



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



HIDROGRAFÍA EN BAHÍA DE LA PAZ Y ZONA OCEÁNICA ADYACENTE (2009)

TESIS

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

PRESENTA

CRISTÓBAL GUEVARA GUILLÉN

LA PAZ, B. C. S., OCTUBRE DE 2011



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

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 17 del mes Noviembre del año 2011
el (la) que suscribe ING. CRISTÓBAL GUEVARA GUILLÉN alumno(a) del
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS
con número de registro A100080 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DR. BERNARDO SHIRASAGO GERMÁN Y DR. MACLOVIO OBESO NIEBLAS
y cede los derechos del trabajo titulado:
"HIDROGRAFÍA EN BAHÍA DE LA PAZ Y ZONA OCÉANICA ADYACENTE (2009)"

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. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: gcrystalg@hotmail.com - bshirasago@ipn.mx - mniebla@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Cristóbal Guevara

ING. CRISTÓBAL GUEVARA GUILLÉN

nombre y firma



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 14 del mes de Noviembre del 2011 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 titulada:

**"HIDROGRAFÍA EN BAHÍA DE LA PAZ Y ZONA
OCEÁNICA ADYACENTE (2009)"**

Presentada por el alumno:

GUEVARA

Apellido paterno

GUILLÉN

materno

CRISTÓBAL

nombre(s)

Con registro:

A	1	0	0	0	8	0
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

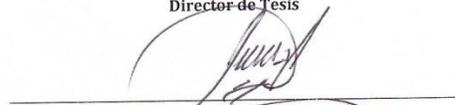
Directores de Tesis



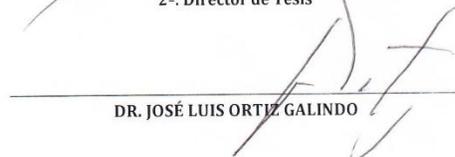
DR. BERNARDO SHIRASAGO GERMÁN
Director de Tesis



DR. MACLOVIO OBESO NIEBLAS
2º. Director de Tesis



DR. MARCIAL ARELLANO MARTÍNEZ



DR. JOSÉ LUIS ORTIZ GALINDO



DR. ÁNGEL RAFAEL JIMÉNEZ ILLESCAS

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



**I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mi director de tesis el Dr. Bernardo Shirasago Germán por brindarme el apoyo en la realización de este trabajo, por los consejos y enseñanzas tanto académicas como morales y por su valiosa amistad.

Al Dr. Maclovio Obeso Nieblas por toda la ayuda brindada, los consejos en el procesamiento de los datos físicos *in situ*, así como por el apoyo moral, los atinados comentarios y las correcciones al trabajo.

A mi Comité Revisor de Tesis por todas las contribuciones y correcciones que ayudaron a mejorar y terminar este trabajo.

Al Departamento de Oceanología, por brindarme el conocimiento, la infraestructura y las herramientas necesarias para trabajar durante el tiempo que duró el estudio de esta maestría en ciencias.

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN), al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) y a su directora la Dra. Margarita Casas Valdez que permitieron la culminación de mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Instituto Politécnico Nacional a través del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) y Beca Tesis, por brindar los recursos económicos necesarios para la realización de mis estudios de maestría.

Al Dr. Edgar Leonardo Pérez Lezama por sus atinadas correcciones y observaciones a este trabajo y al M. en C. Ricardo García Morales por su ayuda y apoyo en los congresos nacionales e internacionales.

A mis padres y amigos que siempre estuvieron conmigo.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	i
GLOSARIO	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	5
III. JUSTIFICACIÓN	11
IV. HIPÓTESIS	12
V. OBJETIVO	12
5.1 Objetivos particulares	12
VI. ÁREA DE ESTUDIO	13
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	17
7.1 Metodología de campo	17
7.2 Metodología de gabinete	18
VIII. RESULTADOS	20
8.1 Resultados Hidrológicos	20
8.1.1 Marzo del 2009	20
8.1.2 Junio del 2009	44
8.1.3 Septiembre del 2009	68
8.1.4 Diciembre del 2009	94
8.2 Resultados de Imágenes de Satélite	119
8.2.1 Imágenes de satélite	119
IX. DISCUSIÓN	127
X. CONCLUSIONES	135
XI. RECOMENDACIONES	137
XII. BIBLIOGRAFÍA	138
XIII. ANEXOS	146

13.1 Anexo 1. Principales armónicos de la marea en La Paz, B. C. S. (tomado de Obeso-Nieblas <i>et al.</i>, 1993).	146
13.2 Anexo 2. Índices del Niño y la Niña (tomado de www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuf/ensoyears.shtml).	146
13.3 Anexo 3. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila “a” en el sur del Golfo de California durante el primer bimestre del año 2009.	147
13.4 Anexo 4. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila “a” en el sur del Golfo de California durante el segundo bimestre del año 2009.	148
13.5 Anexo 5. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila “a” en el sur del Golfo de California durante el tercer bimestre del año 2009.	149
13.6 Anexo 6. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila “a” en el sur del Golfo de California durante el cuarto bimestre del año 2009.	150
13.7 Anexo 7. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila “a” en el sur del Golfo de California durante el quinto bimestre del año 2009.	151
13.8 Anexo 8. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila “a” en el sur del Golfo de California durante el sexto bimestre del año 2009.	152

LISTA DE FIGURAS	Página
Figura 1. a) Área de estudio, ubicación geográfica, batimetría (m) y toponimia de Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S, México. b) Transecto A	14
Figura 2. Ubicación de estaciones de muestreo en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente.	17
Figura 3. Gráfica de perfiles acumulados de temperatura (°C) del 3 al 6 de marzo del 2009.	21
Figura 4. Distribución horizontal de temperatura (°C) en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 3 al 6 de marzo del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	23
Figura 5. Transectos de temperatura (°C) del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	25
Figura 6. Transectos de temperatura (°C) del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	26
Figura 7. Gráfica de perfiles acumulados de salinidad del 3 al 6 de marzo del 2009.	28
Figura 8. Distribución horizontal de salinidad en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 3 al 6 de marzo del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	30

Figura 9.	Transectos de salinidad del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	32
Figura 10.	Transectos de salinidad del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	33
Figura 11.	Diagrama T-S del 3 al 6 de marzo del 2009. Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S.	34
Figura 12	Diagrama T-S del 3 al 6 de marzo del 2009. Zona de Isla San José, Isla Cerralvo y parte profunda de Bahía de La Paz, B. C. S.	35
Figura 13.	Gráfica de perfiles acumulados de densidad relativa del 3 al 6 de marzo del 2009.	37
Figura 14.	Distribución horizontal de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 3 al 6 de marzo del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	39
Figura 15.	Transectos de densidad relativa del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	42
Figura 16.	Transectos de densidad relativa del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	43
Figura 17.	Gráfica de perfiles acumulados de temperatura (°C) del 15 al 19 de junio del 2009.	45

Figura 18.	Distribución horizontal de temperatura (°C) en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 15 al 19 de junio del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	47
Figura 19.	Transectos de temperatura (°C) del 15 al 19 de junio del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	50
Figura 20.	Transectos de temperatura (°C) del 15 al 19 de junio del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	51
Figura 21.	Gráfica de perfiles acumulados de salinidad del 15 al 19 de junio del 2009.	53
Figura 22.	Distribución horizontal de salinidad en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 15 al 19 de junio del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	55
Figura 23.	Transectos de salinidad del 15 al 19 de junio del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	57
Figura 24.	Transectos de salinidad del 15 al 19 de junio del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	58
Figura 25.	Diagrama T-S del 15 al 19 de junio del 2009. Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S.	59

Figura 26.	Diagrama T-S del 15 al 19 de junio del 2009. Zona de Isla San José, Isla Cerralvo y parte profunda de Bahía de La Paz, B. C. S.	60
Figura 27.	Gráfica de perfiles acumulados de densidad relativa del 15 al 19 de junio del 2009.	62
Figura 28.	Distribución horizontal de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 15 al 19 de junio del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	64
Figura 29.	Transectos de densidad relativa del 15 al 19 de junio del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	66
Figura 30.	Transectos de densidad relativa del 15 al 19 de junio del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	67
Figura 31.	Gráfica de perfiles acumulados de temperatura (°C) del 21 al 25 de septiembre del 2009.	69
Figura 32.	Distribución horizontal de temperatura (°C) en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	71
Figura 33.	Transectos de temperatura (°C) del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	74

Figura 34.	Transectos de temperatura (°C) del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	75
Figura 35.	Gráfica de perfiles acumulados de salinidad del 21 al 25 de septiembre del 2009.	77
Figura 36.	Distribución horizontal de salinidad en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	79
Figura 37.	Transectos de salinidad del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	82
Figura 38.	Transectos de salinidad del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	83
Figura 39.	Diagrama T-S del 21 al 25 de septiembre del 2009. Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S.	84
Figura 40.	Diagrama T-S del 21 al 25 de septiembre del 2009. Zona de Isla San José, Isla Cerralvo y parte profunda de Bahía de La Paz, B. C. S.	85
Figura 41.	Gráfica de perfiles acumulados de densidad relativa del 21 al 25 de septiembre del 2009.	87
Figura 42.	Distribución horizontal de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	89

Figura 43.	Transectos de densidad relativa del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	92
Figura 44.	Transectos de densidad relativa del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	93
Figura 45.	Gráfica de perfiles acumulados de temperatura (°C) del 7 al 10 de diciembre del 2009.	95
Figura 46.	Distribución horizontal de temperatura (°C) en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	97
Figura 47.	Transectos de temperatura (°C) del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	99
Figura 48.	Transectos de temperatura (°C) del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	100
Figura 49.	Gráfica de perfiles acumulados de salinidad del 7 al 10 de diciembre del 2009.	102
Figura 50.	Distribución horizontal de salinidad en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	104

Figura 51.	Transectos de salinidad del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	107
Figura 52.	Transectos de salinidad del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	108
Figura 53.	Diagrama T-S del 7 al 10 de diciembre del 2009. Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S.	109
Figura 54.	Diagrama T-S del 7 al 10 de diciembre del 2009. Zona de Isla San José, Isla Cerralvo y parte profunda de Bahía de La Paz, B. C. S.	110
Figura 55.	Gráfica de perfiles acumulados de densidad relativa del 7 al 10 de diciembre del 2009.	112
Figura 56.	Distribución horizontal de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.	114
Figura 57.	Transectos de densidad relativa del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.	117
Figura 58.	Transectos de densidad relativa del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.	118
Figura 59.	Imagen promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM), del 1 al 15 de marzo del 2009.	120

Figura 60.	Imagen promedio de concentración superficial de clorofila “a”, del 1 al 15 de marzo del 2009.	120
Figura 61.	Mosaico de promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM), del 16 al 30 de junio del 2009, a) Acercamiento del área de estudio con compresión de escala de visualización (LUT stretch).	122
Figura 62.	Mosaico de promedio de concentración superficial de clorofila “a”, del 16 al 30 de junio del 2009, a) Acercamiento del área de estudio con compresión de escala de visualización (LUT stretch).	122
Figura 63.	Imagen promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM), del 16 al 30 de septiembre del 2009.	124
Figura 64.	Imagen promedio de concentración superficial de clorofila “a”, del 16 al 30 de septiembre del 2009.	124
Figura 65.	Imagen promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM), del 1 al 15 de diciembre del 2009.	126
Figura 66.	Imagen promedio de concentración superficial de clorofila “a”, del 1 al 15 de diciembre del 2009.	126

GLOSARIO

Capa de mezcla: Es la capa superficial del océano que se presenta homogénea debido a los procesos de turbulencia y mezcla generados por el viento y es la primera en recibir de forma muy importante la radiación solar.

Diagrama T-S: Gráfica de datos de temperatura versus salinidad colectados en forma simultánea en cada nivel de una estación oceanográfica. Estos diagramas permiten identificar las masas de agua y hacer estimaciones de la mezcla relativa entre ellas.

Estratificación: Condición del fluido que implica la existencia de dos o más capas horizontales dispuestas según su densidad, de tal manera que las capas menos densas están sobre las más densas.

Giro anticiclónico: Se usa para definir el sentido de rotación de fenómenos oceánicos y atmosféricos contrario a la dirección del giro de los ciclones y al de la tierra; en el mismo sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur.

Giro ciclónico: Es el sentido de giro de un fluido contrario al de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en el mismo sentido en el hemisferio sur.

Imagen de satélite: Imagen obtenida mediante sensores instalados en plataformas satelitales. Las imágenes son matrices de celdas, formadas por un número variable de columnas y filas y representan espacialmente un área geográfica indivisible.

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

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

Masa de agua: Un volumen de agua usualmente identificado por valores típicos de temperatura y salinidad que le son característicos y que permiten distinguirlo de las aguas circundantes. Su formación ocurre en la interfase con la atmósfera y por la mezcla de dos o más tipos de agua.

Proceso baroclínico: Indica un estado de la distribución del campo de masa en un fluido en el que las superficies isobáricas (de igual presión) intersectan superficies isopícnas (de igual densidad).

Proceso barotrópico: Estado de la distribución de los campos de masa en un fluido en el cual las superficies isobáricas (de igual presión) son paralelas a las superficies isopícnas (de igual densidad).

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

Transecto: Línea que resulta de unir varios sitios de muestreo a lo largo de la cual se grafican y se analizan los datos de forma independiente. También es llamado sección oceanográfica.

RESUMEN

En el presente estudio se analizaron algunas condiciones hidrográficas para describir las variaciones estacionales de Bahía de La Paz y su zona adyacente en el Golfo de California, durante el año 2009. Así mismo, se investigó la interacción entre ambos cuerpos de agua y la influencia que tienen los fenómenos que ocurren en el sur del golfo sobre la bahía. Lo anterior se llevó a cabo mediante datos obtenidos *in situ* de CTD e imágenes de satélite de los sensores AVHRR y SeaWiFS. Se observó una marcada variación de los parámetros analizados, correspondiendo a las diferentes épocas del año. Para la primavera y el verano se registró una fuerte estratificación de temperatura y salinidad en la columna de agua dentro y fuera de la bahía, debido a las condiciones de radiación solar y vientos débiles que dominan en esta época. En el otoño se presentó la capa de mezcla más profunda del año, alcanzando hasta 60 m, lo que permite suponer que en esta época los vientos fueron los más intensos y persistentes. En contraste, para el invierno no se encontró una capa de mezcla definida, en su lugar se observaron condiciones de estratificación. En las imágenes de satélite se observó que la época fría fue dominada por fuertes surgencias continentales. Los remolinos que se generaron, transportaron sus propiedades a la zona de la bahía, mientras que en la época cálida se detectó una intrusión de aguas del golfo hacia la parte profunda de la bahía a través de Boca Norte. Por otra parte, los diagramas T-S revelaron la presencia de Agua del Golfo de California y Agua Subsuperficial Subtropical en el invierno, mientras que en primavera se observó una disminución de la salinidad debido a la presencia del Agua Superficial Ecuatorial, en el verano se registró la influencia más fuerte de estas aguas en la zona de estudio, con los más bajos valores de salinidad. Finalmente, se observaron en las imágenes de satélite y con los datos *in situ* tres remolinos ciclónicos en la bahía y en su zona oceánica adyacente durante la primavera. Con la información obtenida se concluyó que la zona de estudio presenta una marcada estacionalidad y que el Golfo de California tiene una importante influencia sobre las condiciones hidrográficas de Bahía de La Paz, y que esto puede ser medido tanto con las mediciones *in situ*, como con las imágenes de satélite.

ABSTRACT

The present study analyzes some hydrographic conditions to describe seasonal variation of Bahía de La Paz and adjacent area of the Gulf of California during 2009. This research also shows the interaction of these two bodies of water and the influence that has the southern gulf phenomena over the bay. The research was done with CTD *in situ* data and satellite imagery from AVHRR and SeaWiFS sensors. There was a marked variation of the analyzed parameters that is characteristic of the different seasons of the year. The water column during spring and summer presented a strong stratification of temperature and salinity inside and outside the bay, due to the solar radiation conditions and light winds that dominate in those periods. In autumn the mixed layer presented the deepest value of the year, reaching 60 m, probably generated by the intense and persistent winds of that season. During winter the water column presented stratification conditions in the superficial layer, were no mixed layer was detected. The satellite images showed that the cold season was dominated by strong continental upwellings in the Gulf of California. The gyres generated in the gulf conveyed their properties to the bay area, while in the warm period an intrusion of water of the gulf was detected toward the deep part of the bay through Boca Norte. Moreover, the T-S diagrams revealed the presence of Gulf of California Water and Subtropical Subsurface Water in the winter, while in spring they showed a decrease in salinity due to the presence of the Equatorial Surface Water. In the summer Bahía de La Paz and its adjacent area of the Gulf of California water registered the strongest influence by the gulf, with the lowest salinity values. Finally there were three cyclonic gyres in the studied area during the spring observed with the satellite images and the *in situ* data. With the obtained data it was concluded that the study area has a marked seasonality and the Gulf of California has an important influence over the hydrographic conditions of Bahía de la Paz, that can be measured both with *in situ* data and satellite images.

I. INTRODUCCIÓN

De los ambientes marinos, las zonas costeras son consideradas como áreas de un elevado interés socioeconómico, debido a que son fuente importante de recursos naturales. Por su alta productividad se pueden aprovechar para la práctica acuicultural y por sus características morfológicas son lugares ideales para actividades recreativas. Bajo este contexto, estas zonas son potencialmente vulnerables a los cambios naturales y antropogénicos, por lo que es preciso obtener un conocimiento básico de sus diferentes ambientes (Martínez-López *et al.*, 2001).

El Océano Pacífico presenta una marcada influencia sobre el comportamiento oceanográfico del Golfo de California. Las aguas del interior del golfo son similares a las aguas de la región tropical oriental del Pacífico (Lavín *et al.*, 1997). El forzamiento dinámico que ejerce el Pacífico sobre el golfo, es uno de los aspectos oceanográficos más importantes, pues integra y refleja el efecto de fenómenos tan relevantes como los balances globales de calor y sal, la circulación termohalina y la circulación barotrópica (Makarov & Jiménez-Illescas, 2003).

El Golfo de California se encuentra entre los 24 mares marginales más importantes y los 5 grandes golfos del Océano Pacífico (Salazar-Sparks, 1999) debido a que presenta una alta productividad biológica (Álvarez-Borrego & Lara-Lara, 1991; Arias-Aréchiga, 1998; Álvarez-Borrego, 2002; Luch-Cota, 2004) y una serie de fenómenos oceanográficos y meteorológicos, tales como los afloramientos estacionales que se presentan a lo largo de ambas costas del golfo, inestabilidades, remolinos ciclónicos y anticiclónicos, procesos intensos de mezcla generados por vientos y mareas, así como intrusiones de Agua Superficial Ecuatorial (Álvarez-Borrego & Schwartzloze, 1979; Lavín & Marinone, 2003; Marinone, 2003; Zamudio *et al.*, 2008).

El Golfo de California presenta muchas bahías y lagunas. Una de las más importantes es Bahía de La Paz, al suroeste del golfo y adyacente a la capital del estado de Baja California Sur. Esta zona es económicamente atractiva por su potencial pesquero e industria turística, sustentados en la alta productividad biológica

y sus áreas de recreo. Los cambios ecológicos y morfológicos en la bahía están relacionados con el estado hidrofísico de su cuerpo de agua. A pesar de que la bahía se localiza cerca de la ciudad de La Paz, los trabajos publicados sobre su hidrología e hidrodinámica son escasos. Las investigaciones realizadas en la región han sido esporádicas e incompletas (Salinas-González *et al.*, 2003).

Bahía de La Paz es el cuerpo de agua protegido más extenso en la costa occidental del Golfo de California. Presenta interacción y un forzamiento dinámico con su zona oceánica adyacente a través de Boca Norte y Canal San Lorenzo. Dentro de ella ocurren diversos procesos físicos, como arrastres y mezclas por viento, mezcla por mareas, intercambio de calor y evaporación. Es por lo anterior que su estructura termohalina llega a presentar diferencias con el golfo, e incluso a mostrar características particulares principalmente cerca de la superficie y en las zonas someras (Obeso-Nieblas *et al.*, 2000; Obeso-Nieblas *et al.*, 2001).

Las condiciones hidrográficas de Bahía de La Paz, en particular en su parte profunda, se encuentran influenciadas por la variabilidad del sur del Golfo de California (Obeso-Nieblas, 2003). A su vez, el golfo se acopla a la variabilidad ambiental interanual de gran escala del Pacífico Oriental, esto ha sido identificado con series de tiempo del nivel del mar y con anomalías de temperatura en la costa (Durazo *et al.*, 2005; Jiménez-Illescas, 1996).

Bahía de La Paz se encuentra sujeta principalmente a dos patrones de vientos. Los vientos del sur y sureste, que ocurren al final de la primavera y persisten en verano y hasta inicio del otoño, localmente llamados Coromuel, con magnitudes alrededor de 4 m/s y que generalmente ocurren combinados con calmas frecuentes. Los vientos del norte y noroeste, dominantes a finales del otoño y en el invierno, son fuertes y persistentes y alcanzan magnitudes de 12 m/s. Este patrón de vientos corresponde al carácter monzónico (Jiménez-Illescas *et al.*, 2005) y aunado a las variaciones estacionales de radiación solar y a los procesos que ocurren en el golfo genera las condiciones hidrográficas propias de la bahía (Obeso-Nieblas, 2003).

Los vientos intensos del norte y noroeste favorecen la generación de una capa de mezcla y el hundimiento de termoclina, haloclina y picnoclina durante otoño e invierno (Salinas, 2000; Obeso-Nieblas, 2003), mientras que los vientos relativamente débiles del sur y sureste y la fuerte radiación solar favorecen la ausencia de la capa de mezcla y el afloramiento de la termoclina, haloclina y picnoclina durante primavera y verano (Salinas-González *et al.*, 2003; Obeso-Nieblas *et al.*, 2004).

Respecto a las masas de agua presentes en la bahía, pueden identificarse tres: Agua del Golfo de California (AGC), Agua Superficial Ecuatorial (ASE) y Agua Subsuperficial Subtropical (ASS). El umbral batimétrico a lo largo de Boca Norte evita la entrada de Agua Intermedia del Pacífico (AIP) y la salida de las aguas profundas de la bahía hacia el golfo (Monreal-Gómez *et al.*, 2001).

Desde los primeros estudios satelitales el Golfo de California ha sido foco de interés debido a que presenta varios fenómenos que pueden ser detectados por los sensores satélites como: frentes cálidos, núcleos fríos, chorros (jets), filamentos, remolinos (eddies), giros, anillos, meandros, ondas internas e intrusiones de agua del Pacífico, entre otros (Paden *et al.*, 1991; Soto-Mardones *et al.*, 1999; Pegau *et al.*, 2002).

Las mediciones de la temperatura superficial del mar y de las concentraciones de clorofila “a” satelitales han sido utilizadas para estudiar la circulación en el Golfo de California (Badan-Dangon *et al.*, 1985; Navarro-Olache, 1989; Paden *et al.*, 1991; Lavín *et al.*, 1997), así como para tener un entendimiento más completo de su producción biológica (Gaxiola-Castro *et al.*, 1999). La escasa nubosidad del golfo permite a las imágenes de los sensores satelitales pasivos presentar una cobertura casi total de la zona. Las montañas en ambos lados del golfo tienden a orientar a los vientos a lo largo de su eje, generando surgencias. La corriente por mareas y la posible rompiente de las ondas internas en el umbral entre las cuencas del norte y del sur mezclan y aumentan la productividad en la zona sur de las islas. Estas

regiones con alta productividad proveen material biológico que puede ser visualizado y utilizado como trazador de la circulación y para inferir diversas estructuras de mesoescala (Pegau *et al.*, 2002).

Cuando el calentamiento superficial del Golfo de California durante el verano es intenso, se vuelve difícil la identificación de patrones de circulación con las mediciones de temperatura superficial del mar. Esto hace que las imágenes de clorofila “a” sean útiles para inferir la circulación en el golfo (Paden *et al.*, 1991; Pegau *et al.*, 2002).

El presente trabajo describe la variabilidad estacional hidrográfica en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente durante el periodo 2009 y muestra la influencia que tienen algunos fenómenos de mesoescala presentes en el sur del Golfo de California sobre la hidrografía y la dinámica en el interior de la bahía.

II. ANTECEDENTES

En Bahía de La Paz existen estudios publicados de biología, química, geología y física entre otros. Estos trabajos son muy específicos y están restringidos en cuanto a espacio y tiempo a la bahía (Obeso-Nieblas, 2003). Pocos estudios han sido realizados tomando en cuenta la zona oceánica adyacente de la bahía y por lo tanto el conocimiento acerca de la interacción entre ambos cuerpos de agua es muy restringido (Obeso-Nieblas *et al.*, 2007).

Diversos estudios en la bahía han demostrado que durante el otoño y el invierno se presenta una capa de mezcla que varía en profundidad, producto de los vientos intensos. Por otra parte, una estratificación térmica de la capa superficial se genera durante la primavera y el verano, como consecuencia de los vientos débiles y frecuentes calmas (Jiménez-Illescas *et al.*, 1994; Obeso-Nieblas *et al.*, 2008).

Jiménez *et al.* (1994), trabajaron con datos de CTD durante junio de 1992 en ocho estaciones en Bahía de La Paz y ocho estaciones en Canal San Lorenzo, así como con registros de mareas y oleaje frente al Pardito. Encontraron una capa de mezcla durante el invierno, cuando el viento del noroeste es muy intenso y persistente, contrastando con el verano, en donde detectaron la termoclina aflorada debido a los vientos débiles del sureste y calmas frecuentes.

Un análisis de los procesos barotrópicos y baroclínicos en Bahía de La Paz basado en la aplicación de un modelo numérico fue realizado por Jiménez (1996), utilizando datos de CTD de marzo de 1994 y registros de corrientes de junio de 1992, febrero de 1993 y marzo de 1994, para concluir que no hay diferentes masas de agua en la bahía. No se encontró evidencia de que Agua del Golfo de California haya penetrado en Bahía de La Paz en invierno de 1994.

Jiménez *et al.* (1997) analizaron aspectos de la hidrología de Bahía de La Paz con base en datos de CTD de marzo de 1994 y presentaron los resultados de la

simulación de la componente M_2 de la marea y viento del noroeste. Encontraron que los perfiles de temperatura y salinidad son muy parecidos en toda la bahía con un patrón de circulación simulado por el modelo numérico con viento del noroeste que muestra una corriente costera que gira en sentido ciclónico terminando en una corriente que impulsa agua hacia afuera de la bahía a través de Canal San Lorenzo.

Obeso-Nieblas *et al.* (2007) describieron la variabilidad hidrográfica en ambos lados de la comunicación principal (Boca Norte) de Bahía de La Paz con el Golfo de California. Analizaron datos de CTD de cuatro campañas de muestreo realizadas durante un ciclo anual (mayo, julio y octubre de 2001, así como febrero de 2002). Encontraron una ausencia de la capa de mezcla en primavera y verano, junto con una intensa estratificación de temperatura y salinidad. En otoño registraron una capa de mezcla de 30 m, mientras que en invierno detectaron una inusual capa de mezcla de más de 100 m. La capa superficial y subsuperficial de Bahía de La Paz y el Golfo de California presentaron una estructura similar, teniendo como diferencia la presencia de Agua Intermedia del Pacífico (AIP) en el golfo, que no penetró a la bahía debido al umbral de Boca Norte. Detectaron en primavera la presencia de Agua del Golfo de California (AGC), Agua Subsuperficial Subtropical (ASS) y Agua Intermedia del Pacífico (AIP). En verano registraron las anteriores junto con Agua Superficial Ecuatorial (ASE). Finalmente en invierno encontraron únicamente AGC y ASS.

En un análisis espacio-temporal de la relación entre la distribución larval de peces y el flujo geostrofico en Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente (mayo del 2001 a febrero del 2002) Sánchez-Velazco *et al.* (2006) encontraron un fuerte flujo a través de Boca Norte durante julio-octubre, mientras que en febrero-mayo reportaron un transporte geostrofico débil. En el verano-otoño registraron un fuerte intercambio de agua entre la bahía y el golfo que estuvo de acuerdo con la evolución anual de las propiedades del agua superficial dentro de la bahía. Reportaron AGC durante invierno-primavera y ASE en verano-primavera, destacando el registro de

octubre donde solo encontraron AST en la capa superficial hasta los 70 m de profundidad, lo anterior de acuerdo al criterio de Castro *et al.* (2000).

Obeso-Nieblas *et al.* (2002) describieron algunas condiciones hidrográficas en Bahía de La Paz, B. C. S. durante el fenómeno de El Niño 1997-1998 analizando datos de CTD durante muestreos realizados de 1996 a 1998. Concluyeron que la bahía fue impactada por este fenómeno, ya que se generó un hundimiento de la termoclina y de la picnoclina, así como la desaparición de la haloclina en esa época. Se incrementó la temperatura y la densidad disminuyó en toda la columna de agua. La salinidad se incrementó durante el verano en la parte profunda y disminuyó en la parte superficial durante el invierno.

Monreal-Gómez *et al.* (2001) encontraron que Agua Superficial Ecuatorial (ASE) fluye del Golfo de California hacia Bahía de La Paz predominantemente a través de Boca Grande, una vez allí, comienza el proceso de evaporación y su salinidad se incrementa a valores por encima de 35.00, de esta manera adquiere las características del Agua del Golfo de California (AGG).

Adicionalmente, diversos estudios de la bahía han revelado estructuras ciclónicas en Cuenca Alfonso en diferentes épocas de los años 1997, 1998 y 1999 (Monreal-Gómez *et al.*, 2001; Obeso-Nieblas *et al.*, 2004), solo un giro anticiclónico ha sido reportado en esta zona, encontrado en octubre de 1997, año afectado por “El Niño” (Salinas-González *et al.*, 2003).

El estudio de la formación de la estructura termohalina en el cuerpo costero profundo de Bahía de La Paz, en la época de verano-otoño de 1997, 1998 y 1999 y en la zona adyacente del Golfo de California en julio de 1997 realizado por Salinas-González *et al.* (2003) los llevó a la conclusión de que se generó por un equilibrio entre el comportamiento de los procesos atmosféricos y el intercambio de agua con regiones adyacentes de mar abierto. Encontraron en la época de verano una fuerte estratificación en la superficie con gradientes verticales de temperatura de hasta

0.3°C/m y un incremento de salinidad de hasta 0.4, debido al balance negativo entre precipitación y evaporación. En otoño registraron una capa de mezcla de 50 m de profundidad causada por el forzamiento del viento que indujo una mezcla vertical intensa. La heterogeneidad del calentamiento y de la evaporación, en conjunción con la intrusión del agua del golfo a través de las bocas, formaron la distribución de masa caracterizada por una zona menos densa en los primeros 60 m al centro de la bahía. También detectaron que en la zona con profundidades mayores a 150 m no fueron registradas variaciones temporales significativas de los parámetros termohalinos, en relación con los de la capa superficial.

Obeso-Nieblas *et al.* (2004) durante otro estudio de los efectos del Niño 97-98, detectaron Agua del Golfo de California hasta 100 m de profundidad en 1997, mientras que en 1998 encontraron una disminución de la salinidad, registrando el arribo de Agua Superficial Ecuatorial a la bahía a través de Boca Norte. En 1998, AGC y ASS fueron detectadas a las mismas profundidades en Cuenca Alfonso. Sólo ASS fue registrada en ambos inviernos, en la parte profunda, con menor salinidad en 1998.

Respecto a corrientes, mareas y oleaje, Obeso-Nieblas (1987) realizó la simulación de la propagación de la constituyente M_2 de la marea mediante la aplicación de un modelo hidrodinámico numérico para obtener la variación superficial del mar, la distribución vectorial de corrientes, la distribución vectorial de transporte de agua y la distribución de elevaciones máximas en Bahía de La Paz.

Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas (1989) simularon numéricamente la variación superficial del mar, la distribución vectorial de corrientes, la distribución vectorial de transporte y la distribución de elevaciones máximas en Bahía de La Paz, utilizando la constituyente semidiurna de la marea en un modelo hidrodinámico.

Al simular numéricamente la variación superficial del mar, la distribución vectorial de corrientes y la distribución de elevaciones máximas en Bahía de La Paz, utilizando

los principales armónicos de la marea en un modelo hidrodinámico, Obeso-Nieblas *et al.* (1993), encontraron que durante el flujo y reflujo las corrientes de marea se sitúan en el rango de 3–8 cm/s y la intensidad de estas corrientes no puede cambiar significativamente la estructura termohalina, sin embargo, las corrientes en el Canal de San Lorenzo (con profundidad hasta de 18 m) fueron de magnitud considerable (20–25 cm/s).

Salinas-González *et al.* (1997) analizaron los espectros de datos de corrientes y mareas en la playa norte de la barrera arenosa El Mogote, Bahía de La Paz, encontrando la presencia de corrientes residuales al Oeste de la cabecera de la bahía.

Salinas-González (2000) analizó los procesos de mezcla turbulenta y transporte de masa en la bahía y en la ensenada de La Paz, mediante la experimentación y modelación numérica. Concluyó que Bahía de La Paz y las aguas del Golfo de California tienen inercia térmica y la escasa profundidad de la primera le permite conservar el aislamiento de sus aguas, también afirma que la modelación numérica de difusión frente al canal (Ensenada-Bahía) para vientos del norte es hacia noroccidente con viento del sur es hacia el nororiente.

Respecto a la productividad primaria y su relación con variables hidrológicas en Bahía de La Paz, Reyes-Salinas (1999) afirma que la bahía es una zona de elevada productividad fitoplanctónica, cuya variabilidad está en función de un efecto combinado de los principales factores que la determinan, con una fuerte contribución de la estratificación de la columna de agua sobre ésta y que la productividad primaria presenta un marcado ciclo estacional (primavera–verano) de latitudes templadas.

En un estudio de la dinámica de Bahía de La Paz utilizando mediciones sistemáticas de la productividad primaria y de la estructura vertical de la columna de agua, Reyes-Salinas *et al.* (2003) encontraron que la bahía es una zona de elevada productividad fitoplanctónica, comparada con algunas áreas del Pacífico Mexicano y del Golfo de

California, al menos en ciertas épocas del año y que la productividad primaria está en función de un efecto combinado de luz, temperatura y nutrientes. Concluyeron que en la bahía, la productividad primaria depende de la estructura vertical de la columna de agua.

Martínez-López *et al.* (2001) analizaron datos diarios de intensidad y dirección de viento, datos mensuales de temperatura, profundidad de disco de Secchi y la concentración de clorofila “a”, en cinco estaciones ubicadas en Bahía de La Paz en el periodo de abril de 1993 a marzo de 1995. Registraron vientos del norte durante los meses de octubre a marzo y vientos dominantes del sur de abril a septiembre. Encontraron las temperaturas más altas en julio-octubre, entre 28 y 32°C y las menores en enero-marzo entre 20 y 22°C. Observaron las mayores transparencias en julio-noviembre, con valores entre 14 y 24 m y las menores ocurrieron generalmente en enero-junio con profundidades entre 6 y 15 m. Concluyeron que la clorofila “a” tiene un comportamiento estacional inverso a la temperatura y a la transparencia del agua, con sus menores concentraciones en los meses más cálidos probablemente como resultado de la fuerte estratificación de la columna de agua, la cual no permite el transporte de material de la capa profunda a la capa superficial y las mayores concentraciones en la época fría asociadas con los procesos de mezcla de la columna de agua y probablemente con la disponibilidad de nutrientes en la zona eufótica.

III. JUSTIFICACIÓN

Las características físicas, biológicas y químicas de los cuerpos costeros, como las bahías, presentan muchas ventajas para el establecimiento de puertos y para el desarrollo de actividades de producción alimenticia. Son áreas de comunicación entre el océano y la costa, por lo que son importantes para completar algunos ciclos de desarrollo y reproducción de diferentes especies marinas. Para la solución de problemas técnicos, biológicos, químicos y pesqueros en estos sistemas, por lo cual es necesario el conocimiento multidisciplinario de estas zonas (Obeso-Nieblas, 1987). La circulación termohalina en las bahías, en conjunción con las corrientes de marea y de deriva del viento, puede producir distintos elementos dinámicos como giros, surgencias y convergencias, los cuales juegan un papel importante en su evolución y en la dispersión de contaminantes (Salinas-González et al., 2003).

El estudio de la superficie del océano utilizando sensores remotos permite analizar la evolución espacio-temporal de los fenómenos superficiales de micro, meso y macro escala en los océanos con una mayor resolución espacial, espectral y temporal, con una mayor disponibilidad y un menor costo con respecto a las observaciones obtenidas en cruceros oceanográficos (White *et al.*, 1990).

Es por lo anterior que los estudios estacionales e interanuales de la hidrografía en Bahía de La Paz y en su zona oceánica adyacente son fundamentales para el manejo adecuado de actividades antropogénicas en estos sistemas, así como para el aprovechamiento sustentable de sus recursos, esto apoyado con imágenes de sensores remotos de TSM y de concentración de clorofila “a”.

IV. HIPÓTESIS

Las condiciones hidrográficas de Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente se ven afectadas por la variabilidad estacional y por los procesos mesoescalares que ocurren en la parte sur del Golfo de California.

V. OBJETIVO

Describir algunas condiciones hidrográficas y la variabilidad estacional de Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente, en las cuatro estaciones del año 2009 e identificar los fenómenos de mesoescala que ocurren en el sur del Golfo de California que tienen influencia sobre éstas.

5.1 Objetivos particulares

1. Registrar la variabilidad hidrográfica estacional en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente mediante datos *in situ*.
2. Analizar la dinámica de la región sur del Golfo de California con imágenes de satélite.
3. Describir la influencia del sur del Golfo de California sobre Bahía de La Paz.

VI. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio abarca la Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente, se localiza entre los 24° 04 ' y 25° 09' de latitud norte y entre los 109° 41 ' y 110° 51 ' de longitud oeste (zona = 12, $y_1 = 2781566$, $x_1 = 515118$, $y_2 = 2662235$, $x_2 = 633858$). Esta zona se ubica en la costa oriental de Baja California. Su extensión aproximada es de 146 km de largo y 70 km de ancho. Presenta una profundidad máxima dentro de la bahía de 450 m en Cuenca Alfonso y una profundidad de más de 1500 m en la zona oceánica (Fig. 1a).

La comunicación entre Bahía de La Paz y el Golfo de California se da a través de dos bocas, una es Boca Norte (30 km de ancho y hasta 350 m de profundidad) localizada entre Los Islotes y Cabeza de Mechudo, que presenta un umbral suave frente a Isla San José y la otra es Canal San Lorenzo (10 km de ancho y hasta 18 m de profundidad) entre Isla Espíritu Santo y Pulguero (Fig. 1b) (Obeso-Nieblas *et al.*, 2002).

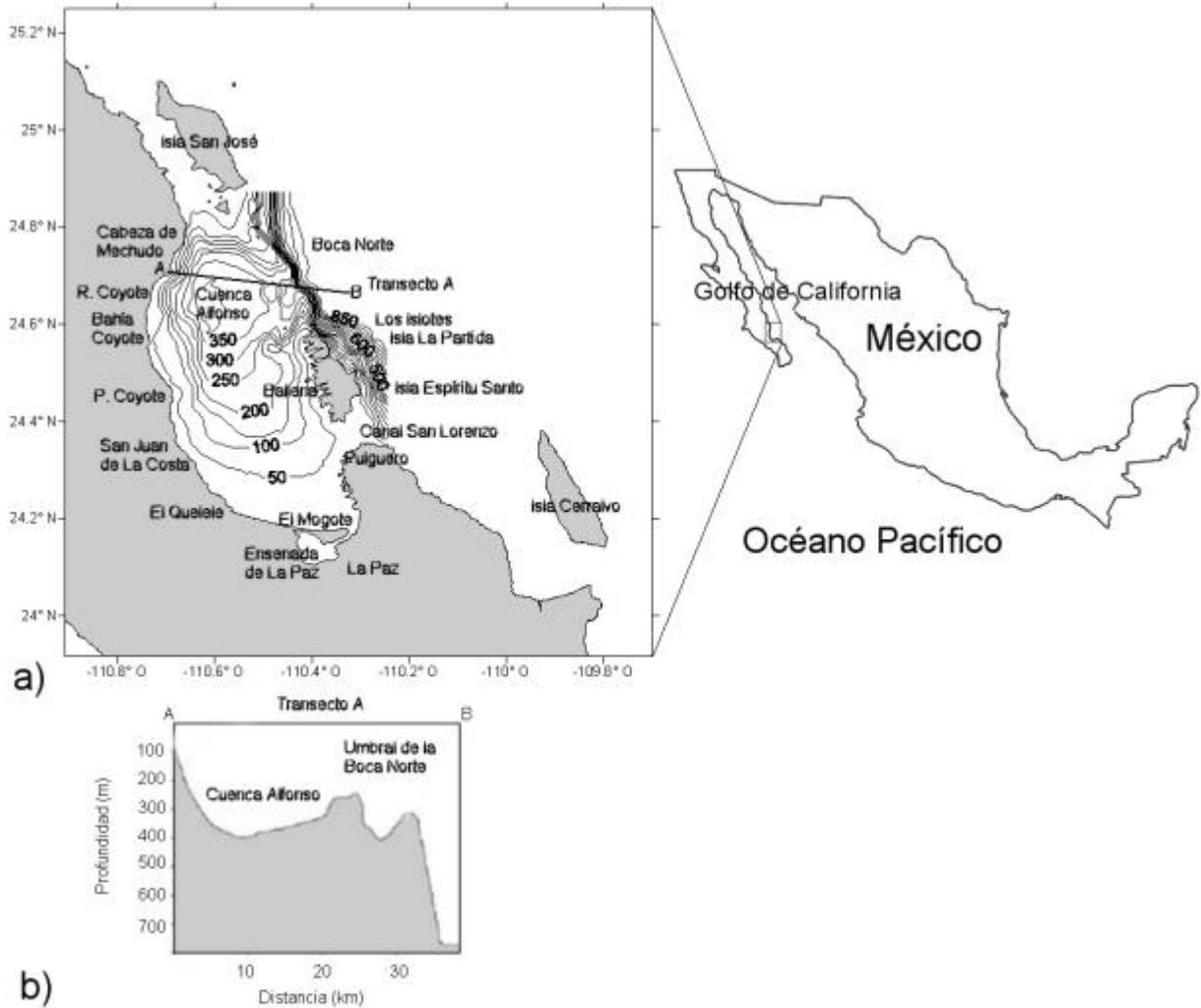


Figura 1. a) Área de estudio, ubicación geográfica, batimetría (m) y toponimia de Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S., México. b) Transecto A.

La costa occidental de la bahía está caracterizada por una plataforma continental angosta inclusive inexistente en algunas partes y prevalecen los depósitos de playa. En el sureste los depósitos costeros son más pronunciados se desarrolla una amplia barrera arenosa denominada El Mogote, que encierra una laguna con bordes de manglar, rodeada de planicies de marea, conocida como Ensenada de La Paz. En la costa oriental se presentan acantilados interrumpidos por playas constituidas por material grueso, formando entrantes y salientes (Wright *et al.*, 1973).

La marea en Bahía de La Paz depende de la cooscilación con la marea del Golfo de California y esta a su vez con la del Océano Pacífico (Jiménez-Illescas *et al.*, 1997). El régimen de mareas es mixto predominantemente semidiurno (Anónimo, 1985). El reflujo que se encuentra entre la pleamar superior y la bajamar inferior es intenso y ocasiona corrientes de marea mayores a las del flujo, ocasionando que los canales de las lagunas costeras de la región se mantengan sin azolve (Jiménez-Illescas, 1996).

La circulación en la bahía por corrientes de marea, presenta velocidades máximas de 0.321 m/s en las zonas más someras como el canal de Ensenada de La Paz, Canal San Lorenzo y la parte norte de Isla La Partida (Obeso-Nieblas, 1987; Obeso-Nieblas & Jiménez-Illescas, 1989; Obeso-Nieblas *et al.*, 1993), así como la corriente residual por mareas del orden de 10^{-2} m/s (Obeso-Nieblas *et al.*, 2002), junto con el viento.

Las principales componentes armónicas semidiurnas son: M_2 , S_2 , N_2 y K_2 y las principales componentes armónicas diurnas son: K_1 , O_1 y P_1 (Anexo 1). La pleamar máxima registrada fue de 1.329 m y la bajamar mínima registrada fue de -0.987 m, referidos al nivel del mar (Anónimo, 1985).

Basado en la clasificación climática de Koeppen-Geiger-Pohl (1953) el clima es BWh, seco y árido. Las siglas "BWh" representan: "B" - Clima Seco: La evaporación excede las precipitaciones. Siempre hay déficit hídrico. "W" - Árido (desértico): Sólo para climas de tipo B. "h" - La temperatura media anual es superior a 18°C: Se aplica a los climas tipo B. Por estas características Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas (1989) consideran que el clima de la bahía es cálido y seco, con lluvias escasas todo el año, en su mayoría presentes en verano e invierno con su máxima precipitación entre junio y octubre, asociada a vientos del sureste.

La bahía presenta una evaporación anual (215 mm) que excede la precipitación (180 mm) (Obeso-Nieblas & Jiménez-Illescas, 1989) y una humedad relativa que oscila entre el 66 y 72%, lo cual hace que esta zona presente condiciones áridas o

desérticas (Espinoza-Avalos, 1977). La temperatura en la región varía de aproximadamente 20°C en invierno, a 40°C durante la segunda mitad del verano y a principios del otoño.

La región de estudio se encuentra sujeta principalmente a dos patrones de viento. Los vientos del sur y sureste, que ocurren al final de la primavera y persisten en verano y hasta inicio del otoño, localmente llamados Coromuel, con magnitudes alrededor de 4 m/s, que generalmente ocurren combinados con calmas frecuentes. Los vientos del norte y noroeste, dominantes a finales del otoño y en el invierno, son fuertes, persistentes y alcanzan magnitudes de 12 m/s (Jiménez-Illescas, 1997).

Estos vientos son parte de un ciclo anual de mayor escala que se presenta sobre el Golfo de California, llamado Monzón Mexicano, causado por un sistema de baja presión ubicado en la parte continental de México. Durante estas épocas, el sistema se encuentra centrado en el lado noroeste del golfo (Roden, 1964), el cual propicia movimientos de aire cálido y húmedo de regiones marinas tropicales hacia el golfo y generando vientos débiles, con magnitudes menores a 5 m/s (Salas-Pérez, 1996; Marinone & Lavín, 1997).

El fenómeno de “brisa” es producido por la diferencia de disipación de la energía en la frontera mar-tierra durante los días de verano, cuando la temperatura de la tierra supera marcadamente a la del mar, cambia la dirección e intensidad del viento debido a que el aire que está sobre el mar es más frío que el que está sobre la tierra, provocando una notoria disminución de la temperatura en la región costera (Obeso-Nieblas *et al.*, 2002).

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Metodología de campo

Los datos hidrográficos *in situ* fueron obtenidos en 50 estaciones de muestreo, incluyen mediciones de presión, temperatura y conductividad, derivándose de estos la profundidad, densidad y la salinidad, mediante software suministrado por el proveedor. Las calas hidrográficas se realizaron con un CTD modelo Sea-Bird SBE 19 plus, que registró 10 muestras por segundo, manejando un rango de temperatura de -5 a 45°C, una resolución de 0.003°C y una precisión de $\pm 0.15\%$ de la escala total. Durante cuatro campañas oceanográficas (3-6 de marzo, 15-19 de junio, 21-25 de septiembre, 7-10 de diciembre del 2009), a bordo de la embarcación CICIMAR-XV, de 28 pies de eslora. La red de muestreo abarcó cinco transectos, con 50 estaciones en forma semiradial, para obtener una buena descripción de las propiedades hidrográficas. Las estaciones de muestreo cercanas a la costa se realizaron cada 0.5 millas náuticas y las restantes tuvieron una separación de 4 millas náuticas aproximadamente (Fig. 2).

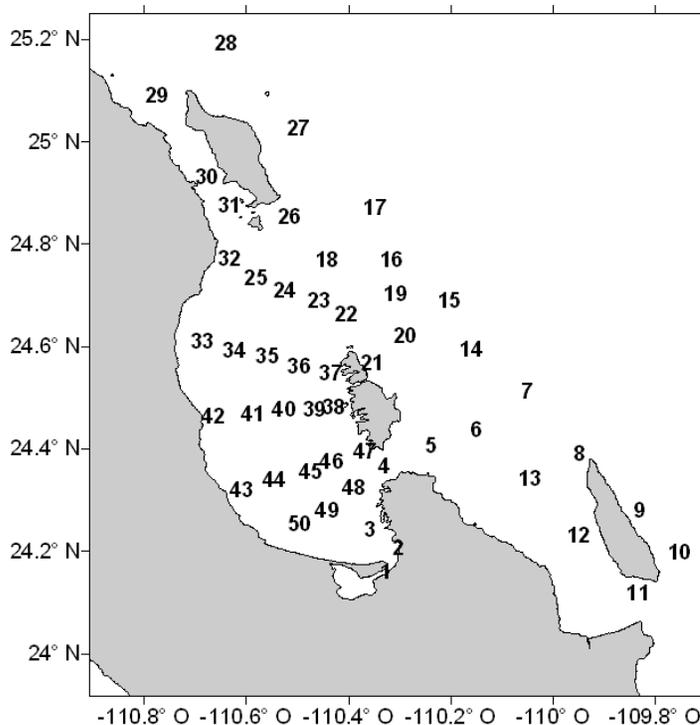


Figura 2. Ubicación de estaciones de muestreo en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente.

7.2 Metodología de gabinete

Los datos de CTD fueron depurados y corregidos de las inestabilidades producidas por el sensor durante su obtención en campo y promediados a cada metro, mediante software desarrollado en el Departamento de Oceanología del CICIMAR por el Dr. Makarov. Para el cálculo de la salinidad y densidad el equipo utilizó internamente las ecuaciones de estado de la UNESCO (UNESCO, 1991).

Se utilizó el software Microsoft Excel 2007 como plataforma para la obtención de los perfiles concentrados de temperatura, salinidad y densidad y para la elaboración de los diagramas T-S, para el reconocimiento de la variabilidad y presencia de masas de agua, de acuerdo a la clasificación de masas de agua de Torres-Orozco (1993). Se trabajó con el software Surfer 7.0 para la obtención de los mapas de distribución horizontal en la superficie, a 10, 50 y 100 m de profundidad y transectos verticales, de temperatura, salinidad y densidad. Para la elaboración de estos diagramas se utilizó el método de interpolación lineal de Kriging (Matheron, 1960), con la finalidad de tener un esquema visual del comportamiento espacial y temporal de las variables hidrológicas presentes en Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente.

Para la detección de la variabilidad estacional y los fenómenos de mesoescala en el golfo que pueden influir en la bahía, se utilizaron imágenes satelitales de promedios quincenales de Temperatura Superficial del Mar (TSM) del sensor NOAA-AVHRR e imágenes de concentración de clorofila “a” compuestas de los sensores SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor), MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), Aqua/Terra y MERIS (Medium Spectral Resolution Imaging Spectrometer). Las imágenes compuestas son de gran utilidad ya que reducen la falta de datos originada por la presencia de nubes o por la falla en su recepción. Estas corresponden al año 2009, son de una resolución de 1.1 km en el nadir y están en formato HDF (Hierarchical Data Format). Las imágenes fueron suministradas por SCRIPPS Institution of Oceanography, University of San Diego, California a través del proyecto SIP 20090885 titulado “Análisis de los efectos de fenómenos de macro y

mesoescala en el Pacífico Nororiental mediante sensores satelitales”. Las imágenes de clorofila “a”, además de complementar a las de TSM en estudios de dinámica oceánica, permiten observar dichos fenómenos cuando el sensor de temperatura no los detecta, debido a que los gradientes de temperatura son débiles en las épocas cálidas. Estas imágenes permiten una mayor cobertura de análisis que los datos *in situ*, facilitando su detección, la percepción de su magnitud y temporalidad.

Para la obtención de los datos ambientales de TSM y concentración de clorofila “a”, las imágenes de satélite fueron visualizadas y manipuladas con el software WIM (Windows Image Manager) versión 6.36. Cabe señalar que a las imágenes del 15 al 30 de junio, se les asignó una escala de visualización diferente para acentuar los gradientes y poder identificar las variaciones de TSM y las concentraciones de Clorofila “a”.

La identificación de los giros en las imágenes de satélite de concentración de clorofila “a” se realizó de acuerdo a estudios previos (Pegau *et al.*, 2002; López, 2005; Zamudio *et al.*, 2008), en los cuales se detectaron estructuras circulares en las que la concentración de pigmentos de clorofila “a” en el borde fue diferente a la del entorno. En la mayoría de los casos los valores de concentración de clorofila “a” fueron iguales o mayores a los presentes en el borde de los giros. El final de los giros comúnmente presentó bajas concentraciones de clorofila “a” y en varias ocasiones los remolinos no se presentaron como un círculo cerrado, permitiéndoles así determinar su sentido.

VIII. RESULTADOS

8.1 Resultados Hidrológicos

8.1.1 Marzo del 2009

En este periodo, los perfiles acumulados de temperatura en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente mostraron un valor superficial promedio de 21.53°C, con ausencia de capa de mezcla. Se registró el afloramiento de la termoclina que mantuvo una pendiente similar desde la superficie hasta los 100 m de profundidad, dentro de un rango de temperatura máximo de 22.73 a un mínimo de 14.04°C. De los 100 m de profundidad en adelante los perfiles acumulados también presentaron una misma pendiente y poca dispersión en toda el área de estudio (Fig. 3).

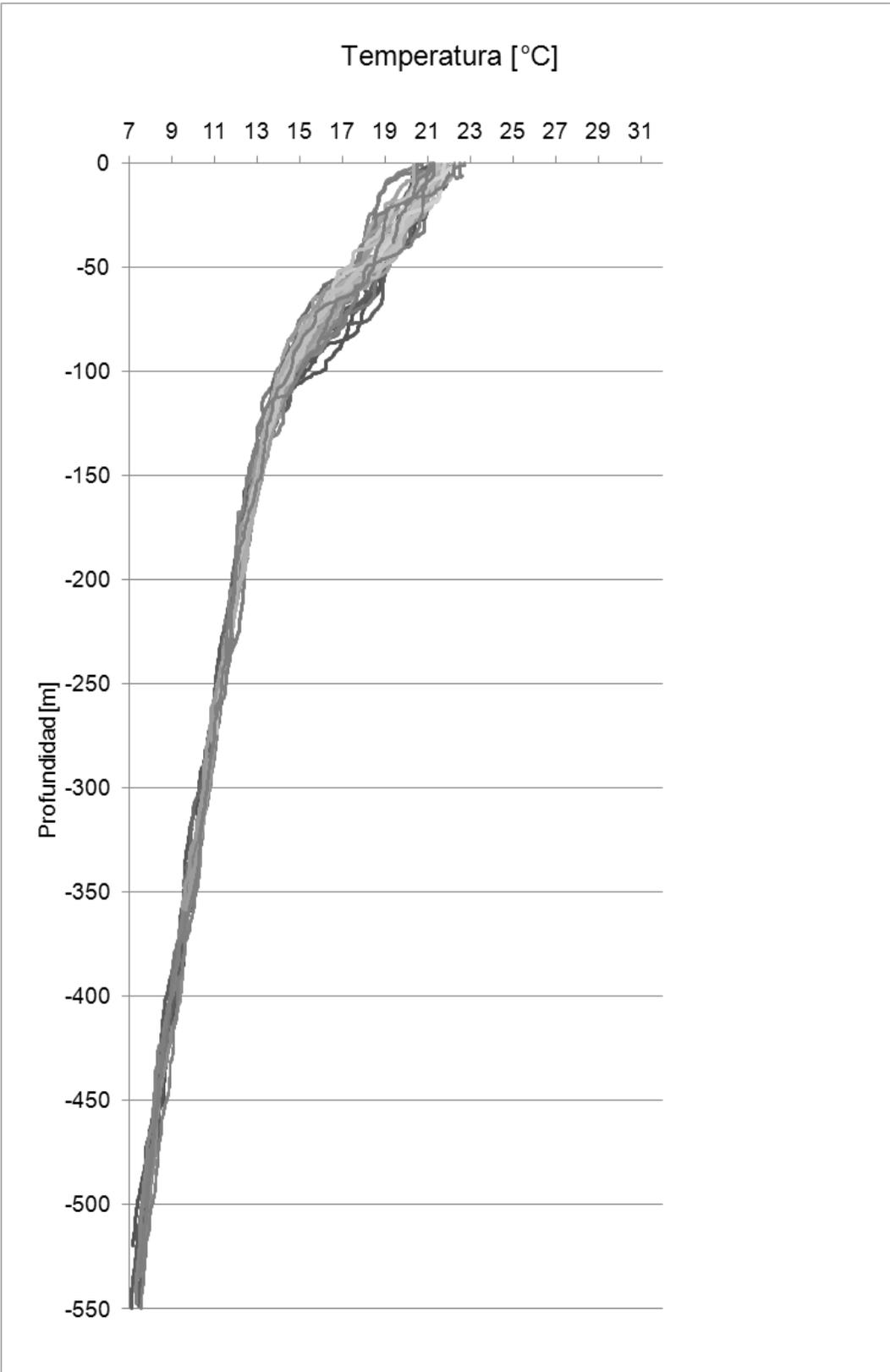


Figura 3. Gráfica de perfiles acumulados de temperatura (°C) del 3 al 6 de marzo del 2009.

La distribución horizontal de temperatura, a nivel superficial durante este periodo fue homogénea. Se encontró el mayor valor en la costa oeste y en el sur de la bahía con 22°C, la temperatura presente en la mayor parte de la zona oceánica adyacente fue de 21°C, misma que en Canal San Lorenzo y en Boca Norte. El menor valor se registró en el área de Isla San José y al este de Isla Cerralvo siendo de 20.5°C (Fig. 4a).

A los 10 m de profundidad, Cuenca Alfonso mantuvo la temperatura más alta junto con la parte sur de la bahía y el este de Isla Cerralvo con 21°C. La temperatura presente en la mayor parte de la zona oceánica adyacente fue de 20.5°C, misma que en Canal San Lorenzo y en Boca Norte. El menor valor se encontró al norte de Isla San José siendo de 18.5°C (Fig. 4b).

A los 50 m de profundidad, el sur de Bahía de La Paz y la zona de Isla San José presentaron la menor temperatura de 17.5°C. El mayor valor se registró al norte de Isla Cerralvo y al este de Isla Espíritu Santo siendo de 18.5°C (Fig. 4c).

A los 100 m de profundidad el centro de la bahía y el oeste de Isla San José mostraron la menor temperatura de 14°C, mientras que la mayor se registró al sur y al norte de Isla Cerralvo siendo de 15°C. La costa oeste y el sur de la bahía presentaron la misma temperatura que la zona oceánica adyacente con 14.5°C (Fig. 4d).

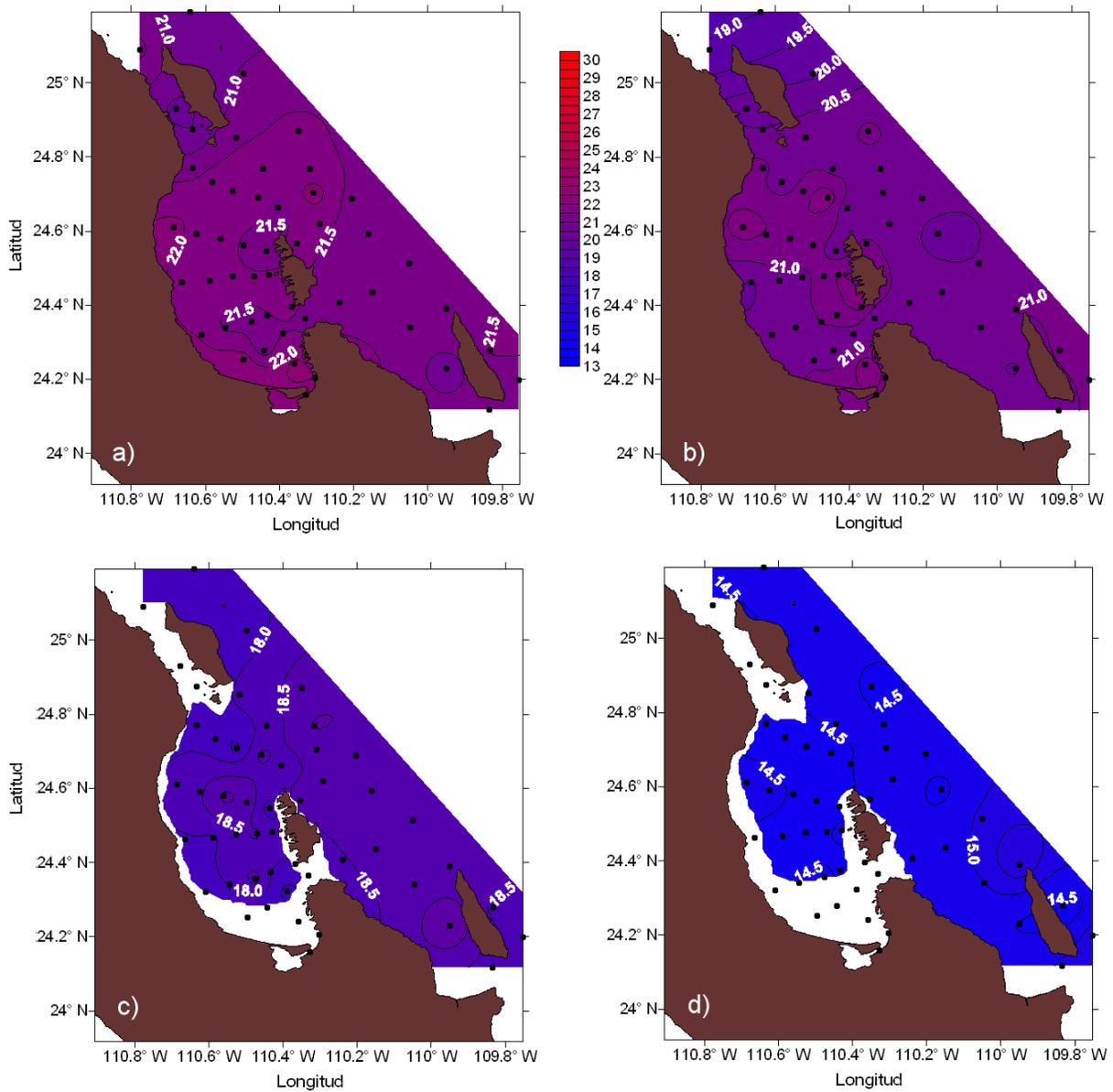


Figura 4. Distribución horizontal de temperatura (°C) en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 3 al 6 de marzo del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

En la distribución vertical de temperatura, el transecto T1 presentó estratificación en los primeros 100 m de profundidad, zona donde se localizó la termoclina con estratificación fuerte y una diferencia en la temperatura superficial de 1°, desde el interior de la bahía con 21°C hasta los 20°C en la zona oceánica adyacente (Fig. 5a).

El transecto T2 presentó estratificación en los primeros 100 m y mostró el hundimiento de la isoterma de 19°C en la zona de Cuenca Alfonso en la estación E35 a los 50 m de profundidad. La bahía presentó una variación vertical en la temperatura de 12°, desde los 21°C en la superficie hasta los 9°C a 350 m de profundidad (Fig. 5b).

El transecto T3 mostró nuevamente estratificación en los primeros 100 m de profundidad. Presentó una variación vertical en la temperatura de la zona oceánica adyacente de 14°, desde los 21°C en la superficie hasta los 7°C a 550 m de profundidad (Fig. 5c).

En el T4 se encontró la termoclina con las mismas condiciones de estratificación que T1, T2 y T3. Presentó la menor temperatura a partir de los 480 m de profundidad con 7°C. En la superficie mostró al norte y este de Isla San José (E28 y E27) con una temperatura de 20°C, mientras que en el resto del transecto fue de 21°C. Las isotermas de 20 y 21°C se hundieron en el norte y este de Isla Cerralvo (E8 y E9) (Fig. 6a).

El T5 presentó de igual manera una termoclina con estratificación hasta los 100 m de profundidad, con la menor temperatura de 7°C a partir de los 470 m de profundidad. En la superficie se registró una temperatura de 21°C en el tramo de Isla San José a Isla Cerralvo y una temperatura de 20°C al oeste de estas islas (E29, E30, E31 y E12). Destacó el hundimiento de la isoterma de 20°C a 40 m de profundidad al sur de Isla Cerralvo (E11) (Fig. 6b).

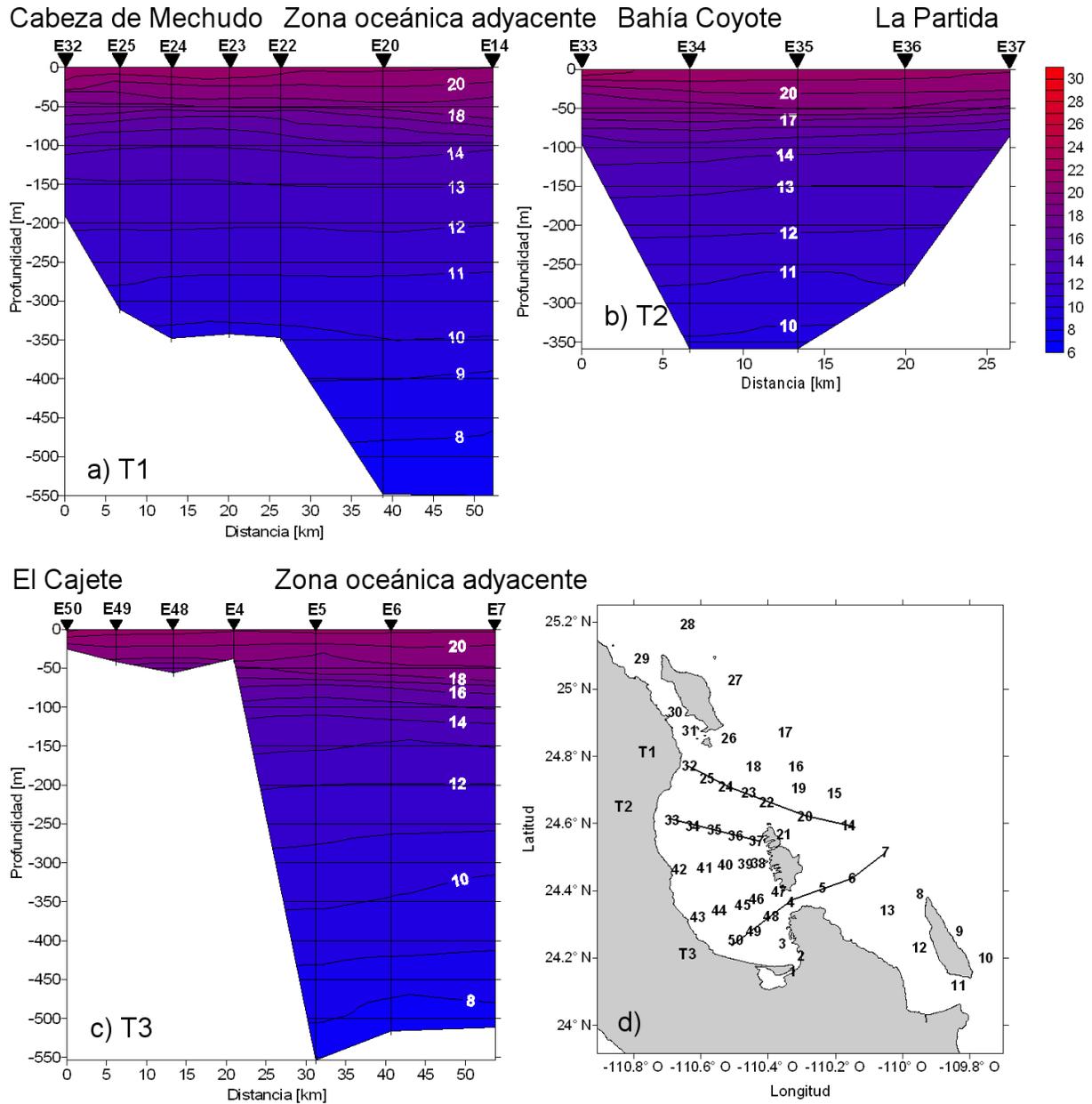


Figura 5. Transectos de temperatura (°C) del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

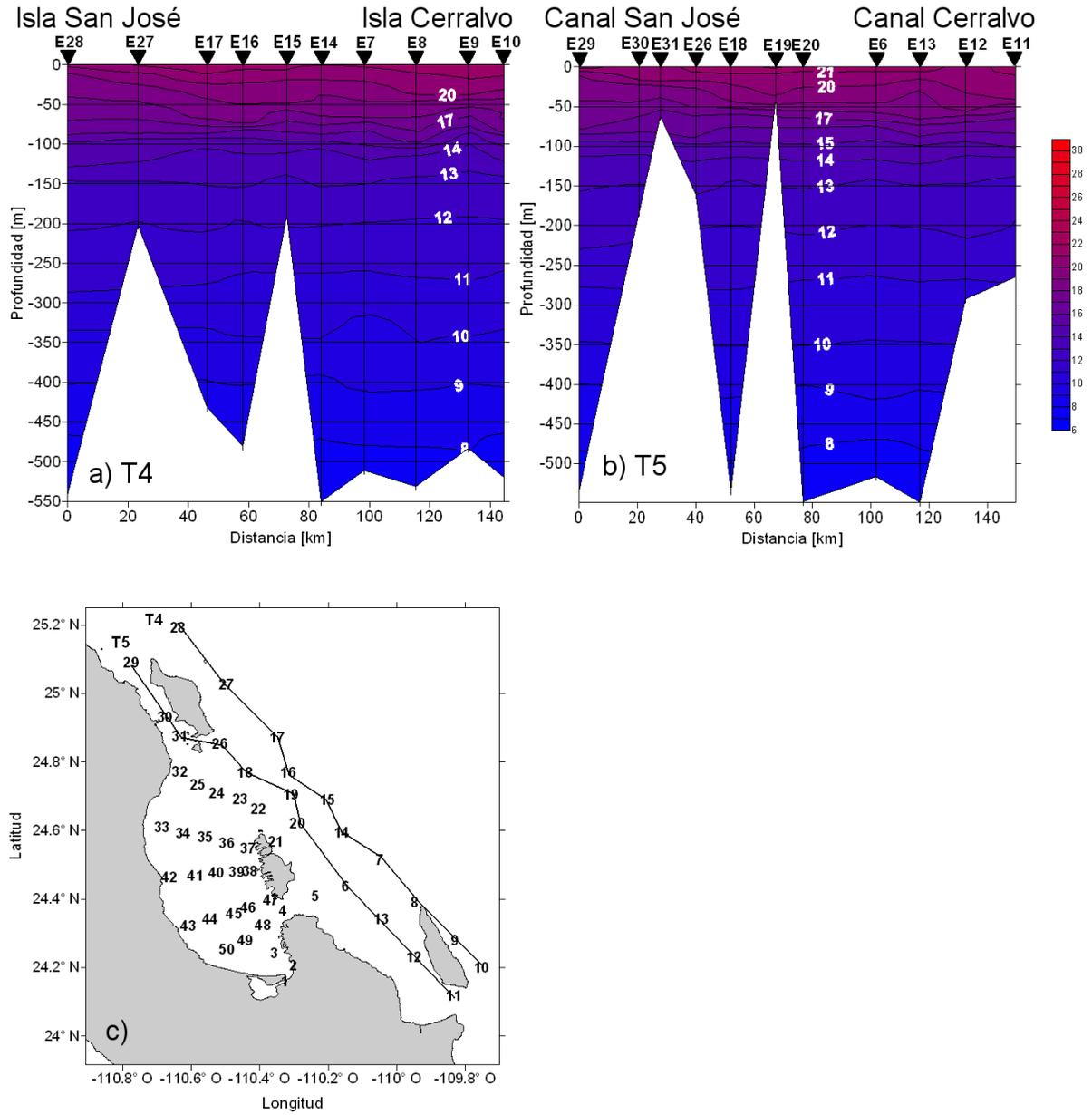


Figura 6. Transectos de temperatura (°C) del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

Los perfiles acumulados de salinidad en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente mostraron una capa de 50 m con dispersión de datos, con un valor promedio superficial de 35.37 y un rango de 35.69 a 35.10. Bajo esta capa se localizó una débil haloclina hasta los 75 m de profundidad, con un rango de 35.36 a 34.82, finalmente de los 75 a los 550 m los perfiles acumulados presentaron menor dispersión que las capas anteriores, con un rango de 35.11 a 34.53 (Fig. 7).

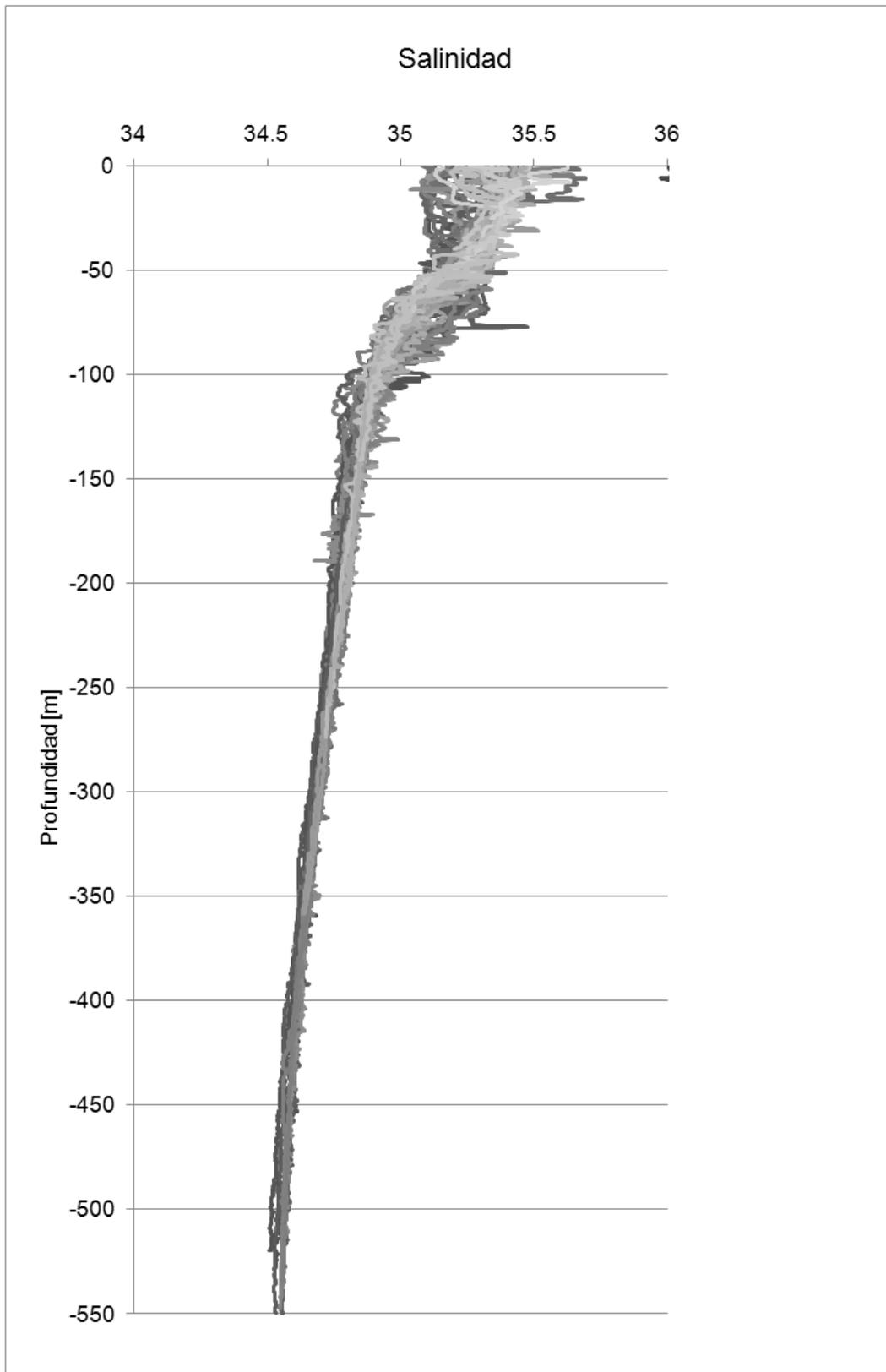


Figura 7. Gráfica de perfiles acumulados de salinidad del 3 al 6 de marzo del 2009.

En los mapas de distribución horizontal de salinidad, a nivel superficial se registró el mayor valor en la parte sur de la bahía y dentro de Ensenada de La Paz siendo de 35.9 y disminuyó al avanzar hacia Canal San Lorenzo donde se registró una salinidad de 35.2. La zona de Isla Cerralvo presentó la menor salinidad con 35.1, misma que se registró al este y suroeste de Isla Espiritu Santo. El sur de Isla San José presentó una concentración de 35.3, mientras que al norte se registró 35.5 (Fig. 8a).

A los 10 m de profundidad, la parte sur de la bahía mantuvo una salinidad de 35.5, presentando la mayor concentración en la parte norte del Mogote siendo de 35.6. El resto de la bahía mostró un valor entre 35.4 al oeste y 35.2 en el área de Canal San Lorenzo. La menor salinidad se registró en la zona de Isla Cerralvo y al este de Isla Espiritu Santo con 35.1. En el área de Isla San José se encontró un valor de 35.3 (Fig. 8b).

A los 50 m de profundidad la distribución fue prácticamente homogénea. La mayor parte del área de estudio mantuvo una salinidad de 35.2, presentando núcleos más salados de 35.3 en la costa noreste de Isla Espiritu Santo y en la parte norte de la zona oceánica adyacente (Fig. 8c).

A los 100 m de profundidad el agua fue homogénea. La Cuenca Alfonso y las zonas este y sur de Isla Cerralvo presentaron núcleos de baja salinidad de 34.8, el norte de Isla Cerralvo presentó la mayor salinidad con un valor de 35. El resto del área de estudio mostró una concentración de 34.9 (Fig. 8d).

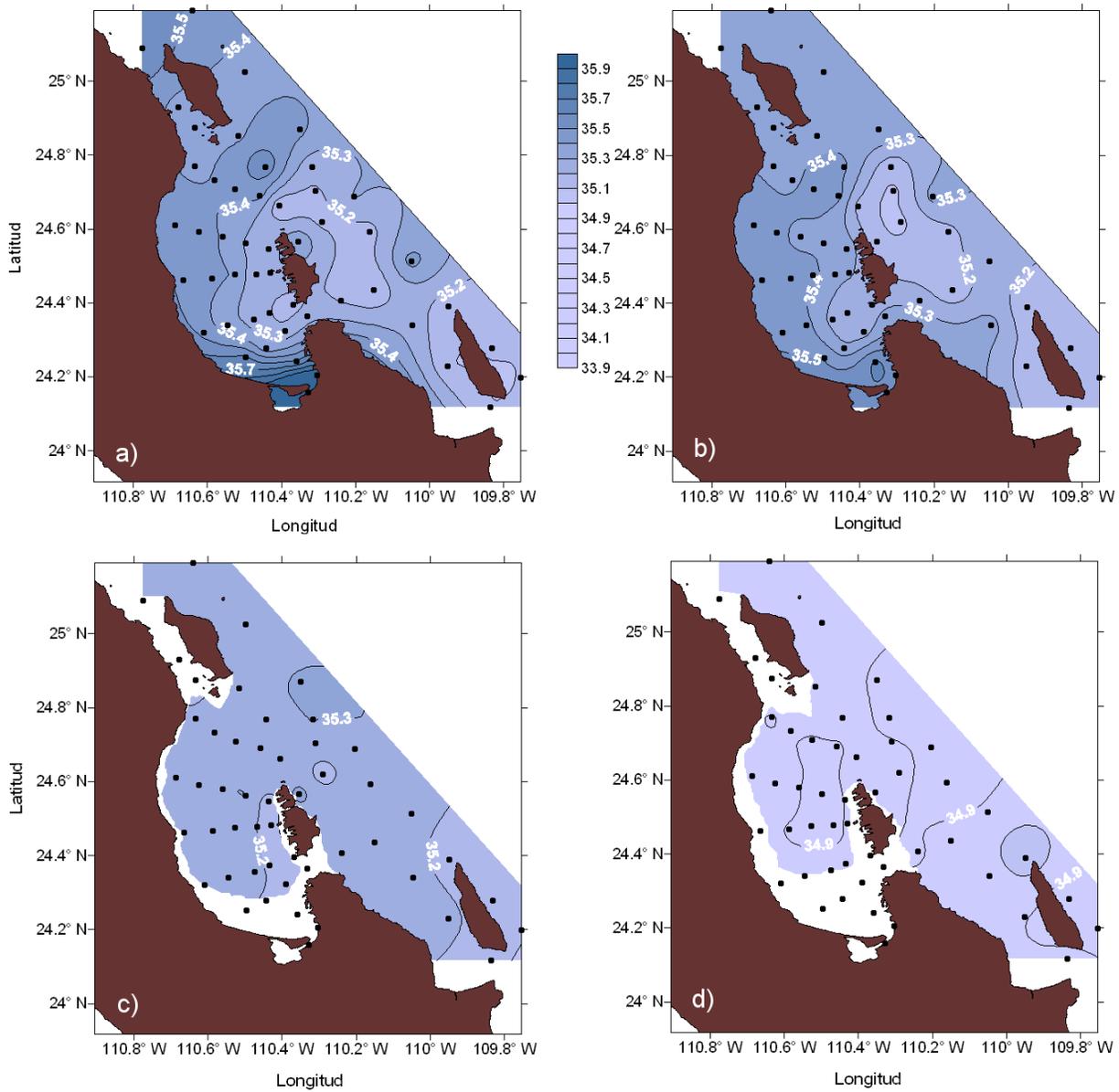


Figura 8. Distribución horizontal de salinidad en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 3 al 6 de marzo del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

Con respecto a la distribución vertical de salinidad, el transecto T1 presentó estratificación en los primeros 70 m de profundidad, zona donde se localizó la haloclina con gradiente intenso. Destacó un núcleo de alta salinidad superficial al norte de Cuenca Alfonso (E24) con 35.4, mientras que la menor salinidad superficial se registró fuera de la bahía con 35.2, presentando 34.5 de los 380 m de profundidad en adelante (Fig. 9a).

El transecto T2 fue prácticamente homogéneo en la zona de Cuenca Alfonso, desde la superficie hasta los 50 m profundidad con 35.3. Se observó una variación en la salinidad superficial de 35.4 en la zona de Bahía Coyote (E33) a 35.2 en la costa oeste de Isla La Partida (E37). El menor valor dentro de la bahía fue de 34.6 de los 280 m de profundidad en adelante (Fig. 9b).

El transecto T3 presentó estratificación en los primeros 70 m de profundidad. El núcleo de menor salinidad superficial se localizó en la boca del Canal San Lorenzo (E5 y E6) con 35.1. La zona de Cajete (E50) presentó la salinidad superficial más alta con 35.5. La zona oceánica adyacente mostró un valor superficial de 35.3 y de los 380 m de profundidad en adelante de 34.5 (Fig. 9c).

El T4 presentó una distribución heterogénea en los primeros 100 m de profundidad, mostrando isohalinas verticales y la mayor salinidad superficial al norte de Isla San José (E28 y E27) con 35.4, la menor se registró al este de Isla Cerralvo (E9 y E10) con 35.1. Entre Isla San José e Isla Cerralvo se encontró una concentración superficial promedio de 35.2. A partir de los 200 m de profundidad la distribución fue uniforme. La menor salinidad en la zona oceánica adyacente fue de 34.5 y se localizó a partir de los 380 m de profundidad (Fig. 10a).

El T5 mostró una distribución heterogénea en los primeros 115 m de profundidad, presentando la mayor salinidad superficial de 35.5 en dos puntos al noroeste de Isla San José en la estación E29 y más adelante en la E18. La menor salinidad de 35.1 se registró al sur y al oeste de Isla Cerralvo (E12 y E11). Entre Isla San José e Isla

Cerralvo (E19 E20 y E6) se registró una salinidad superficial de 35.1, junto con unos núcleos de 35.2 entre las estaciones E18 y E19 y en la E13. A partir de los 200 m de profundidad la distribución fue uniforme. El menor valor en la zona oceánica adyacente fue de 34.5 a partir de los 380 m de profundidad (Fig. 10b).

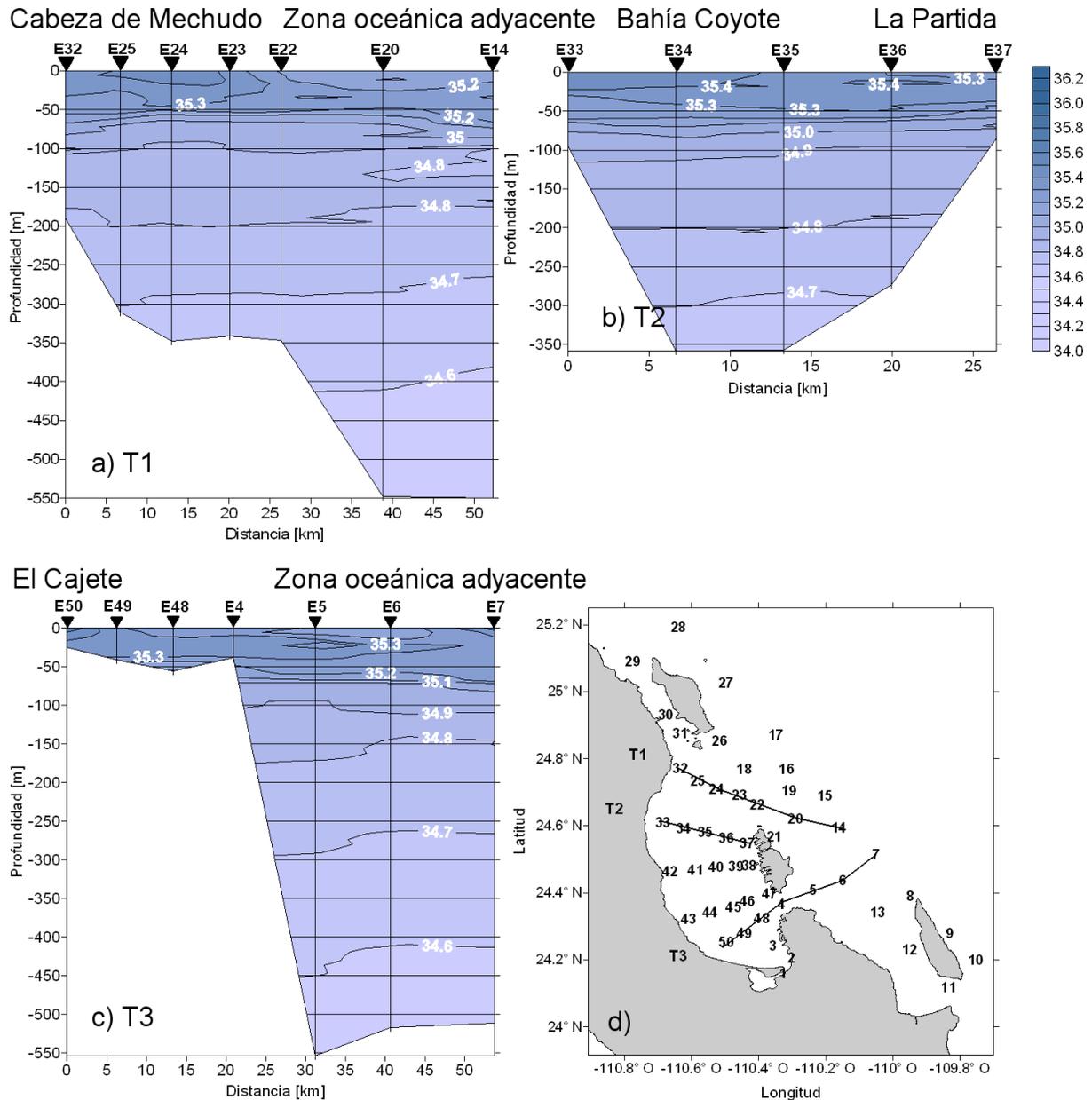


Figura 9. Transectos de salinidad del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

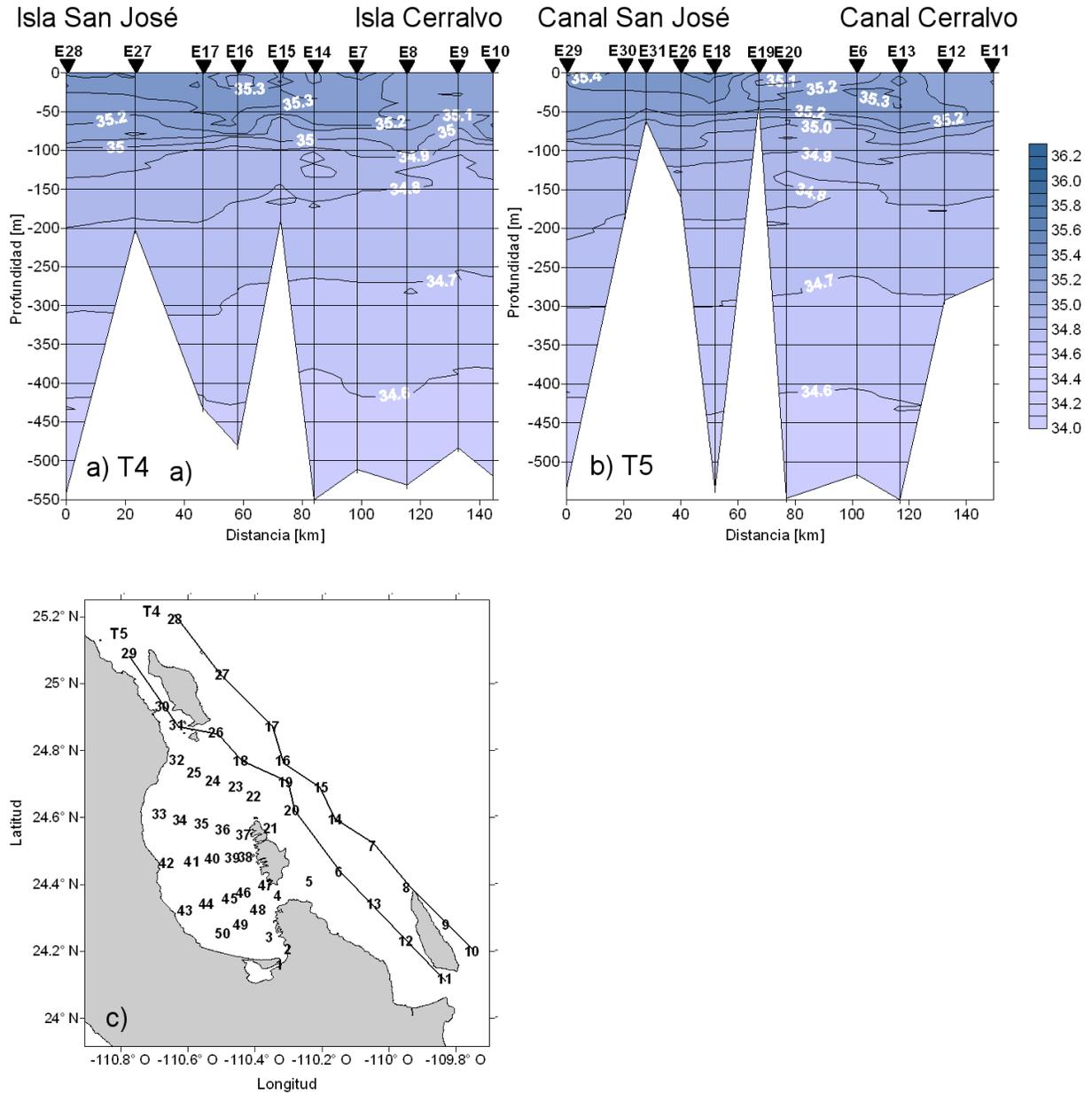


Figura 10. Transectos de salinidad del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

El diagrama T-S de toda el área de estudio de la campaña de marzo del 2009 indicó la presencia de Agua del Golfo de California, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico, registrada únicamente en la zona oceánica adyacente (Fig. 11).

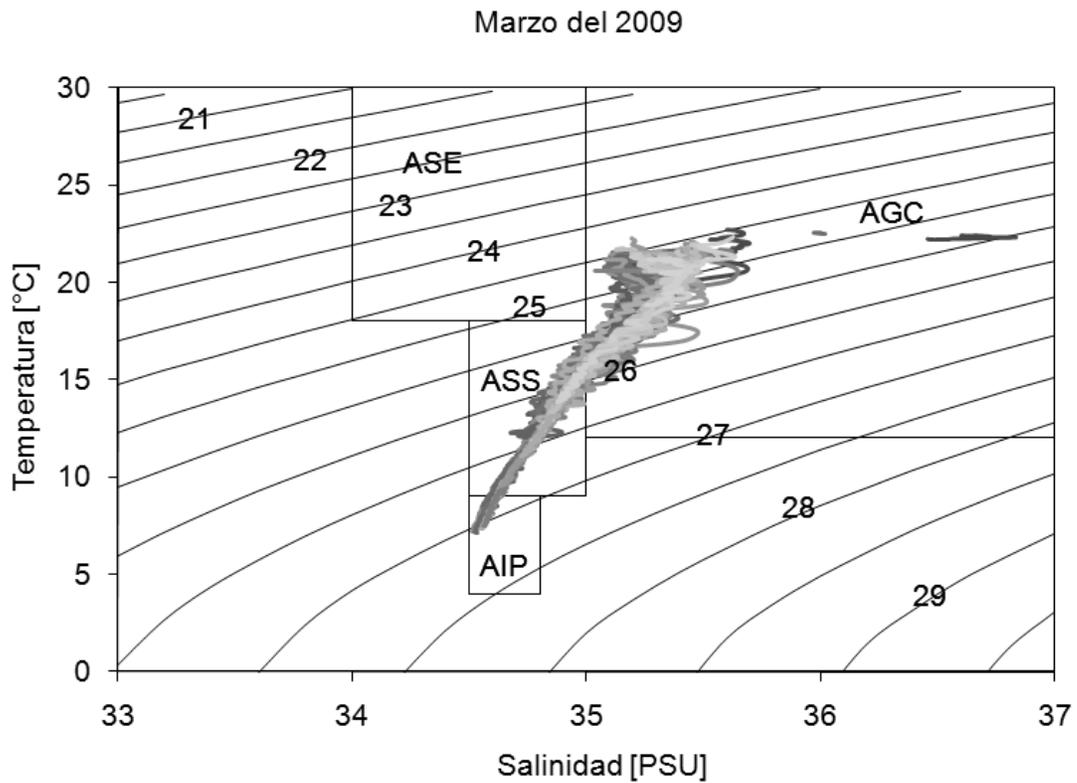
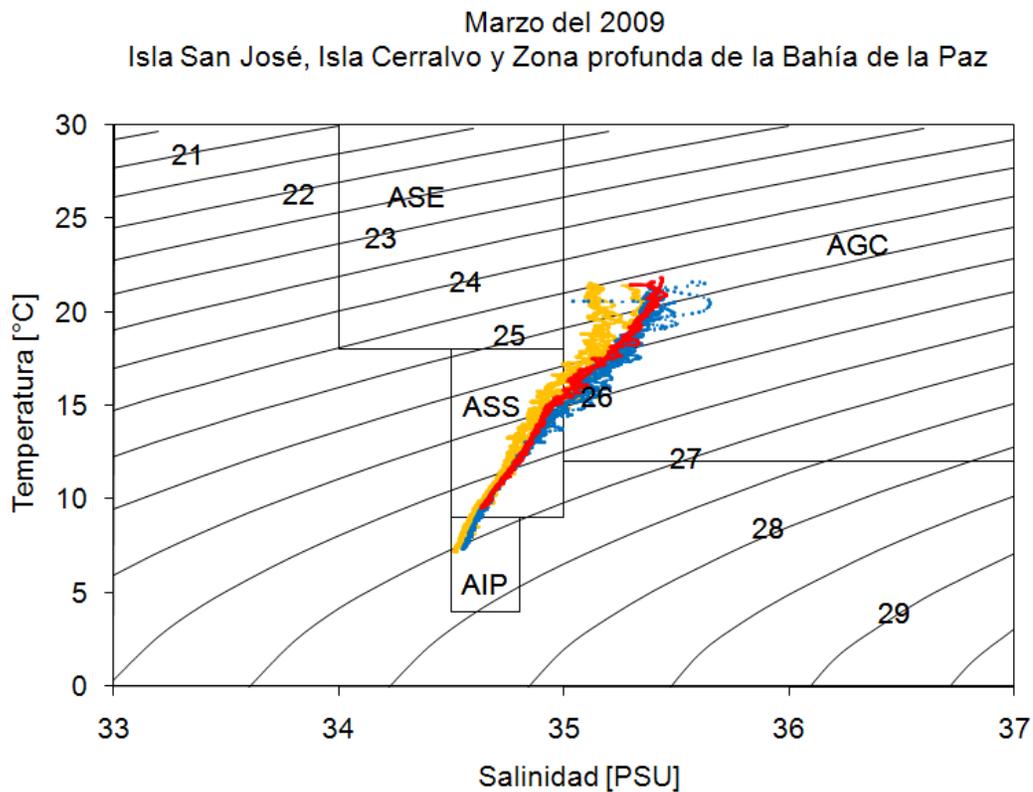


Figura 11. Diagrama T-S del 3 al 6 de marzo del 2009. Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S.

La figura 12 mostró al diagrama de T-S por zonas, en el cual destacaron las diferencias en salinidad, con valores más altos en la zona de Isla San José, disminuyendo en la parte profunda de la bahía y teniendo los menores en la zona de Isla Cerralvo. La zona de la Isla San José presentó Agua del Golfo de California, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico con un rango de salinidad de 35.65 a 34.55. La parte profunda de Bahía de La Paz mostró Agua del Golfo de California y Agua Subsuperficial Subtropical con un rango de 35.45 a 34.63. La zona de Isla Cerralvo presentó Agua del Golfo de California, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico con un rango de 35.25 a 34.53.



- Isla Cerralvo
- Isla San José
- Zona profunda de Bahía de la Paz

Figura 12. Diagrama T-S del 3 al 6 de marzo del 2009. Zona de Isla San José, Isla Cerralvo y parte profunda de Bahía de La Paz, B. C. S.

Los perfiles acumulados de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente mostraron una concentración superficial promedio de 35.00, con ausencia de capa de mezcla. Se registró el afloramiento de la piconoclina que mantuvo una pendiente con similar desde la superficie hasta los 100 m de profundidad, con un rango de 24.27 a 26.05. De los 100 m de profundidad en adelante los perfiles acumulados presentaron poca dispersión en toda el área de estudio, con un rango de 25.78 a 27.03 (Fig. 13).

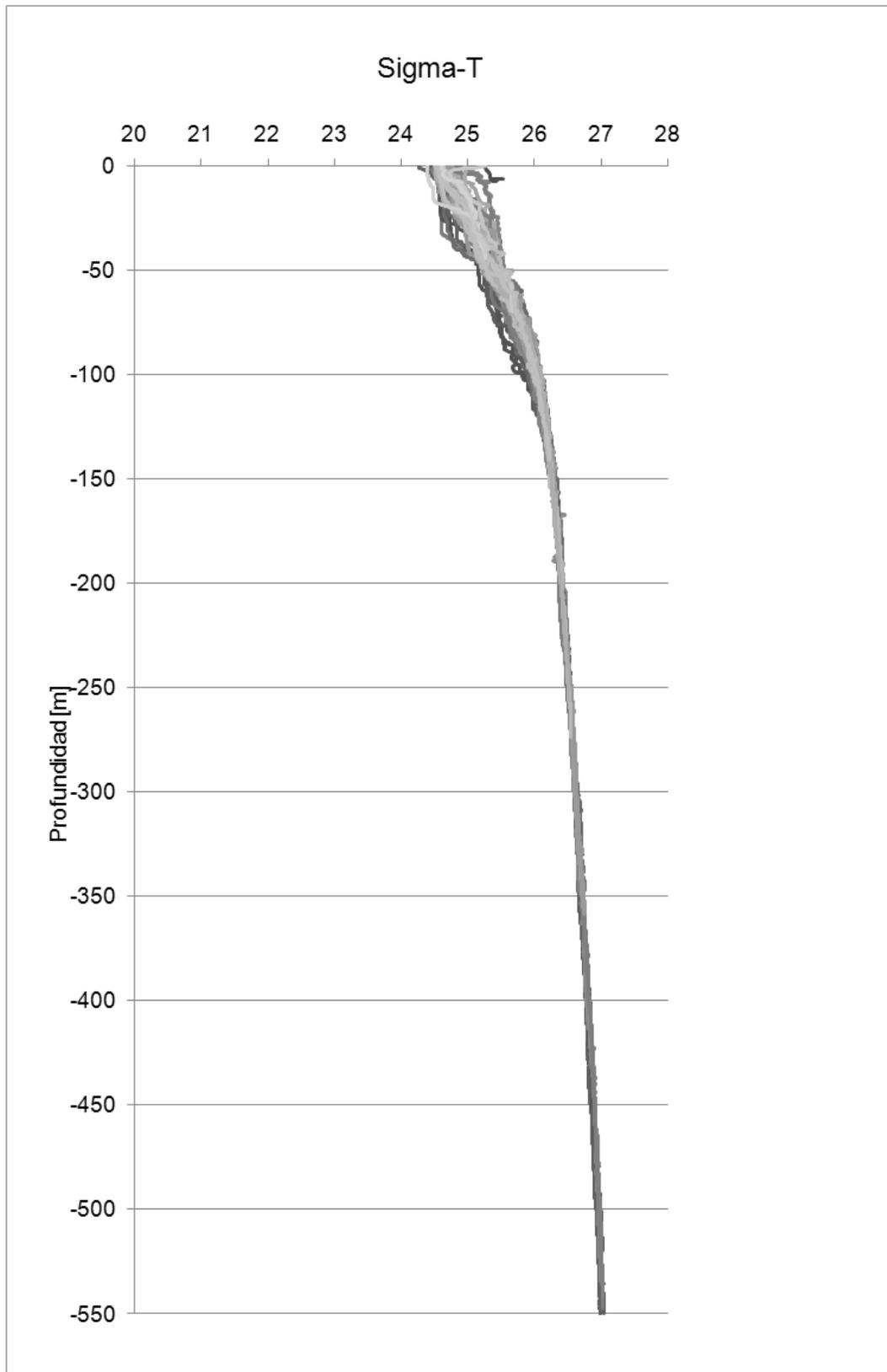


Figura 13. Gráfica de perfiles acumulados de densidad relativa del 3 al 6 de marzo del 2009.

La distribución horizontal de densidad relativa, mostró a nivel superficial el valor más alto en Ensenada de La Paz con 25 unidades. La costa norte del Mogote y el norte de Isla San José presentaron una densidad relativa de 24.8 unidades. La zona de Isla Cerralvo, Boca Norte y Canal San Lorenzo mostraron el mismo valor de 24.4, mientras que el resto del área de estudio tuvo un valor de 24.6 unidades (Fig. 14a).

A los 10 m de profundidad, la densidad relativa fuera de la bahía aumentó desde el área de Isla Cerralvo con un valor de 24.4 unidades, hasta el norte de Isla San José con un valor de 25 unidades. Las zonas sur y suroeste de la bahía presentaron 24.8 unidades, mientras que su norte y noroeste mostraron un valor de 24.6. Se observaron dos núcleos de baja densidad en las costas oeste y este de Isla Espíritu Santo con un valor de 24.4 (Fig. 14b).

A los 50 m de profundidad, mostró a la zona costera de Bahía de La Paz con un valor alto de 25.4 unidades, mismo valor encontrado en el área de Isla San José. Se presentó un núcleo de baja densidad de 25 unidades al norte de Isla Cerralvo. El centro de la bahía tuvo el mismo valor que la zona oceánica adyacente siendo de 25.2 (Fig. 14c).

A los 100 m de profundidad el agua fue prácticamente homogénea. Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente presentaron una densidad relativa que tuvo una variación de 25.8 a 26 unidades (Fig. 14d).

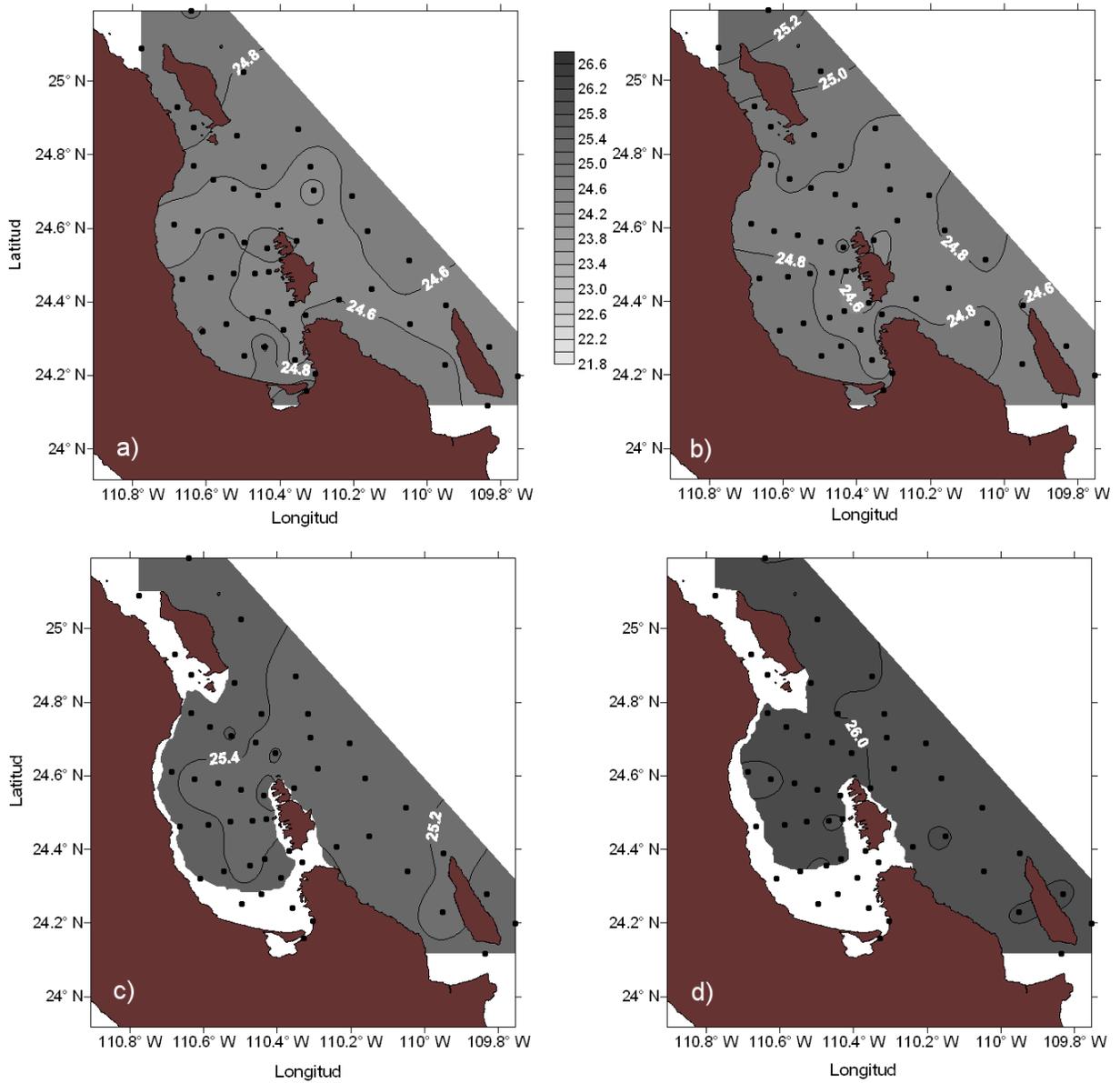


Figura 14. Distribución horizontal de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 3 al 6 de marzo del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

Con respecto a la distribución vertical de densidad relativa, el transecto T1 presentó estratificación en los primeros 100 m de profundidad, zona donde se localizó la pycnoclina con gradiente intenso. La densidad superficial en la costa de Cabeza de Mechudo (E32 y E25) y en la zona oceánica adyacente (E14) fue de 24.6 unidades, teniendo la menor densidad relativa superficial entre ambas con un valor de 24.4. Se observó una condición barotrópica dentro y fuera de la bahía (Fig. 15a).

El transecto T2 mostró el menor valor superficial en la costa de Punta Coyote (E33 y E34), siendo de 24.4 unidades, mientras que en la costa oeste de La Partida (E36 y E37) fue de 24.6. La densidad relativa presentó una variación vertical dentro de la bahía de 2.2, desde los 24.4 en la superficie hasta los 26.6 a partir de los 280 m de profundidad (Fig. 15b).

El transecto T3 presentó estratificación en los primeros 100 m de profundidad. La densidad superficial en la costa de El Cajete (E50) y en la zona oceánica adyacente (E7) fue de 24.6 unidades, se registró el menor valor superficial entre ambas zonas (E6) con un valor de 24.4 unidades. Se registró una condición barotrópica dentro y fuera de la bahía, a excepción de la isopicna de 25.2 que tuvo un levantamiento al sureste de Isla Espíritu Santo (E5) a los 25 m de profundidad (Fig. 15c).

El T4 mostró estratificación en los primeros 100 m de profundidad, presentando la mayor densidad relativa superficial al norte de Isla San José (E28) con 25 unidades y la menor al este de Isla Cerralvo (E8, E9 y E10) con 24.4 unidades. La isopicna de 24.6 unidades afloró al este de Isla Espíritu Santo (E15, E14 y E7) y el levantamiento de las isopicnas en esta zona se presentó desde la superficie hasta los 50 m de profundidad. Se encontraron condiciones baroclínicas desde la superficie hasta los 200 m de profundidad, mientras que a partir de los 200 m de profundidad se encontró una condición barotrópica (Fig. 16a).

El transecto T5 de manera similar mostró estratificación en los primeros 100 m de profundidad, presentando la mayor densidad relativa superficial al noroeste de Isla

San José (E29, E30 y E31) con 24.8 unidades y la menor al oeste de Isla Cerralvo (E11) y al este de Isla Espíritu Santo (E19, E20 y E6) con 24.4 unidades. La isopicna de 24.6 unidades afloró al este de Isla Espíritu Santo (E13), el levantamiento de las isopicnas en esta área se presentó desde la superficie hasta los 50 m de profundidad. Se encontraron condiciones baroclínicas desde la superficie hasta los 400 m de profundidad (Fig. 16b).

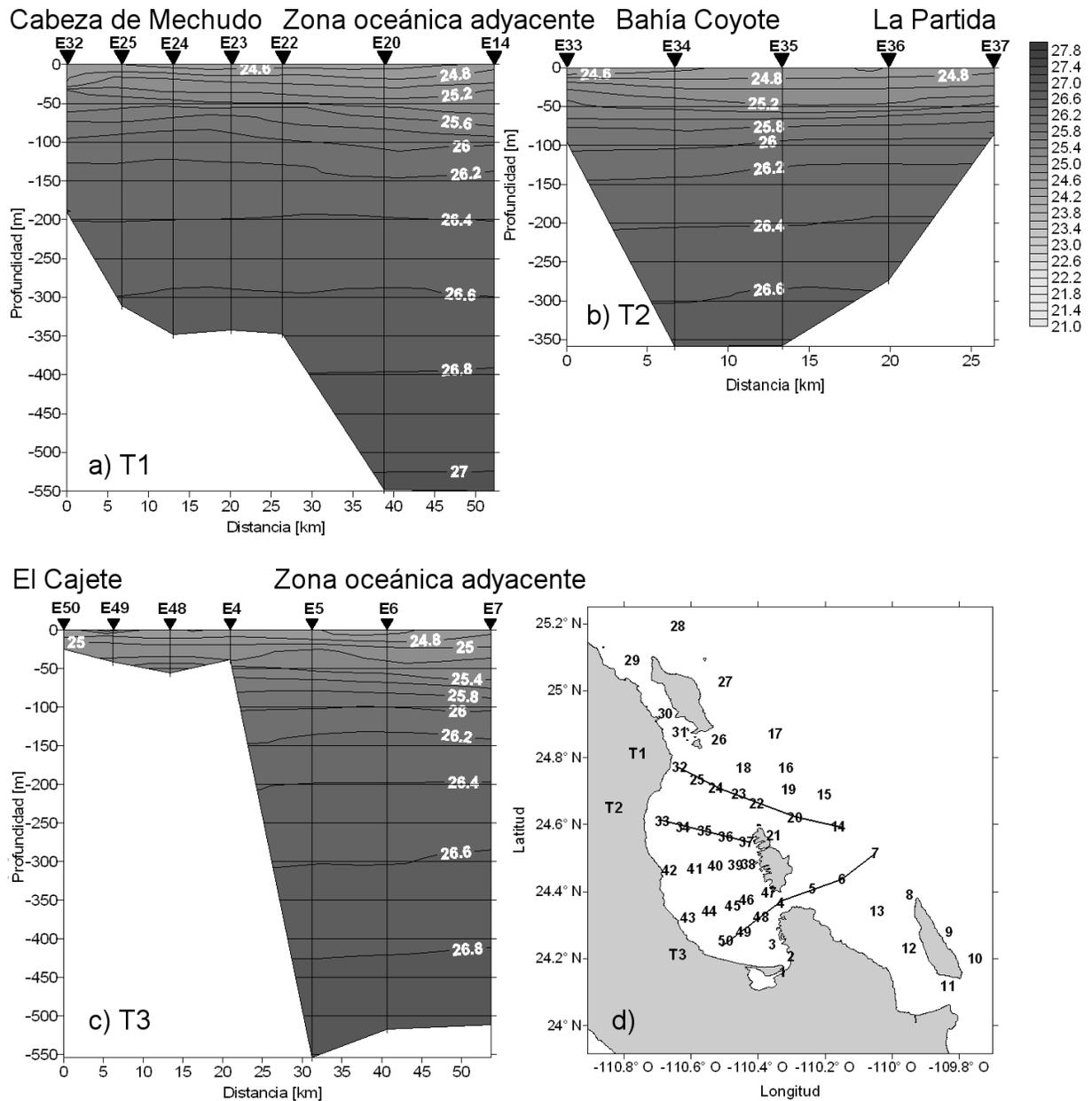


Figura 15. Transectos de densidad relativa del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

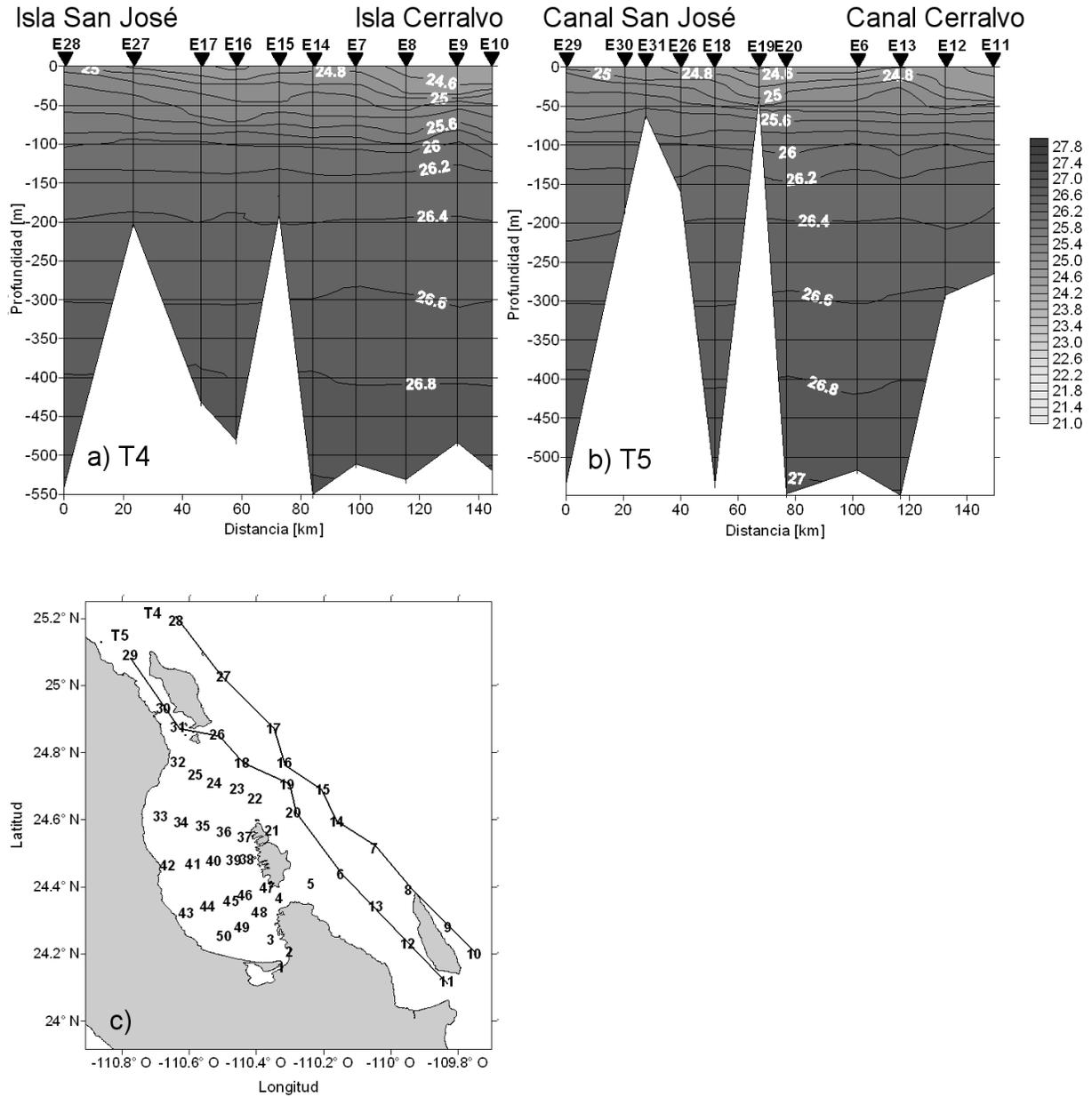


Figura 16. Transectos de densidad relativa del 3 al 6 de marzo del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

8.1.2 Junio del 2009

En este periodo, los perfiles acumulados de temperatura en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente presentaron una termoclina con un promedio superficial de 26.98°C, desde la superficie hasta los 75 m de profundidad, mostrando gradiente intenso y dispersión de datos, con un rango de temperatura de 28.6 a 14.3°C. Los perfiles acumulados de los 75 a los 547 m de profundidad presentaron un gradiente de temperatura menos intenso y poca dispersión, con un rango de temperatura de 15 a 7.6°C.

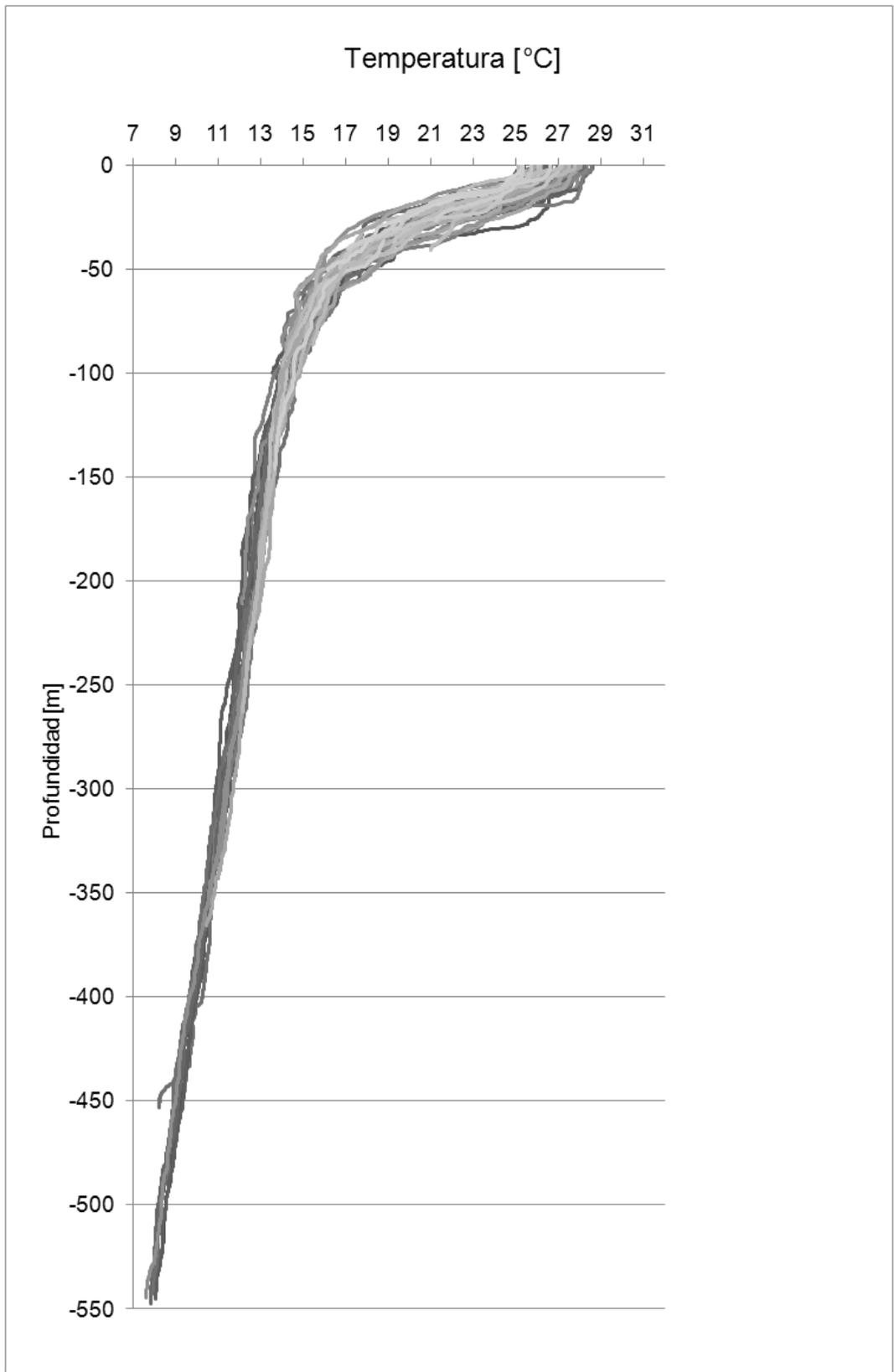


Figura 17. Gráfica de perfiles acumulados de temperatura (°C) del 15 al 19 de junio del 2009.

La distribución horizontal de temperatura, a nivel superficial mostró que en el sur de Bahía de La Paz la temperatura fue menor que en el norte y en su zona oceánica adyacente. Se registró un núcleo más frío en el sur de la bahía frente al Canal San Lorenzo con un valor de 25°C. La costa norte del Mogote y Ensenada de La Paz presentaron el mismo valor que las costas este y oeste de Isla Espiritu Santo, así como el sur de Isla Cerralvo siendo de 26°C. La parte oeste de la bahía, la zona norte de Isla Cerralvo y la zona norte de Isla San José presentaron 27°C. Se registró un núcleo más caliente de 28.5°C en la zona norte de Isla Espiritu Santo y este de Isla San José (Fig. 18a).

A los 10 m de profundidad, la distribución fue heterogénea, con cuatro núcleos fríos y uno caliente. Los tres núcleos fríos de 23°C se localizaron en Cuenca Alfonso, en el sur de la bahía y al noreste de Isla Espiritu Santo. El núcleo frío de 24°C se presentó al este de Isla Cerralvo. Mientras que el núcleo caliente de 28°C se ubicó al noreste de Isla Espiritu Santo y sureste de Isla San José. El norte de Isla San José presentó 26°C mientras que el sur de Isla Cerralvo mostró 25°C (Fig. 18b).

A los 50 m de profundidad, la mayor parte de Bahía de La Paz, el norte de Isla Espiritu Santo y el oeste de Isla Cerralvo mostraron 16.5°C. Se observó un núcleo más frío de 15.5°C en Cuenca Alfonso, así como un núcleo más cálido de 18°C en la costa oeste de Isla San José (Fig. 18c).

A los 100 m de profundidad la distribución de temperatura fue prácticamente homogénea. El sur de la bahía y la zona de Isla San José presentaron la temperatura más alta, de 14.5°C. El resto del área de estudio presentó un valor de 14°C, a excepción del sur y norte de Isla Cerralvo, que presentaron 13.5°C (Fig. 18d).

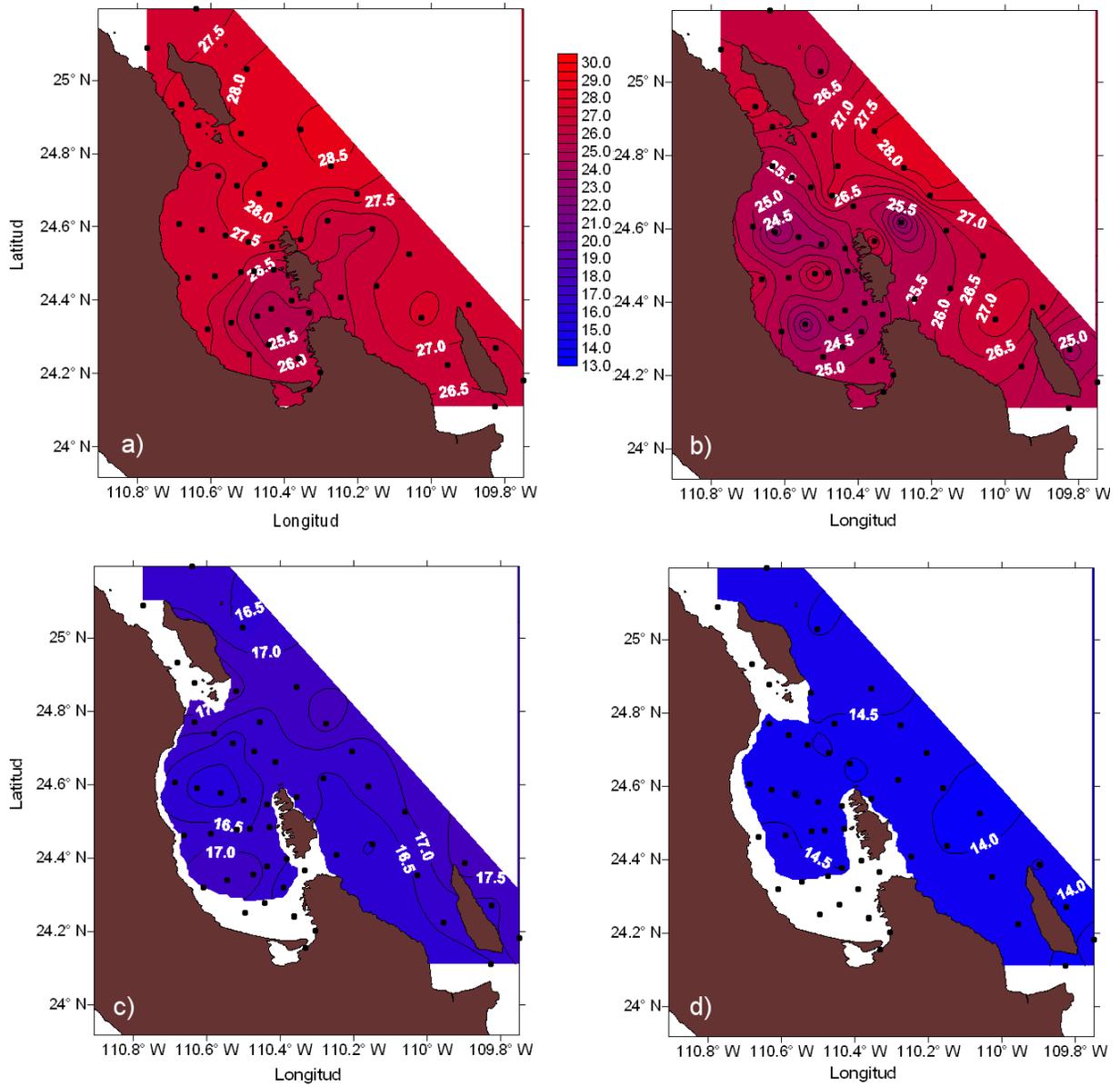


Figura 18. Distribución horizontal de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 15 al 19 de junio del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

En la distribución vertical de temperatura, el transecto T1 presentó estratificación en los primeros 75 m de profundidad, zona donde se localizó la termoclina, con un gradiente intenso de $0.16^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Mostró una variación en la temperatura superficial de 1° , desde los 27°C en el centro de la bahía (E25, E24, E23 y E22), hasta los 26°C en la zona oceánica adyacente (E20 y E14) y en la costa de Cabeza de Mechudo (E32) (Fig. 19a).

El transecto T2 presentó de igual manera estratificación en los primeros 75 m de profundidad, con un gradiente de $0.16^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y una temperatura superficial homogénea de 27°C . La menor temperatura registrada dentro de la bahía fue de 10°C a partir de los 340 m de profundidad. Se registró el levantamiento de las isotermas de 14 a 24°C en Cuenca Alfonso (E34 y E35) de los 8 a los 100 m de profundidad (Fig. 19b).

El transecto T3 mostró también estratificación en los primeros 75 m de profundidad, con un gradiente de $0.16^{\circ}\text{C}/\text{m}$ y un núcleo cálido de 27°C entre las estaciones E4 y E6, que se hunde hasta los 5 m. Presentó una variación vertical en la temperatura en la zona oceánica adyacente de 19° , desde los 27°C en la superficie, hasta los 8°C a 450 m de profundidad. Se registró el afloramiento de la isoterma de 25°C en la zona sur de la bahía y el levantamiento de las isotermas de 18 a 26°C en esta área de los 5 a los 37 m de profundidad (E49, E48 y E4) (Fig. 19c).

En el T4 se encontró estratificación y un gradiente de temperatura de $0.17^{\circ}\text{C}/\text{m}$ desde la superficie hasta los 75 m de profundidad. En la superficie presentó a las zonas norte y este de Isla San José (E28 y E27) con un valor de 27°C y al este de Isla Cerralvo (E9 y E10) con 26°C . Se registró un núcleo cálido de 28°C al sureste de Isla San José (E16 y E17) y un núcleo menos cálido de 26°C al noreste de Isla Espíritu Santo (E14). Los hundimientos y levantamientos de las isotermas comenzaron con la de 28°C en la superficie, hasta la de 12°C a 250 m de profundidad. Presentó la menor temperatura a partir de los 450 m de profundidad con 8°C (Fig. 20a).

El transecto T5 presentó estratificación y un gradiente intenso de 12°C desde la superficie hasta los 75 m de profundidad. En la superficie presentó a las áreas oeste y sur de Isla San José (E29, E30, E31, E26 y E18) con una temperatura de 27°C y al oeste de Isla Cerralvo (E13 y E12) con 26°C. Se registró el afloramiento de la isoterma de 26°C al este de Isla Espíritu Santo (E20 y E6), el levantamiento de las isotermas desde la de 12 hasta la de 25°C en esta área, desde los 4 hasta los 250 m de profundidad. Mostró la menor temperatura a partir de los 530 m de profundidad, siendo de 7°C (Fig. 20b).

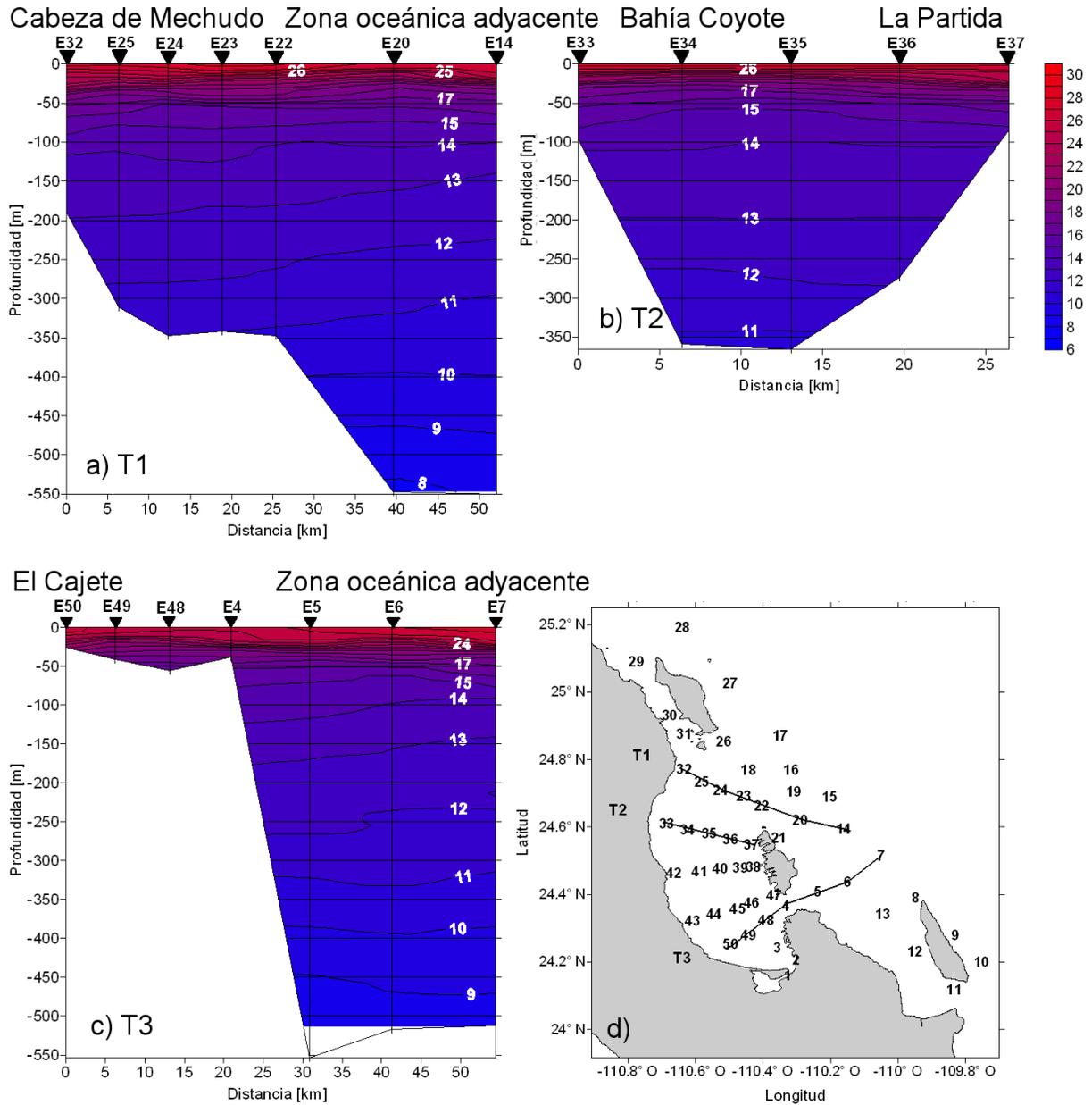


Figura 19. Transectos de temperatura (°C) del 15 al 19 de junio del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

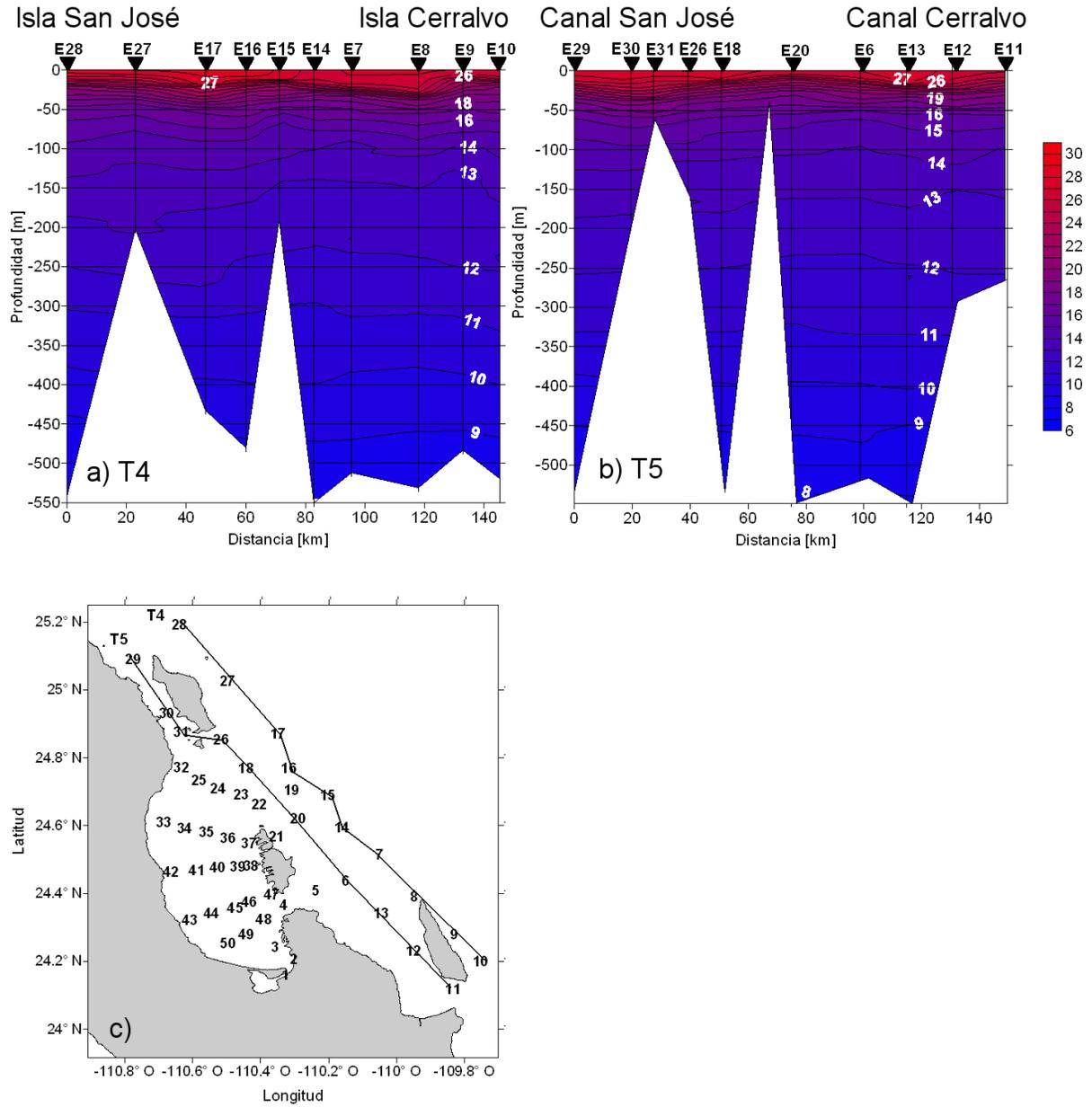


Figura 20. Transectos de temperatura (°C) del 15 al 19 de junio del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

Los perfiles acumulados de salinidad para este periodo en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente mostraron una concentración superficial promedio de 35.42. Se registró una haloclina con gradiente intenso desde la superficie hasta los 50 m de profundidad, con un rango de 35.95 a 34.75. De los 50 a los 100 m los perfiles acumulados presentaron menor estratificación que en la superficie, con un rango de 35.35 a 34.72, finalmente de los 100 a los 550 m se encontraron con menor dispersión que las capas anteriores, con un rango de 35.02 a 34.53 (Fig. 21).

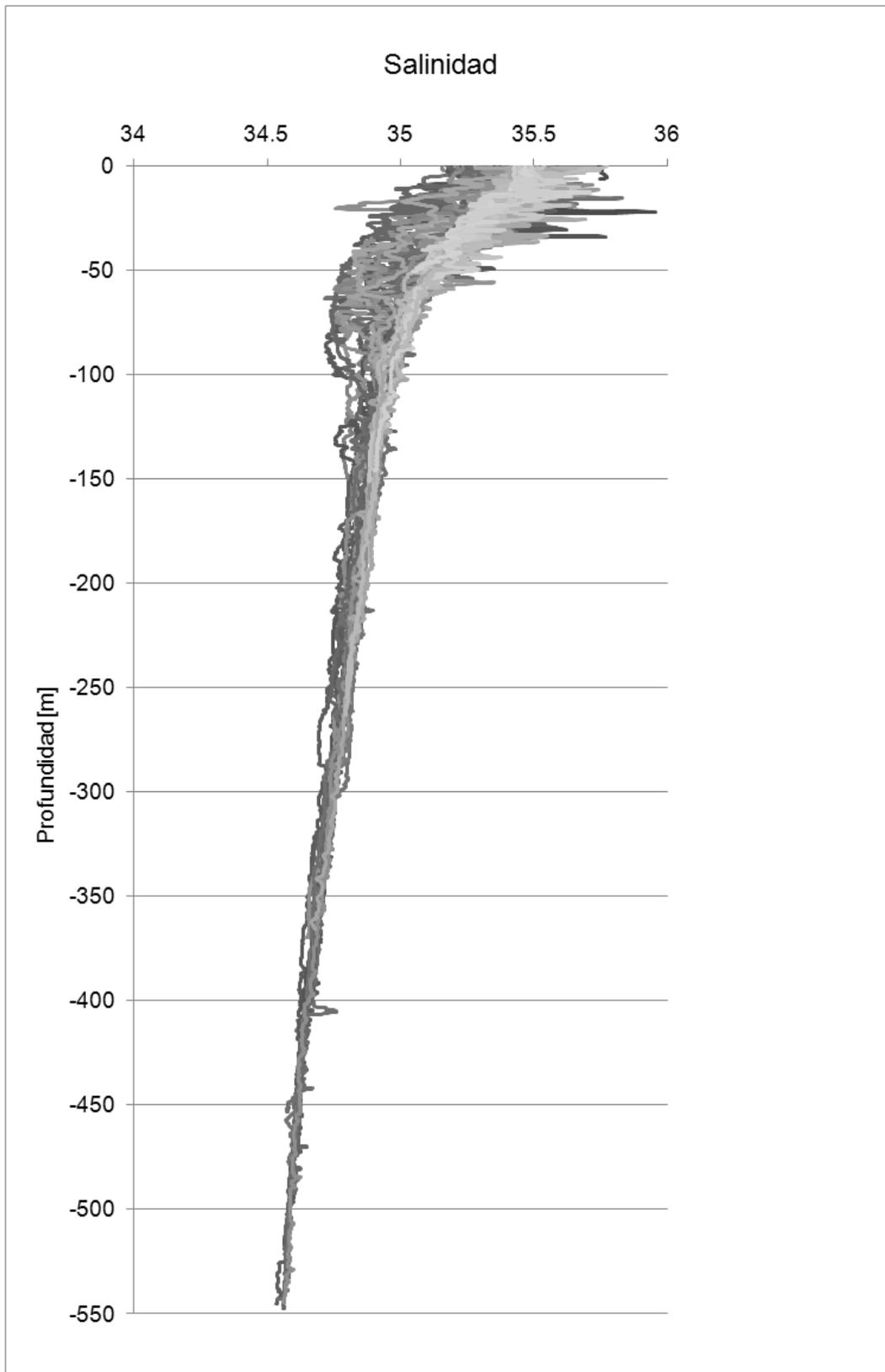


Figura 21. Gráfica de perfiles acumulados de salinidad del 15 al 19 de junio del 2009.

En los mapas de distribución horizontal de salinidad, a nivel superficial fue mayor la concentración en la bahía que en la zona oceánica adyacente. El mayor valor se registró dentro de Ensenada de La Paz y en la costa norte del Mogote siendo de 35.9. El centro de la bahía tuvo la misma salinidad que el norte de Isla San José con 35.4. La menor salinidad registrada fue de 35.1 en las costas oeste y sur de Isla Cerralvo (Fig. 22a).

A los 10 m de profundidad la bahía y las costas oeste y noreste de Isla San José presentaron una salinidad de 35.4. La mayor concentración se registró en la zona oeste de la bahía, en Cuenca Alfonso y al norte de Isla San José con 35.5. La menor salinidad se registró al sur de Isla Cerralvo y al norte de Isla Espíritu Santo y sureste de Isla San José con 35.1 (Fig. 22b).

A los 50 m de profundidad se encontró a la costa oeste de la bahía, al oeste de Isla San José y al este de Isla Cerralvo con una salinidad de 35.1. Se registraron tres núcleos de 34.8 al noreste de Isla Espíritu Santo y al este de Isla San José (Fig. 22c).

A los 100 m de profundidad el agua fue prácticamente homogénea. Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente presentaron principalmente una salinidad de 34.9. Al norte de Isla Espíritu Santo y al norte y este de Isla Cerralvo se registró un valor de 34.8 (Fig. 22d).

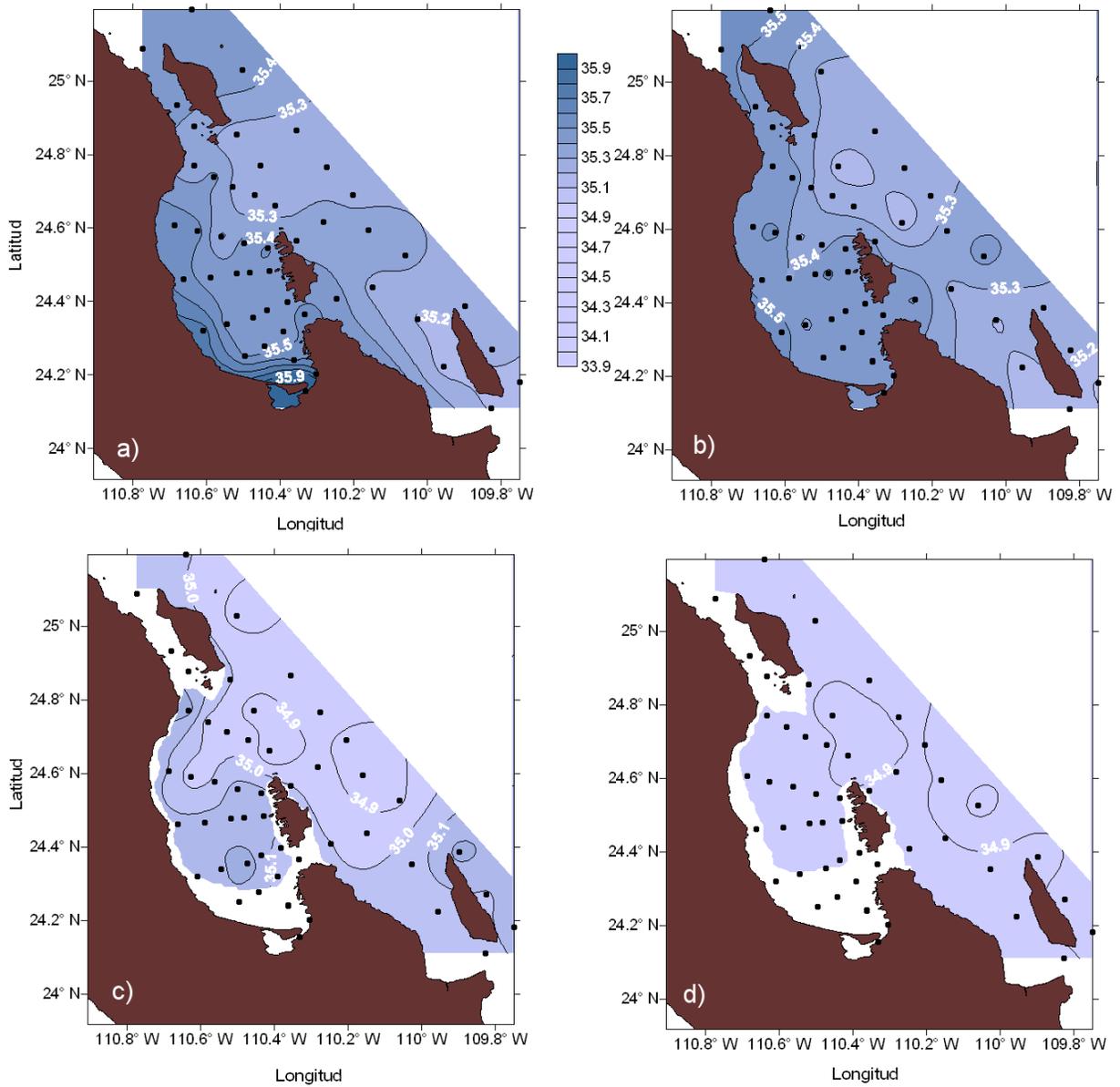


Figura 22. Distribución horizontal de salinidad en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 15 al 19 de junio del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

Con respecto a la distribución vertical de salinidad, el transecto T1 presentó agua heterogénea en los primeros 50 m de profundidad, con núcleos e isohalinas verticales. Se registró la misma concentración de 35.3 en la costa de Cabeza de Mechudo (E32) y en la zona oceánica adyacente (E14). Se encontró un núcleo de mayor salinidad, con un valor de 35.6 al norte de Cuenca Alfonso (E24 y E25) a 8 m de profundidad (Fig. 23a).

El transecto T2 mostró a la costa de Bahía Coyote (E33) y a la costa oeste de la Partida (E37) con los valores de salinidad superficial más altos, de 35.5. Destacó un núcleo de baja salinidad de 35.3 en la zona de Cuenca Alfonso (E35), así como el levantamiento de las isohalinas de 35.3 a 35 en esta área, dentro de un rango de profundidad de 4 a 50 m (Fig. 23b).

El transecto T3 presentó una distribución heterogénea en los primeros 50 m de profundidad. Presentó una variación vertical en la salinidad en la zona oceánica adyacente de 0.9, desde los 35.4 en la superficie hasta los 34.5 a 450 m de profundidad. Se registró un núcleo de baja salinidad superficial de 35.2 al sureste de Isla Espíritu Santo (E6) (Fig. 23c).

El T4 mostró una distribución heterogénea desde la superficie hasta los 200 m de profundidad. En la superficie presentó al norte y este de Isla San José (E28 y E27) con el valor más alto de salinidad de 35.5 y al este de Isla Cerralvo con 35.3 (E8, E9 y E10). Se registró un núcleo de menor salinidad al sureste de Isla San José (E17, E16 y E15) con un valor de 35.3. Destacaron los levantamientos de las isohalinas de 34.8 a 35.1 al este de Isla Espíritu Santo (E15, E14, E7 y E8) dentro de un rango de profundidad de 20 a 250 m. Presentó la menor concentración de salinidad a partir de los 480 m de profundidad con 34.5 (Fig. 24a).

El transecto T5 presentó una distribución heterogénea desde la superficie hasta los 150 m de profundidad. En la superficie presentó al norte y oeste de Isla San José (E29 y E30) con el valor más alto de 35.4 y al oeste de Isla Cerralvo (E13, E12 y

E11) con 35.1. Se registró un núcleo con la mayor salinidad, de 35.5 al noroeste de Isla San José (E29) dentro de un rango de profundidad de 4 a 20 m. Destacaron los levantamientos de las isohalinas de 34.8 a 35.1 al norte y este de Isla Espíritu Santo (E31, E26, E18, E20 y E6) dentro de un rango de profundidad de 10 a 250 m. Presentó la menor salinidad a partir de los 450 m de profundidad con 34.5 (Fig. 24b).

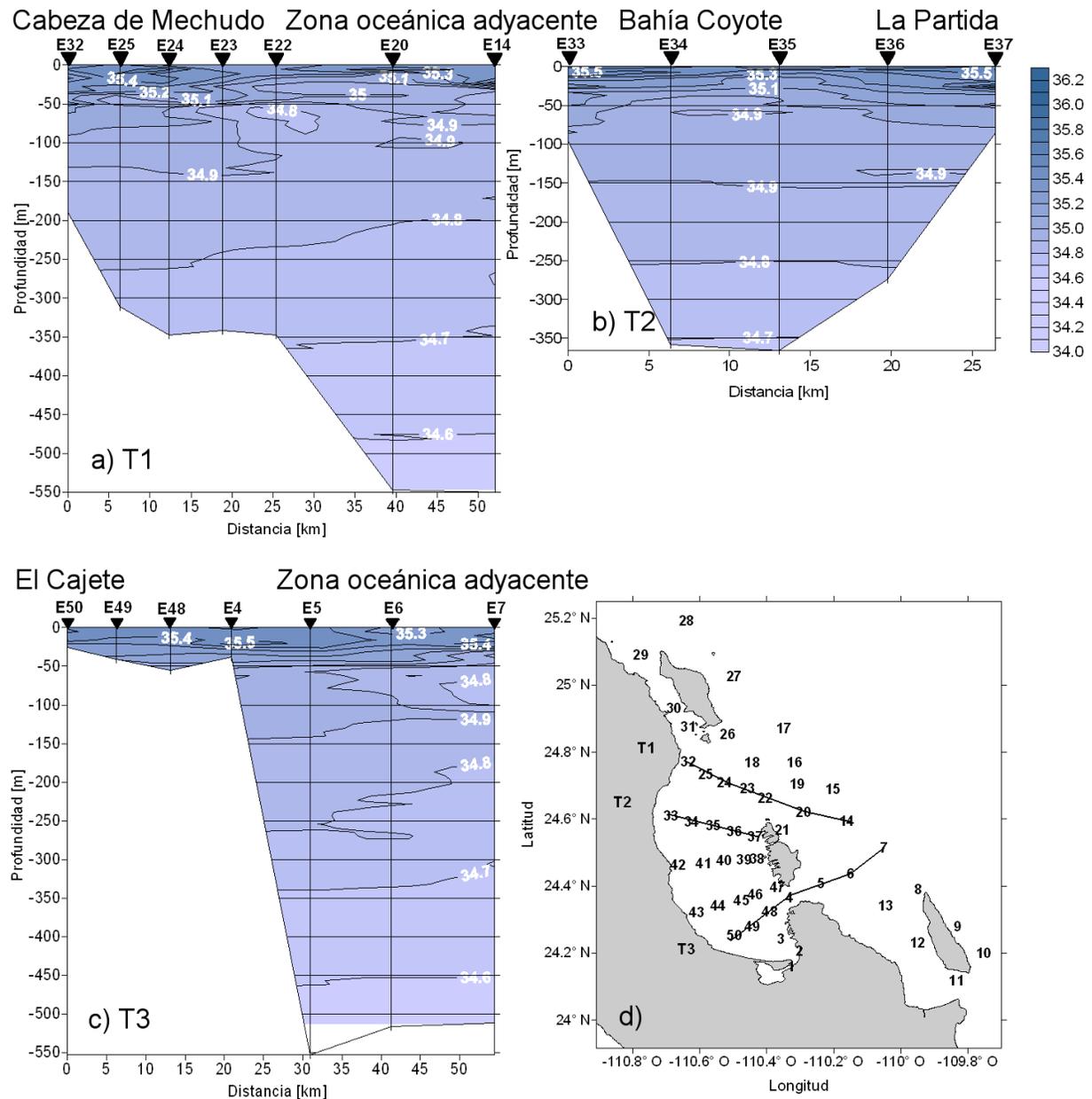


Figura 23. Transectos de salinidad del 15 al 19 de junio del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

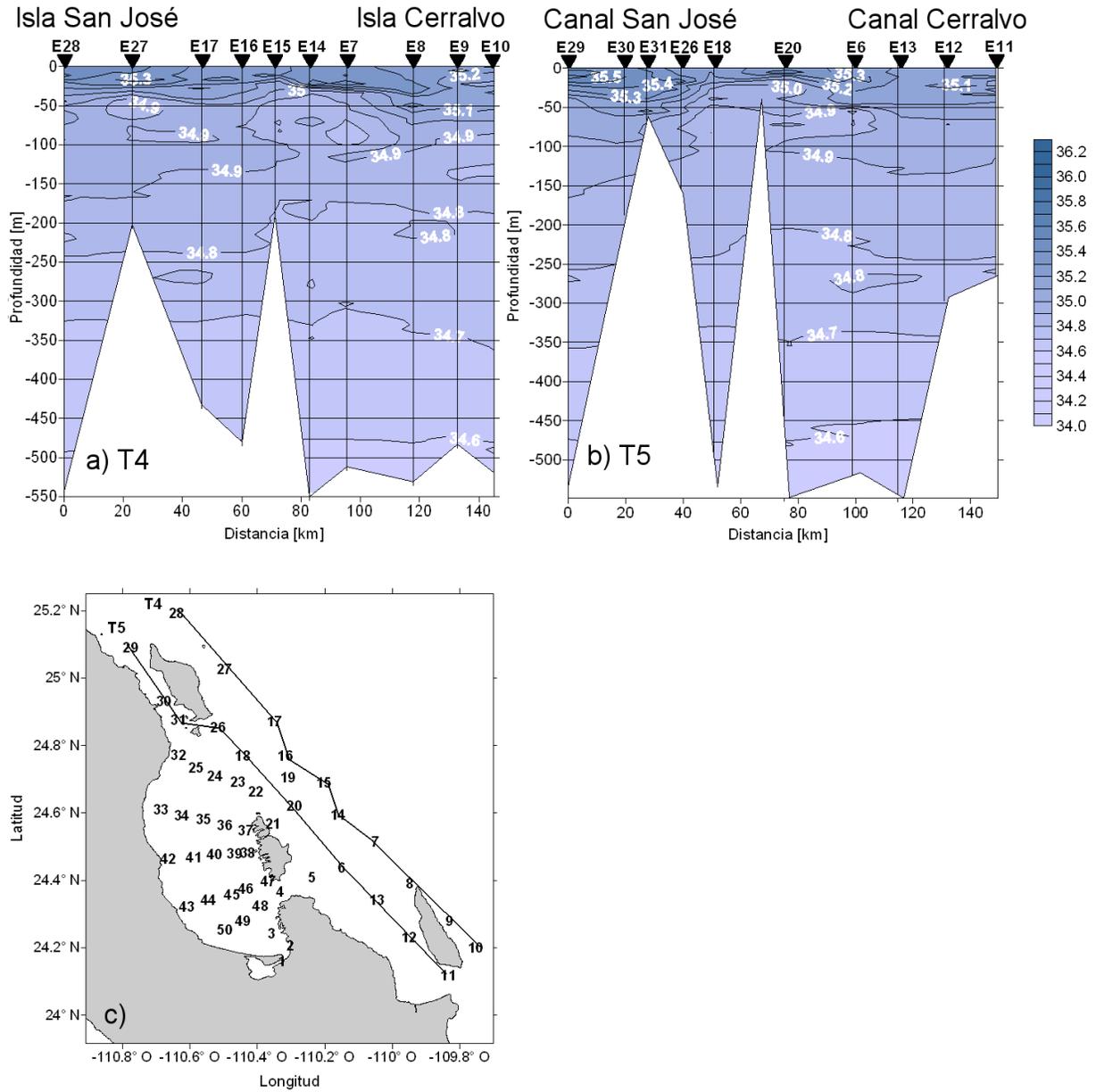


Figura 24. Transectos de salinidad del 15 al 19 de junio del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

El diagrama T-S de toda el área de estudio de la campaña de junio del 2009 mostró la presencia de Agua del Golfo de California, Agua Superficial Ecuatorial, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico, registrada únicamente en la zona oceánica adyacente (Fig. 25).

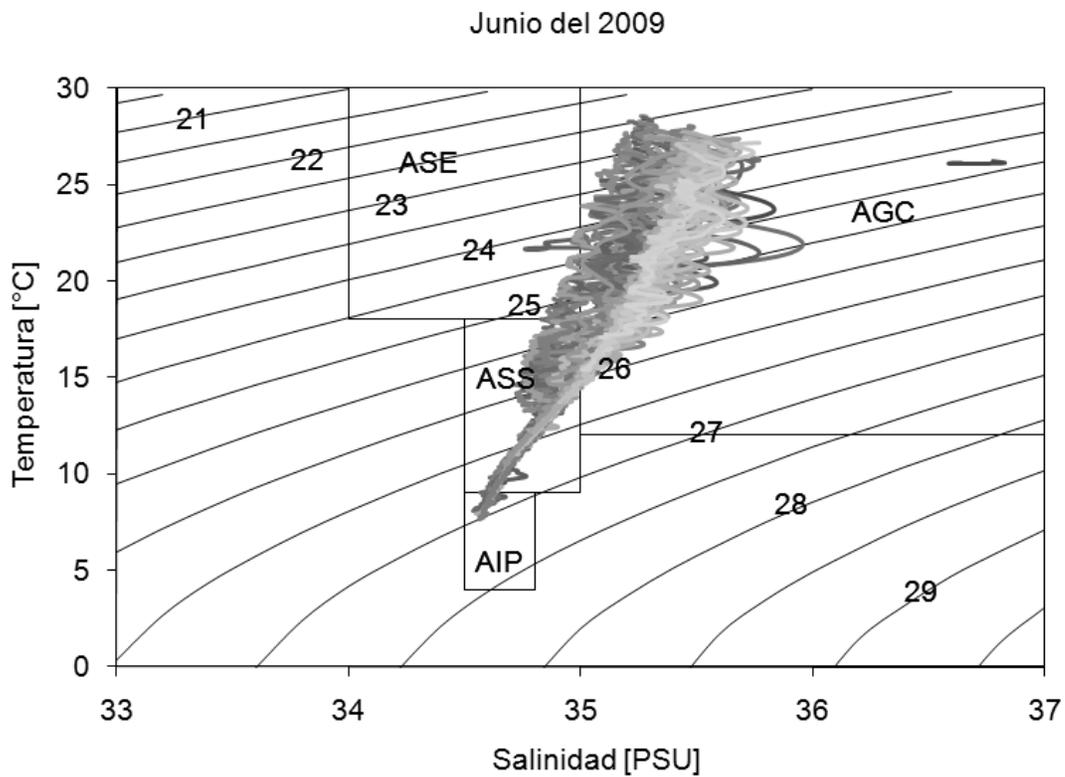
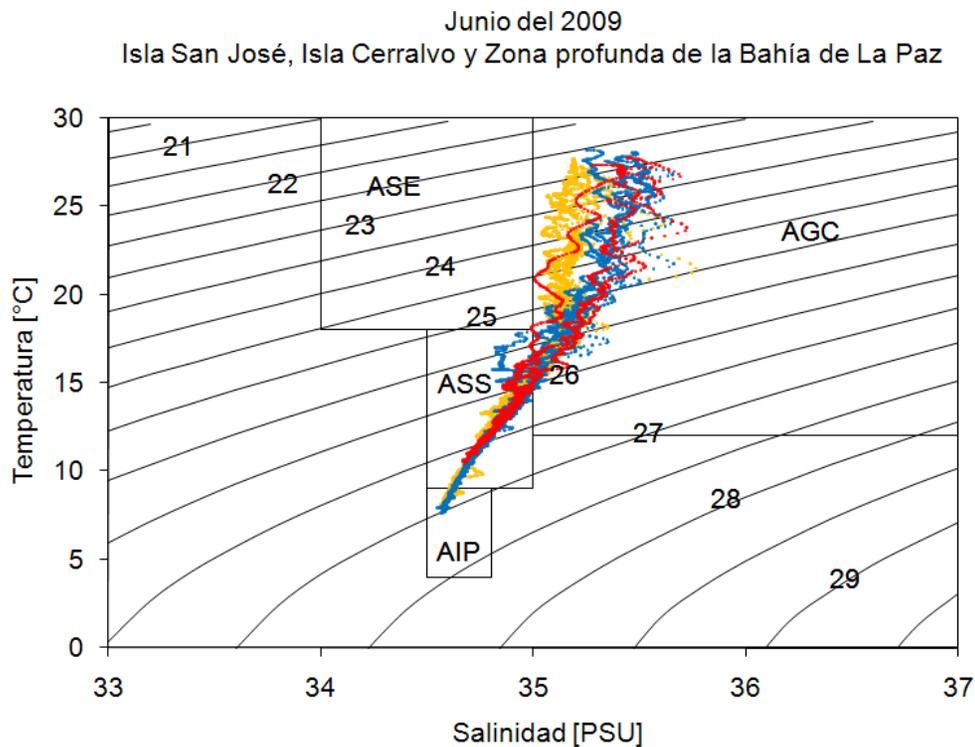


Figura 25. Diagrama T-S del 15 al 19 de junio del 2009. Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S.

La figura 26 mostró al diagrama de T-S por zonas, en el cual destacaron las diferencias en salinidad, la zona de Isla San José y la parte profunda de la bahía presentaron a nivel superficial los valores más altos, teniendo los menores en la zona de Isla Cerralvo. La zona de la Isla San José presentó Agua del Golfo de California, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico con un rango de salinidad de 35.66 a 34.54. La parte profunda de Bahía de La Paz mostró Agua del Golfo de California y Agua Subsuperficial Subtropical con un rango de 35.72 a 34.67. La zona de Isla Cerralvo presentó Agua del Golfo de California, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico con un rango de 35.77 a 34.59. El desplazamiento hacia la salinidad de 35 en el rango de los 20 a los 28°C de las tres zonas muestra la influencia del Agua Superficial Ecuatorial (Fig. 26).



- Isla Cerralvo
- Isla San José
- Zona profunda de Bahía de la Paz

Figura 26. Diagrama T-S del 15 al 19 de junio del 2009. Zona de Isla San José, Isla Cerralvo y parte profunda de Bahía de La Paz, B. C. S.

Los perfiles acumulados de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente mostraron un valor superficial promedio de 23.04. Se registró una pycnoclina con gradiente intenso y dispersión de datos desde la superficie hasta los 75 m de profundidad, con un rango de 22.39 a 26 unidades. De los 75 a los 550 m de profundidad los perfiles acumulados presentaron menor dispersión, con un rango de 26 a 26.99. (Fig. 27).

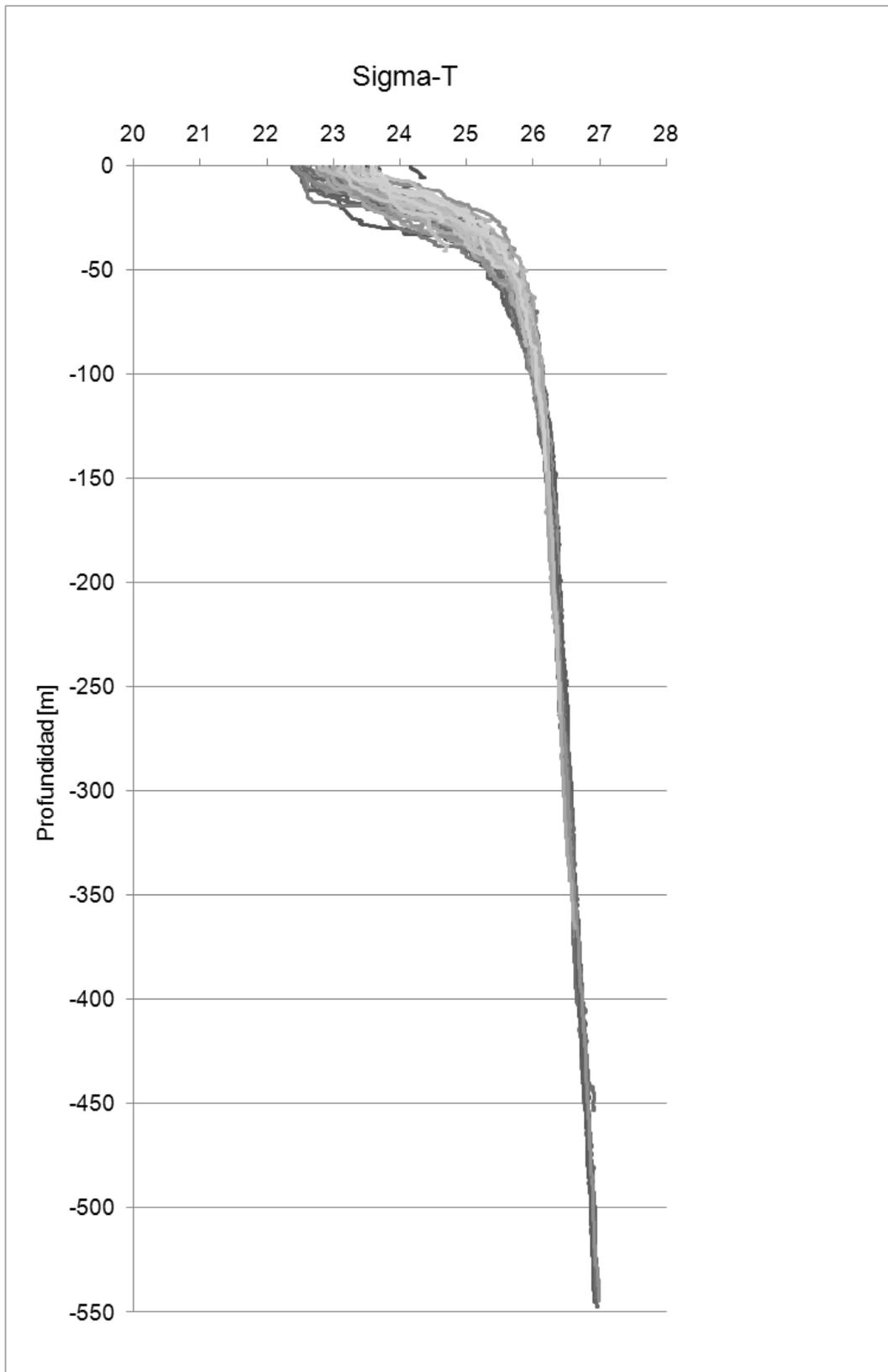


Figura 27. Gráfica de perfiles acumulados de densidad relativa del 15 al 19 de junio del 2009.

La distribución horizontal de densidad relativa, a nivel superficial mostró al sur de Bahía de La Paz con mayor densidad que el norte y su zona oceánica adyacente. La mayor densidad relativa se localizó en Ensenada de La Paz con un valor de 24 unidades. Se registró un núcleo de 23.6 en el sur de la bahía frente al Canal San Lorenzo. La parte oeste de la bahía presentó la misma densidad relativa que las costas este y oeste de Isla Espiritu Santo, así como el sur de Isla Cerralvo, con un valor de 23. El norte de Isla San José y el norte Isla Cerralvo de presentaron una densidad relativa de 22.8 unidades (Fig. 28a).

A 10 m de profundidad, la distribución fue heterogénea, con cuatro núcleos de mayor densidad. Los dos núcleos de alta densidad de 24 unidades se localizaron en Cuenca Alfonso y en el sur de la bahía. El núcleo de alta densidad de 23.8 unidades se ubicó al noreste de Isla Espiritu Santo. El núcleo de alta densidad de 23.6 unidades se presentó al este de Isla Cerralvo. Se registró la menor densidad de 22.4 unidades en dos estaciones al noreste de Isla Espiritu Santo. El norte de Isla San José y el sureste de Isla Cerralvo presentaron una densidad relativa de 23.2 unidades (Fig. 28b).

A los 50 m de profundidad, mostró a la mayor parte de Bahía de La Paz, al este de Isla Espiritu Santo y al oeste de Isla Cerralvo, con un valor de 25.6 unidades. Se observó un núcleo de mayor densidad de 25.8 en Cuenca Alfonso, así como un núcleo de menor densidad de 25.2 unidades en la costa sur de Isla San José (Fig. 28c).

A los 100 m de profundidad el agua fue homogénea. Bahía de La Paz y el área de las Islas San José, Espiritu Santo y Cerralvo presentaron una densidad relativa de 26 unidades. Se registró sólo un núcleo de menor densidad de 25.8 unidades al sureste de Isla San José (Fig. 28d).

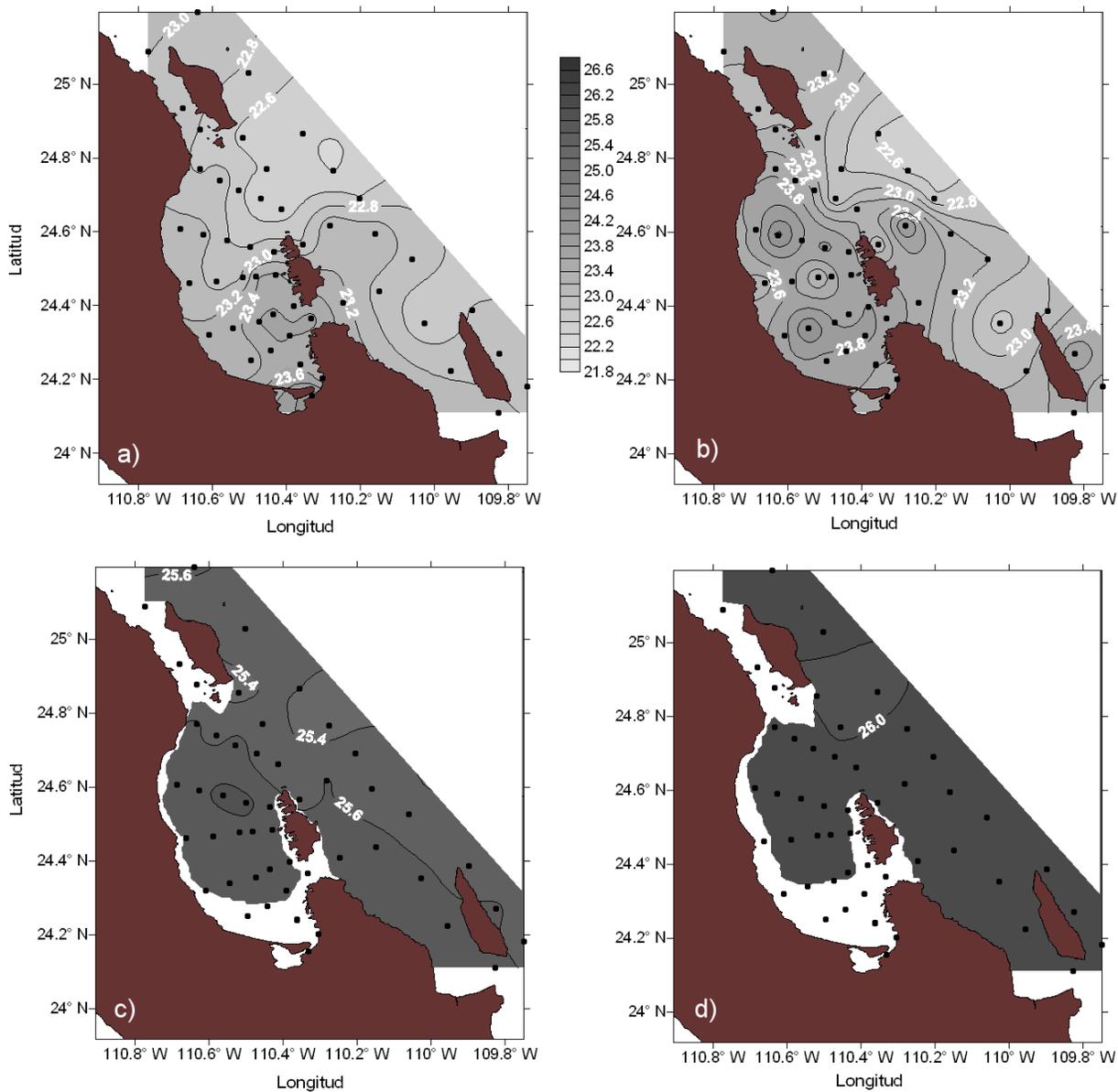


Figura 28. Distribución horizontal de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 15 al 19 de junio del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

Con respecto a la distribución vertical de densidad relativa, el transecto T1 presentó estratificación en los primeros 75 m de profundidad, zona donde se localizó la pycnoclina con gradiente intenso, mostrando una diferencia en la densidad relativa superficial de sólo 0.2 unidades, desde el interior de la bahía (E32) con 22.8 hasta los 23 en la zona oceánica adyacente (E37) (Fig. 29a).

El transecto T2 presentó estratificación en los primeros 75 m de profundidad, con un valor superficial de 23 unidades en la zona costera (E33, E34, E36 y E37) y un valor de 22.8 en el centro de la bahía (E35). La mayor densidad relativa registrada dentro de la bahía fue de 26.4 unidades a partir de los 250 m de profundidad. Destacó el levantamiento de las isopícnas de 23.2 a 26 unidades en Cuenca Alfonso (E34 y E35) de los 5 a los 70 m de profundidad (Fig. 29b).

El T3 mostró de igual manera estratificación en los primeros 75 m de profundidad. Presentó una variación vertical en la densidad relativa en la zona oceánica adyacente de 4 unidades, desde los 22.8 en la superficie, hasta los 26.8 a 450 m de profundidad. Destacó el afloramiento de la isopícnica de 23.6 y el levantamiento de las isopícnas de 23.8 a 24.8 unidades de los 8 a los 20 m de profundidad en la parte sur de la bahía (E48) (Fig. 29c).

En el T4 se encontró estratificación desde la superficie hasta los 75 m de profundidad. En la superficie presentó a las zonas norte y este de Isla San José (E28 y E27) y al este de Isla Cerralvo (E7, E8, E9 y E10) con una densidad de 22.8 unidades, mostró un núcleo de menor densidad relativa de 22.4 unidades al sureste de Isla San José (E16 y E17) y un núcleo de mayor densidad de 23 unidades al noreste de Isla Espíritu Santo (E14). Los hundimientos y levantamientos de isopícnas comenzaron con la de 26.4 unidades a 250 m de profundidad. Presentó la mayor densidad relativa a partir de los 450 m de profundidad con 26.8 unidades (Fig. 30a).

El transecto T5 presentó también estratificación en los primeros 75 m de profundidad, mostrando en la superficie al noroeste de Isla San José (E29) y al sur de Isla

Cerralvo (E11) con una densidad de 23 unidades. Destacó el afloramiento de la isopícnica de 23 unidades y el levantamiento de las isopícnas de los 26.4 a los 23.2 desde la superficie hasta los 230 m de profundidad al este de Isla Espíritu Santo (E20). Mostró la mayor densidad relativa a partir de los 450 m de profundidad con 26.8 unidades (Fig. 30b).

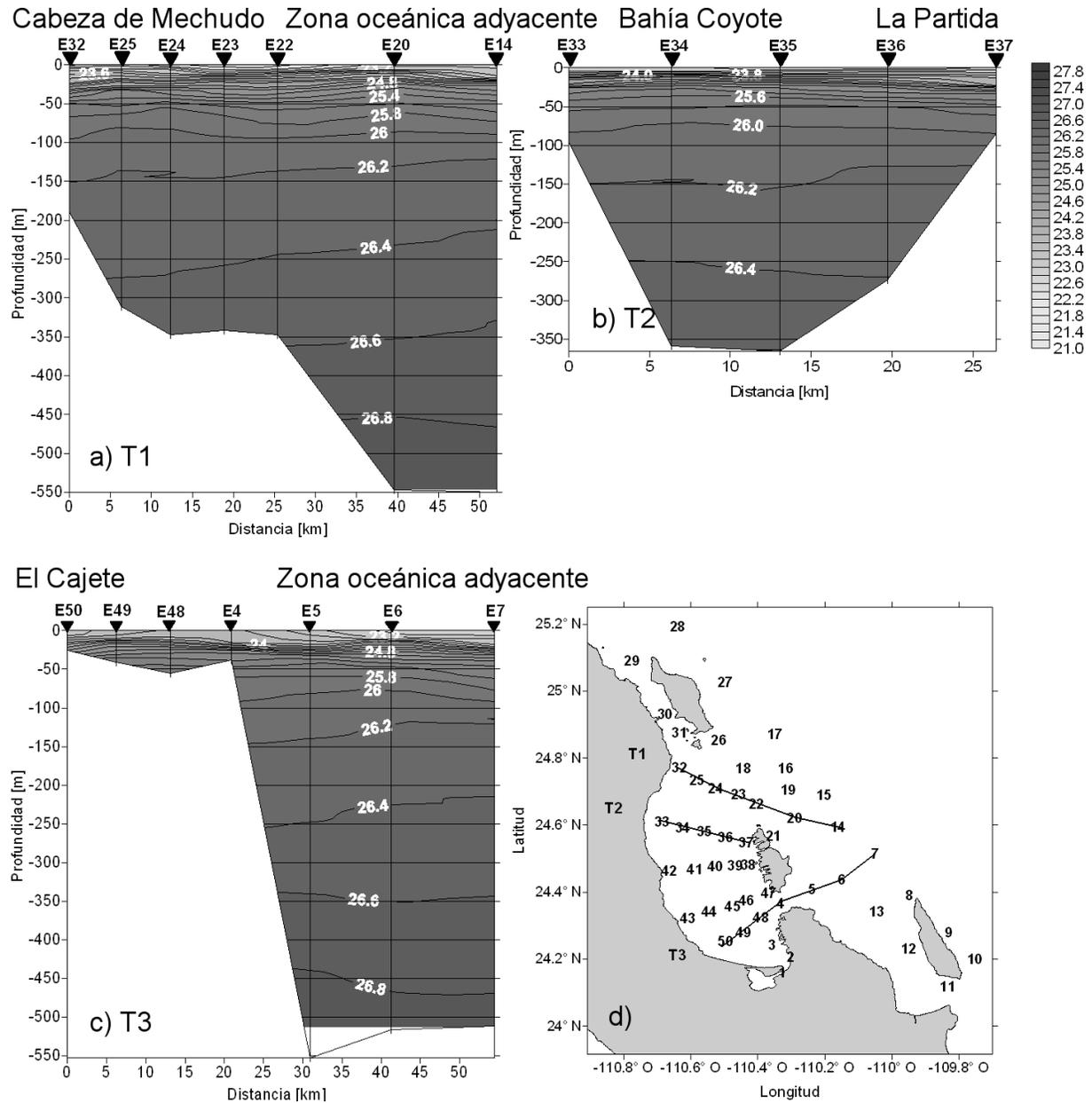


Figura 29. Transectos de densidad relativa del 15 al 19 de junio del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

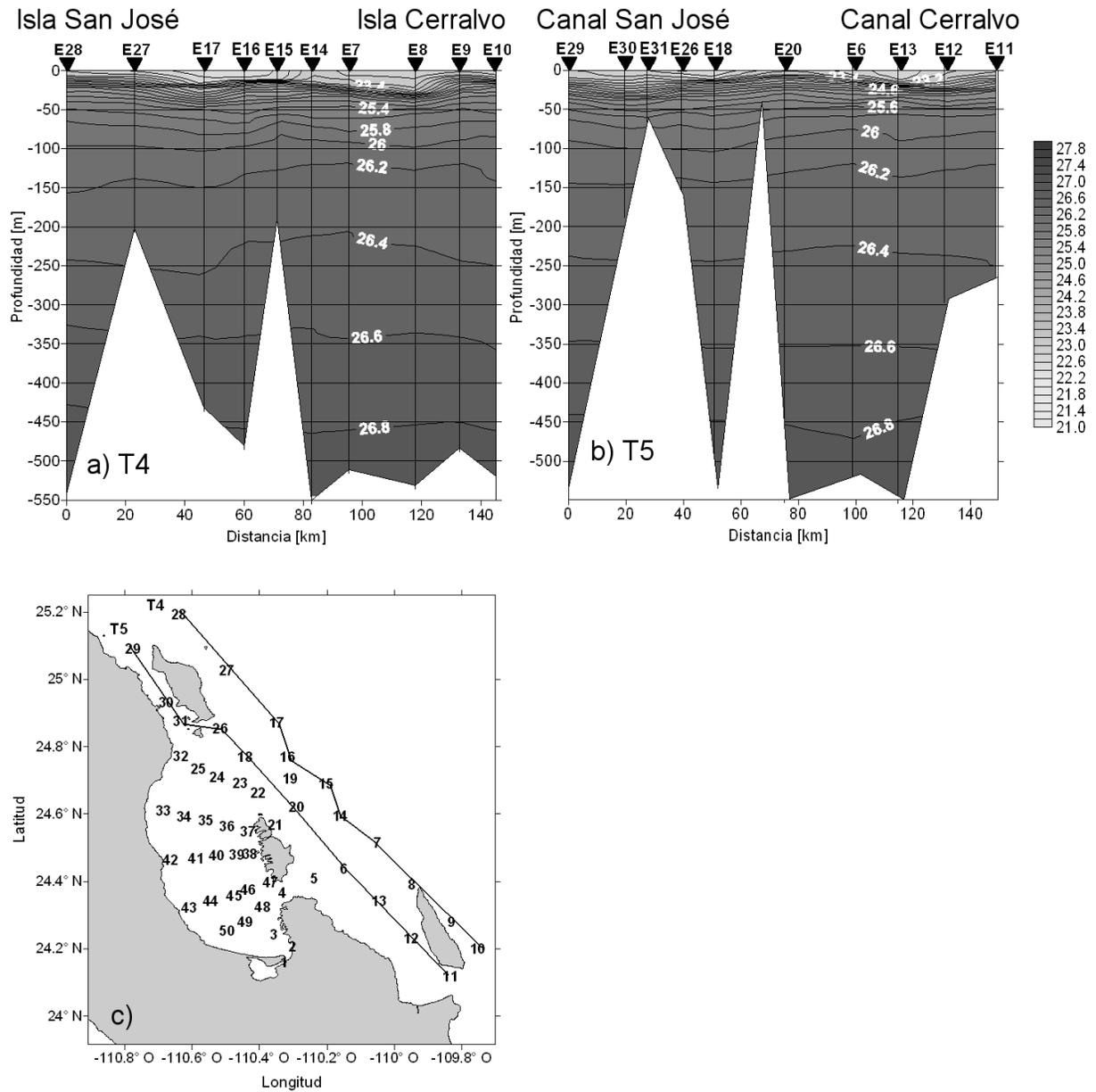


Figura 30. Transectos de densidad relativa del 15 al 19 de junio del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

8.1.3 Septiembre del 2009

Los perfiles acumulados de temperatura en este periodo de Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente mostraron un valor superficial promedio de 29.91°C, con ausencia de capa de mezcla. Se registró el afloramiento de la termoclina con gradiente intenso, que presentó estratificación y mantuvo una pendiente similar desde la superficie hasta los 100 m de profundidad, con un rango de 31.12 a 17.23°C y presentó un gradiente menos intenso de los 100 a los 150 m de profundidad, con un rango de 19.54 a 13.70°C. Finalmente de los 150 a los 530 m de profundidad los perfiles acumulados presentaron menor dispersión, con un rango de 16.13 a 7.36°C (Fig. 31).

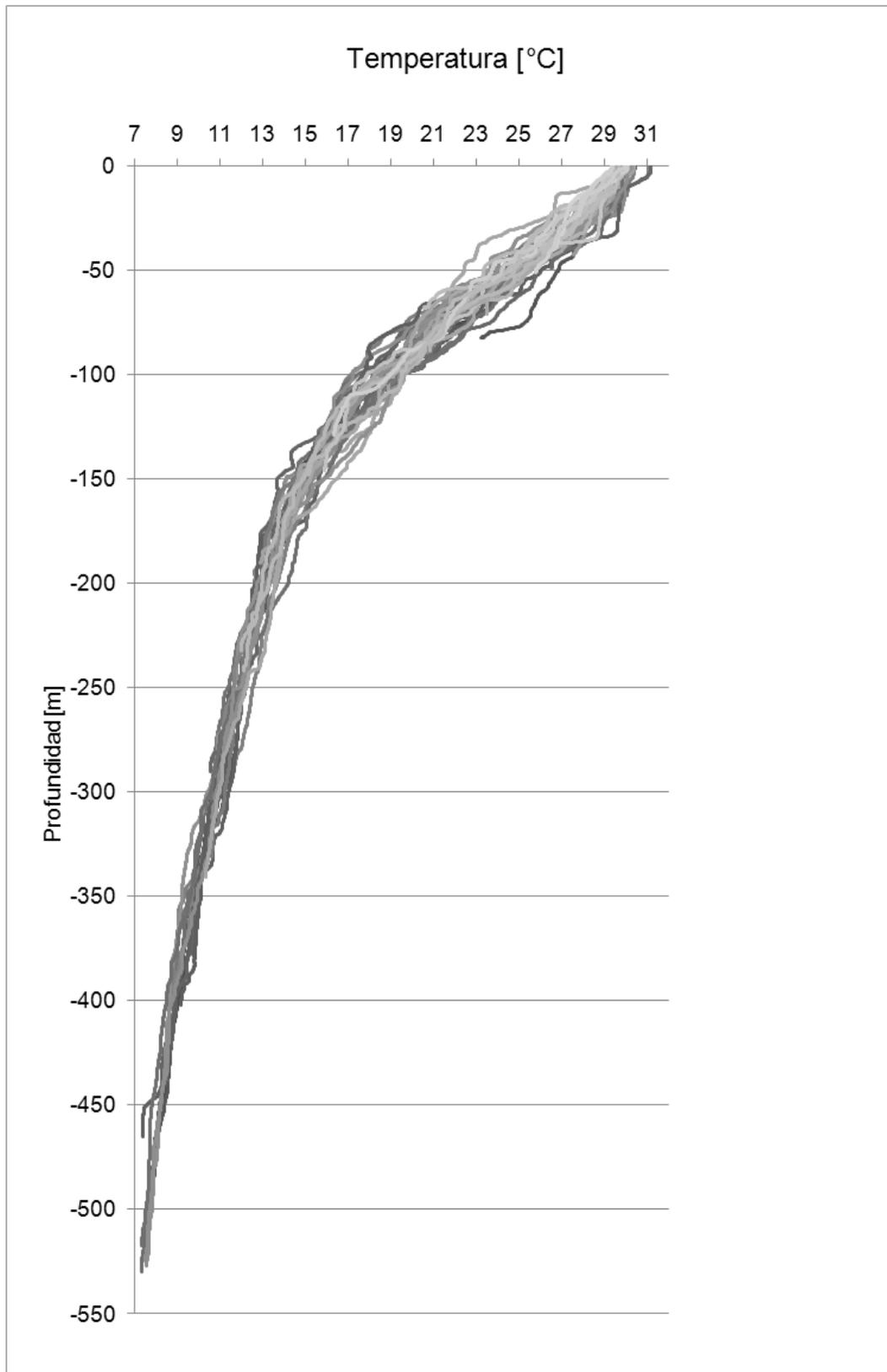


Figura 31. Gráfica de perfiles acumulados de temperatura (°C) del 21 al 25 de septiembre del 2009.

La distribución horizontal de temperatura, a nivel superficial fue prácticamente homogénea, mostrando a la mayor parte de la bahía con un valor de 29.5°C. La temperatura más alta fue de 30°C y se encontró al suroeste de la bahía y en la zona oceánica adyacente. La menor temperatura fue de 29°C y se registró en el centro de la bahía y en Canal San Lorenzo (Fig. 32a).

A los 10 m de profundidad, la bahía presentó una temperatura menor que la zona oceánica adyacente. El centro de la bahía, el área del Mogote, Ensenada de La Paz, Canal San Lorenzo, el sur de Isla San José y el centro de la zona oceánica adyacente presentaron 29°C. Se registró un núcleo menos cálido de 28°C en el sur de la bahía. Las zonas noroeste y suroeste de la bahía y la costa oeste de Isla Espíritu Santo mostraron un valor de 28.5°C. El resto de la zona oceánica adyacente presentó un valor mayor de 29.5°C, con un núcleo de 30°C al oeste de Isla Cerralvo (Fig. 32b).

A los 50 m de profundidad, se encontró la costa de la bahía con una temperatura de 25°C y a Cuenca Alfonso con un núcleo menos cálido de 22.5°C. El centro de la bahía, Boca Norte, Canal San Lorenzo, el sur de Isla Espíritu Santo, la zona de Isla San José y el área de Isla Cerralvo presentaron 24.5°C. La mayor temperatura fue de 26.5°C y se registró en una estación al noreste de Isla Cerralvo (Fig. 32c).

A los 100 m de profundidad, el centro y el sur de la bahía presentaron una temperatura de 18.5°C, su parte norte, el área de Isla Espíritu Santo y la zona de Isla San José mostraron 19°C. Se registró el menor valor de 17°C en una estación al noreste de Isla Espíritu Santo, en una estación al este de Isla Cerralvo y en una estación al sur de la misma, mientras que el mayor fue de 19.5°C y se registró al norte de Isla San José (Fig. 32d).

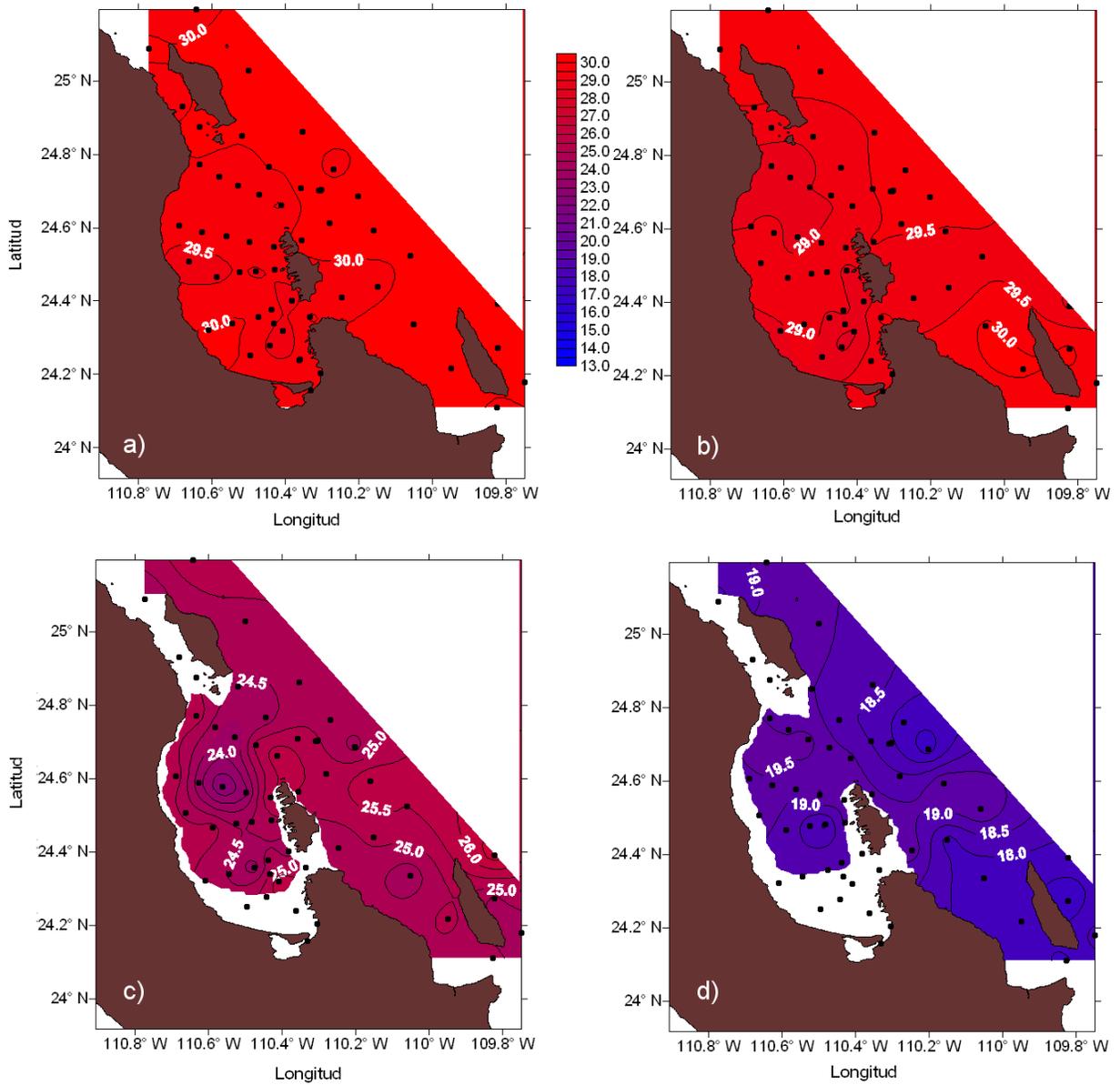


Figura 32. Distribución horizontal de temperatura (°C) en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

En la distribución vertical de temperatura, el transecto T1 mostró estratificación en los primeros 150 m de profundidad, zona donde se localizó la termoclina con gradiente intenso. Se registró una variación en la temperatura superficial de 1°, desde el interior de la bahía con 29°C hasta los 30°C en la zona oceánica adyacente. La zona oceánica adyacente presentó una variación vertical en la temperatura de 21°, desde los 30°C en la superficie hasta los 9°C a 360 m de profundidad. Destacó el levantamiento de las isotermas de 21 a 27°C en un rango de profundidad de los 30 a los 90 m en el área de Boca Norte (E32, E25, E24 y E23) (Fig. 33a).

El transecto T2 presentó estratificación en los primeros 175 m de profundidad. Destacó el levantamiento de las isotermas de los 15 a los 27°C en Cuenca Alfonso (E35) dentro de un rango de profundidad de los 10 a los 135 m. La bahía presentó una variación vertical en la temperatura de 19°, desde los 29°C en la superficie, hasta los 10°C a 300 m de profundidad (Fig. 33b).

El T3 presentó estratificación en los primeros 150 m de profundidad, con una temperatura superficial en todo el transecto de 29°C. Presentó una variación vertical en la temperatura fuera de la bahía de 21°, desde los 29°C en la superficie hasta los 8°C a 400 m de profundidad. Destacó la presencia de inestabilidades en la parte somera de la bahía y un hundimiento de las mismas al llegar a la zona profunda (Fig. 33c).

El transecto T4 mostró en los primeros 20 m de profundidad una temperatura de 29°C, con un núcleo superficial de 30°C en la zona este de Isla Cerralvo (E9 y E10). Destacó el hundimiento de la isoterma de 29°C al noreste de Isla Espíritu Santo (E16) y en la zona este de Isla Cerralvo (E9 y E10), con la elevación de la isoterma de 17°C en las mismas áreas, comprimiendo sus isotermas intermedias. De los 20 a los 150 m de profundidad mostró estratificación y presentó la menor temperatura de 7°C a partir de los 440 m de profundidad (Fig. 34a).

El T5 de igual manera mostró en los primeros 20 m de profundidad una temperatura de 29°C, con un núcleo superficial de 30°C al oeste de Isla Cerralvo (E13 y E12). Mostró estratificación de los 20 a los 160 m de profundidad. Se registró la menor temperatura a partir de los 475 m de profundidad con 7°C. Destacó el hundimiento de las isotermas de 29 a 26°C en la zona del Bajo Más Allá de Espíritu Santo (E19) y en el sur de Isla Cerralvo (E11) (Fig. 34b).

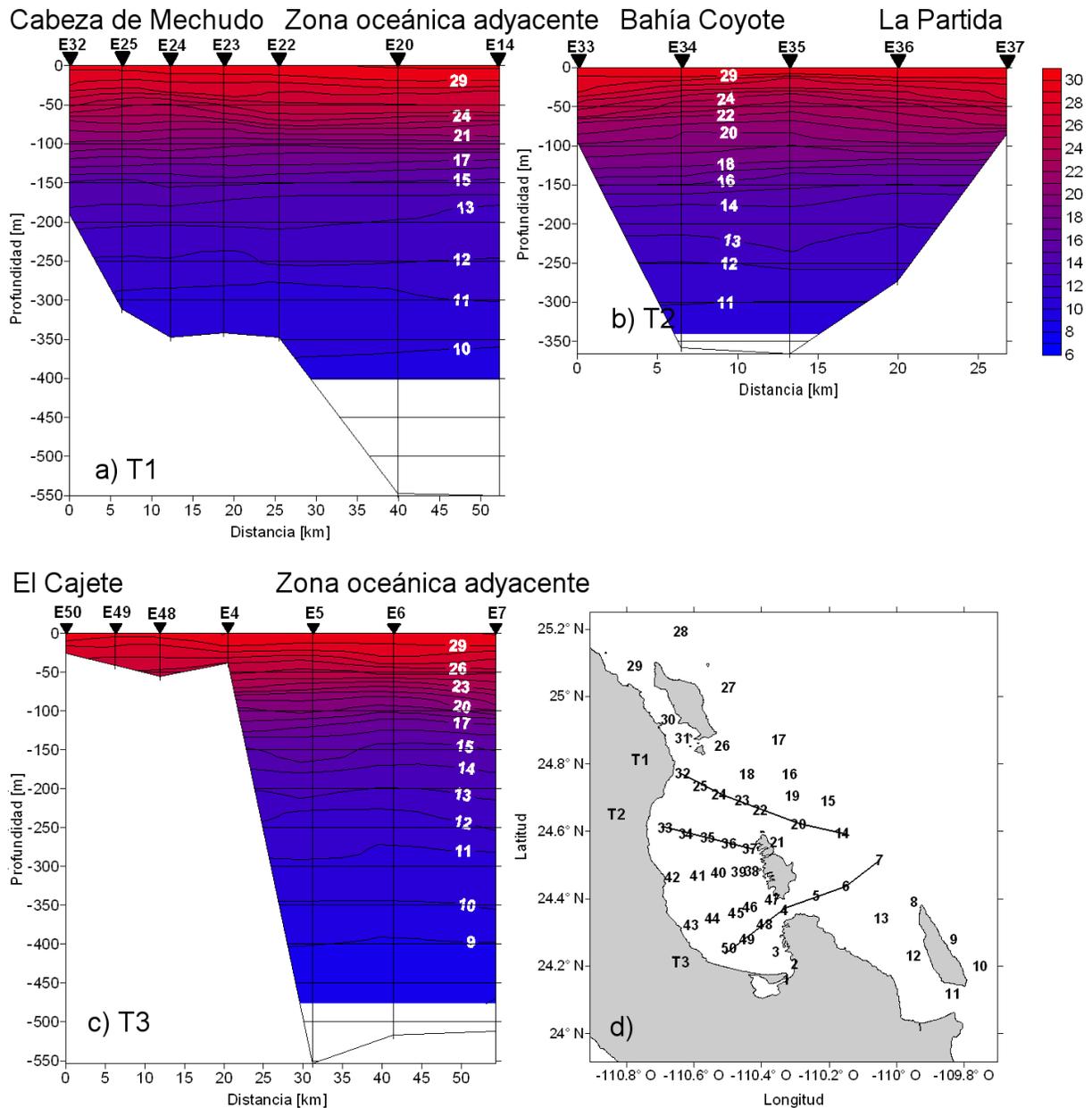


Figura 33. Transectos de temperatura (°C) del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

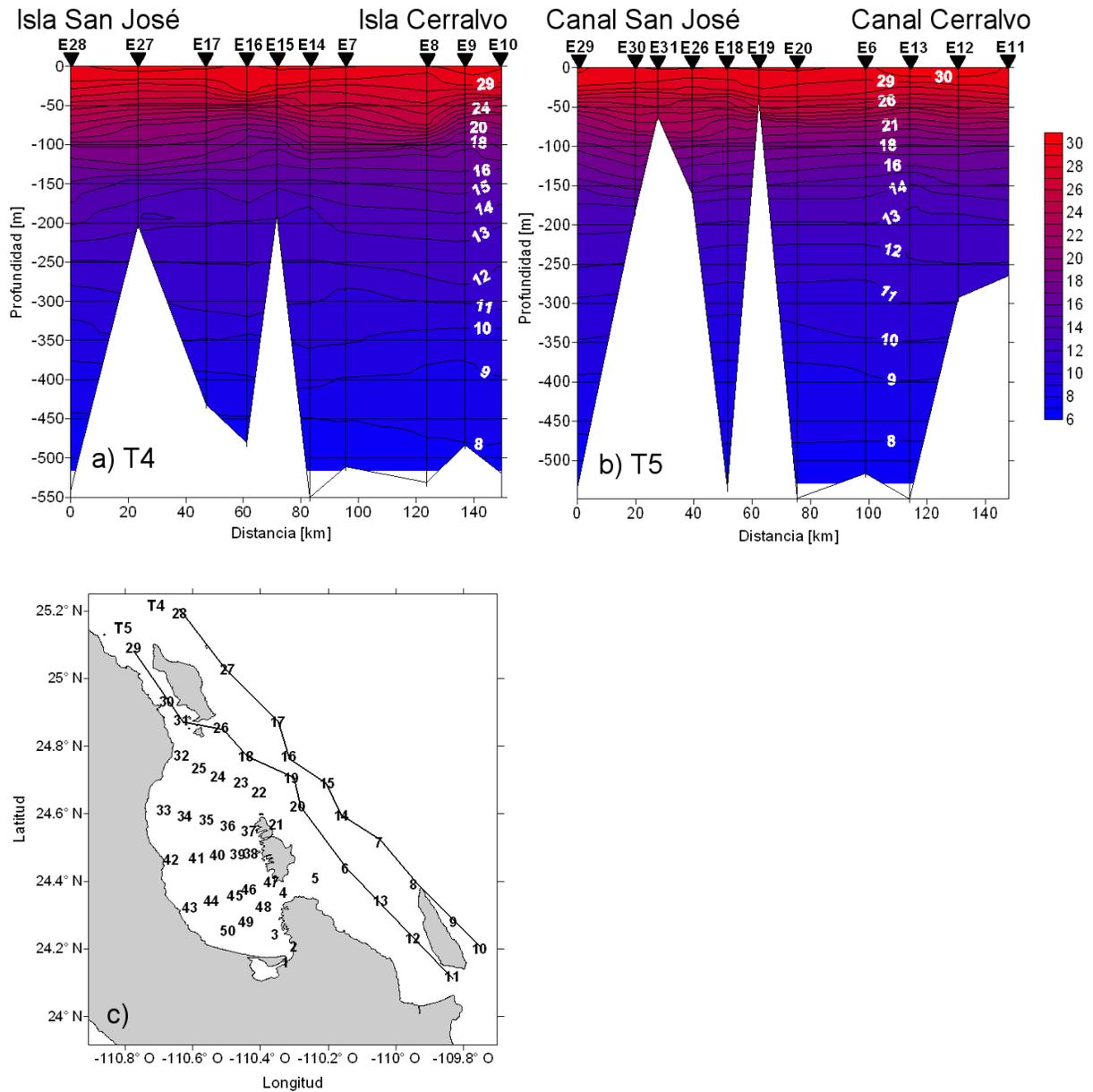


Figura 34. Transectos de temperatura (°C) del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

Los perfiles acumulados de salinidad de septiembre, en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente presentaron una concentración superficial promedio de 35.06, con ausencia de haloclina. Se registraron los perfiles acumulados con dispersión de datos desde la superficie hasta los 250 m de profundidad, con un rango de 35.48 a 34.45. De los 250 a los 530 m de profundidad los perfiles acumulados presentaron poca dispersión, con un rango de 34.86 a 34.52 (Fig. 35).

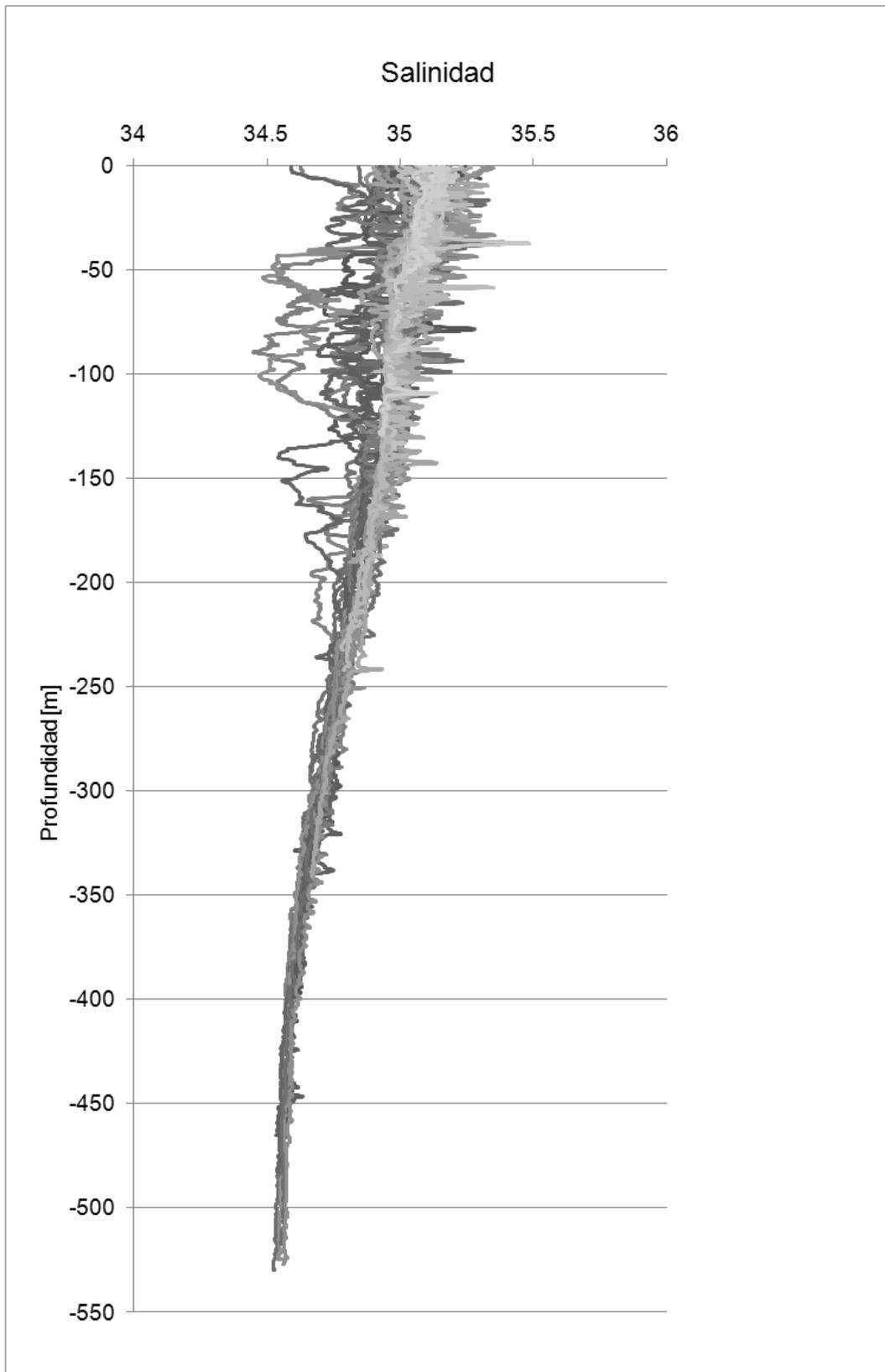


Figura 35. Gráfica de perfiles acumulados de salinidad del 21 al 25 de septiembre del 2009.

En los mapas de distribución horizontal de salinidad de este periodo, a nivel superficial se registró el mayor valor de 35.3 al suroeste de Isla San José. La zona del Mogote, Ensenada de La Paz, el sur y oeste de Isla San José y Cuenca Alfonso presentaron un valor de 35.2. Se registró un núcleo de baja salinidad de 34.6 al oeste de Isla Cerralvo. La parte suroeste de la bahía y el norte de las Islas Cerralvo, Espíritu Santo y San José presentaron un valor de 35, mientras que Canal San Lorenzo y el resto de la zona oceánica adyacente mostraron 34.9 (Fig. 36a).

A los 10 m de profundidad, la parte oeste de la bahía y el área de Isla San José presentaron una salinidad de 35.1. La mayor salinidad fue de 35.2 registrada en Cuenca Alfonso y al oeste de Isla San José. Ensenada de La Paz, la zona del Mogote, el centro de la bahía, Canal San Lorenzo, el área de Isla Espíritu Santo y el oeste de Isla San José presentaron un valor de 35. La menor salinidad fue de 34.8 y se encontró al sur y oeste de Isla Cerralvo (Fig. 36b).

A los 50 m de profundidad, la distribución dentro de la bahía fue prácticamente homogénea, presentando una salinidad de 35, con un núcleo de 34.9 en Cuenca Alfonso. El área de Isla Espíritu Santo y la zona de Isla San José presentaron también un valor de 35. Se registró la menor salinidad de 34.5 en una estación al noreste de Isla Espíritu Santo y en una estación al este de Isla Cerralvo. La mayor salinidad fue de 35.1 y se registró en una estación en Canal San Lorenzo y en una estación al norte de Isla San José (Fig. 36c).

A los 100 m de profundidad, la distribución de salinidad dentro de Bahía de La Paz fue homogénea. Se registró un valor de 34.9 en la bahía, en el área de Isla Espíritu Santo y al oeste de Isla San José. La menor salinidad fue de 34.5 al noreste de Isla Espíritu Santo y al este de Isla Cerralvo, mientras que la mayor fue de 35 unidades encontrada en el área de Isla San José (Fig. 36d).

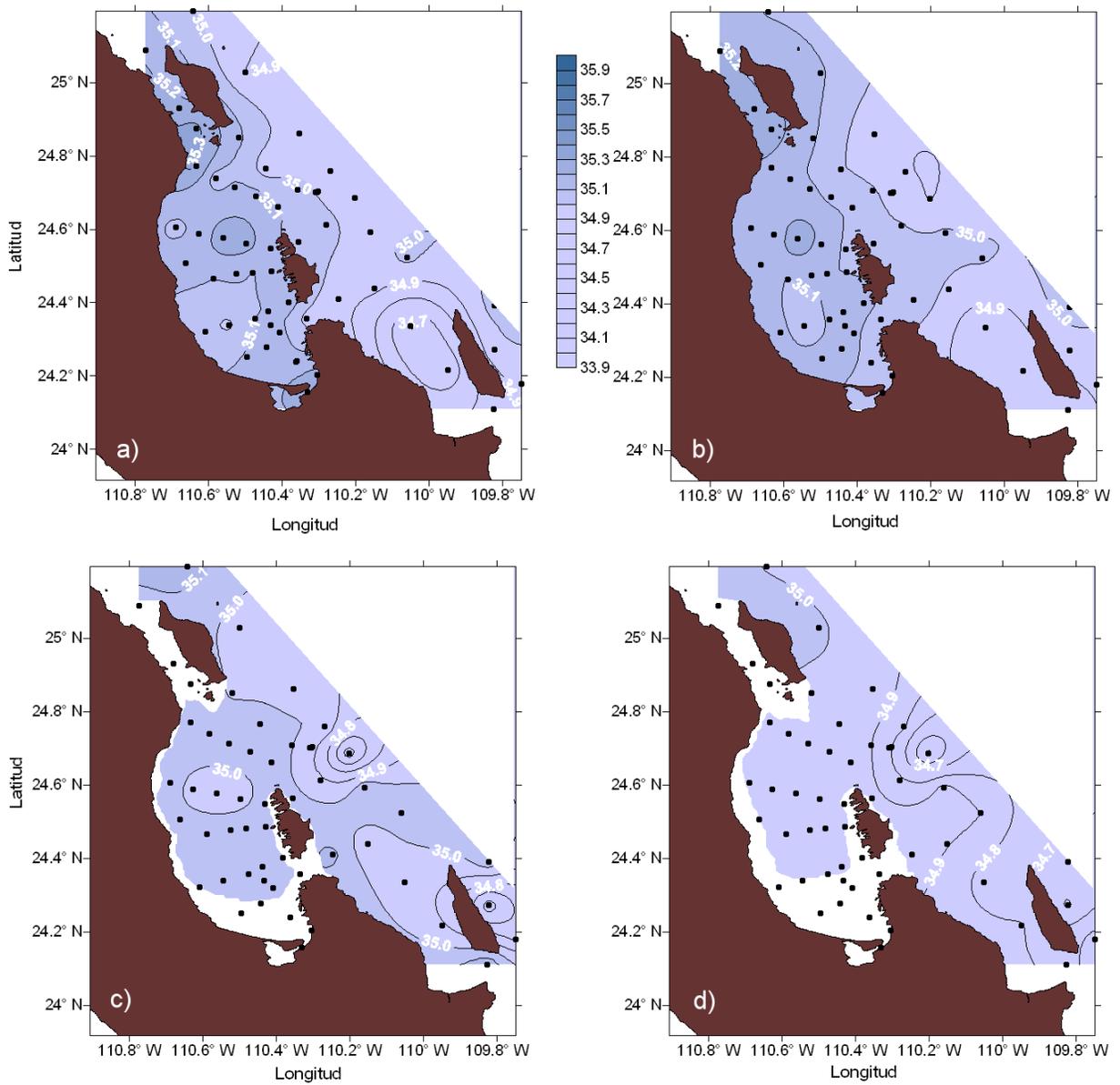


Figura 36. Distribución horizontal de salinidad en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

Con respecto a la distribución vertical de salinidad, el transecto T1 mostró el valor superficial más alto de 35.2 en la costa de Cabeza de Mechudo (E32) y el menor de 34.9 en la zona oceánica adyacente (E14). Se encontró una concentración homogénea de 35 desde la superficie hasta los 80 m de profundidad al noreste de Isla Espíritu Santo entre las estaciones E22 y E20. De manera similar se registró otra concentración homogénea de 35.1 desde la superficie hasta los 40 m de profundidad al norte de Cuenca Alfonso (E25). La menor salinidad en la zona oceánica adyacente fue de 34.6, de los 275 m de profundidad en adelante. Destacó un núcleo de 35.2 a 40 m de profundidad en Boca Norte (E24 y E23) (Fig. 37a).

El transecto T2 mostró en la superficie una salinidad de 35.1. Destacó el levantamiento de las isohalinas de 35 y 35.1 de los 10 hasta los 75 m de profundidad y un núcleo en la superficie de 35.2 unidades en Cuenca Alfonso (E34, E35 y E36). La menor salinidad dentro de la bahía fue de 34.6, de los 310 m de profundidad en adelante (Fig. 37b).

El T3 mostró una distribución heterogénea de la salinidad desde la superficie hasta los 150 m de profundidad. Presentó en la superficie al sur de la bahía (E49 y E48) con 35.1 y a la zona oceánica adyacente (E4, E5, E6 y E7) con 34.9. La menor concentración registrada fue de 34.5 en la zona oceánica adyacente, de los 400 m de profundidad en adelante (Fig. 37c).

El transecto T4 mostró una distribución heterogénea desde la superficie hasta los 150 m de profundidad. Se registró la mayor salinidad de 35.1 al norte de Isla San José (E28) de los 10 a los 50 m de profundidad, al este de Isla Espíritu Santo (E7 y E14) de los 20 a los 30 m de profundidad y al este de Isla Cerralvo (E8) a los 6 y a los 80 m de profundidad. Destacaron dos núcleos de menor salinidad de 34.5 al noreste de Isla Espíritu Santo (E15) de los 50 a los 100 m de profundidad y al este de Isla Cerralvo (E9) de los 50 a los 110 m de profundidad. El menor valor registrado fue de 34.5 en la zona oceánica adyacente a partir de los 360 m de profundidad (Fig. 38a).

El T5 presentó una distribución heterogénea desde la superficie hasta los 200 m de profundidad. Se registró la mayor salinidad de 35.2 en la costa oeste de Isla San José (E29, E30 y E31) desde la superficie hasta los 30 m de profundidad y la menor salinidad superficial de 34.6 al oeste de Isla Cerralvo (E13 y E12), destacando también en esta área pero a una profundidad de 130 a 220 m un núcleo con la misma salinidad de 34.6. El noreste de Isla Espiritu Santo (E19 y E20) presentó un núcleo de 35 desde la superficie hasta los 70 m de profundidad. La menor concentración fue de 34.5 y se localizó a partir de los 380 m de profundidad (Fig. 38b).

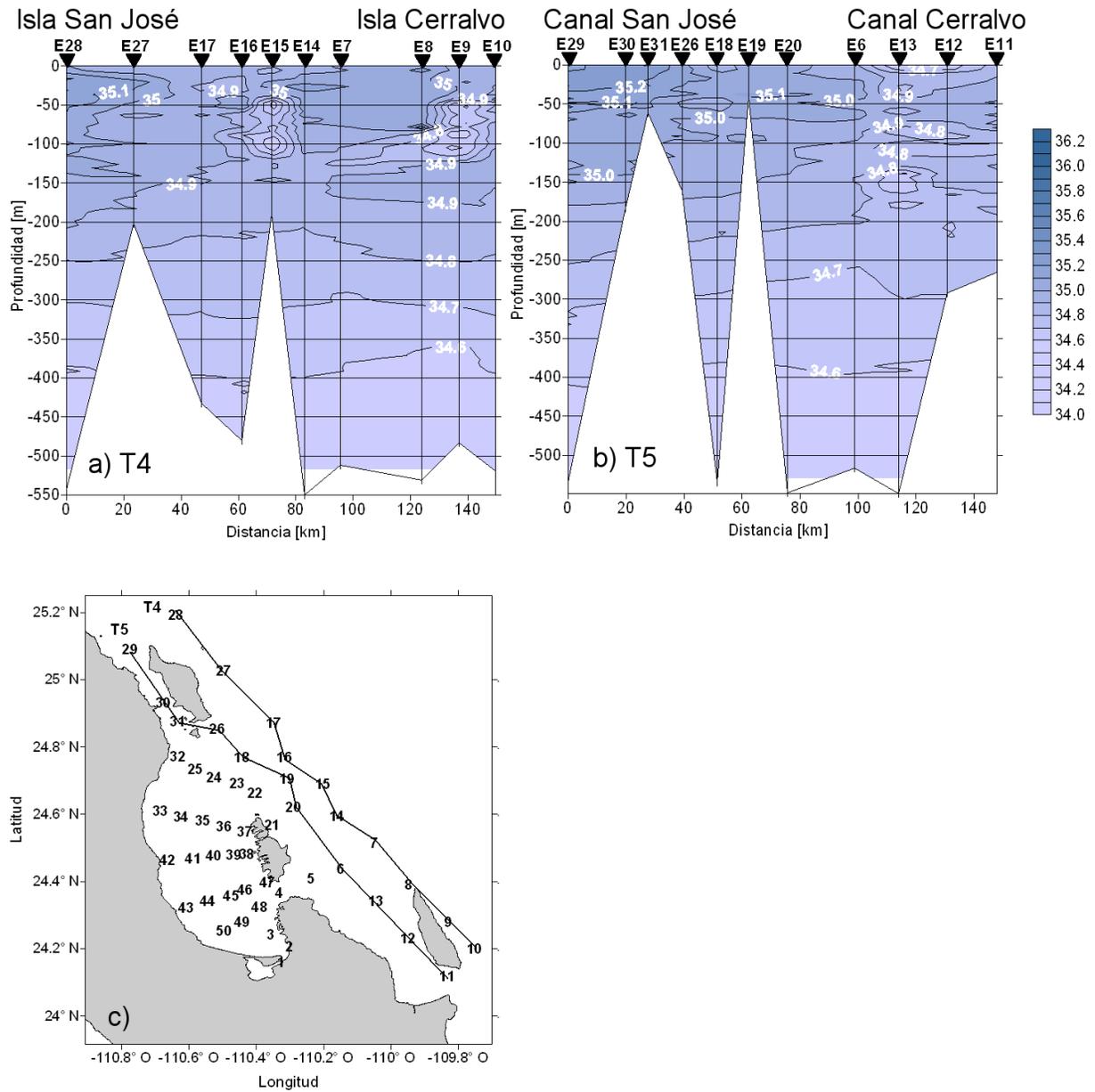


Figura 38. Transectos de salinidad del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

El diagrama T-S de toda el área de estudio de la campaña de septiembre del 2009 mostró la presencia de Agua del Golfo de California, Agua Superficial Ecuatorial, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico, registrada únicamente en la zona oceánica adyacente (Fig. 39).

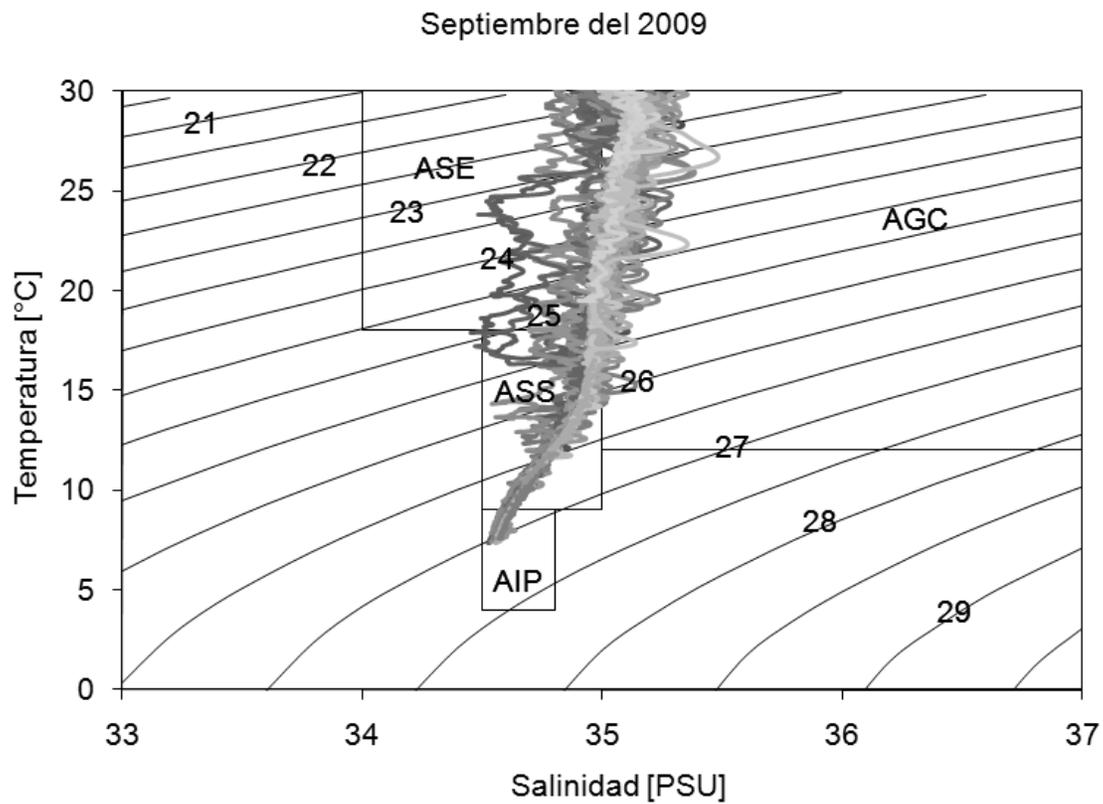
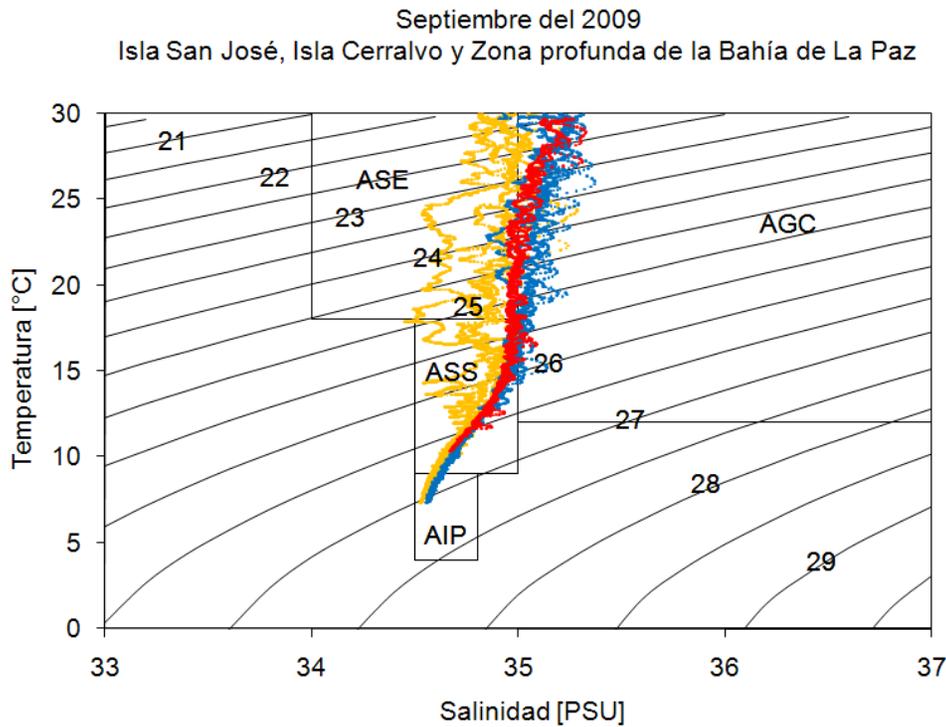


Figura 39. Diagrama T-S del 21 al 25 de septiembre del 2009. Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S.

La figura 40 mostró al diagrama de T-S por zonas, en el cual destacaron las diferencias en salinidad, con los valores más altos en la zona de Isla San José, seguidos por los valores en la parte profunda de la bahía y teniendo los menores en la zona de Isla Cerralvo. La zona de la Isla San José presentó Agua del Golfo de California, Agua Superficial Ecuatorial, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico con un rango de 35.37 a 34.55. La parte profunda de Bahía de La Paz mostró Agua del Golfo de California, Agua Superficial Ecuatorial y Agua Subsuperficial Subtropical con un rango de 35.33 a 34.67. La zona de Isla Cerralvo presentó Agua del Golfo de California, Agua Superficial Ecuatorial, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico con un rango de 35.28 a 34.45 (Fig. 40).



- Isla Cerralvo
- Isla San José
- Zona profunda de Bahía de la Paz

Figura 40. Diagrama T-S del 21 al 25 de septiembre del 2009. Zona de Isla San José, Isla Cerralvo y parte profunda de Bahía de La Paz, B. C. S.

Los perfiles acumulados de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente mostraron un valor superficial promedio de 21.81, con ausencia de capa de mezcla. Se registró el afloramiento de la pycnoclina con gradiente intenso, que presentó estratificación y mantuvo una pendiente similar desde la superficie hasta los 100 m de profundidad, con un rango de 21.04 a 25.19 unidades, mientras que de los 100 a los 150 m de profundidad mostró un gradiente menos intenso, con un rango de 24.85 a 26.06 unidades. De los 150 a los 530 m de profundidad los perfiles acumulados presentaron poca dispersión, con un rango de 25.65 a 27 (Fig. 41).

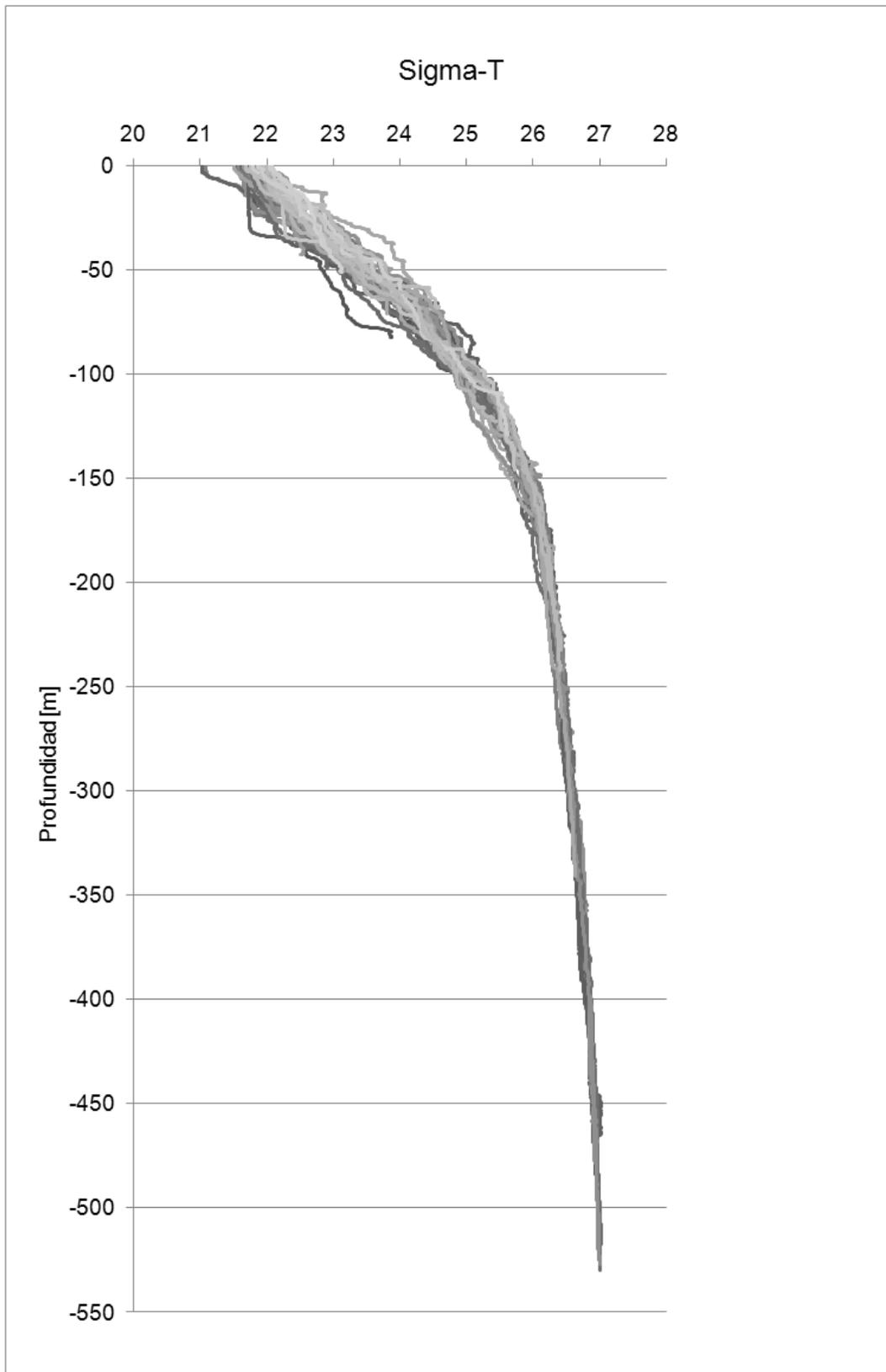


Figura 41. Gráfica de perfiles acumulados de densidad relativa del 21 al 25 de septiembre del 2009.

La distribución horizontal de densidad relativa en este periodo, a nivel superficial mostró a la mayor parte de la bahía con 21.8, presentando el menor valor de 21.6 en su parte suroeste. La zona oceánica adyacente mostró un valor promedio de 21.6, con un núcleo de baja densidad de 21 al oeste de Isla Cerralvo. La parte sur de la bahía y Cuenca Alfonso presentaron la densidad relativa más alta con un valor de 22 (Fig. 42a).

A los 10 m de profundidad, la bahía presentó una densidad relativa mayor que la zona oceánica adyacente, mostrando a su parte centro, el área del Mogote, Ensenada de La Paz, Canal San Lorenzo, el sur de Isla San José, el este de Isla Espíritu Santo y una estación al noreste de Isla Cerralvo con un valor de 22. Se encontró un núcleo de alta densidad de 22.2 en el sur de la bahía cerca de Canal San Lorenzo. El valor más alto fue de 22.4 y se encontró en una estación en Cuenca Alfonso, mientras que el menor fue de 21.4 y se registro al oeste de Isla Cerralvo (Fig. 42b).

A los 50 m de profundidad, se encontró a la costa de la bahía con un valor de 23.2 y a la Cuenca Alfonso con un núcleo de mayor densidad de 23.8. El centro de la bahía, Boca Norte, Canal San Lorenzo, el área de Isla San José, el sur de Isla Espíritu Santo y el sur de Isla Cerralvo presentaron una densidad relativa de 23.4. La menor densidad fue de 22.8 y se registró en una estación al noreste de Isla Cerralvo (Fig. 42c).

A los 100 m de profundidad, el centro y sur de la bahía, Canal San Lorenzo, el área de Isla Cerralvo, el noroeste de Isla San José y el norte de la zona oceánica adyacente presentaron una densidad relativa de 25, mientras que el norte de la bahía, las costas oeste, este y sur de Isla San José y el área de Isla Espíritu Santo presentaron un valor de 24.8. La mayor densidad fue de 25.2 y se registró en 4 estaciones: una al noroeste de Isla San José, otra al este de Isla Espíritu Santo, la siguiente al oeste de la misma y la última en la costa sur de Isla Cerralvo (Fig. 42d).

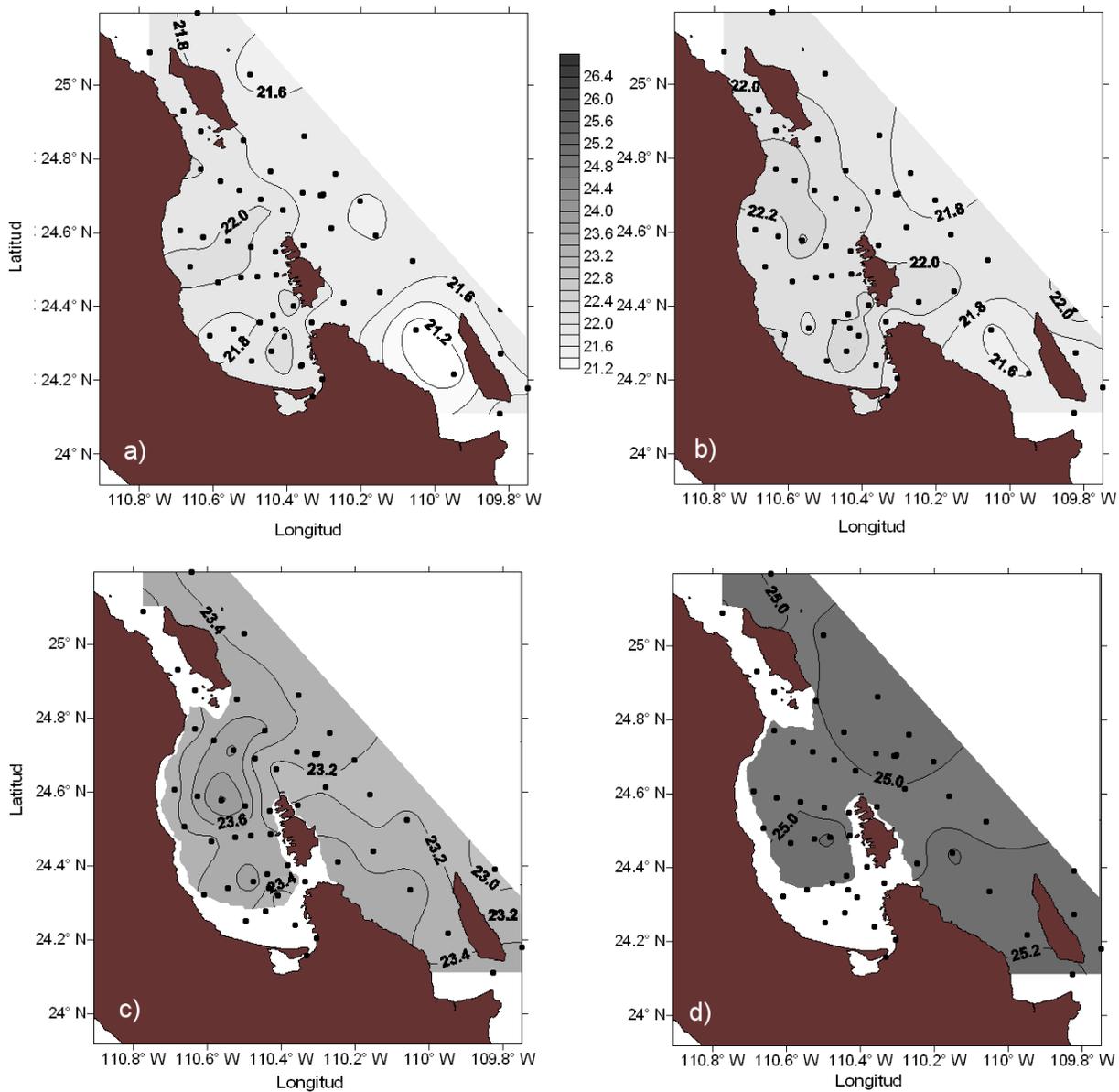


Figura 42. Distribución horizontal de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

Con respecto a la distribución vertical de densidad relativa en junio, el transecto T1 presentó estratificación en los primeros 160 m de profundidad, zona donde se localizó la picnoclina con gradiente intenso, con una variación en la superficie de 0.4 unidades, desde el interior de la bahía y Boca Norte (E32, E25, E24, E23 y E22) con 22 unidades, hasta los 21.6 en la zona oceánica adyacente (E20 y E14). La zona oceánica adyacente presentó una variación vertical de 5 unidades, desde los 21.6 en la superficie hasta los 26.6 a 300 m de profundidad. Destacó el levantamiento de las isopícnas de 22.6 a 23.8 unidades en un rango de profundidad de los 25 a los 65 m en el área de Boca Norte (E32, E25, E24 y E23) (Fig. 43a).

El transecto T2 presentó de manera similar estratificación en los primeros 160 m de profundidad, mostrando el afloramiento de la isopícnas de 22 y el levantamiento de las isopícnas de 22.2 a 25 unidades desde la superficie hasta los 100 m de profundidad en Cuenca Alfonso (E35). La bahía presentó una variación vertical en la densidad relativa de 4.8 unidades, desde los 21.8 en la superficie, hasta los 26.6 a 320 m de profundidad (Fig. 43b).

El T3 mostró estratificación en los primeros 130 m de profundidad. Presentó una variación vertical en la densidad relativa en la zona oceánica adyacente de 5.2 unidades, desde los 21.6 en la superficie, hasta los 26.8 a 375 m de profundidad. Destacó el afloramiento de las isopícnas de 21.8 y 22 unidades y el levantamiento de las isopícnas de 22.2 a 22.6 unidades de los 5 a los 20 m de profundidad en la parte somera de la bahía (E50, E49 y E48) (Fig. 43c).

El T4 presentó estratificación en los primeros 150 m de profundidad. Mostró una densidad relativa superficial de 21.6, con un núcleo de 21.8 al norte de Isla Cerralvo (E8). Se registró la mayor densidad relativa de 27 unidades a partir de los 450 m de profundidad. Destacó el hundimiento de la isopícnas de 21.8 unidades al noreste de Isla Espíritu Santo (E16) y en la zona este de Isla Cerralvo (E9 y E10), con la elevación de la isopícnas de 25 unidades en las mismas áreas, comprimiendo sus isopícnas intermedias (Fig. 44a).

El transecto T5 mostró estratificación en los primeros 160 m de profundidad. En la superficie presentó 21.8 unidades al oeste y sur de Isla San José (E29, E30, E31 y E26), 22 unidades al norte y este de Isla Espiritu Santo (E18, E19, E20 y E6) y 21.6 al sur de Isla Cerralvo (E11). Se registró un núcleo de menor densidad de 21 al oeste de Isla Cerralvo (E13 y E12). La mayor densidad relativa se registró a partir de los 370 m de profundidad con un valor de 26.8. Destacó el hundimiento de las isopícnas de 21.8 a 22.8 unidades en la zona del Bajo Más Allá de Espiritu Santo (E19) y de las isopícnas de 21.2 a 22 unidades al oeste de Isla Cerralvo (E13, E12 y E11). Destacó también el levantamiento de las isopícnas de 21.8 y 22.8 al este y sur de Isla San José (E30, E31 y E26). (Fig. 44b).

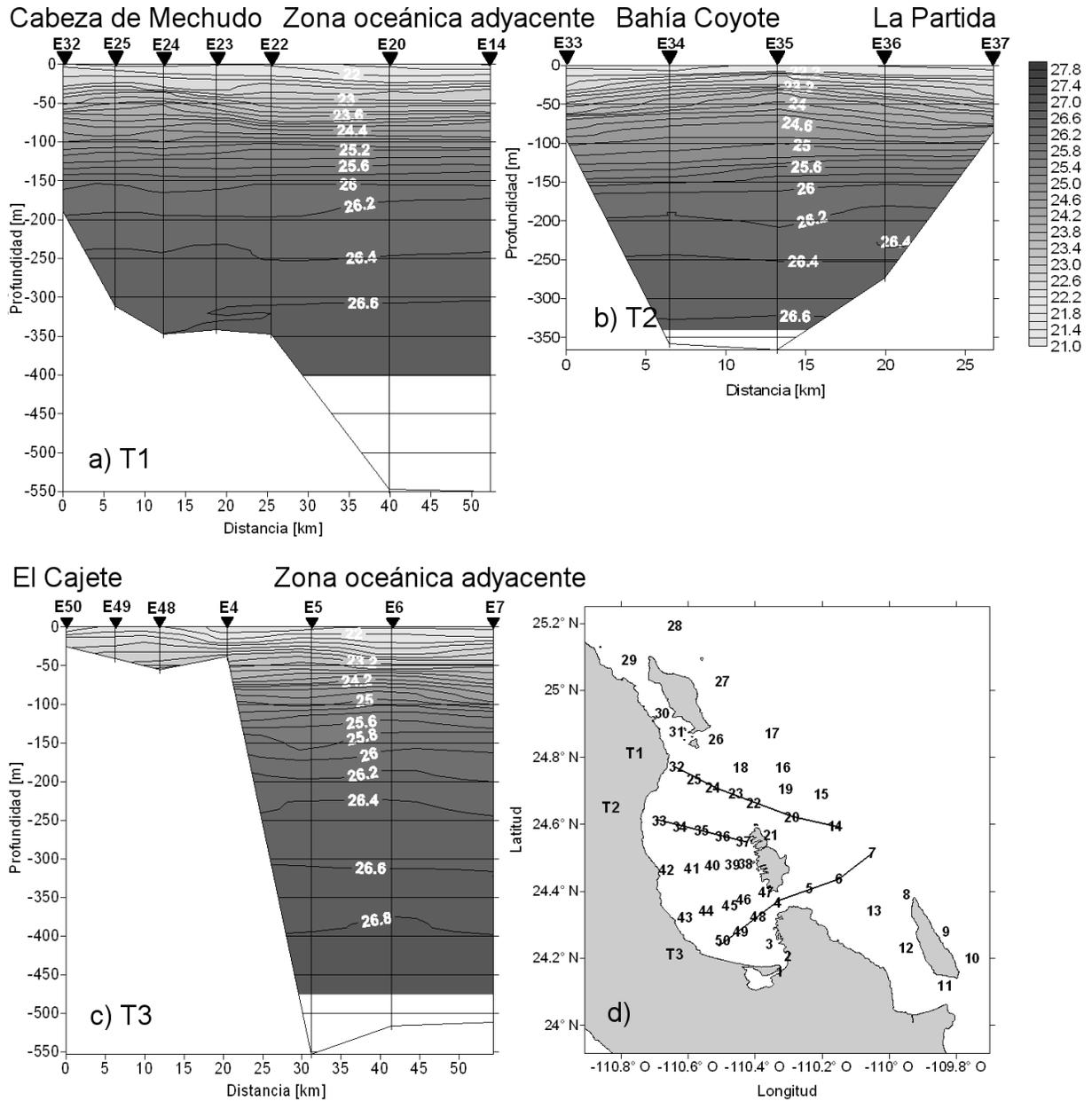


Figura 43. Transectos de densidad relativa del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

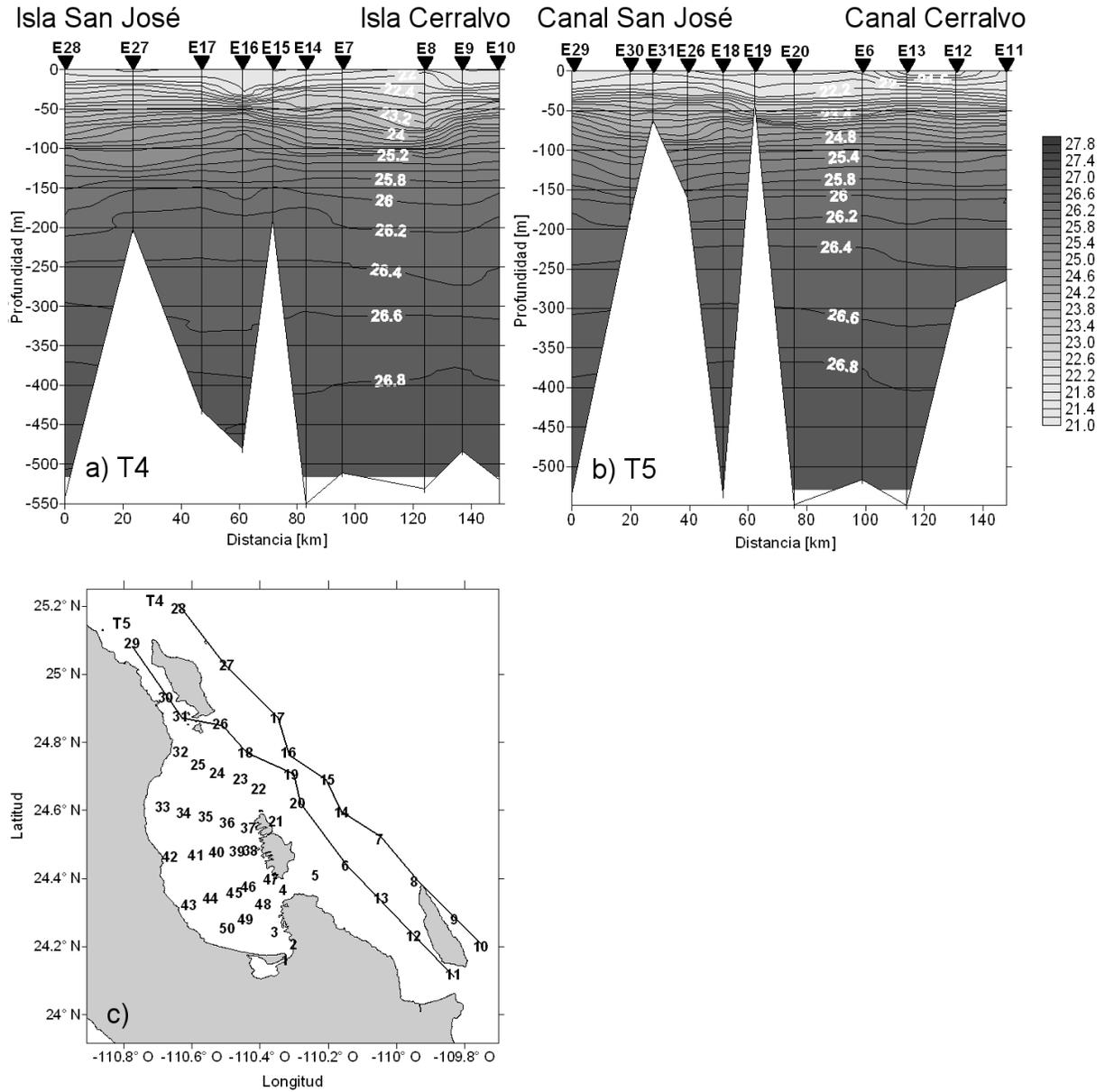


Figura 44. Transectos de densidad relativa del 21 al 25 de septiembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, d) Mapa de distribución de transectos.

8.1.4 Diciembre del 2009

Los perfiles acumulados de temperatura en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente en este periodo, mostraron un valor superficial promedio de 24.47°C, con una capa de mezcla que alcanzó profundidades de 60 m. Se registró una termoclina con gradiente intenso desde los 60 hasta los 75 m de profundidad, con un rango de 24.37 a 17.17°C. De los 75 a los 550 m de profundidad los perfiles acumulados presentaron poca dispersión, con un rango de 21.32 a 7.76°C (Fig. 45).

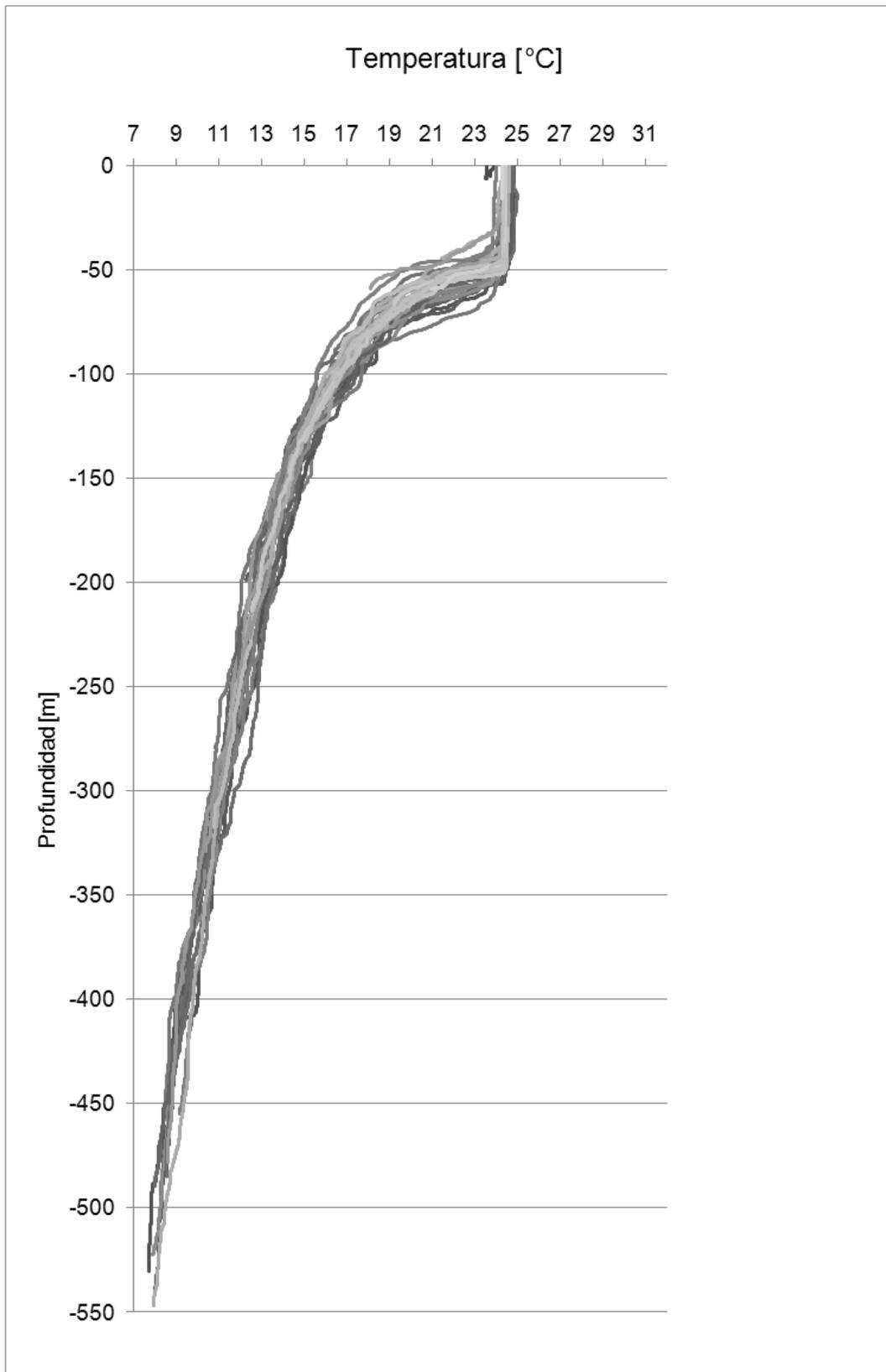


Figura 45. Gráfica de perfiles acumulados de temperatura (°C) del 7 al 10 de diciembre del 2009.

La distribución horizontal de temperatura para este periodo, a nivel superficial fue prácticamente homogénea. Se registró el menor valor de 23.5°C en la costa del Mogote y en Ensenada de La Paz. El centro y sur de la bahía, el área de Isla San José, las costas oeste y norte de Isla Espiritu Santo y dos estaciones al noreste de la misma presentaron 24°C. La mayor temperatura registrada fue de 24.5 en el área de Isla Cerralvo, en la zona oceánica adyacente, Boca Norte y en el norte de la bahía (Fig. 46a).

A los 10 m de profundidad, la distribución fue prácticamente homogénea. El centro y sur de la bahía, el área de Isla San José, las costas oeste y norte de Isla Espiritu Santo y el norte de la zona oceánica adyacente mostraron una temperatura de 24°C, mientras que la zona de Cuenca Alfonso, el área de Isla Cerralvo y el sur de la zona oceánica adyacente presentaron un valor de 24.5°C (Fig. 46b).

A los 50 m de profundidad, se encontró un núcleo con el menor valor de 19.5°C al oeste de Isla San José. La temperatura en el área de estudio aumentó de oeste a este, desde la isoterma de 20°C localizada al oeste de Isla San José, hasta la de 24°C en la zona oceánica adyacente. La bahía presentó un valor 23°C, con un núcleo de mayor temperatura de 24°C en su parte central. Destacó un núcleo de menor temperatura de 21.5°C en Canal San Lorenzo (Fig. 46c).

A los 100 m de profundidad la costa del Mogote, Ensenada de La Paz, el noreste de Isla Espiritu Santo y el área de Isla Cerralvo presentaron una temperatura de 17°C. El sur de la bahía y Canal San Lorenzo presentaron un valor de 16.5°C, mientras que el norte de la bahía, Boca Norte, la zona de Isla San José y el área de Isla Espiritu Santo presentaron 16°C. Se registró la menor temperatura de 15.5°C en una estación al este de Isla San José y al norte de Isla Espiritu Santo, así como la mayor de 17.5°C al noreste de Isla Espiritu Santo y al oeste de Isla Cerralvo (Fig. 46d).

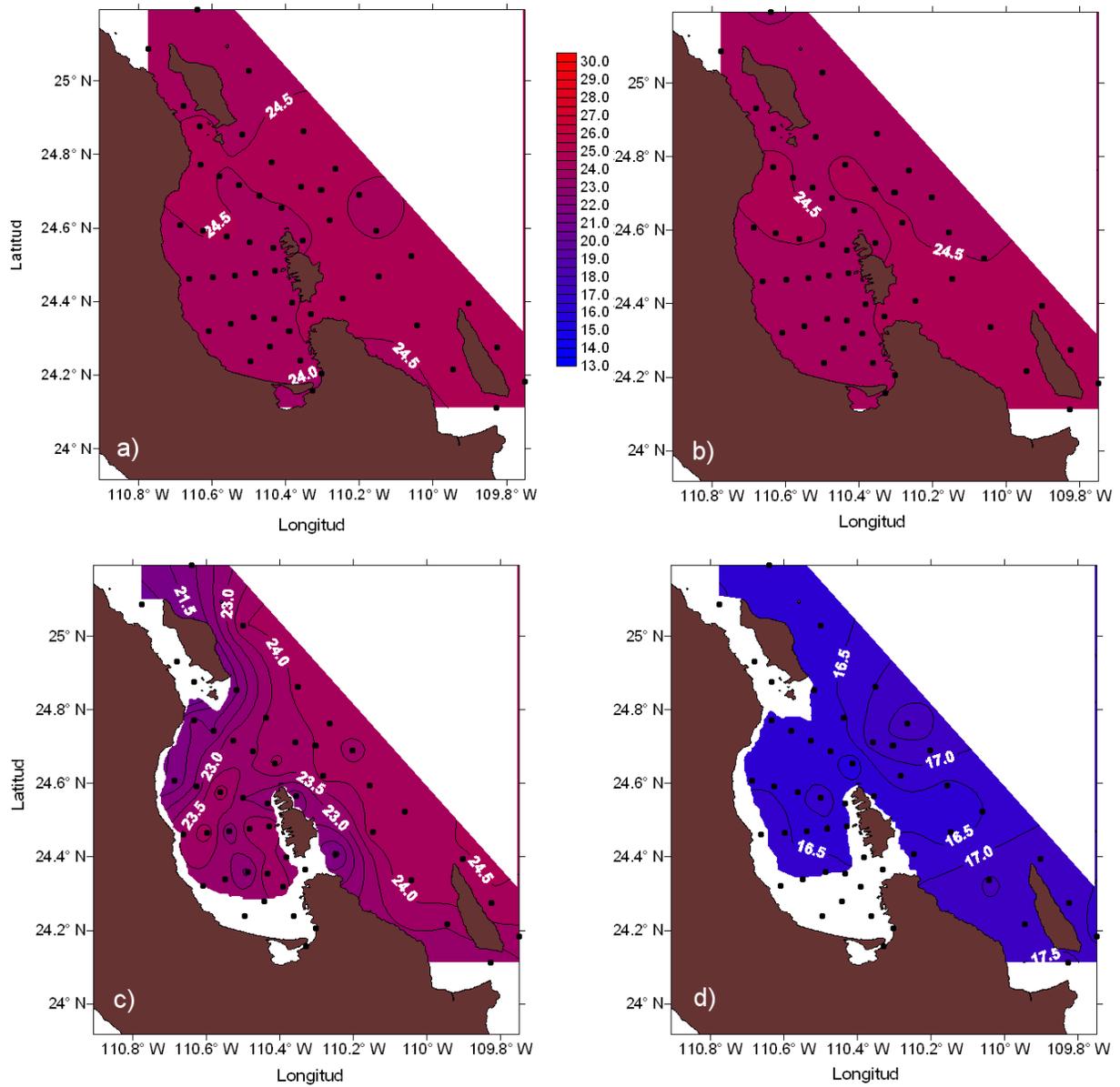


Figura 46. Distribución horizontal de temperatura (°C) en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

En la distribución vertical de temperatura de diciembre, el transecto T1 presentó una capa de mezcla de 48 m, con un valor de 24°C, mostrando estratificación de los 48 a los 80 m de profundidad. En la zona oceánica adyacente la temperatura presentó una variación vertical de 17°C, desde los 24°C en la superficie, hasta los 7°C a 520 m de profundidad (Fig. 47a).

El transecto T2 presentó de manera similar una capa de mezcla de 48 m, con un valor de 24°C, mostrando estratificación de los 48 a los 80 m de profundidad. La bahía presentó una variación vertical en la temperatura de 14°, desde los 24°C en la superficie, hasta los 10°C a 300 m de profundidad (Fig. 47b).

El T3 presentó una capa de mezcla de 50 m de profundidad, con un valor de 24°C, mostrando estratificación de los 50 a los 75 m de profundidad. En la zona oceánica adyacente la temperatura tuvo una variación vertical de 17°C, desde los 24°C en la superficie, hasta los 7°C a 500 m de profundidad (Fig. 47c).

El T4 mostró una capa de mezcla de 50 m de profundidad con un valor de 24°C. Destacó en la zona norte de Isla San José (E28) el afloramiento de la isoterma de 24°C y el levantamiento de las isotermas desde la de 21 hasta la de 23°C, de la superficie hasta los 50 m de profundidad. Se encontró estratificación de los 50 a los 110 m de profundidad. La menor temperatura que se registró fue de 7°C a una profundidad de 490 m (Fig. 48a).

El transecto T5 presentó una capa de mezcla que varió de los 40 a los 50 m de profundidad con una temperatura de 24°C, mostrando estratificación de los 50 a los 110 m de profundidad. Destacó el levantamiento de la isoterma de 24°C en las zonas bajas y el hundimiento en las zonas con mayor profundidad. La menor temperatura registrada fue de 8°C a una profundidad de 420 m (Fig. 48b).

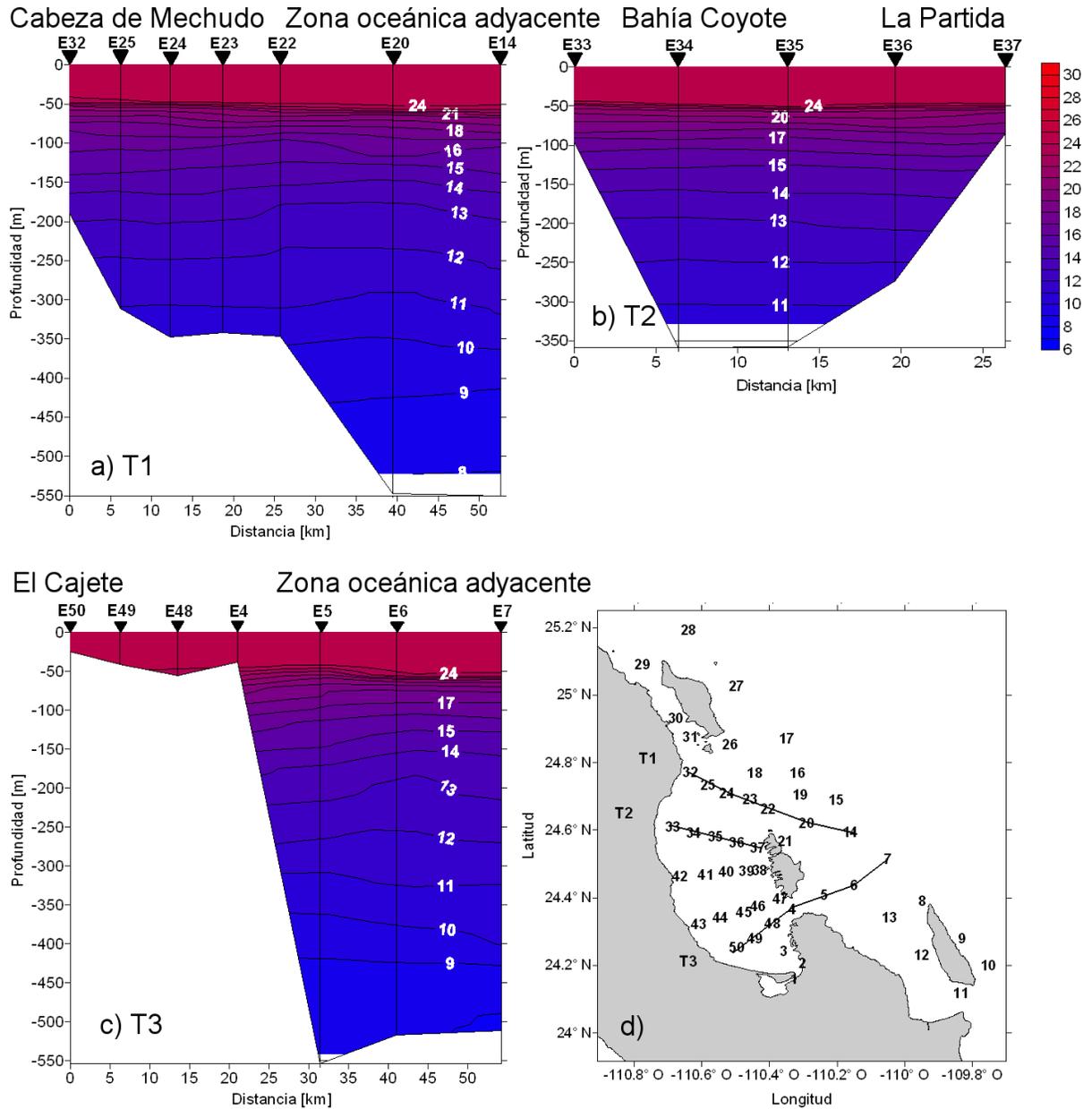


Figura 47. Transectos de temperatura (°C) del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

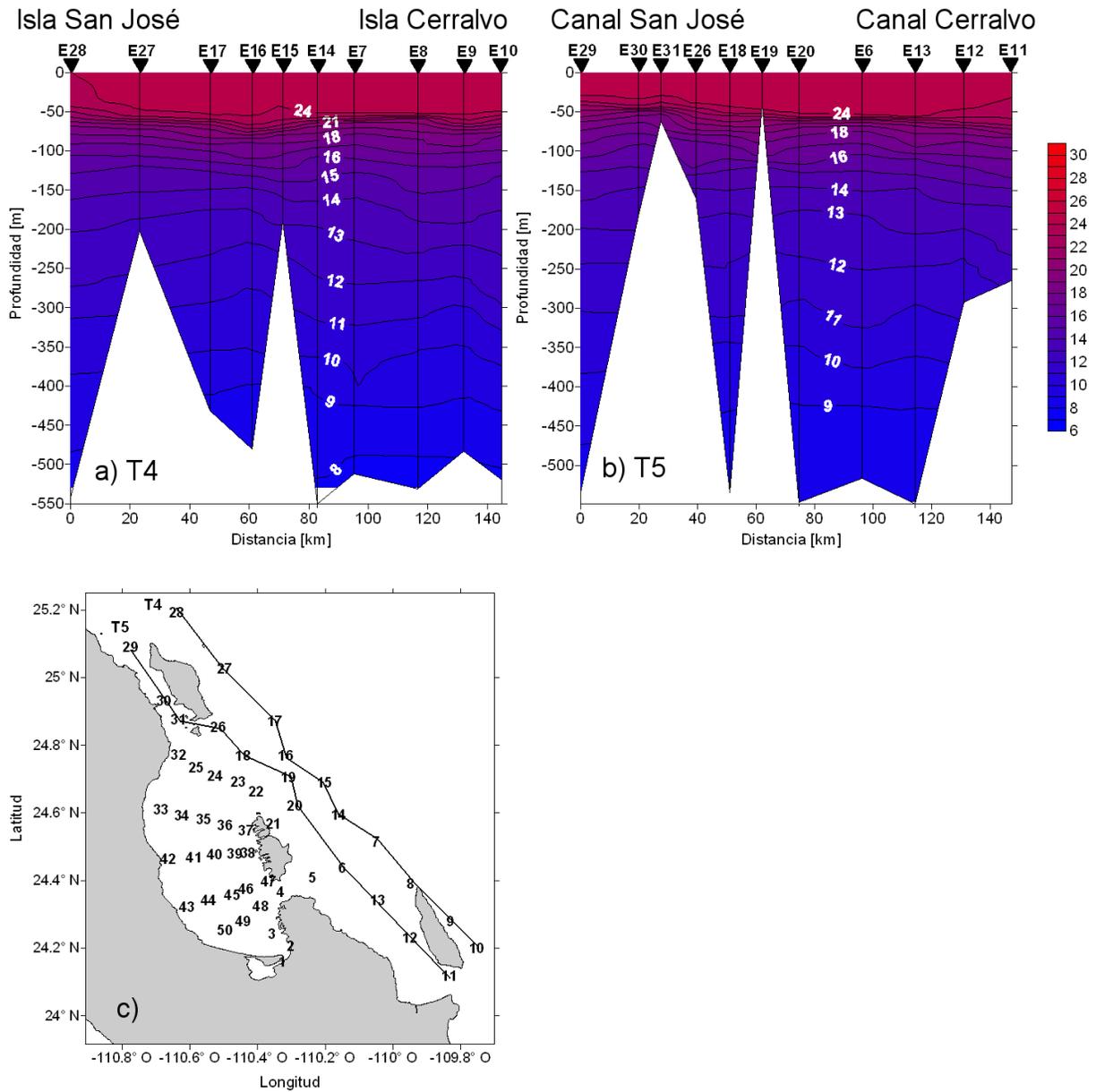


Figura 48. Transectos de temperatura (°C) del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

Los perfiles acumulados de salinidad en este periodo de Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente mostraron una capa de mezcla de 50 m, con una concentración superficial promedio de 35.28. Se registró una haloclina desde los 50 hasta los 60 m de profundidad, con un rango de 35.59 a 35.11. Se presentó dispersión de datos desde la superficie hasta los 60 m de profundidad. De los 60 a los 537 m de profundidad los perfiles acumulados mostraron poca dispersión, con un rango de 35.24 a 34.58 (Fig. 49).

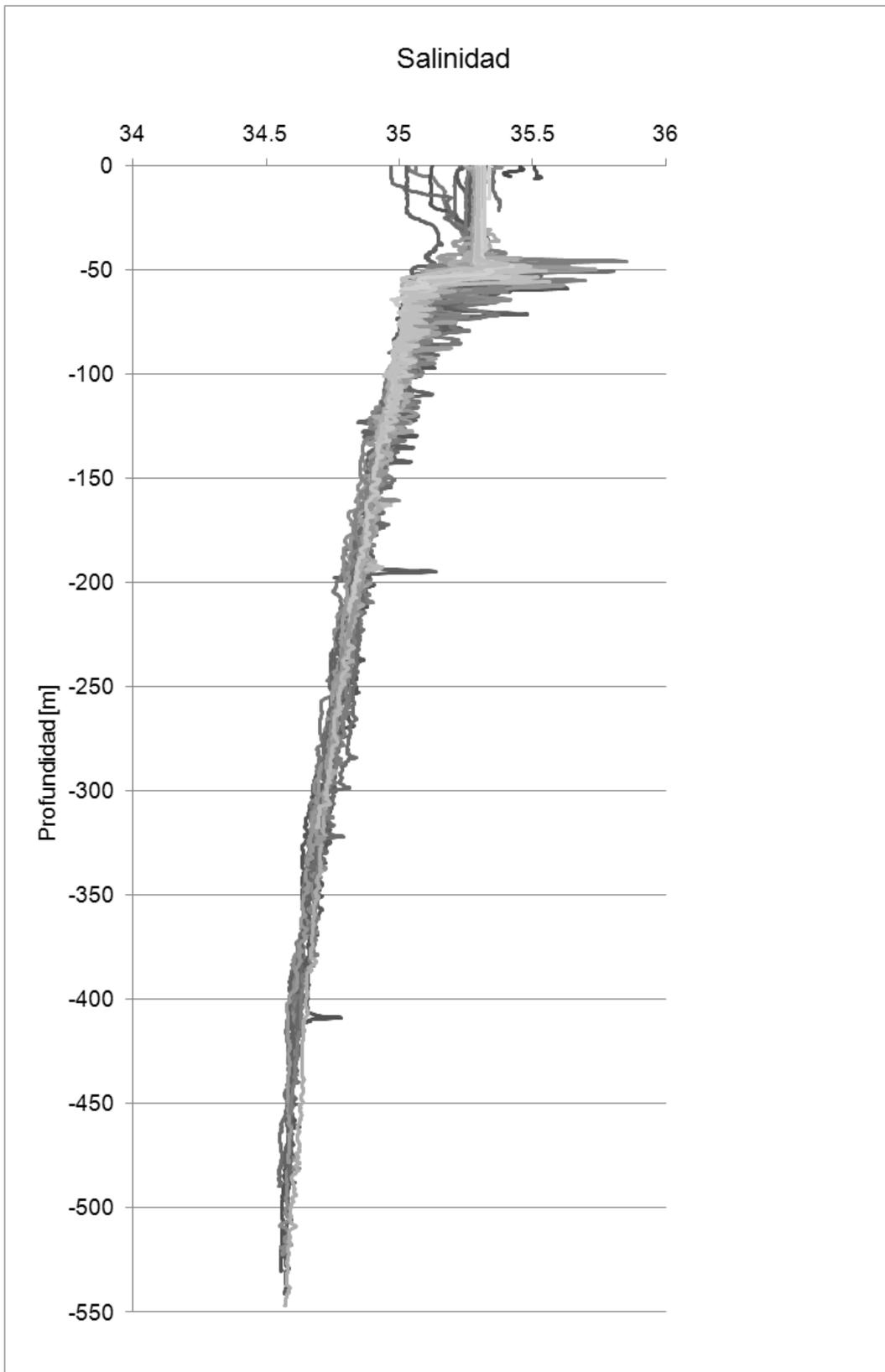


Figura 49. Gráfica de perfiles acumulados de salinidad del 7 al 10 de diciembre del 2009.

En los mapas de distribución horizontal de salinidad, a nivel superficial se encontró el mayor valor de 35.4 en la costa del Mogote y en Ensenada de La Paz. La parte sur de la bahía, Canal San Lorenzo, las costas sur y norte de Isla San José y el este de Isla Espiritu Santo mostraron 35.3. La menor salinidad fue de 35 y se registró en el área de Isla Cerralvo (Fig. 50a).

A los 10 m de profundidad, la parte sur de la bahía y las costas norte y noroeste de Isla San José mostraron la mayor salinidad de 35.3. El centro y norte de la bahía, Boca Norte, Canal San Lorenzo, las costas sur y este de Isla San José y el área de Isla Espiritu Santo presentaron un valor 35.2. La menor salinidad fue de 35 y se registró en la costa sur de Isla Cerralvo (Fig. 50b).

A los 50 m de profundidad, se encontró la mayor salinidad de 35.5 en una estación en Cuenca Alfonso y en una estación en la costa este de Isla Espiritu Santo. El sur de la bahía, el sur de Isla San José, el oeste de Isla Espiritu Santo y el norte de Isla Cerralvo mostraron un valor de 35.2. El norte de Isla San José y el sur de Isla Cerralvo presentaron 35.1. La menor concentración registrada fue de 35 al oeste de Isla Cerralvo (Fig. 50c).

A los 100 m de profundidad, el agua fue prácticamente homogénea. El oeste de la bahía, el norte de Isla San José, el este de Isla Espiritu Santo y el norte de Isla Cerralvo mostraron una salinidad de 35. El este y sur de la bahía, la zona de Isla San José, el área de Isla Espiritu Santo y el sur de Isla Cerralvo presentaron un valor de 34.9 (Fig. 50d).

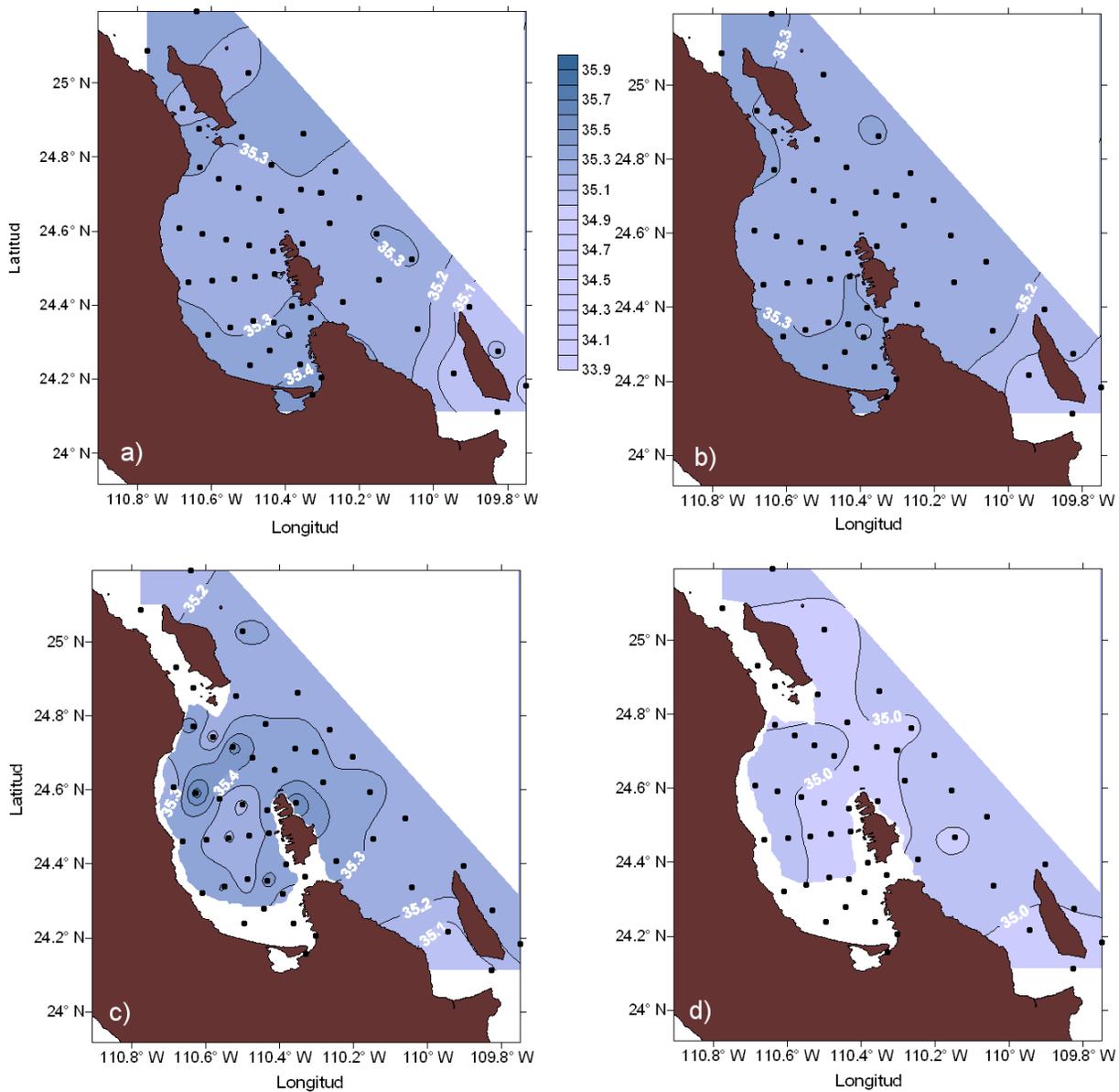


Figura 50. Distribución horizontal de salinidad en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

Con respecto a la distribución vertical de salinidad en diciembre, el transecto T1 presentó una capa de mezcla hasta de 50 m de profundidad con un valor de 35.2, así como una zona de estratificación de los 50 a los 60 m de profundidad, con una variación de 35.4 a 35.2. Se registró un núcleo con la mayor salinidad de 35.3 desde la superficie hasta los 40 m de profundidad en la costa de Cabeza de Mechudo (E32). En la zona oceánica adyacente la menor concentración fue de 34.5 y se registró de los 400 m de profundidad en adelante (Fig. 51a).

El transecto T2 mostró también una capa de mezcla hasta de 50 m de profundidad con un valor de 35.2, con estratificación de los 50 a los 60 m de profundidad, similar a T1. La menor salinidad se registró en el área de Cuenca Alfonso (E34 y E35) a los 310 m de profundidad con un valor de 34.6 (Fig. 51b).

El T3 mostró una distribución de salinidad de 35.3 desde la superficie hasta los 50 m de profundidad en el sur de la bahía (E50, E49 y E48) y de 35.2 unidades en la zona oceánica adyacente (E5, E6 y E7), con estratificación de los 50 a los 60 m de profundidad. Destacó un núcleo de agua menos salada en Canal San Lorenzo entre las estaciones E48 y E4, dentro de un rango de profundidad de los 8 a los 25 m. En la zona oceánica adyacente el menor valor fue de 34.5 y se registró de los 425 m de profundidad en adelante (Fig. 51c).

El T4 presentó una distribución de salinidad heterogénea desde la superficie hasta los 100 m de profundidad. La menor salinidad superficial se registró al este de Isla Cerralvo (E10) con un valor de 34.9. El noreste y este de Isla Espíritu Santo (E16, E15, E14 y E7) mostraron una concentración de 35.2 desde la superficie hasta los 50 m de profundidad. Se encontró a las zonas norte y este de Isla San José (E28 y E17) con núcleos de 35.3 en la superficie. Destacó la presencia de tres núcleos de 35.3 a una profundidad de 50 m, desde Isla San José hasta Isla Cerralvo (E28, E27, E17, E16, E15, E7 y E8) (Fig. 52a).

El T5 presentó una distribución de salinidad heterogénea desde la superficie hasta los 75 m de profundidad. La menor concentración superficial fue de 35 y se registró al oeste y al sur de Isla Cerralvo (E12 y E11). El área entre el sur de Isla Espíritu Santo y el noroeste de Isla Cerralvo (E26, E18, E19, E20, E6 y E13) mostró un valor de 35.2 desde la superficie hasta los 50 m de profundidad. Se encontró a las zonas noroeste, oeste y sur de Isla San José (E29, E30, E31 y E26) con núcleos de alta salinidad de 35.3 en la superficie. Destacó la presencia de tres núcleos de 35.3 a una profundidad de 50 m, desde Isla San José hasta Isla Cerralvo (E30, E31, E26, E18, E19, E20 y E6) (Fig. 52b).

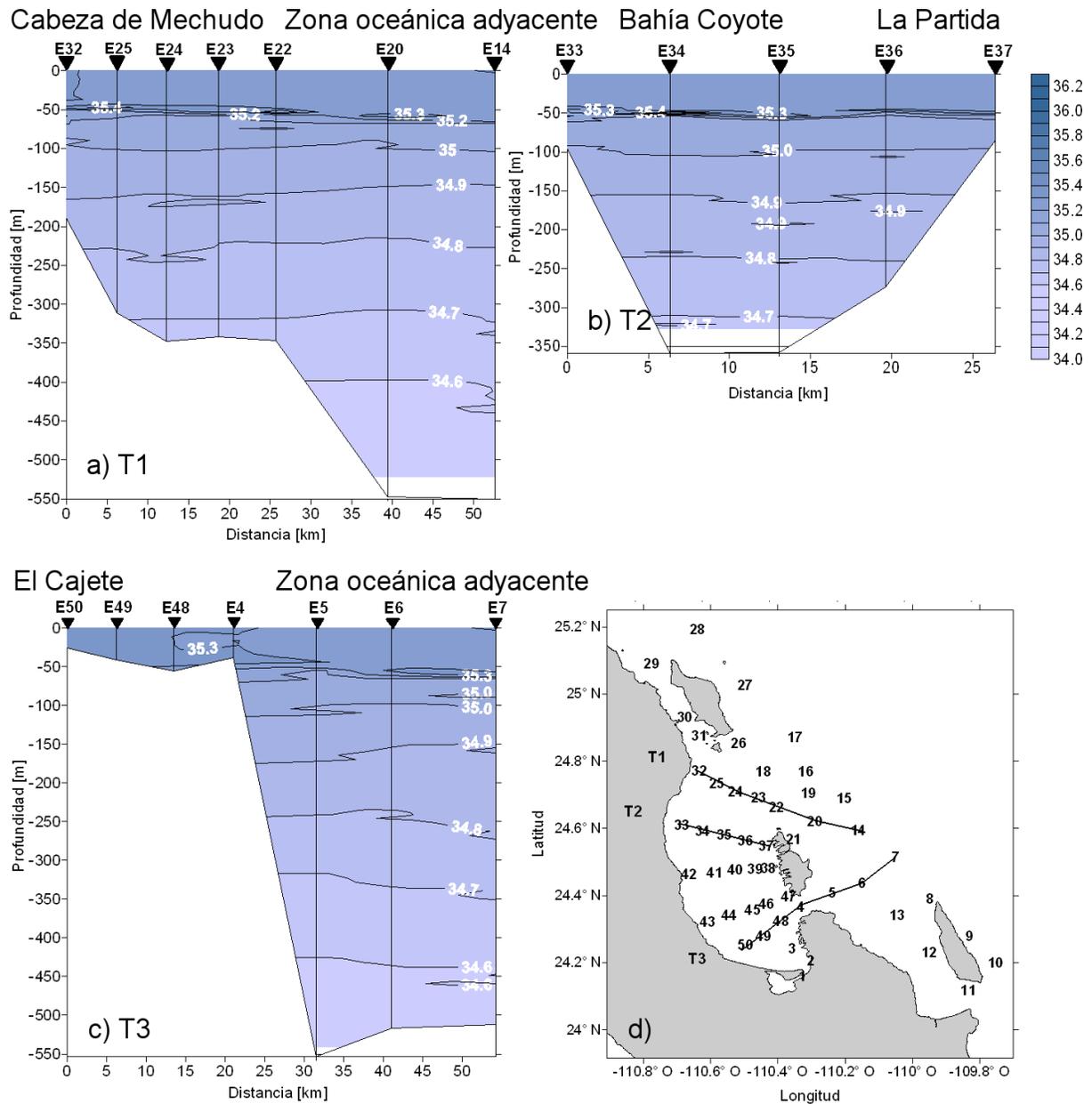


Figura 51. Transectos de salinidad del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T1 de Cabeza de Mechudo a zona oceánica adyacente, b) T2 de Bahía Coyote a La Partida, c) T3 de El Cajete a zona oceánica adyacente, d) Mapa de distribución de transectos.

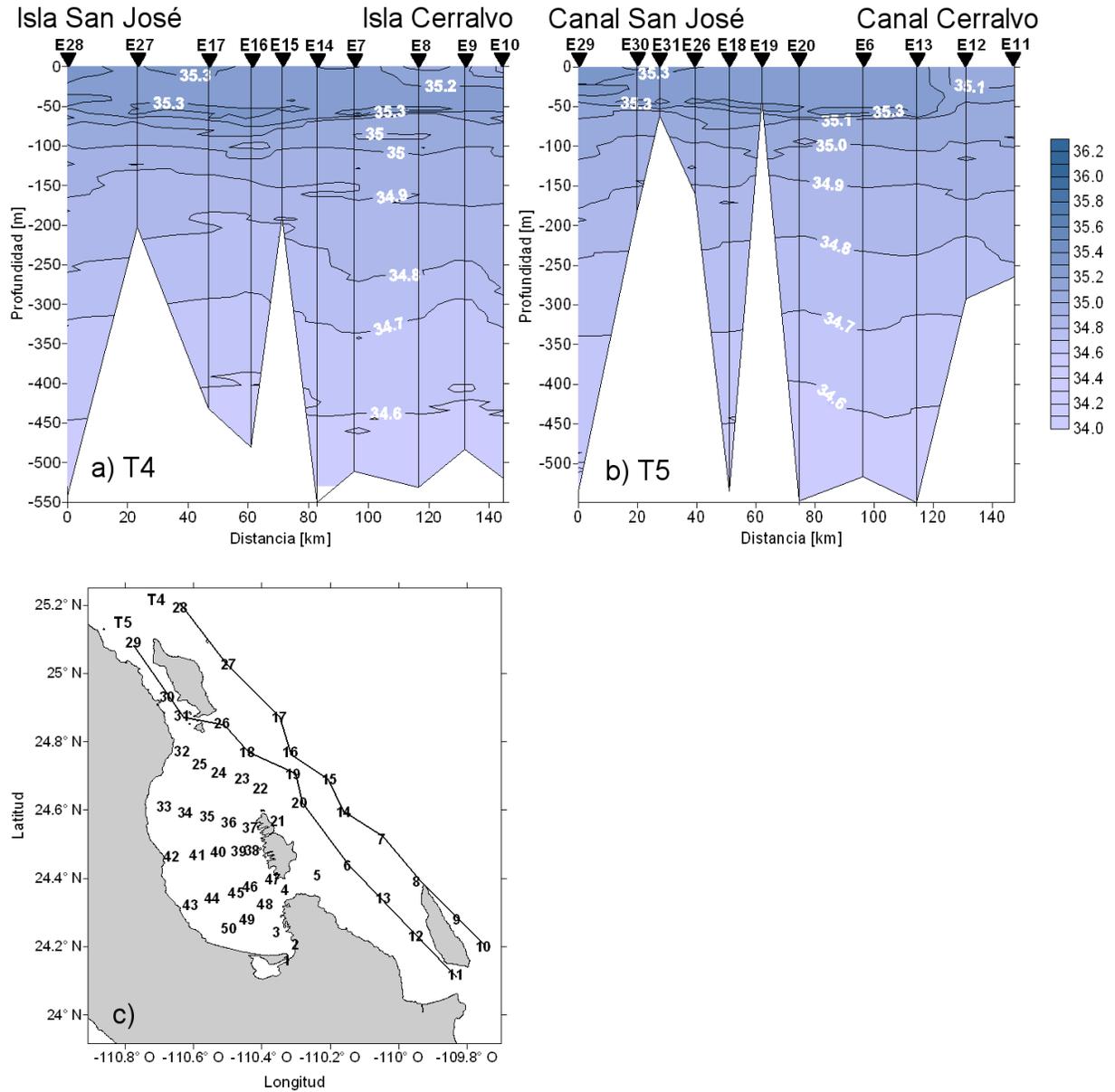


Figura 52. Transectos de salinidad del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

El diagrama T-S de toda el área de estudio de la campaña de diciembre del 2009 mostró la presencia de Agua del Golfo de California, un remanente de la influencia del Agua Superficial Ecuatorial, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico, registrada únicamente en la zona oceánica adyacente (Fig. 53).

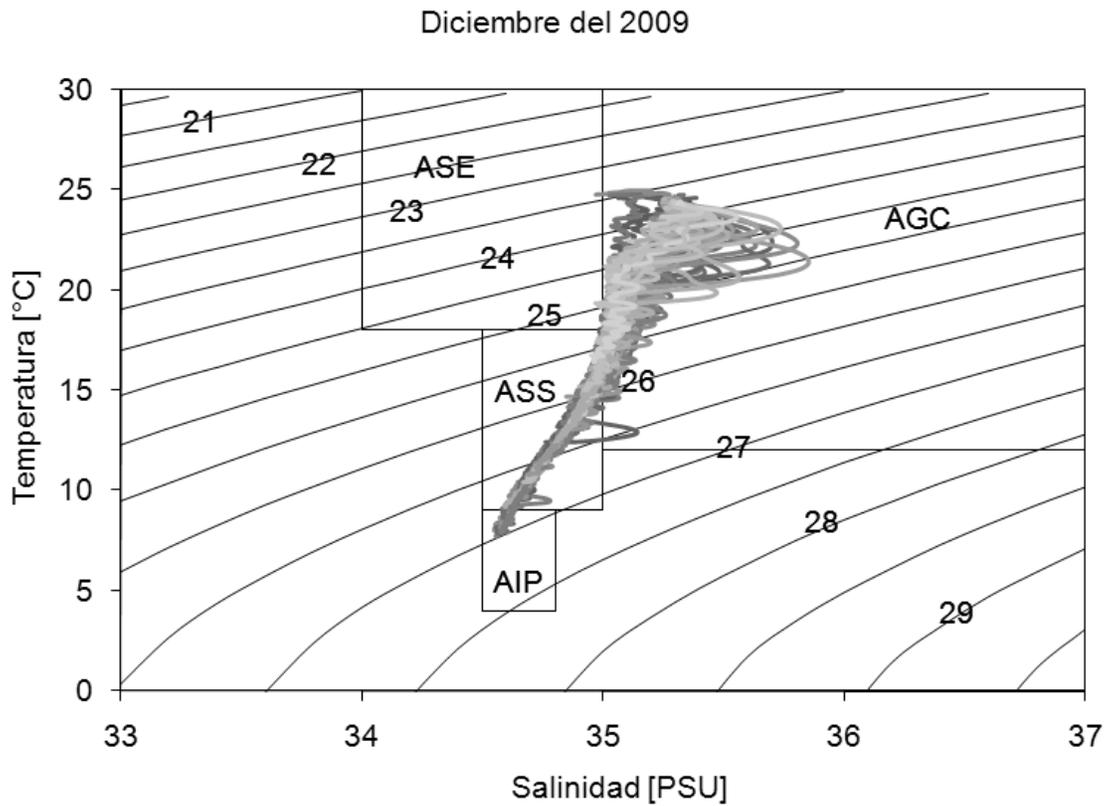
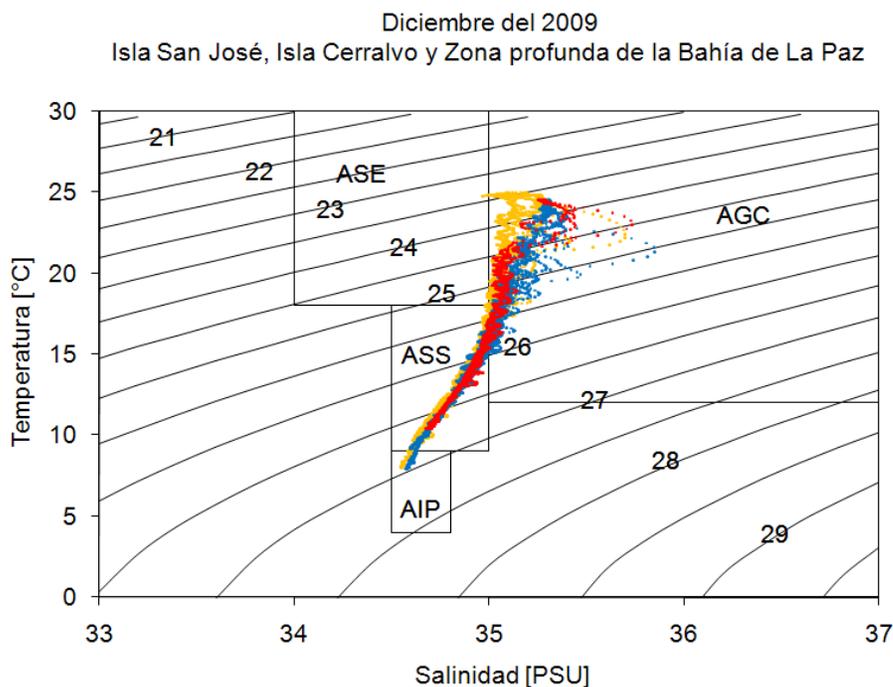


Figura 53. Diagrama T-S del 7 al 10 de diciembre del 2009. Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente, B. C. S.

La figura 54 mostró al diagrama de T-S por zonas, en el cual destacaron las diferencias en salinidad, con los valores más altos en la zona de Isla San José, seguidos por los valores en la parte profunda de la bahía y teniendo los menores en la zona de Isla Cerralvo. La zona de la Isla San José presentó Agua del Golfo de California, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico con un rango de 35.85 a 34.57. La parte profunda de Bahía de La Paz mostró Agua del Golfo de California y Agua Subsuperficial Subtropical con un rango de 35.73 a 34.67. La zona de Isla Cerralvo presentó Agua del Golfo de California, Agua Superficial Ecuatorial, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico con un rango de 35.70 a 34.59. Se registró el remanente de la influencia del Agua Superficial Ecuatorial en toda el área de estudio con los valores cercanos al 35 de salinidad en la capa superficial (Fig. 54).



- Isla Cerralvo
- Isla San José
- Zona profunda de Bahía de la Paz

Figura 54. Diagrama T-S del 7 al 10 de diciembre del 2009. Zona de Isla San José, Isla Cerralvo y parte profunda de Bahía de La Paz, B. C. S.

Los perfiles acumulados de densidad relativa de diciembre, en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente presentaron una capa de mezcla de 60 m de profundidad, con un valor superficial promedio de 23.71 unidades. Se registró una pycnoclina que mantuvo una pendiente similar desde los 60 hasta los 75 m de profundidad, con un rango de 23.75 a 25.50. De los 75 a los 550 m de profundidad los perfiles acumulados mostraron menor dispersión que en la superficie, con un rango de 24.53 a 26.93 unidades (Fig. 55).

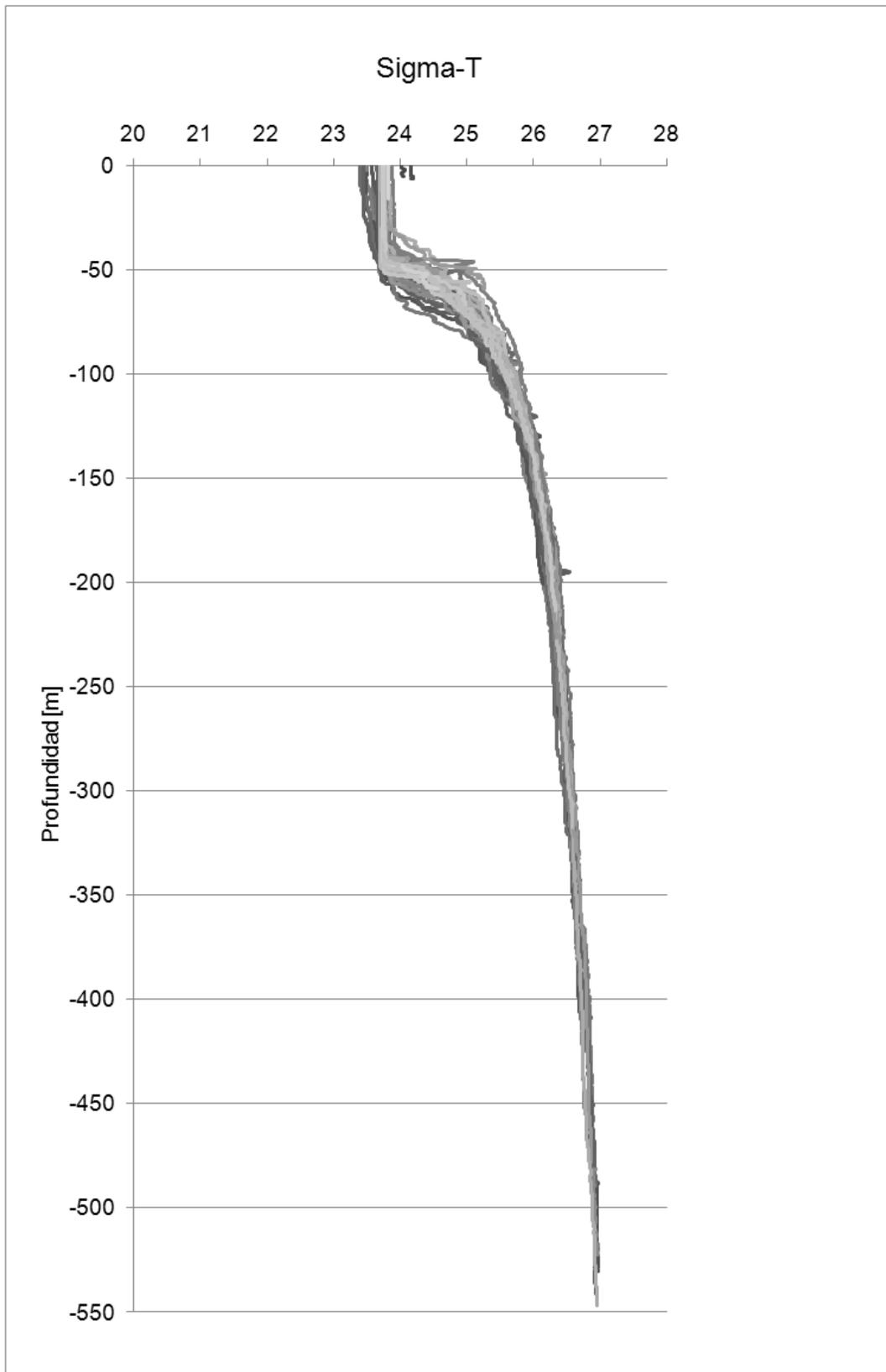


Figura 55. Gráfica de perfiles acumulados de densidad relativa del 7 al 10 de diciembre del 2009.

La distribución horizontal de densidad relativa en este periodo, a nivel superficial presentó el mayor valor de 24 unidades en la costa del Mogote y en Ensenada de La Paz. En una estación al norte de Isla San José se encontró una densidad relativa de 23.8, mientras que en la zona de Isla Cerralvo y al sureste de Isla Espiritu Santo se registró 23.4 (Fig. 56a)

A los 10 m de profundidad, la densidad relativa fue prácticamente homogénea. La bahía, el sur de Isla San José, el área de Isla Espiritu Santo y el noroeste de Isla Cerralvo presentaron un valor de 23.6 unidades. La costa norte de Isla San José mostró 23.8. La menor densidad relativa fue de 23.4 unidades y se registró en el área de Isla Cerralvo (Fig. 56b).

A los 50 m de profundidad, presentó un núcleo de alta densidad relativa de 25 al oeste de Isla San José. La densidad disminuyó de oeste a este, desde la isopícnica de 24.8 localizada al oeste de Isla San José, hasta la de 23.8 unidades en la zona oceánica adyacente. La bahía presentó un valor de 24, con tres núcleos de menor densidad de 23.8 en su parte centro y sur. Se registró una densidad de 24.4, al este de Isla Espiritu Santo y en Canal San Lorenzo (Fig. 56c).

A los 100 m de profundidad, la distribución horizontal fue prácticamente homogénea. La mayor densidad relativa fue de 25.6 unidades y se registró en el centro y norte de la bahía, en Boca Norte, en la zona de Isla San José y en el área de Isla Espiritu Santo. El sur de la bahía, Canal San Lorenzo, el área de Isla Cerralvo y una estación al oeste de Isla Espiritu Santo presentaron 25.4. La menor densidad relativa fue de 25.2 unidades y se registró al sur de Isla Cerralvo y al noreste de Isla Espiritu Santo (Fig. 56d).

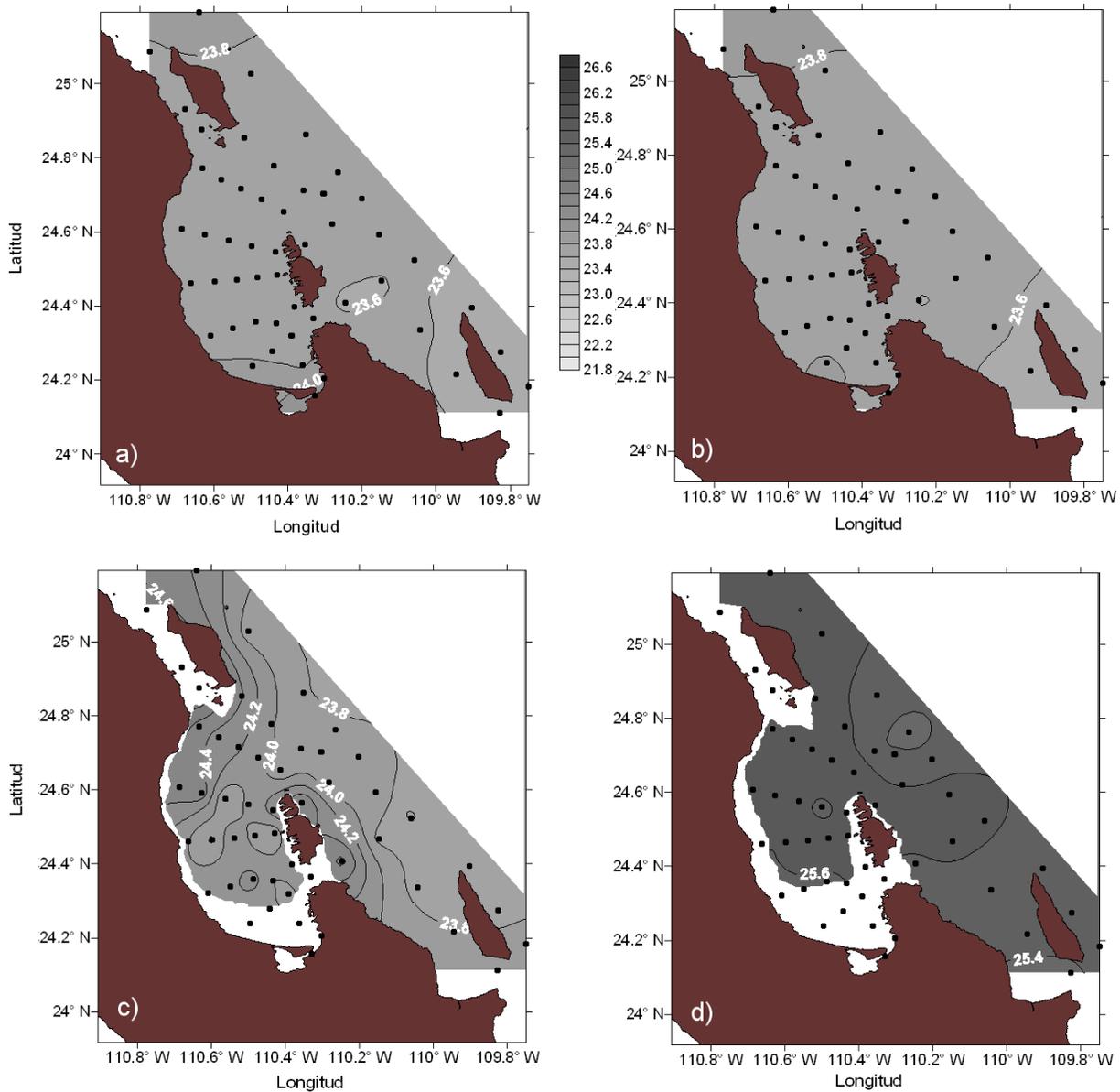


Figura 56. Distribución horizontal de densidad relativa en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) superficial, b) 10 m de profundidad, c) 50 m de profundidad, d) 100 m de profundidad.

Con respecto a la distribución vertical de densidad relativa en este periodo, el transecto T1 presentó una capa de mezcla de 48 m con un valor de 23.6 y estratificación de los 48 a los 80 m de profundidad con un rango de 23.8 a 25.6 unidades. La densidad relativa presentó una variación de 3.2 unidades, desde la superficie con un valor de 23.6, hasta los 390 m de profundidad con un valor de 26.8 (Fig. 57a).

El transecto T2 presentó una capa de mezcla de 50 m, también con una densidad relativa de 23.6 unidades, mostrando estratificación de los 50 a los 80 m de profundidad, con un rango de 23.8 a 25.6 unidades. La bahía presentó una variación de 3 unidades, desde los 23.6 en la superficie, hasta los 26.6 a 320 m de profundidad (Fig. 57b).

El transecto T3 mostró una capa de mezcla hasta de 40 m de profundidad, con una densidad relativa de 23.6 unidades, así como estratificación de los 40 a los 75 m de profundidad, con un rango de 23.8 a 25.2 unidades. Se registró un núcleo superficial con el menor valor de 23.4 unidades al sureste de Isla Espíritu Santo (E5 y E6). La zona oceánica adyacente presentó una variación de 3.2 unidades, desde los 23.4 en la superficie, hasta los 26.8 a 410 m de profundidad. Se registró el hundimiento de las isopícnas de 23.8 y 24 unidades a los 50 m de profundidad provocando la intensificación en el gradiente vertical, frente a Canal San Lorenzo (E6 y E7) (Fig. 57c).

El T4 presentó una capa de mezcla casi homogénea hasta los 40 m de profundidad con una variación de 23.4 a 23.8 unidades. Mostró estratificación de los 40 a los 100 m de profundidad, con un rango de 24 a 25.6 y con su compactación entre las estaciones E27 y E17 y entre E7 y E8. Se registró la mayor densidad superficial al norte de Isla San José (E28) y la menor al norte y este de Isla Cerralvo (E8, E9 y E10). Destacó el afloramiento de la isopícnica de 23.8 unidades al norte de Isla San José, entre las estaciones E28 y E27, así como el afloramiento de la isopícnica de 23.6

al noroeste de Isla Cerralvo entre las estaciones E7 y E8. La mayor densidad relativa que se registró fue de 26.8 unidades a una profundidad de 390 m (Fig. 58a).

El transecto T5 mostró una capa de mezcla casi homogénea hasta los 40 m de profundidad, con una variación de 23.4 a 23.8. Se registró estratificación de los 40 a los 100 m de profundidad, con un rango de 24 a 25.6 y con su compactación entre las estaciones E30 y E31 y entre E20 y E13. A nivel superficial presentó un valor de 23.6, con un núcleo de 23.4 unidades en el área oeste y sur de Isla Cerralvo (E12 y E11). Destacó el levantamiento de la isopicna de 23.8 unidades al noroeste de Isla San José (E29) y el afloramiento de la isopicna de 23.6 unidades al oeste de Isla Cerralvo entre las estaciones E13 y E12. Se registró la elevación de las isopicnas de 23.8 a 25.2 unidades dentro de un rango de profundidad de 23 a 52 m al sur de Isla San José (E31). El mayor valor registrado fue de 26.8 unidades, de los 422 m de profundidad en adelante (Fig. 58b).

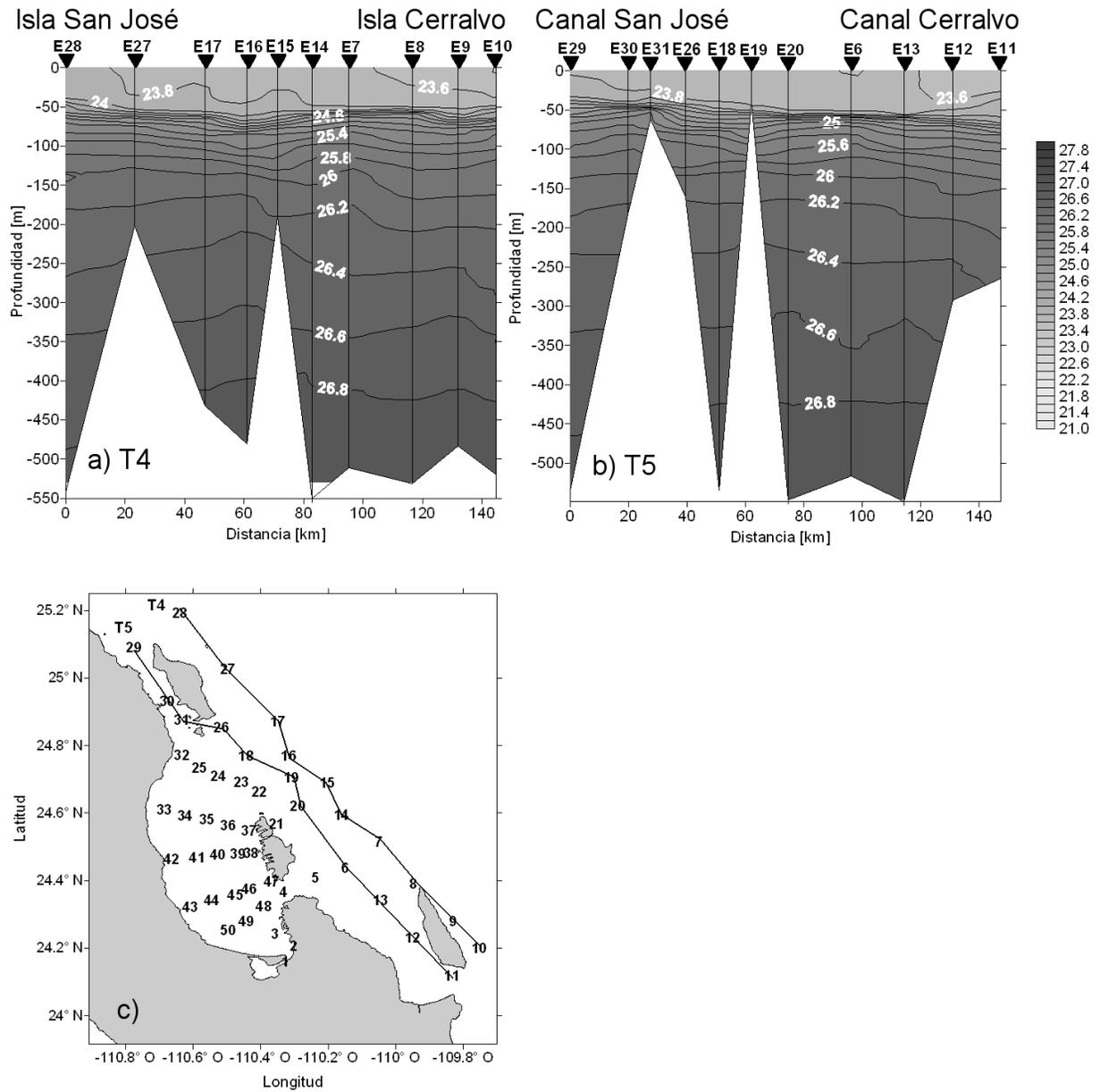


Figura 58. Transectos de densidad relativa del 7 al 10 de diciembre del 2009: a) T4 de Isla San José a Isla Cerralvo, b) T5 de Canal San José a Canal Cerralvo, c) Mapa de distribución de transectos.

8.2 Resultados de Imágenes de Satélite

8.2.1 Imágenes de satélite

En las imágenes de clorofila “a” y de temperatura superficial del mar (TSM) se observaron diversas estructuras oceanográficas mesoescalares en todo el Golfo de California y en Bahía de La Paz y las similitudes y diferencias entre sus propiedades hidrográficas (Anexo 3, 4, 5, 6 ,7 y 8).

Los valores de TSM más altos del 1 al 15 de marzo, se ubicaron en el sur de la bahía, presentando en la costa del Mogote un valor de 23.1°C. La costa oeste de la bahía mostró una temperatura de 22.5°C, mientras que su centro, Cuenca Alfonso y oeste de Isla Espíritu Santo mostraron 22.2°C. El interior de la bahía fue en promedio más cálido que la zona oceánica adyacente, en donde se encontró una temperatura de 20.4°C al noreste de Isla San José y una de 21.9°C al sureste de Isla Cerralvo. Es perceptible en esta imagen un giro ciclónico al noreste de Isla San José (Fig. 59).

Este periodo presentó concentraciones de clorofila “a” de 0.7 a 10 mg/m³, principalmente en las zonas costeras del golfo, con una lengua en la zona norte (frente a Bahía Concepción). Se presentó una circulación ciclónica dentro de la bahía. Se encontró una intrusión de agua con concentraciones de clorofila “a” mayores a 1 mg/m³ proveniente del sureste de Isla San José por Boca Norte (Fig. 60).

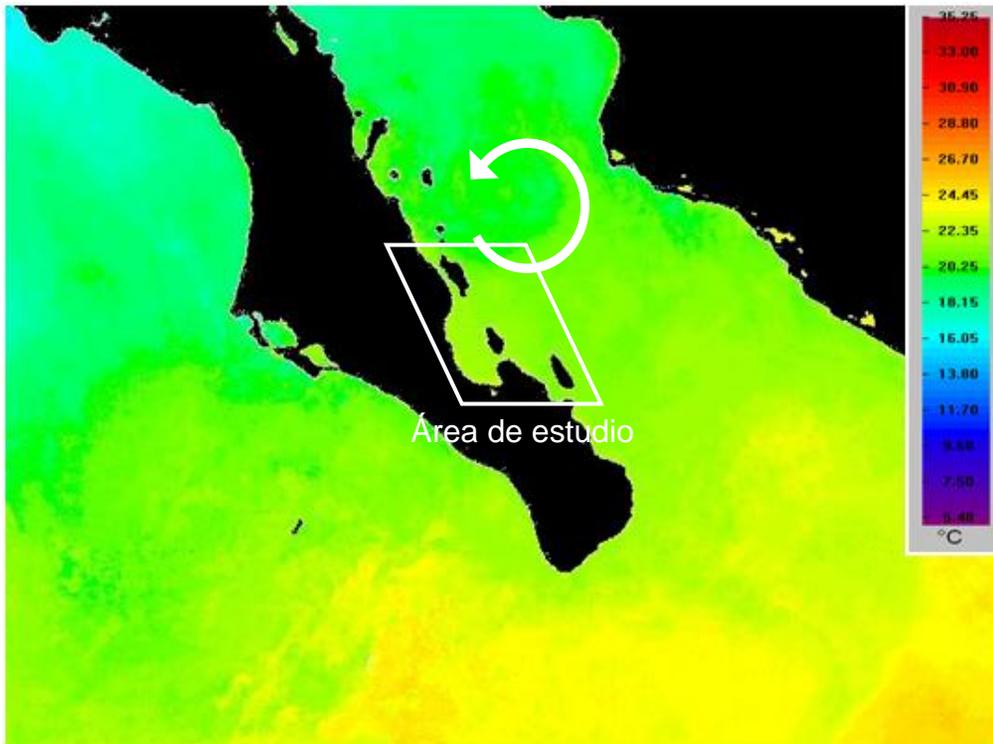


Figura 59. Imagen promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM), del 1 al 15 de marzo del 2009.

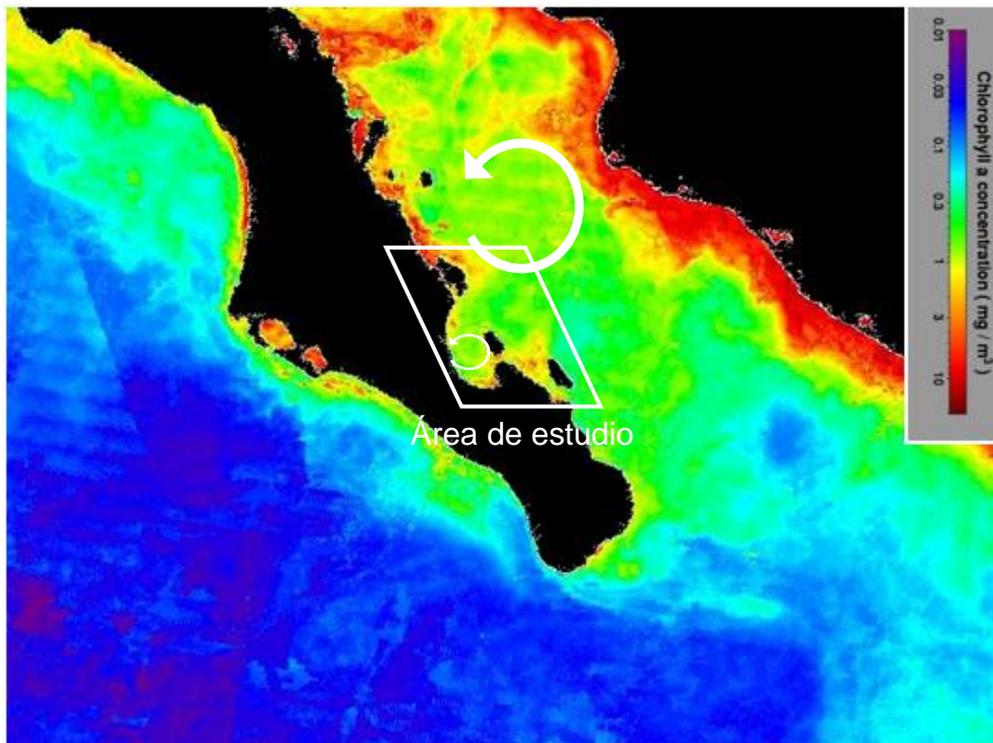


Figura 60. Imagen promedio de concentración superficial de clorofila "a", del 1 al 15 de marzo del 2009.

Del 16 al 30 de junio, la temperatura promedio de la bahía fue menor que en la zona oceánica adyacente. El valor más alto dentro de la bahía estuvo en su costa oeste y fue de 27°C. Se observó un núcleo menos cálido de 26°C en Cuenca Alfonso y un núcleo con temperatura de 25.8°C localizado al sur de la bahía, en la costa oeste de Isla Espíritu Santo y en Canal San Lorenzo. La temperatura más alta dentro de la zona oceánica adyacente fue de 28°C en las costas este de las Islas Cerralvo, Espíritu Santo y San José. El sur de Isla Cerralvo también mostró una temperatura de 28°C, mientras que el norte de Isla San José presentó una temperatura de 27.5°C (Fig. 61).

En este periodo se observó una lengua con concentración de clorofila "a" de 0.4 mg/m³ desde la bahía hasta la zona oceánica adyacente pasando por Boca Norte. El interior de la bahía presentó concentraciones de clorofila "a" mayores a la zona oceánica adyacente. La costa de la bahía mostró un valor mínimo de 0.6, hasta un máximo de 5.2 mg/m³ en la costa de El Mogote. El centro de la bahía presentó concentraciones de clorofila "a" desde 0.4 mg/m³, destacando un valor de 0.5 mg/m³ en Cuenca Alfonso. El este de las islas San José, Espíritu Santo y Cerralvo presentaron concentraciones menores de 0.2 a 0.3 mg/m³ (Fig. 62).

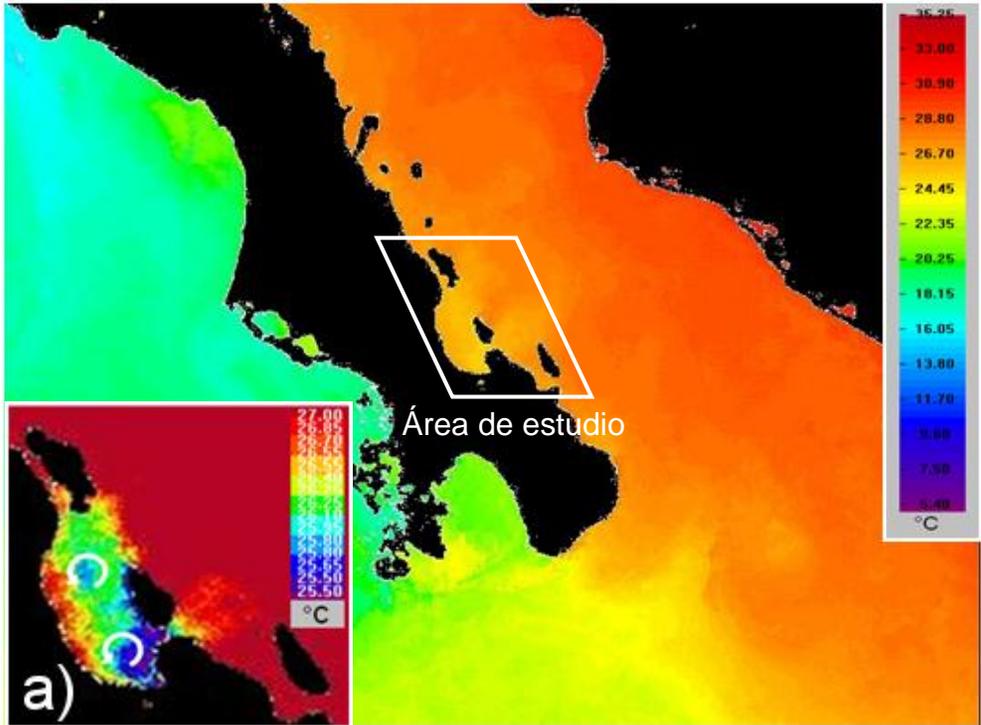


Figura 61. Mosaico de promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM), del 16 al 30 de junio del 2009, a) Acercamiento del área de estudio con compresión de escala de visualización (LUT stretch).

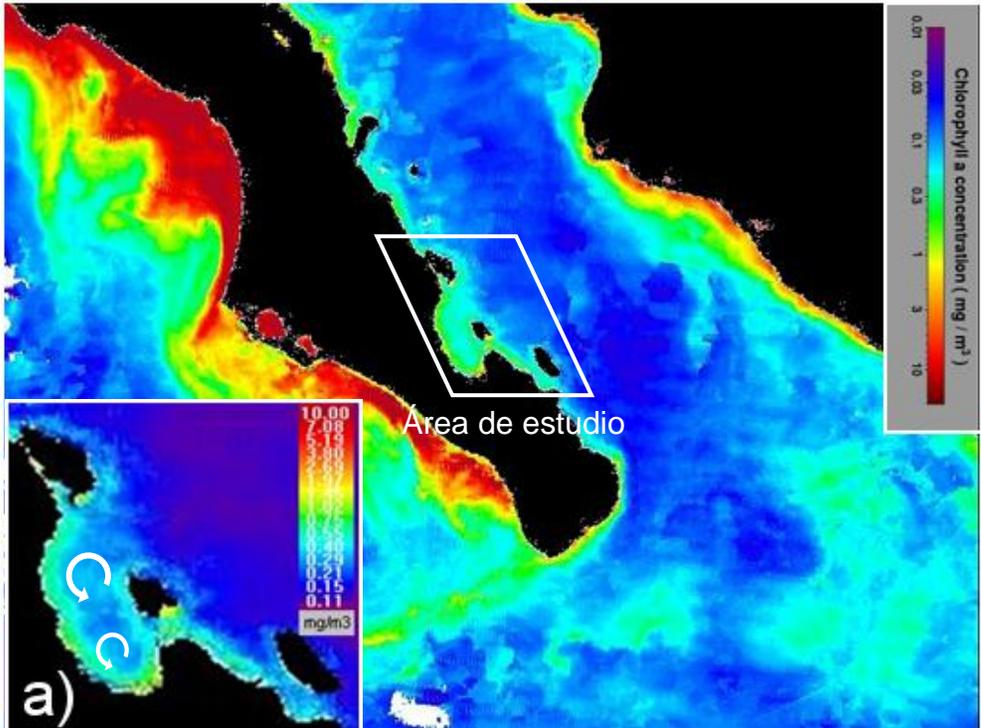


Figura 62. Mosaico de promedio de concentración superficial de clorofila "a", del 16 al 30 de junio del 2009, a) Acercamiento del área de estudio con compresión de escala de visualización (LUT stretch).

En la segunda quincena de septiembre la distribución de temperatura en el sur del golfo fue prácticamente homogénea, con un rango de 30 a 31°C. El centro de la bahía y las costas oeste de las islas San José, Espíritu Santo y Cerralvo mostraron un valor menos cálido de 30.75°C. La menor temperatura encontrada fue de 30°C en el sur de la bahía y en Canal San Lorenzo, mientras que la mayor fue de 31°C, en el este de las Islas San José, Espíritu Santo y Cerralvo (Fig. 63).

En este periodo la mayor concentración de clorofila "a" se registró en la costa del Mogote, con un valor de 2.11 mg/m³. Se observó una lengua con concentraciones de clorofila "a" desde 0.2 hasta 0.4 mg/m³ de la bahía a la zona oceánica adyacente pasando por Boca Norte. Se observó una concentración de clorofila "a" de 0.6 mg/m³ en el sur de la bahía, en Canal San Lorenzo y al oeste de Isla Cerralvo. El este de las islas San José, Espíritu Santo y Cerralvo presentaron concentraciones de clorofila "a" de 0.3 mg/m³. El resto de la zona oceánica adyacente y el sur del golfo mostraron valores menores, de 0.1 a 0.2 mg/m³ (Fig. 64).

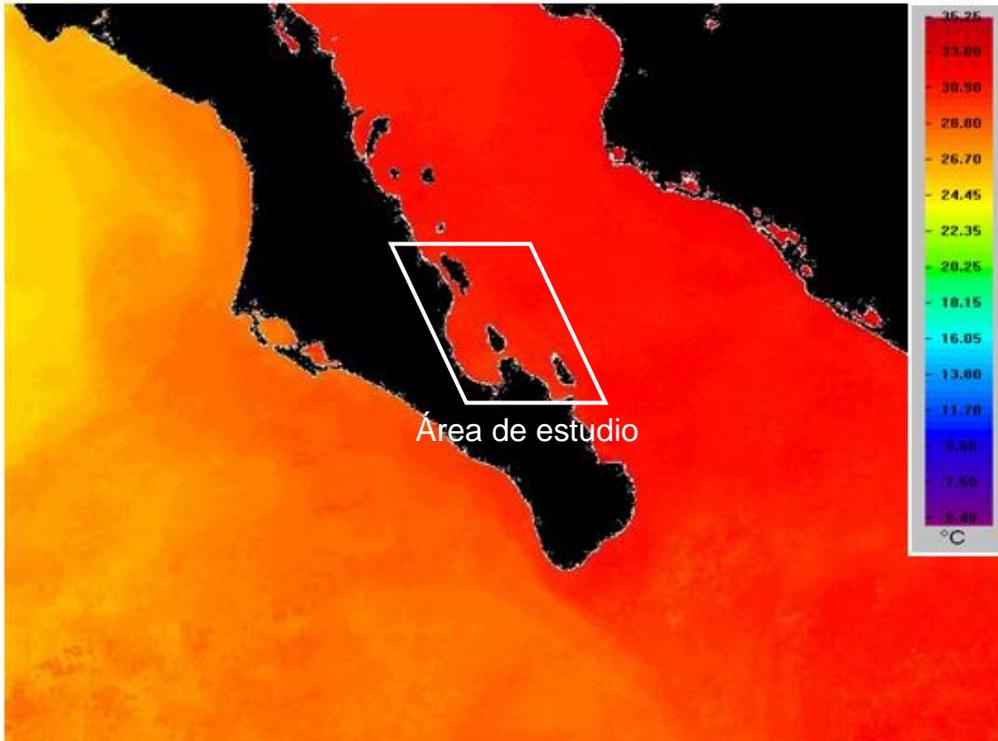


Figura 63. Imagen promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM), del 16 al 30 de septiembre del 2009.

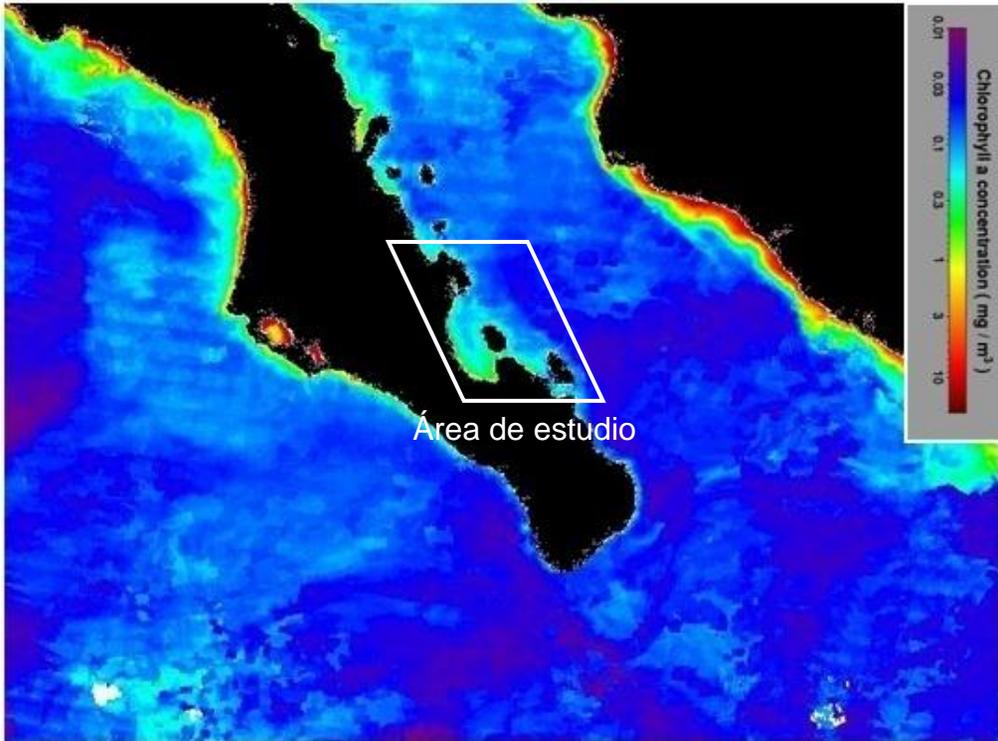


Figura 64. Imagen promedio de concentración superficial de clorofila "a", del 16 al 30 de septiembre del 2009.

La imagen promedio de TSM del 1 al 15 de diciembre mostró al sur de la bahía la mayor temperatura del área de estudio, 25.3 a 25.6°C, superada sólo por el sureste de Isla Cerralvo, que presentó 26°C. El norte de Isla San José mostró una temperatura menos cálida de 24.9°C, mientras que el área entre Isla San José e Isla Espíritu Santo presentó un valor de 25.2°C (Fig. 65).

En este periodo, la imagen promedio de concentración de clorofila "a" mostró el mayor valor frente a Bahía Coyote, con 4.5 mg/m³. Se observaron en la bahía y en la zona oceánica adyacente pasando por Boca Norte concentraciones de clorofila "a" desde 0.7 hasta 0.8 mg/m³ y en la bahía y en la zona oceánica adyacente pasando por Canal San Lorenzo concentraciones de clorofila "a" desde 1 hasta 2.2 mg/m³ (Fig. 66).

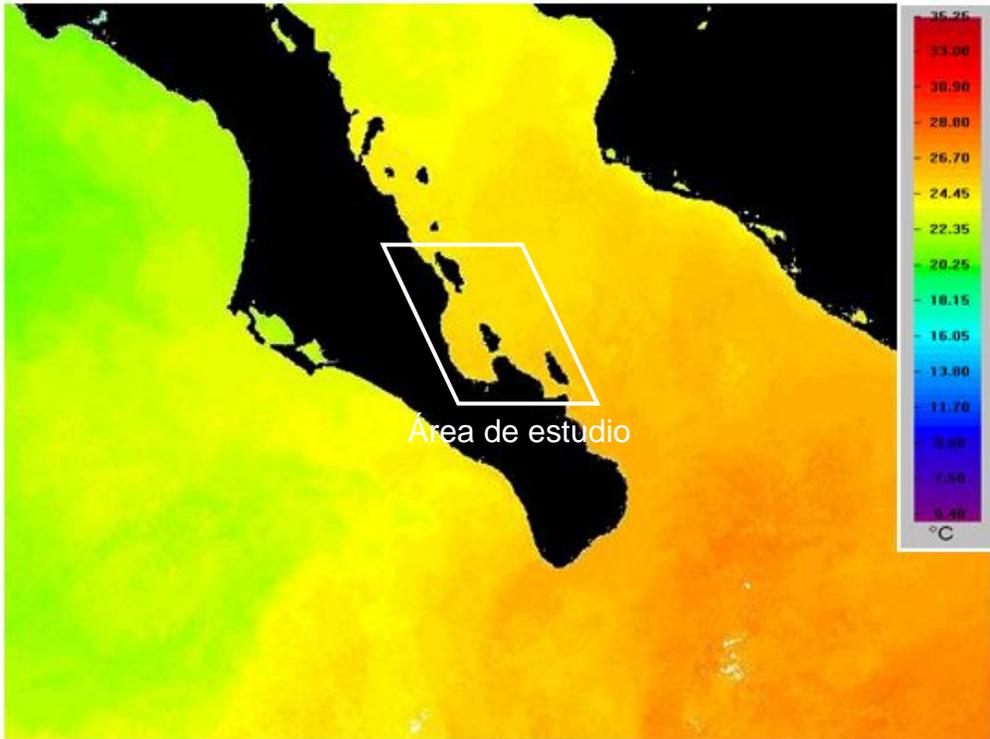


Figura 65. Imagen promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM), del 1 al 15 de diciembre del 2009.

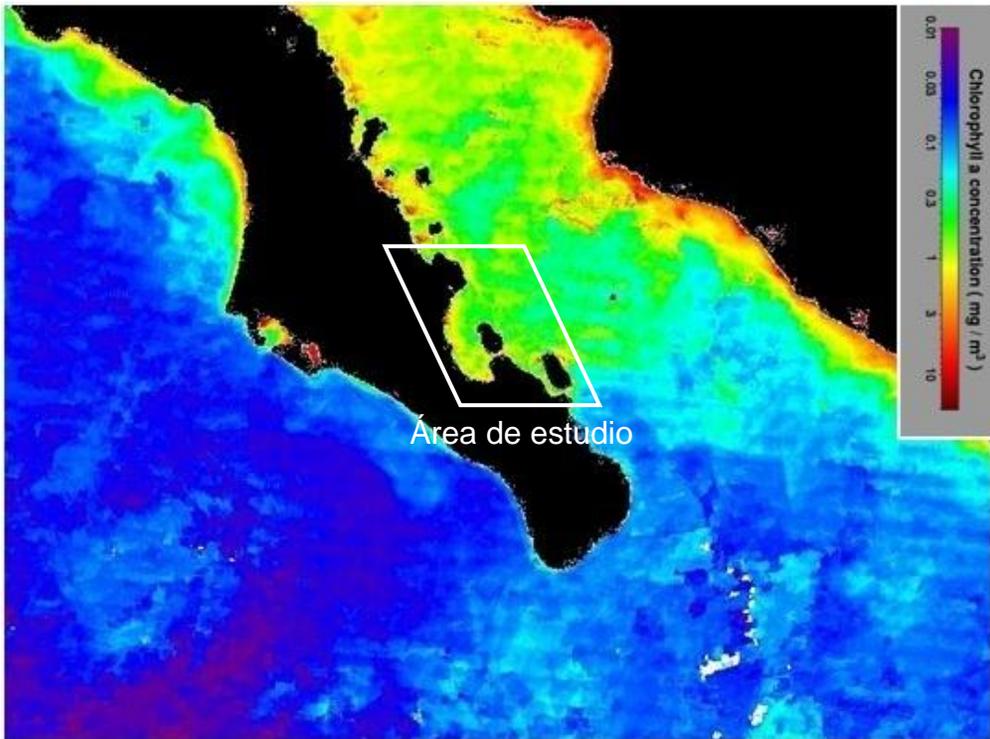


Figura 66. Imagen promedio de concentración superficial de clorofila "a", del 1 al 15 de diciembre del 2009.

IX. DISCUSIÓN

En el invierno del 2009 destacó la ausencia de capa de mezcla (periodo no afectado por los fenómenos Niño y Niña (Anexo 2)). Esto a pesar de que el área de estudio se caracteriza por presentar vientos fuertes del norte y noroeste durante el invierno (Jiménez-Illescas *et al.*, 2005). Este resultado concuerda con lo registrado por Obeso-Nieblas (2003), quien detectó que en marzo de 1996 (Periodo Niña), no existía capa de mezcla y la temperatura superficial en la bahía fue de 22.41°C. Sin embargo, este mismo autor reportó para marzo de 1994 (periodo no afectado por los fenómenos Niño y Niña) una capa de mezcla bien definida de 40 m de profundidad. Esto mismo, de manera similar, fue registrado por Obeso-Nieblas *et al.* (2008) en marzo de 1997 y 1998 (años considerados de inicio y término de periodo Niño), quienes reportaron capas de mezcla de 50 m con un débil gradiente vertical.

En la primavera del 2009, el registro de temperatura mostró ausencia de capa de mezcla y una marcada estratificación hasta los 50 m. Esto concuerda con lo reportado por Salinas-González *et al.* (2003) y Obeso-Nieblas *et al.* (2004) quienes registraron la ausencia de capa de mezcla y el afloramiento de la termoclina, durante primavera, así como la presencia de una marcada estratificación como resultado de vientos relativamente débiles del sureste y sur-sureste y una fuerte radiación solar.

Con respecto al registro de los núcleos fríos en este periodo, a los 10 y 50 m de profundidad, el núcleo en Cuenca Alfonso ha sido reportado anteriormente por Monreal-Gómez *et al.* (2001) quienes mostraron que en junio de 1998 la circulación baroclínica en la bahía fue dominada por un giro ciclónico con núcleo frío, localizado en Cuenca Alfonso, que afectó hasta los 150 m de profundidad. También Obeso-Nieblas *et al.* (2004) encontraron en julio de 1997 una estructura ciclónica con núcleo frío en la zona de Cuenca Alfonso. El núcleo frío de la parte sur de la bahía, al igual que el de Cuenca Alfonso corroboran lo descrito en velocidades geostroficadas relativas por Ávalos-García (2005), quien mostró a 50 m dos giros en ambas zonas para el mes de julio del 2001. Cabe señalar que Pérez-Lezama (2005) registró un

núcleo a nivel superficial de alta concentración de clorofila y baja concentración de oxígeno, dentro de la bahía para julio del 2001.

En el verano, el afloramiento de la termoclina y la ausencia de capa de mezcla está de acuerdo con lo encontrado por Salinas-González (2000), Obeso-Nieblas (2003), Salinas-González *et al.* (2003), Obeso-Nieblas *et al.* (2004) y Obeso-Nieblas *et al.* (2008), quienes mencionaron que las causas de esta ausencia son la fuerte radiación solar propia de estas épocas del año y los vientos débiles del sur y del sureste, acompañados de frecuentes calmas. Lo anterior difiere con lo reportado por Ávalos-García (2005), quien registró una fina capa de mezcla de 25 m en el mes de octubre del 2001.

El registro del núcleo frío en este periodo, en Cuenca Alfonso a los 50 m de profundidad, coincide con el encontrado por Salinas-González *et al.* (2003) en agosto del 1999 y con la distribución de velocidades geostróficas relativas a 50 m, reportada por Ávalos-García (2005) en octubre del 2001.

A finales del otoño del 2009, se registró una capa de mezcla de 60 m y una termoclina de los 60 a los 75 m de profundidad. Esto se asemeja a lo reportado por Obeso-Nieblas *et al.* (2008), quienes encontraron en noviembre del 1999 que la capa de mezcla fue de 60 m de espesor, con una termoclina que presentó dimensiones y magnitudes semejantes.

Los perfiles acumulados de salinidad de invierno mostraron una débil haloclina de los 50 a los 75 m. Estos perfiles se asemejan a los perfiles acumulados de salinidad reportados por Obeso-Nieblas (2003) de marzo de 1996 donde encontró una débil haloclina de los 40 a los 75 m y a los reportados por Obeso-Nieblas *et al.* (2008) para marzo de 1998, estos presentaron la misma distribución, con menor salinidad en los primeros 100 m de profundidad.

En la primavera del 2009, los datos de salinidad presentaron haloclina aflorada con gradiente débil hasta los 50 m de profundidad y dispersión desde la superficie hasta los 100 m de profundidad. Estos perfiles son similares a los registrados por Obeso-Nieblas (2003) en julio de 1996 y Obeso-Nieblas *et al.* (2008) en mayo de 2001, tanto en la dispersión como en el rango de salinidad. Lo anterior difiere de lo reportado por Ávalos-García (2005), quien encontró en los perfiles acumulados de salinidad de julio del 2001, un aumento de la salinidad con la profundidad, a profundidades menores de los 70 m.

En las distribuciones horizontales de salinidad en la superficie, a 10 y a 50 m destacó una lengua con baja salinidad entrando de la zona oceánica adyacente a la bahía por Boca Norte. Esto corrobora lo reportado por Ávalos-García (2005), quien encontró en su distribución superficial promediada en los primeros 30 m de salinidad de julio del 2001, una lengua de menor salinidad, producto de una intrusión a la bahía por Boca Norte.

En el verano hubo ausencia de capa de mezcla, así como de haloclina. Los perfiles acumulados de salinidad presentaron dispersión de datos desde la superficie hasta los 250 m de profundidad. Esta gran dispersión es similar a la reportada por Obeso-Nieblas (2003) quien la registró en julio de 1997, hasta los 250 m de profundidad, así como la encontrada por Ávalos-García (2005) en octubre del 2001, hasta los 450 m. Estos datos indicaron que esta dispersión fue originada por la intrusión de masas de agua de menor salinidad.

En el otoño del 2009, la gráfica de perfiles acumulados de salinidad mostró una capa de mezcla de 50 m de profundidad. Esto muestra similitud con lo encontrado por Obeso-Nieblas *et al.* (2008), quienes registraron en noviembre de 1999 una capa de mezcla con un espesor de 50 m.

En el invierno del 2009, el diagrama T-S del área de estudio mostró la presencia de AGC, ASS, así como de AIP en la zona oceánica adyacente. Esto concuerda con lo

registrado por Ávalos-García (2005) en su diagrama θ -S de mayo del 2001, donde encontró las mismas masas de agua. Es similar también a lo encontrado por Obeso-Nieblas *et al.* (2008) en su diagrama T-S de marzo de 1997, no obstante, es diferente a lo registrado en marzo de 1998 (periodo en el que registraron el arribo de ASE, originado por la influencia del fenómeno El Niño 1997-1998), también difiere de lo reportado por Jiménez-Illescas (1996), quien no encontró AGC en la bahía durante marzo de 1994.

En la primavera del 2009, el diagrama T-S del área de estudio, mostró la presencia AGC con poca salinidad, ASE y ASS, junto con AIP registrada en la zona oceánica adyacente. Corroborando el registró de ASE, por Monreal-Gómez *et al.* (2001) en junio de 1998, quienes afirmaron que esta masa de agua tuvo un flujo del golfo hacia la bahía, predominantemente a través de Boca Norte. Esto también está de acuerdo con lo registrado por Ávalos-García (2005), en su diagrama θ -S de julio del 2001, donde encontraron un desplazamiento de los valores de salinidad de la zona oceánica a la categoría del ASE.

Para el verano del 2009, el diagrama T-S mostró a la Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente con el menor rango de salinidad del año, presentando AGC con poca salinidad, ASE con mayor salinidad, ASS y AIP registrada en la zona oceánica adyacente. Esto muestra semejanza con las masas de agua reportadas por Ávalos-García (2005) en su diagrama θ -S de octubre del 2001 y por Obeso-Nieblas *et al.* (2008) en su diagrama T-S de octubre de 1995, donde también destacó a nivel subsuperficial una mayor cantidad de valores de salinidad dentro de la categoría del ASS que en la del AGC.

En el otoño del 2009, el diagrama T-S mostró la presencia de AGC con poca salinidad, ASS y AIP registrada en la zona oceánica adyacente, así como remanencia de la influencia del ASE en toda el área de estudio a nivel superficial y subsuperficial. Estudios anteriores para esta misma época han mostrado diferentes características para las masas de agua presentes en la bahía y en su zona oceánica

adyacente. Obeso-Nieblas *et al.* (2008) registraron dentro de la bahía en noviembre de 1999 AGG con mayor salinidad (alejada del límite de 35 unidades del ASE) y ASS.

Respecto a la densidad relativa, en el invierno del 2009 se encontró a nivel superficial y a 10 m de profundidad, el mismo valor de densidad en Bahía Coyote, Cuenca Alfonso, área de Isla Espíritu Santo, Boca Norte, Canal San Lorenzo y zona de Isla Cerralvo, registrando el valor más alto de densidad en la zona de Isla San José. Esta distribución de densidad relativa es similar a la reportada por Ávalos-García (2005) en febrero del 2002, quien reportó en su distribución superficial promediada en los primeros 30 m de profundidad una distribución homogénea en la parte central de la bahía, que abarcó también el área de Isla Espíritu Santo, Boca Norte, Canal San Lorenzo y cierta parte de la zona oceánica adyacente, también registrando densidades más altas en la parte norte del área de estudio.

En la primavera del 2009, para la densidad relativa, destacaron los levantamientos de las isopicnas, que mostraron una forma de domo en Cuenca Alfonso de los 5 a los 70 m de profundidad y otro domo, en la parte sur de la bahía de los 8 a los 20 m de profundidad. Esto indicó la presencia de dos giros ciclónicos en la bahía. Lo anterior concuerda con el levantamiento de las isotermas en las mismas zonas y con el mosaico de promedio de TSM del 16 al 30 de junio, que mostró un núcleo menos cálido en Cuenca Alfonso y otro núcleo menos cálido en la parte sur de la bahía. También corrobora lo encontrado por Ávalos-García (2005) en julio de 2001, quien registró una circulación ciclónica en el área de Cuenca Alfonso y en la parte sur de la bahía, en su distribución de velocidades geostroficadas relativas a 50 m de profundidad.

Respecto a la densidad relativa en el verano del 2009, se observó levantamiento de las isopicnas, presentando una forma de domo en Cuenca Alfonso desde la superficie hasta los 100 m de profundidad. Esto se asemeja a lo encontrado por Obeso-Nieblas *et al.* (2008) durante julio de 1997, quienes registraron un giro de tipo

ciclónico en Cuenca Alfonso, generado por el principio de conservación de la vorticidad potencial, que establece que al disminuir profundidad, tendrá que disminuir la vorticidad relativa, dando origen a la estructura de tipo ciclónica. De igual manera corrobora lo encontrado por Ávalos-García (2005) en octubre de 2001, quien registró una circulación ciclónica en el área de Cuenca Alfonso, en su distribución de velocidades geostroficas relativas a 50 m de profundidad. Así mismo, en la distribución horizontal de densidad relativa a 50 m de profundidad se encontró el núcleo de alta densidad en Cuenca Alfonso, que también fue reportado por Ávalos-García (2005) en octubre del 2001 en su distribución superficial promediada en los primeros 30 m de densidad. Lo anterior es contrario a lo registrado por Salinas-González (2000) en octubre de 1997, quien encontró el hundimiento de isotermas e isopícnas en esta zona, lo cual indicó la presencia de un giro anticiclónico dentro de la bahía en ese periodo.

En el otoño del 2009, la gráfica de perfiles acumulados de densidad relativa mostró una capa de mezcla de 60 m. Esta fue similar a lo registrado por Obeso-Nieblas (2003) en noviembre de 1999, quien reportó una capa de mezcla con un espesor de 50 m.

En la imagen promedio de TSM del 1 al 15 de marzo del 2009, se observó menor temperatura promedio dentro de la bahía que en la zona oceánica adyacente. Con los valores más cálidos cerca de la costa, especialmente en la parte sur de la bahía y en Canal San Lorenzo, mientras que el área de Isla San José mostró la temperatura más fría de este periodo. Esto está de acuerdo a lo reportado por Pérez-Lama (2005), quien presentó la imagen de TSM del área de estudio, del 10 de febrero del 2002, mostrando un rango de temperatura y una distribución similar. De igual manera, coincide con la imagen promedio de concentración superficial de clorofila "a" del 1 al 15 de marzo del 2009, que presentó concentraciones semejantes en la costa de la bahía, parte sur y Canal San Lorenzo, siendo mayores que las encontradas en el centro de la bahía y al noreste de Isla Espíritu Santo. Las concentraciones de clorofila "a" en la parte sur de la bahía y en Canal San Lorenzo, compartieron el

mismo rango que las reportadas por Pérez-Lama (2005), en Febrero del 2002 a nivel superficial.

En la imagen promedio de TSM del 16 al 30 de junio del 2009, destacaron dos núcleos menos cálidos dentro de la bahía, uno en Cuenca Alfonso y el otro en la parte sur de bahía. Estos núcleos superficiales también fueron reportados por Pérez-Lama (2005), en su imagen de TSM del 18 de junio del 2001, donde se mostró a la bahía con una distribución de temperatura muy similar. Así mismo, se encontró en la imagen promedio de concentración superficial de clorofila "a" del 16 al 30 de junio del 2009, una circulación ciclónica dentro de la bahía, que mantuvo apiladas las mayores concentraciones en la costa de la bahía y en la costa este de Isla Espíritu Santo. Lo anterior difiere de lo reportado por Pérez-Lezama (2005) en julio del 2001, quien registró un núcleo con la mayor concentración dentro de la bahía, al oeste de Isla Espíritu Santo.

En la imagen promedio de TSM de la segunda quincena de septiembre del 2009, se encontró al sur de la bahía la menor temperatura del área de estudio, así como una temperatura promedio dentro de la bahía menor que en la zona oceánica adyacente. Lo anterior concuerda con lo encontrado por Obeso-Nieblas (2003) el 2 de agosto de 1998, donde también mostró la menor temperatura del área de estudio en la parte sur de la bahía y en Canal San Lorenzo. En este periodo los bajos gradientes de temperatura dificultaron la identificación de estructuras en la superficie, por lo que se complementó con la imagen promedio de concentración superficial de clorofila "a" del mismo periodo para inferir la circulación superficial y encontrar diferencias y similitudes de la bahía con su zona oceánica adyacente.

En la imagen promedio de TSM de la primera quincena de diciembre del 2009, se encontró al sur de la bahía un rango de temperatura similar al de la zona de Isla Cerralvo, así como un valor menos cálido en el área de Isla San José. Esta distribución concuerda con la encontrada por Obeso-Nieblas (2003) el 30 de noviembre de 1999, quien reportó valores menores de temperatura en la zona de Isla

San José que dentro de la bahía, en la zona de Isla Espiritu y en el área de Isla San José.

X. CONCLUSIONES

Respecto a la hidrografía en Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente se observaron importantes variaciones espaciales y temporales. La bahía se destacó por mantener un retraso respecto a las condiciones presentes en el sur del Golfo de California. En primavera, verano y otoño se registraron temperaturas mayores dentro de la bahía que en la zona oceánica adyacente, mientras que en invierno la bahía presentó una temperatura mayor que la registrada en el sur del golfo.

Se consideraron a las características de marzo como las más representativas para el periodo de invierno, las de junio para la primavera, las de septiembre para el verano y las de diciembre para el otoño debido a que el mar presenta amortiguamiento y guarda un pequeño retraso respecto a las condiciones atmosféricas y la variación estacional del clima.

Durante el 2009, en primavera y verano se presentó una circulación ciclónica dentro de la bahía, mientras que en otoño e invierno se observó una débil circulación anticiclónica.

La capa de mezcla más grande e importante del 2009 se presentó en el otoño, siendo de 60 m, periodo en que los vientos locales del norte y noroeste, en el área de estudio, típicamente son intensos y persistentes. Para el invierno no se encontró una capa de mezcla bien estructurada, tampoco se registró termoclina, haloclina ni picnoclina, en cambio, se registraron perfiles acumulados con gradientes débiles, esto probablemente provocado por un debilitamiento o ausencia de los vientos en el área de estudio. Para la primavera y el verano las calmas frecuentes y la radiación solar en la región se encargaron de generar una elevada estratificación de la temperatura y la salinidad en la capa superficial, dentro y fuera de Bahía de La Paz.

En las imágenes de satélite se observó que la época fría fue dominada por fuertes surgencias continentales en el golfo. Los remolinos que se generaron en éste transportaron propiedades a la zona de la bahía, mientras que en la época cálida se detectó una intrusión de aguas del golfo hacia la parte profunda de la bahía (Cuenca Alfonso) a través de Boca Norte.

Los diagramas T-S revelaron la presencia de Agua del Golfo de California, Agua Subsuperficial Subtropical y Agua Intermedia del Pacífico en el invierno, mostrando en primavera una disminución de la salinidad debido a la influencia del Agua Superficial Ecuatorial. En el verano se registró Agua Superficial Ecuatorial en el área de estudio, con los menores valores de salinidad del año. Finalmente en otoño se registró un remanente del Agua Superficial Ecuatorial, con valores bajos de salinidad para el Agua del Golfo de California y Agua Subsuperficial Subtropical. Cabe destacar como la zona de Isla Cerralvo siempre mostró los menores valores de salinidad en la capa superficial y subsuperficial, seguido de los valores dentro de la bahía y por último en el área de Isla San José.

Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente se vieron sujetas a cambios cíclicos y estacionales, con diversos fenómenos de mesoescala dentro de ellas. Tal fue el caso de los tres remolinos ciclónicos encontrados en la bahía y en su zona oceánica adyacente durante la primavera, con las imágenes de satélite y los datos *in situ*. Se registraron estructuras de domo, con inclinación de las isopícnas y afloramiento de ellas en Cuenca Alfonso, en la parte sur de la bahía y al este de Isla Espíritu Santo.

Bahía de La Paz y su zona oceánica adyacente presentan una marcada estacionalidad y el Golfo de California tiene una importante influencia sobre sus condiciones hidrográficas, esto es mostrado tanto con las mediciones *in situ*, como con las imágenes de satélite.

XI. RECOMENDACIONES

Para la realización de nuevos trabajos se recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

- Realizar análisis estadístico para encontrar correlación entre algunas variables hidrográficas dentro y fuera de Bahía de La Paz, con los datos *in situ* e imágenes de satélite e incluso con algunos índices como el MEI (Multivariated ENSO Index).
- Determinar el campo de corrientes en la zona de estudio utilizando correntómetros como el ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler).
- Utilizar datos de vientos y de radiación solar para encontrar el efecto que tienen estas variables sobre la capa superficial del mar en la zona de estudio.
- Obtener un mayor número de parámetros hidrológicos, como oxígeno disuelto, fluorimetría, turbidez, para tener una mayor comprensión de la hidrografía de la zona.

XII. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Borrego, S. & R. A. Schwartzloze. 1979. Water masses of the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 6(1, 2): 43-63.

Álvarez-Borrego, S. & J. R. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. En: J. P. Dauphin and B. Simoneit (Ed.) *The Gulf of California and Peninsular Province of the Californias*. American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 47: 555-567.

Álvarez-Borrego, S. 2002. Physical oceanography, 1-25. En: Case, T., M. Cody & E. Ezcurra (Ed.) *Island Biogeography of the Gulf of California*. Oxford University Press.

Anónimo. 1985. Tabla de predicción de Mareas. Universidad Nacional Autónoma de México, 112-127.

Arias-Aréchiga, J. P. 1998. *Regionalización del Golfo de California: propuesta a partir de concentración de pigmentos fotosintéticos (CZCS)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B. C. S., México.

Ávalos-García, C. 2005. *Asociaciones de larvas de peces en la Bahía de La Paz, B.C.S. y su zona oceánica adyacente y su relación con la variación hidrográfica*. Tesis doctoral, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I. P. N., La Paz, B. C. S., México, 102 p

Badan-Dangon, A., C. J. Koblinsky & T. Baumgartner. 1985. *Spring and summer in the Gulf of California*. *Acta Oceanológica*, 8: 13–22.

- Castro, R., A. S. Mascarenhas, R. Durazo & C. A. Collins. 2000. Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 26: 561–583.
- Douglas, M. W., R. A. Maddox, K. Howard & S. Reyes. 1993. The Mexican monsoon. *Journal of Climate*, 6: 1665–1677.
- Durazo, R., G. Gaxiola-Castro, B. E. Lavaniegos, R. Castro-Valdez, J. Gómez-Valdés & A. S. Mascarenhas. 2005. Oceanographic conditions west of the Baja California coast, 202–2003: A weak El Niño and subarctic water enhancement. *Ciencias Marinas*, 31: 537–552.
- Espinosa-Ávalos, J. 1977. Los principales parámetros físico-químicos de las aguas de la Ensenada de La Paz, B. C. S., 5-27. En: *Informe general de Labores del Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. Resultados de las Investigaciones 1977*.
- Gaxiola-Castro, G., S. Álvarez-Borrego, M. F. Lavín, A. Zirino & S. Nájera-Martínez. 1999. Spatial variability of the photosynthetic parameters and biomass of the Gulf of California phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 21: 231– 245.
- Grivel, P. F. & F. V. Grivel. 1983. *Tablas de predicción de mareas*. Puertos del Pacífico. Servicio Mareográfico Nacional. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México, 115 p.
- Jiménez-Illescas, A. R., M. Obeso-Nieblas & M. A. Alatorre-Mendieta. 1994. Hidrología de la Bahía de La Paz. Oceanología. *Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología de Mar*, 1: 115–131.

- Jiménez-Illescas, A. R. 1996. *Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en la Bahía de La Paz, BCS*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México, D. F., 212 p.
- Jiménez-Illescas, A. R., M. Obeso-Nieblas & D. A. Salas-de León. 1997. Oceanografía Física de la Bahía de La Paz, B. C. S., 31-41. En: Urbán R. J. y M. Ramírez R. (Ed.) *La Bahía de La Paz. Investigaciones y Conservación*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Scripps Institution of Oceanography, La Paz, B. C. S., 345 p.
- Jiménez-Illescas, A. R., S. G. Marinone & A. Parés-Sierra. 2005. Efectos de la variabilidad espacial y temporal del viento sobre la circulación en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 31: 357–368.
- Lavín, M. F., E. Beier & A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual, 141-171. En: Lavín, M. F. (Ed.) *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 3.
- Lavín, M. F. & S. G. Marinone. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California, 173-204. En: O. U. Velasco-Fuentes, J. Sheinbaum & J. L. Ochoa-de la Torre (Ed.) *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*. Kluwer Academic Publishers. Países Bajos.
- Lluch-Cota, S. E. 2004. Gulf of California, 1-7. En: *Marine Ecosystems of the North Pacific*. PICES Spec. Pub. #1, 1280 p.
- López, J. M. 2005. *Variabilidad anual e interanual de la clorofila- (SeaWiFS) y el viento superficial (QuikSCAT) en el Alto Golfo de California: su circulación y asociación*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B. C.

- Makarov, V. G. & A. R. Jiménez-Illescas. 2003. Barotropic background currents in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 29: 141-153.
- Marinone, S. G. & M. F. Lavín. 1997. Mareas y corrientes residuales en el Golfo de California, 113-139. En: Lavín, M. F. (Ed.) *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 3.
- Marinone, S. G. 2003. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 108: 21-27.
- Martínez-López, C., M. Winter & P. A. Juárez. 2001. *Las tumbas exploradas durante el proyecto especial Monte Albán 1992-1994*. Centro INAH Oaxaca, México.
- Matheron, G. 1960. *Krigeage d'un Panneau Rectangulaire par sa Périphérie*. Note géostatistique, 28, CG. Ecole des Mines de Paris, Paris.
- Monreal-Gómez, M. A., A. Molina-Cruz & D. A. Salas-de León. 2001. Water masses and cyclonic circulation in La Paz Bay, Gulf of California, during June 1998. *Journal of Marine Systems*, 50: 305–315.
- Navarro-Olache. 1989. *Mesoestructuras termohalinas en la parte central del Golfo de California*. Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, 79 p.
- Obeso-Nieblas, M. 1987. *Propagación de la constituyente M_2 de la marea en la Bahía de La Paz, B. C. S., México, mediante un modelo hidrodinámico numérico*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I. P. N., La Paz, B. C. S., México, 123 p.

- Obeso-Nieblas, M. & A. R. Jiménez-Illescas. 1989. Propagación de la constituyente M_2 de la marea en La Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. *Investigaciones Marinas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*, 4(2): 241-256.
- Obeso-Nieblas, M., A. R. Jiménez-Illescas & S. Troyo-Diéquez. 1993. Modelación de la marea en la Bahía de La Paz, B. C. S. *Investigaciones Marinas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*, 8(1): 13-22.
- Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-Germán, A. R. Jiménez-Illescas & L. Sánchez-Velasco. 2000. *Variación de las condiciones oceanográficas en la Bahía de La Paz, B. C. S., México durante dos épocas en 1997*. XII Congreso Nacional de Oceanografía.
- Obeso-Nieblas, M., J. H. Gaviño-Rodríguez, B. Shirasago-Germán, M. A. Alatorre-Mendieta, A. R. Jiménez-Illescas & L. Sánchez-Velasco. 2001. *Análisis de la estructura hidrográfica en la Bahía de La Paz, B. C. S., México*. Unión Geofísica Mexicana, A. C. Reunión Anual.
- Obeso-Nieblas, M., J. H. Gaviño-Rodríguez, A. R. Jiménez-Illescas & B. Shirasago-Germán. 2002. Simulación numérica de la circulación por marea y viento del noroeste y sur en la Bahía de La Paz, B. C. S. *Oceánides*, 17: 1-12.
- Obeso-Nieblas, M. 2003. *Variabilidad espaciotemporal de las condiciones oceanográficas de la Bahía de La Paz, BCS, México*. Tesis doctoral, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I. P. N., La Paz, B. C. S., México, 337 p.
- Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-Germán, L. Sánchez-Velasco & J. H. Gaviño-Rodríguez. 2004. Hydrographic variability in Bahía de La Paz, BCS, México, during the 1997–1998 El Niño. *Deep-Sea Research II* 51: 689–710.

Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-Germán, J. H. Gaviño-Rodríguez, H. Obeso-Huerta, E. L. Pérez-Lezama & A. R. Jiménez-Illescas. 2007. Hidrografía en la boca norte de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 33: 281-291.

Obeso-Nieblas, M., B. Shirasago-Germán, J. Gaviño-Rodríguez, E. L. Pérez-Lezama, H. Obeso-Huerta & A. R. Jiménez-Illescas. 2008. Variabilidad hidrográfica en Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43: 559-567.

Paden, C. A., M. R. Abbott & C. D. Winant. 1991. Tidal and atmospheric forcing of the upper ocean in the Gulf of California, 1. Sea surface temperature variability. *Journal of Geophysical Research*, 96 (C10): 18337-18359.

Pegau, W. S., E. Boss & A. Martínez. 2002. Ocean color observations of eddies during the summer in the Gulf of California. *Geophysical Research Letters*, 29 (9), doi:10.1029/2001GL014076.

Pérez-Lezama, E. L. 2005. *Análisis de la relación entre la hidrografía y el ictioplancton superficial de la Bahía de La Paz, B.C.S., México (2001-2002)*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I. P. N., La Paz, B. C. S., México, 75 p.

Reyes-Salinas, A. 1999. *Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B. C. S.* Tesis de Maestría en Ciencias, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I. P. N., 122 p.

Reyes-Salinas, A., R. Cervantes-Duarte, R. A. Morales-Pérez & J. E. Valdez-Holguín. 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la

- estratificación vertical en la Bahía de La Paz, B. C. S. *Hidrobiológica* 13(2): 103-110.
- Roden, G. I. 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California, 30-58. En: T. H. van Andel & G. G. Shor, Jr. (Ed.) *Marine Geology in the Gulf California*. Mem. Am. Petrol. Geol., 3.
- Salas-Pérez, J. J. 1996. *El intercambio de agua sobre los umbrales del Golfo de California*. Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, 65 p.
- Salazar-Sparks, J. 1999. *Chile y la comunidad del Pacífico*. Publicado por Editorial Universitaria, ISBN 956111528X, 9789561115286, 253 p.
- Salinas-González, F., O. V. Zaytsev & S. Troyo-Diéguéz. 1997. Corrientes, mareas y sus espectros en la playa norte de la barra arenosa del Mogote de La Paz, B. C. S., México. *Oceánides*, 12: 6-77.
- Salinas-González, F. 2000. *Mezcla turbulenta y transporte de masa en la Bahía y Ensenada de La Paz, BCS. Experimentación y modelación numérica*. Tesis doctoral, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I. P. N., La Paz, B. C. S., México, 260 p.
- Salinas-González, F., O. V. Zaytsev & M. Vyacheslav. 2003. Formación de la estructura termohalina del agua en la Bahía de La Paz de verano a otoño. *Ciencias Marinas*, 29: 51-65.
- Sánchez-Velasco, L., E. Beier, C. Avalos-García & M. F. Lavín. 2006. Larval fish assemblages and geostrophic circulation in Bahía de La Paz and the surrounding

- southwestern region of the Gulf of California. *Journal of Plankton Research*, 28(11): 1-18, doi:10.1093/plankt/fb1040.
- Soto-Mardones, L., S. G. Marinone & A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 25(1): 1-30.
- Torres-Orozco, E. 1993. *Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México, 80 p.
- UNESCO. 1991. *Processing of Oceanographic Station Data*. JPOTS Edition. Panel, Paris, 138 p.
- Vazquez-Cuervo, J., K. Perry & K. Kilpatrick. 1998. *NOAA/NASA AVHRR Oceans Pathfinder sea surface temperature data set user's reference manual version 4.0*: JPL Publication D-14070.
- White, W. B., C. K. Tai & J. Dimento. 1990. Annual Rossby wave in the Eastern subtropical North Pacific. *Journal of Physical Oceanography*, 20 (9): 1297-1311.
- Wright, L. D., H. H. Roberts, J. M. Coleman, R. L. Kupfer & L. W. Bowden. 1973. *Process-form variability of multiclass coasts: Baja California*. Coastal Studies Institute, Louisiana State Univ., Tech. Rep. 137, 54 p.
- Zamudio, L., P. Hogan & E. J. Metzger. 2008. Summer generation of the Southern Gulf of California eddy train. *Journal of Geophysical Research*, 113, C06020, doi:10.1029/2007JC004467.

XIII. ANEXOS

13.1 Anexo 1. Principales armónicos de la marea en La Paz, B. C. S. (tomado de Obeso-Nieblas *et al.*, 1993).

Componente	Amplitud (cm)	Fase (°)	Periodo (s)
M ₂	23.9	274.29	44714
S ₂	17.9	271.59	43200
N ₂	5.0	274.80	45570
K ₂	5.9	267.85	43082.05
K ₁	25	83.91	86164.09
O ₁	17.1	81.08	92949.63

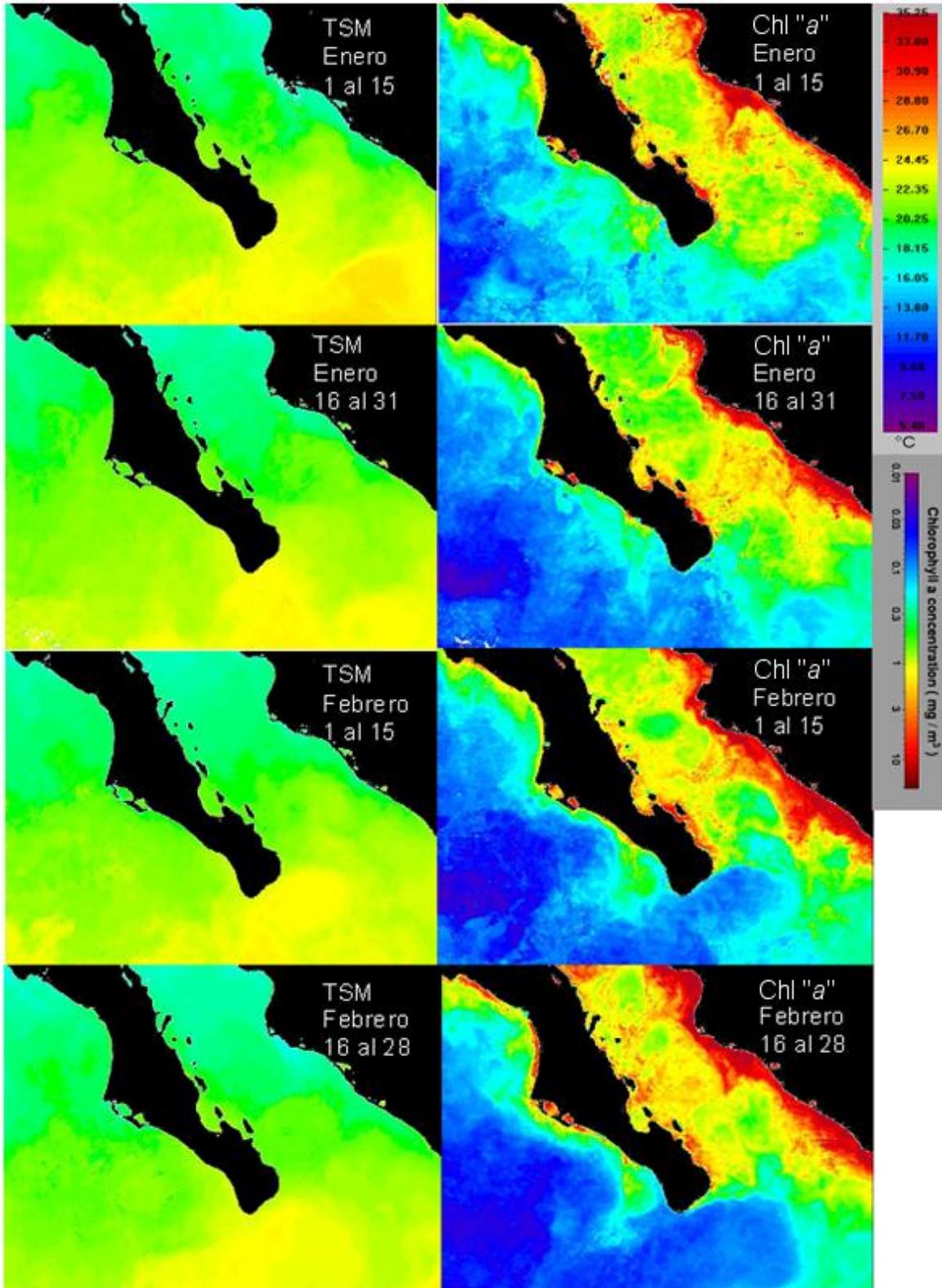
13.2 Anexo 2. Índices del Niño y la Niña (tomado de www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml).

Cold & Warm Episodes by Season

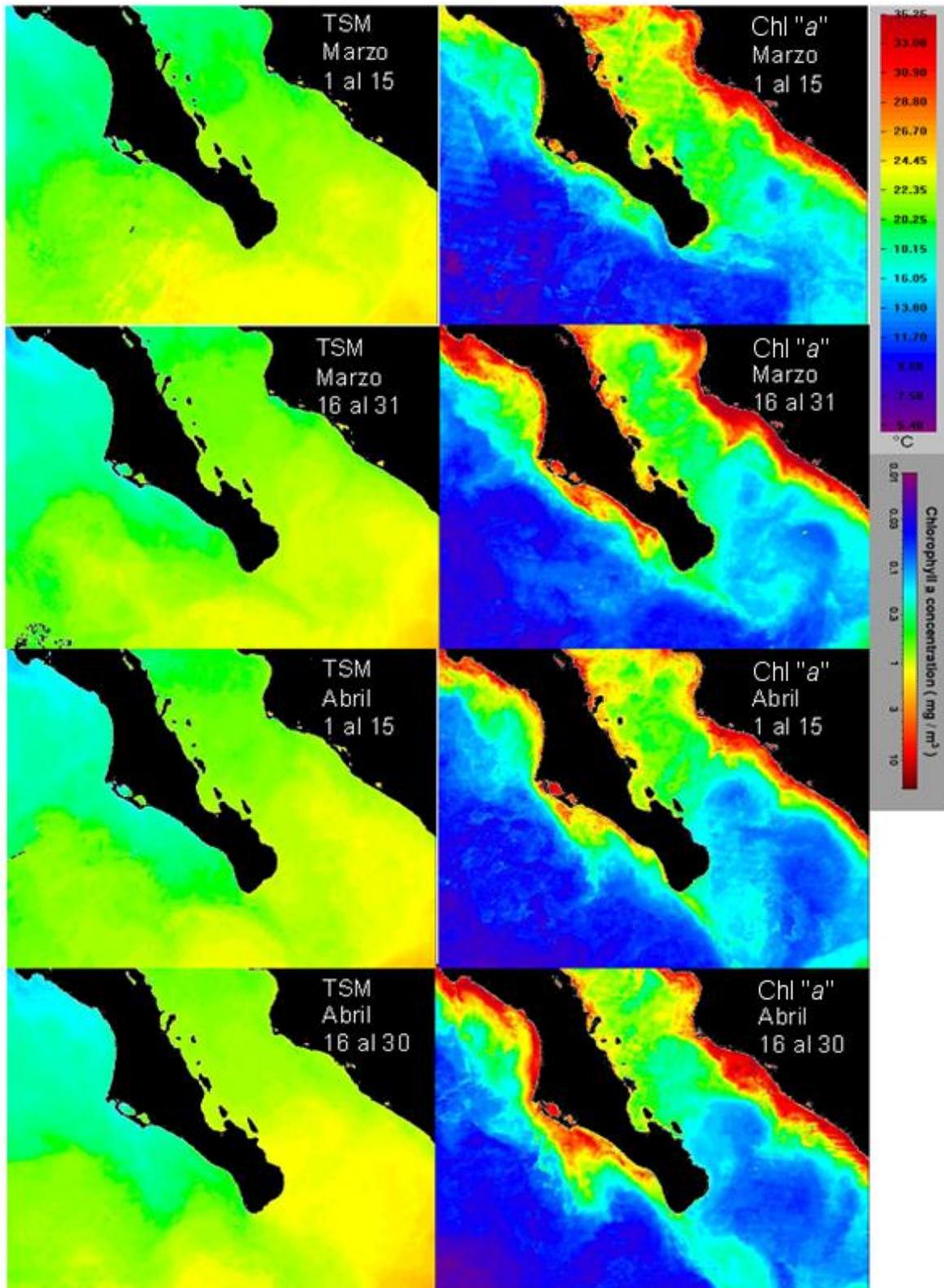
DESCRIPTION: Warm (red) and cold (blue) episodes based on a threshold of +/- 0.5 ° C for the Oceanic Niño Index (ONI) [3 month running mean of ERSST. v3b SST anomalies in the Niño 3.4 region (5°N-5°S, 120°-170°W)], based on the 1971-2000 base period. For historical purposes cold and warm episodes (blue and red colored numbers) are defined when the threshold is met for a minimum of 5 consecutive over-lapping seasons.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1997	-0.4	-0.3	0.0	0.4	0.8	1.3	1.7	2.0	2.2	2.4	2.5	2.5
1998	2.3	1.9	1.5	1.0	0.5	0.0	-0.5	-0.8	-1.0	-1.1	-1.3	-1.4
1999	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-1.1	-1.3	-1.6
2000	-1.6	-1.4	-1.0	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7
2001	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.1
2002	-0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.4
2003	1.2	0.9	0.5	0.1	-0.1	0.1	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8
2005	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	-0.1	-0.4	-0.7
2006	-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.9	1.1	1.1
2007	0.8	0.4	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-1.0	-1.1	-1.3
2008	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.6
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.1	0.2	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8
2010	1.7	1.5	1.2	0.8	0.3	-0.2	-0.6	-1.0	-1.3	-1.4	-1.4	-1.4
2011	-1.3	-1.2	-0.9	-0.6	-0.2	0.0	0.0	-0.2				

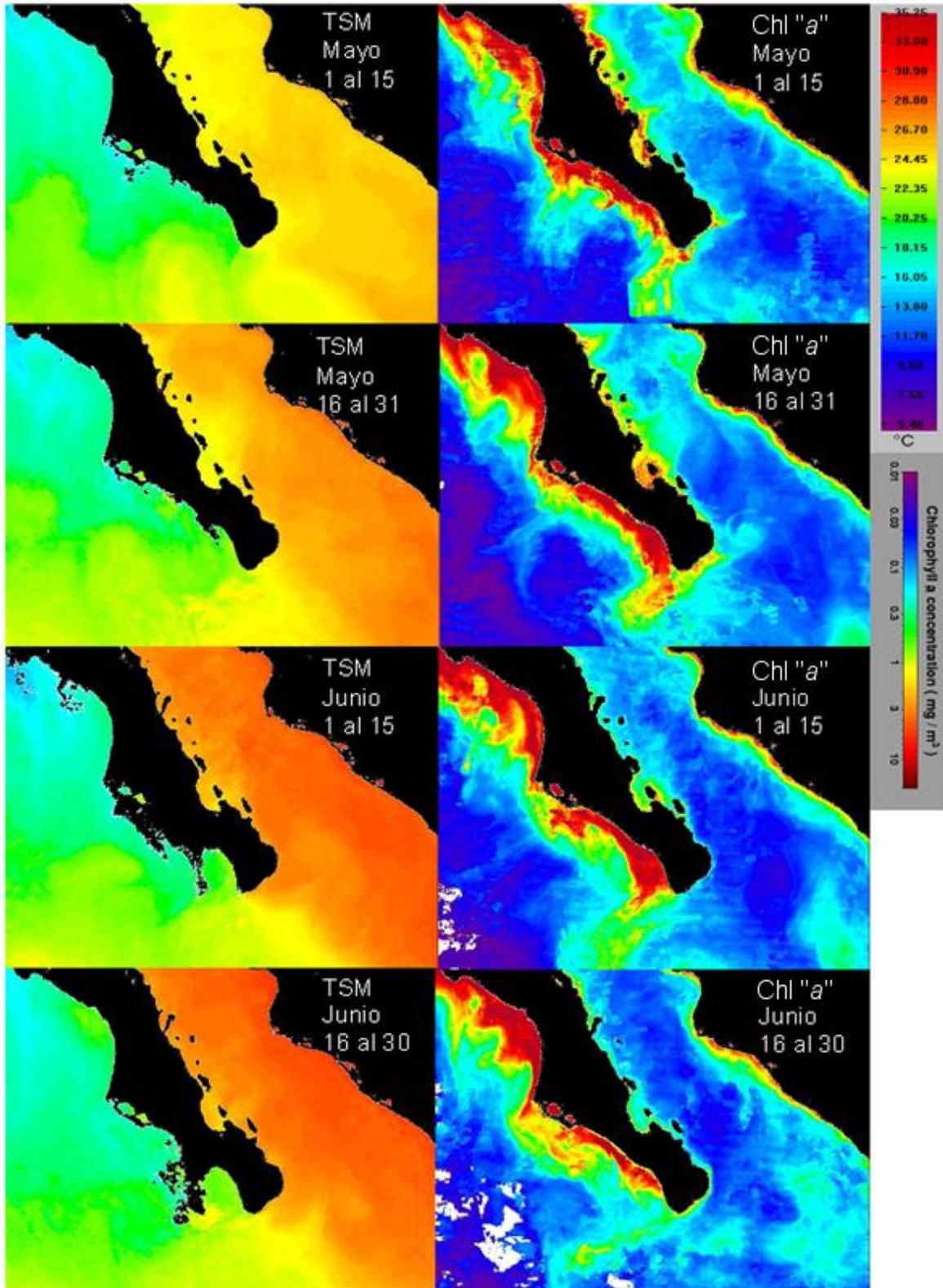
13.3 Anexo 3. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila "a" en el sur del Golfo de California durante el primer bimestre del año 2009.



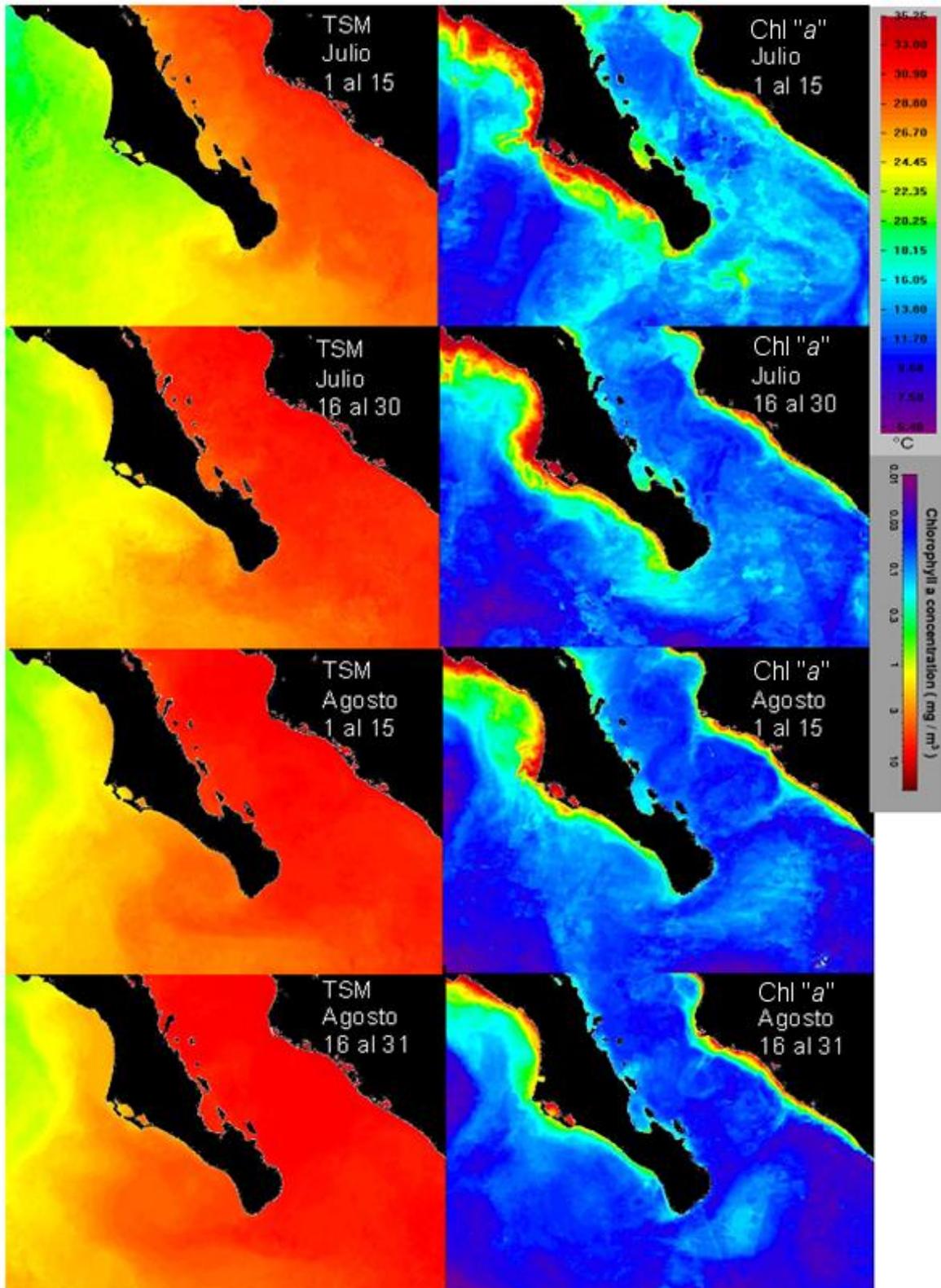
13.4 Anexo 4. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila "a" en el sur del Golfo de California durante el segundo bimestre del año 2009.



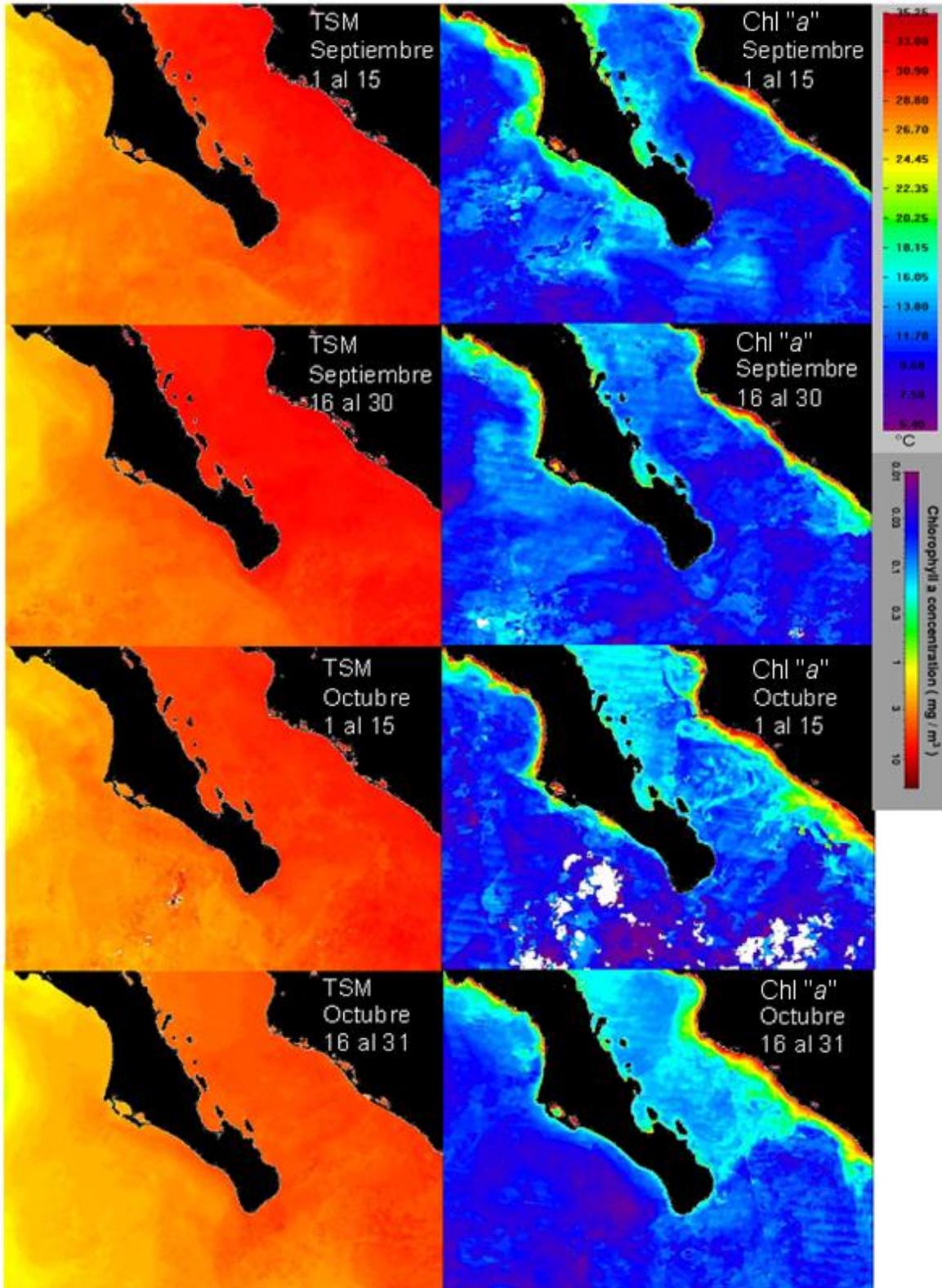
13.5 Anexo 5. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila "a" en el sur del Golfo de California durante el tercer bimestre del año 2009.



13.6 Anexo 6. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila "a" en el sur del Golfo de California durante el cuarto bimestre del año 2009.



13.7 Anexo 7. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila "a" en el sur del Golfo de California durante el quinto bimestre del año 2009.



13.8 Anexo 8. Imágenes promedio de Temperatura Superficial del Mar (TSM) y concentración superficial de clorofila "a" en el sur del Golfo de California durante el sexto bimestre del año 2009.

