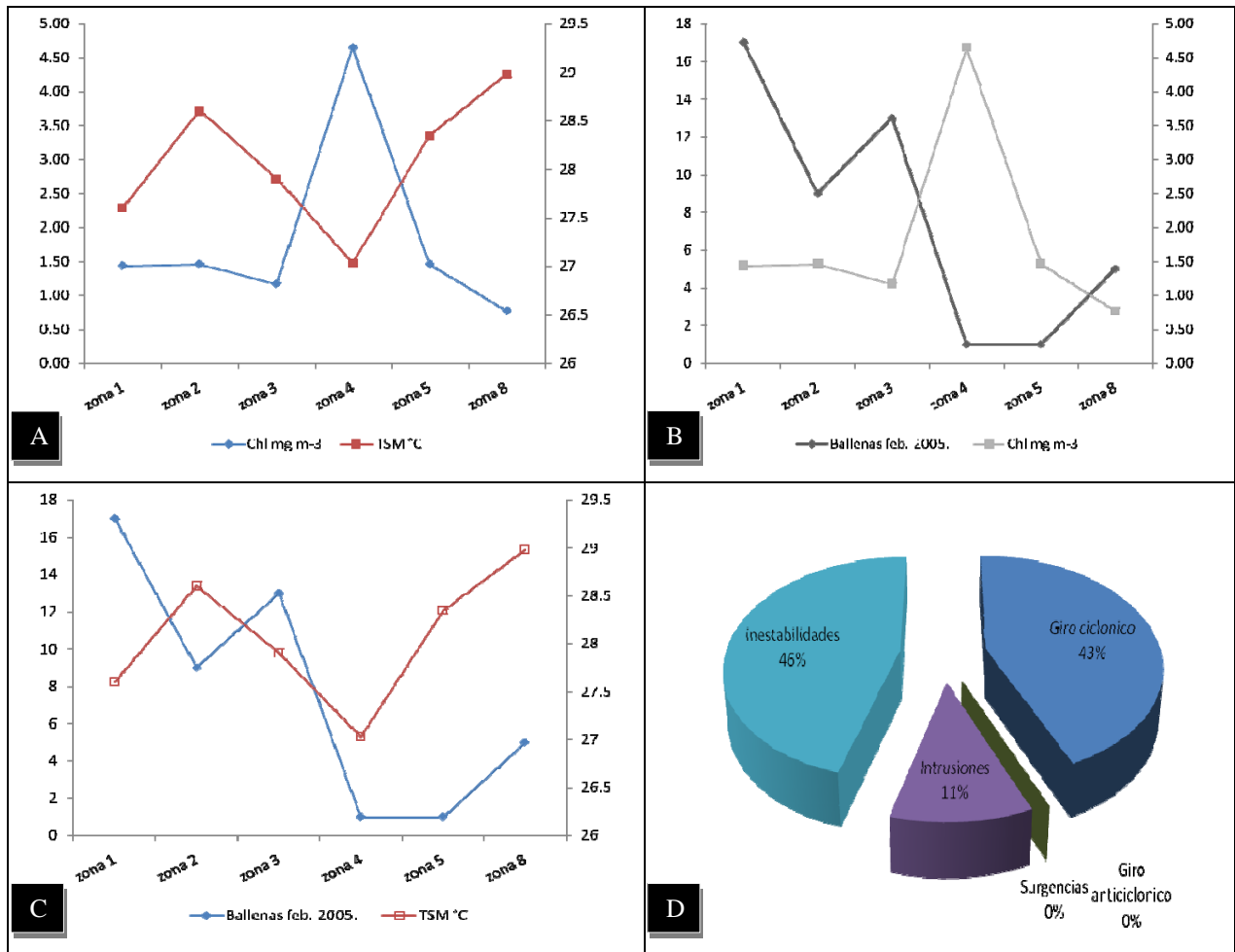


Figura 34. Variación espacial de: A) Clorofila "a" y TSM, B) abundancia de organismos y Clorofila "a", C) abundancia de organismos y TSM, D) porcentaje de organismos presentes en fenómenos de mesoescala en junio 2005.

Para el mes de febrero del (2006), las mayores concentraciones de clorofila “a” se observaron en el Alto Golfo y a lo largo de toda la costa continental con valores de 9.2-23.9 mg·m⁻³ en las zonas 1,2,3,5 y 7, y valores relativamente bajos en la zona oceánica de 1.8-9.2 mg·m⁻³. (Fig. 35). Para esta temporada fría se encontró un incremento latitudinal de TSM de 7.8°C desde la parte norte hacia la región sur del Golfo de California, en la cual las TSM más frías (14.4°C) se encontraron en las zonas de las Grandes Islas (Ángel de la Guarda, Tiburón y Canal de Ballenas) zonas 3 y 4. A lo largo de las costas de Sonora y Sinaloa se detectaron zonas con temperaturas relativamente bajas de 18.7°C posiblemente generadas por el efecto del viento en dirección noroeste y Surgencias sub-superficiales zonas 5 y 6. La masa de agua cálida comprendió toda la parte sur del GC con una TSM máxima de 22.5°C en la boca, (Fig. 36). Dado estas condiciones se observó una gran abundancia de organismos distribuida e lo largo del todo el golfo donde no se encontraron diferencias significativas entre el numero de ballenas y las zonas de estudio con una $r=0.42$, con respecto a la fenomenología dado que se observó un número similar de organismos por zonas asociados a remolinos anticiclónicos nos da una correlación de $r=0.14$ lo cual no quiere decir que no haya relación, sino que no hay varianza en el numero de ballenas asociadas por zonas con fenómenos de mesoescala. Se encontró una correlación de $r=0.42$ en relación con el numero de organismos por zona y una $r=0.41$ en relación con remolinos ciclónicos. Dado que la concentración de pigmentos es similar a lo largo de todo el golfo y el numero de organismos nos da una correlación de $r=0.42$, al igual que la TSM nos da una correlación de $r=0.47$ ya que los valores no mostraron una diferencia significativa entre zonas. Por lo tanto el 47% de los organismos se observó presente en remolinos anticiclónicos, 11% a remolinos ciclónicos, aéreas de mayor concentración de pigmentos con un 18%, un 28% a intrusiones y 5% a inestabilidades. (Tabla 9 (Fig. 37).

Tabla 9. Número de organismos, zonas , fenomenología, valores de concentración de Clorofila “a” y TSM observados en el GC mediante imágenes de satélite durante febrero (2006). Los recuadros rojos indican los valores de correlación que se tomaron en cuenta para el estudio.

Ballenas feb 2006.	Zonas	Giro ciclonico	Giro Anticiclonico	Surgencias	Chl mg m ⁻³	TSM °C
26	1	0	16	16	11.82	17.62
9	2	0	6	0	9.21	17.81
17	3	0	12	12	7.61	17.73
16	4	0	11	0	1.84	17.17
22	5	0	10	9	23.98	18.63
35	6	11	18	0	6.29	19.61
39	7	0	2	7	19.34	20.96
19	8	0	11	0	4.39	21.48
Spearman R	0.428571	0.412393	0.143715	0.304408	0.428571	0.476190
t(N-2)	1.16190	1.10883	0.35572	0.78279	1.16190	1.32647
P-level	0.289403	0.309959	0.734221	0.463515	0.289403	0.232936
Total org. 183		11	86	44	Chl/TSM	0.14

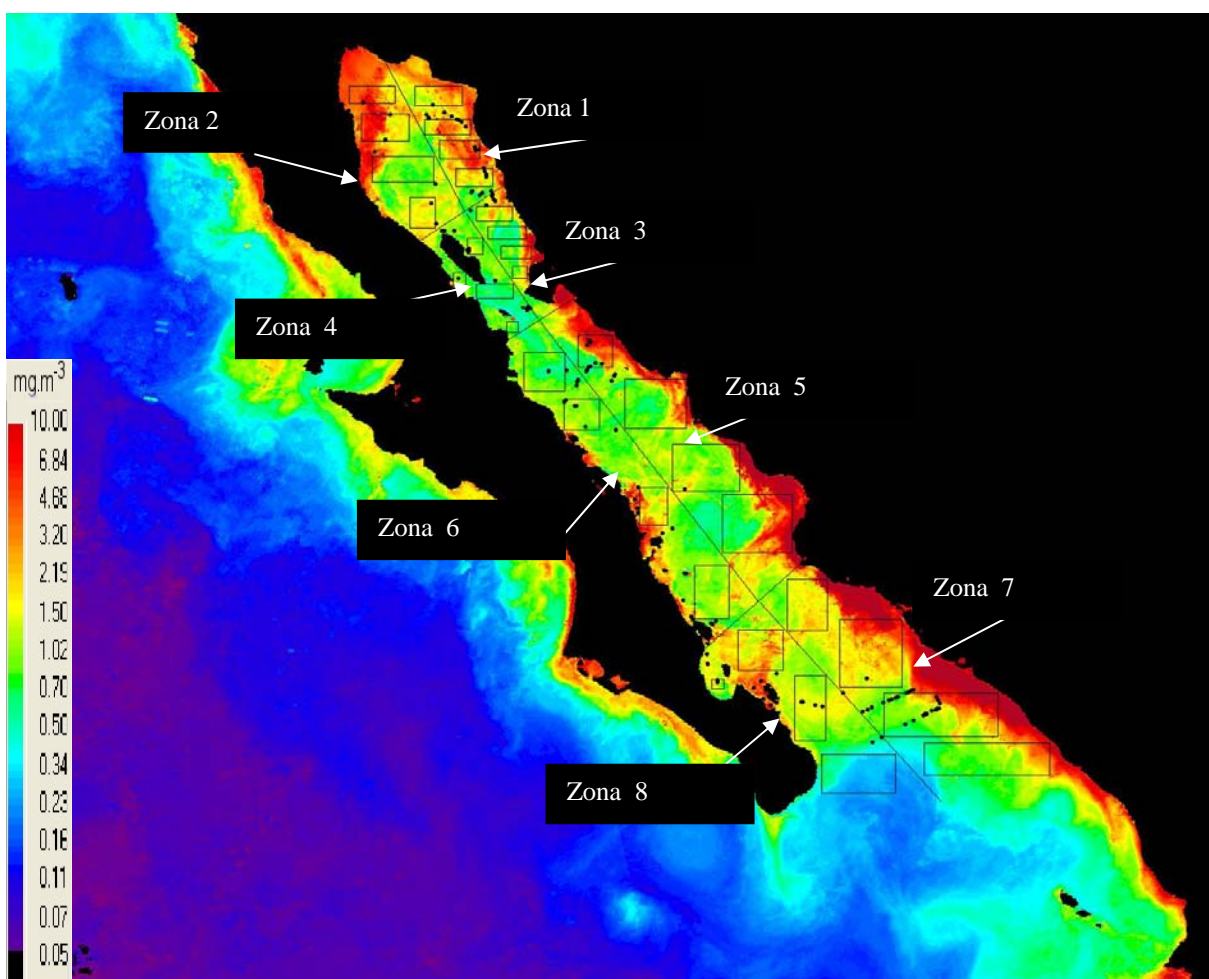


Figura 35. Imagen de Clorofila “a” de febrero del 2006 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de pigmentos fotosintéticos (mg m⁻³) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.

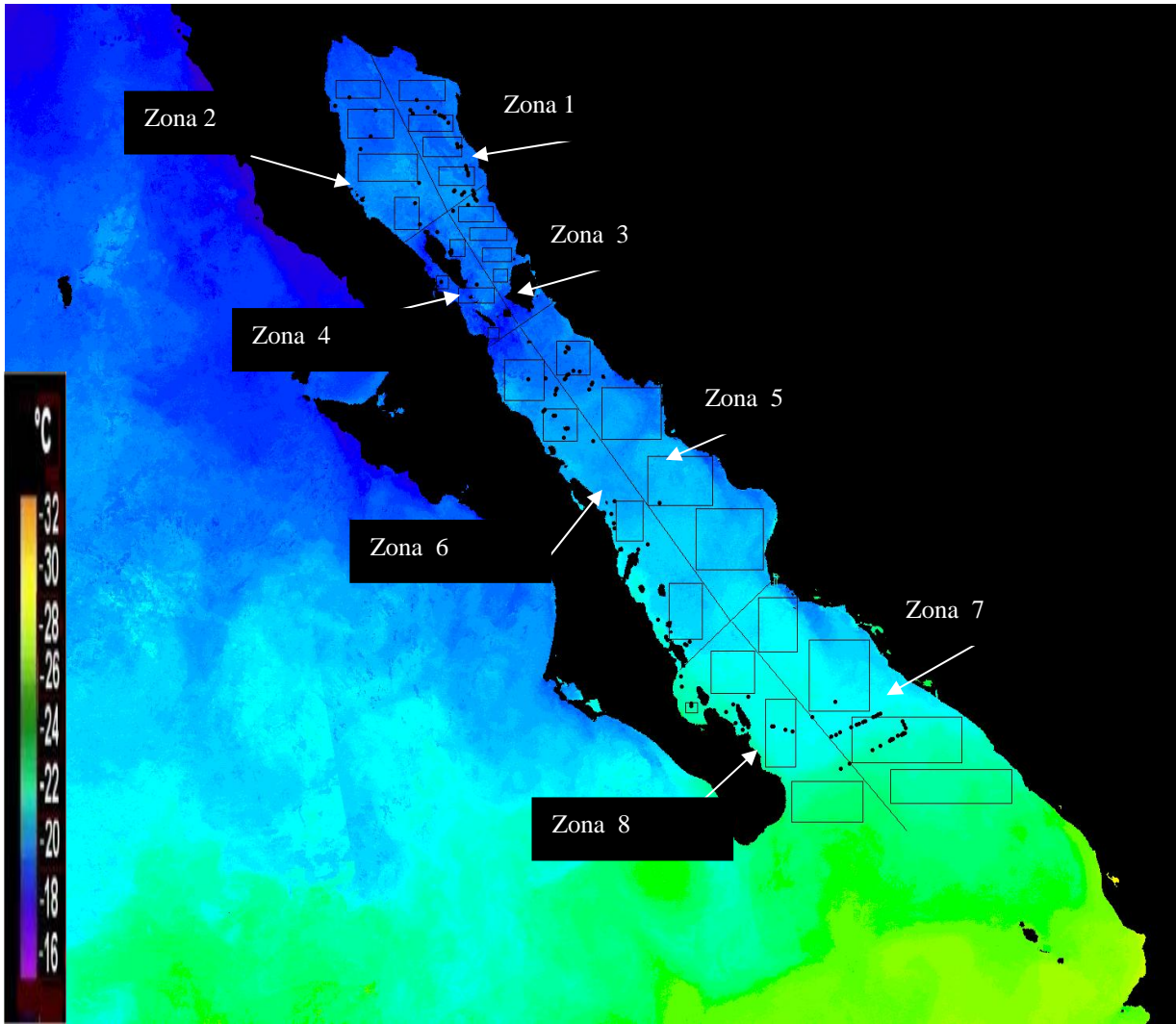


Figura 36. Imagen de TSM de febrero del 2006 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de temperaturas en (°C) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.

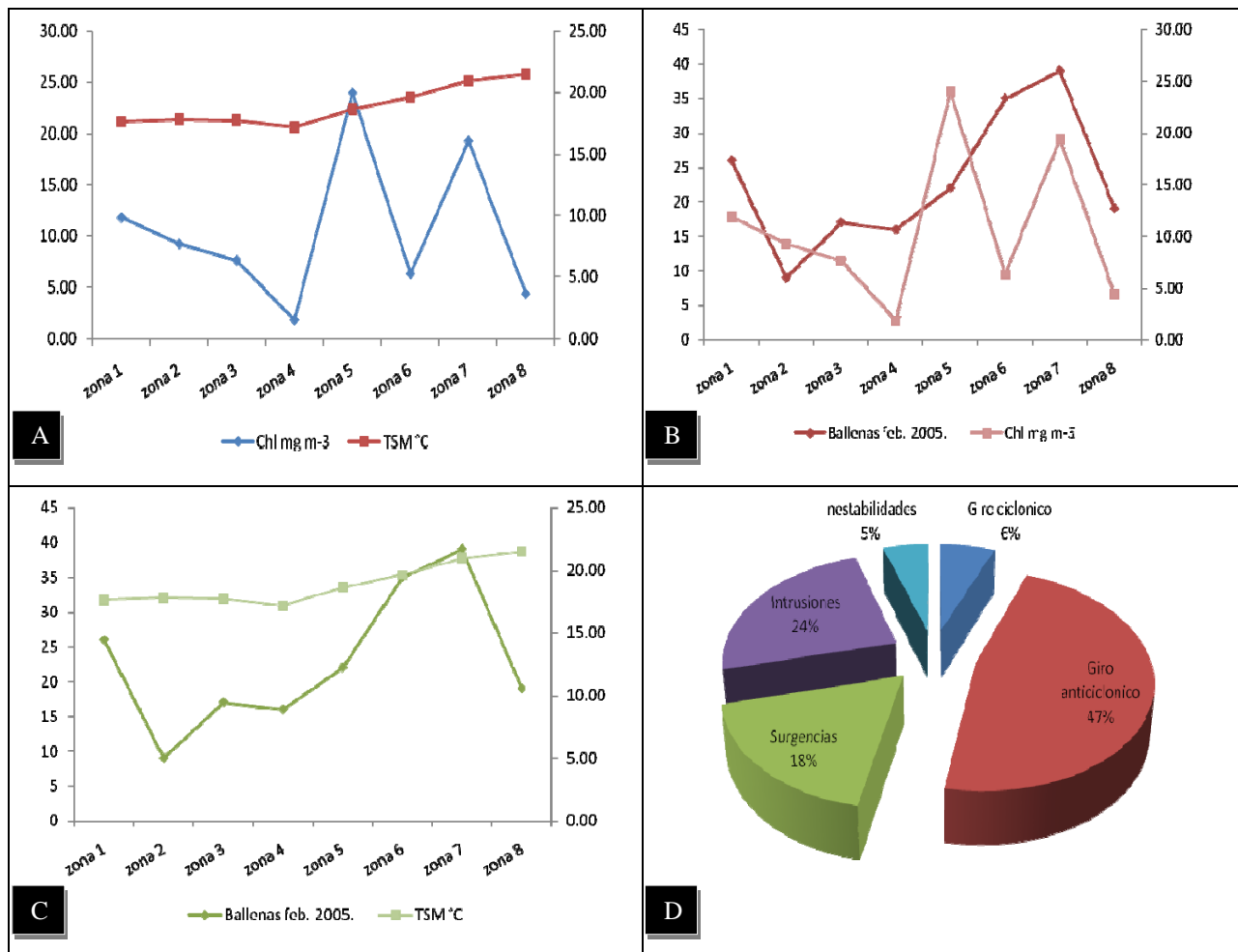


Figura 37. Variación espacial de: A) Clorofila "a" y TSM, B) abundancia de organismos y Clorofila "a", C) abundancia de organismos y TSM, D) porcentaje de organismos presentes en fenómenos de mesoescala en febrero 2006.

La concentración de valores de Clorofila "a" en el mes de junio del (2006), presentó una notable disminución en toda la parte sur y central del Golfo con valores de 1.0-2.7 mg·m⁻³ en las zonas 5,6,7 y 8, el número mayor de organismos se presentó en las zonas más norteñas y en las Grandes Islas donde se presentaron las mayores concentraciones con valores de 1.5-3.4 mg·m⁻³ zonas 1,2,3 y 4 con una $r=-.80$ ósea una relación inversamente significativa con respecto al número de organismos por zona y una $r=0.41$ entre numero de organismos y concentración de Chl "a" (Tabla 10) (Fig. 38). En la temporada cálida se encontró un incremento longitudinal de temperatura superficial del mar de 7.65°C entre la costa peninsular y continental. En la cual las TSM más frías 23.85°C se encontraron en las zonas del Canal de Ballenas y la Bahía de la Paz en las zonas 4 y 8, posiblemente ocasionadas por el efecto de los vientos del sureste, provocando surgencias débiles en la costa peninsular. La masa de agua cálida comprendió en su mayoría todo el GC con una temperatura máxima de 31.5°C (Fig. 39), con respecto a esta variable se encontró una correlación de $r=-0.32$ con el numero de organismos. El mayor numero de ballenas se encontró relacionado a remolinos ciclónicos con una $r=0.71$, asociados a zonas de alta concentración de pigmentos con una $r=0.31$. El 53% de los organismos estuvo relacionado a remolinos ciclónicos, el 23% respondió al efecto de las intrusiones, el 17% se encontró en zonas de inestabilidades y por último el 7% a altas concentraciones de pigmentos en el golfo norte. Y al igual que las temporadas anteriores los organismos están asociados a zonas con alta concentración de Chl "a" y bajas temperaturas y viceversa (Fig. 40).

Tabla 10. Número de organismos, zonas, fenomenología, valores de concentración de Clorofila “a” y TSM observados en el GC mediante imágenes de satélite durante junio (2006). Los recuadros rojos indican los valores de correlación que se tomaron en cuenta para el estudio.

Ballenas jun 2006.	Zonas	Giro ciclonico	Giro Anticiclonico	Surgencias	Intrusion	Chl mg m ⁻³	TSM °C	
7	1	6	0	0	0	1.90	28.12	
6	2	5	0	0	0	1.57	28.35	
3	3	2	0	0	0	1.71	29.02	
4	4	3	0	0	1	3.41	28.01	
6	5	0	0	2	3	2.04	30.48	
2	6	0	0	0	2	1.83	29.32	
2	8	0	0	0	1	1.06	28.5	
Spearman R	-0.800132	0.717109		0.311805	-0.333469	0.418251	-0.327327	
t(N-2)	-2.98279	2.30071		0.73380	-0.79093	1.02962	-0.77460	
P-level	0.030701	0.069711		0.496016	0.464829	0.350395	0.473597	
Total org. 30		16		0	2	7	Chl/TSM	-0.14

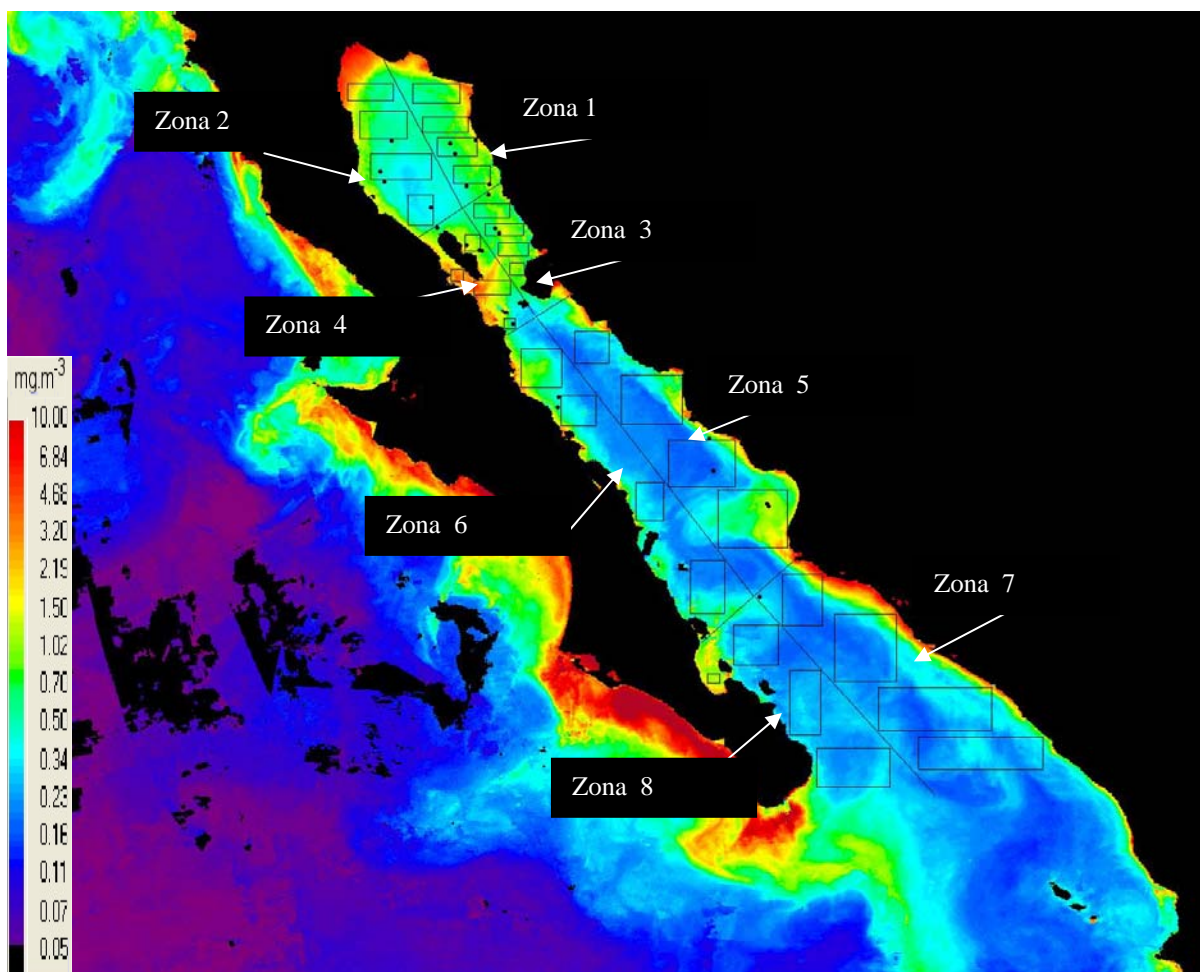


Figura 38. Imagen de Clorofila “a” de junio del 2006 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de pigmentos fotosintéticos (mg m⁻³) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis

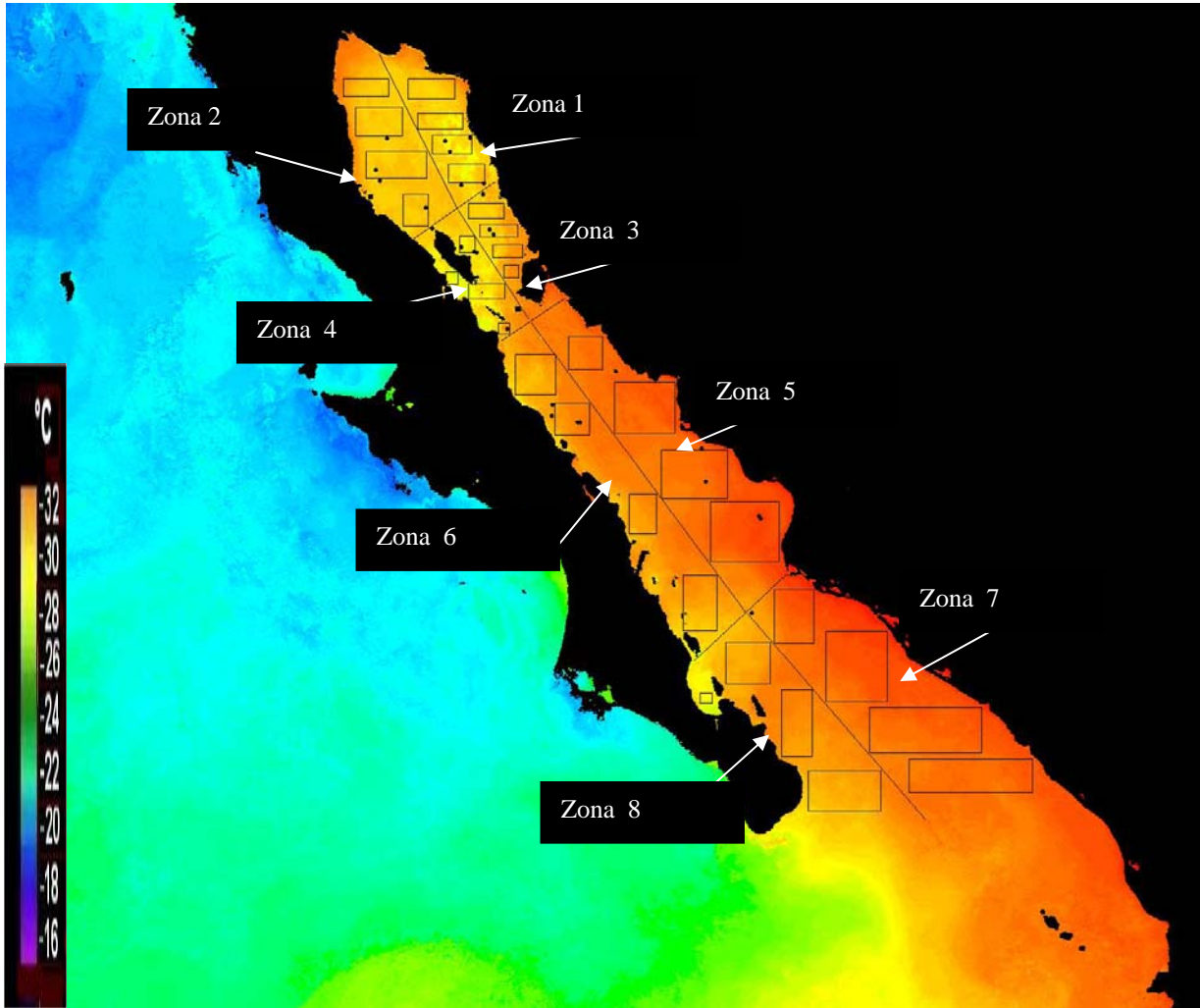


Figura 39. Imagen de TSM de junio del 2006 incluyendo la localización de avistamientos (●) y distribución de temperaturas en (°C) por zonas y por cuadrantes (□) que se tomaron en cuenta para el análisis.

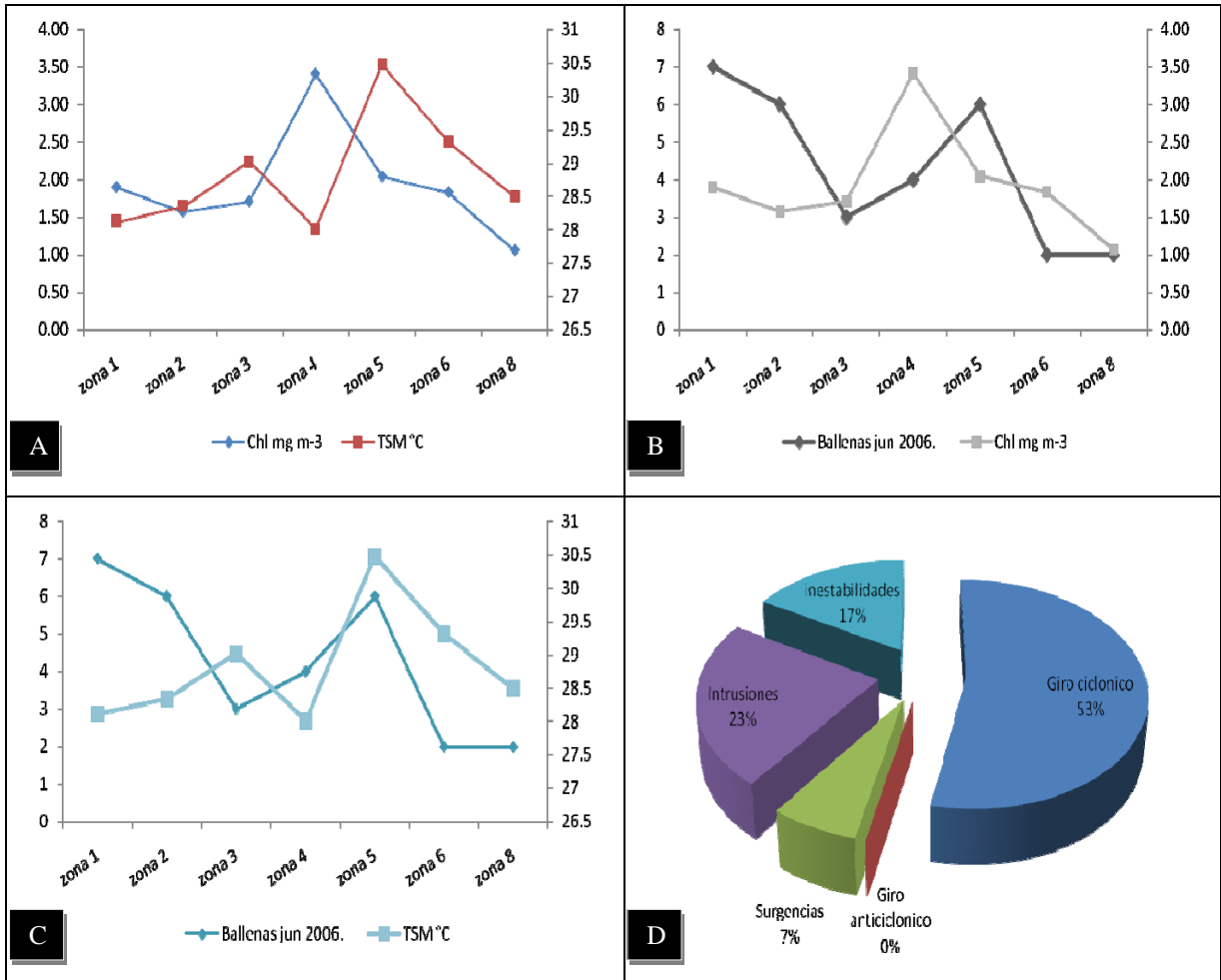


Figura 40. Variación temporal de: A) Clorofila "a" y TSM, B) abundancia de organismos y Clorofila "a", C) abundancia de organismos y TSM, D) porcentaje de organismos presentes en fenómenos de mesoescala en junio 2006.

En las graficas siguientes podemos observar un claro patrón estacional entre las abundancias de misticetos, la concentración de clorofila "a" y temperatura superficial del mar, siendo la temporada fría (invierno) de los dos años es la que presentan el mayor numero de organismos avistados en concentraciones de Chl "a" > a $4.7 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ y una abundancia menor en la temporada cálida (verano) con valores de Chl "a" < a $4.7 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Fig. 41). Con respecto a las temperaturas la temporada fría (invierno) de los dos años es la que presentan el mayor numero de organismos avistados con TSM < $23.77 \text{ }^\circ\text{C}$ y una abundancia menor en la temporada cálida (verano) con valores de TSM > $23.77 \text{ }^\circ\text{C}$ (Fig. 41).

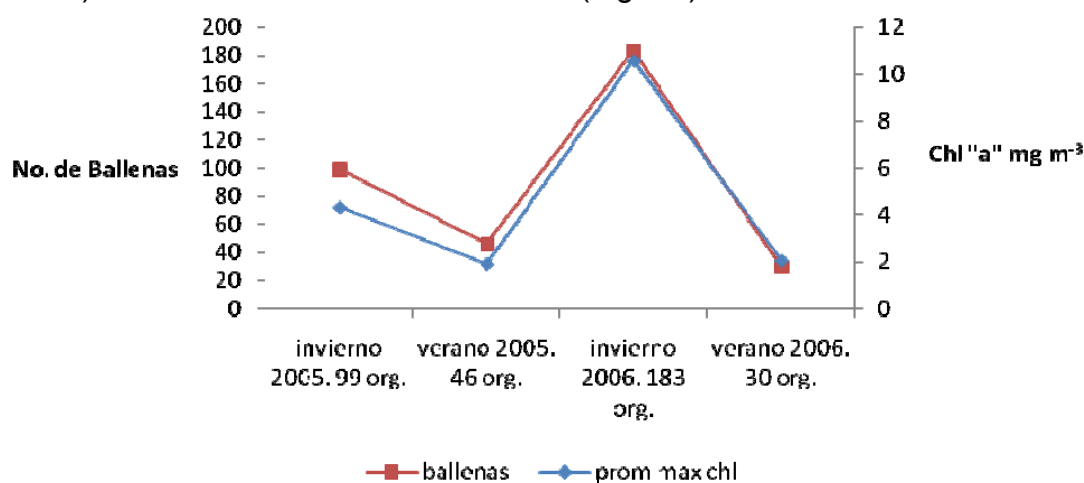


Figura 41: Variación del total de organismos y concentración de Chl "a" por temporada de muestreo durante los años de estudio 2005-2006.

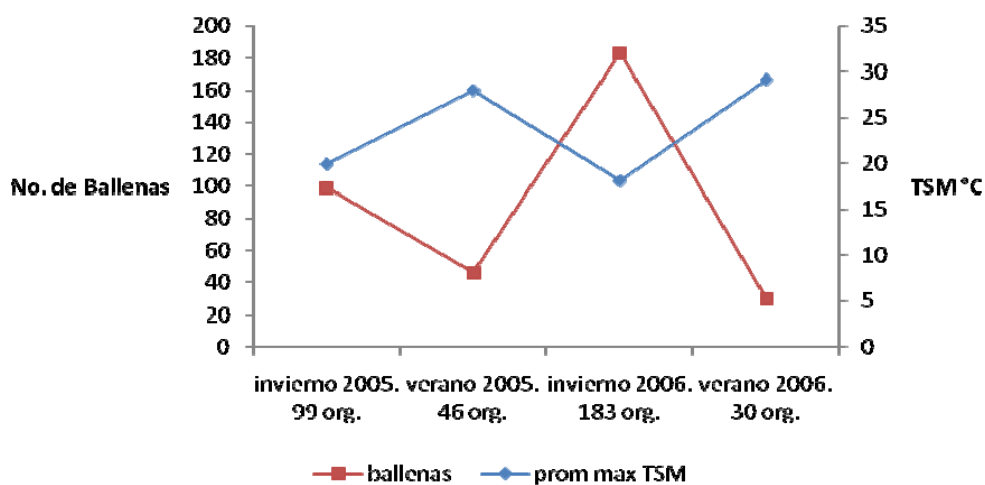


Figura 42: Variación del total de organismos y TSM por temporada de muestreo durante los años de estudio 2005-2006.

Se realizaron un total 32 correlaciones entre el número de organismos, fenomenología, Clorofila "a" y TSM para las 4 temporadas de estudio. Solo 18 (56.25%) de estas correlaciones fueron estadísticamente significativas con una ($r > 0.5$ y $p < 0.05$), con valores de (0.5-0.91 y -0.5-0-.91), tablas 7, 8, 9,10 y figuras 5,9,17,21 y 25. Del total de correlaciones 14 (43.75 %) fueron negativas en las cuales los valores oscilaron entre (-0.05 a -0.91) y 18 (56.25%) positivas con valores de (0.14 a 0.93) para los 2 años de estudio. En la temporada fría en febrero de 2005 tenemos proporción de correlaciones negativas del (62.5%) y (37.5%) positivas, por lo contrario en febrero de 2006 se encontraron un (100%) de correlaciones positivas no significativas. Para la temporada cálida junio del 2005 se encontraron (16.66%) de correlaciones positivas y un (83.34) negativas, en junio del año de 2006 se observaron (57.15%) de correlaciones negativas y un (42.85%) de positivas. Y el total de correlaciones entre Clorofila "a" y TSM por meses para cada zona de estudio en los dos años nos dio un (100%) de correlaciones positivas significativas.

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Análisis temporal de concentración de clorofila “a” y temperatura superficial del Mar.

La concentración de clorofila “a” mostró una variabilidad anual, estacional y espacial, con valores máximos en invierno y mínimos en verano para los dos años. Para la temperatura superficial del mar los valores máximos se registraron en verano y mínimos en invierno

Los valores de temperatura superficial del mar en el Golfo de California disminuyen latitudinalmente de la Boca hacia la región norte del Golfo con máximos en Boca y mínimos en el norte, (Soto-Mardones *et al.* 1999). En el presente trabajo se encontró un incremento latitudinal de TSM desde la región norte del golfo hacia el sur para los dos años de estudio en febrero la cuales las temperaturas más frías se encontraron en la región de las grandes islas de 16°C (Fig. 30, 33,36 y 39), lo cual coincide con el hecho de que se son áreas de surgencias y de una gran mezcla vertical y además por procesos de circulación que causan convergencia en el fondo y divergencia en la superficie (López *et al.* 2006; Maluf, 1983). Las temperaturas más altas se registraron en la porción sur del golfo de hasta 32°C en junio 2005 (Fig. 12) tal como lo reporta Bernal *et al.* (2001), lo cual ocasiona una fuerte estratificación en verano y débil estratificación en invierno (Argote *et al.* 1995; Hidalgo-González y Álvarez-Borrego 2001).

En cuanto a los valores de las series de tiempo de pigmentos fotosintéticos, las concentraciones mínimas suelen encontrarse en la boca del golfo principalmente en verano y mayores en el norte durante el invierno (Álvarez-Borrego y Lara- Lara, 1991). En las imágenes de satélite de concentración de clorofila “a” los valores máximos se hallaron en el Alto golfo y en la parte central en las costas de Sinaloa y Sonora en la temporada de febrero en los 2 años de estudio debido a que estas zonas presentan gran cantidad de nutrientes y surgencias estacionales generadas por los fuertes vientos del noroeste característicos de invierno (Douglas *et al.*, 1993;

Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987; Alvarez- Borrego y Lara-Lara, 1991). Los valores mínimos de concentración de Clorofila “a” se encontraron desde la parte sur y toda la porción central el golfo debido a una fuerte intrusión de aguas oligotróficas del Pacífico. En esta zona de la Boca del Golfo se encuentran aguas del Pacífico Tropical ocasionando altas temperaturas y baja concentración de nutrientes características de la época de verano, (Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994).

De las series de tiempo de concentración de clorofila “a” observadas se confirma la variabilidad anual en todo el Golfo de California, con concentraciones mínimas en verano y máxima en invierno. En la región de las Grandes Islas, la amplitud de la marea es de hasta 5 m y provoca una constante resuspensión de sedimentos. Esto hace que los nutrientes en la columna de agua de esta región se encuentren en altas concentraciones durante todo el año como resultado de una importante mezcla vertical generada por la presencia de ondas internas y corrientes de marea durante todo el año (Simpson *et al.* 1994; Gaxiola-Castro *et al.* 2002; Hernández-Ayón *et al.* 1993).

Por otro lado la concentración de clorofila “a” mostró, en general, un incremento de inicios de febrero hacia finales de abril y de septiembre a diciembre, lo cual podría estar relacionado con el aumento de surgencias estacionales en invierno. Aunado a una mayor disponibilidad de nutrientes, producto de la baja estratificación y de una capa de mezcla más profunda tal como lo ha reportado Argote *et al.* (1995), Hidalgo-González y Álvarez-Borrego (2001), Palacios-Hernández *et al.* (2002). Esta misma respuesta se observa en la mayoría de las imágenes de concentración de clorofila-*a* de invierno. Las bajas concentraciones de verano son una consecuencia de una mayor estratificación de la columna de agua (Argote *et al.* 1995; Hidalgo-González y Álvarez-Borrego 2001). Sin embargo, como se observa en las imágenes una de las principales causas del empobrecimiento en el golfo que se deduce de las bajas concentraciones de pigmentos en la intrusión de Agua superficial ecuatorial muy pobres en nutrientes y fitoplancton.

De acuerdo a lo anterior, el patrón general concentraciones de Clorofila “a” tradicionalmente aceptado para el Golfo de California (es altas durante invierno en la costa de Sonora y Sinaloa y bajas durante verano en la costa de Baja California) corresponde al encontrado en este estudio para el Golfo. Al igual que la presencia de estructuras de mesoescala a lo largo y ancho del Golfo de California en las cuales se observa el intercambio de masas de agua de la costa continental a la costa peninsular facilitando la dispersión de nutrientes y pigmentos fotosintéticos.

8.2 Análisis de circulación superficial en el año 2005 y 2006.

En las imágenes de concentración de clorofila “a” de (Fig. 3 y 4) se observa que el patrón de circulación en el golfo norte es principalmente anticiclónico de abril a mayo y noviembre a diciembre mientras que es ciclónica de junio a septiembre y en algunos meses del 2005 poco definida. Las altas concentraciones de Chl “a” estacionales en esta área predominan en los meses de diciembre a abril. Para el 2006 se observa un patrón estacional de circulación con remolinos anticiclónicos en los meses de enero a mayo, ciclónico junio a septiembre con una duración de cuatro meses con altas concentraciones de Chl “a” en los meses de enero-mayo (Fig. 3,4,15 y 16), con un total de 26 estructuras observadas en los 2 años (Tablas 1y 4). Este mismo comportamiento de circulación ha sido reportado por Beier (1997), Lavín *et al.* (1997), Palacios-Hernández *et al.* (2002), Carrillo *et al.* (2002). También se observa un intercambio de aguas entre las costas continentales y de Baja California tanto en invierno como en verano. En profundidades menores la mezcla por marea se intensifica (Argote *et al.* 1995) e incrementa la resuspensión de material del fondo (sedimentos y nutrientes) lo que provoca un predominio de concentraciones altas de clorofila-*a* en estas zonas. Entre las Islas Ángel de La Guarda y Tiburón la circulación es muy variable, sin duda porque esta es una zona con una intensa mezcla vertical, producida entre otras cosas por la interacción de la marea y las ondas internas con la batimetría Argote *et al.* (1995), García-Silva y Marinone (2000), Salas-de-León *et al.* (2003). También se observa en las imágenes que la zona norte es influenciada por la formación de un filamento de concentración de clorofila “a” originadas en la costa por remolinos provenientes de la parte norte o central del GC. A su vez hay una

sucesión de estas estructuras de mesoescala estacionalmente que modifican el patrón de circulación superficial el cual se conserva por un lapso de tres a cuatro meses, coincidiendo con estudios realizados por (Marinone, S.G. 2003) y difiriendo en duración con los del trabajo de (López, 2005), fenómenos en el cual los describe con una menor duración.

En las imágenes del 2005 y 2006 de clorofila “a” en porción central del Golfo de California se observa un número un poco mayor de estructuras de mesoescala (remolinos anticiclónicos, remolinos ciclónicos, filamentos y zonas mayor concentración de Chl “a” estacionales), (Fig. 7,8,19 y 20) con 32 estructuras observadas (Tabla 2 y 5). La intensa circulación en esta área promueve un intercambio de masas de agua entre ambas costas lo cual ocasiona un importante transporte de material suspendido como se puede observar en las imágenes de Clorofila “a”. Un ejemplo de esto lo constituye el transporte de larvas de peces o crustáceos desde los sitios de desove hacia sus sitios de crianza Calderon-Aguilera *et al.* (2003), Marinone *et al.* (2004b). La propagación de remolinos anticiclónicos de la costa de Sonora hacia Baja California y de remolinos ciclónicos de Baja California hacia Sonora es otro rasgo de la circulación que debe contribuir de manera significativa con el transporte de material orgánico e inorgánico entre ambas costas, al igual que el transporte ocasionado por filamentos (López, 2005). En este trabajo se deduce que el transporte de material orgánico tanto de los giros ciclónicos como anticiclónicos de las zonas de altas concentraciones de clorofila a zonas de bajas concentraciones se da desde la costa de Sonora y Sinaloa hacia Baja California.

Generalmente un levantamiento de la termoclina es asociado con un aumento en la concentración de nutrientes en superficie (Fiedler 2002; Vaillancourt *et al.* 2003), una disminución en la temperatura superficial (Schmitz y Vastano 1975) y un consecuente aumento en la abundancia de fitoplancton (Fiedler 2002; Vaillancourt *et al.* 2003). Sin embargo esto no ocurre en el Golfo de California durante la temporada cálida en la porción central desde el sur de las grandes islas hasta la boca, donde se observa una gran intrusión de aguas del Pacífico que inicia desde el mes de mayo

hasta el mes de noviembre que se retira totalmente la intrusión de aguas con altos valores de temperatura y muy bajos valores de concentración de clorofila “a” para el año 2005. En cambio para el año 2006 la intrusión de aguas oligotróficas del Pacífico inicia un mes después en abril y retirándose del golfo hasta el mes de diciembre. Pegau *et al.* (2002) discute que la presencia de remolinos anticiclónicos con altas concentraciones de clorofila “a”, y remolinos ciclónicos con bajas concentraciones de clorofila “a” en la parte sur del Golfo de California presentan un patrón (inverso al tradicionalmente esperado) lo explican mencionando que los remolinos anticiclónicos se forman con agua proveniente de la costa Este del Golfo de California rica en clorofila “a”. Mientras que los remolinos ciclónicos lo hacen con agua de la costa Oeste pobre en clorofila “a”. Por lo tanto el patrón de los remolinos anticiclónicos y ciclónicos en la parte sur del golfo observados en las imágenes en este estudio, es un poco distinto, se caracterizan por tener altos o bajos valores de concentración de clorofila “a” provenientes de cualquiera de las dos costas.

Los resultados aquí obtenidos para la circulación en invierno y verano en el Golfo de California son muy similares a los obtenidos mediante mediciones *in situ* (Marinone, 2003; Lavín *et al.* 1997; Palacios-Hernández *et al.* 2002; Carrillo *et al.* 2002) por lo cual es muy importante continuar con el uso de imágenes de satélite para complementar y entender los patrones de la circulación superficial del Golfo. Dado que proveen una cobertura espacial y temporal que no puede ser obtenida mediante cruceros oceanográficos, anclajes o boyas de deriva y que su costo es considerablemente menor.

La frecuencia y duración de los remolinos observados por López, (2005) no muestran una clara relación con la época del año, presentando una circulación ciclónica de verano en la región norte y un patrón de circulación no definido para invierno. Lo contrario ocurrió para este trabajo, en donde los remolinos anticiclónicos se observan principalmente en invierno para la misma región con un patrón bien definido. En contraste, la relación entre la rotación de los remolinos y su concentración de clorofila “a” no está bien definida. En las estructuras de mesoescala

observadas en el presente estudio los de mayor frecuencia y duración en la región norte para el 2005 son giros ciclónicos en verano, y de una menor frecuencia y duración son los anticiclónicos en invierno. Los remolinos anticiclónicos en el 2006 observados principalmente en la época de invierno son de mayor frecuencia y mayor duración que los giros ciclónicos característicos de la época de verano en el 2006, patrón que se repite en las demás regiones del golfo. (Tabla 1,4,2,5,3 y 6), tal como está reportado por (Lavin y Marinone, 2003).

8.3 Variabilidad ambiental, fenomenología y distribución y abundancia de misticetos.

Las características ambientales y oceanográficas influyen el hábitat donde los mamíferos marinos mantienen sus poblaciones ya sea para alimentarse o para reproducirse. Particularmente, la temperatura y la clorofila “a” son factores que afecta a los organismos marinos cuya distribución geográfica está asociada con el gradiente latitudinal de temperaturas y disponibilidad de nutrientes afectando la abundancia y disponibilidad de las especies presa, lo cual puede indicar áreas de concentración de presas de ballenas, Gaskin, (1980), Evans, (1987), Gregr y Trites, (2001).

En este estudio se presenta evidencia que durante las 4 temporadas de estudio de los años 2005 y 2006 en el Golfo California existe una relación entre los Misticetos y condiciones ambientales aunadas a fenómenos físicos como estructuras de mesoescala que en él se presentan. Esto sugiere que durante las épocas de estudio, estos organismos tienden a responder a condiciones climáticas como cambios de temperatura, oceanográficas como fenómenos de mesoescala antes mencionados y aprovechamiento de recursos bióticos los cuales aprovechan los organismos presas de estas grandes ballenas. En diversos estudios se ha observado que la definición de zonas y escalas es un problema para la comprensión de la distribución de cetáceos, ya que no se toman en cuenta factores físicos y procesos

oceanográficos como fenómenos de mesoescala (Jaquet, 1996, Ballance *et al.*, 2006).

Los resultados obtenidos de los análisis por zonas y cuadrantes demostraron que en el golfo durante la temporada fría (febrero) del 2005 la distribución de *Misticetos* (n= 99) estuvo correlacionada significativamente a zonas de alta concentración de Clorofila "a" (r= 0.73) y TSM bajas principalmente en zonas en las cuales se presentaron fenómenos de mesoescala como giros anticiclónicos (r=0.78) en la parte norte con un 49 % de organismos y ciclónicos en el centro (r= -0.439) con un 11% de organismos y a una series de surgencias las cuales generan zonas de alta productividad con un 19% de organismos. Para febrero del 2006 se observa un aumento en la abundancia de *misticetos* a lo largo de todo el Golfo de California con (n= 183) organismos asociados a zonas de alta concentración, filamentos de clorofila las cuales que se extienden de la costa continental a la costa peninsular, también se encontró una relación significativa de ballenas con estructuras de mesoescala las cuales un 47% de los organismos se encuentran asociados a giros anticiclónicos y un 18% a zonas frontales de las surgencias. La tendencia de estos organismos a habitar aguas profundas puede resultar en que las ballenas pueden estar asociadas indirectamente por los patrones de distribución al que responden sus presas (Croll *et al.*, 2005). Lo cual demuestra la afinidad de este tipo de organismos en estas zonas, como lo menciona (Chavez, A.M. 2006) en su estudio en el cual encuentra que distribución de *B. musculus* fue relativamente oceánica excepto en el Alto Golfo donde se localizaron dos grandes agrupaciones en aguas relativamente poco profundas (<150 m) al sureste de San Felipe y al noreste de la Isla Ángel de la Guarda, pero sin embargo no encontró una relación con pigmentos fotosintéticos como se puede observar en este estudio. Éstas regiones ya habían sido consideradas como zonas de alta densidad de ballenas azules asociadas principalmente a actividades alimenticias (Gendron, 2002). En Marzo-Abril del 2005, un área con elevado número de avistamientos de ésta especie se ubicó en la región centro y sur, cerca de Loreto y de la Isla del Carmen, dónde previamente se había

registrado de forma frecuente a finales de invierno y primavera (Sears *et al.*, 1987; Leatherwood *et al.*, 1988, Gendron 1990) y en la boca del golfo (Gendron, 2002).

Chávez, A.M. 2006, también encuentra que la ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) durante la temporada fría ésta fue la tercer especie con mayor número de avistamientos ($n = 40$) distribuyéndose en gran parte cerca de la costa occidental del Golfo de California particularmente en la zona del Alto Golfo en aguas someras y frías. Ya que las bajas temperaturas registradas en este trabajo en el Alto Golfo, son principalmente causadas por la mezcla de agua producida por corrientes de mareas y eventos de surgencias forzadas por vientos del noroeste como menciona Álvarez-Borrego, (1983), Álvarez- Borrego y Lara-Lara, (1991), Álvarez-Borrego, (2002), los propician elevadas concentraciones de clorofila con las que los misticetos (ballenas barbadas) están correlacionadas. Estas altas concentraciones registradas febrero de los dos años 2005 y 2006 favorecen el suministro necesario para los misticetos que se alimentan principalmente de eufáusidos.

El mes de junio en la temporada cálida se observó una reducción considerable en el número de organismos hasta 46 en el 2005 y 30 organismos para el 2006 debido a que la mayor parte del Golfo de California se encontró con valores bajos de concentración de clorofila "a" y un aumento en la temperatura con una relación inversa significativa de organismos y TSM con una $r = -0.05$ en 2005, y una $r = -0.32$ para el 2006 , debido a la fuerte intrusión de Agua Superficial Ecuatorial de la cual se deduce que las ballenas migratorias responden retirándose del Golfo de California y replegándose hacia el Golfo Norte las ballenas residentes, donde se observa un giro ciclónico al cual están asociados la mayoría de los organismos en esta época con un 44 % de los avistamientos y a la zona de las grandes islas con valores altos de pigmentos.

Los resultados de esta tesis representan uno de los pocos estudio que relacionan la distribución y abundancia de los grandes cetáceos realizado a lo largo del Golfo de California durante la temporada fría y cálida acoplado variables físicas y

biológicas con estos organismos los cuales utilizan los recursos de esta zona para alimentarse y reproducirse. Las técnicas de muestreo a gran escala, la utilización de imágenes de satélite de alta resolución de Clorofila "a", TSM y análisis de correlación estadística para obtener relaciones entre variables físicas y biológicas resultaron en una gran herramienta para poder hacer este tipo de estudios.

IX. CONCLUSIONES

Durante los periodos analizados se pudieron detectar una importante cantidad de fenómenos en el Golfo de California, representados en parte por fuertes variaciones estacionales, tanto de temperatura como de clorofila “a”, así como ciertas variaciones entre los dos años estudiados de 2005 y 2006. Por otro lado, se pudieron detectar una serie de estructuras de mesoescala, como son las surgencias estacionales, los remolinos ciclónicos y anticiclónicos en diversas partes del golfo, filamentos de concentración de clorofila “a”, destacando las fuertes intrusiones de Agua Superficial Ecuatorial al interior del golfo.

Las estructuras mesoescalares presentes en el golfo fueron mayormente detectadas en las imágenes de clorofila “a”, mediante bajas o altas concentraciones, ya que en las imágenes de temperatura superficial del mar fueron enmascaradas por el calentamiento superficial o por los débiles gradientes de temperatura que presentaron dichas estructuras.

El análisis oceanográfico realizado por meses en el Golfo de California permitió determinar, en gran medida, la evolución de su dinámica superficial de mesoescala, permitiendo establecer los marcos oceanográficos, durante los cuales se llevaron a cabo los muestreos biológicos.

Cabe señalar el fuerte impacto que sufre el Golfo de California, debido a los efectos de la intrusión de Agua Superficial Ecuatorial durante el verano de los dos años, ya que en meses anteriores persistían condiciones altamente favorables para el sustento primario de las redes tróficas y repentinamente, estas condiciones se ven fuertemente disminuidas por tal intrusión.

Se registraron un total de 358 organismos en las 4 temporadas de muestreo de los cuales para 2005 fueron de 99 avistamientos en febrero, 46 en junio, para 2006, 183 organismos en febrero y 30 en junio.

Durante la temporada de fría febrero de 2006 se observó una distribución de misticetos a lo largo de todo el Golfo de California y una abundancia mayor de los mismos, siendo mínimo en el verano en el mes de junio del mismo año.

La variabilidad de valores de concentración de clorofila "a" mostró una diferenciación estacional y espacial en las épocas de muestreo. Con valores máximos en invierno y mínimos en verano para los 2 años de estudio siendo mayor en el 2006.

Las mayores abundancias de misticetos se ven asociadas a valores bajos de TSM propios de la temporada de invierno, y las menores abundancias responden a las zonas con altos valores de TSM siendo estos en la temporada de verano de los dos años.

Las estructuras más frecuentes en los periodos de estudio (2005-2006), fueron remolinos ciclónicos en verano e intrusiones de agua del Pacífico tropical muy cálidas propias de la temporada de verano en las cuales se observan las mínimas abundancias de misticetos y remolinos anticiclónicos y zonas de alta concentración de Chl "a" o surgencias y filamentos de clorofila característicos de la temporada de invierno en la cual se observan la mayor cantidad de organismos a las cuales están asociados.

Se obtuvieron un total 32 correlaciones de todos los parámetros (organismos, fenomenología, Clorofila "a" y TSM) para las cuatro temporadas de estudio, de las cuales 18 (56%) de estas correlaciones fueron estadísticamente significativas las cuales nos indican una eventual relación entre el numero de organismos, de lo cual

se deduce que pueden estar respondiendo a los efectos de la dinámica oceanográfica y la variabilidad ambientales del Golfo de California.

X. Recomendaciones para futuros estudios

Continuar con estudios ecológicos que combinen los elementos ambientales y la información biológica haciendo un mayor énfasis en el análisis detallado en la parte correspondiente a la oceanografía física. Dicho análisis físico puede contemplar información satelital y muestreos en campo esto a pesar de que como es sabido que la obtención de los datos de campo son altamente costosos, ya que involucran el uso de barcos oceanográficos. Estos datos de campo servirían para analizar los efectos en profundidad de las estructuras mesoescalares y de los campos tridimensionales de variables como la temperatura, salinidad y densidad. También se recomienda dentro del muestreo biológico de los avistamientos de cetáceos el seguimiento con rastreadores satelitales que permitan determinar sus desplazamientos lo cual permitiría inferir las respuestas a los diversos fenómenos oceanográficos y su permanencia o desplazamiento hacia afuera del Golfo de California.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez-Borrego, S., Rivera, J.A. G. Gaxiola-Castro, M.J. Acosta-Ruiz y R.A. Schwartzlose. 1978. Nutrientes en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 5(2):53-71.
- Álvarez-Borrego, S y Schwartzlose, R.A. 1979. Water masses of the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 6 (1,2): 43-63.
- Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California, 427-450. En: Ketchum, B.K. (Ed.) *Ecosystems of the world 26. Estuaries and enclosed areas*. Elsevier, Amsterdam.
- Alvarez-Borrego, S. and Lara-Lara, J.R. (1991). The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. In: J.P. Dauphin and B. Simoneit (eds.), *The Gulf of California and Peninsular Province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 47: 555-567.
- Álvarez-Borrego, S. 2002. Physical oceanography, 1-25. En: Case, T., M. Cody & E. Ezcurra (Eds.) *Island Biogeography of the Gulf of California*. Oxford University Press.
- Álvarez-Sánchez, L.G., Stevenson, M.R. y Wyatt, B. (1978). Circulación y masas de agua en la región de la boca del Golfo de California en la primavera de 1970. *Ciencias Marinas*, 5(1): 57–69.
- Argote, M.L., Amador, A., Lavín, M.F., Hunter, J.R., (1995). Tidal dissipation and stratification in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 100(C8), 16103-16118.
- Arias-Aréchiga, J.P. 1998. *Regionalización del Golfo de California: propuesta a partir de concentración de pigmentos fotosintéticos (CZCS)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz.
- Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López y V. Aguiar-Sierra. 1998. Regiones Marinas Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Badan-Dangon, A., C. J. Koblinsky, y T. Baumgartner (1985), Spring and summer in the Gulf of California, *Oceanologica Acta*, 8, 13–22.

- Badan-Dangon, A., Dorman, C.E., Merrifield, M.A. y Winant, C.D. (1991b). The lower atmosphere over the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 96(16): 877–896.
- Badan-Dangon, A. 1998. Coastal circulation from the Galapagos to the Gulf of California. *In: The Sea, Pan Regional Vol. 11*. A. R. Robinson and K. H. Brink (Eds). John Wiley and Sons, 315-343.
- Bakun A, 1996. Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. Univ. Calif Sea Grant, San Diego, In cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México. 323 p.
- Balcomb, K.C, B. Villa R. y G.Nichols. 1979. Marine Mammals in the Cortez Sea. *Proc. 4th International Conference on gray Whales*.
- Ballance, L. T., Pitman, R. L. y P. C. Fiedler. 2006. Oceanographic influences on seabirds and cetaceans of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69: 360-390.
- Baumgartner, T.R. y Christensen, N.Jr. (1985). Coupling of the Gulf of California to large-scale interannual climatic variability. *Journal of Marine Research*, 43: 825–848.
- Baumgartner, M.F., K.D. Mullin, L.N. May y T.D. Leming. 2001. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. *Fisheries Bulletin*. 99:219-239.
- Baumgartner, M.F. y B.R. Mate. 2005. Summer and fall habitat of North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) inferred from satellite telemetry. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62:527-543.
- Beier, E. (1997). A numerical investigation of the annual variability in the Gulf of California. *Journal Physical Oceanography*., 27: 615–632.
- Beier, E. y Ripa, P., (1999). Seasonal gyres in the northern Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography*, 29, 305-311.
- Bernal, G., P. Ripa y J.C. Herguera 2001. Variabilidad oceanográfica y climática en el bajo golfo de California: influencias del trópico y Pacífico norte. *Ciencias Marinas*, 27(4):595-617.

- Beron-Vera, J. y Ripa, P. (2000). Threedimensional aspects of the seasonal heat balance in the Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 105: 11441–11457.
- Brinton, E., A. Fleminger y D. Siegel-Causey. 1986. The temperate and tropical planktonic biotas of the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 27:228-266.
- Calderon-Aguilera, L.E., Marinone, S.G. y Aragón-Noriega, E.A., (2003). Influence of oceanographic processes on the early life stages of the blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) in the upper Gulf of California. *Journal of Marine Systems*, 39, 117-128.
- Carrillo, L., M.F. Lavín y E. Palacios-Hernández. 2002. Seasonal evolution of the geostrophic circulation in the northern Gulf of California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 54: 157-173
- Cisneros-Mata M., M. Nevarez M., M. Martínez, J. Santos, A. Godínez y G. Montemayor. 1997. Sinopsis de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California de 1991/1992 a 1995/1996. Inst. Nal. de Pesca, CRIP Guaymas, 89 p.
- Collins, C.A., Garfield, N., Mascarenhas Jr., A.S. y Spearman, M.G. (1997). Ocean current across the entrance to the Gulf of California. *J. Geophys. Res.*, 102: 20927–20936.
- Castro, R., Lavín, M. y Ripa, P. (1994). Seasonal heat balance in the Gulf of California. *J. Geophysical. Res.*, 99: 3249–3261.
- Castro, R. 2000. Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas Instituto de Investigaciones Oceanológicas Universidad Autónoma de Baja California.
- Chavez, A.M. 2006. Caracterización del hábitat de grandes cetáceos del Golfo de California durante invierno. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S. Mexico.
- Croll, D.A., B. Marinovic, S. Benson, F.P. Chavez, N. Black, R. Ternullo y B.R. Tershy. 2005. From wind to whales: trophic links in a coastal upwelling system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 289:117-130.

- Cummings, W.C. 1985. Brydes whale *Balaenoptera Edeni* Anderson , 1978. 137-154. En: Ridway, s.H. y R. Harrison (Eds). *Handbook of Marine Mammals*. Volume 3: *The sirenians and baleen Whales*. Academic Press. London.362 pp.
- Davis, R.W., G.S. Fargion, L.N. May, T.D. Leming, M.F. Baumgartner, W.E. Evans, L.J. Hansen y K. Mullin. 1998. Physical habitat of cetaceans along the continental slope in the north-central and western Gulf of Mexico. *Mar. Mamm. Sci.* 14:490-507.
- De Lanza-Espino, G. 1991. Oceanografía de los mares mexicanos. AGT Editor. México. 569 pp.
- Del Ángel Rodríguez J, (1997). Hábitos alimentarios y distribución espaciotemporal de los rorcuales comunes (*Balaenoptera physalus*) y azul (*Balaenoptera musculus*) en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN.
- Douglas, M.W., Maddox, R.A., Howard, K. y Reyes, S. (1993). The Mexican monsoon. *J. Climate*, 6: 1665–1677.
- Duxbury, A.C., Duxbury, A.B., Sverdrup, K.A., (2000). An Introduction to the World's Oceans. 6a. Edición. McGraw-Hill. 528 p.
- Emilsson, I. y M. A. Alatorre. Evidencias de un Remolino Ciclónico de Mesoescala en la parte Sur del Golfo de California. in *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Unión Geofísica Mexicana, Monografía, 3:113–139, 1997.
- Enriquez, L. y J. Urbán R. 1996. Rorcuales comunes. Catálogo fotográfico y panorama general sobre la biología en el golfo de California. UABCS-CONABIO. No. publicado. 67 pp.
- Ellis, R. 1980. The book of whales. Alfred A. Knopf. New York. 202 pp.
- Etnoyer, P., D. Canny, B. Mate y L. Morgan. 2004. Persistent pelagic habitats in the Baja California to Bering Sea (B2B) Ecoregion. *Oceanography* 17(1):90-101.
- Evans, P.G.H. 1987. The Natural history of whales and dolphins. Facts on File, Ed. G.B. 343 pp.
- Fiedler, P.C. Seasonal Climatologies and variability of Eastern tropical Pacific surface waters. NOAA Technical Report NMFS 109. U.S Department of Commerce, 65pp, 1992.

- Fiedler P.C., S.B. Reilly, R.P. Hewitt, D. Demer, V.A. Philbrick, S. Smith, W. Armstrong, D.A. Croll, B.R. Tershy y B.R. Mate. 1998. Blue whale habitat and prey in the California Channel Islands. *Deep-Sea Res.* 45:781-1801.
- Fiedler, P.C. 2002a. Environmental change in the Eastern Tropical Pacific Ocean: review of ENSO and decadal variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 244:265-283.
- Fiedler, P.C., 2002b. The annual cycle and biological effects of the Costa Rica Dome. *Deep-Sea Research I*, 49, 321-338.
- Fiedler, P.C. y V.A. Philbrick. 2002. Environmental change in the Eastern Tropical Pacific Ocean: observations in 1986-1990 and 1998-2000. *SWF Science Center Administrative Report LJ-02-15, available from National Marine Fisheries Service, SWF Science Center, NMFS, P.O. Box 271, La Jolla, California 92038.* 18 p.
- Flores-Ramírez, S., Urban, J., Villarreal G., Chávez y R. Valles-Jiménes 1996. Cambios espaciales y temporales de la estructura comunitaria de los cetáceos en Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Ciencias Marinas* 22(2): 151-173.
- Gambell, R. 1985. Fin whale *Balaenoptera physalus* (Linnaeus 1758) 171-192. In.- S.H. Ridgeway y R. Harrison (eds.). *The handbook of marine mammals. Volume 3.* Academic Press, London.
- García-Silva, G. y Marinone, S.G., (2000). Tidal dynamics and energy budget in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 26(2), 323-353.
- Gaskin. D.E. 1982. *The ecology of whales and dolphins.* Heinemann editors. Londres. 459 pp.
- Gaskin, D.E. (1983). *The Ecology of Whales and Dolphins.* Heinemann Editors, London, 459 pp.
- Gaxiola-Castro, G. y Alvarez-Borrego, S. (1986). Productividad primaria del Pacífico mexicano. *Ciencias Marinas*, 12(3): 26-33.
- Gaxiola-Castro, G. y F. Müller-Karger. 1998. Seasonal phytoplankton pigment variability in the Eastern Tropical Pacific Ocean as determined by CZCS imagery. En: *Remote Sensing of the Pacific Ocean by Satellites.* R. A. Brown (ed). Earth Ocean & Space, Globe. 54-62 p.

- Gaxiola-Castro, G., Álvarez-Borrego, S., Nájera-Martínez, S., Zirino, A.R., (2002). Internal waves effect on the Gulf of California phytoplankton. *Ciencias Marinas*, 28(3), 297-309.
- Gendron, D. (1992). Cambios en la abundancia y composición específica de mamíferos marinos en la Bahía de La Paz en relación al fenómeno ENSO 1992. Resúmenes: IV Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortes. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C., septiembre 1992.
- Gendron, D. (1990). Relación entre la Abundancia de Eufausidos y de Ballenas Azules (*Balaenoptera musculus*) en el Golfo de California. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz Baja California Sur.
- Gendron, D. y J. Urbán. 1993. Evidence of feeding behavior by humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Baja California breeding ground, Mexico. *Mar. Mamm. Sci.* 9(1):76-81.
- Gendron, D. 2002. Ecología poblacional de la ballena azul, *Balaenoptera musculus*, de la península de Baja California. Tesis de Doctorado, CICESE. Ensenada, B.C. 112 p.
- Gregg, E. A. Trites. 2001. Predictions of critical habitat for five whale species in the waters of coastal British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58:1265-1285.
- Gilbert, J. Y. y W.E. Allen. 1943. The phytoplankton of the Gulf of California obtained by the "E.W. Scripps" in 1939 and 1940. *J. Mar. Res.* 5:89-110.
- Gittleman, J.L. (1986). Carnivore brain size, behavioural ecology, and phylogeny. *J. Mamm.*, 67: 23-36.
- Gittleman, J.L. (1989). Carnivore group living: comparative trends. In: J.L. Gittleman (ed.), *Carnivore Behavior Ecology and Evolution*. Cornell Univ. Press, pp. 183-207.
- Hernández-Ayón, J.M., Galindo-Bect, M.S., Flores-Báez, B.P., Álvarez-Borrego, S., (1993). Nutrient concentrations are high in the turbid waters of the Colorado River Delta. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 37, 593-602.
- Hidalgo-González, R. M. y Álvarez-Borrego, S., (2001). Chlorophyll profiles and the water column structure in the Gulf of California. *Oceanologica Acta*, 24(1), 19-28.
- IOCCG. 1999. Status and plans for satellite ocean colour missions:

- Considerations for complementary missions. Yoder, J. A. (ed.). Reports of the International Ocean Colour Coordinating Group; No. 2, IOCCG, Dartmouth, Canada.
- Jaquet, N. 1996. How spatial and temporal scales influence understanding of Sperm Whale distribution: a review. *Mammal Rev.* 26(1):51-65.
- Jaramillo L., A. 1995. *Relación entre las agregaciones invernales del rorcual jobado (Megaptera novaeangliae) en el Pacífico Mexicano, en base a la fotoidentificación y morfología caudal.* Tesis de Licenciatura. Departamento de Biología Marina. UABCS. 51pp.
- Jaume-Schinkel, M.S. 2004. *Hábitos alimentarios del rorcual común Balaenoptera physalus en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono.* Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. 64 p.
- Kenney, R. D., y H. E. Winn. 1986. Cetacean high-use habitats of the northeast United States continental shelf. *Fish. Bull.* 84:345–357.
- Lavin, M.F., Beier, E. y Badan, A. (1997). Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual. En: Lavin, F. (ed.) *Contribuciones a la Oceanografía Física en México.* Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 3. pp 141–171.
- Lavín, M.F. y Marinone, S.G., (2003). An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. En: *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics.* O.U. Velasco Fuentes *et al.* (Eds). Kluwer Academic Publishers. Países Bajos. 173-204.
- Lavín, M.F., Beier, E., Gomez-Valdez, J., Godínez, V.M. y García, J. (2006). On the summer poleward coastal current off SW Mexico. *Geophysical Research Letters*, 33, 1-4.
- Leatherwood, S., R.R. Reeves, W.F. Perrin y W.E. Evans. 1982. *Whales, dolphins and porpoises of the Eastern North Pacific and adjacent arctic waters: a guide to their identification.* National Oceanic and Atmospheric Administration, TechnRep. NMFS. Circular 444,245~.
- Leatherwood, S., R.R. Reeves. 1983. *The Sierra Club handbook of whales and dolphins.* Sierra Club books. San Francisco. 303 pp.

- Leatherwood, S., R.R. Reeves, W.F. Perrin y W.E. Evans. 1988. *Whales, dolphins and porpoises of the Eastern North Pacific and adjacent Arctic waters: a guide to their identification*. Dover Publications, Inc., New York. 245 p.
- Lepley, L.K., Vonder Haar, S.P., Hendrickson, J.R., Calderon-Riveroll, G., (1975). Circulation in the northern Gulf of California from orbital photographs and ships investigations. *Ciencias Marinas*, 2(2), 86-93.
- Lluch-Cota, S. E. 2000. Coastal upwelling in the eastern Gulf of California. *Oceanologica Acta* 23(6): 731-740.
- Lluch-Cota, S.E. & J.P. Arias-Aréchiga. 2000. Sobre la importancia de considerar la existencia de centros actividad biológica para la regionalización del océano: el caso del Golfo de California, 255-263 En: Lluch-Belda, D., Elorduy-Garay, J., Lluch-Cota, S.E. y G. Ponce-Díaz (Eds). *BAC Centros de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano*. CIB, CICIMAR y CONACYT. La Paz, México.
- Lluch-Cota, S.E. 2004. Gulf of California, 1-7 p. In: *Marine Ecosystems of the North Pacific*. *PICES Spec. Pub. #1*. 1280pp.
- Lockyer, C.1981. Growth and energy budgets of large baleen whales from the Southern Hemisphere. *In* *FAO Advisory Committee on Marine Resource Research, Mammals in the Sea*, vol. III, General papers and large cetaceans, p. 379–487. *FAO*, Rome.
- López, J.M. 2005. Variabilidad anual e interanual de la clorofila- (SeaWiFS) y el viento superficial (QuikSCAT) en el Alto Golfo de California: su circulación y asociación. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada B.C.
- López, M., Candela, J. y M.L. Argote. 2006. Why does the Ballenas Channel have the coldest SST in the Gulf of California? *Geophysical Research Letters*, 33: 1-5
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. USA. 167 pp.
- Maluf, L.Y. 1983. The Physical Oceanography, 26-45. *En*: Case, T. J. y M. L. Cody (Eds.) *Island Biogeography in the Sea of Cortez*. University of California Press, Berkeley.

- Mangels, K.F. y Gerrodette, T. 1994. Report on cetacean sightings during a marine mammal survey in the Eastern Tropical Pacific ocean aboard the NOAA ships McArthur and David Starr Jordan. July 28-November 2, 1992. *U.S. Department of Commerce, National Oceanic, National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Science Center. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-200*, 74 p.
- Marinone, S.G. 2003. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 108: 21-27
- Marinone, S.G., Parés-Sierra, A., Castro, R., y Mascarenhas, A., (2004a). Correction to "Temporal and spatial variation of the surface winds in the Gulf of California". *Geophysical Research Letters*, 31, L10305, doi:-10.1029/2004GL020064
- Marinone, S.G., Gutiérrez, O.Q., Parés-Sierra, A., (2004b). Numerical simulation of larval shrimp dispersion in the northern region of the Gulf of California. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 60(4), 611-617.
- Martínez Serrano I, (2005). Asociaciones entre individuos de ballena azul (*Balaenoptera musculus*) en el suroeste del Golfo de California, México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz Baja California Sur.
- Merrifield, M. y C. Winant, Shelf circulation in the Gulf of California: A description of the variability, *J. Geophys. Res.*, 94, 118,133– 118,160, 1989.
- Morrow, R., Fang, F., Fieux, M., Molcard, R., (2003). Anatomy of three warm-core Leeuwin current eddies. *Deep-Sea Research II*, 50, 2229-2243.
- Moore, S.E., J.R. Davies y M.E. Dahlheim. 2002. Blue whale habitat associations in the Northwest Pacific: analysis of remotely-sensed data using a geographic information system. *Oceanography* 15(3):20-25.
- Murase, H., K. Matsuka, Y. Ichii y S. Nishiwaki. 2002. Relationship between the distribution of euphausiids and baleen whales in the Antarctic (35°E-145°W). *Polar Biol.* 25:135-144.
- Müller-Karger, F.E. y Fuentes-Yaco, C., (2000). Characteristics of wind-generated rings in the eastern tropical Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 105(C1), 1271 1284.

- Navarro-Olache, L.F., M.F. Lavín, L.G. Alvarez-Sánchez y A. Zirino. 2004. Internal structure of SST features in the central Gulf of California. *Deep Sea Research II*, 51: 673-687.
- Nerini, M. 1984. A Review of Gray Whale Feeding Ecology. pp. 423-448. *En: Jones, M.L., Swartz, S.L. y Leatherwood, S. (Eds.) The Gray Whale Eschrichtius robustus*. Academic Press. Orlando. 600 pp.
- Paden, C.A., Abbott, M.R., Winant, C.D., (1991). Tidal and atmospheric forcing of the upper ocean in the Gulf of California, 1. Sea surface temperature variability. *Journal of Geophysical Research*, 96(C10), 18337-18359.
- Palacios, D.M. 2003. *Oceanographic conditions around the Galápagos Archipelago and their influence on cetacean community structure*. Ph.D. Thesis. Oregon State University. 173 p.
- Palacios-Hernández, E., Beier, E., Lavín, M.F., Ripa, P., (2002). The effect of the seasonal variation of stratification on the circulation of the northern Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography*, 32, 705-728.
- Pegau, W.S., Boss, E., Martínez, A., (2002). Ocean color observations of eddies during the summer in the Gulf of California. *Geophysical Research Letters*, 29(9), doi:- 10.1029/2001GL014076.
- Reeves, R.R., Stewart, B., Clapham, P.J. y Powell, J.A. 2002. *Guide to marine mammals of the world*. Knof. USA. 527 pp.
- Rice, D.W. y Wolman A.A. 1971. The life history and ecology of the gray whale (*Eschrichtius robustus*). *Spec. Publ. Am. Soc. Mammal*, 3:1-142.
- Riginos, C. y M.W. Nachman. 2001. Population subdivision in marine environments: the contributions of biogeography, geographical distance and discontinuous habitat to genetic differentiation in a blennioid fish, *Axoclinus nigricaudus*. *Molecular Ecology*, 10: 1439-1453.
- Ripa, P., Seasonal circulation in the Gulf of California, *Ann. Geophys.*, 8,559– 564, 1990.
- Ripa, P. (1997). Toward a physical explanation of the seasonal dynamics and thermodynamics of the Gulf of California. *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 597–614.

- Robles, J.M. y Marinone, S.C. (1987). Seasonal and interannual thermohaline variability in the Guaymas basin of the Gulf of California. *Continental Shelf Research*, 7(7): 715–733.
- Roden G. I. y Groves, G. W. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California: Sears Foundation. *Jour. Mar. Res.* 18 (1) 10-35
- Roden, G.I. (1972). Thermohaline structure and baroclinic flow across the Gulf of California entrance and the Revillagigedo Islands region. *J.Phys. Ocean.*, 2: 177–183.
- Rojas-B., L. 1984. Presencia y distribución del rorcual común, *Balaenoptera physalus* (Linnaeus, 1758) (Cetacea: Balaenopteridae) en el Golfo de California, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 157 pp.
- Round, F.E. (1967). The phytoplankton of the Gulf of California. Part 1. Its composition, distribution and contribution to the sediments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1: 76-97.
- Salas-de-León, D.A., Carbajal-Pérez, N., Monreal-Gómez, M.A., Barrientos-MacGregor, G., (2003). Residual circulation and tidal stress in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 108(C10), 1-13.
- Salinas, M. y Bourillón, L. (1988). Taxonomía y distribución de los mamíferos marinos de Bahía de Banderas, Jal., Mtxico. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 211 pp.
- Salinas-Zavala, C.A., Lluch-Belda, D. Hernández- Vázquez, S. y Lluch-Cota, D.B. (1998). La aridez en el noroeste de México: un análisis de su variabilidad espacial y temporal. *Atmósfera*, 11: 29–44.
- Salazar-Sparks J. (1999). Chile y la comunidad del Pacífico. Publicado por Editorial Universitaria, ISBN 956111528X, 9789561115286, 253 páginas.
- Sancetta, C. (1995). Diatoms in the Gulf of California: Seasonal flux patterns and the sediment record for the last 15000 years. *Paleoceanography*, 10 (1): 67–84.
- Santamaría del Ángel, E. Álvarez-Borrego, S. y Muller-Karger, F. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *Journal of Geophysical Research*, Vol 99, no. C4, pp. 7411-7421.

- Schmitz, J.E. y Vastano, A.C., (1975). Entrainment and diffusion in a Gulf Stream cyclonic ring. *Journal of Physical Oceanography*, 5, 93-97.
- Schoenherr, J.R. 1991. Blue whales feeding on high concentrations of euphausiid around Monterrey submarine canyon. *Can. J. Zool.* 69:583-594.
- Sears, R. 1987. The photographic identification of individual blue whales (*Balaenoptera musculus*) in the Sea of Cortez. *Cetus*. 7(1):14-17.
- Shirasago-German, B, M. Obeso-Nieblas y E.L. Perez-Lezama. (2006). Análisis de la intrusión de aguas del Pacífico al Golfo de California mediante datos de satélite y mediciones de campo. En: Primer Congreso Internacional de Oceanografía y XIV Congreso Nacional de Oceanografía.
- Sims, V.W. y V.A. Quayle. 1998. Selective foraging behavior of basking sharks on zooplankton in a small-scale front. *Nature* 393:460-464.
- Smith, G. J. D., y D. E. Gaskin.1974. The diet of harbor porpoises (*Phocoenaphocoena* [L.])in coastal waters of eastern Canada with special referenceto the Bay of Fundy. *Can. J. Zool.* 52:777–782.
- Smith, R.C. y Baker, K.S., (1985). Spatial and temporal patterns in pigment biomass in Gula Stream warm-core ring 82B and its environs. *Journal of Geophysical Research*, 90(C5), 8859-8870.
- Simpson, J.H., Souza, A.J., Lavín, M.F., (1994). Tidal mixing in the Gulf of California. En: *Mixing and Transport in the Environment*. K.J., Beven, P.C., Chatwin, J.H., Millbank, (Eds.). John Wiley and Sons Ltd, Londres. 169-182.
- Smith, R.C., P. Dustan, D. Au, K.S. Baker y E.A. Dunlap. 1986. Distribution of cetaceans and sea-surface chlorophyll concentrations in the California Current. *Mar. Biol.* 91:385-402.
- Soto-Mardones, L., S.G. Marinone y A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 25(1): 1-30.
- Strub, P. T. y C. James. Altimeter-derived surface circulation in the large-scale NE Pacific Gyres. Part 1. seasonal variability. *Progr. Oceanogr.*, 53, 163-183, 2002a.

- Tershy, B. y Breese, D. (1990). The influence of sexual dimorphism on kleptoparasitism of the blue footed boobies by brown boobies. *Can. J. Zool.*, 68(1): 197-199.
- Tershy, B., Breese, D. and Strong, C. (1990). Abundance, seasonal distribution and population composition of Balaenopterid whales in the Canal de Ballenas, Gulf of California, Mexico. *Int. Whal. Comm.* (special issue 12): 369-375.
- Tershy, B., Breese, D. y Álvarez-Borrego, S. (1991). Increase in cetacean and seabird numbers in the Canal de Ballenas during an El Niño Southern Oscillation event. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 63(3): 299-302.
- Tershy, B. 1992. Body size, habitat use and social behavior of balaenoptera whales in the Gulf of California. *J. Mammal.* 73(3):477-486.
- Tershy, B.R., J. Urbán R., D. Breese, L. Rojas-B. y L. Findley. 1993a. Are the fin whales resident to the Gulf of California?. *Revista de Investigación Científica de la Universidad Autónoma de Baja California Sur*. Número Especial de la *SOMEMMA*. 1: 69-72.
- Torres-Orozco, E. (1993). Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México. 80 p.
- Urbán, R. J. (1993). Los mamíferos marinos del Pacífico mexicano. Resúmenes: V Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., Sept. 27-Oct. 1.
- Urbán, R. J. y Flores R. 1996. A note on Brades whales (*Balaenoptera edeni*) in the Gulf of California, Mexico. *Report of the International Whalings Commission* 453-457.
- Urbán-Ramírez, J., L. Rojas-Bracho, M. Guerrero-Ruiz, A. Jaramillo-Legorreta y L. Findley. 2005. Cetacean diversity and conservation in the Gulf of California, 276- 297. En: Cartron, J.L.E., G. Ceballos & R.S. Felger. (Eds.) *Biodiversity, ecosystems and conservation in northern Mexico*. Oxford University Press
- Vaillancourt, R.D., Marra, J., Seki, M.P., Parsons, M.L., Bidigare, R.R., (2003). Impact of a cyclonic eddy on phytoplankton community structure and photosynthetic

- competency in the subtropical North Pacific Ocean. *Deep-Sea Research I*, 50, 829-847.
- Van Aken, H.M., van Veldhoven, A.K., Veth, C., de Ruijter, W.P.M., van Leeuwen, P.J., Drijfhout, S.S., Whittle, C.P., Rouault, M., (2003). Observations of a young Agulhas ring, Astrid, during MARE in March 2000. *Deep-Sea Research II*, 50(1), 167-195.
- Valdez-Holguín, J.E. y Lara-Lara, J.R. (1987). Productividad primaria en el Golfo de California: Efectos del evento El Niño 1982-1983. *Ciencias Marinas*, 13(2): 34-50.
- Walker, B.W. 1960. The distribution and affinities of the marine fish fauna of the Gulf of California. *Systematic Zoology*, 9(3):120-133
- Wyrtki, K. 1965. Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 9 (5): 269-304.
- Wyrtki, K. Oceanography of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 4, 33-68, 1966.
- Wyrtki, K. (1967). Circulation and water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean. *Int. J. Oceanol. Limnol.*, 1: 117–147.
- Yochem, P.K. y S. Leatherwood. 1985. Blue whale, *Balaenoptera musculus* (Linnaeus, 1758). 193-240. En Ridgeway S.H. & R. Harrison (eds.). *Handbook of marine mammals*. Vol. 3. The sirenians and baleen whales. Academic Press, London.
- Zamudio, L., P. Hogan, y E. J. Metzger (2008). Summer generation of the Southern Gulf of California eddy train, *Journal of Geophysical Research Res.*, 113, C06020, doi:10.1029/2007JC004467.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Third edition. Prentice Hall. New Jersey. USA. 622 pp
- Zavala-Hernández, V.I. 1996. Distribución de *Balaenoptera musculus* y *B. physalus* en función de algunos factores físicos, en la zona comprendida entre Bahía Magdalena y Punta Concepción, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala, UNAM. 57 p.

Zeitzschel, B. (1969). Primary productivity in the Gulf of California. *Mar. Biol.*, 3:
20107.