



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
CICIMAR

Departamento de Oceanología

**“Variabilidad hidrológica en la boca del Golfo de California a partir
de un registro continuo superficial”**

TESIS QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Presenta:

Biol. Claudia Morales Sánchez

La Paz, Baja California Sur

Mayo de 2004.



CGPI-14

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 14:00 horas del día 20 del mes de Mayo del 2004 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:

"VARIABILIDAD HIDROLÓGICA EN LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA
A PARTIR DE UN REGISTRO CONTINUO SUPERFICIAL"

Presentada por el alumno:

MORALES
Apellido paterno

SÁNCHEZ
materno

CLAUDIA
nombre(s)

Con registro:

A	0	1	0	1	3	4
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD 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. RAFAEL CERVANTES DUARTE

PRESIDENTE

DR. ANGELO RAFAEL JIMÉNEZ ILLESCAS

SECRETARIO

MC. CUAUHTÉMOC TURRENT THOMPSON

SEGUNDO VOCAL

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

TERCER VOCAL

DR. ARMANDO TRISYNA CASTRO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. FRANCISCO ARREGUI SANCHEZ



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
COORDINACION GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACION

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 21 del mes Mayo del año 2004, el (la) que suscribe CLAUDIA MORALES SÁNCHEZ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A010134 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE y cede los derechos del trabajo titulado: "VARIABILIDAD HIDROLÓGICA EN LA BOCA DEL GOLFO DE CALIFORNIA A PARTIR DE UN REGISTRO CONTINUO SUPERFICIAL" 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: cmorales@ipn.mx
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

CLAUDIA MORALES SÁNCHEZ

nombre y firma

ÍNDICE

Contenido	Página
Glosario.	iii
Resumen.	vii
Abstract.	viii
Figuras.	ix
Tablas.	xiii
Anexos.	xiii
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO.	3
2.1 Ambiente Físico.	3
2.2 Ambiente Biológico.	8
III JUSTIFICACIÓN.	9
IV. HIPÓTESIS.	10
V. OBJETIVOS.	10
5.1 Objetivo general.	10
5.2 Objetivos particulares.	10
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.	11
6.1 Instalación del equipo.	11
6.2 Material.	13
6.3 Muestreo.	13
6.4 Análisis de Laboratorio.	16
6.5 Calibración.	17
6.6. Análisis de datos.	21
6.7. Comparación datos <i>in situ</i> vs. imágenes de satélite.	22
VII. RESULTADOS.	25
7.1 Muestreos <i>In Situ</i>	25
7.2 Integración de valores promedio de los muestreos por zonas.....	25
7.3 Comparación de temperatura <i>in situ</i> con imágenes de satélite.	54

Contenido	Página
VIII. DISCUSIÓN.	72
8.1 Variación Estacional.	72
8.2. Variación Regional.	74
8.3 Evaluación de la información.	77
IX. CONCLUSIONES.	80
X. RECOMENDACIONES.....	83
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	84

GLOSARIO

Advección.- Transporte de masa o propiedades de un fluido debido al movimiento del mismo. En Oceanografía se refiere a movimientos horizontales y verticales. En meteorología solo a los movimientos horizontales de gran escala.

Agua estándar.- Preparación de agua de mar en laboratorio con propiedades conocidas, para ser usada como un estándar en experimentos de medición de propiedades del agua marina. La Clorinidad debe ser determinada con ± 0.001 de precisión y estar entre 19.30 y 19.50. Antes llamada Agua de Copenhague por su lugar de preparación, actualmente se prepara en varios laboratorios alrededor del mundo.

AVHRR.- (Advanced Very High Resolution Radiometer). Siglas en ingles del sensor (radiómetro) instalado a bordo de los satélites NOAA, nos proporcionan Imagen de la temperatura superficial del mar obtenida mediante el radiómetro de muy alta resolución.

Batimetría.- Se refiere a mediciones de la profundidad, a la configuración del suelo marino o un mapa donde esté delineado el perfil del fondo de un cuerpo de agua, por medio de contornos de igual profundidad (isóbatas).

Biomasa.- Es la cantidad de materia viviente que puede ser expresada como el peso total de los organismos por unidad de área o volumen.

Boyas de deriva.- Instrumentos que sirven para realizar mediciones lagrangeanas de corrientes oceánicas. Consisten de un cuerpo de arrastre, que se coloca a la profundidad deseada, y que puede ser un paracaídas o una cruceta, o una bolsa llena de agua, etc., que va atada a una boya superficial equipada con aditamentos que permitan seguir la trayectoria del instrumento. Este seguimiento se puede hacer por medio de localización visual, radiotelemétrica, radar o por satélite.

Capa superficial de mezcla (o capa de mezcla).- Capa superficial de agua de mar que se encuentra bien mezclada en sus características, como temperatura, salinidad, densidad etc. La mezcla puede ser por la acción del oleaje, viento sobre la superficie del mar o convección termohalina.

Carbono Orgánico.- El carbono orgánico particulado retenido por filtros con una abertura de poro de aproximadamente 0.2um (para este estudio).

Carbono Total.- Carbono orgánico e inorgánico que es retenido por filtros con una abertura de poro de 0.2 um (para este estudio)

Circulación.- Término general que designa el flujo o movimiento de un fluido en o a través de un área o volumen dado.

Circulación Termohalina.- Circulación de las masas de agua oceánica, inducida por la diferencia de sus densidades. Estas diferencias se deben principalmente a efectos combinados de su temperatura y su salinidad. Estos parámetros se alteran por procesos de mezcla o por procesos termodinámicos cuando y donde estas masas de agua se encuentran en contacto con la superficie del océano.

Circulación, tipo A.- Se dice que la circulación a través del un umbral, restricción o boca de un cuerpo de agua es de tipo A, si el flujo de salida se da en una capa superior y el flujo de entrada se lleva a cabo por una capa de nivel inferior.

Corriente (Corriente Marina).- Movimiento del agua del océano, horizontal o vertical del cual se caracteriza por una cierta regularidad, que puede ser o tener una componente cíclica o más comúnmente formar un flujo continuo a lo largo de una trayectoria definida, por ejemplo, la corriente del Golfo o la corriente de California.

Diagramas T/S.- Gráfica de datos de temperatura *versus* salinidad colectados en forma simultánea en cada nivel de una estación oceanográfica. Estos diagramas son muy útiles: permiten identificar las masas de agua, hacer estimaciones de la mezcla relativa entre ellas, relacionar la curva T-S y la densidad, da idea de la estabilidad de la columna de agua y permite detectar datos erróneos en la temperatura y salinidad.

Frente.- Región del océano, que separa a parcelas o masas de agua de características marcadamente diferentes. Zonas de diferente temperatura, zonas estratificadas de zonas mezcladas, zonas con masas de agua diferentes.

Fluorescencia.- Propiedad que tienen algunos cuerpos de emitir luz cuando están expuestos a ciertos rayos del espectro(X, catódicos, ultravioletas).

Imagen digital.- Representación de una matriz de datos, en donde las líneas y columnas definen las coordenadas espaciales (latitud, longitud) de cada área mínima captada por el sensor.

In situ.- Latín, en el lugar, o posición natural u original.

MPS.- Materia particulada en suspensión (MPS), compuesta principalmente de carbono orgánico y carbono total, nitrógeno total. Retenido en filtros con poros de 0.2um de diámetro (en este estudio).

NOAA.- National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA). Organismo del gobierno federal de los Estados Unidos de Norteamérica a través del cual se realizan investigaciones sobre Océano y la Atmósfera

Oceánico.- Es la región del océano que se encuentra hacia el mar después del borde del talud continental.

Oligotrófico.- Término que se utiliza para describir un sistema acuático que posee niveles bajos de productividad primaria. Relativo a las aguas con bajas concentraciones de nutrientes. Sistema estéril o maduro basado en la abundancia del plancton y variabilidad de nutrientes.

Percepción Remota.- Es la rama científico-técnica dedicada a desarrollar métodos para obtener información sobre el objeto, área o fenómeno a través del análisis de datos adquiridos por un dispositivo que no está en contacto directo con el objeto, área o fenómeno bajo investigación.

Pixel (picture element).- Unidad mínima de información en la representación de la imagen digital (10bits), es el elemento lógico de la imagen, siendo también cada área mínima captada por el sensor. Se refiere al valor más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen con resolución espacial de 1.1km.

Producción Primaria.- Es definida como la cantidad total de carbono fijado por organismos autótrofos a través de la síntesis de material orgánico proveniente de compuestos inorgánicos como el CO₂ y H₂O utilizando energía derivada de la radiación solar o de reacciones químicas por unidad de tiempo.

Procesamiento digital de imágenes.- Se entiende la manipulación de una imagen a través de la computadora con la finalidad de mostrar y mejorar el aspecto visual de los elementos estructurales de una escena determinada.

Propiedades T-S.- Valores característicos de temperatura y salinidad en un cuerpo de agua, así como sus variaciones en tiempo y espacio.

Resolución.- Es una medida de habilidad que posee un sistema sensor para distinguir entre dos estímulos o valores distintos, aunque éstos pueden ser espectralmente semejantes o espacialmente cercanos. La resolución puede ser clasificada como: espacial, espectral, temporal o radiométrica.

Salinidad.- Es la medida de la cantidad de sales disueltas en el agua de mar, se calcula indirectamente midiendo la conductividad eléctrica y comparándola con la de una muestra estándar. Las unidades se denominan unidades prácticas de salinidad (ups).

Salinómetro.- Instrumento que sirve para medir la salinidad de una muestra de agua con cualquier método, especialmente por medio de la conductividad eléctrica.

Seston.- Es la cantidad de total de materia particulada en suspensión, expresada en peso por unidad de área ó volumen. El seston se constituye principalmente por partículas minerales (aluminosilicatos, carbonatos, etc.) y orgánicas. Esta última porción del seston se conforma por una parte viva formada por bacterias y plancton; y otra parte muerta o detritos. Muy a menudo se utiliza el termino materia particulada suspendida (MPS).

Surgencia.- Ascenso de aguas subsuperficiales, más frías y con mayor concentración de nutrientes, que reemplazan a las agua superficiales, en zonas restringidas del océano. Las surgencias más importantes que se presentan en el océano son las surgencias costeras, las cuales son provocadas por vientos que soplan de los polos hacia el ecuador, en los océanos con frontera oriental.

Sverdrup.- Unidad de medida de flujo de una corriente. $(\text{volumen/tiempo}) = 1.0 \times 10^6 \text{m}^3/\text{s}$.

TSM.- Temperatura superficial del mar o también se le reconoce por sus siglas en ingles SST Sea Surface Temperature...

Transecto.- Es la línea que resulta de unir a varios sitios de muestreo a lo largo de la cual se quieren graficar y analizar los datos en forma independiente.

UPS.- Abreviatura de unidades practicas de salinidad (ups). Unidades de la definición de salinidad basada en la razón entre la conductividad eléctrica de la muestra y una muestra estándar (UNESCO, 1978; UNESCO, 1985).

RESUMEN

Para describir la variabilidad de la temperatura y salinidad clorofila *a* (Cia) y material particulado suspendido (MPS) en el agua superficial de la Boca del Golfo de California, se instaló en el transbordador “Puerto Vallarta” un equipo de registro continuo (Termosal SBE-21), su recorrido va de La Paz B.C.S., hasta Mazatlán, Sin. Cruzando la boca del golfo. Se efectuaron 11 muestreos: octubre del 2001 y de febrero a junio del 2002 quincenalmente. Se obtuvieron datos *in-situ* de temperatura, salinidad, fluorescencia de la clorofila *a* y transmitancia del agua superficial y se tomaron muestras discreta para las correcciones de salinidad, clorofila *a* y MPS (seston). Los resultados muestran cambios en las características de las aguas presentes a lo largo del recorrido y entre los diferentes muestreos. Espacialmente hay diferencias en los valores de temperatura, en todos los casos la Costa Continental de Sinaloa (CCS) es $\sim 2^{\circ}\text{C}$ mayor a los de la Costa de Baja California (CBC). De manera contraria los valores de salinidad son menores en la CCS (34.31 ups) que CBC (35.5 ups). Las concentraciones de Cia en la boca del golfo corresponden a las de aguas oligotróficas ($< 0.5 \text{ mg m}^{-3}$) y se incrementan hacia las costas $\geq 1 \text{ mg m}^{-3}$ (febrero: 3.48 y 3.31 mg m^{-3} y marzo 3.13 y 2.50 mg m^{-3}). Las concentraciones de MPS fueron en promedio de 0.5 g m^{-3} presentaron picos de 3.31 g m^{-3} que corresponde a la CCS, su distribución relativa en términos de transmitancia (m^{-1}) mostraron el mismo patrón que la Cia. De las variables medidas la temperatura mostró los cambios y patrones que ocurren de manera estacional y regional con mayor claridad. Los datos de temperatura *in situ* se compararon con imágenes de satélite de temperatura superficial (AVHRR), los coeficientes de las comparaciones fueron altos y significativos, solo presentando problemas por nubosidad. Las imágenes de TSM del Golfo de California aunadas a los datos del monitoreo continuo son útiles para describir la variabilidad, sus ciclos estacionales y la variación espacial así como la posibilidad de identificar fenómenos físicos tales como el movimiento de masas de agua y la presencia de otros fenómenos físicos y oceanográficos, como las surgencias, remolinos, frentes, etc

Palabras claves: Golfo de California, Temperatura, Salinidad, Clorofila *a*, MSP (Sestón).

ABSTRACT

To describe the variability of Chl-a, particulate suspended matter (SPM), salinity, and temperature in the surface waters at the mouth of the Gulf of California, a continuous measuring equipment (Termosal SBE-21) was installed on board the commercial ferry-boat "Puerto Vallarta" that travels from La Paz, BCS, to Mazatlán, Sinaloa. Eleven samplings were carried out from October 2001 until June 2002, *In situ* samples that were obtained, from surface waters, for salinity, Chl-a fluorescence and transmittance, were analyzed in the lab and used in correcting the continuous data registry set. The results show changes in the characteristics of the water across the mouth of the Gulf as well as between the samplings. There are spatial differences in temperature values and in all cases the Continental Coast of Sinaloa (CCS) is ~ 2 °C higher than the Coast of Baja California (CBC), salinity behaves the opposite than temperature with the highest values in CBC (35.5 ups) and the lowest in CCS (34.31 ups). Chlorophyll *a* concentrations in the mouth of the Gulf have oligotrophic values (< 0.5 mg m⁻³) increasing towards both coasts ≥ 1 mg m⁻³ (February: 3.48 and 3.31 mg m⁻³ and March: 3.13 and 2.50 mg m⁻³). SPM concentration averaged 0.5 g m⁻³ with a spike of 3.31 g m⁻³ belonging to CCS, the relative distribution in terms of transmittance (m⁻¹) showed the same behavior as Chl-a. Of the measured variables temperature showed best the changes in time as well as by zones. Continuous *in situ* temperature was compared with SST satellite images from AVHRR; coefficients from the comparisons were high and significative, showing only problems due to cloud coverage. SST satellite images of the Gulf of California, corrected with the use of the continuous data registry on board a commercial ship, can be used to describe the variability, seasonal cycles and spatial changes as well as identify physical phenomena such as water mass movement, upwelling, eddies, fronts, etc.

Key words: Gulf of California, Temperature, Salinity, Chlorophyll *a*, Seston,

Figuras

	Pág.
Figura 1.- Golfo de California y su división en regiones (Rusnak <i>et al.</i> 1964, Roden y Emilson 1979).....	4
Figura 2.- Descripción de la circulación de corrientes superficiales presentes en la Boca del Golfo (Castro, <i>et al.</i> 2000).....	7
Figura 3.- Diagrama del equipo instalado a bordo del barco “Puerto Vallarta”.....	11
Figura 4.- Derrotero del muestreo de Octubre (a) y el resto de los muestreos (b). Nótese en estos el cambio de ruta. La delimitación de las zonas: Costera de Baja California (CBC), Oceánica del la Boca del Golfo (OBG), Costa Continental Sinaloa (CCS).....	14
Figura 5.-Curvas de Calibración para salinidad, corrección derivada de la agrupación de los muestreos.....	18
Figura 6.- Calibración de salinidad para el muestreo 2, ecuación para la corrección.....	19
Figura 7.- Calibración de clorofila <i>a</i> medida en el laboratorio con el espectrofotómetro y el fluorímetro.....	20
Figura 8.- Calibración de clorofila <i>a</i> determinada en laboratorio y sus valores correspondientes de fluorescencia medidos en las muestras.....	20
Figura 9.- Calibración para el Material Particulado Suspendido con los valores medidos en laboratorio y el coeficiente de atenuación medidos en los muestreos.....	21
Figura 10.- Muestreo 1, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la oscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila <i>a</i> , d) MSP (seston).....	27
Figura 11.- Muestreo 2, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán la oscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila <i>a</i> , d) MSP (seston).....	30

Figura 12.- Muestreo 3, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston)..... 32

Figura 13.- Muestreo 4, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston)..... 34

Figura 14.- Muestreo 5, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston)..... 37

Figura 15.- Muestreo 6, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston)..... 39

Figura 16.- Muestreo 7, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston)..... 41

Figura 17.- Muestreo 8, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston)..... 46

Figura 18.- Muestreo 9, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston)..... 45

Figura 19.- Muestreo 10, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston)..... 47

Figura 20.- Muestreo 11, la línea clara corresponde al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MSP (seston)..... 49

Figura 21a.- Temperatura integrada para los 11 muestreos, valores promedio y su desviación estándar por regiones.....	51
Figura 21b.- Salinidad integrada para los 11 muestreos, valores promedio y su desviación estándar por regiones.....	51
Figura 21c.- Clorofila a (C1a) integrada para los 11 muestreos, valores promedio y su desviación estándar por regiones.....	53
Figura 21d.- MPS integrado para los 11 muestreos, valores promedio y su desviación estándar por regiones.....	53
Figura 22.- Muestreo 6 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.	55
Figura 23.- Muestreo 6 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite. a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	56
Figura 24.- Muestreo 7 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite. a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	58
Figura 25.- Muestreo 7 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	59
Figura 26.- Muestreo 8 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	61
Figura 27.- Muestreo 8 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.	62

Figura 28.-Muestreo 9 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	64
Figura 29.- Muestreo 9 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	65
Figura 30.- Muestreo 10 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	67
Figura 31.- Muestreo 10 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	68
Figura 32.- Muestreo 11 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	70
Figura 33.- Muestreo 11 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura <i>in situ</i> vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.....	71

Tablas

Tabla 1. Bitácora de muestreo con el registro del número de muestras discretas para analizar en laboratorio.	15
Tabla 2. Formato de datos de temperatura obtenidas en los muestreos para comparar con la imágenes.	24
Tabla 3.- Conversión de Latitud, Longitud de los archivos a coordenadas de la imagen de TSM (NOAA). Para calcular el promedio de temperaturas por píxel.	24

Anexo

- Anexo1.- Registro de los valores *in situ* al momento de la toma de muestra para posterior calibración. (Muestreo 1y 2)
- Anexo 2.- Valores de calibración de salinidad con los registros *in situ* por muestreo.
- Anexo 3.- Valores de calibración de Clorofila *a* in situ de fluorescencia por muestreo.
- Anexo 4.- Valores de calibración de MPS con los registros *in situ* por muestreo.
- Anexo 5.- Estadísticos descriptivos por zonas del los 4 parámetros medidos *in situ* (Temp., Cl a , seston, sal) en los 11 muestreos (máx., min., promedio, mediana, moda).
- Anexo 6.- Coeficientes de correlación y R2 obtenida en las relaciones entre los parámetros (Temperatura/ salinidad y Clorofila *a*/ MPS) medidos *in situ* en cada muestreo en la Boca del Golfo.
- Anexo 7.- Correlación (r^2) de los datos de temperatura superficial in situ y de satélite, con la ecuación y la **n** para cada transecto comparado.

I. INTRODUCCIÓN

La distribución espacio-temporal del fitoplancton se debe a una gran variedad de factores físicos dentro de los que destacan la cantidad y la calidad de la luz, la temperatura, las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos, y en menor grado la salinidad, el pH y factores biológicos. Generalmente se dice que su distribución es en parches o agregaciones que tienen dimensiones muy variadas desde centímetros hasta kilómetros. Los principales procesos que determinan su distribución en las escalas mayores son los procesos físicos como giros, frentes, surgencias y ondas de Rossby (Mann y Lazier, 1996). La abundancia local del fitoplancton también puede ser controlada por procesos de transporte físico de menor escala, como mareas, difusión, turbulencia, etc.

Los avances en las técnicas de muestreo desde la utilización de barcos, anclajes, boyas y sensores remotos (globos, helicópteros, aviones e imágenes de satélite), nos dan la posibilidad de coleccionar datos físicos y biológicos con una mayor cobertura y resolución para estudiar la distribución de fitoplancton en sus diferentes escalas. La descripción apropiada del ambiente marino en lo que respecta a la distribución y abundancia de la biomasa de fitoplancton, debe tener un intervalo de muestreo del orden de horas a días, lo cual hace necesario un monitoreo continuo que pueda ser relacionado satisfactoriamente con los datos de su dinámica poblacional.

En promedio las células de fitoplancton se dividen una vez al día y esta variación puede cambiar de acuerdo a las características ambientales, de manera que los sensores remotos se han convertido prácticamente en la única vía para describir las variaciones diarias en la distribución de fitoplancton en una región particular del océano.

En las últimas décadas hemos visto el desarrollo de los sensores remotos para estudiar la distribución de fitoplancton en el océano. Estas metodologías utilizan las sutiles variaciones en el color del mar, monitoreadas por un sensor satelital, para cuantificar las concentraciones de clorofila *a* en las capas superficiales del océano. El siguiente paso lógico en la explotación de los datos del color del océano fue tomado hace pocos años, cuando estos mapas de clorofila *a* o biomasa fueron convertidos en mapas de producción primaria a través de algoritmos regionales (Behrenfeld, *et al.* 2001).

El Golfo de California es un mar subtropical, semi-cerrado con una alta productividad primaria y pesquerías comerciales importantes (Zeitzchel, 1969). Así mismo, ha sido considerado un sitio ideal para la aplicación de las técnicas de sensores remotos satelitales, debido a que sus condiciones meteorológicas especiales producen frecuentemente condiciones libres de nubosidad (Paden *et al.*, 1991; Santamaría-del-Ángel *et al.*, 1994a, b).

Considerando la variabilidad de las características hidrológicas del golfo, es importante obtener una descripción sistemática y cuantitativa de las aguas y sus movimientos. Para obtener esta información tradicionalmente se han realizado muestreos a bordo de buques oceanográficos (B/O), que implican esfuerzos importantes en cuanto a recursos económicos y humanos, que de cierta forma limitan la generación de datos.

Una de las propuestas para generar información ha sido la instalación de instrumentos oceanográficos de registro continuo a bordo de embarcaciones de oportunidad y comerciales. El uso de embarcaciones, como son los transbordadores, es una forma práctica; y en ocasiones de bajo costo, para obtener información

hidrográfica frecuente, aprovechando las rutas marítimas (Balch, 2000). El propósito de este trabajo es realizar mediciones hidrográficas de la superficie del mar en la zona de la boca del Golfo de California mediante un equipo de medición continua a bordo de un barco comercial y demostrar su utilidad en el trabajo de investigación oceanográfica de la región.

II. ANTECEDENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

2.1 Ambiente Físico

El Golfo de California se localiza entre el macizo continental mexicano y la península de Baja California (Fig. 1), entre 22° y 32° N y 105° a 115° W. Tiene 1,130 Km. de longitud, y entre 80 a 209 Km. de sección transversal. La parte norte es somera, con una profundidad promedio de 200 m y se encuentra separada de la parte sur (profundidad de ~3600 m en la boca), por varios umbrales y la zona de islas. La región de las islas, donde se encuentran las islas Ángel de la Guarda y Tiburón, está delimitada al sur por un umbral, y es considerada como el área más importante de mezcla, debido a la fuerte turbulencia generada por las mareas, el rompimiento de ondas internas y posiblemente también por los saltos hidráulicos (Roden y Groves, 1959; Paden *et al.*, 1991; Lluch-Cota, 2000).

Algunas características oceanográficas en el Golfo de California han sido estudiadas por diversos autores (Lavin, *et al.* 1997). Sin embargo, pocos trabajos se han desarrollado en la parte sur. La boca del golfo es amplia (~200 Km.) y profunda (~3 Km.) y sus aguas pueden intercambiarse libremente con las del Océano Pacífico (Collins *et al.*, 1997). La batimetría en la boca inicia con una plataforma que se extiende hasta aproximadamente 30 Km. del lado de Mazatlán, la zona oceánica es

muy profunda incluye las cuencas de Mazatlán y Pescadero ésta última de 2500 m, y cercano al borde peninsular se presenta una plataforma casi inexistente al borde de la península (Fig. 1).

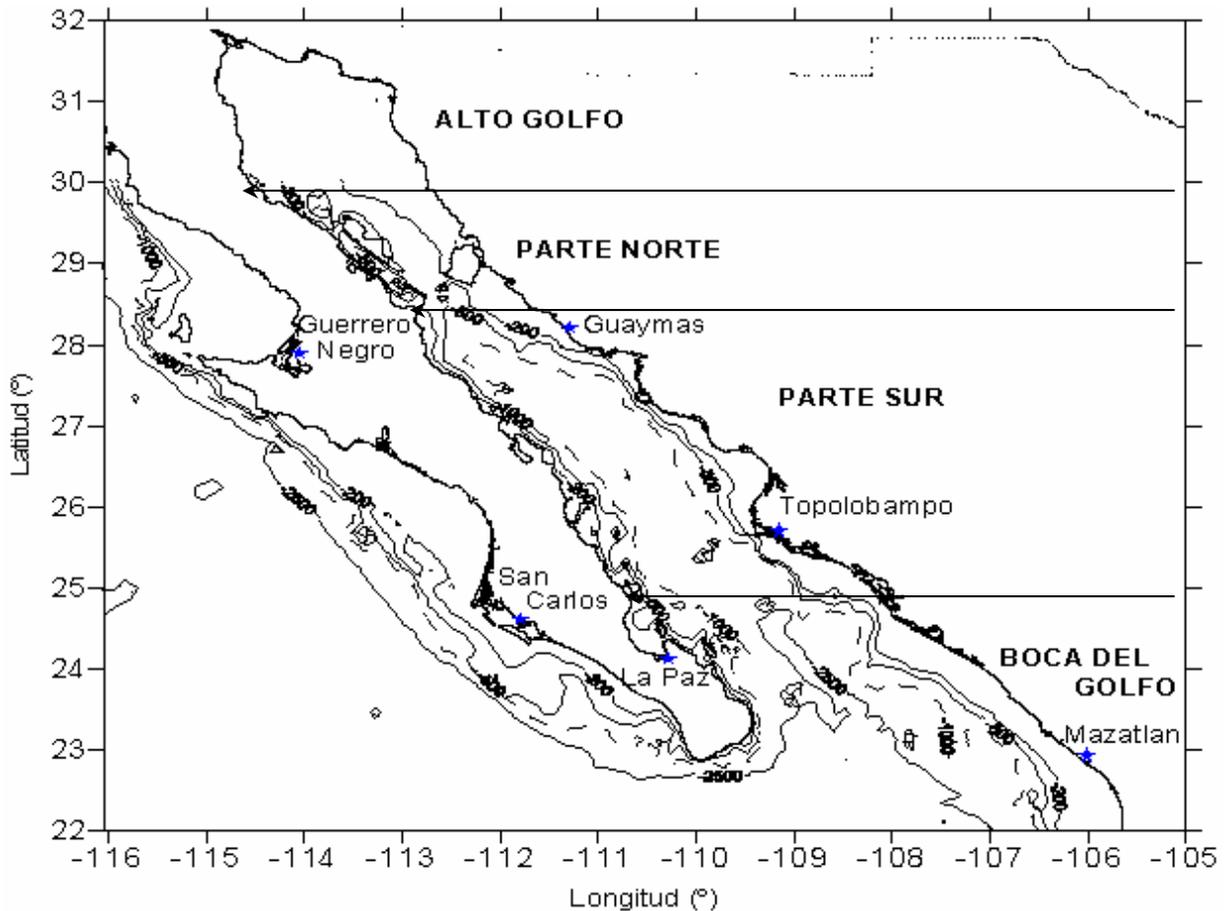


Figura 1.- Golfo de California y su división en regiones (Rusnak *et al.* 1964, Roden y Emilson 1979).

Collins *et al.* (1997) realizaron observaciones de transporte y corrientes en abril, mayo y diciembre de 1992 y enero de 1993. Reportaron un flujo hacia el golfo a lo largo de las costas de Sinaloa y un flujo de salida del golfo por las costas de Baja California, los transportes estuvieron entre 5-10 Sverdrups ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) y las corrientes profundas, con flujos de 10 cm s^{-1} extendiéndose a profundidades mayores de 1000m. Las corrientes fueron intensas en los primeros 300 m. y la salinidad fue mayor en el lado de Baja

California, indicando la modificación por las aguas Subsuperficiales Subtropicales dentro del golfo, así como la presencia de aguas superficiales y del golfo. El mínimo de salinidad asociado con las aguas de la corriente de California a 50 metros fue muy reducido. En diciembre los flujos estimados de masa y calor en los primeros 300 metros fueron 280 ton s^{-1} y $-0.1 \times 10^{12} \text{ Watt}$; y en mayo de 170 ton s^{-1} y $2.0 \times 10^{12} \text{ Watt}$.

Beier (1997), a partir de observaciones en el nivel del mar en la frecuencia anual, sugiere que los principales agentes forzantes que explican su variabilidad son el ocasionado por viento y la acción del océano Pacífico, los cuales excitan una onda interna en la boca del golfo, mientras que el calentamiento superficial parece tener un papel secundario. La circulación en la capa superficial de la parte sur del golfo es ciclónica en el verano y anticiclónica en invierno, comparada con una circulación débil y opuesta en el fondo.

Soto-Mardones *et al.* (1999), integraron 14 años de imágenes de satélite (1983-1996) para examinar la variabilidad de la temperatura superficial del mar (TSM) en las escalas semi anual, anual e interanual en el Golfo de California. En promedio la TSM disminuye de la boca hacia la cabeza y su variabilidad aumenta. La escala anual es la responsable de la mayor parte de la variabilidad de la TSM, la cual oscila en fase con pequeñas variaciones de norte a sur. En la región norte se encuentra la formación de núcleos cálidos en invierno, asociados con giros anticiclónicos y núcleos fríos en verano, asociados con giros ciclónicos. La transición de primavera muestra un giro ciclónico ubicado más sobre el lado continental y la de otoño muestra un giro anticiclónico no muy bien definido. La TSM en la región de las islas es siempre menor que el resto del golfo, por el efecto de barrera en las corrientes que favorecen la

surgencia de aguas profundas más frías por mezcla turbulenta. La variabilidad transversal de la estructura de la TSM en la región central y sur se asocia con surgencias.

La boca del Golfo de California (Roden y Emilson, 1979), es una zona de transición, que tiene una estructura oceanográfica muy compleja y dinámica. Castro *et al.* (2000), describieron la variabilidad estacional de temperatura y salinidad en la entrada del golfo entre 1992 y 1998. Encontraron que la variabilidad decrece rápidamente debajo de los 100 dbar; las desviaciones estándar mayores de 0.5 °C para temperatura y 0.05 de salinidad, fueron confinadas a la capa superior de 150 dbar. El campo medio de salinidad fue asimétrico, con aguas de menor salinidad ($S < 34.6$) entre 25 y 75 dbar cerca de Sinaloa y aguas de mayor salinidad ($S > 34.8$) arriba de 50 dbar y entre 100 y 150 dbar cerca de Baja California. En la capa superior de 50 dbar se observó una termoclina estacional sobre la cual las temperaturas superficiales cambiaron de 21 °C en febrero a 31 °C en agosto. Debajo de los 100 dbar, la temperatura a una presión dada fue típicamente más fría en el centro de la sección, indicando flujo ciclónico (flujo de entrada al golfo cerca de Sinaloa y de salida del golfo cerca de Baja California) (ver Fig2). Este enfriamiento subsuperficial fue más fuerte durante el invierno y la primavera, época cuando el intercambio de calor entre el golfo y el Océano Pacífico es mayor. No se observó un calentamiento subsuperficial en la parte media de la sección que corresponde a un flujo anticiclónico.

La distribución temporal y espacial de las masas de agua de mayor salinidad sugiere que los intercambios de calor se dan por alternancia de flujos de entrada y salida de masas de agua de mayor temperatura (superficial) y menor temperatura (subsuperficial). El Agua del Golfo (AGC) es altamente salina y cálida originada en el

interior del golfo ($S > 34.9$ ups, $22^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$), el Agua de la Corriente de California (ACC) es relativamente más fría y menos salina ($T < 22^{\circ}\text{C}$ y $S < 34.6$), y el Agua Superficial Ecuatorial (ASE) es agua cálida y salina, ($T > 22^{\circ}\text{C}$, $34.6 < S < 34.9$) (Torres-Orozco, 1993).

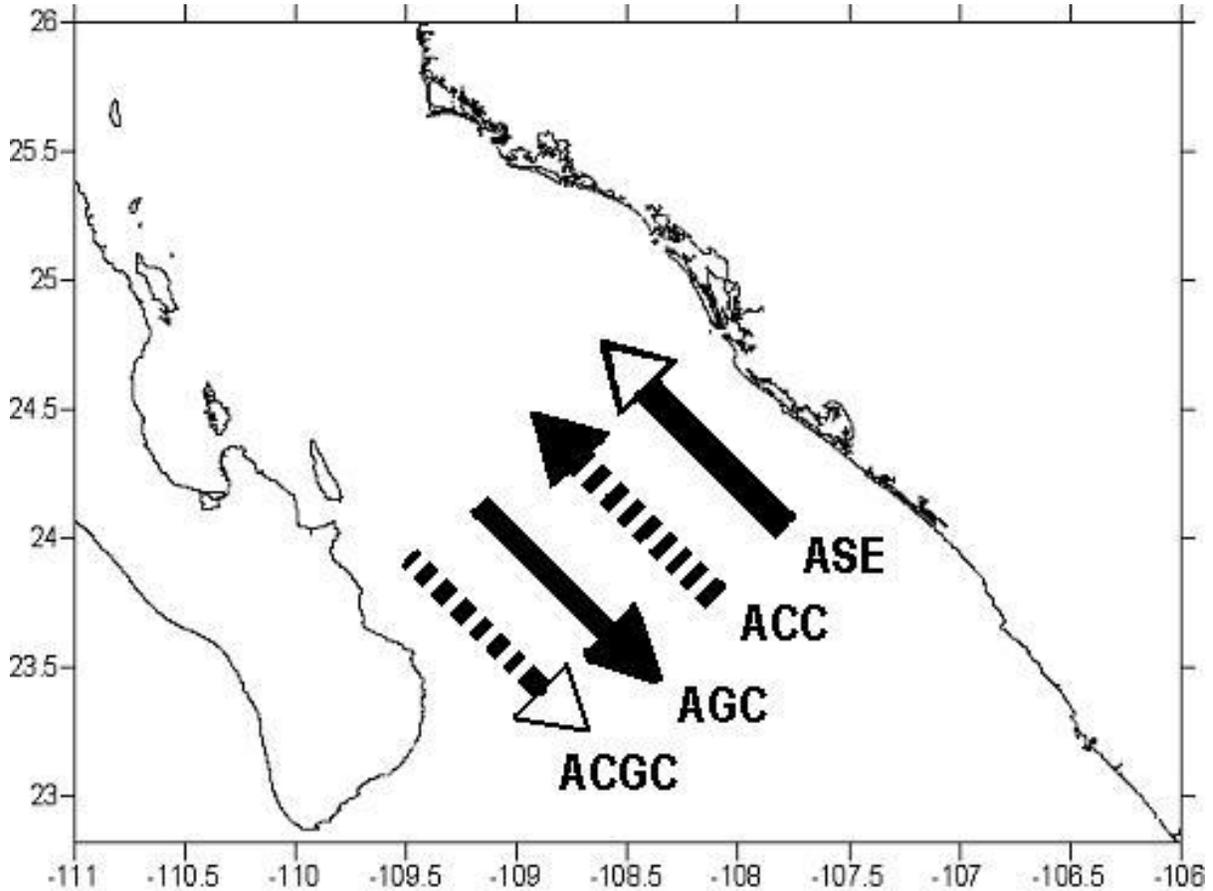


Figura 2.- Descripción de la circulación de corrientes superficiales presentes en la Boca del Golfo (Castro *et al.*, 2000).

- Líneas quebradas indican flujos subsuperficiales.
- Las líneas continuas flujos superficiales
- Las puntas de las flechas vacías denotan intercambio durante mayo.
- Las puntas llenas en noviembre.
- ACGC** = Agua Central del Golfo de California.
- AGC** = Agua del Golfo de California.
- ACC** = Agua de la Corriente de California.
- ASE** = Agua Superficial Ecuatorial

2.2 Ambiente Biológico

La alta productividad del golfo es el resultado de un transporte eficiente de nutrientes hacia la zona eufótica (Zeitzshel, 1969; Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). Los principales mecanismos de enriquecimiento por nutrientes de las agua superficiales son el mezclado por mareas sobre todo en la región norte y en las zonas costeras y las surgencias costeras en la porción este del golfo. Álvarez-Borrego y Lara-Lara, (1991), sugieren que aguas subsuperficiales con altas concentraciones de nutrientes, requieren de poca energía para que estos alcancen la zona eufótica. Asimismo, la turbulencia moderada en el golfo produce en el fitoplancton una mayor asimilación de nutrientes que una fuerte turbulencia o estratificación. Los valores de productividad primaria integrada (PPI) reportados son comúnmente $>1 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ y pueden ser $>4 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. La abundancia de fitoplancton tiende a incrementarse de la boca hacia el interior del golfo, siendo de hasta $> 3 \times 10^6 \text{ cel l}^{-1}$ en la cuenca de Guaymas. Los valores de PPI en la región sur son similares a la región norte debido a que la zona eufótica es más profunda en el sur.

Los datos de productividad primaria son escasos, por lo que no es posible describir adecuadamente la variabilidad estacional o interanual, aunque parece que la mayor productividad primaria es durante primavera y al inicio del verano. Hay intensos parches de fitoplancton y grandes cambios con el tiempo en el golfo. Hidalgo-González y Álvarez-Borrego (2001) analizaron los perfiles de clorofila *a* y la estructura de la columna de agua en el Golfo de California. Con base en 268 perfiles de la concentración de clorofila y de temperatura en el periodo de 1973 a 1993, con lo que definieron una estación climática fría de noviembre a finales de junio y el resto del año

la consideraron como cálida. Determinaron cuatro regiones para la estación fría y dos para la región cálida. Los modelos de regresión para cada región y estación estiman la profundidad del máximo de clorofila en función de la profundidad de la capa de mezcla o del índice de estratificación.

Santamaría-del-Ángel *et al.* (1994b) generaron series de tiempo de concentración de pigmentos en el Golfo de California, identificando 14 regiones biogeográficas, a partir de composiciones semanales de imágenes de satélite del *Coastal Zone Color Scanner* (CZCS) en el periodo 1978-1986. Para el mismo periodo, Arias-Arechiga (1998) a partir de datos del CZCS, propone tres regiones del golfo con distintos niveles de PP que dependen de distintos factores de forzamiento, la región norte principalmente por mareas, la región centro dependiente de los centros de presión atmosférica y la región sur influenciada por el Océano Pacífico.

III JUSTIFICACIÓN

Los estudios oceanográficos en el Golfo de California se han enfocado principalmente hacia la parte norte, central y sus grandes islas. La parte sur presenta algunas peculiaridades que la hacen una zona especial, que requiere de un mayor conocimiento.

Los sensores remotos son una excelente herramienta para el estudio de procesos oceanográficos en la superficie del océano. El análisis de la información satelital es de bajo costo, aunque requiere de un conocimiento general de la oceanografía regional y de un monitoreo periódico para su calibración. La obtención de mediciones oceanográficas continuas y periódicas utilizando embarcaciones comerciales permitirá obtener información *in situ* útil para investigar eventos de pequeña escala y apoyar la información satelital a escalas mayores.

IV. HIPÓTESIS

Con el monitoreo de variables oceanográficas a bordo de un barco comercial, tipo Transbordador, es posible obtener una base de datos de la capa superficial del océano de buena calidad para trabajo de investigación y de apoyo a la aplicación de técnicas de sensores remotos.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Analizar las variaciones espacio-temporales de temperatura, salinidad, material particulado suspendido (MPS) y clorofila *a* (Cla) en la capa superficial de la Boca del Golfo de California utilizando un equipo instalado en un transbordador.

5.2 Objetivos particulares

- 1.- Proveer datos hidrográficos superficiales de manera continua con alta resolución espacio-temporal en la ruta marítima La Paz- Mazatlán- La Paz.
- 2.- Estudiar las relaciones entre los parámetros físicos (temperatura y salinidad) y biológicos (MPS y Cla) en la región de la boca del Golfo de California.
- 3.- Analizar las posibilidades de implementación de este tipo de técnicas de muestreo en la investigación oceanográfica de la región.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS.

El trabajo se realizó en varias etapas: la instalación del equipo, los muestreos a bordo de la embarcación, los análisis de laboratorio, la obtención y procesamiento de imágenes de satélite y la integración de la información.

6.1 Instalación del equipo.

Después de indagar las posibilidades de instalación del equipo en diferentes barcos, el que presentó las mejores condiciones de operación y ofreció las mayores facilidades, fue el transbordador Puerto Vallarta (Ruta La Paz- Mazatlán-La Paz) del Grupo SEMATUR.

Para el posicionamiento continuo de la ruta de muestreo se instaló a bordo del barco una antena para recepción de señal del GPS.

El material y equipo fueron instalados en el área de operación del sistema de aire acondicionado del buque, el cual se ubica en la popa y a estribor (un piso debajo de la superficie del agua). Las muestras se tomaron de la tubería de agua de mar que entra directamente al barco, antes de alimentar el sistema de enfriamiento de los equipos de aire acondicionado, que se localiza a ~1.5 m debajo de la línea de flotación. En este sistema el agua entra con muy baja presión, aunque suficiente para circular por el equipo, recorre aproximadamente 3 m desde la tubería hasta entrar al equipo (manguera de plástico de 2.5 cm de diámetro). Primero el agua llega a un de-burbujeador, luego pasa al transmisómetro y al fluorímetro, y de éste al termosalinómetro, y finalmente a la sentina del buque (Fig. 3).

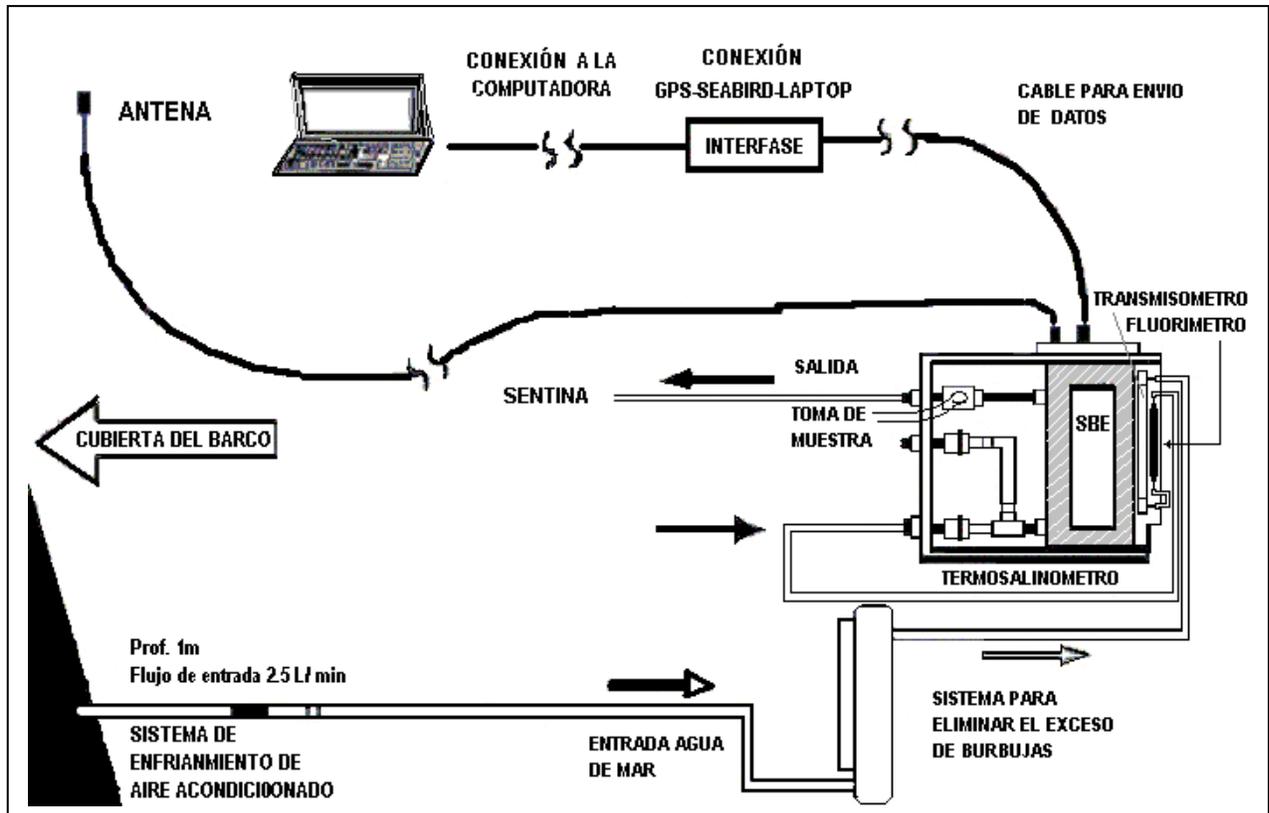


Figura 3.- Diagrama del equipo instalado a bordo del barco "Puerto Vallarta".

Se instaló un termosalinómetro Seabird modelo SBE 21, para medir la temperatura (precisión: 0.02) y salinidad por conductividad (precisión: 0.003); un fluorímetro Wetlabs Wetstar, para medir la fluorescencia de clorofila *a*; un transmisómetro Wetlabs "c-star", para medir la transmitancia del material particulado suspendido; un GPS Garmin modelo 112XL, para registrar la posición del barco correspondiente a cada registro; una caja de conexión y comando, para establecer la comunicación entre el equipo y la computadora, convirtiendo las señales eléctricas o de voltaje en lenguaje hexadecimal, y una computadora portátil Toshiba Satellite para la operación del equipo y captura de datos (anexo 1).

6.2 Material

El material que se utilizó a bordo de la embarcación fue: un sistema de filtración por presión positiva para 6 muestras, una bomba de vacío, un contenedor para nitrógeno líquido, portafiltros, pinzas para filtros, hieleras, marcadores, bitácora, etc.

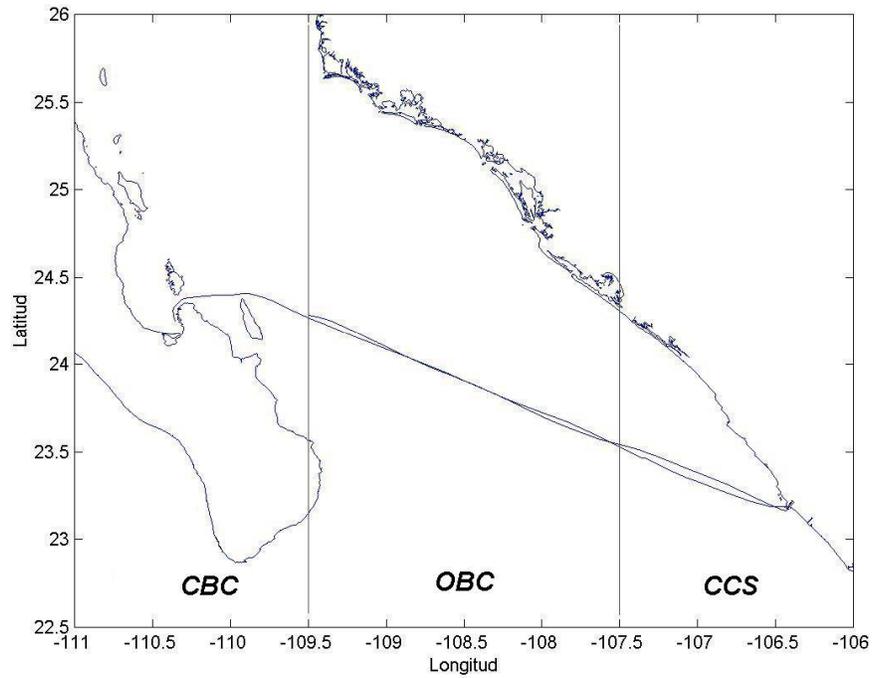
6.3 Muestreo

Los muestreos se hicieron en el transbordador Puerto Vallarta (SEMATUR). Esta embarcación cubre el recorrido La Paz – Mazatlán - La Paz (Fig. 4), que sale del Puerto de Pichilingue, B.C.S., ~15:00 horas y con llegada al Puerto de Mazatlán ~ 8:00 horas del día siguiente, El regreso se hace el mismo día saliendo de Mazatlán a las 15:00 horas y llegando a Pichilingue a las 8:00 a.m. del día siguiente.

Los muestreos se iniciaron en el mes de octubre del 2001, pero por problemas técnicos fueron interrumpidos. Luego se continuaron de febrero a junio del 2002 con frecuencia quincenal (Fig. 4) (Tabla I).

Se efectuaron registros cada 6 segundos de la posición del barco, la temperatura, la salinidad, la fluorescencia y la transmitancia del MPS. De acuerdo a la velocidad de crucero del barco (14 nudos), un registro de 6 segundos equivale aproximadamente a una distancia de 45 m entre datos consecutivos. Los datos generados se guardaron en un archivo binario y después fueron transformados a formato ascii.

a)



b)

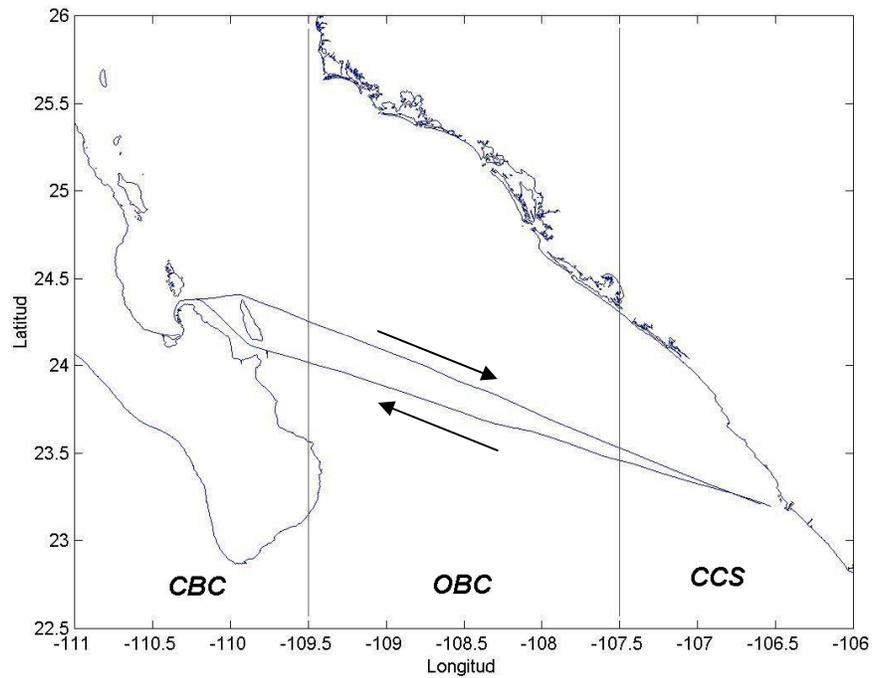


Figura 4.- Derrotero del muestreo de octubre 2001 (a) y el resto de los muestreos (b). Nótese el cambio de ruta. La delimitación de las zonas: Costa de Baja California (CBC), Oceánica de la Boca del Golfo (OBG), Costa Continental de Sinaloa (CCS).

Tabla I. Bitácora de muestreo con el registro del número de muestras discretas para analizar en laboratorio.

Muestreo	Fecha	Días Julianos	Salinidad	Clorofilas	MPS
1	OCT-11-12-01	285-287	0	30	0
2	FEB-04-05-02	35-37	16	33	0
3	FEB-20-21-02	51-53	16	43	0
4	MAR-06-07-02	65-67	16	21	18
5	MAR-19-20-02	79-80	0	16	16
6	ABR-11-12-02	101-103	16	16	16
7	ABR-24-25-02	114-116	16	17	17
8	MAY-09-10-02	129-131	11	12	11
9	MAY-28-29-02	148-150	16	19	19
10	JUN-13-14-02	164-166	32	16	16
11	JUN-25-26-02	176-178	32	16	16

De manera paralela a los registros automáticos, se tomaron muestras discretas a la salida del equipo cada 2 horas, con el propósito de hacer las correcciones de las variables medidas por el equipo. Las muestras para análisis de salinidad se tomaron en frascos de plástico de 100 ml de capacidad y se guardaron a temperatura ambiente. Para los análisis de material particulado suspendido (MPS) o seston y clorofila *a* (C_{la}) se llenaron dos frascos de 2 litros y se filtraron por separado en el sistema de filtración por presión positiva. Las muestras fueron concentradas en filtros GF/F de aproximadamente 0.7 μm de malla y 25 mm de diámetro. Estos filtros se colocaron después de la filtración en portafiltros (*tissue capsules*) y dentro de un contenedor de N₂ líquido, durante el muestreo para congelarlas.

Los filtros destinados para análisis de MPS, fueron previamente sometidos a temperaturas de incineración en una mufla a 450°C durante 2 horas con el propósito de eliminar cualquier traza de material orgánico. Los muestreos se efectuaron durante aproximadamente 16 horas del recorrido del barco, haciendo guardias de 4 horas. Se registraron continuamente la conexión y la comunicación adecuada del equipo entre la antena e interfase, y que el flujo de agua fuera constante. La velocidad del flujo de salida del agua del equipo para los diferentes muestreos fue en promedio de 2.5 litros por minuto. También se revisó que las burbujas no llegaran al equipo afectando las mediciones.

A la llegada a puerto se efectuó la limpieza del equipo con hisopos y alcohol etílico diluido en agua destilada para eliminar la acumulación de material indeseable.

6.4 Análisis de Laboratorio

Al término de cada muestreo completo (La Paz-Mazatlán-La Paz), las muestras eran trasladadas al laboratorio de Química Marina de CICIMAR-IPN, donde se revisaban con la bitácora y se almacenaban de acuerdo a su análisis. Los análisis de salinidad, Cla y MPS fueron realizados en el laboratorio de Química Marina de CICIMAR-IPN.

Salinidad. Las muestras para estimar la salinidad se analizaron en un salinómetro de laboratorio marca Guildline Modelo 84104 Portasal con una precisión de ± 0.003 . La calibración se hizo de acuerdo a la Escala Práctica de Salinidad 1978 (UNESCO, 1981), utilizando como estándares el agua de Copenhague y un subestándar de agua de mar valorada (anexo2).

Clorofila a (Cla). La extracción de pigmentos se hizo con 10 ml. de acetona al 90% por 24 horas de acuerdo al protocolo de Venrick *et al.*, 1984. Las lecturas se efectuaron en un espectrofotómetro usando celdas de 5 cm y de acuerdo a las ecuaciones de Jeffrey y Humphrey (1975) y en un fluorímetro Turner Modelo 710 (Holm-Hansen *et al.*, 1965) con una precisión de $\pm 0.01 \text{ mg m}^{-3}$. La técnica se calibró utilizando un estándar de clorofila pura 'Sigma' (anexo 3).

Material Particulado Suspendido (MPS). La determinación se hizo por el método gravimétrico propuesto por Banse *et al.*, 1963 y modificado por Cervantes-Duarte *et al.*, 1996. Los filtros se pesaron en una balanza analítica Ohaus modelo AP25OD con una precisión de $\pm 0.01 \text{ mg}$. (anexo 4).

6.5 Calibración

Como se mencionó anteriormente, las mediciones automatizadas de salinidad, fluorescencia y transmitancia del equipo a bordo fueron valoradas periódicamente usando muestras discretas de salinidad, Cla y MPS, tomadas cada dos horas y analizadas en laboratorio con las técnicas estándar.

Salinidad. Para verificar la variabilidad de los valores de salinidad se graficaron los datos puntuales contra los valores promedio de un registro de 10 minutos ó 50 lecturas. El resultado demostró que es posible relacionar los datos puntuales del termosalinómetro contra los datos discretos de laboratorio. Con los datos del muestreo 2 se ejemplifica el proceso para la comparación entre la salinidad del equipo a bordo y los valores discretos medidos en el laboratorio con la ecuación obtenida se hizo la corrección de los datos. Se obtuvo la diferencia de los valores en salinidad para los muestreos en la corrección de los datos (Fig. 5), los datos fueron

agrupados por muestreo para ser corregidos después del desfase observado en estos, y se utilizó la ecuación obtenida para cada muestreo (muestreo 2 Fig. 6) (UNESCO, 1988).

Para filtrar y depurar las series de datos crudos obtenidas del equipo, se removió el valor promedio a cada dato y se eliminó el que presento una diferencia mayor que la desviación estándar interpolándolo entre los valores validos anterior y posterior, después se uso el filtro Godin con 3 pasos 'x' (3 datos) para eliminar la variabilidad menor a 150 metros. Por último la corrección de los datos del termosalinometro se hace aplicando la ecuación obtenida del ajuste lineal de los datos de laboratorio vs. termosalinometro para los puntos correspondientes a las muestras (UNESCO, 1991; Lavin *et al* 2004).

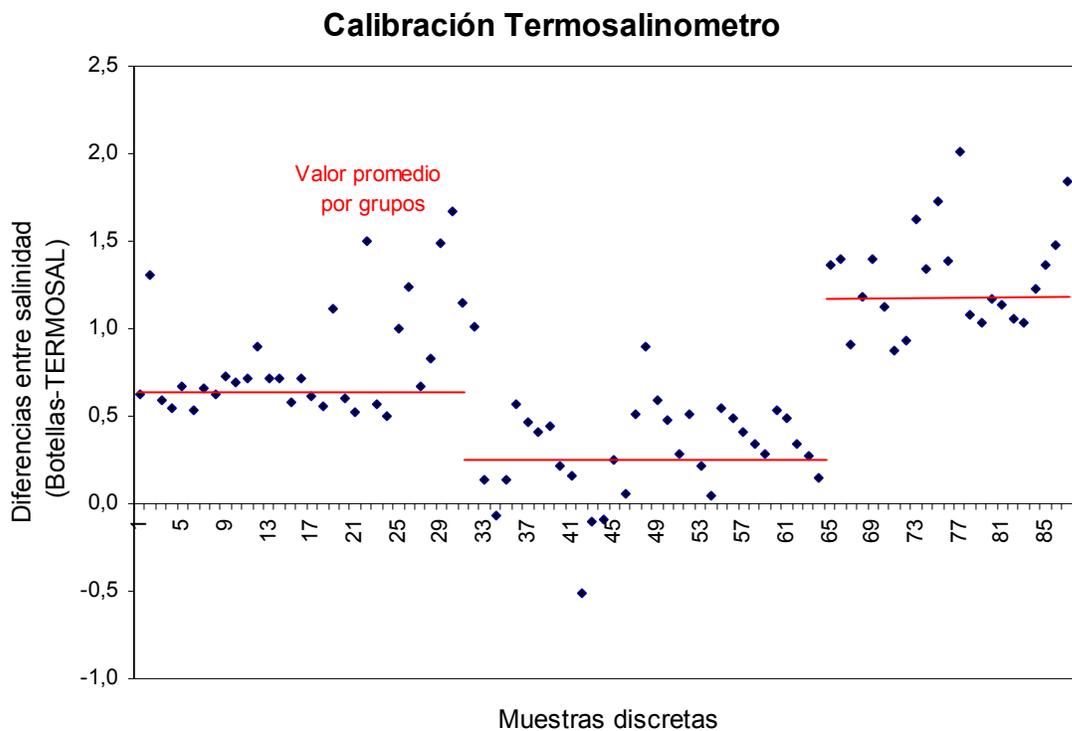


Figura 5.-Curvas de Calibración para salinidad, corrección derivada de la agrupación de los muestreos.

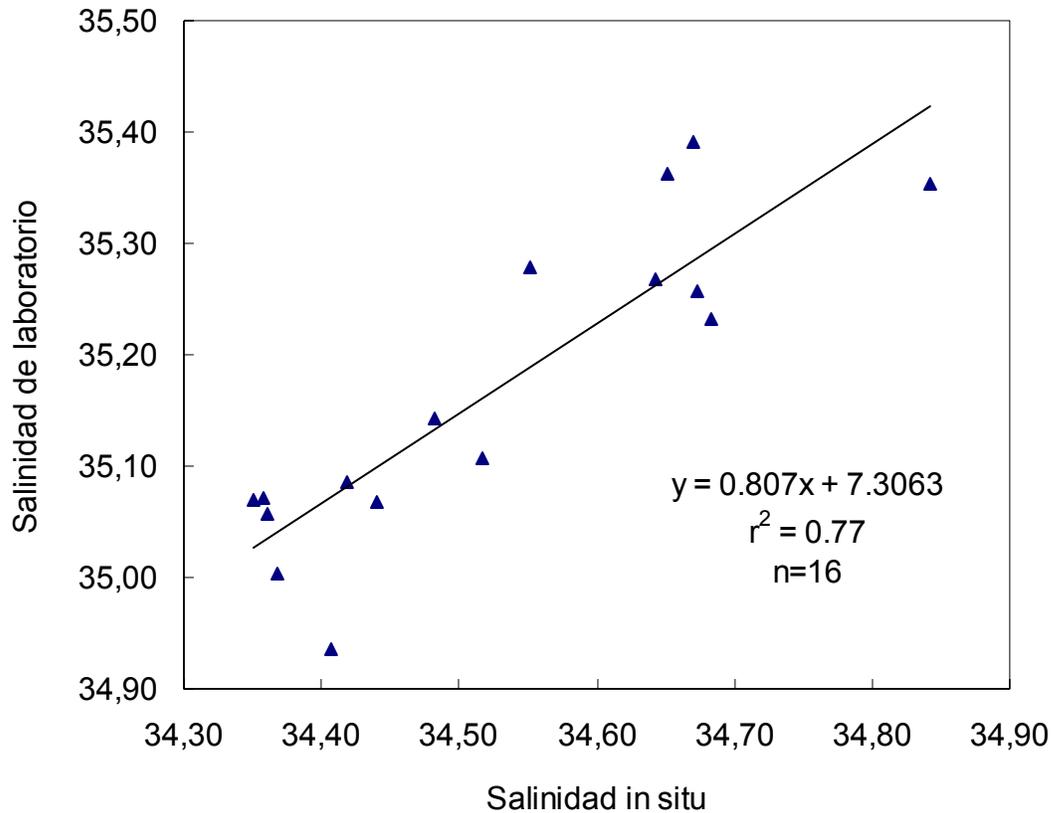


Figura 6.- Calibración de salinidad para el muestreo 2, ecuación para la corrección.

Clorofila a (C1a)

Los registros continuos de fluorescencia fueron contrastados contra las mediciones de C1a en laboratorio. Las muestras para los análisis de clorofilas en laboratorio, después de su extracción fueron leídas simultáneamente en un espectrofotómetro y en un fluorímetro. Las concentraciones medidas *in situ* de C1a fueron relacionadas contra las mediciones de fluorescencia correspondientes en cada muestreo (Fig. 7). Posteriormente las concentraciones de C1a fueron relacionadas con las mediciones de fluorescencia del equipo a bordo para obtener todas las mediciones en unidades de concentración (Fig. 8). Al igual que los datos de salinidad se aplicó el filtro, la depuración y la ecuación de corrección.

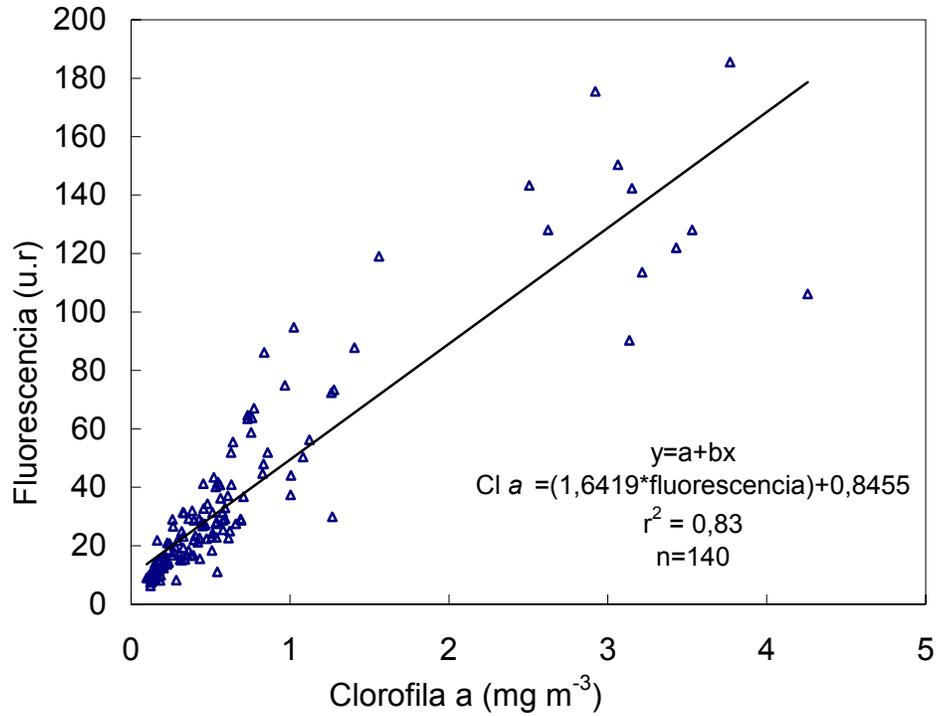


Figura 7.- Calibración de clorofila a medida en el laboratorio con el espectrofotómetro y el fluorímetro.

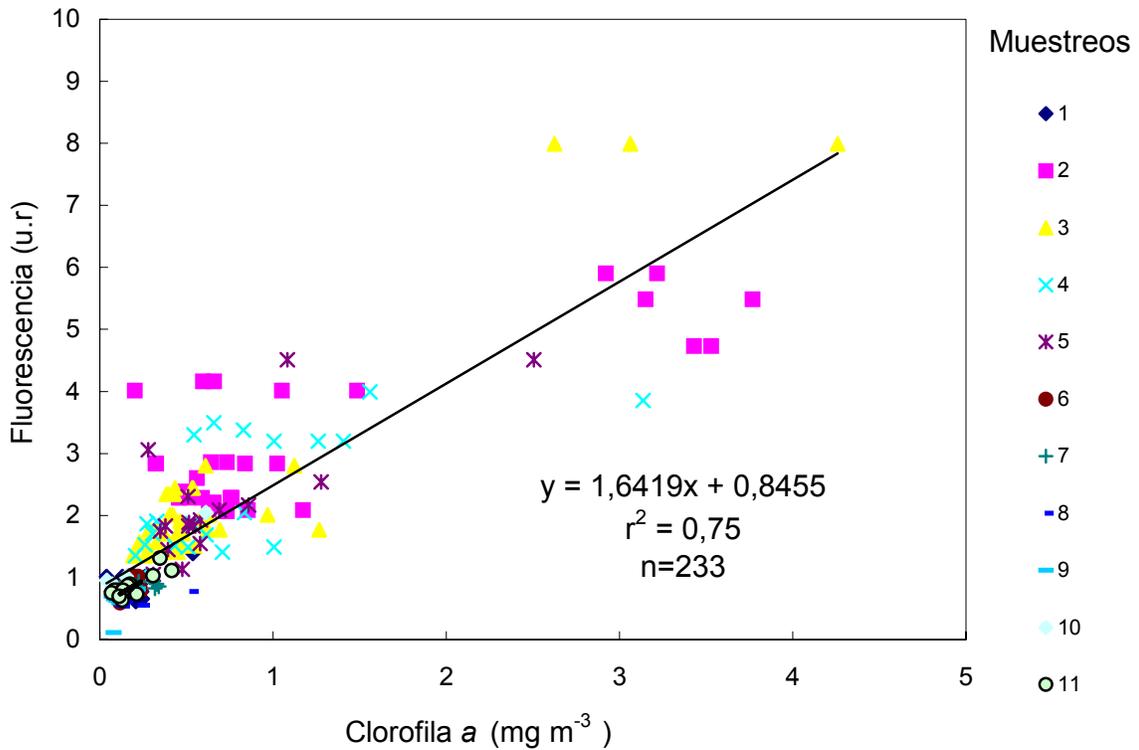


Figura 8.- Calibración de clorofila a determinada en laboratorio y sus valores correspondientes de fluorescencia medidos en los muestreos.

Material Particulado Suspendido (MPS)

Las concentraciones discretas de MPS en el laboratorio se compararon contra los valores de transmitancia registrados por el equipo instalado en el barco (Fig. 9). De igual manera que las variables anteriores después de la calibración se aplicaron los respectivos filtros, depuración y correcciones.

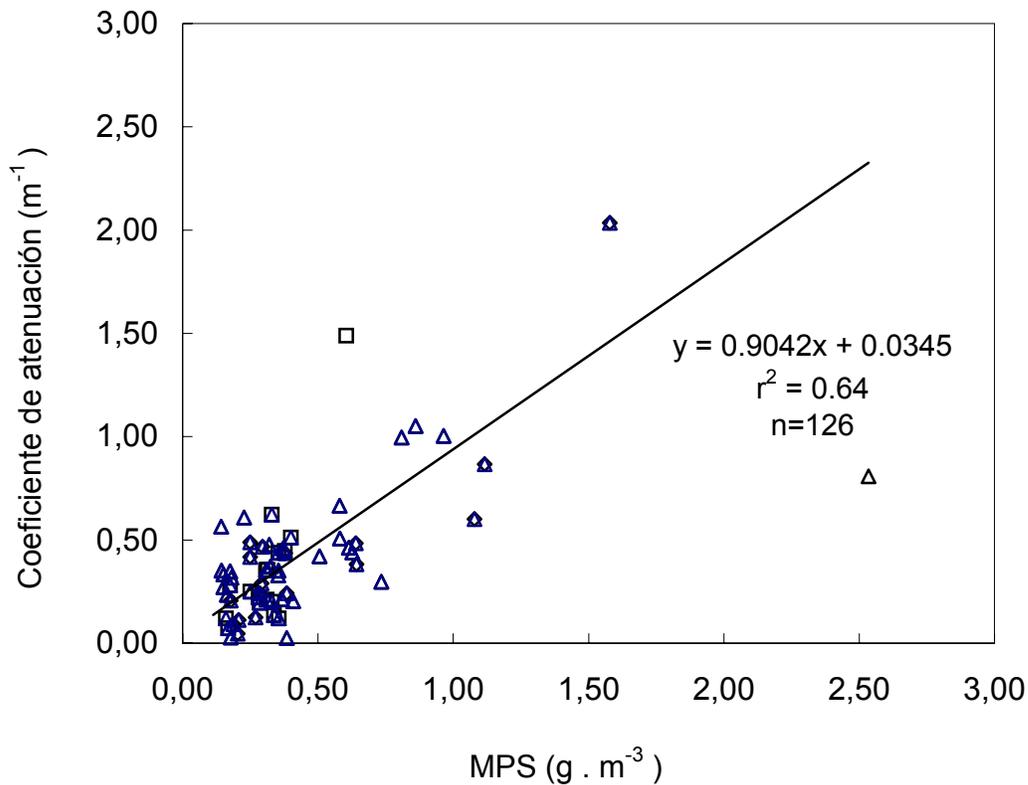


Figura 9.- Calibración para el Material Particulado Suspendido con los valores medidos en laboratorio y el coeficiente de atenuación medidos en los muestreos.

6.6 Análisis de datos

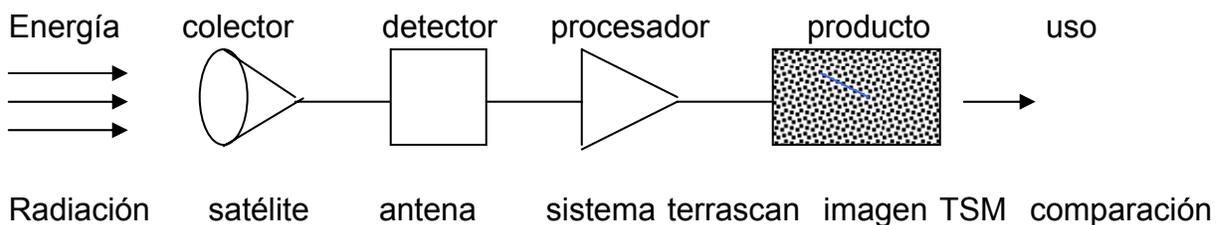
En cada muestreo se graficaron las variables medidas automáticamente contra la longitud. El recorrido de cada muestreo se dividió en tres zonas tomando en cuenta para su interpretación las condiciones batimétricas y su cercanía con la costa. Para caracterizar las condiciones hidrológicas se realizaron los análisis estadísticos como

media, mediana, moda, máximo, mínimo, desviación estándar y variancia, por cada recorrido y por cada cuadrante. Se integro la información de las variables medidas, donde se evidencio su variación espacial y temporal para cada una de ellas.

6.7. Comparación de temperatura *in situ* vs. imágenes de satélite

Se relacionaron los datos de temperatura *in situ* contra los datos obtenidos de las imágenes de satélite. Las imágenes de temperatura superficial del mar (TSM) se obtuvieron de la base Bitsmex (Banco de información de la temperatura de la superficie de los mares mexicanos) administrada por el laboratorio de Oceanografía Física del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM (Gallegos *et al.*, 1996; Bonifaz, 1996). Uno de los dispositivos más utilizados para la obtención de imágenes de la TSM es el “radiómetro avanzado de muy alta resolución” (*Advanced Very High Resolution Radiometer*; AVHRR). Estos instrumentos de precisión se han instalado a bordo de satélites de órbita polar para registrar la radiación que proviene de la superficie del mar y de la atmósfera en cinco bandas del espectro electromagnético. En la actualidad se encuentran orbitando alrededor de la tierra y en operación los satélites NOAA-12, NOAA-14, NOAA-15 NOAA-16 y NOAA-17. A continuación se muestra un diagrama ilustrativo del proceso de captación de la imagen.

Componentes del sistema sensor:



Después de obtener la información satelital se efectuó la comparación con la información de los muestreos *in-situ*. Para hacer las corroboraciones la información debe tener el mismo formato.

La imagen obtenida del satélite es una matriz de datos de 21° a 25° latitud norte y 105.5° a 111.5° de longitud oeste, ordenados en 650 columnas y 400 renglones de 1.1132km por pixel. Los valores de muestreo *in-situ* son cada 45 m aunque después del filtrado representan valores promedio de 150 m. Para comparar los datos de temperatura en ambos casos fue necesario sobreponer el transecto en la imagen, y contar los valores que coinciden y caen dentro de un píxel, obteniendo un valor promedio del muestreo por píxel para comparar con la imagen.

Imágenes.- Las imágenes geo-referenciadas, se trataron como matrices de datos con coordenadas “*x*” y “*y*” por el valor numérico que se maneja (contenido en cada píxel). La ausencia de dato se denota como (*) y a la tierra un valor de 1, cuando la imagen tenía nubes se asignó un valor 0 (porque la rutina de procesamiento no acepta valores no numéricos). Con esta información se desplegó la matriz y se definió número de columnas y líneas dentro de las coordenadas establecidas para la zona de muestreo, se convirtió la imagen en un mapa con tonos de grises y después se le asignó falso color para así visualizar las temperaturas superficiales.

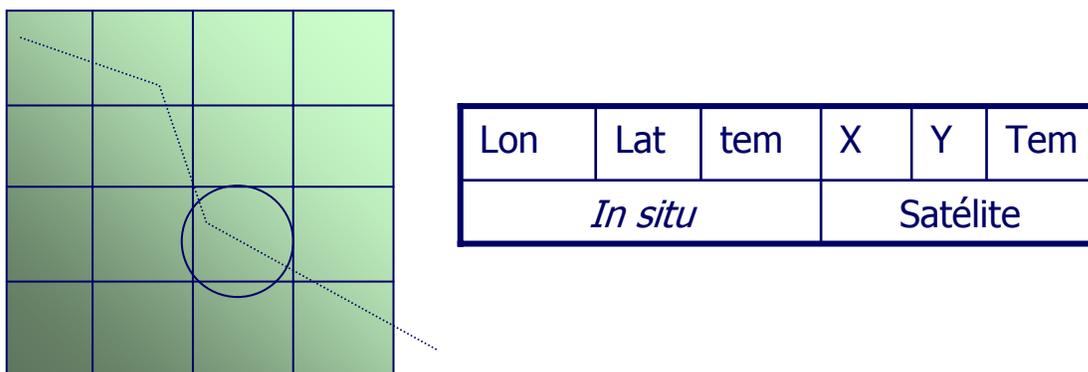
Datos.-De la matriz de datos se obtuvo un archivo con 3 columnas “*x*,”*y*” y la temperatura superficial. Se elaboró un archivo de datos del equipo instalado en el barco para sobreponer a la imagen, con la información de tiempo, latitud, longitud, temperatura. Cada muestreo se dividió por recorrido, obteniéndose dos archivos por muestreo, se convirtió el tiempo Juliano a tiempo real (día, mes, año, horas, minutos,

segundos) para cada punto y se agruparon en una sola columna (Tabla 2). Para comparar los datos de campo contra los satelitales se relacionó el promedio de datos *in-situ* dentro de un píxel contra el valor correspondiente al píxel en la imagen de satélite (Tabla 3). Esta rutina fue aplicada a cada archivo de datos y se calculó su coeficiente de determinación como una medida de su dispersión. La desviación estándar fue calculada en los valores promediados dentro de cada píxel. Se señala también el punto de muestreo que coincide en el tiempo que es tomada la imagen de satélite.

Tabla 2.-Formato de datos de temperatura obtenida en los muestreos para comparar con las imágenes.

Lon	Lat	Tem	Fecha			Hora		
			dd	mm	aa	hh	mm	ss
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabla 3.- Conversión de Latitud, Longitud de los archivos a coordenadas de la imagen de TSM (NOAA). Para calcular el promedio de temperaturas por píxel.



VII. RESULTADOS

7.1 Muestreos.- Obtención de datos *In Situ*

Para facilitar la comprensión de los fenómenos que suceden en la boca del golfo y para obtener las tendencias espaciales y temporales de las variables medidas, se efectuó una zonificación basada en la ubicación geográfica, agrupando por distancias el recorrido y definiendo los límites con grados de longitud para mayor precisión en las comparaciones, considerando la cercanía a la costa y la batimetría (isobata aprox. 500m), el criterio para delimitar fue de manera práctica dividiendo la trayectoria del muestreo en tres zonas. La zona Costera de Baja California (CBC), va desde el puerto de Pichilingue 110.5° W siguiendo la ruta del barco hasta la longitud oeste 109.5° W; la zona Oceánica de la Boca del Golfo (OBG), entre las longitudes oeste 109.5° W a 107.5° W, y la zona Costera Continental de Sinaloa (CCS) desde la longitud oeste 107.5° W al puerto de Mazatlán 106.5° W.

Muestreo 1 (Octubre 11-12, 2001)

En este muestreo el registro del recorrido La Paz-Mazatlán se inició aproximadamente a las 19 horas por lo que en la primera zona no se tuvieron datos. En la zona CBC: se observa un gradiente en la temperatura (2.29 °C), con valores menores cercanos a la costa y aumentando abruptamente hacia la zona oceánica. En la zona OBG la temperatura fue más homogénea que en la zona anterior (28.9 a 29.4 °C). La diferencia entre La Paz-Mazatlán y Mazatlán-La Paz fue de aproximadamente 0.5 °C. Tomando la longitud de 108.5 como la mitad del recorrido, en esta zona, la temperatura hacia el lado de Baja California fue ligeramente superior respecto a la costa de Sinaloa. En la zona CCS la temperatura se

incrementó ligeramente en el recorrido La Paz-Mazatlán a 29 °C, sin embargo, los valores en Mazatlán-La Paz fueron hasta 1.5 °C mayores (Fig. 10a).

Los valores de salinidad en la CBC fluctuaron alrededor de 35 ± 0.1 . La salinidad en la zona OBG presentó el mismo comportamiento que la temperatura. Se observó una ligera tendencia a disminuir de la costa de Baja California a Sinaloa. Se distinguió un intervalo de 34.85 a 35.00. La salinidad en la CCS disminuyó en promedio de 34.9 a 34.8, especialmente los valores muy cercanos al puerto (10b).

Los valores de Cla en la CBC se mantuvieron mas o menos constantes, alrededor de 0.75 mg m^{-3} y tuvieron su máximo cerca de la costa. Las concentraciones de Cla en la zona OBG presentaron poco cambio en los recorridos, sin embargo hubo una ligera tendencia de incremento de la costa de Baja California a Sinaloa. Asimismo, el transecto (La Paz-Mazatlán) fue levemente más alto. En promedio los valores estuvieron en 0.8 mg m^{-3} . La concentración de Cla en la zona CCS se incrementó, especialmente muy cerca de la costa, hasta aproximadamente a 1 mg m^{-3} (Fig. 10c).

En la CBC se observó el mismo comportamiento para el MPS que para la Cla, con concentraciones mas altas en la costa 0.6 g m^{-3} y en el resto de la zona de aproximadamente 0.4 g m^{-3} . Las concentraciones de MPS en la zona OBG en general, presentaron el mismo comportamiento en los recorridos, aunque con una ligera tendencia a disminuir hacia la costa de Sinaloa.

En MPS las diferencias entre los recorridos fueron evidentes. Las concentraciones en el transecto La Paz-Mazatlán siempre fueron menores que en el transecto Mazatlán-La Paz. A diferencia de la Cla, la mayor concentración se presentó en Mazatlán-La Paz (0.45 g m^{-3}), mientras que La Paz-Mazatlán fue de 0.35 g m^{-3} .

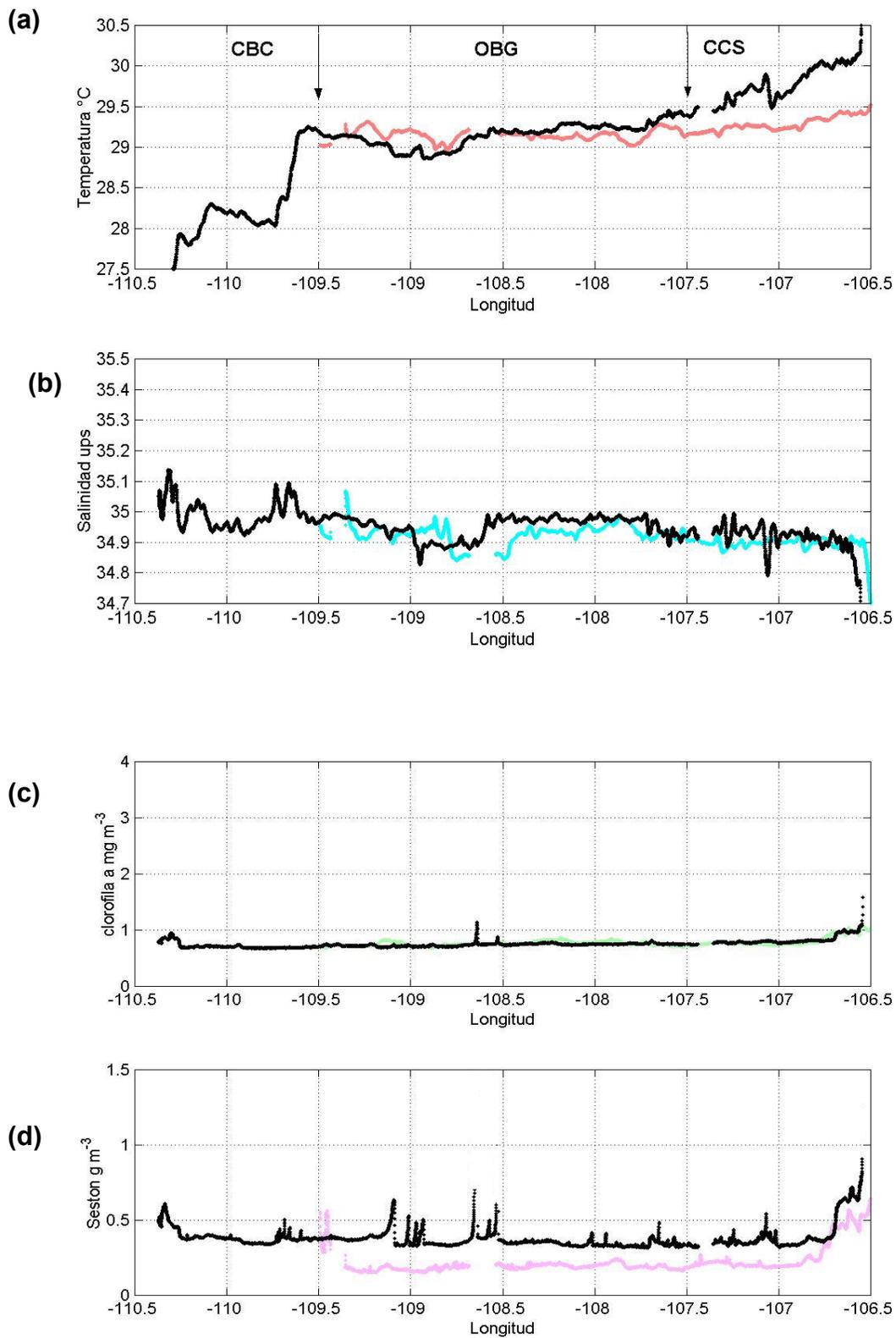


Figura 10.- Muestreo 1, la línea clara recorrido La Paz-Mazatlán y la oscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Cla, d) MPS (seston).

El MPS en la CCS al igual que la Cla se incrementó hacia la costa, sin embargo, se observaron concentraciones más altas (1 g m^{-3}) en el recorrido Mazatlán-La Paz (Fig. 10d).

Muestreo 2 (Febrero 5-6, 2002)

El derrotero seguido por el barco fue diferente del muestreo anterior, se muestra la diferencia en ambas rutas (Fig. 4b). El intervalo de temperatura en el recorrido fue hasta $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ menor respecto al muestreo de octubre. La CBC presentó los valores más altos en el puerto ($22.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$), en la zona costera fluctuó entre 19.5 y $20.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ con un comportamiento contrario entre los recorridos y una diferencia de aproximadamente $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Para la zona OBG los valores de temperatura del recorrido La Paz-Mazatlán generalmente fueron menores (hasta $1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) que de Mazatlán-La Paz, excepto en los límites con la plataforma continental, donde la tendencia se invierte. En ambos casos hay un incremento desde las costas de Baja California hacia Sinaloa. La CCS mostró una temperatura intermedia ($20.5\text{--}21.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) entre el mínimo de Baja California y el máximo de la zona oceánica. Las máximas temperaturas se alcanzaron en el puerto ($22.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) (Fig. 11a).

La salinidad en la CBC reveló un aumento de 0.3 unidades respecto al muestreo de octubre, con una mayor fluctuación en la ruta La Paz-Mazatlán. La salinidad en la zona OBG al igual que la temperatura fue menor en el recorrido La Paz-Mazatlán con un comportamiento similar, sin embargo, la tendencia fue de disminuir hacia las costas de Sinaloa. La salinidad en la CCS también mostró estos valores intermedios entre la costa de Baja California y la zona oceánica adyacente ($34.9\text{--}35.2$) con valores máximos en el puerto (Fig. 11b).

Las concentraciones de Cla en la CBC en promedio fueron de 0.25 mg m^{-3} , los valores más altos se encontraron cercanos al puerto. La concentración de Cla en la zona OBG presentó poco cambio en los recorridos con valores promedio de 0.3 mg m^{-3} y máximos de 0.7 mg m^{-3} . En la CCS la concentración de Cla tuvo un incremento considerable hacia la costa, con valores más altos en el recorrido Mazatlán-La Paz. Los valores promedio en esta zona van 1 a 2 mg m^{-3} (Fig. 11c).

En la CBC el MPS en la ruta La Paz-Mazatlán fue en promedio de 0.6 g m^{-3} y en general fue menor aproximadamente en 0.1 mg m^{-3} , que en la ruta de regreso. Al igual que la Cla los valores más altos fueron cercanos al puerto. Las concentraciones de MPS en la zona OBG fueron ligeramente inferiores en el recorrido de La Paz-Mazatlán con valores promedio de 0.5 g m^{-3} , mientras en el recorrido de Mazatlán-La Paz las concentraciones llegaron hasta 0.75 g m^{-3} . El MPS en la CCS también tuvo un incremento hacia la costa de Sinaloa, pero no fue tan pronunciado como el de Cla, con valores promedio de 0.75 g m^{-3} y máximos en el puerto de 2.4 g m^{-3} (Fig. 11d).

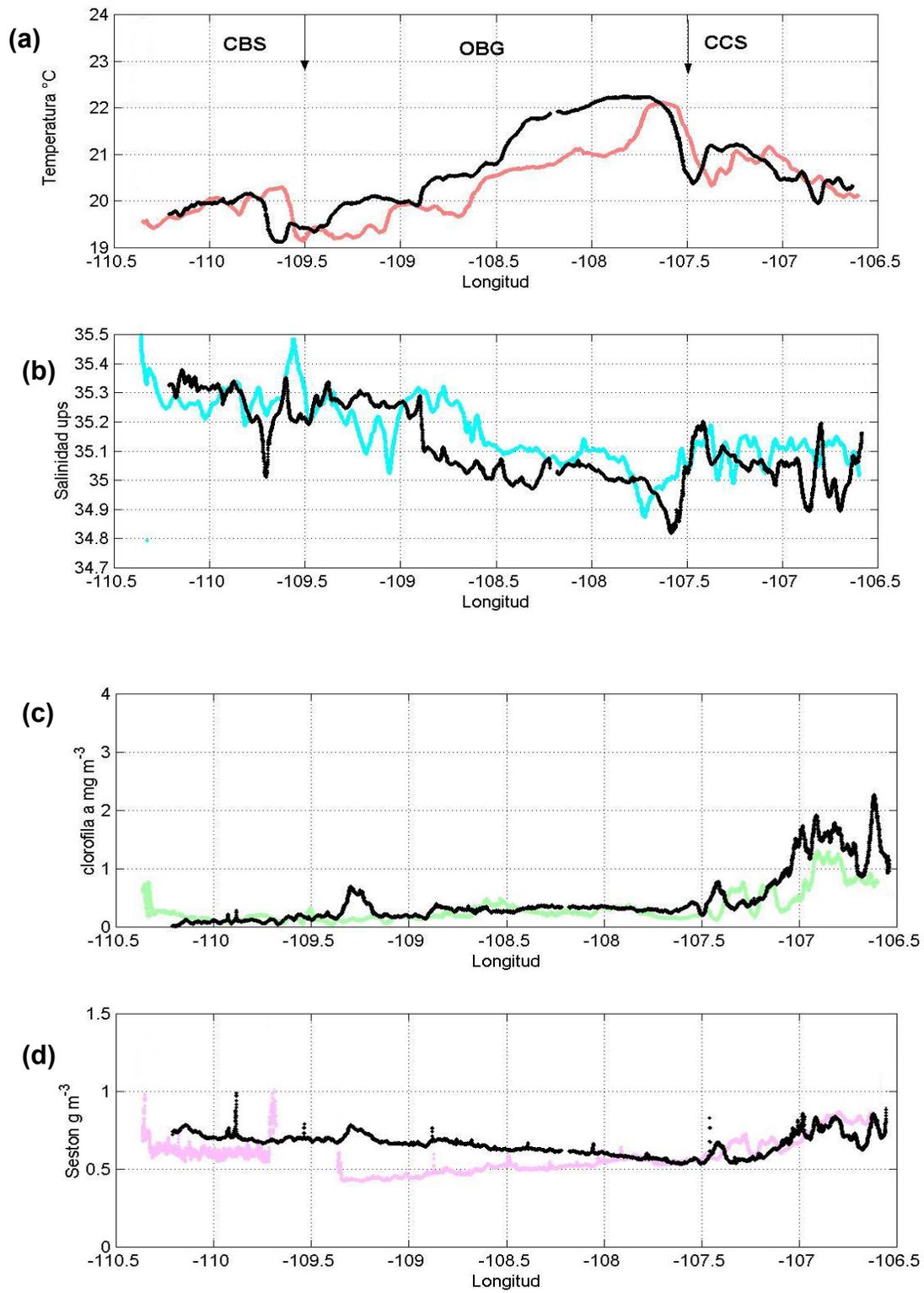


Figura 11.- Muestreo 2, la línea clara recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MSP (seston).

Muestreo 3 (Febrero 18-19, 2002)

La distribución de temperatura varió entre 19 y 24 °C. Los valores más bajos se registraron en la CBC, en la zona OBG la temperatura se incrementó, principalmente hacia los límites de la zona de CCS. En esta última zona se observaron los valores más altos y las diferencias entre los recorridos fueron evidentes, de aproximadamente 0.5 °C (Fig. 12a).

La salinidad mostró un comportamiento inverso al de la temperatura, con valores en un intervalo de 34.8 a 35.6. Los valores más altos se ubicaron del lado de la CBC. En la zona OBG la salinidad alcanzó sus valores mínimos y con la mayor diferencia entre los recorridos. Finalmente en la CCS la salinidad permaneció con poco cambio con un valor promedio de 35.0 (Fig. 12b).

La concentración de Cla presentó un intervalo de 0.4 a 4.0 mg m⁻³. Las mayores concentraciones se registraron en la CBC, principalmente en la zona del puerto. Los valores disminuyeron en la zona OBG, aunque la concentración fue mayor en la ruta La Paz-Mazatlán con valores promedio de 0.75 mg m⁻³. En la CCS se volvió a presentar un ligero incremento, particularmente en la zona del puerto, con concentraciones hasta en 1 mg m⁻³ (Fig. 12c).

El MPS presentó un intervalo de 0.2 a 2.0 g m⁻³. Al igual que la Cla las mayores concentraciones estuvieron del lado de la CBC. En la zona OBG se registraron las concentraciones promedio más bajas (0.3 g m⁻³), con un ligero incremento en la ruta Mazatlán-La Paz. En la CCS las concentraciones mantuvieron el mismo comportamiento, con un máximo de 0.6 g m⁻³ en la zona del puerto (Fig. 12d).

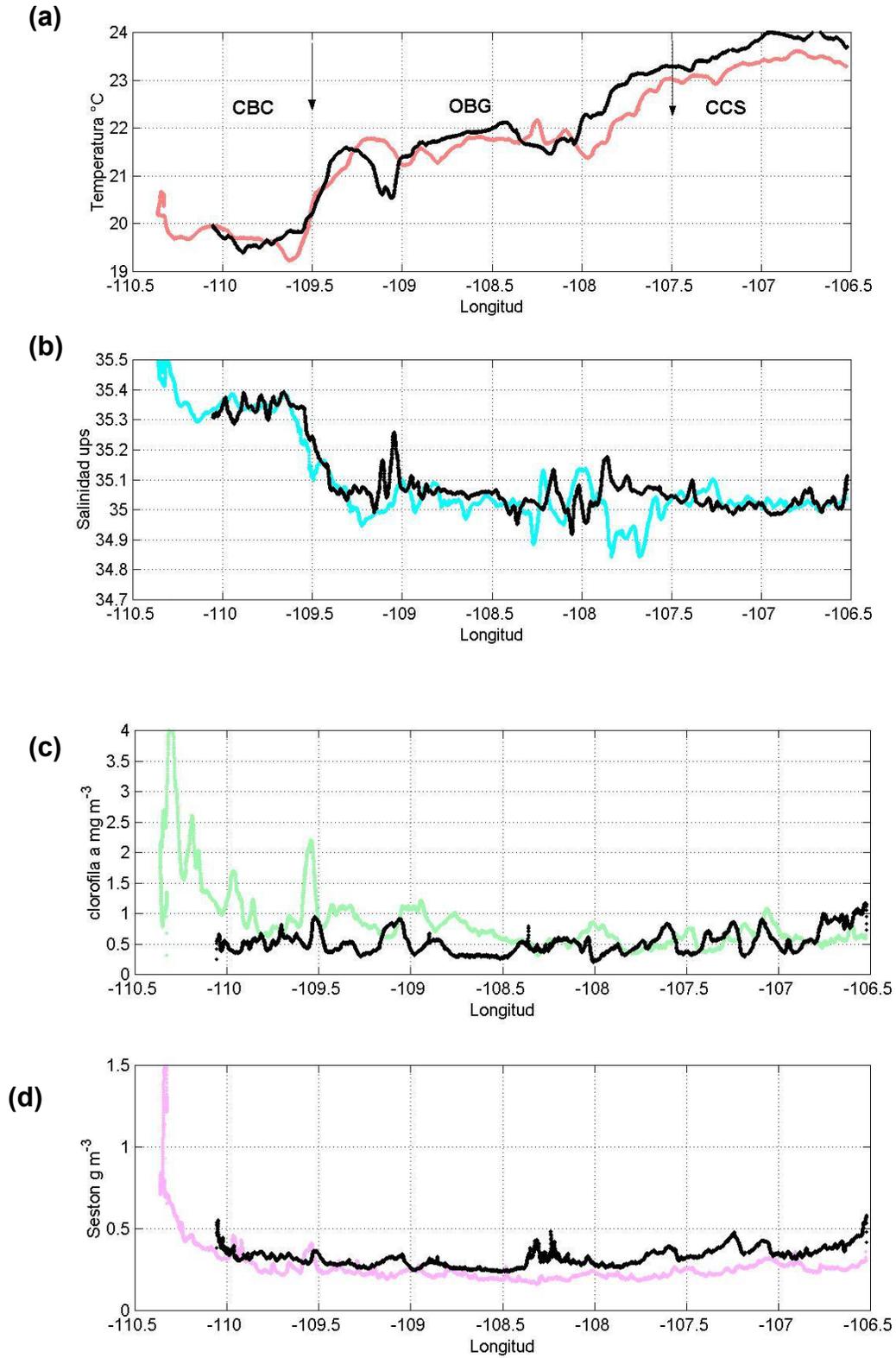


Figura 12.- Muestreo 3, la línea clara recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston).

Muestreo 4 (Marzo 6-7, 2002)

El intervalo de temperatura en este muestreo fue de 19 a 24 °C, la zona más fría fue la de CBC. En todo el recorrido se observaron diferencias entre ambos recorridos. En la CBC la temperatura promedio más alta se registró en la ruta La Paz-Mazatlán (21.0 °C), mientras que de Mazatlán-La Paz fue en promedio de 19.5 °C. En la zona OBG las temperaturas se incrementaron con valores hasta 23.0 °C y una diferencia de 1 °C entre las rutas, siendo la de mayor temperatura la de Mazatlán-La Paz. La CCS fue la zona más cálida, al igual que la anterior las diferencias en temperaturas entre las rutas se mantuvo, siendo en el puerto la zona más cálida (Fig. 13a).

En general, la salinidad presentó un comportamiento inverso al de temperatura. El intervalo de salinidad fue de 34.8 a 35.6, los valores más altos se registraron en las CBC, mientras los mínimos en la zona OBG. En la CBC las diferencias de salinidad entre los recorridos fueron difíciles de establecer, especialmente cerca de la costa, sin embargo, la situación cambia en dirección al océano. En la zona OBG la salinidad disminuye y llega a un mínimo a partir de la longitud 109.0° W, en esta zona las diferencias entre los recorridos llegan a ser de 0.2 unidades. Hacia la CCS la salinidad se vuelve a incrementar hasta un valor promedio de 35.1, sin embargo, también las diferencias entre las rutas son las mayores (0.5 unidades) (Fig. 13b).

La concentración de Cla se mantuvo con un intervalo estrecho de valores de 0.52 a 0.55 mg m⁻³ en el muestreo. En general, la ruta La Paz-Mazatlán registró las mayores concentraciones. La zona OBG presentó las mayores variaciones, especialmente en la ruta La Paz-Mazatlán (Fig. 13c).

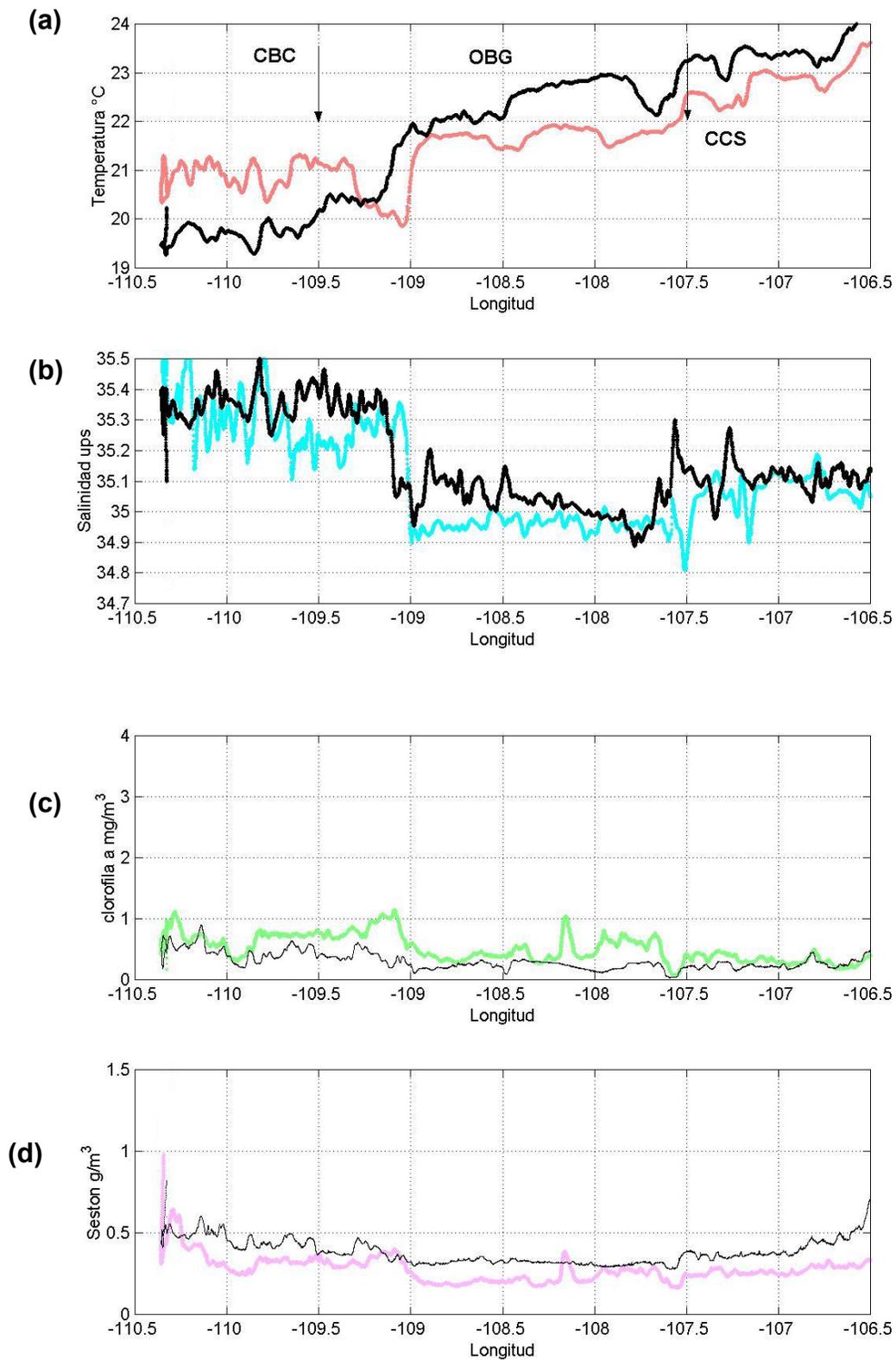


Figura 13.- Muestreo 4, la línea clara recorrido La Paz-Mazatlán y la oscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston).

El MPS al igual que la Cla presentó poco cambio en ambos recorridos, sin embargo, a diferencia del anterior las mayores concentraciones se observaron en la ruta Mazatlán-La Paz. Las mayores concentraciones (0.75 g m^{-3}) se registraron en la CBC, en la zona del puerto. La zona OBG presentó un valor promedio de 0.3 g m^{-3} y este se incrementó ligeramente hacia la CCS hasta 0.5 g m^{-3} (Fig. 13d).

Muestreo 5 (Marzo 19-20, 2002)

El intervalo de temperatura fue de 18.5 a $22.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$. En la CBC las temperaturas promedio fueron de $20.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, sin embargo durante el recorrido de Mazatlán-La Paz se registraron valores hasta de $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$, la zona OBG presentó un comportamiento similar, aunque hacia la parte media del recorrido (longitud 108.5°) se observaron las mínimas temperaturas ($18.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$), después se observó un calentamiento constante en dirección a la costa. En la CCS se observaron las mayores temperaturas y claramente se aprecia que la ruta Mazatlán-La Paz presentó hasta $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ de diferencia respecto a la de La Paz-Mazatlán. La temperatura más elevada del muestreo se presentó en la zona del puerto (Fig. 14a).

La salinidad presentó un intervalo de 35.05 a 35.35 . En la CBC la salinidad promedio fue de 35.2 aunque en la ruta Mazatlán-La Paz se presentaron los valores más altos de 35.3 . En la zona OBG en la primera parte se mantuvo la salinidad en promedio alrededor de 35.25 , aunque a partir de la longitud 108.5° se presentó una disminución que llegó a los valores mínimos de salinidad del muestreo de 35.05 este comportamiento se mantuvo en la CCS con un valor promedio de 35.1 (Fig. 14b).

La concentración de Cla presentó un intervalo de 0.25 a 2.5 mg m^{-3} en el área de estudio. Particularmente en la CBC se observan diferencias entre los recorridos, la ruta La Paz-Mazatlán presentó concentraciones más altas, con valores hasta 1.25

mg m^{-3} , mientras que la ruta Mazatlán-La Paz su máximo fue de 1.0 mg m^{-3} . Justo en el límite con la zona OBG (longitud 109.5) se registró un aumento abrupto, hasta 2.0 mg m^{-3} , luego disminuyó hasta un promedio de 0.75 mg m^{-3} . En la CCS nuevamente se incrementó la Cla en dirección a la costa, con un máximo de 2.5 mg m^{-3} en la zona del puerto, asimismo se observó que la ruta Mazatlán-La Paz fue notablemente mayor que la ruta La Paz-Mazatlán (Fig. 14c).

El MPS tuvo en general el mismo comportamiento que la Cla. El intervalo registrado en el área de estudio fue de 0.25 a 0.75 g m^{-3} . En la CBC los valores promedio fueron de 0.4 mg m^{-3} , y en general, en la ruta La Paz-Mazatlán fueron ligeramente mayores que en la ruta Mazatlán-La Paz. En la zona OBG los registros de MPS en el recorrido La Paz-Mazatlán se perdieron debido probablemente a un aumento en la presión del agua que generó burbujas en el sistema, aunque la ruta Mazatlán-La Paz presentó un valor promedio de 0.25 mg m^{-3} . En la CCS los valores de MPS se incrementaron hacia la costa, con máximos en la zona cercana del puerto 0.75 mg m^{-3} , gran parte de los datos del recorrido La Paz-Mazatlán presentaron errores producidos por burbujas de aire en el sistema (Fig. 14d).

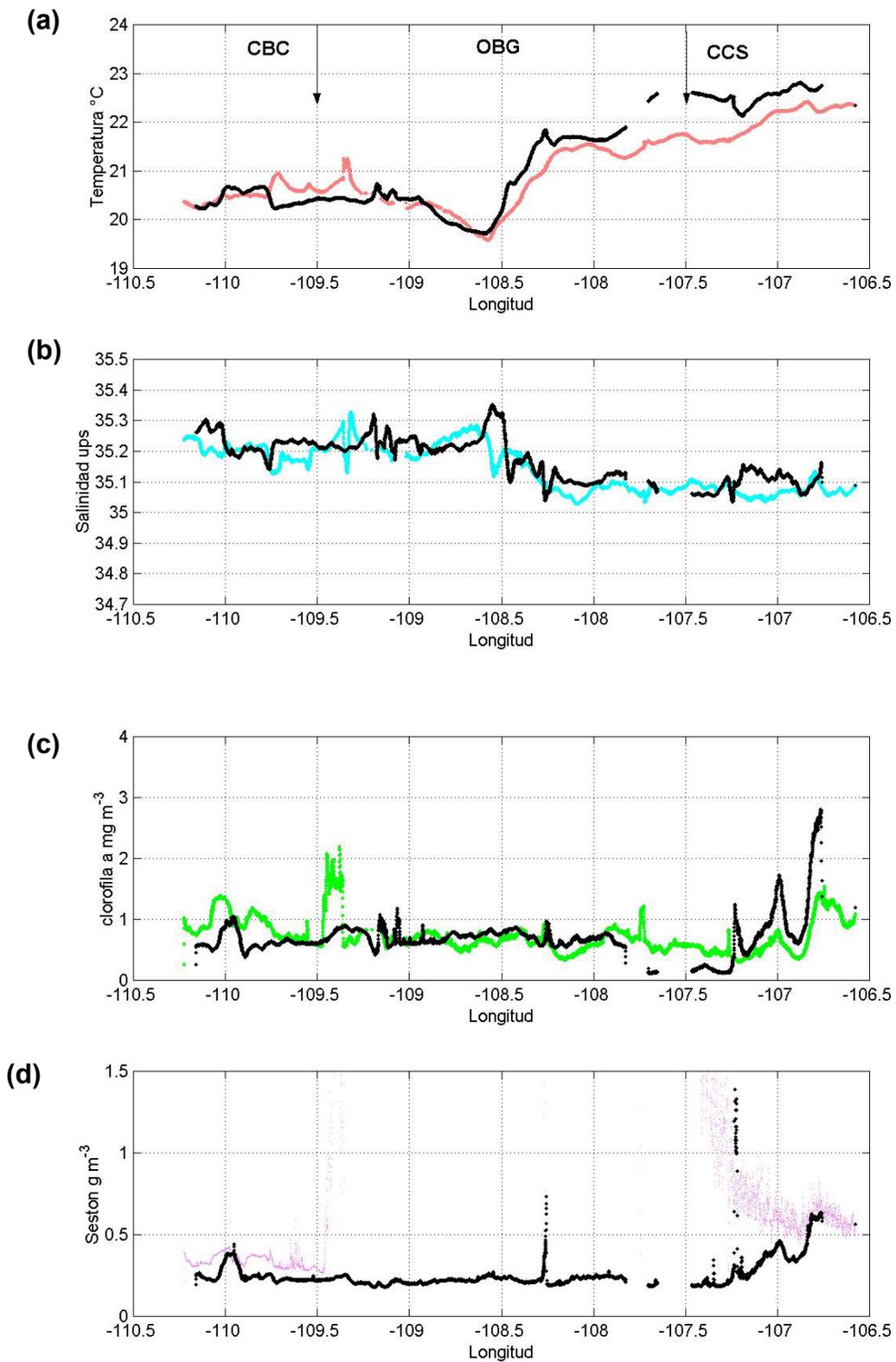


Figura 14.- Muestreo 5, la línea clara al recorrido La Paz-Mazatlán y la oscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston).

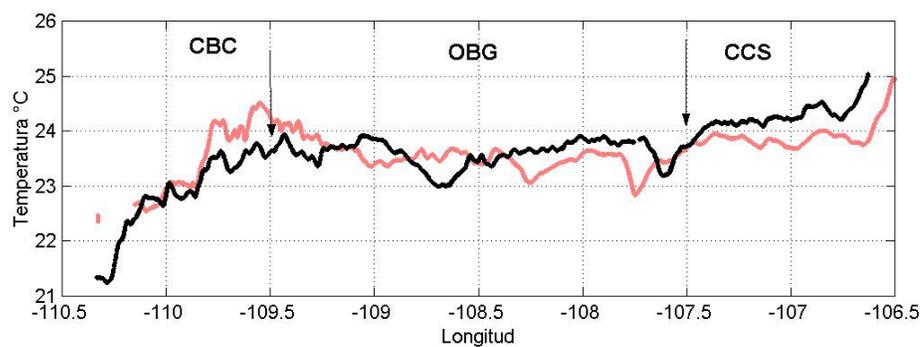
Muestreo 6 (Abril 11-12, 2002)

La temperatura presentó un intervalo de 21.2 a 25 °C. Los valores menores se presentaron en la CBC, y se incrementaron a 24.5 °C en el límite de la zona OBG. En esta última se observó un ligero descenso hasta un valor promedio de 23.5 °C. En la CCS volvió a registrarse un incremento con dirección a la costa, hasta llegar al valor más alto de 25 °C en el puerto. Esta zona tuvo una temperatura promedio de 0.5 °C mayor en el recorrido de Mazatlán-La Paz (Fig. 15a). La salinidad registró un intervalo de 34.8 a 35.4. En general, la CBC presentó las mayores valores promedio de 35.2. En la zona OBG se observó la mayor variabilidad, especialmente alrededor de la longitud 108.5° y 107.8° donde se presentaron valores extremos entre los recorridos. En la CCS el valor promedio disminuyó levemente 35.1, aunque cerca del puerto los valores se incrementaron, especialmente en la ruta Mazatlán-La Paz (Fig. 15b).

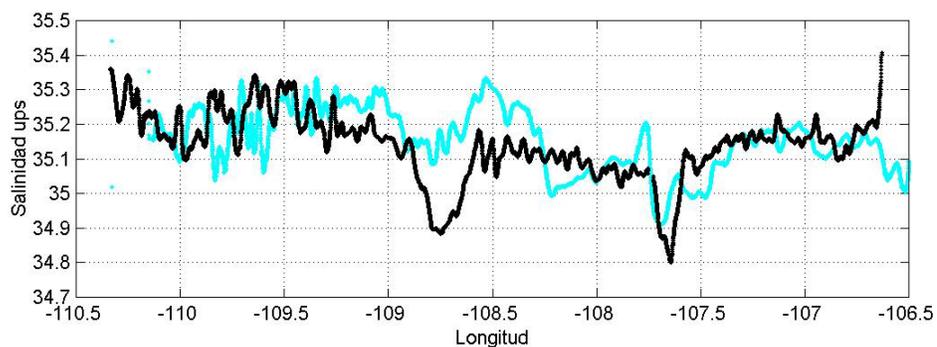
La Cla presentó poco cambio en el muestreo. El rango fue de 0.7 a 0.9 mg m⁻³. En la CBC se presentaron las mayores concentraciones, y la ruta La Paz-Mazatlán estuvo por arriba de la ruta Mazatlán-La Paz. En la zona OBG la Cla promedio fue de 0.7 mg m⁻³ y al igual que la anterior la ruta La Paz-Mazatlán tuvo mayor concentración promedio. En la CCS la concentración se incrementó ligeramente a 0.8 mg m⁻³ en ambos recorridos. (Fig. 15c).

El MPS mostró un comportamiento diferente en los recorridos. La ruta La Paz-Mazatlán mostró menores concentraciones y poco cambio entre las regiones definidas (0.4 g m⁻³), excepto un pequeño incremento en la zona de los puertos. Mientras la ruta Mazatlán-La Paz presentó un gradiente desde la costa de Sinaloa (0.6 g m⁻³) hacia la costa de B.C. (1 g m⁻³) (Fig. 15d).

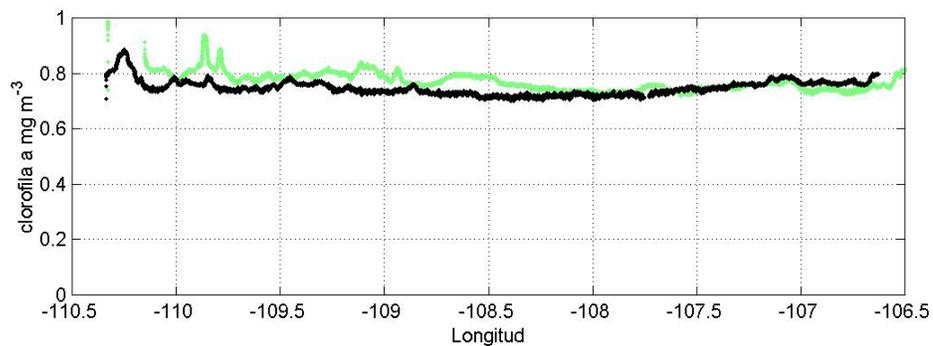
(a)



(b)



(c)



(d)

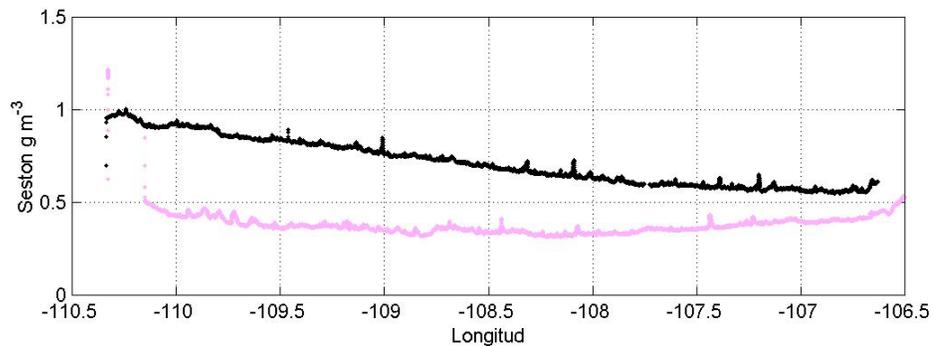


Figura 15.- Muestreo 6, la línea clara recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston).

Muestreo 7 (Abril 24-25, 2002)

El intervalo de temperatura fue de 21.8 a 26.0 °C, los valores más altos se registraron en la costa de Sinaloa y los más bajos en la zona oceánica de la boca del Golfo. En la CBC la temperatura promedio fue de 23.0 °C, ésta se mantuvo sin cambios bruscos hasta la mitad de la zona OBG con 21.5 °C. A partir de éste mínimo se inició un incremento hacia la CCS. En ésta última zona hay una clara diferencia entre los recorridos, siendo el de Mazatlán-La Paz el mayor, con una diferencia de hasta 1.5 °C (Fig. 16a).

La salinidad presentó un intervalo de variación de 34.7 a 35.5. En general, no se observan diferencias entre las costas de Baja California y las de Sinaloa, aunque en la zona de los puertos se presentaron las mayores concentraciones. En la CBC la salinidad fue menor en la ruta La Paz-Mazatlán que la ruta Mazatlán-La Paz. La zona OBG también mostró diferencias entre los transectos, entre las longitudes 108.0° y 108.5° se registraron los mínimos de salinidad. En la CCS la salinidad disminuyó levemente respecto a la costa de Baja California, aunque en promedio fue de aproximadamente 35.1 (Fig. 16b).

La concentración de Cl_a presentó mucha variación en la alta frecuencia, posiblemente relacionado con la sensibilidad del instrumento. En general, se observaron diferencias entre los recorridos. El intervalo de variación fue de 0.74 a 0.87 $mg\ m^{-3}$. No hay una descripción simple de la variación espacial por zonas (Fig. 16c).

El MPS presentó poca variación en ambos recorridos, sin embargo el comportamiento entre los recorridos fue distinto. La ruta La Paz-Mazatlán mostró un ligero gradiente de la costa de Baja California, a la costa de Sinaloa, en tanto, la ruta

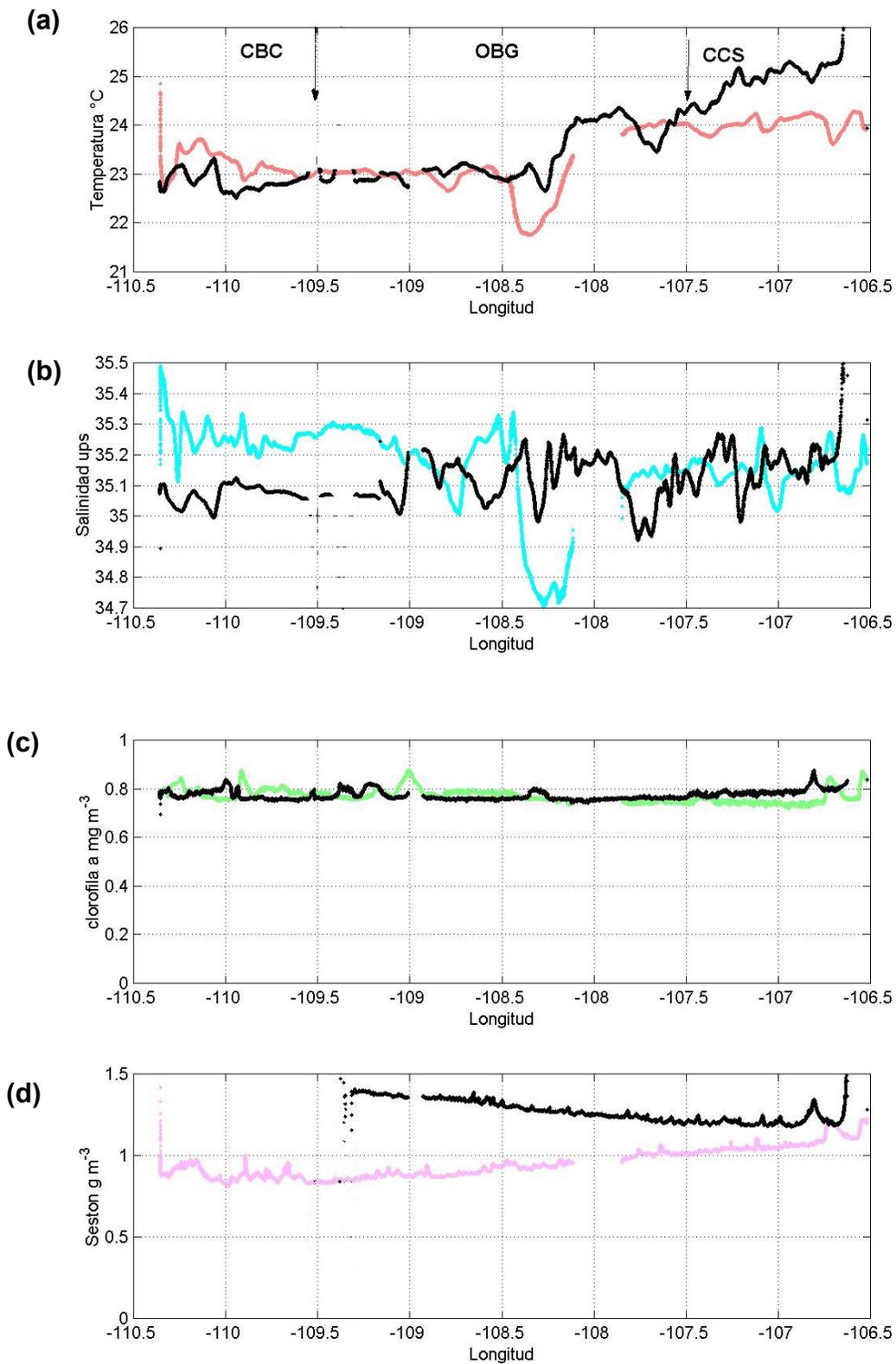


Figura 16.- Muestreo 7, la línea clara recorrido La Paz-Mazatlán y la oscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston).

Mazatlán-La Paz el gradiente fue en dirección a la costa de Baja California. En los registros de la CBC se presentaron problemas técnicos que no permitieron obtener datos. El intervalo de variación fue de aproximadamente 0.8 a 1.4 g m⁻³ y en general las concentraciones más altas se registraron en los puertos (Fig. 16d).

Muestreo 8 (Mayo 9-10, 2002)

Por problemas técnicos hubo ausencia de datos en las regiones de la CBC y zona OBG en la ruta Mazatlán-La Paz. El intervalo de variación de temperatura fue de 24.8 a 29.0 °C, los valores más altos se registraron en ambas costas. En la CBC la temperatura descendió abruptamente del puerto hacia el océano de 28.8 a 25.5 °C. En la zona OBG tuvo aún un leve descenso a 25.0 °C y a partir de la longitud 108.0 se volvió a incrementar hacia la CCS. En esta última zona las diferencias en los recorridos fueron de aproximadamente 1 °C en la zona del puerto (Fig. 17^a).

La salinidad presentó un intervalo de 34.8 a 35.5, los valores más altos se registraron en la costa de Baja California. En esta última la salinidad presentó un comportamiento similar a la temperatura, con valores disminuyendo hacia el océano. En la zona OBG la salinidad se mantuvo en promedio en 35.15 hasta la longitud 109.0°, luego cayó abruptamente a 34.9 y de aquí en adelante hasta la CCS se mantuvo fluctuando entre 34.8 y 35.1 (Fig. 17b).

La concentración de Cla permaneció casi invariante en el muestreo con un valor promedio de 0.57 mg m⁻³, y con valores ligeramente más altos en los puertos de 0.59 mg m⁻³ (Fig. 18c). El MPS tuvo el mismo comportamiento constante que el de la concentración de Cla, sin embargo, los valores en los puertos fueron menores. La concentración fue de 1.2 g m⁻³, la cual fue la más alta, por lo que es muy posible un mal funcionamiento del transmisómetro en ambos recorridos (Fig. 18d).

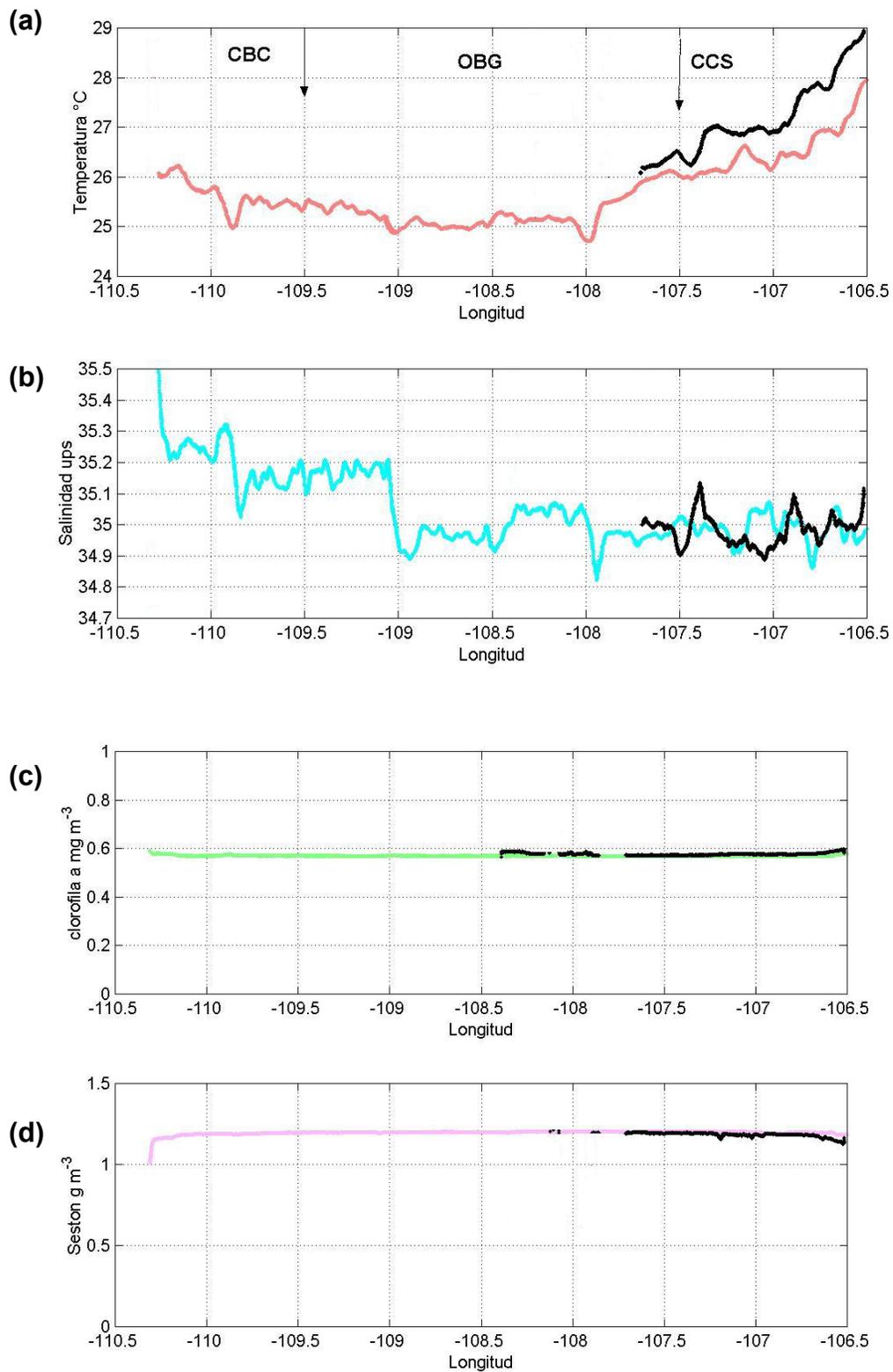


Figura 17.- Muestreo 8, la línea clara al recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston).

Muestreo 9 (Mayo 28-29, 2002)

La temperatura presentó un intervalo de 24.5 a 28.0 °C, los valores más altos se registraron hacia las costas de Sinaloa, con un valor promedio de 28 °C. La CBC presentó temperaturas ligeramente inferiores al resto de las zonas, el transecto La Paz-Mazatlán tuvo valores de 0.5 °C, superiores respecto al de Mazatlán-La Paz. En la zona OBG la temperatura presentó el mismo comportamiento y en la longitud 108.25° disminuyó en ambos recorridos, para luego incrementarse en dirección a la costa. En la CCS la temperatura se mantuvo con pocos cambios, con un valor promedio de 27.5 °C (Fig. 18a).

El sensor de salinidad no funcionó correctamente, por lo que no se muestran datos.

La concentración de Cla y el MPS mostraron poco cambio en ambos recorridos y sin una diferencia aparente entre las zonas. Ambas variables incrementan sus concentraciones ligeramente en la zona de los puertos. Los valores promedio de Cla y MPS son respectivamente de 0.52 mg m⁻³ y de 0.38 g m⁻³. (Fig. 18c y 18d).

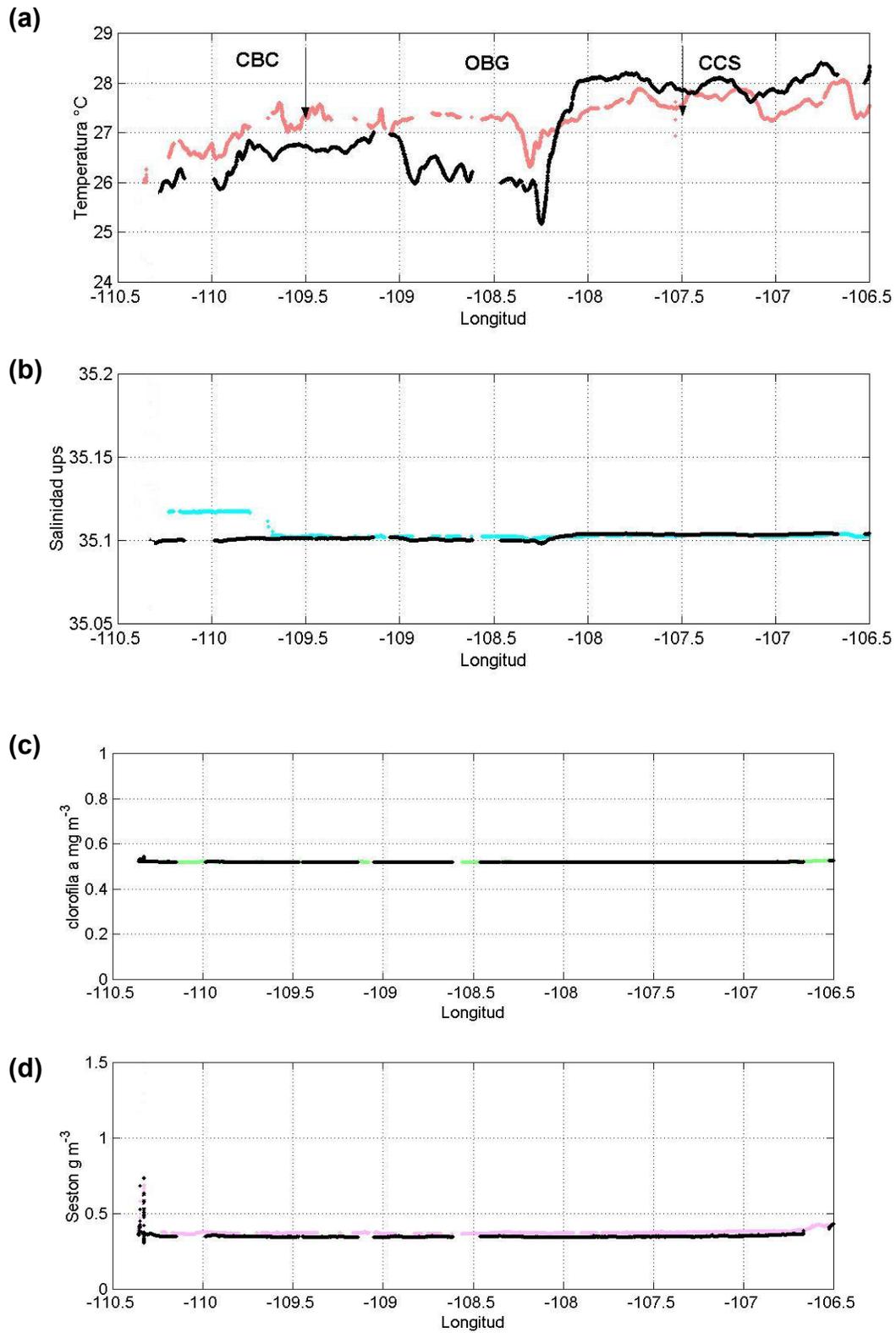


Figura 18.- Muestreo 9, la línea clara recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston).

Muestreo 10 (Junio 13-14, 2002)

El intervalo de temperatura registrado en este muestreo fue de 21 a 29 °C. En la CBC la temperatura se incrementa del puerto hacia fuera de la costa, a la longitud de 110.0 se presenta una diferencia entre los recorridos hasta 2.0 °C, con valores más altos en la ruta La Paz-Mazatlán. En la zona OBG se mantiene una temperatura promedio de 27 °C hasta la longitud 109.0° y al igual que la zona anterior la temperatura es mayor en la ruta La Paz-Mazatlán, luego disminuye hasta un valor mínimo de 23.8 °C en la longitud 108.5°. A partir de este punto y hacia la CCS la temperatura se incrementa en dirección a la costa (Fig. 19a).

La salinidad presentó un intervalo de 34.5 a 35.5, los valores más altos se registraron en las costas de Baja California. En general para este muestreo el comportamiento de la salinidad es inverso al de la temperatura, aunque la magnitud en la diferencia de los recorridos es menor (Fig. 19b).

La concentración de Cla presentó poca variación en y entre los recorridos, el valor promedio fue de 0.53 mg m⁻³ y las mayores concentraciones se registraron en el puerto de Pichilingue, Baja California, con valores hasta 0.64 mg m⁻³. Hay una zona alrededor de 108.5° de longitud con un incremento leve en la concentración de Cla asociado a una menor temperatura y mayor salinidad (Fig. 19c).

El MPS al igual que la Cla presentaron poca variación, con un valor promedio de 0.4 g m⁻³ y valores mayores en la zona de puertos de hasta concentraciones de 1 g m⁻³ en Pichilingue (Fig. 19d).

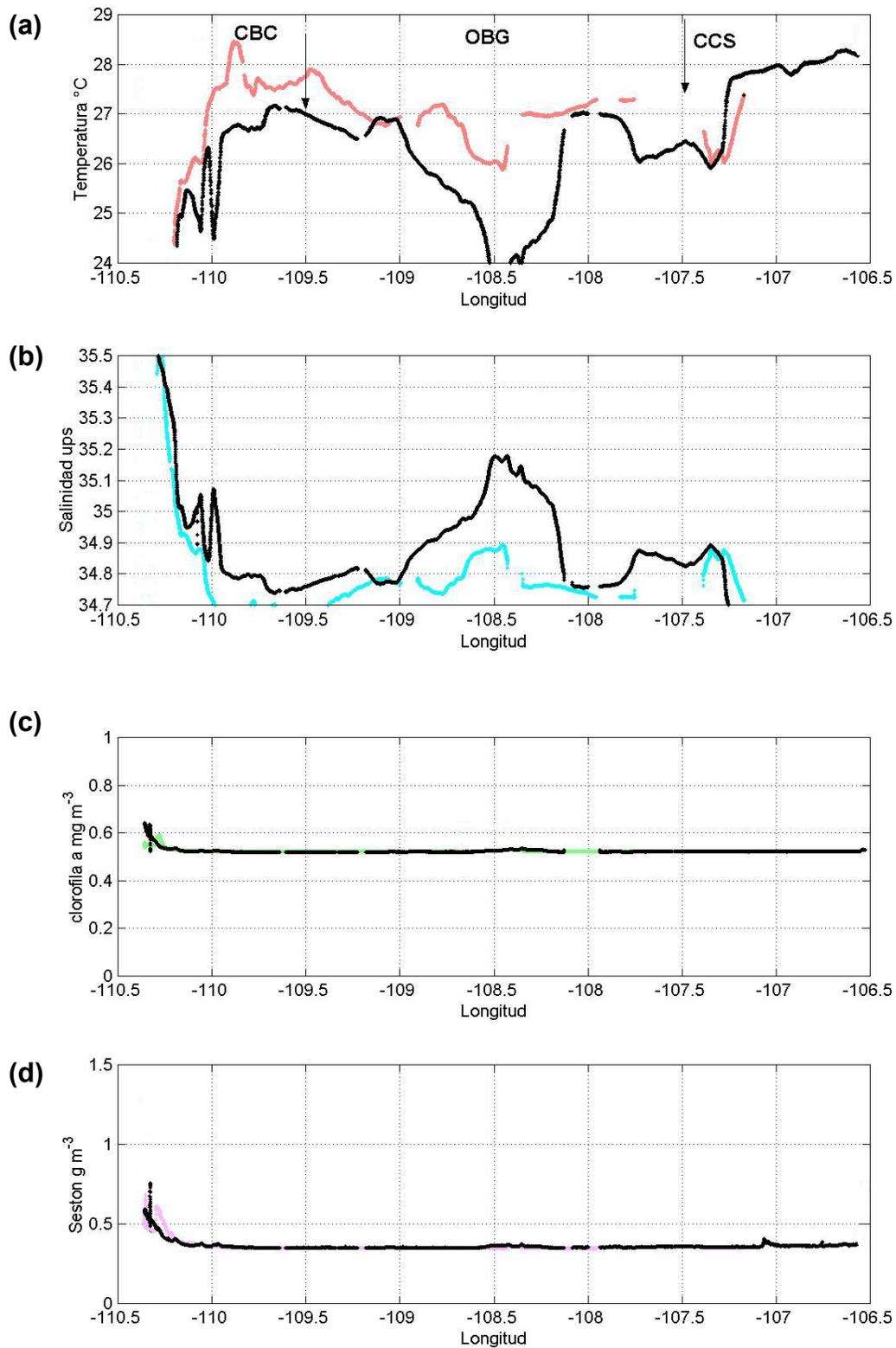


Figura 19.- Muestreo 10, la línea clara recorrido La Paz-Mazatlán y la oscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston).

Muestreo 11 (Junio 25-26, 2002)

El intervalo de temperatura fue de 22.5 a 29.5 °C. En la CBC se presentaron claras diferencias entre los recorridos (2 °C), siendo la ruta La Paz-Mazatlán la que presentó los valores más altos. En ambos casos la temperatura se incrementó de la costa hacia el océano hasta un máximo de 28.5 °C. En la zona OBG se presentaron fluctuaciones que fueron de 25 a 28 °C, y de manera general, la temperatura fue superior en la ruta La Paz-Mazatlán. En la CCS la temperatura se incrementó gradualmente en dirección a la costa, con los máximos en la zona del puerto (Fig. 20a).

El intervalo de salinidad fue de 34.7 a 35.4 y en general, el comportamiento de ésta variable fue opuesto al de la temperatura. En la CBC la salinidad en la ruta La Paz-Mazatlán presentó poco cambio con un valor promedio de 35.0, mientras que en la ruta Mazatlán-La Paz ocurrieron los máximos en la zona del puerto y los mínimos hacia el océano. En la zona OBG la salinidad fluctuó entre 34.8 y 35.1 con alternancia en los recorridos. En la CCS la salinidad descendió en forma gradual en dirección a la costa hasta llegar a un valor mínimo en la zona del puerto (Fig. 20b). La concentración de Cl_a presentó poco cambio durante el muestreo. En la CBC la concentración se incrementó ligeramente en la zona de la costa a valores de 0.53 mg m^{-3} , mientras que en la zona OBG se observó un valor promedio de 0.52 mg m^{-3} , para volverse a incrementar ligeramente hacia la CCS (Fig. 20c). El MPS tuvo cambios mínimos durante ambos recorridos. El valor promedio fue de 0.4 g m^{-3} con un incremento en la zona del puerto de Pichilingue. Debido a la poca variación de las mediciones, es muy posible que haya ocurrido un mal funcionamiento del equipo (Fig. 20d).

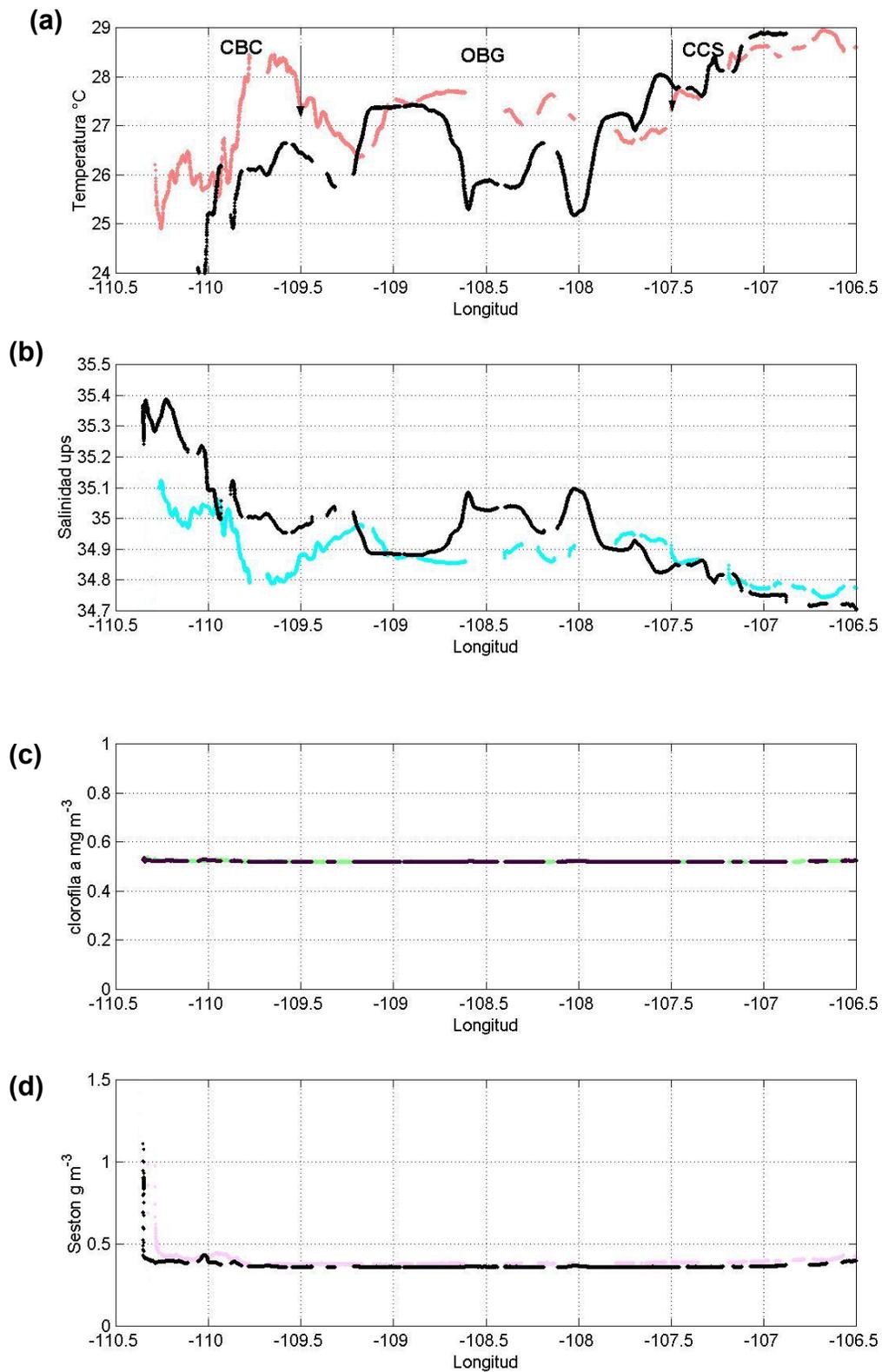


Figura 20.- Muestreo 11, la línea clara recorrido La Paz-Mazatlán y la obscura de Mazatlán-La Paz. a) Temperatura, b) Salinidad, c) Clorofila a, d) MPS (seston).

7.2. Integración de valores promedio de los muestreos por zonas.

Se obtuvieron los promedios de las variables obtenidas *in situ* por zonas a lo largo de los 11 muestreos, se presentan estos valores con su desviación estándar, resumiendo de esta manera su comportamiento espacial y temporal.

Temperatura.

Para la temperatura el muestreo del mes de octubre 2001 tiene los máximos para las tres zonas, condiciones que corresponde a finales de verano (Fig. 21a), El resto de los muestreos empezando por febrero con las temperaturas más bajas registradas presentándose un incremento que podemos relacionarlo con los valores característicos de invierno y primavera. Los promedios más altos por muestreos son los de CCS y los menores de la CBC. El incremento observado temporalmente va de 20 °C a 29°C, febrero, marzo y abril con valores <25°C, y para mayo y junio >25°C.

Salinidad.

Los valores promedio de salinidad presentaron también una diferencia espacial similar a la temperatura, los valores de mayor salinidad promedio se registraron en CBC y la menor salinidad para CCS, para ambos casos la OBG se puede interpretar como una zona de transición entre las costas (Fig. 21b). Temporalmente la salinidad presenta variaciones a lo largo del periodo de muestreo, para octubre 2001 con valores mínimos en las tres zonas y en febrero los máximos en salinidad y para el mes de marzo en CBC se registro el valor promedio máximo con la mayor desviación estándar, también en el muestreo del mes de junio CBC tuvo un amplia desviación estándar (± 0.3). En los recorridos podemos observar estos cambios de salinidad y de la temperatura en la zona en corto espacio que generan estos valores de desviación estándar (Fig. 11a, b) (Anexo 5 y 6).

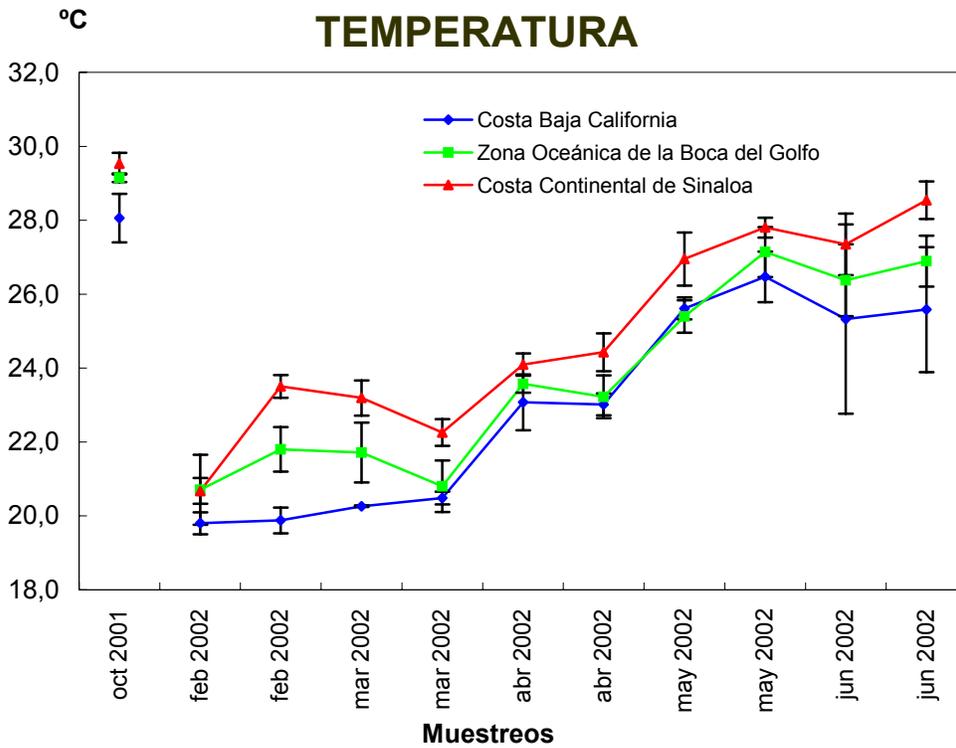


Figura 21a.- Temperaturas integradas para los 11 muestreos, valores promedio y su desviación estándar por regiones.

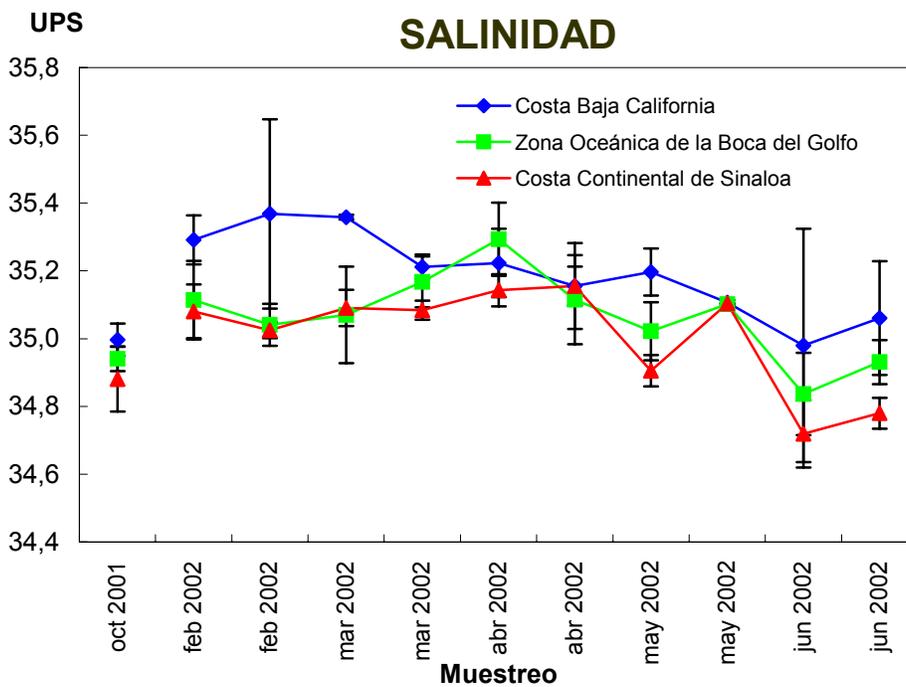


Figura 21b.- Salinidad integrada para los 11 muestreos, valores promedio y su desviación estándar por regiones.

Clorofila a (Cla).

Los valores para las tres zonas son muy similares en todos los muestreos y las desviaciones son muy pequeñas a excepción de los muestreos 2 y 3 (febrero) y el muestreo 5 (marzo) variaciones presentes en condiciones de invierno. Para el muestreo 2 los valores mayores se registran en la CCS (promedio $0.8 \pm 0.5 \text{ mg m}^{-3}$) coincidiendo en el recorrido con valores altos de salinidad y menores temperaturas (fig. 11 a, b, c), en el muestreo 3 los máximo promedio registrado fue en CBC con valores de $1.1 \pm 0.7 \text{ mg m}^{-3}$. El muestreo 5 los promedio están muy próximos en las 3 zonas valores de 0.8 mg m^{-3} con amplias desviaciones estándar ± 0.2 (CBC y OBC) y de ± 0.5 para la CCS.

En los muestreos de abril mayo y junio las concentraciones disminuyen y se mantienen constantes $< 0.8 \text{ mg m}^{-3}$ (abril y octubre) y $< 0.6 \text{ mg m}^{-3}$ (marzo y junio).

MPS.

Las concentraciones se mantienen menores a 1.2 g m^{-3} con poca variación en los muestreos para las tres zonas, sin embargo para el muestreo 5 en la zona Oceánica (OBG) se registran valores de 2.4 g m^{-3} en promedio y con una desviación estándar ± 0.7 . Estos valores de altas concentraciones se registraron en el recorrido de regreso Mazatlán-La Paz y pueden deberse a la saturación de la señal por partículas.

Esta variable permanece en concentraciones bajas propias de zonas oceánicas y los incrementos en el muestreo 2 (CCS) y 3 (CBC) coinciden espacial y temporalmente con los incrementos en la concentración de clorofila a Cla (Fig. 11c, d y 12 c, d) (Anexo 5 y 6).

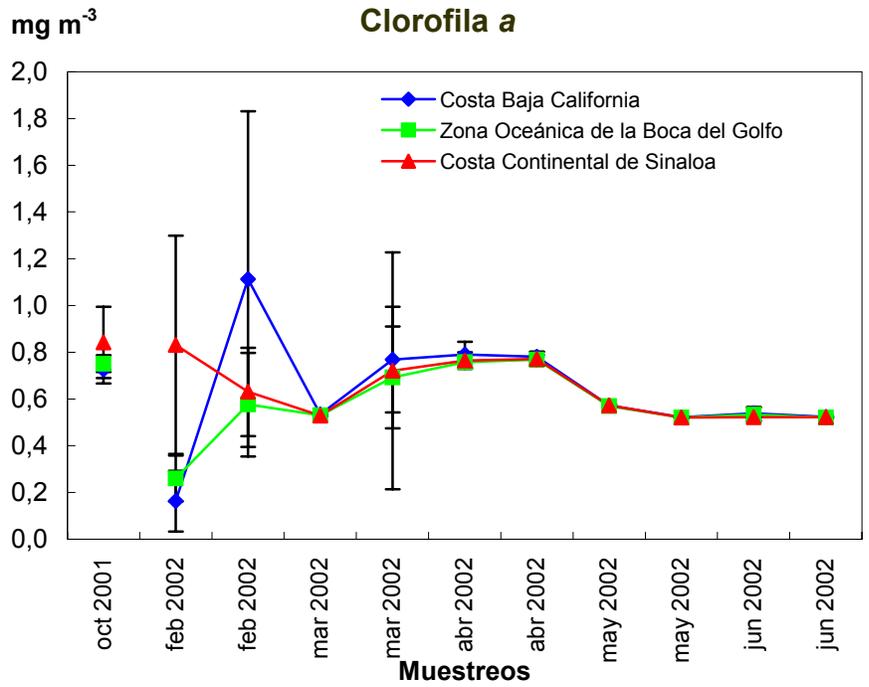


Figura 21c.- Clorofila a (Cl) integrada para los 11 muestreos, valores promedio y su desviación estándar por regiones.

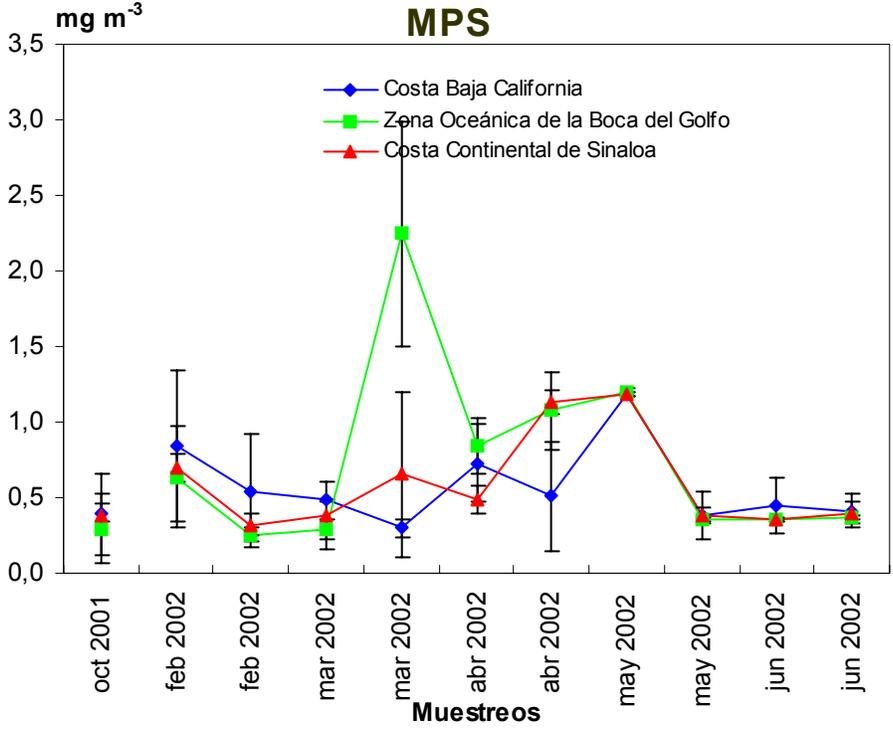


Figura 21d.- MPS integrado para los 11 muestreos, valores promedio y su desviación estándar por regiones.

7.3 Comparación de temperatura *in situ* con imágenes de satélite.

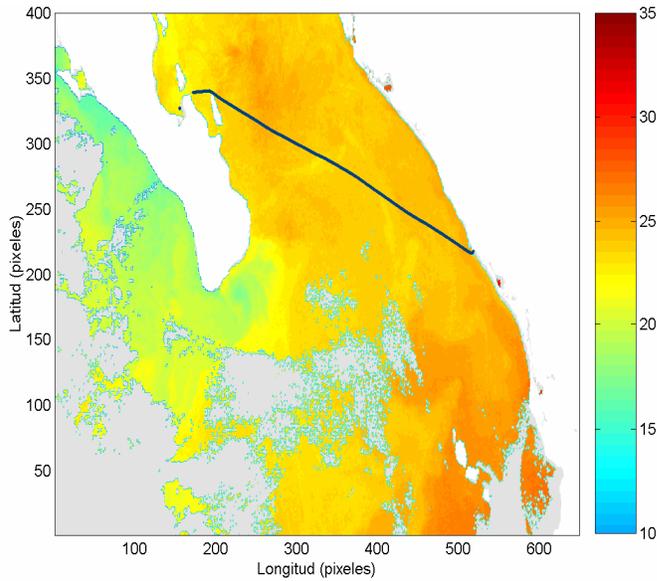
En la comparación de los datos de temperatura superficial, se contó con las imágenes de los muestreos 6 al 11 para los dos recorridos (La Paz-Mazatlán-La Paz), se hace la comparación del valor promedio de los datos del registro *in situ* contenidos en el área que corresponde a un píxel (1.132 Km.).

Muestreo 6 (Abril 11-12, 2002)

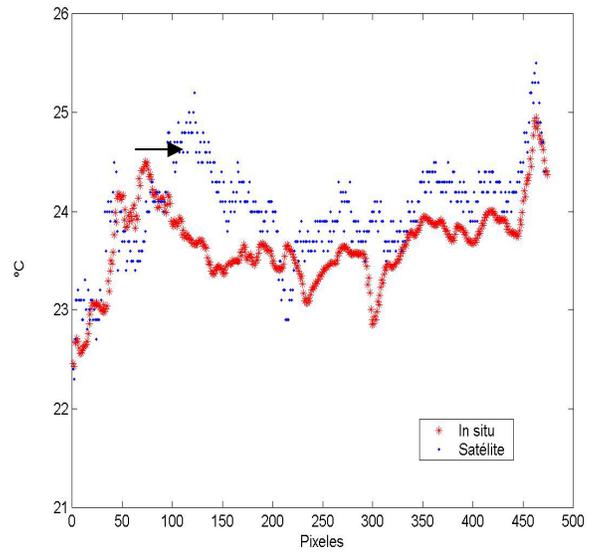
En este muestreo solo se contó con la imagen del 12 de abril (23:40 hrs. GMT del NOAA 12) (Fig. 22a), sin embargo se hace la comparación con ambos transectos. En la ruta La Paz-Mazatlán se observa que en la CBC la comparación entre las tendencias de ambas mediciones es buena, sin embargo, al pasar a la zona OBG se observan diferencias tanto en tendencia como en magnitud, de hasta 1 °C. En la CCS nuevamente se presenta la misma tendencia entre ambas mediciones, aunque con pequeñas diferencias en magnitud (Fig. 22b), debido a que no corresponda la imagen al mismo día la curva de temperatura tiene desplazamiento a la derecha. La comparación global de todos los datos muestra un coeficiente de determinación bajo pero significativo al 95% ($r^2 = 0.37$ con $n = 468$) (Fig. 22c). Las desviaciones nos dicen lo representativos que son los datos *in situ* promediados por píxel para hacer la comparación resultando baja con una media de 0.005 °C. (Fig. 22d), aunque tiende a incrementarse hacia las costas, aparentemente no afecta la comparación con los datos satelitales (Fig. 22d).

En la ruta Mazatlán-La Paz se tiene la misma tendencia de los datos *in-situ* con los satelitales en las tres zonas (Fig. 23b). La imagen corresponde al mismo día del recorrido por lo que el registro *in situ* y los datos de satélite concuerdan en los

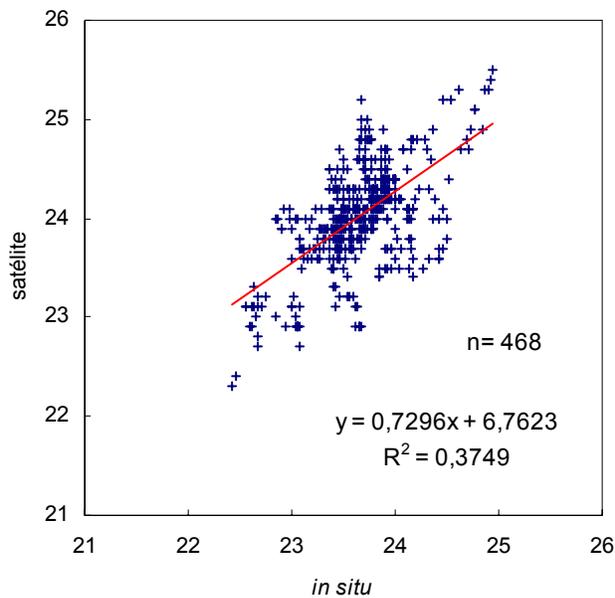
(a)



(b)



(c)



(d)

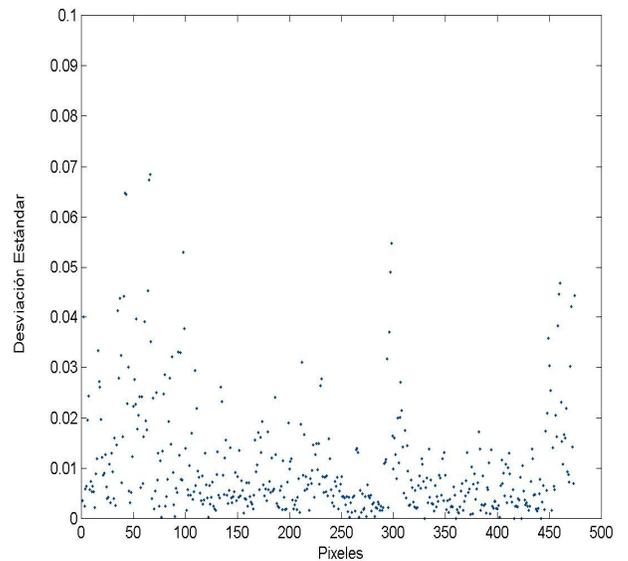


Figura 22.- Muestreo 6 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

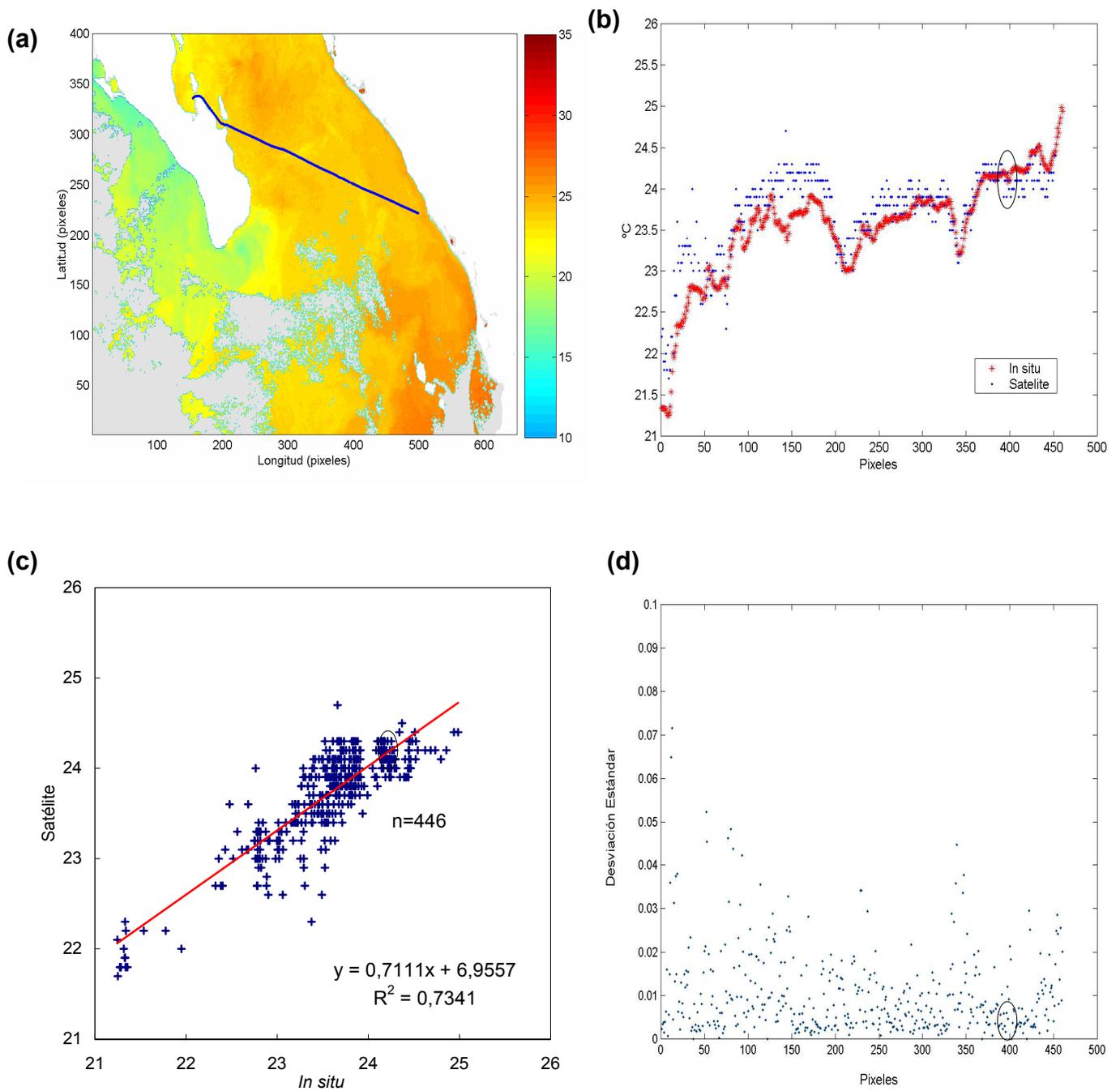


Figura 23.- Muestreo 6 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite a) imagen b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

Transectos, y es en el píxel 402 (Fig. 23b) con valor de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.002$ (Fig. 23c y 23d) donde coinciden en tiempo y espacio registro de los datos *in situ* y de la imagen de satélite. La comparación de todos los datos muestra un $r^2 = 0.73$ con $n = 446$ (Fig. 23c). La media de las desviación estándar fue de $0.005\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fig. 23d).

Muestreo 7 (Abril 24-25, 2002)

Al igual que el muestreo anterior, los datos *in-situ* fueron comparados con la imagen del 25 abril (23:29 hrs. GMT del NOAA 12) (Fig. 24a). En la ruta La Paz-Mazatlán se observa que la gran mayoría de los datos de temperatura *in-situ* están por arriba de los satelitales. Particularmente en la CBC los valores *in-situ* tienen la misma tendencia que los del satélite aunque con diferencias hasta de $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la zona OBG aunque se mantienen las tendencias en la primera mitad, para la parte final se tienen pocos datos satelitales y la tendencia entre las observaciones disminuye y en algunos registros es inversa. La CCS presenta un problema similar de nubosidad y discrepancia entre las comparaciones (Fig. 24b). La comparación global de los datos muestra un bajo pero significativo coeficiente de determinación ($r^2 = 0.48$ con $n = 349$) (Fig. 24c). La desviación estándar de los promedios *in-situ* tuvo una media menor a $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque se incrementó hacia las costas y a la mitad de la zona OBG (Fig. 24d).

En la ruta Mazatlán-La Paz la nubosidad en la ruta del barco fue muy alta por lo que únicamente se pudieron comparar 191 píxeles (Fig. 25a). De manera particular no se puede comparar ninguna de las zonas, aunque hay datos satelitales en la zona OBG que están afuera del comportamiento esperado (Fig. 25b). Como consecuencia el coeficiente fue ($r^2 = 0.11$ con $n = 191$) (Fig. 25c). La desviación estándar al igual que el transecto anterior es menor a $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fig. 25d).

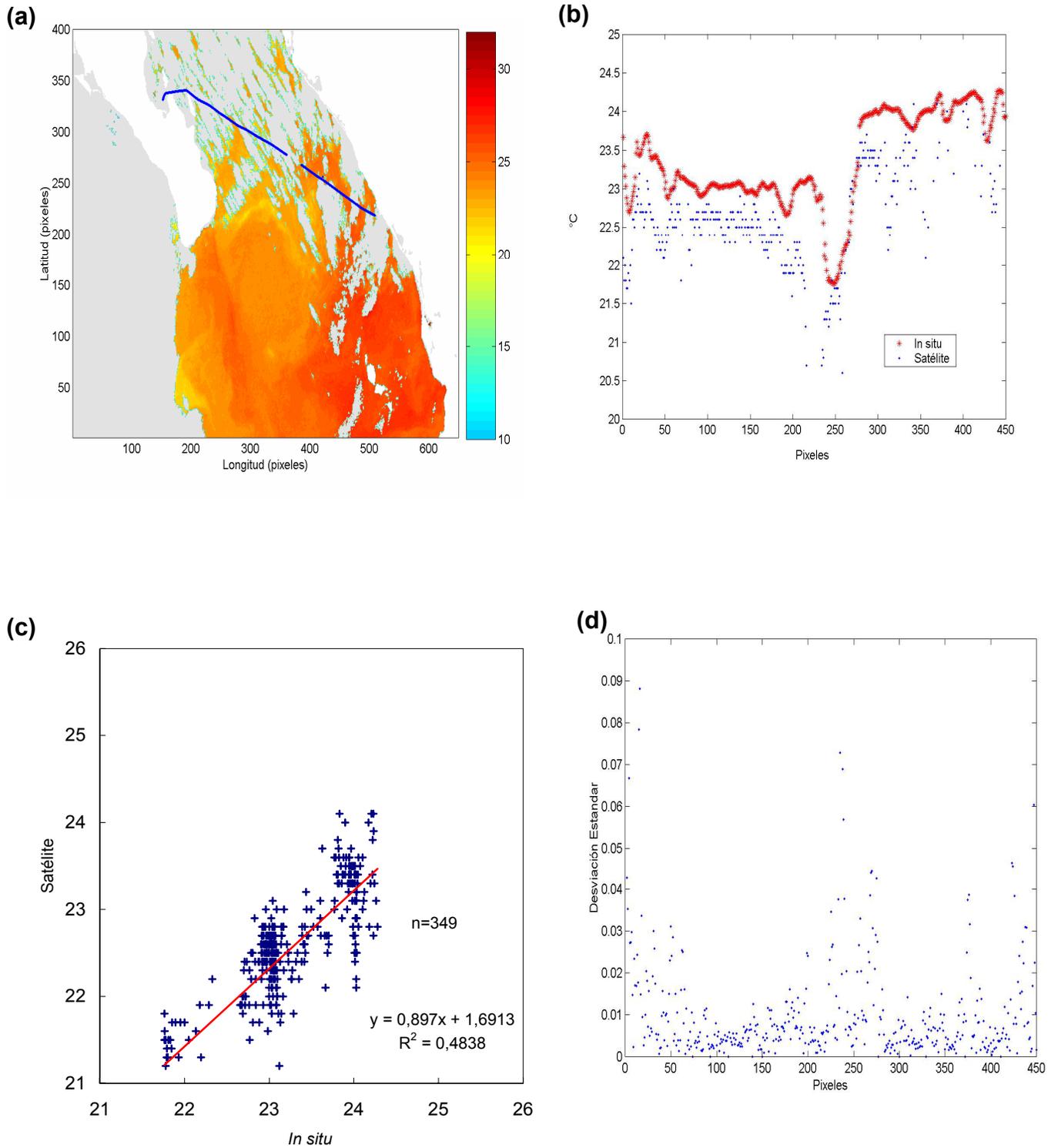


Figura 24.- Muestreo 7 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

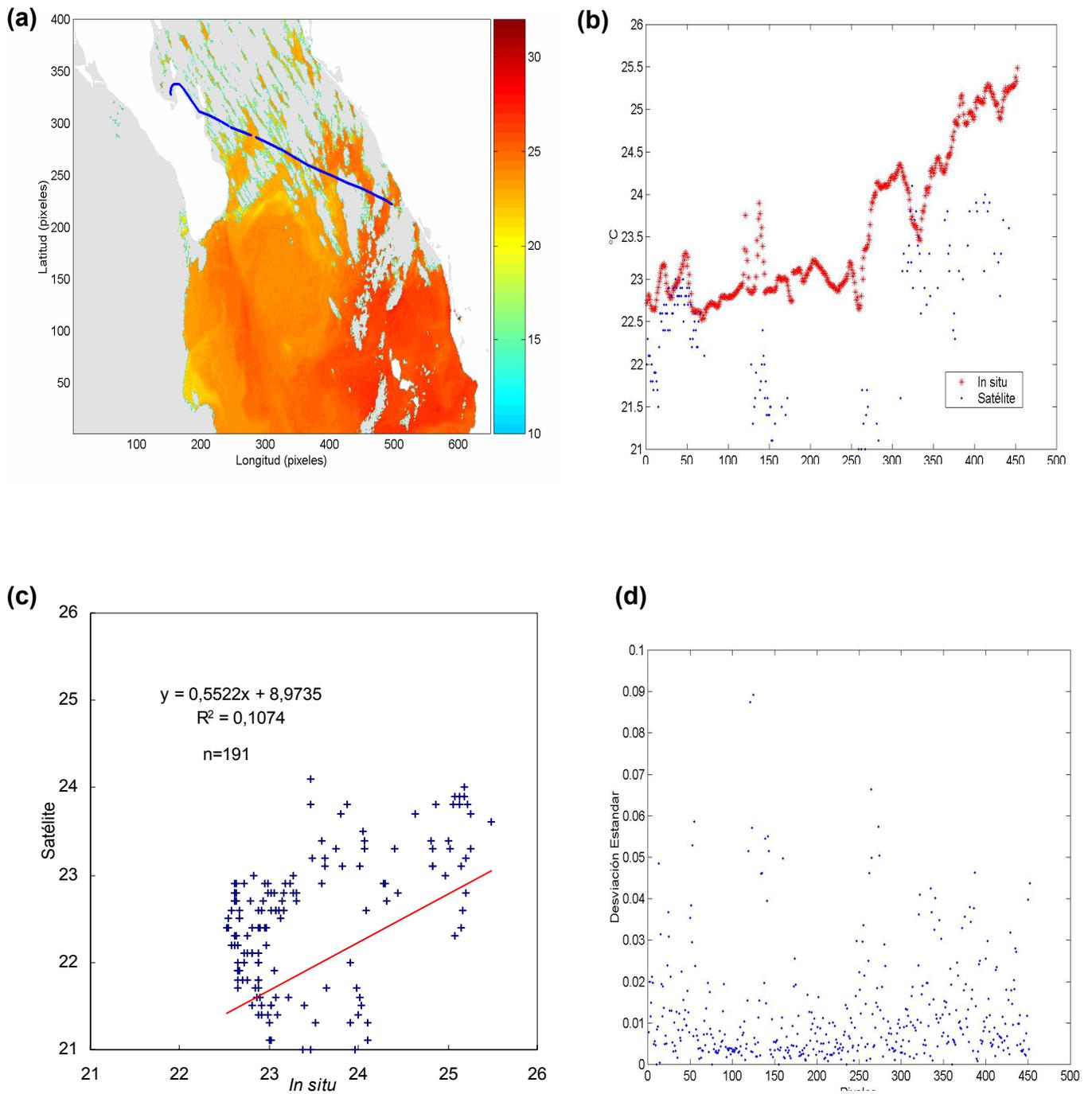


Figura 25.- Muestreo 7 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

Muestreo 8 (Mayo 9-10, 2002).

Para la comparación de datos *in-situ* con los satelitales en la ruta La Paz-Mazatlán se utilizó la imagen del 9 de mayo (01:40 GMT del NOAA 15) (Fig. 26a). En la CBC generalmente los valores de la temperatura *in situ* fueron más altos que los satelitales hasta en 1.5 °C, no se observó la misma tendencia en las mediciones. En la zona OBG aunque las observaciones tienen tendencias similares la dispersión en los valores es amplia. El píxel 162 es donde coinciden en el tiempo ambos métodos de medición y su valor es de 25°C ±0.003 (Fig. 26b). La relación total mostró una $r^2 = 0.65$ con $n = 469$ (Fig. 26c). La desviación estándar presentó una mediana de 0.01 °C con valores más altos hacia las costas, aunque se notas algunos incrementos en la zona OBG (Fig. 26d).

En la ruta Mazatlán-La Paz se utilizó la imagen del 10 de Mayo (12:31 GMT del NOAA 14) (Fig. 27a). La comparación de las imágenes del día 9 y 10 de Mayo muestra diferencias de hasta 1 °C, que también se observaron en los muestreos en el barco. Debido a problemas técnicos en los registros continuos sólo se presenta la comparación en la CCS. En esta zona las temperaturas *in situ* fueron mayores que las satelitales, aunque de manera general, ambas mediciones presentaron la misma tendencia (Fig. 27b). El coeficiente de determinación con 95% de confianza fue $r^2 = 0.69$ con $n = 149$ (Fig. 27c). La desviación estándar tuvo una mediana similar al del recorrido La Paz-Mazatlán (Fig. 27d). La imagen presento problemas de origen, los datos tiene la geo-referencia correcta, aunque el contorno de la costa se vea en desfase.

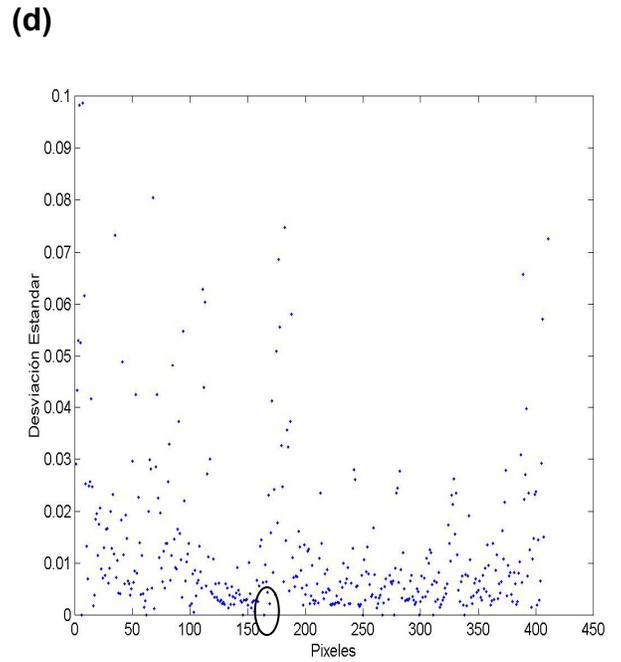
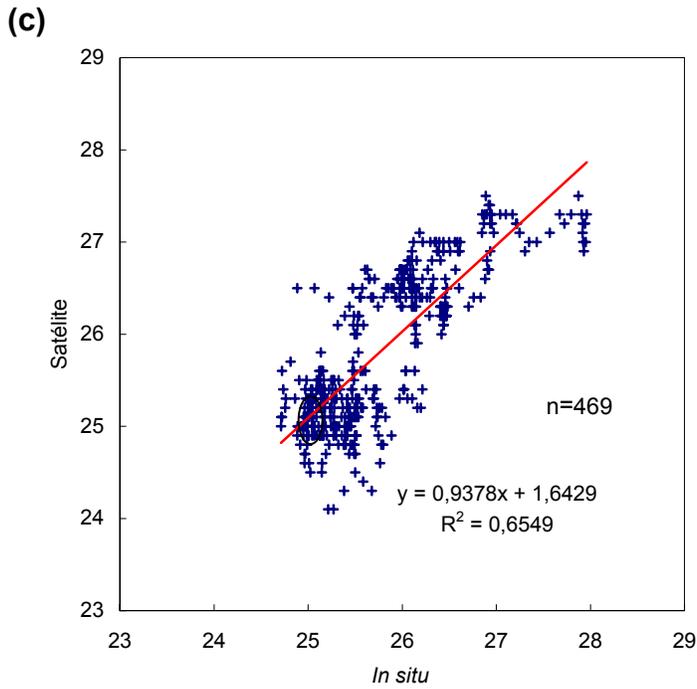
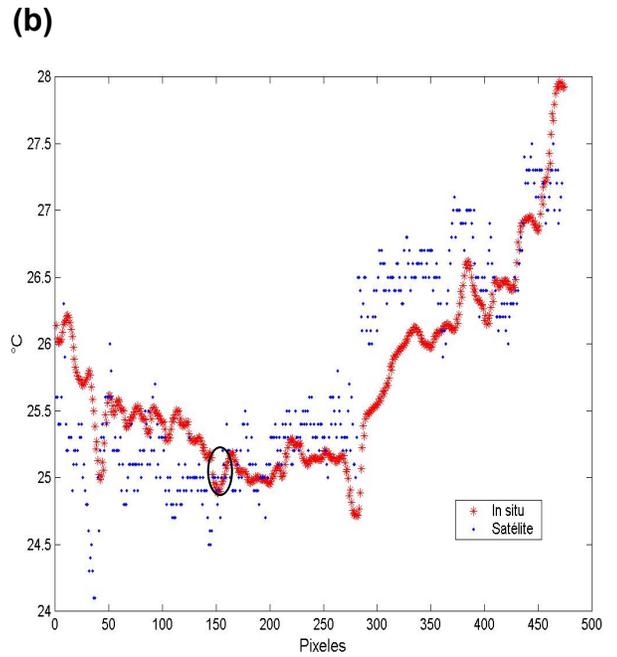
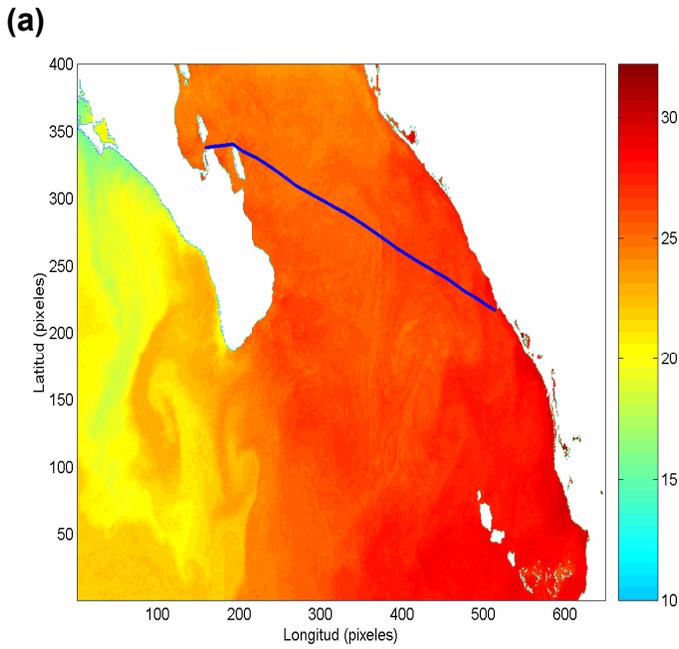


Figura 26.- Muestreo 8 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

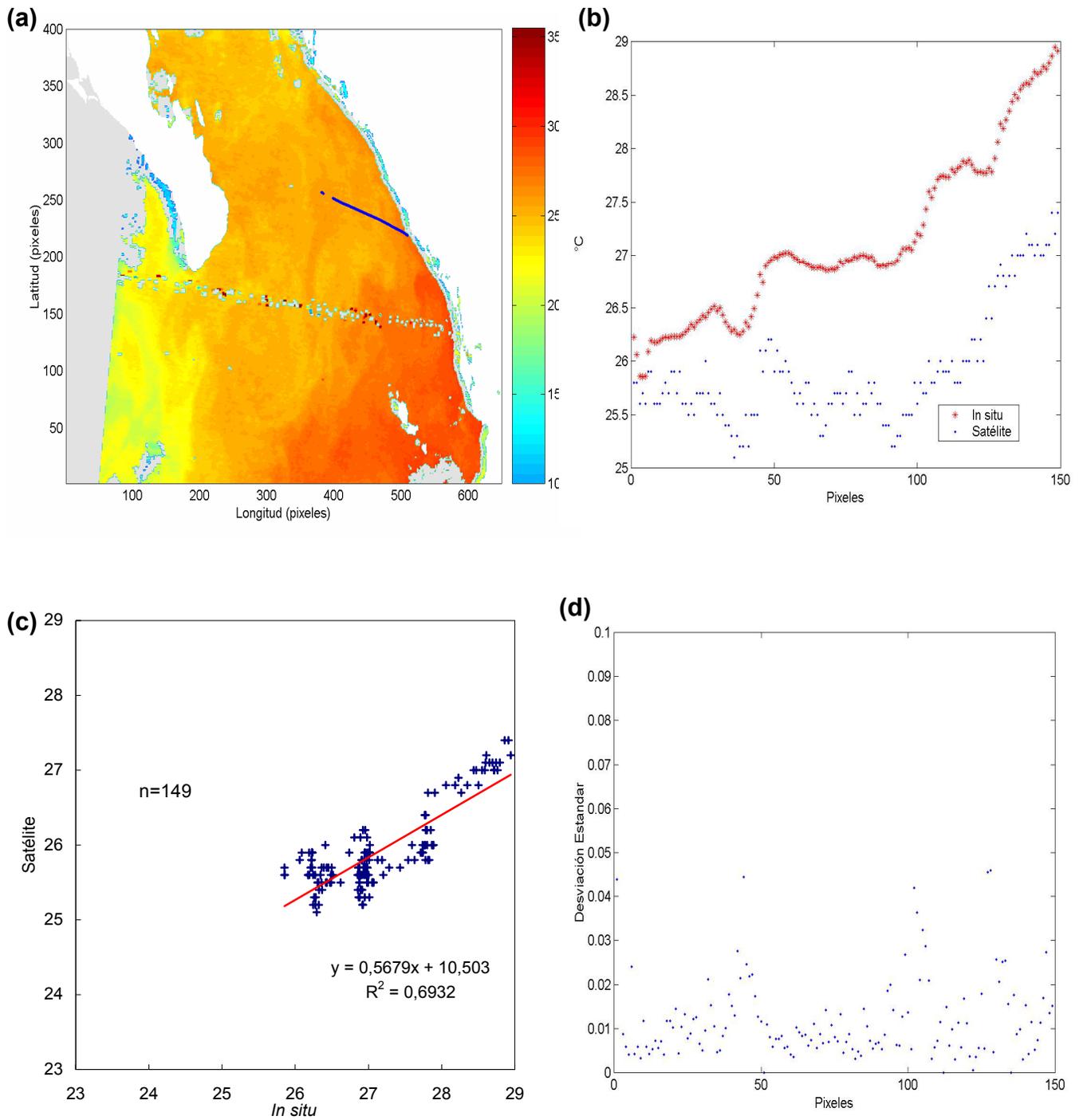


Figura 27.- Muestreo 8 (Mazatlán-La Paz): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

Muestreo 9 (Mayo 28-29, 2002).

En este muestreo se compararon ambos transectos con la imagen del 28 de mayo (23:38 GMT del NOAA 12) (Fig.28a). En la CBC los valores registrados en el barco son superiores a los satelitales, la máxima diferencia se registró en la zona del puerto con 3.5 °C, esto posiblemente debido a la nubosidad de la zona. Hacia el océano la comparación entre las mediciones mejoró, aunque en la primera mitad de la zona OBG las diferencias volvieron a incrementarse y en la segunda mitad los valores satelitales estuvieron aproximadamente 1 °C por arriba de los del campo. Este patrón se mantuvo en toda la CCS (Fig. 28b), el píxel donde coinciden el tiempo de registro de temperatura es el 67 (26.2 °C ±0.003) (Fig. 29a, b y c). El análisis de los datos mostró un coeficiente de determinación bajo aunque significativo al 95% ($r^2 = 0.43$ con $n = 363$) (Fig. 28c). La desviación estándar fue menor 0.01 °C y aumento en ciertas zonas, especialmente en las costas (Fig. 28d).

El recorrido Mazatlán-La Paz de manera general presentó el mismo comportamiento debido a las nubes (Fig. 29a y 29b). El coeficiente de determinación se incrementó ligeramente, aunque se observa el mismo patrón ($r^2 = 0.51$ con $n = 373$) (Fig. 29c). La desviación estándar tiene una media por debajo de 0.01 °C con aumento en las costas y centro de la zona OBG (Fig. 29d).

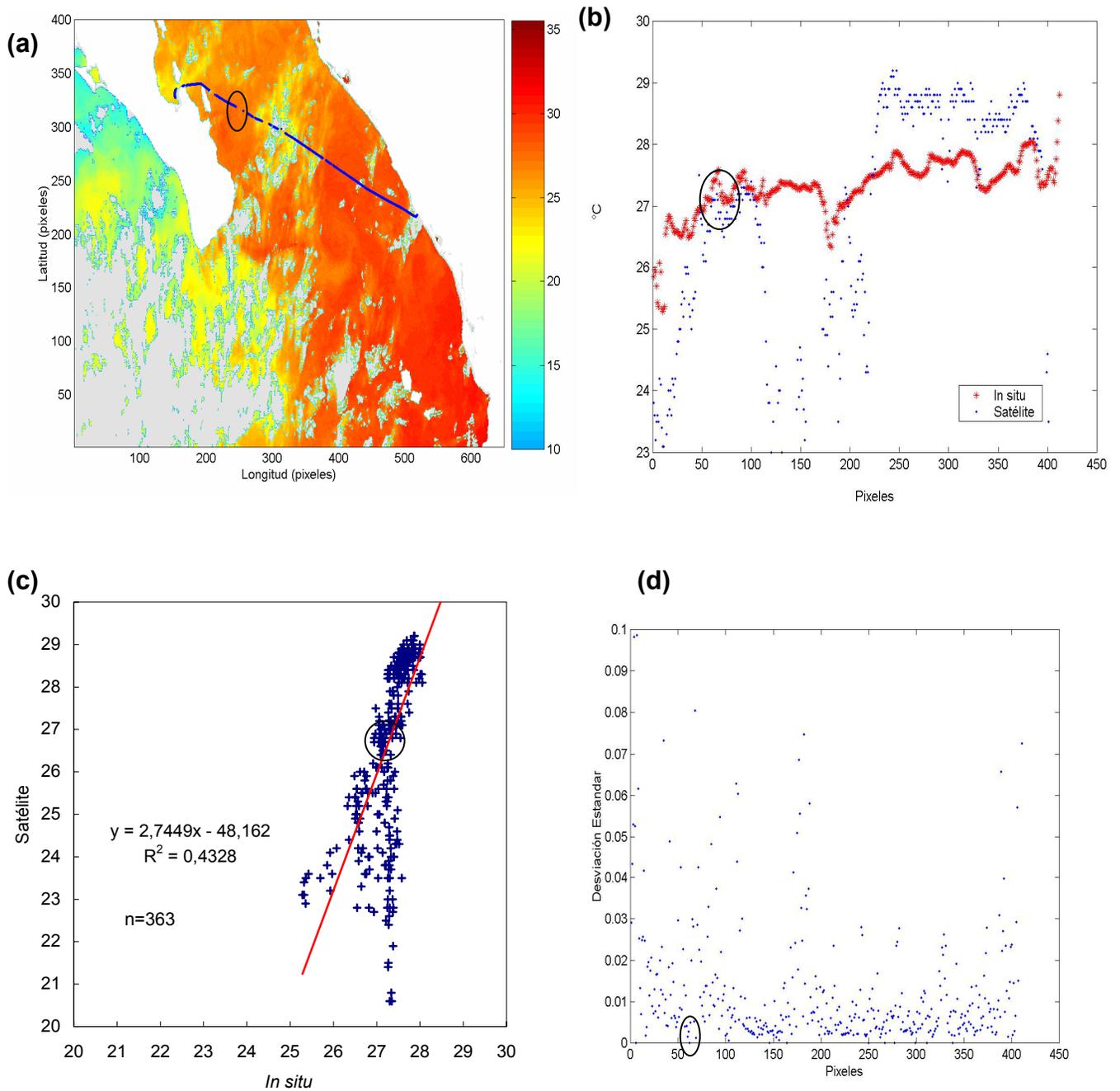


Figura 29.- Muestreo 9 (La Paz- Mazatlán): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélites a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

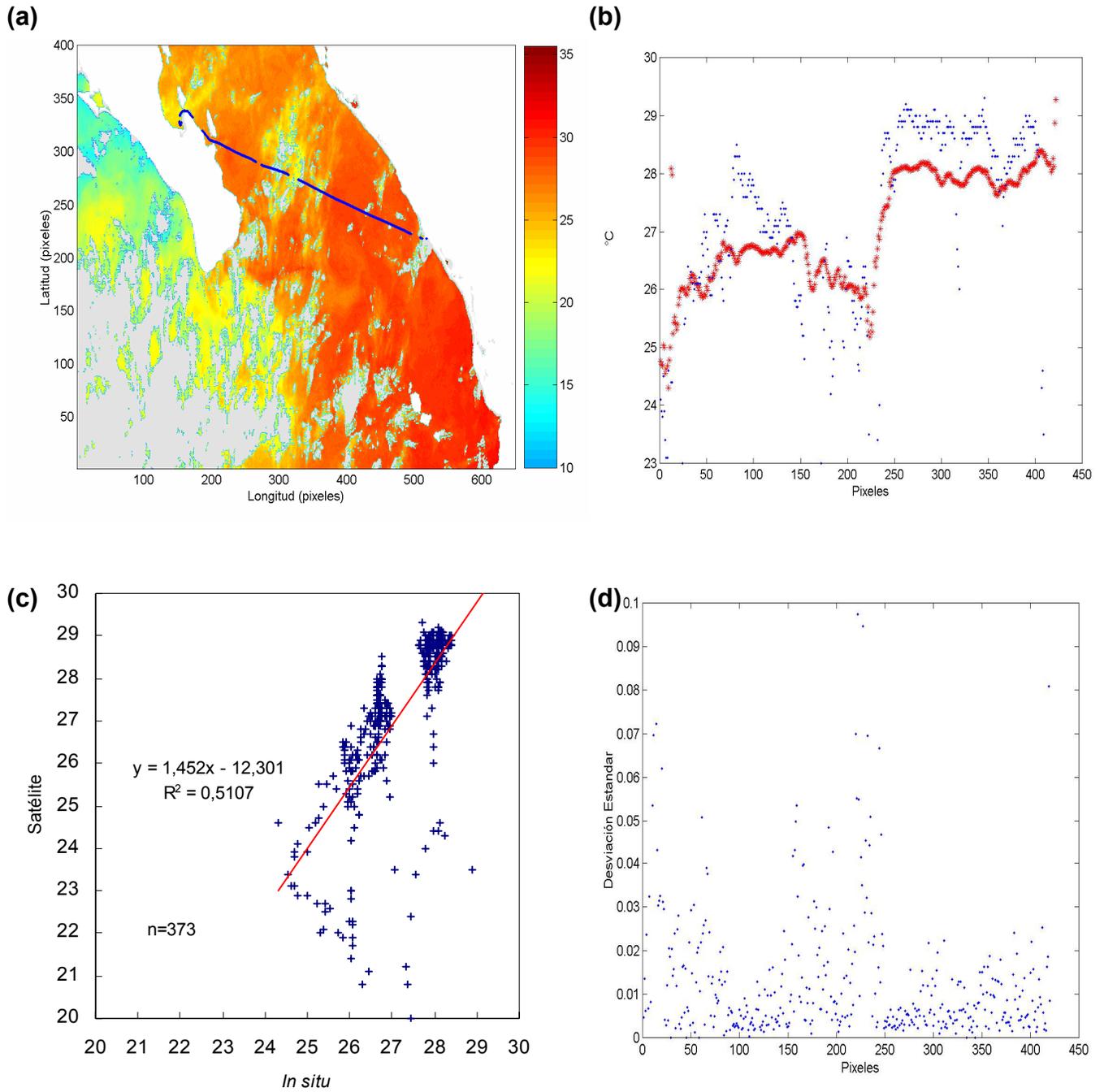


Figura 29.-. Muestreo 9 (Mazatlán-La Paz): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

Muestreo 10 (Junio 13-14, 2002)

Este muestreo se comparó con la imagen del día 14 de junio (23:30 hrs. GMT del NOAA 15) (Fig. 30a, 31a). En la ruta La Paz-Mazatlán los valores en la CBC presentaron la misma tendencia en ambos tipos de mediciones, los valores en los primeros píxeles son $22^{\circ}\text{C} \pm .05$ e incluyen datos en la Bahía de la Paz, en esta imagen se puede observar el incremento TSM en los dos métodos. En la primera parte de la zona OBG la comparación mejoró, aunque hacia la segunda parte y el inicio de la CCS, se presentaron inconsistencias entre las mediciones (Fig. 30b). El coeficiente de determinación fue alto y significativo con 95% de confianza ($r^2 = 0.75$ con $n = 320$) (Fig. 30c). Las desviaciones estándar estuvieron por debajo de 0.02°C con valores hasta de 0.084°C cerca del puerto de Pichilingue (Fig. 30d).

En la ruta Mazatlán-La Paz las temperaturas de ambos sistemas mostraron mayor consistencia, el píxel donde coinciden los dos métodos es 346 con $26.1^{\circ}\text{C} \pm 0.002$ (Fig. 30b). Las condiciones climáticas nos permitieron conseguir una buena imagen lo que se tradujo en un alto y significativo coeficiente de determinación ($r^2 = 0.81$ con $n = 434$) (Fig. 31c). Para las desviaciones estándar los valores promedio *in situ* tuvieron una media menor de 0.01°C y solo presentaron valores superiores a esta cifra cuando se observaron cambios de temperatura dentro del mismo píxel (Fig. 31d). Esta imagen nos permite ver estructuras, presumiblemente un giro ciclónico con temperaturas en su interior de 26°C y borde de 27°C (cuadro) y un filamento de agua de 24°C en la OCB (flecha) (Fig. 31a y b).

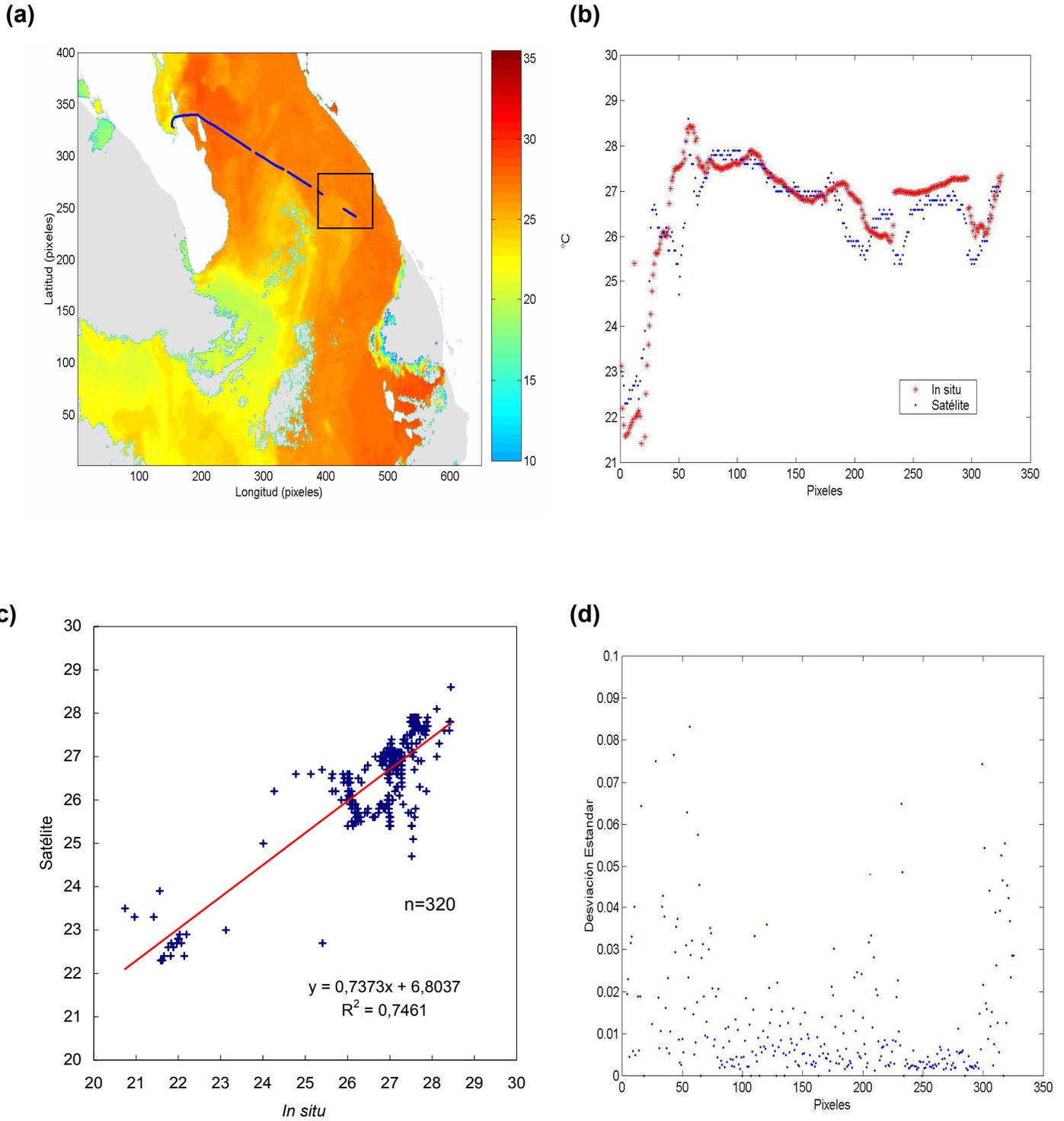


Figura 30.- Muestreo 10 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

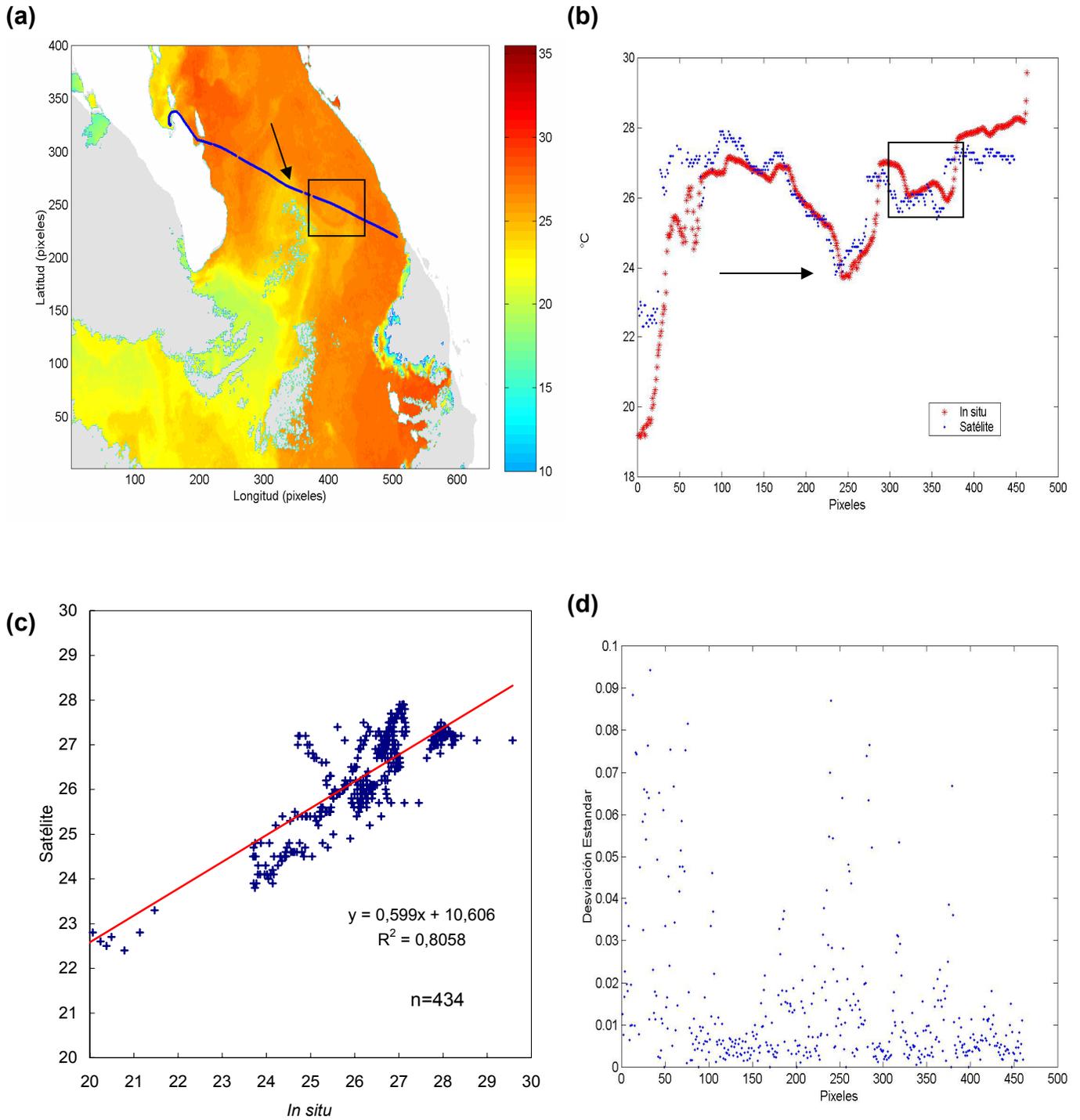


Figura 31.- Muestreo 10 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

Muestreo 11 (Junio 25-26, 2002)

La Paz-Mazatlán fue comparado con la imagen del 25 de junio (01:47 hrs. GMT del NOAA 15). En la CBC aunque hay una tendencia aceptable entre las mediciones *in situ* y satelitales, la alta variabilidad natural dificulta la comparación dato a dato y se observan diferencias. En la zona OBG generalmente las mediciones satelitales estuvieron por arriba de las medidas en campo, sin embargo, se mantuvo la tendencia entre ambas. El patrón coincide y se observan dos estructuras de menor temperatura en el píxel 109 y 205 con valores de 26.3 y 26.4°C y entre estos unos temperatura de 27.5°C en los datos *in situ* y un grado mas en los valores de temperatura de la imagen (fechas Fig. 32a 32b). El píxel 320 es donde coincide el tiempo de los dos registros con un valor de 28.2°C \pm 0.001 en ambas mediciones (circulo Fig. 33 b, c y d). El coeficiente de determinación $r^2 = 0.75$ con $n = 327$ (Fig. 32c). Las desviaciones estándar en su mayoría estuvieron por debajo de 0.01 °C y se incrementaron hacia las costas de Baja California (Fig. 32d).

El recorrido Mazatlán-La Paz se comparo con la imagen del 26 de junio (01:24 hrs. GMT del NOAA 15). En la CBC los datos la temperatura es de 23°C (frías). En el recorrido hay un desfase en las mediciones, el píxel 147 donde coincide con el registro *in situ* 27.5°C \pm 0.002 (Fig. 33b). El coeficiente de determinación ($r^2 = 0.74$ con $n = 378$) (Fig. 33c) y las desviaciones estándar de los valores promedio *in situ* de temperatura fueron similares al muestreo anterior (Fig. 33d). El comportamiento de los registros de temperatura en ambos recorridos del muestreo 11 son muy similares observando las misma estructuras de cambios de temperatura de hasta 1°C indicándonos posibles estructuras de meso escala como giros y su desplazamiento en 24 horas.

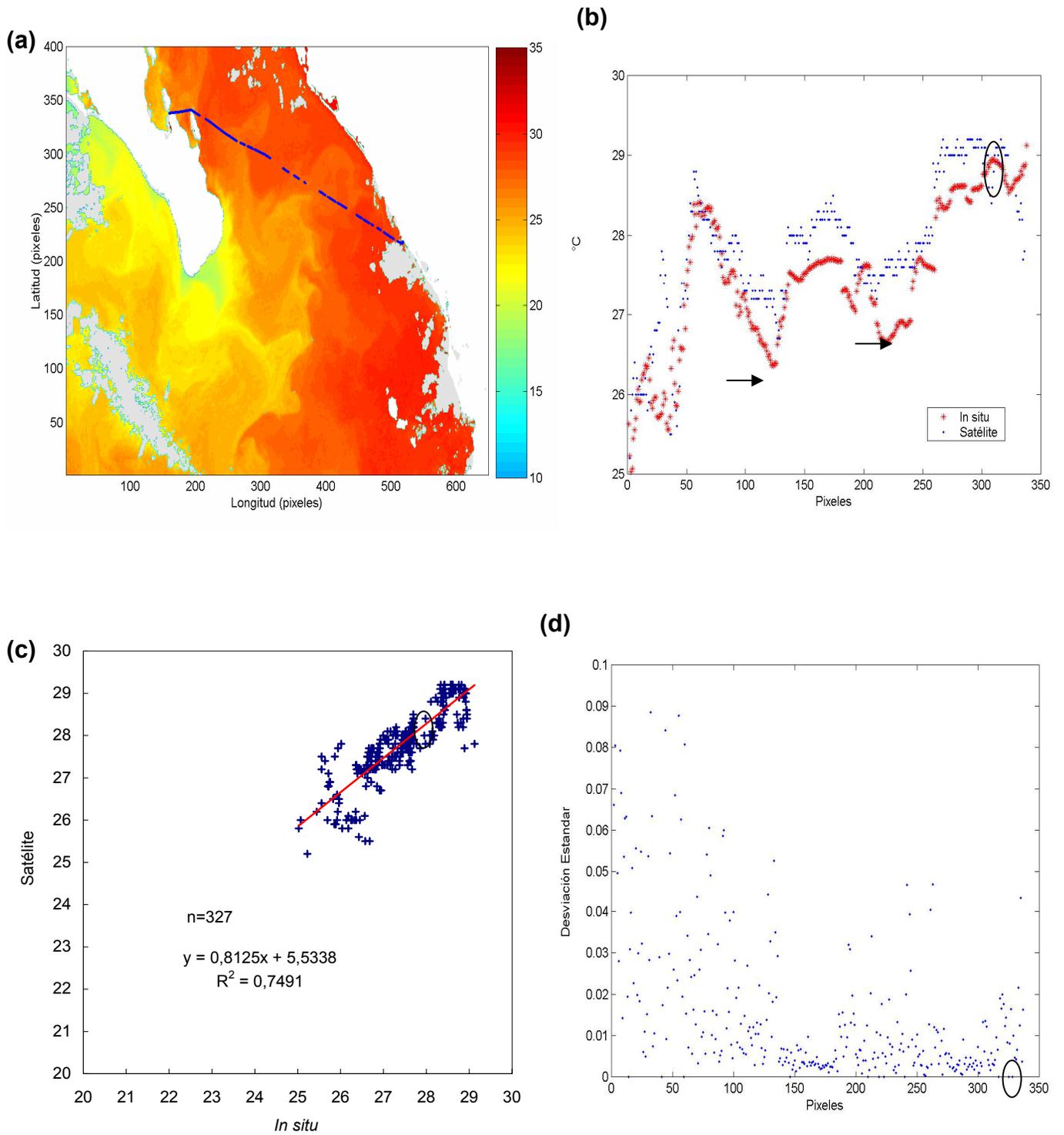


Figura 31.- Muestreo 11 (La Paz-Mazatlán): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite. a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

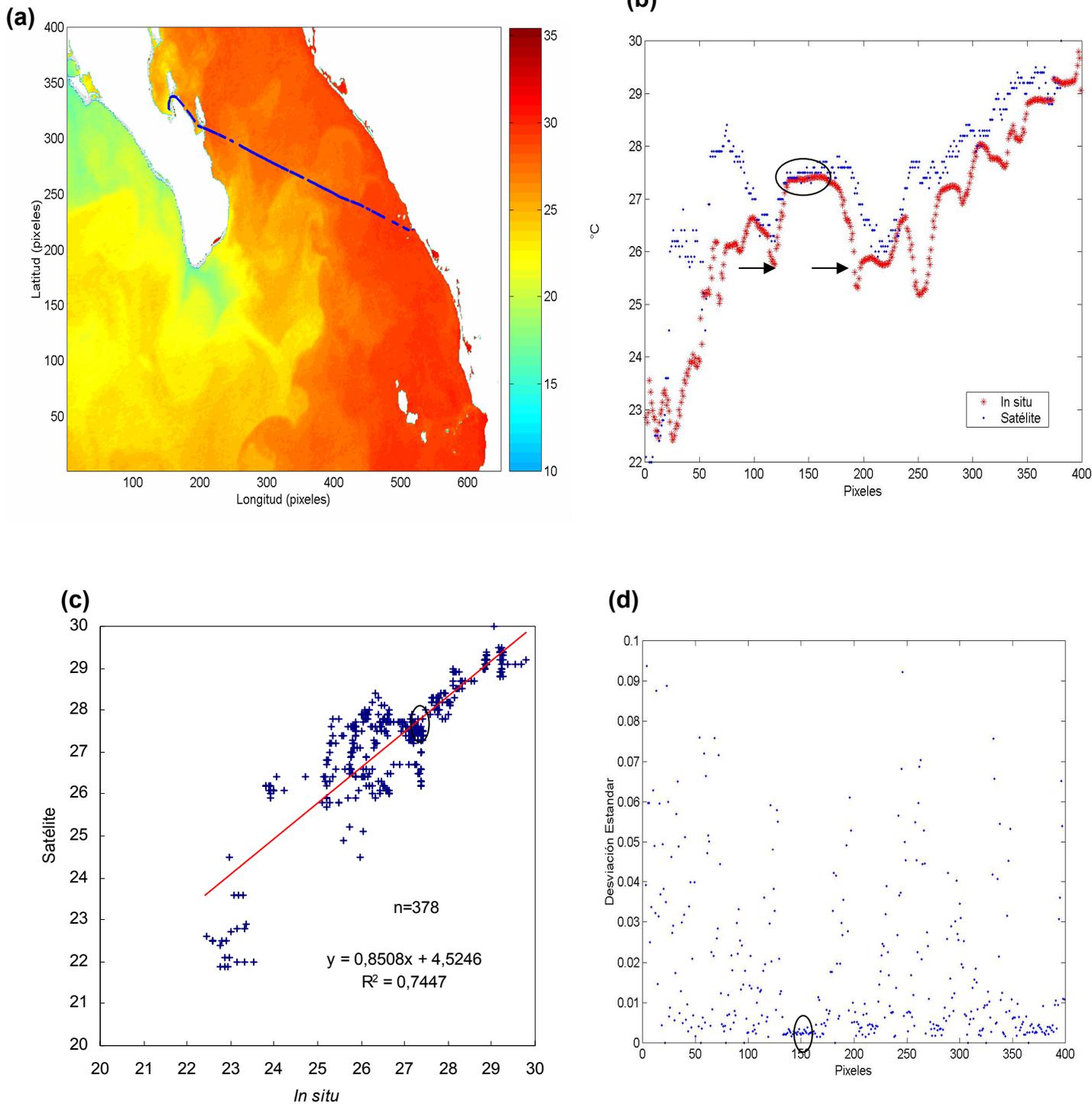


Figura 33.- Muestreo 11 (Mazatlán- La Paz): comparación de datos de temperatura *in situ* vs. satélite. a) imagen, b) comparación de datos, c) dispersión, d) desviación estándar.

VIII. DISCUSIÓN

En el contexto de la información obtenida, tanto *in situ* como satelital, la discusión de los resultados se presentará de acuerdo a la época del muestreo y como ésta influye de manera particular en cada una de las zonas en las que se dividió el área de estudio. También se presenta la discusión relacionada con el uso de los sistemas de monitoreo, la calidad de la información obtenida y algunas experiencias en el uso de sistemas de monitoreo continuo a bordo de embarcaciones.

8.1 Variación estacional

Por la época en la que se llevaron a cabo los muestreos, octubre del 2001, febrero, marzo, abril, mayo y junio del 2002, se puede decir que los datos representan de manera general las condiciones de invierno y primavera. La temperatura superficial promedio presentó el patrón típico estacional para la zona, aguas frías en febrero (21.2°C) y calentamiento gradual hasta los máximos en verano (Castro *et al.*, 2000; Soto-Mardones *et al.*, 2001) el mes de octubre puede representar la época cálida (verano). En promedio la temperatura presentó un intervalo de variación de 10 °C, el cual es considerado un cambio típico de la zona sur de la península (Bernal *et al.*, 2001) y en particular de la boca del golfo con calentamiento lento que abarca de febrero a septiembre y un enfriamiento en menos meses (Castro *et al.*, 1994).

Las imágenes de satélite aunque cubren solo abril a junio también se observa el aumento de temperaturas superficiales entre los muestreos, apoyándose con las correlaciones significativas entre datos *in situ* y satelitales.

La salinidad superficial presentó una variación de 34.7 a 35.6 ups. Las mayores salinidades se localizaron en las costas de Baja California, especialmente en la zona costera del puerto. Aunque a nivel de la boca del golfo no se observó un patrón

estacional en la salinidad claro (Castro *et al* 2000 y Bernal *et al* 2001), como en el caso de la temperatura, las aguas superficiales más saladas $S > 35.0$ se observan para febrero y marzo en CBC y la salinidad de 34.9 a 35.1 para mayo y junio, los extremos en la salinidad pueden representar AGC y ASE en la CBC y en CCS respectivamente, aunque Castro *et al* (2000) indica que para la zona se debe tener cuidado al aplicar la técnica tradicional de análisis de masas de agua por la yuxtaposición de las aguas, por lo que estas variaciones de salinidad están más relacionadas a procesos de gran escala como la advección de aguas ecuatoriales, aguas del subártico, y del Golfo de California; así como de procesos de mediana escala, como los de mezcla con aguas cercanas a la costa y aguas subsuperficiales procedentes de las surgencias (Mann y Lazier, 1996) .

La concentración de clorofila superficial, aunque no observamos un patrón estacional, se presentan diferencias entre el periodo de estudio. Las concentraciones de Cla en los meses de febrero, marzo y abril presentaron concentraciones hasta de 0.4 a 1.2 mg m⁻³. González *et al* (2002) reportan condiciones de oligotrofia en aguas subtropicales con concentraciones 0.2 a 1.5 mg m⁻³ , los menores valores para ellos coincidieron con giros subtropicales y en los meses cálidos (abril, mayo). Coincidiendo con nuestros registros donde los valores de abril a junio se observaron promedios bajos para las tres zonas, para el mes de febrero con los máximos cerca de la costa donde se favorece la presencia de surgencias (Hidalgo-González y Álvarez-Borrego 2001), mientras que el resto de los meses se caracterizaron por presentar valores relativamente menores y con poca variación entre los recorridos.

El MPS se comporto muy similar a la clorofila a, la máxima concentración fue de 5.86 g m⁻³ en octubre muestreo (más próximo a la época de lluvias) y para los meses de febrero y marzo las concentraciones promedio fueron de 0.32 a 0.85 gm⁻³. En Abril y el primer muestreo de Mayo los valores promedio aumentaron (0.76 y 1.2 g m⁻³) con máximos de 3.07 g m⁻³ y los restantes tuvieron promedios menores de 0.4 g m⁻³. Las mayores concentraciones también se registraron cerca de la costa, esta distribución se relaciona con los cambios en las condiciones ambientales (Varela *et al.*1992) presentado una mayor cantidad de MPS cerca de las costas. Los muestreos se efectuaron en época de secas y la cuenca de drenaje de Mazatlán no esta afectada por la descarga de los principales ríos del estado.

8.2 Variación Regional

Como se mencionó en materiales y métodos, el área de estudio se dividió en tres zonas. La Costa de Baja California (CBC), la zona Oceánica de la Boca del Golfo (OBG) y la Costa Continental de Sinaloa (CCS). La idea de esta división fue mostrar las características de las aguas costeras tanto de Baja California como de Sinaloa y en una mayor cobertura los cambios que se dan en la zona oceánica.

Las mayores temperaturas están en la CCS y las menores en la CBC, en la OBG se observo para todos los casos la transición de manera gradual o drástica en poca distancia (frentes) (Fig. 10a-20a). El encuentro de dos tipos de agua forma gradientes térmicos horizontales muy marcados, indicativo de frentes oceánicos principalmente en la entrada del golfo, su posición generalmente es frente a la costa peninsular, su profundidad varia de 0 a 200 m (<biblio>).

Excepto en el mes de marzo, en el resto de los meses el recorrido de La Paz-Mazatlán presentó una menor temperatura que en la ruta Mazatlán-La Paz, esto

posiblemente como resultado del desfase en tiempo de toma de datos que en Mazatlán es de 6 hrs. (llegada a las 9 y salida a las 15:00) con el respectivo aumento de temperatura del agua por radiación solar y de manera inversa se da el enfriamiento en la Paz al registraste la mayoría de los datos en la zona CBC durante el enfriamiento sufrido por la pérdida de calor durante la noche. Los valores de salinidad menores estuvieron presentes en la CBC y mayores en CSC de manera inversa a los registros de temperatura. Esta variabilidad puede explicarse con los cambios en la circulación atmosférica, considerando también el cambio del patrón de viento local, así como las influencias directas costeras pueden ser la fuente de los cambios hidrográficos.

Las imágenes de satélite nos mostraron también el patrón de temperaturas superficiales en los meses de abril-junio coincidiendo en las temperaturas más elevadas del lado oriental 'CCS', ayudándonos visualizar estructuras en la boca del golfo definidas por cambios de estas variables (giros ciclónicos) fenómenos de mesoescala (Trasvina *et al*, 2002)

Para la salinidad la única generalización observada en la capa superior es la tendencia a valores mayores sobre el lado oeste CBC $S > 34.9$, coincidiendo con la reportada por otros autores (Torres-Orozco 1993; Castro *et al.*, 2000), incluso sirve de referencia para definir junto con la temperatura un patrón de flujo ciclónico en la entrada del golfo, para invierno (Beier, 1997), de acuerdo con Castro *et al* (2000) la simetría de los campos de salinidad y temperatura a través de la entrada del golfo refleja las condiciones necesarias que se requieren para los balances de sal y de calor en el golfo.

Los valores de clorofila *a* están más relacionados a condiciones muy locales de aporte de nutrientes, salinidad y condiciones propicias de temperatura. El aumento de clorofila como resultado de aporte de nutrientes por descargas fluviales costeras es más consistente a diferencia de los pocos eventos a lo largo de los recorridos y sobre todo en OGB donde se presentan condiciones de aguas oligotróficas.

Para MPS los valores mayores están cercanos a los puertos, y sus concentraciones están influenciadas claramente por condiciones de la zona costera. Solo se observan pocos eventos donde las concentraciones a lo largo del recorrido son altas, de manera general el comportamiento de esta variable es más constante.

Relación entre variables:

En todos los muestreos se presentó una relación clara entre la temperatura y la salinidad, a lo largo de los muestreos se observó incremento en temperatura que coincidían con disminuciones de salinidad, entendiéndose como una correlación inversa observando valores negativos en el coeficiente de correlación, y los valores máximos de R^2 para el muestreo 3 de 0.5699 (N= 19858), aunque no hay una relación física directa están involucrados fenómenos oceanográficos tales como frentes y giros (Anexo 6)(Molina-Cruz, 1984; Castro *et al* 2000). Para esta zona se han descrito tres tipos de agua presentes (Torres-Orozco, 1993), con los muestreos podemos definir que encontramos agua más cálidas y menos saladas cercanas a la de Sinaloa (CSC) que podrían caracterizarse como aguas subecuatoriales superficiales (sal. <35 y Temp.>18) y aguas más saladas y más frías pegadas a la costa peninsular (CBC). La presencia de esto es evidente en los muestreos 2, 3, 4 y 5 donde se observa un cambio drástico en ambas variables, posible frente cercano a en CBC (Molina-Cruz, 1984).

Para la clorofila y MPS a lo largo de los recorridos se observa el mismo comportamiento sin grandes cambios a excepción en algunos muestreos donde hay coincidencia de picos en MPS y clorofila a (muestreo 3, Lon -109.5). Los coeficientes de R^2 y de correlación son en su mayoría positivos indicando una relación directa en ambas variables (valor significativo por la N). La variabilidad de estos parámetros es de corto período y a condiciones más locales así como la influencia de las variables hidrográficas (Temp. y Sal). En nuestros datos predomina la condición de la áreas oceánicas oligotróficas donde el mayor porcentaje de aporte de MSP es de origen orgánico se reutiliza, y que en zonas cercanas a la costa la calidad del material depende en gran medida del aporte terrígeno y de los procesos de mezcla y advección de las aguas.

8.3 Evaluación de la información

En esta sección se analizan las experiencias del proyecto y se discuten las ventajas y desventajas que se tienen al instalar un sistema de monitoreo continuo de variables oceanográficas utilizando una embarcación comercial tipo transbordador.

Problemas Logísticos: Uno de los aspectos importantes a resaltar es la logística del proyecto. Si bien las autoridades responsables de los transbordadores dieron un espacio y todas las facilidades necesarias para la instalación y operación del equipo, el lugar de instalación y la toma de las muestras no fue el más apropiado. En general, el lugar destinado fue un área de operación mecánica, en la que se maneja herramientas, aceites, grasas, combustibles, etc., que limitan la implementación de técnicas analíticas. Otro aspecto es la temperatura y el ruido en el área, que son generalmente muy altas. La obtención de las muestras también representó un

problema, ya que aunque se estuvieron monitoreando los flujos de entrada y salida de agua del sistema, en general, se requería un poco más de presión de agua y un flujo constante durante los recorridos, lo anterior no fue posible debido a que la salida del agua se realizó a una sentina, que al llenarse detonaba una alarma en el barco y por consiguiente el bombeo de los desechos de la sentina al exterior, lo cual provocaba molestia para los operadores del sistema. Otro aspecto a considerar es la logística del muestreo. En este aspecto debe considerarse que para operar el equipo, darle mantenimiento, coleccionar muestras para calibración durante el recorrido, son necesarias dos personas. Aunque el trabajo es relativamente fácil y de carácter rutinario, se requiere de personal técnico calificado lo cual en general encarece el muestreo.

Sistema de Medición: El Termosalinometro (SeaBird 21) fue calibrado en la compañía al inicio del estudio y a partir del segundo muestreo se tomaron muestras discretas para la calibración del sensor de salinidad. En general, los datos de temperatura tuvieron menos variación que los de salinidad, a pesar de utilizar en ambos parámetros, filtros estadísticos de altas y bajas frecuencias. A partir del muestreo 7 se empezaron a registrar problemas en el sensor de salinidad. De acuerdo con el fabricante los electrodos de conductividad se pueden ensuciar y provocar malfuncionamiento. Cuando esto ocurría se desconectaba el equipo y se lavaba con agua dulce, aunque el problema se fue haciendo más frecuente, y en el muestreo 9 dejó de funcionar. En el muestreo 10 y 11 se observó una disminución en la sensibilidad de las lecturas. El fluorímetro (WetLab) mostró en la mayoría de los muestreos baja sensibilidad y mal funcionamiento. Aunque se hicieron las calibraciones correspondientes, la interpretación de la señal requiere de más trabajo

de investigación. El transmisómetro (WetLab) al igual que el equipo anterior presentó poca sensibilidad, aunado a los problemas provocados por las burbujas que se producían en el interior del sistema, a veces por turbulencia y otras por la diferencia de temperaturas. Los equipos de monitoreo continuo que utilizamos requieren del conocimiento previo tanto de sus fundamentos de funcionamiento como los de operación.

Información: La información obtenida bajo las condiciones de trabajo antes mencionadas y con el sistema de monitoreo utilizado las validamos: Por medio del trabajo de estandarización con las técnicas de laboratorio y por la interpretación de los resultados aunados con imágenes de satélite. En el primer punto se llevó a cabo un plan de calibración tomando muestras en cada recorrido, cada 2 horas o aproximadamente cada 54 Km. (dependiendo la velocidad del barco), que en promedio suman 16-18 muestras por muestreo. Estas se compararon con datos puntuales tomados cada 6 segundos o aproximadamente 45 m, considerando el retraso de la toma del agua y el registro en el equipo. Los resultados de las diferentes calibraciones, aunque no fueron del todo excelentes, si presentaron un grado de confianza aceptable para su validación. En el caso del fluorímetro y transmisómetro se recomienda tomar un número mayor de muestras por transecto. La aplicación inmediata de esta metodología se puede hacer en la validación de imágenes de satélite, especialmente las de temperatura y color del océano. Como se pudo constatar en la sección de resultados, las relaciones de temperatura medida *in situ* y la estimada a partir de la información satelital, presentaron una relación significativa y en muchos de los casos el coeficiente de determinación fue alto, especialmente en aquellos casos en los que el recorrido y la imagen coincidieron en

fecha y la nubosidad fue baja, haciendo posible reconocer estructuras y identificar las tendencias espaciales y temporales de la zona en mesoescala.

IX. CONCLUSIONES

- Hay cambios espaciales y temporales de las variables en los muestreos y se observa una fluctuación gradual al comparar los diferentes muestreos, todos los parámetros exhibieron patrones estacionales de variación relacionado con las condiciones climáticas. El período de muestreo se agrupo en 3 zonas y en 3 estaciones:

Zona 1.- Costera de Baja California, aguas de mayor salinidad y menor temperatura, con altas concentraciones de Cl_a y MPS.

Zona 2.- Oceánica de Boca del Golfo, aguas con características oceánicas con la dominancia aguas con características similares al Agua Superficial Ecuatorial, en el muestreo de octubre con temperaturas mayores a 25°C y salinidad entre 34.6 y 34.9 ups. y para los muestreos de Febrero a Junio con temperatura entre 22 °C y 25 °C y salinidades mayores a 34.9 ups características de agua del Golfo de California. Para los valores de clorofila a y MPS se observan características oligotróficas, típicas de condiciones de mar abierto, con la presencia de puntos muy localizados de altas concentraciones.

Zona 3:- Costera Continental de Sinaloa, aguas más cálidas y menos saladas con mayor influencia de Agua Superficial Ecuatorial. Con altas concentraciones de MSP y clorofila a en los meses de Febrero y Marzo.

- La división por estaciones
 - a.- Caliente Octubre 2001 (verano) temperatura mayores a 26.79 °C.
 - b.- Fría febrero –marzo 2002 (invierno) temperaturas de 19.12 a 24.27 °C
 - c.- Transición de abril a Junio 2002 (primavera). De 21.24 a 29.63 °C

Las AGC dominan los meses fríos y el calentamiento se da por la intrusión de ASE. Tendencia fácilmente identificable por tipo de muestreos. Es notable la influencia locales de la costa, del lado continental por condiciones de humedad y del lado peninsular la mayor evaporación por vientos que genera concentración de sales y el casi nulo aporte fluvial.
- Con las correlaciones realizadas entre los parámetros medidos *in situ* concluimos que la temperatura y la salinidad se comportan de manera inversa en los muestreos y entre la clorofila a y MPS la relación es directa, aunque permaneces casi constantes, se presentaron eventos donde coinciden en altas concentraciones. Debido al tamaño de muestra todos las r^2 y correlaciones son significativas por el tamaño de muestra y sus valores puede estar influenciada por la variación horizontal.
- Los mapas de TSM muestran evidente variación la cual puede asociarse a procesos meteorológicos y oceanográficos, tales como las surgencias. La resolución espacial de 1.1km de los AVHRR-NOAA fue satisfactoria para este tipo de trabajo en latitudes de 23 a 25 °C N. La mayoría de las imágenes de SST fueron buenas, restringiendo en algunos casos por la cobertura de nubes, limitando el uso. Por ello es importante el uso de datos suplementarios (meteorológicos o hidrográficos) mas en muestreo *in situ* dar soporte y validez

en la interpretación de imágenes de satélite. Las imágenes de TSM del Golfo de California han probado ser adecuado para generar series de tiempo al describir la variabilidad interanual. Las series de tiempo de imágenes de satélite es muy consistente; sus ciclos estacionales y la variación espacial se comporta mucho mas acorde con lo que se espera de los fenómenos físicos tales como el movimiento de masas de agua y la presencia de fenómenos de surgencias. Temperaturas frías son un indicador de surgencias. Esto estuvo indicado con la correlación temperatura y fluorescencia, en menores valores del promedio de temperatura están asociados con aumento en los niveles promedio de fluorescencia. Los altos niveles de Cla coinciden con temperaturas menores en todos los casos.

X RECOMENDACIONES

Este tipo de muestreo requiere de las mejores condiciones para operar, ya que la sensibilidad del equipo puede verse afectada con variabilidad en el voltaje o con cambios bruscos en las concentraciones de las variables medidas y requiere de supervisión continua, así como de las calibraciones constantes a lo largo de su funcionamiento. Teniendo controlado todo esto la calidad de datos generada es excelente; ya que permite muy alta resolución espacial y temporal (aprox. 45m y 6seg). En su análisis se debe tomar en cuenta el manejo de gran número de datos y que su variabilidad se analice de manera espacial por su alta resolución es una herramienta muy útil en oceanografía. La aplicación inmediata de esta metodología se puede hacer en la validación de imágenes de satélite, especialmente las de temperatura y color del océano. Aunada a la instalación óptima de los equipos de monitoreo *in situ* se pueden obtener excelentes datos para la validación de imágenes.

La resolución adecuada para describir la variabilidad estacional interanual de la salinidad Cl_a y MPS de la boca del golfo requiere más observaciones.

XI BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Borrego S. y J. R. Lara-Lara. 1991. **The physical environmental and primary productivity of the Gulf of California. In: The Gulf of California and peninsular province of the California.** J. P. Dauphin and B. R. Simoneit, editors. American Association of Petroleum Geologist Memoir 47. pp. 555-567.
- Arias-Arechiga J. P., 1998. **Regionalización del Golfo de California: una propuesta a partir de concentración de pigmentos fotosintéticos (CZCS)** Tesis Lic. UABCS. La Paz, B.C.S. México. p.p. 57.
- Balch W. M. 2000. **Validation of surface bio-optical properties in the Gulf of Maine as a means for improving satellite primary production estimates.** Draft Technical Memo. Year in 10/30/00. NASA. Contract NAS5-97268.
- Banse K., C. P. Falls y L. A. Hobson. 1963. **A gravimetric method for determining suspended matter in sea water using Millipore filters.** Deep –Sea Res. 10:639-642.
- Behrenfeld M. J., Falkowski, P. G., 1997. **A consumer's guide to phytoplankton primary productivity models.** Limnol. Oceanogr. 42, 1479–1491.
- Behrenfeld M. J., Randerson J.T., McClain C.R., Feldman G. C., Los S. O., Tucker C. J., Falkowski P. G., Field., Forvin R., Esais W. E., Kolber D. F., Pollack N. H. 2001. **Biospheric primary production during an ENSO transition.** Science, 291; 2594-2597.
- Beier E., 1997. **A numerical investigation of the annual variability in the Gulf of California.** J. Phys. Ocean., 27: 615-632.
- Bernal G, Ripa P y Herguera J, C. 2001. **Variabilidad oceanográfica y climática en el Bajo Golfo de California: influencia del trópico y pacífico norte.** Ciencias Marinas, 27 (4); 595-617.
- Bray N. A. 1988. **Water mass formation in the Gulf of California.** J. Geophys. Res. 93: 9223-9240.
- Castro R., M. F. Lavín y P. Ripa. 1994. **Seasonal Heat Balance in the Gulf of California.** Journal of Geophysical Research., 99. C2.3249-3261.

- Castro R., A. S. Mascareñas, R. Durazo y C. A. Collins. 2000. **Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California**, México. *Ciencias Marinas* 24 (4): 561-583.
- Cervantes–Duarte R., H. Maske. y E. García-Mendoza. 1996. **Datos planctónicos, ópticos e hidrográficos del Golfo de California y Corriente de California**. Septiembre 1996, Informe Técnico. (UEC248) Div. Océanol. Depto. Ecol. Cicese. pp.1-14.
- Collins, C. A., N. Garfield, A.S. Mascarenhas Jr., M. G. Spearman, and T. A. Rago, 1997. **Ocean currents across the entrance to the Gulf of California**. *J. Geophys. Res.*, **102**: 20927-20936.
- Gallegos A., J. Barberán, S. Czitrom, A. Fernández y R. R. Rodríguez. 1996. **Oceanografía Satelital en el Instituto de ciencias del Mar y Limnología de la UNAM**. *GeoUNAM*, Vol.3 núm. 2 pp.3-8
- Gómez G. y R. Bonifaz. 1996. **Una nueva estación receptora de imágenes en el Instituto de Geografía de UNAM**. *GeoUNAM*. Vol. 3 núm.2. pp. 29-32.
- Hidalgo-González R. M y S. Álvarez-Borrego. 2001. **Chlorophyll profiles and the water column structure in the Gulf of California**. *Ocenologica Acta*. Vol 24. No.1. 19-28.
- Holm-Hansen O., C. J Lorenzen, R. W. Holmes y J. D. Strickland. 1965. **Fluorimetric determination of chlorophyll**. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 30, 3-15.
- Jeffrey S, W y G. F Humphrey. 1975. **New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton**. *Biochem. Physiol. Pflanzen*. 167:191-194.
- Lavín M. F y Godínez S. V. M. 2004 **Datos Hidrográficos del alto golfo de California**, Campaña oceanográfica FU0008. 8 al 11 de Oct del 2000.
- Lavín M. F, E. Beier y A. Badan. 1997. **Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California escala estacional e interanual**. In MF. Lavín Editor. *Contribuciones a la Oceanografía en México*. Monografía No. 3 Unión Geofísica Mexicana. P. 173-183.

- Lluch-Cota S. E. 2000. **Coastal upwelling in the eastern Gulf of California.** Oceanologica Acta. Vol.23 N.6. p. 731-740.
- Mann K. H y J. R. N. Lazier. 1996. **Dynamics of Marine Ecosystems.** Blackweel Science, p.p 162-170.
- Molina-Cruz, A.1984. **Evolución oceanográfica de la Boca del Golfo de California.** An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol Univ. Nal. Autón. México. 95-128 13(2).
- Torres-Orozco, E., 1993 **Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California,** M.S. thesis, 80 pp., Cent, de Invest. Cient. Y Educ. Super, de Ensenada, Ensenada, Baja California, México.
- Paden, C., Abbott, M. R., Winant, C. D., 1991. **Tidal and atmospheric forcing of the upper ocean in the Gulf of California I. Sea surface temperature variability.** J. Geophys. Res, 96. 18337-18359.
- Ripa p. 1997. **Toward a physical explanation of the seasonal dynamic and hydrodynamic of the gulf of California.** J. Phys. Ocean Report 27; 597-614.
- Roden G. I. y G. W. Groves, 1959. **Recent oceanographic investigations in the Gulf of California.** Jour. Mar. Res. 18 (1):10-35.
- Roden G. I y Emilson, 1979. **Physical Oceanography of the Gulf of California.** 4° Simposio científico conmemorativo al 50 aniversario de la autonomía universitaria Mazatlán. Sin. UNAM.
- Rusnak G. A., R. L Fisher, y F. P. Shepard. 1964. **Bathymetry and faults of the Gulf of California: in Marine Geology of the Gulf of California;** Symposium, T. H. Van. Andel y G. G. Shor, Jr. Eds., Mem. Am Assoc. Pet. Geol. 3, p 59-75.
- Santamaría-del-Ángel E, Álvarez-Borrego S y Muller-Karger F.E. 1994a. **The 1982-1984 El Niño in the Gulf of California as seen in coastal zone color scanner imagery.** J. of Geophys. Res., vol.99, No. C4, pp. 7423-7431.
- Santamaría-Del-Ángel, E., Álvarez-Borrego, S., Muller-Karger, F. E. 1994b. **Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery.** J. Geophys. Res. 99, 7411–7421.

- Soto-Mardones L., S. G. Marinote y A. Parés-Sierra. 1999. **Variabilidad espacio-temporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California.** *Ciencia Marinas* 25 (1): 1-30.
- Trasviña, A., E.D. Barton, J. Brown, H.S. Vélez, M. Kosro and R.L. Smith, 1995. **Offshore Wind Forcing in the Gulf of Tehuantepec, Mexico: the asymmetric circulation,** *J. of Geophys. Res.*, 100(C10), 20,649-20,663, 1995.
- Trasviña, E.D. Barton, H.S. Vélez, J. Brown 2002. **Frontal subduction of a cool surface water mass in the Gulf of Tehuantepec, Mexico (eddies within eddies).** Aceptado en *Geofísica Internacional* (Febrero 2002).
- UNESCO. 1981. **The Practical salinity scale 1978 and the international equations on state of sea water 1980.** 10th of the Joint panel on Oceanography tables and standards. UNESCO Tech. Pap. In *Mar. Sci.*, No. 36.
- UNESCO. 1991. **The acquisition, calibration and analysis of CTD data A Report of Scar working group 51.** UNESCO Tech. Pap. In *Mar. Sci.*, No. 51
- Valdez-Holguín, J. E. y Lara-Lara R. 1987. **Primary productivity in the Gulf of California of El Niño 1982-1983 event.** *Ci. Mar.* 13. 34-50.
- Varela, R. A., Cruzado, A., Tintoré, J., García Landona, E., 1992. **Modelling the deep chlorophyll maximum: a coupled physical-biological approach.** *J. Mar. Res.* 50, 441–463.
- Venrick, E., and T. Hayward. 1984. **Determining chlorophyll on the 1984 CALCOFI surveys.** *CALCOFI Rep.*, 25:74-79.
- Zeitzschel, B. 1969. **Primary productivity in the Gulf of California,** *Mar. Biol.*, 3, 201-207, 1969.

11-Oct-01 Día	Salida 1 Latitud	Muestras Longitud	Temp	Registro Salinidad	Fluorescencia	Trasmittancia	Muestras salinidad	ups	Registro en Clorofila	Volumen	mg	CHN	Volumen	mg/L
285.048785	24.3678	109.81682	28.9392	34.2304	0.7148	0.14	-	-	1	770	0.2072			
285.048785	*	*	*	*	*	*	-	-	2	750	0.0948			
285.048785	*	*	*	*	*	*	-	-	3	640	0.0741			
285.23752	23.9833	108.7132	29.1814	34.1412	0.7744	0.17	-	-	4	1120	0.0846			
285.23752	*	*	*	*	*	*	-	-	5	1125	0.1025			
285.23752	*	*	*	*	*	*	-	-	6	1050	0.1323			
285.23752	*	*	*	*	*	*	-	-	7	1135	0.0835			
285.23752	*	*	*	*	*	*	-	-	8	1135	0.0807			
285.23752	*	*	*	*	*	*	-	-	9	1035	0.0687			
285.37866	23.65814	107.8813	29.26	34.27	1.0129	0.8	-	-	10	1040	0.1305			
285.37866	*	*	*	*	*	*	-	-	11	1030	0.1549			
285.37866	*	*	*	*	*	*	-	-	12	1070	0.0387			
285.37866	*	*	*	*	*	*	-	-	13	830	0.2740			
285.37866	*	*	*	*	*	*	-	-	14	960	0.2616			
285.37866	*	*	*	*	*	*	-	-	15	840	0.1898			
285.53813	23.34852	106.9035	23.34852	106.9035	0.7943	0.18	-	-	16	1265	0.1985			
285.53813	*	*	*	*	*	*	-	-	17	1130	0.1832			
285.53813	*	*	*	*	*	*	-	-	18	1000	0.1390			
285.53813	*	*	*	*	*	*	-	-	19	995	0.2079			
285.53813	*	*	*	*	*	*	-	-	20	920	0.1735			
285.53813	*	*	*	*	*	*	-	-	21	1050	-0.0195			
285.96008	23.2083	106.62014	30.0589	34.1589	1.4304	0.2	-	-	22	930	0.5366			
286.04078	23.36136	107.09616	29.7089	34.276	0.8937	0.21	-	-	23	980	0.2321			
286.12749	23.56024	107.57332	29.3704	34.2501	0.8141	0.22	-	-	24	1250	0.1820			
286.20527	23.7375	108.02336	29.2293	34.304	0.7943	0.22	-	-	25	970	0.1433			
286.31475	23.9627	108.02336	29.2281	34.2565	0.7744	0.21	-	-	26	1315	0.2402			
286.38718	24.11714	108.6453	28.8917	34.2449	0.6154	0.22	-	-	27	980	0.2081			
286.45231	24.26016	109.08456	29.1557	34.286	0.6551	0.21	-	-	28	1250	0.1465			
286.54025	24.40016	109.48058	28.2189	34.2377	0.6551	0.21	-	-	29	1000	0.2445			
286.54025	*	*	*	*	*	*	-	-	30	1000	0.2037			
04-Feb-02 Día	Salida 2 Latitud	Muestras Longitud	Temp	Registro Salinidad	Fluorescencia	Trasmittancia	Muestras salinidad	ups	Registro en Clorofila	Volumen	mg	CHN	Volumen	mg/L
35.99654	24.3916	110.08766	19.7774	34.6424	2.0864	0.2	1	35.2683	1	1120	1.1728			
35.99654	*	*	*	*	*	*	*	*	2	930	0.8540			
36.07862	24.28602	109.6673	19.8838	34.0428	2.2852	0.14	2	35.3536	3	1110	0.5903			
36.07862	*	*	*	*	*	*	*	*	4	980	0.4577			
36.14001	24.16072	109.21858	19.2553	34.517	221118	0.187	3	35.1066	5	1060	0.5959			
36.14001	*	*	*	*	*	*	*	*	6	1040	0.6596			
36.22045	23.99386	108.73508	19.7957	34.6836	2.2052	0.21	4	35.2326	7	1100	0.6573			
36.22045	*	*	*	*	*	*	*	*	8	1170	0.6558			
36.33948	23.7453	108.0756	21.1029	34.4183	2.3846	0.21	5	35.0862	9	510	0.4861			
36.33948	*	*	*	*	*	*	*	*	10	910	0.4701			
36.37073	23.67264	107.89318	21.0436	34.407	2.8418	0.2	6	34.9356	11	1600	0.3246			
36.37073	*	*	*	*	*	*	*	*	12	1200	0.3223			
36.47128	23.45912	107.3026	20.6077	34.4817	4.0147	0.2	*	*	13	990	0.2024			
36.47128	*	*	*	*	*	*	7	35.1432	14	980	1.4851			
36.47128	*	*	*	*	*	*	*	*	15	300	1.0520			
36.55052	23.2957	106.84502	20.3968	34.4407	5.4857	0.19	8	35.0674	16	1125	3.7689			
36.55052	*	*	*	*	*	*	*	*	17	1100	3.1512			
36.9599	23.20102	106.5447	26.8327	34.5518	5.9032	0.18	9	35.27944	18	850	3.2167			
36.9599	*	*	*	*	*	*	*	*	19	740	2.9206			
37.04878	23.34644	107.08448	20.842	34.3607	4.7303	0.2	10	35.0571	20	890	3.4303			
37.04878	*	*	*	*	*	*	*	*	21	890	3.5296			
37.1199	23.46214	107.51524	20.6908	34.3505	2.8418	0.2	11	35.0701	22	1110	1.0241			
37.1199	*	*	*	*	*	*	*	*	23	1220	0.8374			
37.2008	23.60362	107.99264	22.1054	34.1054	2.8617	0.2	12	35.0038	24	1100	0.6415			
37.2008	*	*	*	*	*	*	*	*	25	1050	0.7338			
37.29663	23.73128	108.51032	20.7839	34.3585	2.6033	0.2	13	35.0716	26	970	0.5600			
37.29663	*	*	*	*	*	*	*	*	27	**	**			
37.37844	23.8751	108.98654	19.9705	34.6517	2.2852	0.2	14	35.3624	28	1210	0.5220			
37.37844	*	*	*	*	*	*	*	*	29	1290	0.4554			
37.45413	24.0014	109.4417	19.3713	34.6736	2.2852	0.2	15	35.2573	30	1020	0.7554			
37.45413	*	*	*	*	*	*	*	*	31	1070	0.7615			
37.53358	24.14774	109.91764	19.84	34.6708	2.0665	0.2	16	35.3916	32	1080	0.6288			
37.53358	*	*	*	*	*	*	*	*	33	1050	0.7339			

Anexo 1.-Registro de los valores in situ al momento de la toma de muestra para posterior calibración (muestreo 1 y 2).

Muestreo	11-oct-01 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida	Muestreo	06-mar-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida	Muestreo	11-abr-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida	Muestreo	28-may-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida
1	285,237523	34,14	34,86	4	65,96414	34,82	35,41	6	101,94269	34,51	35,15	9	148,94719	34,66	35,38
1	285,378657	34,27	34,96	4	66,04053	34,95	35,51	6	102,06255	34,60	35,23	9	149,02788	41,45	35,20
1	285,538125	34,20	34,91	4	66,1206	34,75	35,35	6	102,10602	34,65	35,27	9	149,10803	41,81	35,30
1	285,960081	34,16	34,87	4	66,20387	34,25	34,94	6	102,18074	34,51	35,15	9	149,193	41,67	35,09
1	286,040775	34,28	34,97	4	66,28234	34,28	34,97	6	102,25068	34,60	35,23	9	149,27551	41,97	34,86
1	286,127488	34,25	34,95	4	66,36414	34,27	34,96	6	102,3261	34,43	35,09	9	149,35924	41,30	35,10
1	286,205266	34,30	34,99	4	66,41772	34,22	34,92	6	102,43277	34,49	35,14	9	149,43579	41,28	35,07
1	286,314745	34,20	34,91	4	66,53904	34,43	35,09	6	102,51763	34,50	35,15	9	149,5194	41,39	35,14
1	286,387176	34,24	34,94	4	66,58071	34,40	35,07	6	102,93586	34,54	35,18	9	150,06271	40,73	35,17
1	286,452315	34,29	34,98	4	66,91965	34,87	35,44	6	103,01683	34,51	35,15	9	150,14384	41,02	35,19
1	286,540255	34,24	34,94	4	66,96306	34,46	35,12	6	103,0785	34,43	35,09	9	150,23336	40,91	35,05
				4	67,04	34,46	35,11	6	103,1128	34,37	35,04	9	150,28731	41,08	34,84
				4	67,12118	34,06	34,80	6	103,2653	34,39	35,06	9	150,39477	42,78	35,04
				4	67,20714	34,31	34,99	6	103,3483	34,51	35,16	9	150,48019	42,00	35,25
				4	67,28666	34,43	35,09	6	103,41486	34,59	35,22	9	150,56146	42,27	35,18
				4	67,37547	34,42	35,08	6	103,5	34,67	35,28	9	150,66159	42,68	35,05
Muestreo	04-feb-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida	Muestreo	19-mar-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida	Muestreo	24-abr-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida	Muestreo	13-jun-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida
2	35,99654	34,64	35,26	5	79,00266	34,56	35,20	7	114,93638	34,60	35,23	10	164,93611	43,96	34,89
2	36,07862	34,84	35,42	5	79,08259	34,53	35,17	7	115,01534	34,60	35,23	10	165,018	41,39	35,16
2	36,14001	34,52	35,16	5	79,14468	34,57	35,21	7	115,09784	34,64	35,26	10	165,10209	41,80	35,59
2	36,22045	34,68	35,30	5	79,25023	34,67	35,29	7	115,18652	34,33	35,01	10	165,18654	41,80	35,28
2	36,33948	34,42	35,08	5	79,33315	34,41	35,07	7	115,27068	33,96	34,71	10	165,26948	41,96	35,25
2	36,37073	34,41	35,07	5	79,3187	34,44	35,10	7	115,35346	34,43	35,09	10	165,36164	41,70	35,36
2	36,47128	34,48	35,13	5	79,15266	34,54	35,18	7	115,43339	34,48	35,13	10	165,44314	42,27	34,97
2	36,55052	34,44	35,10	5	79,28613	34,57	35,20	7	115,51575	34,50	35,15	10	165,48189	41,60	35,16
2	36,9599	34,55	35,19	5	79,25905	34,61	35,24	7	115,93622	34,56	35,20	10	165,93664	40,95	35,24
2	37,04878	34,36	35,04	5	79,32037	34,42	35,09	7	116,0174	34,43	35,09	10	166,0188	41,26	35,34
2	37,1199	34,35	35,03	5	79,3378	34,39	35,06	7	116,10948	34,25	34,94	10	166,10251	42,75	34,94
2	37,2008	34,37	35,04	5	79,42287	34,39	35,06	7	116,18128	34,56	35,19	10	166,18649	42,36	34,99
2	37,29663	34,36	35,03	5	79,42384	34,41	35,07	7	116,27057	34,45	35,11	10	166,26858	43,67	35,46
2	37,37844	34,65	35,27	5	79,57669	34,45	35,11					10	166,35108	42,03	35,11
2	37,45413	34,67	35,29	5	80,00257	34,43	35,09	Muestreo	09-may-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida	10	166,43677	41,85	35,26
2	37,53358	34,67	35,29	5	80,08597	34,40	35,07	8	129,93456	34,60	35,23	10	166,5186	44,20	35,10
				5	80,16744	34,42	35,08	8	130,04685	34,53	35,17				
Muestreo	20-feb-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida	5	80,33002	34,71	35,31	8	130,08449	34,47	35,12	Muestreo	25-jun-02 Día Juliano	Salinidad Seabird	Salinidad Corregida
3	51,95683	34,94	35,50	5	80,41218	34,61	35,23	8	130,19157	34,26	34,95	11	176,93571	42,79	34,84
3	52,03836	34,73	35,33	5	80,50191	34,60	35,23	8	130,26449	34,38	35,05	11	177,01944	40,98	35,05
3	52,12266	34,39	35,06	5	80,58191	34,55	35,19	8	130,34574	34,29	34,98	11	177,1041	42,37	34,94
3	52,22252	34,35	35,02					8	130,44447	34,31	34,99	11	177,18696	41,36	35,19
3	52,2969	34,34	35,02					8	130,51856	34,29	34,98	11	177,26662	41,93	35,23
3	52,36829	34,36	35,04					8	130,94363	34,30	34,98	11	177,35571	42,05	35,19
3	52,45315	34,39	35,06					8	131,09954	34,32	35,00	11	177,46155	40,77	35,12
3	52,53995	34,32	35,00					8	131,21943	34,29	34,98	11	177,52535	40,55	35,29
3	52,95517	34,48	35,13									11	178,02034	39,80	35,14
3	53,03941	34,34	35,02									11	178,10385	40,29	35,20
3	53,12424	34,35	35,03									11	178,18625	41,26	35,19
3	53,19986	34,42	35,08									11	178,26924	43,16	35,03
3	53,28375	34,27	34,96									11	178,35463	43,05	34,98
3	53,34106	34,37	35,04									11	178,44285	41,60	35,24
3	53,45516	34,40	35,07									11	178,52535	40,55	35,29
3	53,53579	34,75	35,35									11	178,62383	44,93	34,86

Anexo 2.-Valores de calibración de salinidad con los registros *in situ* por muestreo.

Muestreo	11-oct-01	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³									Muestreo	28-may-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³	
	Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio	Muestreo	06-mar-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³	Muestreo	11-abr-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³		Día Juliano	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³	
					Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio		Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio			Campo	Laboratorio	
1	285,048785	0,71	0,13													
1	285,23752	0,77	0,09	4	65,96414	3,99	1,56	6	101,94269	1,01	0,22	9	148,94719	0,66	0,12	
1	285,37866	1,01	0,17	4	66,04053	3,38	0,83	6	102,06255	1,03	0,18	9	149,02788	0,77	0,09	
1	285,53813	0,79	0,15	4	66,1206	3,50	0,66	6	102,10602	0,87	0,14	9	149,10803	0,11	0,08	
1	285,96008	1,43	0,54	4	66,20387	1,87	0,27	6	102,18074	0,83	0,15	9	149,193	0,69	0,07	
1	286,04078	0,89	0,23	4	66,28234	1,91	0,33	6	102,25068	0,79	0,12	9	149,27551	0,81	0,13	
1	286,12749	0,81	0,18	4	66,36414	3,30	0,54	6	102,33281	0,73	0,12	9	149,35924	0,66	0,08	
1	286,20527	0,79	0,14	4	66,41772	1,41	0,71	6	102,43277	0,79	0,13	9	149,43579	0,64	0,10	
1	286,31475	0,77	0,24	4	66,53904	1,87	0,53	6	102,51763	0,73	0,17	9	149,5194	0,73	0,13	
1	286,38718	0,62	0,21	4	66,58071	1,49	1,00	6	102,93586	0,79	0,24	9	150,06271	0,81	0,22	
1	286,45231	0,66	0,15	4	66,91965	3,86	3,14	6	103,01683	0,79	0,17	9	150,14384	0,64	0,11	
1	286,54025	0,66	0,24	4	66,96306	1,69	0,61	6	103,0785	0,77	0,13	9	150,23336	0,64	0,10	
1	286,54025	0,66	0,20	4	67,04	1,51	0,43	6	103,118	0,60	0,12	9	150,28731	0,60	0,11	
				4	67,12118	1,03	0,24	6	103,118	0,60	0,12	9	150,39477	0,71	0,15	
				4	67,20714	1,35	0,21	6	103,26753	0,66	0,13	9	150,48019	0,73	0,15	
				4	67,28666	1,53	0,26	6	103,3483	0,75	0,14	9	150,56146	0,77	0,15	
				4	67,37547	1,71	0,30	6	103,4148	0,79	0,13	9	150,66159	0,81	0,22	
				4	67,45179	2,05	0,83		103,5	0,85	0,23					
Muestreo	04-feb-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³					Muestreo	24-abr-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³					
	Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio						Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio					
2	35,99654	2,09	1,01	4	67,53436	1,49	0,51	7	114,93638	0,85	0,34	Muestreo	13-jun-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³	
													Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio	
2	36,07862	2,29	0,52	4	67,61193	3,20	1,26	7	115,01534	0,93	0,15	10	164,93611	2,05	0,61	
2	36,14001	2,21	0,63	4	67,61193	*	1,01	7	115,09784	0,87	0,20	10	165,018	1,01	0,15	
2	36,22045	2,21	0,66	4	67,61193		1,41	7	115,18652	0,89	0,14	10	165,10209	1,03	0,11	
2	36,33948	2,38	0,48					7	115,27068	0,77	0,15	10	165,18654	0,95	0,20	
2	36,37073	2,84	0,32					7	115,35346	0,69	0,18	10	165,26948	0,95	0,14	
2	36,47128	4,01	0,91					7	115,43339	0,79	0,17	10	165,36164	0,89	0,14	
2	36,55052	5,49	3,46					7	115,51575	0,75	0,16	10	165,44314	0,95	0,13	
2	36,9599	5,90	3,07	Muestreo	19-mar-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³	7	115,93622	0,93	0,22	10	165,52023	0,89	0,08	
2	37,04878	4,73	3,48		Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio	7	116,0174	0,85	0,17	10	165,93664	0,97	0,20	
2	37,1199	2,84	0,93	5	79,00266	3,06	0,28	7	116,10948	0,79	0,14	10	166,0188	0,89	0,18	
2	37,2008	2,86	0,69	5	79,08259	1,93	0,58	7	116,18128	0,77	0,11	10	166,10251	0,89	0,07	
2	37,29663	2,60	0,56	5	79,14468	2,09	0,69	7	116,27057	0,79	0,13	10	166,18649	0,83	0,09	
2	37,37844	2,29	0,49	5	79,49766	2,31	0,51	7	116,36278	0,83	0,19	10	166,26858	0,89	0,09	
2	37,53358	2,07	0,68	5	79,57669	4,51	1,08	7	116,399	0,85	0,32	10	166,35108	0,85	0,08	
				5	80,00257	4,51	2,51	7	116,445	0,81	0,16	10	166,43677	0,75	0,10	
Muestreo	20-feb-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³					7	116,51611	0,90	0,33					
	Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio													
3	51,95683	7,99	3,32	5	80,08597	1,13	0,48					Muestreo	25-jun-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³	
3	52,03836	1,91	0,53	5									Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio	
				5	80,16744	1,05	0,31					11	176,93571	1,31	0,35	
3	52,12266	2,34	0,40	5	80,25086	1,89	0,51	Muestreo	09-may-02	Fluorescencia	Cl a mg m ⁻³	11	177,01944	0,89	0,17	
3	52,22252	2,44	0,50	5	80,33002	2,17	0,86		Día Juliano	Campo (u.r)	Laboratorio	11	177,1041	0,79	0,10	
3	52,2969	1,77	0,78	5	80,41218	1,83	0,51	8	129,93456	0,77	0,46	11	177,18696	0,79	0,08	
3	52,36829	2,01	0,41	5	80,50191	1,83	0,54	8	130,04685	0,56	0,14	11	177,26662	0,77	0,09	
3	52,45315	1,77	0,66	5	80,58191	2,54	1,28	8	130,08449	0,62	0,14	11	177,35571	0,69	0,11	
3	52,53995	1,99	0,59					8	130,19157	0,56	0,10	11	177,46155	0,75	0,07	
3	52,95517	2,80	0,87					8	130,26449	0,58	0,11	11	177,52535	0,77	0,17	
3	53,03941	1,51	0,49					8	130,34574	0,56	0,13	11	178,02034	1,11	0,41	
3	53,12424	1,41	0,38					8	130,44447	0,54	0,13	11	178,10385	0,73	0,21	
3	53,19986	1,57	0,27					8	130,51856	0,56	0,24	11	178,18625	0,71	0,13	
3	53,28375	1,71	0,43					8	130,94363	0,71	0,18	11	178,26924	0,87	0,16	
3	53,34106	1,75	0,34					8	131,2194	0,73	0,17	11	178,35463	0,79	0,13	
3	53,45516	1,35	0,22					8	131,09954	0,64	0,15	11	178,44285	0,64	0,13	
3	53,53579	2,01	0,80									11	178,52162	0,69	0,11	
												11	178,62383	1,03	0,31	

Anexo 3.-Valores de calibración de clorofila *a* con los registros *in situ* por muestreo.

Muestreo	06-mar-02 Día Juliano	Transmitancia Campo (u.r)	MPS g m ⁻³ Laboratorio	Muestreo	11-abr-02 Día Juliano	Transmitancia Campo (u.r)	MPS g m ⁻³ Laboratorio	Muestreo	28-may-02 Día Juliano	Transmitancia Campo (u.r)	MPS g m ⁻³ Laboratorio
4	65,96414	0,6050	1,49	6	101,94269	0,5058	0,42	9	148,94719	0,2528	0,82
4	66,04053	0,3373	0,14	6	102,06255	0,3716	0,46	9	149,02788	0,2742	0,42
4	66,1206	0,3136	0,35	6	102,10602	0,3525	0,33	9	149,10803	0,2836	0,41
4	66,20387	0,1755	0,28	6	102,18074	0,3668	0,21	9	149,193	0,2547	0,83
4	66,28234	0,1683	0,07	6	102,25068	0,3534	0,35	9	149,27551	0,2929	0,49
4	66,36414	0,3080	0,35	6	102,3261	0,3240	0,37	9	149,35924	0,2883	0,51
4	66,41772	0,1601	0,12	6	102,43277	0,3840	*	9	149,43579	0,3033	1,28
4	66,53904	0,2500	0,25	6	102,51763	0,4081	0,20	9	149,5194	0,3506	1,53
4	66,58071	0,2845	0,20	6	102,93586	0,5797	0,67	9	150,06271	0,2186	0,47
4	66,6213	0,3534	0,44	6	103,01683	0,5807	0,51	9	150,14384	0,1610	0,31
4	66,9197	2,1001	*	6	103,0785	0,6141	0,46	9	150,23336	0,1583	0,57
4	66,9249	1,4801	0,12	6	103,1128	0,6274	0,44	9	150,28731	0,1474	0,30
4	66,96306	0,4625	0,22	6	103,26753	0,7338	0,30	9	150,39477	0,1601	0,32
4	67,04	0,3553	0,12	6	103,3483	0,8089	1,00	9	150,48019	0,1438	0,08
4	67,12118	0,2808	0,22	6	103,41486	0,8604	1,05	9	150,56146	0,1765	0,28
4	67,20714	0,3108	0,21	6	103,5	0,9645	1,00	9	150,66159	0,1755	0,34
4	67,28666	0,3297	0,20								
4	67,37547	0,3288	0,49	Muestreo	24-abr-02 Día Juliano	Transmitancia Campo (u.r)	MPS g m ⁻³ Laboratorio	Muestreo	13-jun-02 Día Juliano	Transmitancia Campo (u.r)	MPS g m ⁻³ Laboratorio
4	67,45179	0,3773	0,62	7	114,93638	1,0024	0,21	10	164,93611	0,4207	0,63
4	67,53436	0,4004	0,45	7	115,01534	0,9061	0,78	10	165,018	0,1683	0,36
4	67,61193	0,5797	0,51	7	115,09784	0,9160	0,31	10	165,10209	0,1674	0,58
				7	115,18652	0,9424	0,27	10	165,18654	0,1701	0,26
Muestreo	19-mar-02 Día Juliano	Transmitancia Campo (u.r)	MPS g m ⁻³ Laboratorio	7	115,27068	1,0013	0,37	10	165,26948	0,1583	0,80
5	79,00266	0,3792	0,44	7	115,35346	1,0520	0,33	10	165,36164	0,1664	0,09
5	79,08259	0,2948	0,47	7	115,43339	1,0953	0,66	10	165,44314	0,1664	0,25
5	79,14468	20,1200	0,42	7	115,51575	1,1414	*	10	165,48189	0,1810	1,03
5	79,25023	19,8619	*	7	115,93622	1,3084	0,55	10	165,93664	0,2593	0,24
5	79,33315	20,1200	0,24	7	116,0174	1,2927	0,49	10	166,0188	0,2030	0,34
5	79,3187	0,2696	0,29	7	116,10948	1,3290	0,73	10	166,10251	0,1956	0,09
5	79,15266	0,2491	0,49	7	116,18128	1,3767	0,54	10	166,18649	0,1783	0,13
5	79,28613	0,2911	2,04	7	116,27057	1,4374	0,34	10	166,26858	0,1683	0,24
5	79,25905	0,2845	0,13	7	116,36278	1,4877	0,43	10	166,35108	0,1765	0,31
5	79,3204	1,1160	0,87	7	116,3991	0,1330	0,44	10	166,43677	0,1701	0,74
5	79,3378	1,0782	0,60	7	116,445	0,1132	0,78	10	166,5186	0,3014	0,43
5	79,4229	2,9600	0,13	7	116,51611	0,1501	0,50				
5	79,42384	1,5785	2,04					Muestreo	25-jun-02 Día Juliano	Transmitancia Campo (u.r)	MPS g m ⁻³ Laboratorio
5	79,57669	0,6417	0,38	Muestreo	09-may-02 Día Juliano	Transmitancia Campo (u.r)	MPS g m ⁻³ Laboratorio	11	176,93571	0,5737	0,82
5	80,00257	0,6396	0,48	8	129,93456	0,3193	0,48	11	177,01944	0,3259	0,64
5	80,08597	0,2066	0,11	8	130,04685	0,1801	0,32	11	177,1041	0,3080	0,36
5	80,16744	0,1774	0,21	8	130,08449	0,1755	0,35	11	177,18696	0,3288	0,51
5	80,33002	0,2491	0,49	8	130,19157	0,1501	0,33	11	177,26662	0,3288	0,89
5	80,41218	0,1865	0,09	8	130,26449	0,1501	0,27	11	177,35571	0,3363	1,20
5	80,50191	0,2039	0,05	8	130,34574	0,1420		11	177,46155	0,3677	0,33
5	80,58191	0,3850	0,24	8	130,44447	0,1429	0,35	11	177,52535	0,4304	0,21
				8	130,51856	0,1774	0,03	11	178,02034	0,4158	3,31
				8	130,94363	0,2269	0,61	11	178,10385	0,2435	0,28
				8	131,2194	2,5340		11	178,18625	0,2177	*
				8	131,0995	0,1637	0,23	11	178,26924	0,2287	1,03
								11	178,35463	0,2287	0,65
								11	178,44285	0,2168	0,11
								11	178,52162	0,2334	0,50
								11	178,62383	0,5999	2,16

Anexo 4.-Valores de calibración de MPS con los registros *in situ* por muestreo.

	Temp. °C	Cl a mg/m ³	seston g/m ³	Sal. Ups	Temp. °C	Cl a mg/m ³	seston g/m ³	Sal. Ups	Temp. °C	Cl a mg/m ³	seston g/m ³	Sal. Ups
Muestreo 1	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=2272				N=9089				N=4782			
Maximo	29.25	0.95	0.61	35.14	29.45	1.15	5.87	35.07	30.72	2.26	2.68	34.99
Promedio	28.06	0.73	0.40	35.00	29.15	0.75	0.30	34.94	29.53	0.84	0.39	34.88
Mediana	28.10	0.70	0.38	34.99	29.16	0.75	0.33	34.94	29.44	0.79	0.35	34.90
Moda	28.07	0.71	0.40	34.96	29.12	0.76	0.16	34.92	29.26	0.76	0.20	34.90
Minimo	26.79	0.68	0.34	34.92	28.86	0.69	0.15	34.19	29.13	0.71	0.18	34.39
Muestreo 2	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=4017				N=9646				N=4458			
Maximo	20.30	0.77	3.07	35.55	22.25	0.70	2.90	35.34	22.21	2.27	0.87	35.96
Promedio	19.80	0.16	0.85	35.29	20.71	0.26	0.63	35.11	20.68	0.83	0.69	35.08
Mediana	19.86	0.12	0.70	35.29	20.67	0.26	0.57	35.09	20.64	0.74	0.68	35.08
Moda	19.95	0.11	0.70	35.31	22.22	0.18	0.45	35.05	20.46	0.76	0.59	35.05
Minimo	19.12	0.01	0.55	34.55	19.19	0.04	0.42	34.82	19.96	0.12	0.54	34.89
Muestreo3	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=4733				N=9744				N=4914			
Maximo	20.68	4.45	1.76	35.61	23.31	1.21	0.48	35.26	24.04	1.17	0.58	35.11
Promedio	19.88	1.11	0.54	35.37	21.80	0.58	0.26	35.04	23.50	0.63	0.32	35.03
Mediana	19.77	0.94	0.36	35.35	21.74	0.54	0.25	35.05	23.46	0.59	0.32	35.02
Moda	19.70	1.14	1.28	35.36	21.77	0.79	0.23	34.88	23.10	0.56	0.24	35.02
Minimo	19.23	0.24	0.22	21.40	20.23	0.20	0.16	34.84	22.92	0.28	0.21	34.98
Muestreo 4	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=5170				N=9744				N=5484			
Maximo	21.33	0.55	2.10	35.77	23.24	0.55	0.47	35.47	24.28	0.55	2.13	35.40
Promedio	20.27	0.53	0.48	35.36	21.71	0.53	0.29	35.07	23.19	0.53	0.38	35.09
Mediana	20.06	0.53	0.43	35.35	21.78	0.53	0.31	35.02	23.27	0.53	0.34	35.10
Moda	19.81	0.53	0.41	35.42	21.71	0.53	0.19	34.96	22.93	0.53	0.26	35.05
Minimo	19.25	0.53	0.24	35.10	19.85	0.52	0.16	34.81	22.24	0.52	0.23	34.85
Muestreo 5	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=3638				N=9025				N=4221			
Maximo	20.95	1.38	0.59	35.30	22.59	2.20	18.27	35.35	22.81	2.80	6.43	35.16
Promedio	20.48	0.77	0.30	35.21	20.80	0.69	2.25	35.17	22.25	0.72	0.65	35.08
Mediana	20.49	0.69	0.30	35.21	20.62	0.67	0.46	35.19	22.32	0.58	0.57	35.08
Moda	20.34	0.60	0.22	35.14	20.43	0.57	0.50	35.20	22.23	0.13	0.26	35.07
Minimo	20.22	0.38	0.21	35.12	19.58	0.11	0.18	35.03	21.58	0.12	0.18	35.03
Muestreo 6	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=4044				N=9878				N=4888			
Maximo	24.52	0.99	1.22	35.80	24.26	0.84	0.89	35.33	25.05	0.96	0.67	35.41
Promedio	23.07	0.79	0.73	35.22	23.57	0.76	0.85	35.29	24.10	0.76	0.49	35.14
Mediana	23.01	0.78	0.85	35.22	23.59	0.76	0.85	35.29	24.08	0.76	0.53	35.15
Moda	22.78	0.75	1.18	35.23	23.64	0.74	0.37	35.23	23.87	0.76	0.37	35.17
Minimo	21.24	0.73	0.36	35.04	22.83	0.70	0.32	34.80	23.68	0.72	0.36	34.99
Muestreo 7	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=4575				N=8686				N=4528			
Maximo	24.32	0.88	1.42	35.49	24.35	0.88	1.41	35.34	25.56	0.88	1.34	35.46
Promedio	23.02	0.78	0.51	35.16	23.22	0.77	1.07	35.11	24.43	0.77	1.14	35.16
Mediana	22.97	0.78	0.19	35.11	23.06	0.76	1.01	35.14	24.24	0.77	1.18	35.15
Moda	23.32	0.76	0.93	35.21	23.03	0.76	1.23	35.17	24.13	0.74	1.03	35.18
Minimo	22.51	0.75	0.14	34.38	21.75	0.73	0.01	34.70	23.61	0.72	1.00	34.98
Muestreo 8	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=1849				N=5571				N=4973			
Maximo	26.22	0.58	1.20	35.40	26.73	0.59	1.20	35.21	28.96	0.60	1.20	35.13
Promedio	25.61	0.57	1.19	35.20	25.40	0.57	1.20	35.02	26.95	0.57	1.19	34.90
Mediana	25.54	0.57	1.19	35.20	25.25	0.57	1.20	35.00	26.90	0.57	1.19	34.99
Moda	25.74	0.57	1.19	35.28	25.14	0.57	1.20	35.00	26.93	0.57	1.20	34.99
Minimo	24.98	0.57	1.16	35.02	24.71	0.57	0.80	34.82	25.97	0.57	1.13	34.86
Muestreo 9	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=3689				N=7915				N=4952			
Maximo	28.42	0.54	1.79	35.16	28.20	0.52	0.38	35.10	28.52	0.53	2.12	35.10
Promedio	26.47	0.52	0.38	35.11	27.14	0.52	0.36	35.10	27.80	0.52	0.38	35.10
Mediana	26.60	0.52	0.36	35.10	27.27	0.52	0.35	35.10	27.81	0.52	0.38	35.10
Moda	26.73	0.52	0.37	35.10	27.29	0.52	0.37	35.10	27.82	0.52	0.38	35.10
Minimo	24.54	0.52	0.31	35.10	25.16	0.52	0.34	35.10	27.25	0.52	0.35	35.10
Muestreo 10	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=5215				N=8180				N=2976			
Maximo	28.46	0.64	3.48	35.85	27.90	0.63	0.37	35.18	28.75	0.53	0.54	34.89
Promedio	25.33	0.54	0.45	34.98	26.37	0.53	0.35	34.84	27.35	0.52	0.36	34.72
Mediana	26.06	0.52	0.37	34.87	26.80	0.52	0.35	34.78	27.82	0.52	0.36	34.66
Moda	27.52	0.52	0.81	34.98	26.98	0.52	0.35	34.74	27.85	0.52	0.35	34.84
Minimo	19.13	0.52	0.29	34.59	26.99	0.52	0.35	34.76	25.91	0.52	0.35	34.55
Muestreo 11	Costa Peninsular				Zona Oceanica				Costa Continental			
	N=3579				N=6968				N=3466			
Maximo	28.45	0.53	1.61	35.39	28.04	0.52	0.39	35.10	29.63	0.54	0.77	34.91
Promedio	25.58	0.52	0.41	35.06	26.89	0.52	0.37	34.93	28.54	0.52	0.40	34.78
Mediana	25.95	0.52	0.39	35.02	27.09	0.52	0.36	34.91	28.62	0.52	0.39	34.77
Moda	26.12	0.52	0.38	34.98	27.37	0.52	0.38	34.88	28.62	0.52	0.39	34.86
Minimo	22.41	0.52	0.30	34.79	25.17	0.52	0.36	34.82	27.31	0.52	0.33	34.66

Anexo 5.- Estadísticas descriptivas de las variables medidas in situ para todos los muestreos divididos por zonas.

Muestreo	Parámetros	N	R ²	Coef. de Corr.
1	Temp/Sal	16148	0.2271	-0.4766
	Cl a/ MPS	16148	0.3776	0.6145
2	Temp/Sal	18989	0.0019	0.04418
	Cl a/ MPS	18989	0.0039	0.0627
3	Temp/Sal	19858	0.5699	-0.7549
	Cl a/ MPS	19858	0.1895	0.4354
4	Temp/Sal	20456	0.2547	-0.6502
	Cl a/ MPS	20456	0.1896	-0.5046
5	Temp/Sal	16890	0.0003	-0.8256
	Cl a/ MPS	16890	0.0119	0.1092
6	Temp/Sal	18817	0.0185	-0.1358
	Cl a/ MPS	18817	0.0023	-0.1525
7	Temp/Sal	18236	0.0255	0.1597
	Cl a/ MPS	18236	0.0003	-0.0197
8	Temp/Sal	12328	0.4869	-0.1868
	Cl a/ MPS	14333	0.2392	0.6927
9	Temp/Sal	14146	0.3944	0.6280
	Cl a/ MPS	14146	0.5995	0.7743
10	Temp/Sal	16531	0.9809	0.9904
	Cl a/ MPS	16561	0.0739	0.2719
11	Temp/Sal	14287	0.9861	0.9930
	Cl a/ MPS	14287	0.6931	0.4804

Anexo 6.- Coeficientes de correlación y r^2 obtenida en las relaciones entre los parámetros (temperatura /salinidad y clorofila a/ MPS) medidos *in situ* en cada muestro en la boca del golfo.

Muestreo	Recorrido	N	Ecuación	R2	Coef de Corr.
6	La Paz-Mazatlán	468	$y = 0,7296x + 6,7623$	0,37	0,61
6	Mazatlán-La Paz	446	$y = 0,7111x + 6,9557$	0,73	0,86
7	La Paz-Mazatlán	349	$y = 0,897x + 1,6913$	0,48	0,70
7	Mazatlán-La Paz	191	$y = 0,5522x + 8,9735$	0,11	0,33
8	La Paz-Mazatlán	469	$y = 0,9378x + 1,6429$	0,65	0,81
8	Mazatlán-La Paz	149	$y = 0,5679x + 10,503$	0,69	0,83
9	La Paz-Mazatlán	363	$y = 2,7449x - 48,162$	0,43	0,66
9	Mazatlán-La Paz	373	$y = 1,452x - 12,301$	0,51	0,71
10	La Paz-Mazatlán	320	$y = 0,7373x + 6,8037$	0,75	0,84
10	Mazatlán-La Paz	434	$y = 0,599x + 10,606$	0,81	0,90
11	La Paz-Mazatlán	327	$y = 0,8125x + 5,5338$	0,75	0,87
11	Mazatlán-La Paz	378	$y = 0,8508x + 4,5246$	0,74	0,86

Anexo 7.-Correlaciones de los datos de temperatura superficial *in situ* y satelital, con la ecuación y la n para cada transecto comparado