



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

Influencia de la marea en el ambiente pelágico y su relación con peces pelágicos menores y la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) en la entrada principal de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

**JACSANI LOIRA AMANDA PÉREZ ESCOBEDO**



TUTOR: DR. CARLOS J. ROBINSON MENDOZA

2007

FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
Jefe de la División de Estudios Profesionales  
Facultad de Ciencias  
**P r e s e n t e .**

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**“Influencia de la marea en el ambiente pelágico y su relación con peces pelágicos menores y la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) en la entrada principal de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México”**

realizado por **Pérez Escobedo Jacsani Loira Amanda**, con número de cuenta **096274932**, quien opta por titularse en la opción de **Tesis** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario	Dra.	Laura Elena Sanvicente Añorve	
Propietario	M. en C.	Vicente Anislado Tolentino	
Tutor(a) Propietario	Dr.	Carlos Jorge Robinson Mendoza	
Suplente	Dr.	Jaime Gómez Gutiérrez	
Suplente	M. en C.	Eduardo Castañeda Beltrán	

**Atentamente**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
Ciudad Univeritaria, D. F., a 12 de abril del 2007  
**COORDINADOR DE LA UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA**

**DR. ZENON CANO SANTANA**



Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

## Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Pérez  
Escobedo  
Jacsaní Loira Amanda  
55 92 48 98  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
096274932

2. Datos de tutor

Dr.  
Carlos Jorge  
Robinson  
Mendoza

3. Datos de sinodal 1

Dra.  
Laura Elena  
Sanvicente  
Añorve

4. Datos de sinodal 2

M. en C.  
Vicente  
Anislado  
Tolentino

5. Datos de sinodal 3

Dr.  
Jaime  
Gómez  
Gutiérrez

6. Datos de sinodal 4

M. en C.  
Eduardo  
Castañeda  
Beltrán

7. Datos del trabajo escrito

Influencia de la marea en el ambiente pelágico y su relación con peces pelágicos menores y la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) en la entrada principal de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México  
100 p  
2007

## AGRADECIMIENTOS

*Quiero agradecer a todas las personas que estuvieron involucradas en la realización y elaboración de esta tesis y que han estado en esta etapa de mi vida:*

Al Dr. Carlos Robinson Mendoza, por compartir conmigo su conocimiento, el apoyo que me brindo a lo largo de la realización de esta tesis, por recibirme en su laboratorio y hacerme crecer como persona.

A la Dra. Laura Sanvicente, por toda su disponibilidad y gran apoyo brindado en la culminación de esta tesis y sobre todo en mi, muchas gracias!.

Al M. en C. Vicente Anislado, por su amistad, por su apoyo incondicional y por esos gratos momentos que compartimos en el laboratorio y fuera del el.

Al Dr. Jaime Gómez Gutiérrez, por su gran apoyo en la revisión de esta tesis, por su buen humor, ánimo y paciencia brindados en la tesis y en los cruceros.

Al M. en C. Eduardo Castañeda, por su gran disponibilidad y apoyo que me brindo.

Al Dr. Samuel Gómez, que aunque ya no esta con nosotros, fue para mi y será todo un ejemplo a seguir, por esa gran fuerza y entrega y sobre todo dedicación que tenía para realizar las cosas.

A la toda la tripulación de El Puma, a los capitanes: Pascual, Héctor, Adrián y Ezequiel, porque de ellos he aprendido mucho, por su amistad y apoyo que me han brindado. Al buen humor y amistad de Abel, Perico, Triana, Hernán. Por la deliciosa comida que hacen: Don Ramón, Neto y Adrián. A el Güero y Manuel por sacarnos de apuros técnicos y enseñarme a utilizar los equipos. A Ovalle, Luis, Rodolfo, Miguel, Ing. Chávez. Gracias a todos por hacer de El Puma un súper barco y hacerme sentir como en casa.

Agradezco de manera muy especial a mis papas Hilda y José Luis, por todo su amor, apoyo y cariño que me han dado y muchas cosas más que me han brindado durante mi vida, gracias a ustedes hoy termino esta etapa de mi vida. Los amo y quiero mucho.

Agradezco a mis hermanos: Jimena, porque aunque ya no este con nosotros siempre estará en mi corazón. Mauro, por esa forma tan especial de ser y de brindar su apoyo. Marce, por ese apoyo incondicional que me ha dado siempre, por su forma tan única de ser ella y ser todo un ejemplo de decisión para mi, y por sus comentarios tan atinados que me han hecho crecer.

A mi gran y muy diversa Familia, por que sin el apoyo y cariño de ellos esto no hubiera sido tan especial. A mis abuelitos: Beto y Carmelita porque siempre estarán conmigo a donde quiera que vaya; Agustín y Maria por darle a mi vida ese encanto y ser toda una fuente de inspiración. A mis tíos y tías porque todos ustedes son un ejemplo para mi y porque los quiero mucho. De manera muy especial a mi tío Samu, por su gran e incomparable apoyo que nos ha dado a todos. A mis

primos y primas por sus encantadoras formas de ser y compartir conmigo. A todos por darme esa fuerza familiar que me hace crecer cada día.

A mis amigos Diana, Miriam, Ismael y Norma Leticia, por el apoyo, esos momentos tan agradables que hemos compartido durante esta maravillosa carrera y sobre todo por su amistad.

A mis amigos *warriors* Ana, Norma, Omar, José, Karina por esos momentos tan agradables que hemos compartimos y por su valiosa amistad.

A la banda pesada del pulpo ya disipada, pero que los recuerdo con mucho cariño por gratos momentos de convivencia, a Sandra, Aimé, Tania, Libo, Marcela, Chely, Ángel, Rosa, Carlos, Mario, Víctor, Erick, Ismael.

A mis profesores de la Carrera, en especial a Alex por ser un gran amigo, porque aunque estés en el país vecino, me sigues apoyando y jalando las orejas pa que siga adelante. A Alfredo por brindarme su amistad.

A todos con los que he compartido uno o varios cruceros, gracias por esas magnificas experiencias que hemos compartido a bordo de El Puma.

A mis amigos y compañeros de laboratorio: Julián (por todo su apoyo), Héctor (por ser un gran amigo), Vicente, Toño Rojas, Toño López, Xochilt, Sergio, Paty, por brindarme su amistad y apoyo.

A mis amigos Ale, Rosita, Juan José, Víctor, Reina, Omar, Vero, Elia, Bety, Daniel, Iván, Beto, Julio, Orso, Borre, por brindarme su amistad, apoyo y muy gratos momentos en el D.F. y en Mazatlán.

A mis amigas de la infancia por estar conmigo, por su tiempo, apoyo y amistad, a Cayvi, Erika, Goretty, Ana Raquel, Cristina, Vania.

Un agradecimiento especial para Gabriel por su gran amistad, su paciencia, por brindarme su apoyo y cariño, por sus comentarios tan atinados y por su manera tan especial de ser.

Mi más sincero agradecimiento a todos y cada uno de ustedes por formar parte de mi vida. A todos los que nombre y a los que no también, gracias totales!!

*Desde el  
inicio  
soy mar.*

*No todo  
el mar.*

*Sólo un poco  
de agua  
y sal.*

*(Aura María Vidales)*

# INDICE

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. OBJETIVOS.....	5
• OBJETIVO GENERAL.....	5
• OBJETIVOS PARTICULARES .....	5
III. MARCO TEÓRICO.....	6
• 3.1 PELÁGICOS MENORES .....	6
• 3.2 LANGOSTILLA.....	8
• 3.3 HIDROACÚSTICA.....	10
• 3.4 ¿QUÉ SON LAS MAREAS?.....	11
IV. ÁREA DE ESTUDIO .....	14
• 4.1 CORRIENTE DE CALIFORNIA.....	17
• 4.2 SURGENCIAS .....	18
V. MATERIAL Y MÉTODO.....	20
• 5.1 MAREAS.....	22
• 5.2 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE.....	23
5.2.1 <i>Análisis de velocidad y dirección de la corriente</i> .....	24
• 5.3 TEMPERATURA, SALINIDAD Y FLUORESCENCIA .....	25
• 5.4 MUESTREO HIDROACÚSTICO .....	25
5.4.1 <i>Densidad acústica de peces pelágicos menores y langostilla</i> .....	28
5.4.2 <i>Distribución de peces pelágicos menores y langostilla</i> .....	29
VI. RESULTADOS .....	31
• 6.1 MAREA.....	31
• 6.2 TEMPERATURA, SALINIDAD Y FLUORESCENCIA .....	33
• 6.3 DENSIDAD ACÚSTICA DE PECES PELÁGICOS MENORES Y DE LANGOSTILLA: COMPARACIÓN ENTRE AMBOS MUESTREOS .....	37
• 6.4 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE DURANTE EL MUESTREO CONTINUO.....	41
• 6.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOS Y BIOLÓGICOS A LO ANCHO DE LA BOCA DE BAHÍA MAGDALENA DURANTE EL CICLO DE MAREA .....	43
6.5.1 <i>Marea en flujo</i> .....	43
6.5.2 <i>Marea alta</i> .....	49
6.5.3 <i>Inicio de la fase de refluo de la marea</i> .....	54
6.5.4 <i>Reflujo</i> .....	60
VII. DISCUSIÓN .....	69
• 7.1 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE.....	70



• 7.2 TEMPERATURA, SALINIDAD Y FLUORESCENCIA .....	71
• 7.3 DENSIDAD ACÚSTICA DE PECES PELÁGICOS MENORES Y DE LANGOSTILLA .....	73
• 7.4 LOS FACTORES FÍSICOS Y BIOLÓGICOS Y SU RELACIÓN CON LOS ORGANISMOS A LO ANCHO DE LA BOCA DURANTE EL CICLO DE MAREA.....	74
<b>VIII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>IX. REFERENCIAS.....</b>	<b>79</b>

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. POSICIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES OCEANOGRÁFICAS QUE SE MANEJARON EN EL TRANSECTO DE MUESTREO EN LA BOCA PRINCIPAL DE BAHÍA MAGDALENA. ....	21
TABLA 2. TIEMPO, DIRECCIÓN Y NÚMERO DE TRANSECTOS (N) RECORRIDOS DURANTE LAS ETAPAS DE MUESTREO CONTINUO Y DISCRETO EN LA BOCA PRINCIPAL DE BAHÍA MAGDALENA.....	21
TABLA 3. PRUEBA DE MANN WITHNEY PARA LANGOSTILLAS EN EL CASO DE LOS MUESTREOS CONTINUO (A), DISCRETO (B) Y AMBOS MUESTREOS (C). LAN (LANGOSTILLAS) MC (MUESTREO CONTINUO) MD (MUESTREO DISCRETO) F (FLUJO) MA (MAREA ALTA) R (REFLUJO). ....	39
TABLA 4. PRUEBA DE MANN WITHNEY PARA PECES PELÁGICOS MENORES EN LOS CASOS DEL MUESTREO CONTINUO (A), DISCRETO (B) Y AMBOS MUESTREOS (C). LAN (LANGOSTILLAS) MC (MUESTREO CONTINUO) MD (MUESTREO DISCRETO) F (FLUJO) MA (MAREA ALTA) R (REFLUJO). ....	40

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESPECIES DE PECES PELÁGICOS MENORES QUE SE ENCUENTRAN EN MÉXICO. ....	6
FIGURA 2. LANGOSTILLA ( <i>PLEURONCODES PLANIPES</i> ).....	8
FIGURA 3. LOCALIZACIÓN DEL SISTEMA LAGUNAR BAHÍA MAGDALENA-BAHÍA ALMEJAS, BAJA CALIFORNIA SUR. ....	14
FIGURA 4. UBICACIÓN DEL TRANSECTO MUESTREADO Y DE LAS ESTACIONES OCEANOGRÁFICAS EN LA BOCA PRINCIPAL DE BAHÍA MAGDALENA. ....	20
FIGURA 5. EJEMPLO DEL PROGRAMA TIDES. DONDE SE MUESTRA LA PANTALLA DEL PROGRAMA, SE PUEDE OBSERVAR LA AMPLITUD DE LA MAREA EN BAHÍA MAGDALENA DEL 23 AL 29 DE MARZO DE 2003. ....	22
FIGURA 6. EJEMPLO DE PROGRAMA VIEW ADP. A) ECOGRAMA DE DIRECCIÓN, CON GRÁFICA DE DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE DE LOS 13.5 A LOS 15.5 M DE PROFUNDIDAD Y GRÁFICA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL. B) ECOGRAMA DE VELOCIDAD, CON GRÁFICA DE VELOCIDAD DE LA CORRIENTE DE LOS 13.5 A LOS 15.5 M DE PROFUNDIDAD Y GRÁFICA DE TEMPERATURA SUPERFICIAL. ....	23
FIGURA 7. ECOGRAMA DE VELOCIDAD, EL RECUADRO NEGRO SEÑALA LA CELDA CINCO (13.5 A 15.5 M DE PROFUNDIDAD), LA CUAL SE UTILIZO PARA LOS ANÁLISIS DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE. EL TRANSECTO SE DIVIDIDO EN TRES REGIONES. ....	24
FIGURA 8. EJEMPLO DE CÓMO SE DIVIDIERON LOS TRANSECTOS EN 50 SEGMENTOS DE APROXIMADAMENTE 159 M DE LARGO CADA UNO (RECTÁNGULOS). LA LÍNEA ROJA CONTINUA REPRESENTA EL FONDO Y LA LÍNEA	

AMARILLA QUE ESTA SOBRE ÉSTA, ES UN BLOQUEO DEL FONDO CON LA FINALIDAD DE EXCLUIRLO DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	29
FIGURA 9. EJEMPLO DE CÓMO SE DIVIDIERON LOS TRANSECTOS EN TRES PARTES DE APROXIMADAMENTE 2.6 KM CADA UNO (CUADRADOS).....	30
FIGURA 10. A) CICLO DE MAREA DEL 15 DE MARZO AL 15 DE ABRIL DE 2003. EN LÍNEA GRUESA SE RESALTA LA MAREA MUESTREADA EN BOCA 1 Y BOCA 2. B) ESTADO DE LA MAREA DEL 23 AL 27 DE MARZO DE 2003. LA LÍNEA GRUESA REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE LOS MUESTREOS CONTINUO (BOCA 1) Y DISCRETO (BOCA 2) EN EL TRANSECTO DE LA BOCA DE BAHÍA MAGDALENA. LA PARTE SOMBRADA CORRESPONDE A LA NOCHE. C) MAREA MUESTREADA SEÑALANDO CADA UNO DE LOS TRANSECTOS REALIZADOS EN BOCA 1 Y D) BOCA 2.....	32
FIGURA 11. REGISTROS DE TEMPERATURA (A), SALINIDAD (B) Y FLUORESCENCIA (C) EN RELACIÓN CON LA MAREA PARA BOCA 1. LOS SEGMENTOS GRUESOS INDICAN LA MAREA MUESTREADA.....	34
FIGURA 12. REGISTROS DE TEMPERATURA (A), SALINIDAD (B) Y FLUORESCENCIA (C) EN RELACIÓN CON LA MAREA PARA BOCA 2. LOS SEGMENTOS GRUESOS INDICAN LA MAREA MUESTREADA.....	36
FIGURA 13. DENSIDAD ACÚSTICA DE LANGOSTILLA (A Y C, LÍNEA CON ■) Y DE PECES PELÁGICOS MENORES (B Y D, LÍNEA CON ●) EN RELACIÓN CON LA AMPLITUD DE LA MAREA (LÍNEA CONTINUA CON FRAGMENTOS GRUESOS) TANTO PARA BOCA 1 COMO PARA BOCA 2. LAS BARRAS SOMBRADAS REPRESENTAN EL PERIODO NOCTURNO.....	38
FIGURA 14. VELOCIDAD (A, C, E, LÍNEA CON ●) Y DIRECCIÓN (B, D, F) DE LA CORRIENTE DE MAREA DURANTE EL MUESTREO CONTINUO CON RELACIÓN AL CICLO DE MAREA MUESTREADO (LÍNEA CONTINUA CON FRAGMENTOS GRUESOS) EN LAS TRES REGIONES DEL TRANSECTO (NORTE, CENTRO Y SUR). CON RESPECTO A LA DIRECCIÓN, LA LÍNEA PUNTEADA CON ▲ SE REFIERE A LA CORRIENTE ENTRANDO A LA BAHÍA Y LA LÍNEA CONTINUA CON ■ A LA CORRIENTE SALIENDO DE LA BAHÍA.....	42
FIGURA 15. TRANSECTO 1. 18:04H-18:32H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL FRAGMENTO GRUESO REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 1. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL (LÍNEA PUNTEADA), SALINIDAD (LÍNEA CONTINUA) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN BARRAS SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR (EN, EC Y ES). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_i$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR (RN, RC Y RS). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_i$ %).	44
FIGURA 16. TRANSECTO 2. 18:35H-18:54H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL FRAGMENTO GRUESO REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 2. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL (LÍNEA PUNTEADA), SALINIDAD (LÍNEA CONTINUA) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN BARRAS SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR (EN, EC Y ES). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_i$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR (RN, RC Y RS). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_i$ %).	45
FIGURA 17. TRANSECTO 3. 18:55H-19:15H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL FRAGMENTO GRUESO REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 3. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL (LÍNEA PUNTEADA), SALINIDAD (LÍNEA CONTINUA) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN BARRAS SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR (EN, EC Y ES). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_i$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR (RN, RC Y RS). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_i$ %).	46
FIGURA 18. TRANSECTO 4. 19:17H-19:38H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL FRAGMENTO GRUESO REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 4. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL (LÍNEA PUNTEADA), SALINIDAD (LÍNEA CONTINUA) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN BARRAS SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR (EN, EC Y ES). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_i$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR (RN, RC Y RS). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_i$ %).	47

FIGURA 19. TRANSECTO 5. 19:39H-19:58H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 5. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	48
FIGURA 20. TRANSECTO 6. 20:01H-20:24H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 6. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	49
FIGURA 21. TRANSECTO 7. 23:00H-23:28H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 7. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	51
FIGURA 22. TRANSECTO 8. 23:33H-23:59H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 8. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	52
FIGURA 23. TRANSECTO 9. 00:04H-00:30H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 9. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	53
FIGURA 24. TRANSECTO 10. 00:33H-00:58H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 10. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	54
FIGURA 25. TRANSECTO 11. 02:02H-02:28H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 11. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	56
FIGURA 26. TRANSECTO 12. 02:31H-02:57H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 12. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE	

PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	57
FIGURA 27. TRANSECTO 13. 03:01H-03:28H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 13. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	58
FIGURA 28. TRANSECTO 14. 03:31H-03:58H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 14. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	59
FIGURA 29. TRANSECTO 15. 04:00H-04:27H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 15. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	60
FIGURA 30. TRANSECTO 16. 04:28H-04:54H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 16. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	62
FIGURA 31. TRANSECTO 17. 04:56H-05:22H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 17. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	63
FIGURA 32. TRANSECTO 18. 05:23H-05:48H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 18. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN, RC Y RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	64
FIGURA 33. TRANSECTO 19. 05:50H-06:16H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 19. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN, EC Y ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO	

Y SUR ( <i>RN</i> , <i>RC</i> Y <i>RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	65
FIGURA 34. TRANSECTO 20. 06:16H-06:44H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 20. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN</i> , <i>EC</i> Y <i>ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN</i> , <i>RC</i> Y <i>RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	66
FIGURA 35. TRANSECTO 21. 06:44H-07:10H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 21. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN</i> , <i>EC</i> Y <i>ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN</i> , <i>RC</i> Y <i>RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	67
FIGURA 36. TRANSECTO 22. 07:12H-07:38H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 22. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN</i> , <i>EC</i> Y <i>ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN</i> , <i>RC</i> Y <i>RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	68
FIGURA 37. TRANSECTO 23. 07:40H-08:04H. (A) AMPLITUD DE LA MAREA DURANTE BOCA 1, EL <i>FRAGMENTO GRUESO</i> REPRESENTA EL ESTADO DE LA MAREA DURANTE EL TRANSECTO 23. (B) TEMPERATURA SUPERFICIAL ( <i>LÍNEA PUNTEADA</i> ), SALINIDAD ( <i>LÍNEA CONTINUA</i> ) A LO LARGO DEL TRANSECTO, EN <i>BARRAS</i> SE PRESENTA LA FLUORESCENCIA PARA LAS ESTACIONES NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>EN</i> , <i>EC</i> Y <i>ES</i> ). (C) DISTRIBUCIÓN DE LANGOSTILLAS ( $S_A$ %) EN CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO NORTE, CENTRO Y SUR ( <i>RN</i> , <i>RC</i> Y <i>RS</i> ). (D) DISTRIBUCIÓN DE LOS PECES PELÁGICOS MENORES CADA UNA DE LAS REGIONES DEL TRANSECTO ( $S_A$ %).	69

## RESUMEN

Se estudiaron las respuestas de la distribución y abundancia de los peces pelágicos menores y las langostillas a las variaciones de los factores físicos y biológicos durante los ciclos de marea a lo ancho de la entrada principal de Bahía Magdalena, México (24° 20' N, 111° 25' W). Los muestreos fueron realizados a bordo del B/O "El Puma" durante marzo del 2003 utilizando una ecosonda SIMRAD EY-500 de haz dividido para estimar la abundancia y distribución de los organismos. Así también, se utilizó un ADCP de 250 kHz para determinar la velocidad y dirección de la corriente. A lo largo del transecto de 8 km de largo se obtuvieron valores de fluorescencia, salinidad y temperatura a 4 m de profundidad. Los resultados indican una clara relación de la temperatura y la salinidad con el ciclo de marea. La temperatura y la salinidad disminuyeron durante el flujo y aumentaron durante el reflujó. La distribución de la fluorescencia no tuvo un patrón definido con respecto a las mareas. Los datos acústicos indican que los ecos asociados con las langostillas, presentaron una mayor densidad durante el inicio del reflujó, disminuyendo su densidad al final del ciclo de marea. Los datos acústicos asociados a peces pelágicos menores registraron una mayor densidad acústica durante la marea alta (pleamar) y el flujo, en el reflujó la densidad disminuyó. La mayor densidad de estos peces se registró durante la noche. La velocidad de la corriente de marea fue baja durante el flujo y durante el reflujó fue mayor. La corriente de marea ingresa a la bahía por la parte norte de la boca y sale de la bahía por la parte sur. La relación de los parámetros físicos y biológicos indicó que las langostillas se encontraron preferentemente en los extremos de la boca donde las temperaturas fueron bajas o altas, la salinidad casi constante y la fluorescencia baja. Los peces pelágicos menores se registraron principalmente en la parte norte de la boca, donde la temperatura fue baja, la salinidad relativamente constante y la fluorescencia variable. Se observó que los organismos tienen poca presencia en la parte centro de la boca donde la temperatura presentó cambios muy abruptos durante el flujo y reflujó.

# I. INTRODUCCIÓN

El ambiente pelágico marino es un sistema altamente dinámico en tiempo y espacio. Estudiar ésta dinámica en relación a los aspectos que lo componen tanto bióticos como abióticos son de gran importancia científica y pesquera, ya que se encuentra una gran variedad de organismos, algunos de valor comercial, que pueden vivir y desarrollarse total o parcialmente en este ambiente.

Un lugar idóneo para llevar a cabo estudios, observaciones y experimentos relacionados con el ambiente pelágico es el sistema lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas, el cual se encuentra geográficamente en una región de transición templado-tropical oceanográficos.

El sistema lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas es un ecosistema costero que resulta ser de considerable importancia para el desarrollo socioeconómico regional de Baja California Sur (Mathews, 1975). En Bahía Magdalena se capturan comercialmente peces pelágicos menores, lo cual ha mantenido la industria pesquera más importante del estado (Casas-Valdez, 1987), y en algunos años ha contribuido con más del 40% de la captura total nacional de peces (Lluch-Belda *et al.*, 1994). Además, el sistema lagunar aporta alrededor del 25% de toda la pesca artesanal del estado (Gutiérrez-Sánchez, 1997).

Desde el punto biológico, Bahía Magdalena es considerada el límite de distribución geográfica de numerosas especies templadas y tropicales, pues representa una zona de transición, entre las condiciones templadas de la Corriente de California y el área subtropical (Parrish *et al.*, 1981). En esta zona se mezclan faunas provenientes de las zonas frías de surgencias y aguas subárticas de la Corriente Norecuatorial así como de las aguas cálidas de bahías y esteros, lo que permite la conjunción de biotas de afinidad templado-cálidas y de origen tropical-subtropical (Hubbs, 1960; Briggs, 1974; Brinton y Reid, 1986; Castro-Aguirre y Torres-Orozco, 1993).

La dinámica de los sistemas de bahía está frecuentemente modulada por la acción de las corrientes de marea, la cual es un factor primordial en el equilibrio ecológico de los sistemas

costeros ya que permite un intercambio energético con las aguas oceánicas. El movimiento a través de las bocas de los sistemas de bahía está modulado por la interacción de las corrientes de marea, la descarga de ríos, el forzamiento atmosférico y cambios de nivel del mar no periódicos.

En la boca de Bahía Magdalena el movimiento de las masas de agua es influenciado principalmente por las mareas, las cuales son importantes para la salud y el balance ecológico de la bahía. Por ejemplo, las mareas causan corrientes que fluyen y recambian el agua de la bahía con prismas de recambio de siete días en mareas vivas y aproximadamente 30 días en mareas muertas (Sánchez-Montante, 2004), también mezclan las aguas cercanas a la costa, diluyen los contaminantes y ayudan a la recirculación de los nutrientes necesarios para los organismos planctónicos y nectónicos (Zaytsev *et al.*, en prensa).

La hidrografía que se presenta en Bahía Magdalena tiene una característica sobresaliente, debido a la distribución de las condiciones físico-químicas de las aguas superficiales sobre la región profunda de la bahía, las cuales están caracterizadas por altas concentraciones de nutrientes, baja temperatura, salinidad, concentración oxígeno disuelto y pH (Sánchez-Montante, 2004). Estas condiciones que prevalecen localmente durante la mayor parte del año son consideradas semejantes a las que se presentan durante los fenómenos de surgencias costeras (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975), esto ocasiona que del flujo de marea funcione como un mecanismo de transporte de las condiciones de surgencia desde la región oceánica adyacente hacia el interior de Bahía Magdalena (Guerrero *et al.*, 1988).

Con base estudios hidroacústicos realizados en Bahía Magdalena, se ha sugerido que las variaciones espacio-temporales en la distribución de la langostilla, un crustáceo característico de esta zona, están inferidas por las corrientes de marea (Robinson *et al.*, 2004). La corriente en refluo transporta exporta agua caliente y altas concentraciones de clorofila-*a* de la parte interna de la bahía hacia la entrada principal y durante la marea en flujo transporta agua fría de la costa a la bahía, desplazando así agua de la plataforma continental con bajas concentraciones de clorofila-*a* hacia la parte interna de la bahía (Martínez-Gómez *et al.*, en prensa; Gómez-Gutiérrez *et al.*, sometido). Las langostillas se encuentran dentro y fuera de la bahía durante todo el ciclo de



marea, pero se concentran cerca de la boca de la bahía durante la marea en flujo donde es abundante la clorofila-*a* (Robinson *et al.*, 2004).

Algunas investigaciones sugieren que las especies de peces pelágicos menores y la langostilla (Galatheidae), desempeñan un papel ecológico análogo dentro de cada uno de los sistemas de bordes orientales, siendo importantes enlaces tróficos entre los productores primarios, materia orgánica particulada y los niveles tróficos superiores. Las especies de peces pelágicos menores se caracterizan por su alta variabilidad interanual y han sido clasificadas como vulnerables a la explotación y difíciles de manejar (Beverton, 1983; Whitehead, 1985).

Bahía Magdalena, presenta un gran número de procesos hidrodinámicos modulados por las corrientes de marea. El estudio de la estructura hidrográfica y la dinámica de la boca principal de Bahía Magdalena es fundamental para el buen entendimiento del comportamiento de los organismos marinos, en especial los peces pelágicos menores y la langostilla, para poder entender su distribución y abundancia dentro y fuera de la bahía.

Debido a lo anterior esta tesis tiene como objetivo mostrar cómo mediante técnicas hidroacústicas las variaciones de los factores físicos y biológicos causados por los ciclos de marea y las corrientes de marea, afectan la distribución y abundancia de los peces pelágicos menores y de la langostilla a lo ancho de la antrada principal de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Este trabajo se enmarca en el proyecto “Dinámica del Ecosistema Pelágico de Bahía Magdalena” (DEP-BAMA), que pretende aportar información sobre la relación de la dinámica de la bahía y la distribución y abundancia de los peces pelágicos menores y la langostilla.

Aunque se han realizado varios trabajos en la zona (Guerrero *et al.*, 1988; Aceves-Medina *et al.*, 1992; Palomares-García y Vera-Alejandre, 1995, Gómez-Gutiérrez *et al.*, 2001; en prensa) éstos han muestreado de manera puntual o transversal a la entrada principal de Bahía Magdalena, la importancia de este trabajo radica en que es el primer estudio que analiza el transporte de plancton y necton a lo ancho de ésta. Los datos de ADCP fueron los mismos que Sánchez-Montante (2004) uso para estimar el flujo bruto y reflujos *in situ*.

## II. OBJETIVOS

- **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar las respuestas de la distribución y abundancia de los peces pelágicos menores y la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) a las variaciones de los factores físicos y biológicos durante los ciclos de marea mediante el uso de técnicas hidroacústicas en la entrada principal de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México, durante marzo de 2003.

- **OBJETIVOS PARTICULARES**

- ❖ Describir el ciclo de marea durante el periodo de estudio en la entrada principal de Bahía Magdalena.
- ❖ Describir el patrón de la temperatura, salinidad, y la concentración y distribución de la fluorescencia con respecto al ciclo de marea.
- ❖ Describir la velocidad y dirección de las corrientes de marea.
- ❖ Conocer la distribución y la abundancia de los peces pelágicos menores y su relación con las variaciones oceanográficas y biológicas modulados por las corrientes de mareas.
- ❖ Conocer la distribución y la abundancia de la langostilla (*Pleuroncodes planipes*), y su relación con las variaciones oceanográficas y biológicas modulados por las corrientes de mareas.

### III. MARCO TEÓRICO

- **3.1 PELÁGICOS MENORES**

Los peces pelágicos menores se caracterizan por alcanzar longitudes máximas de entre 10 y 30 cm según la especie y suelen habitar en zonas costeras de alta productividad biológica alimentándose de fitoplancton y zooplancton (INP, 2001).

La pesquería de peces pelágicos menores en México (Figura 1), está conformada por la sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), macarela del pacífico (*Scomber japonicus*), anchoveta norteña (*Engraulis mordax*), tres especies de sardina crinuda (*Opisthonema libertate*, *O. bulleri*, *O. medirastre*), sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*), charrito (*Trachurus symmetricus*), sardina japonesa (*Etrumeus teres*) y sardina piña (*Oligoplites refulgens*) (Diario Oficial de la Federación, 28 agosto 2000).

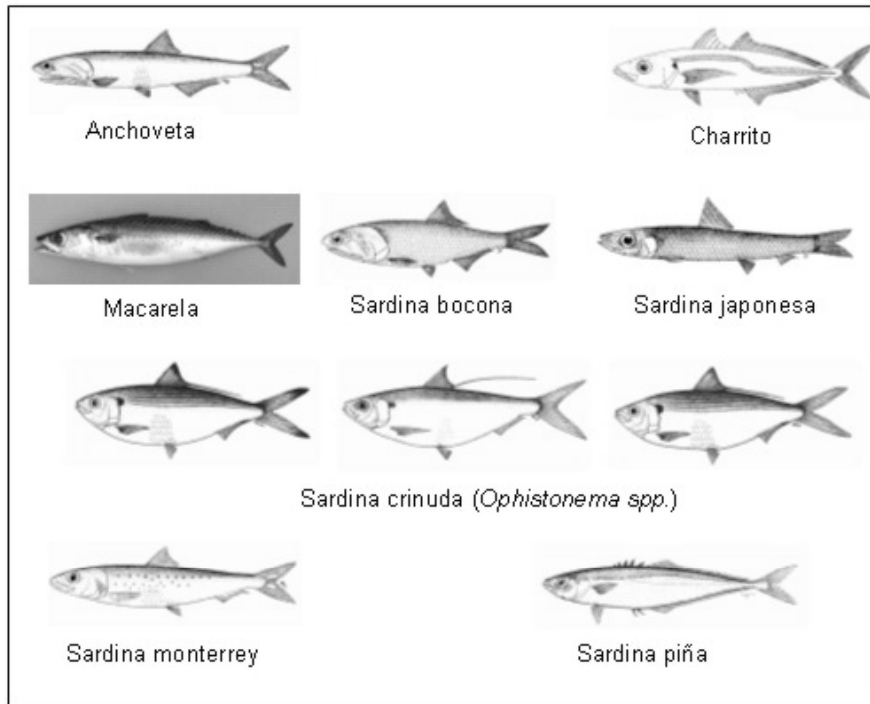


Figura 1. Especies de peces pelágicos menores que se encuentran en México.

Los peces pelágicos menores se constituyen en un grupo de clasificación artificial, que incluyen a especies de peces con tallas menores a los 30 cm de longitud total, con rápido crecimiento, poca longevidad (hasta cinco años), madurez sexual temprana (uno a tres años), alta fecundidad, reclutamiento denso-independiente (es decir que la producción de crías se da de acuerdo a las condiciones medio ambientales) (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 1996).

Estos peces forman densos y grandes cardúmenes y presentan estrategias complejas de alimentación y antipredatorias que presuponen cierto grado de organización intraespecífica, resultado de las interacciones en las cuales un individuo se mueve en relación con sus vecinos y conjuntamente ejerce influencia sobre estos (Burgess y Shaw, 1979; Aoki, 1982).

Los peces pelágicos menores son omnívoros y usualmente se encuentran en niveles inferiores dentro de la trama trófica marina; sus poblaciones producen grandes volúmenes de biomasa de la cual se alimentan una gran cantidad de peces pelágicos mayores, muchas especies de aves y mamíferos marinos, lo que provoca que muestren cambios externos en su abundancia relativa temporal y espacial (Csirke, 1988).

Su adaptación más conspicua para este tipo de vida es su cuerpo delgado y fusiforme, generalmente comprimido lateralmente y con escamas que dan al cuerpo una tonalidad plateada que les permite reducir la depredación natural. La estructura de su boca es flexible permitiéndoles mantenerla abierta cuando esta nadando, los arcos branquiales presentan especializaciones en las branquiespinas, siendo numerosas y alargadas creando un tamiz que filtra el alimento (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 1996).

En Baja California Sur, se capturan masivamente pelágicos menores dentro de Bahía Magdalena y esporádicamente en la parte norte externa de la bahía. La sardina monterrey es la especie más importante en las capturas, la cual ha representado entre el 25 y 94% de la captura total anual de pelágicos menores. Las sardinias crinudas son el segundo grupo de especies en importancia y han representado entre el 3.4 y 57% de la captura total anual. El destino principal de las capturas de pelágicos menores en Bahía Magdalena es el consumo humano directo

(aproximadamente el 22%), también al enlatado y recientemente en forma fresca congelada para su exportación (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 1996).

- **3.2 LANGOSTILLA**

La langostilla *Pleurocodes planipes* es un crustáceo decápodo de la familia Galatheidae, (Figura 2); usualmente es capturado como fauna de acompañamiento en las pesquerías de camarón, atún y sardina del Pacífico mexicano.



**Figura 2. Langostilla (*Pleurocodes planipes*).**

La langostilla es la especie más abundante del micronécton de la parte sur de la Corriente de California (Robinson *et al.*, 2004) Los estadios larvales y juveniles son estrictamente planctónicos y pelágicos respectivamente, mientras que los adultos entre el primer y segundo año, alternan entre el fondo y la superficie; y a partir del tercer año asumen una vida estrictamente bentónica (Boyd, 1962; 1967; Aurióles-Gamboa, 1992; 1995; Gómez-Gutiérrez y Sánchez-Ortiz, 1997).

La alimentación de la langostilla en su fase pelágica consiste principalmente de fitoplancton y zooplancton (Boyd, 1967; Blackburn, 1969; Arvizu *et al.*, 1974), durante la fase bentónica su dieta se diversifica, siendo la materia orgánica particulada (MOP) el alimento más importante, seguido de fitoplancton, y zooplancton (Arvizu *et al.*, 1974; Pérez-Flores y Auriol-Gamboa, 1995).

La langostilla es parte de la dieta de un gran número de especies, que incluye peces, aves, tortugas y lobos marinos (Balart y Castro-Aguirre, 1995), simplificando la cadena trófica y presenta además una posición trófica análoga al de la anchoveta y la sardina en la costa occidental de Baja California (Robinson *et al.*, 2004). Su depredador más importante parece ser la merluza enana *Merluccius angustimanus*, que en su fase pelágica entre los cinco y quince meses de edad se alimenta de langostilla (Balart y Castro-Aguirre, 1995).

Una de las características más visibles de este crustáceo es la formación de densos enjambres de varios kilómetros de largo (Robinson y Gómez-Gutiérrez, 1998; Gómez-Gutiérrez *et al.*, 2000). Los hábitos alimentarios de esta especie sugieren que las agregaciones masivas se pueden sostener solamente en áreas particulares donde el alimento es altamente abundante. Las agregaciones de langostilla están asociadas a aguas frías, con elevadas concentraciones de clorofila-*a* y en donde se presenta una actividad de surgencia (Robinson *et al.*, 2004). Las variaciones oceanográficas estacionales a lo largo de la costa oeste de Baja California han sido un factor dominante para explicar los patrones en la variación espacio-temporal de la abundancia de esta especie (Boyd, 1967; Gómez-Gutiérrez y Sánchez-Ortíz, 1997).

Actualmente, la langostilla representa un recurso no utilizado comercialmente, pero que tiene un gran potencial por ejemplo: como fuente de proteína y aceite de alta calidad para el cultivo de salmónidos (Spinelli y Manhken, 1978) y de crustáceos (Van Olst *et al.*, 1976). También podría ser empleada en la fabricación de harinas, o bien, utilizarla para la obtención de pigmentos (Gutiérrez-Leyva, 2002); posee además un gran potencial como insumo en las industria avícola, farmacéutica y biotecnológica (Jiménez, 1978; García-Carreño, 1991; García-Carreño y Hernández-Cortés, 1995).

En los cuatro sistemas de surgencias principales del mundo (California, Perú, Benguela y Canarias) destaca la presencia de peces pelágicos menores como parte importante de las comunidades que habitan en estos sistemas (Bakun y Parrish, 1982). Esta característica se presenta de manera similar con los crustáceos decápodos de la familia Galatheidae; esta familia está representada por más de 200 especies (Zeldis, 1985), de las cuales únicamente cinco especies, (*Pleuroncodes planipes* en la Corriente de California, *P. monodon* y *Cervimunida johni* en la de Perú, *Munida rigusa* en de las Canarias y *Munida gregaria* en Benguela) constituyen las mayores poblaciones de galateidos en el mundo, siendo encontradas grandes concentraciones en regiones de surgencias con alta eutroficidad, principalmente en los sistemas de corrientes de los bordes orientales (Longhurst, 1967; Blackburn, 1977).

- **3.3 HIDROACÚSTICA**

La hidroacústica es una técnica que se emplea para una gran variedad de investigaciones ecológicas y del comportamiento en el entorno marino, especialmente en el ecosistema pelágico, interpretando la intensidad de la señal acústica para conocer si se trata de individuos o grupos de organismos y calcular la forma y la densidad, la morfodinámica de los cardúmenes, la identificación de agregaciones planctónicas y nectónicas, además de determinar la ubicación del arte de pesca, el rendimiento pesquero de los organismos y las interacciones entre arte y peces (Parrish, 2004).

La hidroacústica permite registrar organismos pelágicos en grandes volúmenes de agua en tiempo real sin perturbar a los organismos (Smith, 1970; Hewitt *et al.*, 1976; MacLennan y Simmonds, 1992), estableciendo patrones migratorios espaciales y temporales, trazando mapas espacio-temporales de los organismos en su hábitat en función de su respuesta biológica a las condiciones ambientales.

En la actualidad, la hidroacústica proporciona datos instantáneos, pero la biología de las especies es altamente dinámica, pues los organismos se desplazan; los cardúmenes modifican continuamente su forma, su tamaño y las especies que los componen; las especies interactúan en

complejos patrones espacio-temporales; y la solidez del acoplamiento físico-biológico cambia de forma cíclica y recurrente. Son estas interacciones, que van desde el comportamiento de respuesta de los miembros de un cardúmen, a las interacciones entre depredador y presa, pasando por las especies que se agrupan en el entorno físico, las que dan forma a las comunidades y definen el ecosistema (Parrish, 2004).

Uno de los usos que tiene la hidroacústica en las pesquerías, es incorporar información *in situ* para la captura de peces, ayudando a que esta actividad se pudiera realizar independientemente de la hora del día.

La hidroacústica registra información de blancos acústicos de la señal emitida. Un blanco acústico es cualquier organismo o material que produzca un eco que este dentro de los límites definidos por la frecuencia de la emisión para interpretar la posición espacio temporal en la columna de agua de los organismos. Los datos acústicos se obtienen mediante una ecosonda, un transductor y una interfase, la cual a su vez está conectada a un equipo de cómputo que cuenta con software específicos para procesar la información que se está recibiendo.

La mayor parte de las investigaciones hidroacústicas realizadas en el sistema de la Corriente de California han sido enfocadas a la distribución de peces y agregaciones de zooplancton en el aparte sur de la Corriente (Hewitt *et al.*, 1976; Smith *et al.*, 1989; Pieper *et al.*, 1990; Greene *et al.*, 1991; Napp *et al.*, 1993, Gómez-Gutiérrez y Robinson, 2006; Gómez-Gutiérrez *et al.*, 2000; Robinson, 2004, Robinson y Gómez-Aguirre, 2004; Robinson *et al.*, 2000, 2004;).

- **3.4 ¿QUÉ SON LAS MAREAS?**

La marea es el cambio continuo y regular del nivel medio del mar y de corrientes con periodos diurnos o semidiurnos por acción gravitacional de la luna y el sol (Ross, 2000). La marea tiene variaciones espectrales de periodos mayores a horas; el más importante es el ciclo



quincenal, pero también hay variaciones mensuales, anuales y de varios años (Marione y Lavín, 1997).

Dependiendo de la orientación del sol y la luna se modifica el patrón de la marea, existen dos tipos de mareas: 1) *mareas vivas*: cuando las amplitudes tanto en mareas altas como en mareas bajas son máximas (en Bahía Magdalena  $> 1.5$  m). Estas se producen cuando la luna está en fase llena o nueva, y que el sol y la luna están alineadas. 2) *mareas muertas*: son de bajas amplitudes tanto en mareas altas como en mareas bajas (en Bahía Magdalena  $< 1.5$  m). Se presentan cuando la luna esta en fase menguante o creciente y el sol y la luna estén en dirección perpendicular.

Las variaciones producidas de forma natural entre los niveles de marea alta (pleamar) y baja (bajamar) se conocen como amplitud de la marea. Las mareas altas y bajas se alternan en un ciclo continuo. El término marea alta significa el nivel máximo de altura de la marea durante un ciclo de mareas, es la que corresponde a la cresta de la onda; marea baja significa el nivel más bajo y se relaciona con el valle de la onda de marea (Marione y Lavín, 1997). Dependiendo de la duración de los ciclos de marea tenemos que existen tres tipos de mareas: marea diurna: con un ciclo en 24 h; marea semidiurna: con dos ciclos de semejante amplitud en 24 h; marea semidiurna mixta: con dos ciclos con diferente amplitud en 24 h.

Existen diferentes términos para otros estados o situaciones de la marea y las corrientes generadas por ésta. A continuación se describen algunos de los más usados. El término “inactivo” (en inglés es “slack”, traducción literal) se aplica cuando la corriente de marea no fluye porque está en pleamar o bajamar. Cuando la marea está creciendo, en este caso cuando la corriente va hacia el interior de la bahía, se llama marea en flujo (en inglés es “flood tide”). Cuando la marea descende, esto es cuando sale de la bahía se llama marea en refluo (en inglés es “ebb tide”) (Ross, 2000).

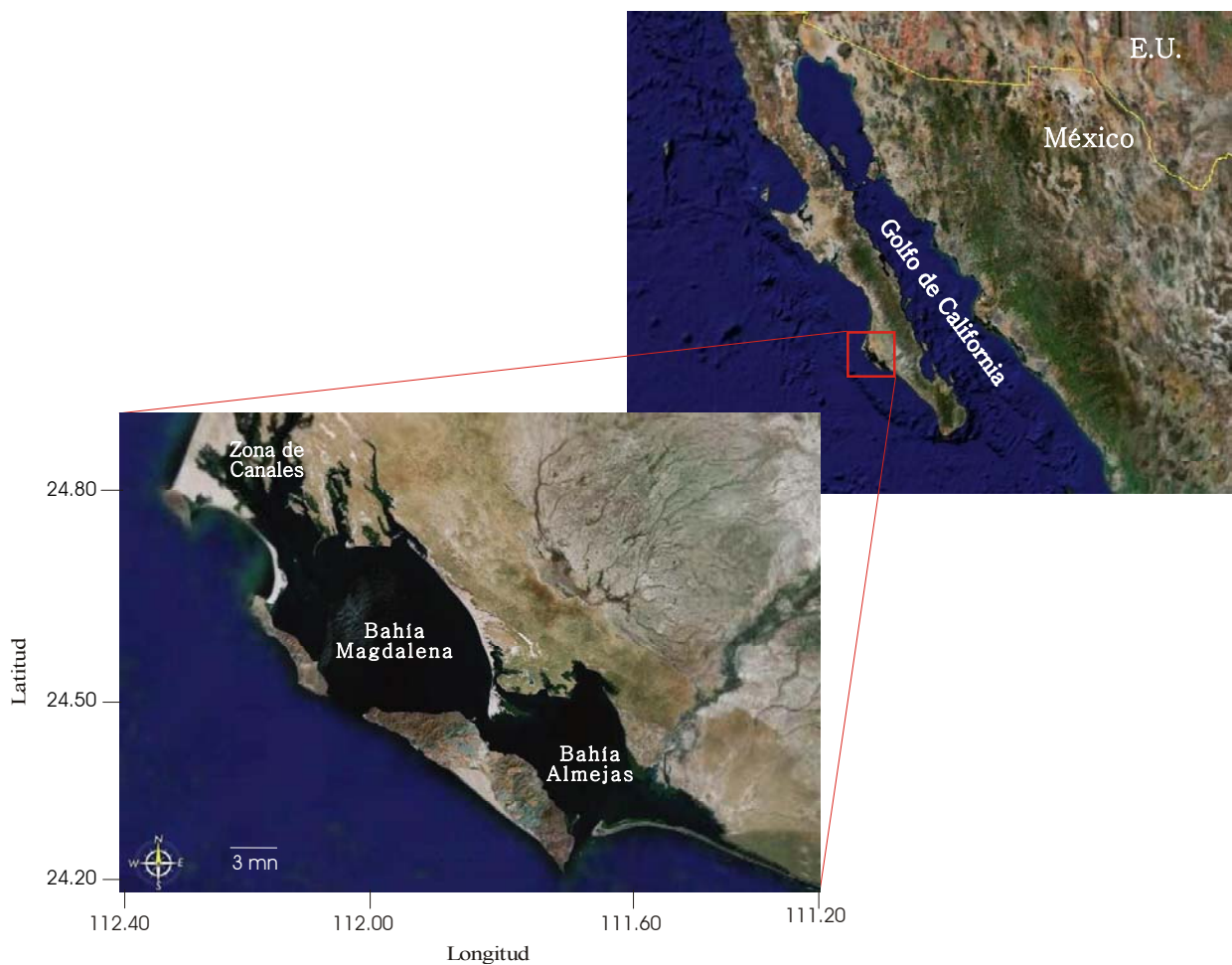
Las mareas producen aumentos y descensos verticales en el nivel medio del mar. Este movimiento arriba y abajo causa una diferencia de altura en el nivel del mar entre un área y otra. La diferencia entre los niveles de agua, en turno, inicia un flujo de agua de un área a otra para

regresar el nivel de agua a su estado original. Entre más grande sea la diferencia de altura de agua entre las dos áreas más intensa será la corriente de marea. Cuando esta diferencia es el producto de las alturas de marea, el flujo resultante es llamado corriente de marea (Ross, 2000).

Las mareas tienen varios efectos directos o indirectos sobre los fenómenos biológicos en el mar. Las corrientes de marea pueden incrementar o inhibir el efecto de transporte de otras corrientes, fenómeno que es patente particularmente en las áreas costeras (Marione y Lavín, 1997). El ascenso y descenso del agua superficial es relevante en las zonas costeras someras, debido a que las fluctuaciones en la temperatura, la irradiación, salinidad y grado de evaporación están relacionados con estos cambios (Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas, 1989). La turbulencia producida por las corrientes de marea y sus cambios de dirección, tienen efectos indirectos sobre los organismos: afecta la distribución espacio-temporal de los nutrientes y obstaculiza el descenso de partículas pequeñas, causando un aumento en la turbidez y evitando la formación de la estratificación térmica en el agua (Obeso-Nieblas y Jiménez-Illescas, 1989). Muchas de las actividades biológicas de animales marinos, incluidos los ciclos reproductivos, están ligados a los diferentes tiempos y periodos de la marea. De hecho, la salud del mar y de todas las criaturas, dependen del movimiento incesante del agua (Ross, 2000).

## IV. ÁREA DE ESTUDIO

El sistema lagunar de Bahía Magdalena-Bahía Almejas se localiza dentro del polígono de los 24° 20' y 24° 50' de latitud Norte, 111° 25' y 112° 20' de longitud Oeste (Figura 3) y presenta una extensión aproximada de 1,100 km<sup>2</sup>. Consta de tres áreas que fácilmente se pueden diferenciar: el mayor cuerpo de agua central, propiamente Bahía Magdalena; un cuerpo menor conectado con él hacia el sureste Bahía Almejas, y al noroeste la Zona de Canales.



**Figura 3. Localización del sistema lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas, Baja California Sur.**

Bahía Magdalena, es una de las bahías más grande e importante de la costa oeste de la península de Baja California. (Obeso-Nieblas *et al.*, 1999). Este sistema lagunar es relativamente somero, las mayores profundidades (~ 40 m) se encuentran cerca de la entrada principal de Bahía

Magdalena. Bahía Almejas tiene una profundidad promedio de 12 m con un máximo de 27 m. La Zona de Canales tiene una morfología bastante irregular, está conformada por una gran cantidad de esteros, lagunas y meandros que tienen profundidades menores que 3.5 m y que se encuentran interconectadas con el Canal de San Carlos a través de un estrecho canal, Canal de Santo Domingo, de profundidad máxima 10 m. (Gutiérrez-Sánchez, 1997; Sánchez-Montante, 2004).

El sistema lagunar es antiestuarino, debido a que la tasa de evaporación supera a la relativamente reducida tasa de precipitación anual (Lluch-Belda *et al.*, 2000). Los mayores aportes de agua dulce provienen de los huracanes usualmente ocurridos entre agosto y octubre. La distribución de las propiedades termohalinas está modulada por la dinámica de las mareas (Acosta-Ruiz y Lara-Lara, 1978), los valores máximos de la temperatura se hallan en las regiones más someras del sistema y los gradientes termohalinos coinciden con la batimetría de la región (Sánchez-Montante, 2004).

El sistema lagunar de Bahía Magdalena-Bahía Almejas mantiene relación con el océano a través de tres bocas, que en combinación con las corrientes de marea y velocidad de los vientos dominantes, son los principales responsables de la variación oceanográfica del sistema lagunar (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975; Morales-Zárate *et al.*, 2006).

Álvarez-Borrego *et al.* (1975) señala que Bahía Magdalena presenta características más “oceánicas” (en realidad de la plataforma continental) que las otras dos áreas del sistema, con aguas de menor salinidad y temperatura debido esencialmente a un considerable intercambio con la zona oceánica adyacente a través de su amplia boca de 5.6 km de ancho en su parte más cercanas.

Bahía Magdalena presenta un ciclo anual de temperatura superficial promedio muy intenso, con una diferencia de casi 7° C entre el periodo más frío del año (marzo, 20.3° C) y el más cálido (septiembre, 26.9° C); el cambio más pronunciado se presenta durante el calentamiento de verano, hasta 3.5° C mensuales entre junio y julio (Lluch-Belda *et al.*, 2000). Robinson *et al.* (en prensa, a) encontraron que la temperatura fue más alta en mareas muertas que en mareas vivas (en marzo y julio 2004).

Varios autores mencionan que el régimen de mareas es mixto semidiurno (Anónimo,1984; Obseso-Nieblas *et al.*, 1999; Sánchez-Montante,2004). Los valores estadísticos de la marea (Anónimo, 1984) indican que el nivel de la pleamar media superior es de 0.83 m, mientras que el nivel de la bajamar media inferior es de  $-0.87$  m; la pleamar máxima registrada es de 1.56 m mientras que la pleamar inferior de es  $-2$  m. En la boca principal de Bahía Magdalena la corriente de marea presenta dos máximos y dos mínimos en la intensidad de un periodo de aproximadamente 24.8 h (Obeso-Nieblas *et al.*, 1999). Los periodos de mareas vivas tienen una duración entre ocho y diez días pero el máximo rango de mareas usualmente dura unos dos días. El periodo de mareas muertas regularmente dura entre cinco y ocho días y el periodo con rango mínimo diario en la gran mayoría de los casos es de un solo día (Robinson *et al.*, en prensa, a). Las velocidades que se reportan en la boca de Bahía Magdalena son hasta dos veces mayor que las que se reportan en la boca de Bahía Almejas, lo cual sugiere que el forzamiento dinámico de marea del sistema lagunar se lleva acabo a través de esta boca (Sánchez-Montante, 2004).

Debido al aporte de nutrientes en la capa superficial y su impacto en la producción primaria y secundaria el área oceánica adyacente (plataforma continental) es una zona típica de surgencia y el agua superficial es la más fría de la parte sur de la Península de Baja California (Jiménez-Illescas, 1996; Zaytsev *et al.*, 2003). La entrada de agua de la plataforma continental a través de la entrada principal introduce nutrientes al sistema durante el flujo de la marea, lo que resulta en una relativamente alta actividad fotosintética y produce niveles bajos de oxígeno disuelto y elevados de nutrientes (Lluch-Belda *et al.*, 2000; Félix-Uraga *et al.*, 1996; 2004; 2005).

El sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas es muy productivo debido a las altas densidades de microfitopláncton prevaleciente durante la mayor parte del ciclo anual (Nienhuis y Guerrero-Caballero, 1985; Gárate-Lizárraga y Siqueiros-Beltrones, 1998), lo cual concentra volúmenes importantes de peces pelágicos menores (Casas-Valdez, 1987).

- **4.1 CORRIENTE DE CALIFORNIA**

Husby y Nelson (1982) encontraron que, al sur de los 30° N en la Corriente de California, se desarrolla un patrón de turbulencias en dos distintas épocas del año: una de mayo a junio, acorde con los vientos superficiales provenientes del norte que favorecen los eventos de surgencias, y otra en otoño, debida a la ocurrencia de tormentas tropicales, con una estratificación térmica relativamente fuerte de agosto a noviembre. Durante noviembre, diciembre y enero las surgencias disminuyen su intensidad por el debilitamiento de los vientos paralelos a la costa.

De acuerdo con Hickey (1979), el sistema de la Corriente de California está conformada por las siguientes corrientes:

- *La contracorriente de la Corriente de California.* Es una corriente con dirección al Polo Norte y se presenta en el talud continental. En las costas de Baja California se intensifica en invierno.
- *La Corriente Superficial de Davidson.* Fluye hacia el norte a lo largo de la costa oeste de América del Norte, desde Baja California, hasta el Río Columbia, frente a las costas de Oregon y Washington (Sverdrup *et al.*, 1942).
- *La Corriente de California.* Se presenta por efecto del viento al Sur de los 40°N a finales de verano y otoño. Alcanza su máximo impulso cerca de la costa, lo que provoca una variación estacional de la presión atmosférica, reflejada en la presencia de precipitaciones.

En su largo recorrido de norte a sur la Corriente de California cambia lentamente sus propiedades, incrementando su salinidad y temperatura, debido a la radiación solar y la mezcla con aguas más cálidas y salobres del oeste (Reid *et al.*, 1958). En la Corriente de California, las surgencias figuran entre los procesos oceanográficos más importantes ya que originan una variabilidad constante y se pueden presentar alrededor de todo el año a lo largo de toda la costa occidental de la península de Baja California.

Los estudios de la dinámica y estructura de la comunidad en relación a las características del ambiente, han sido utilizados para identificar cómo los procesos oceanográficos afectan y

quizás controlan la composición y distribución de las poblaciones de peces en el área de influencia de la Corriente de California (Funes-Rodríguez *et al.*, 1998).

- **4.2 SURGENCIAS**

Los eventos de surgencia son el movimiento ascendente de agua subsuperficial transportada hacia la superficie por el movimiento de la masa de agua, en dirección opuesta a la costa debido al forzamiento de vientos paralelos a la costa (Barber y Smith, 1981). El agua recién surgida además de la riqueza de nutrientes se caracteriza por su baja temperatura, baja concentración de oxígeno disuelto y otras propiedades comunes de aguas provenientes de los niveles inferiores de la columna de agua.

Las características de las surgencias se presentan a lo largo de las costas occidentales de los continentes (sistemas de borde orientales), como sucede en el Noroeste y Sureste de África, California, Perú, Chile y Portugal.

Los factores que están involucrados en la formación de surgencias son: el transporte de Ekman, el efecto de Coriolis que hace que las aguas se desvíen hacia la izquierda en el Hemisferio Sur y a la derecha en el Hemisferio Norte y el forzamiento por vientos relacionados con la fuerza que ejercen sobre la superficie del mar y que aleja el agua próxima al borde de la costa, emergiendo las aguas de los niveles inferiores de la columna.

Margalef (1978) considera que las surgencias son algunos de los sitios de fertilización mas relevantes del océano y representan una deformación local de las condiciones ecológicas de las zonas donde se producen, donde se da un rápido reciclamiento de materiales y un alto incremento de concentraciones de nutrientes y energía con las áreas circundantes.

Las zonas de surgencia costera, a menudo localizadas en un radio de 50 km de la costa (Cushing, 1975), llevan nutrientes nuevos hacia la capa de mezcla que promueven los

florecimientos microalgales y la disponibilidad de material orgánico, la cual propicia la congregación de organismos consumidores de niveles tróficos superiores.

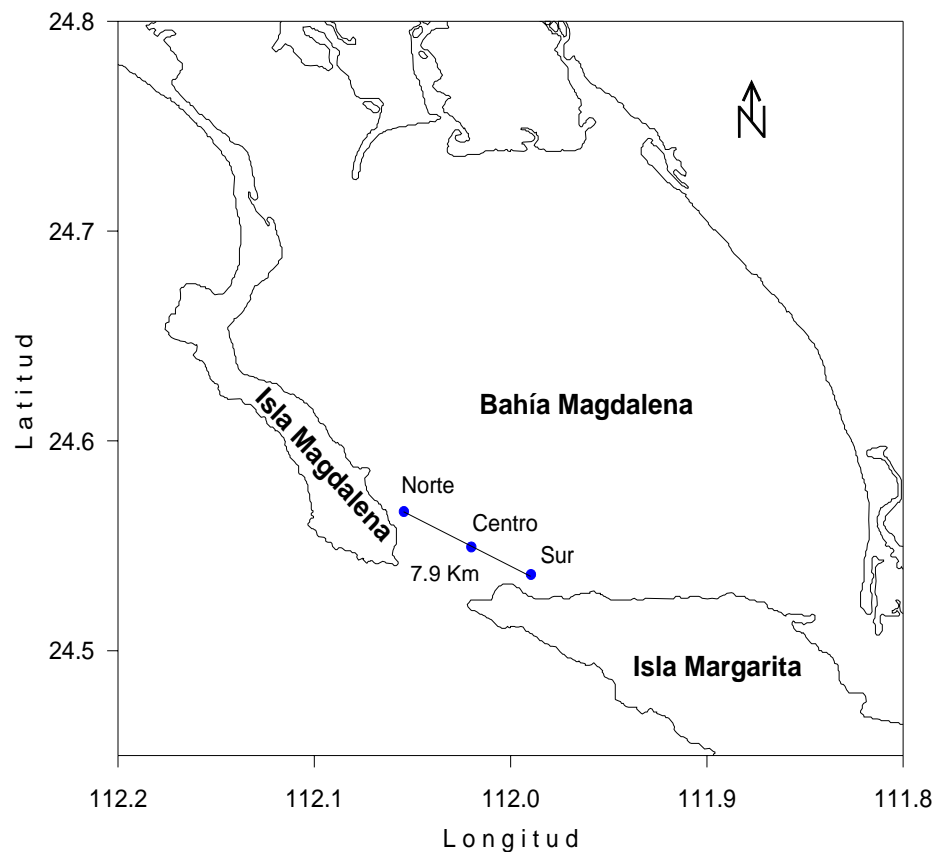
Como las surgencias costeras son un evento dependiente de la dirección e intensidad de los vientos, estas surgencias pueden relajarse o cambiar de sentido (convergencias), permitiendo a los organismos alcanzar nuevamente la costa. En las costas de California, en donde las surgencias tienen eventos de relajación fuertes y prolongados, se presenta la mayor tasa de asentamiento de larvas de peces (Wing *et al.*, 1995).



## V. MATERIAL Y MÉTODO

En marzo de 2003, a bordo del B/O “El Puma” (UNAM) se realizó la primera campaña oceanográfica DEP-BAMA I (Dinámica del Ecosistema Pelágico de Bahía Magdalena) donde se muestreó un transecto de 7.9 kilómetros de largo (i. e. 4.3 millas náuticas) ubicado a lo ancho de la entrada principal de Bahía Magdalena entre Isla Margarita e Isla Magdalena.

En este transecto se establecieron tres estaciones oceanográficas, dos localizadas en cada extremo del transecto (una en la parte norte y otra en el sur) y una aproximadamente en el centro de la entrada de la bahía (Figura 4). Las estaciones oceanográficas fueron ubicadas como puntos de referencia pero el barco no se detuvo en ellas. En la Tabla 1 se muestran las posiciones geográficas de las estaciones.



**Figura 4.** Ubicación del transecto muestreado y de las estaciones oceanográficas en la boca principal de Bahía Magdalena.

**Tabla 1. Posición geográfica de las estaciones oceanográficas que se manejaron en el transecto de muestreo en la boca principal de Bahía Magdalena.**

Estación	Latitud	Longitud
Norte	24° 33' 59" N	112° 03' 16" W
Centro	24° 32' 58" N	112° 01' 12" W
Sur	24° 32' 11" N	111° 59' 23" W

El buque navegó continuamente y sin parar desde un extremo del transecto al otro, a este recorrido que realizó el barco se definió como transecto, una vez que se terminaba el recorrido por el transecto, el barco daba vuelta, se re-posicionaba y se dirigía otra vez hasta el otro extremo del transecto. La velocidad de navegación del barco fue de aproximadamente  $18 \text{ km} \times \text{h}^{-1}$  (10 nudos). El tiempo promedio de recorrido de transecto fue de 26 min.

El muestreo en el transecto se realizó en dos etapas: la primera, denominada **Boca 1** o **muestreo continuo**, se inició el 23 de marzo a las 18:04 h y finalizó el 24 de marzo a las 13:04 h. La mínima altura de la marea durante esta etapa fue de 0.32 m y la máxima 1.63 m (amplitud = 1.31 m). Una interrupción a este muestreo ocurrió por cuestiones técnicas de 20:25 a 23 h. La segunda, etapa denominada **Boca 2** o **muestreo discreto**, se inició dos días después, del 26 de marzo a las 19:50 h al 27 de marzo a las 21:50 h. La mínima altura de la marea durante esta etapa fue de 0.05 m y la máxima 1.45 m (amplitud = 1.40 m). El muestreo se llevó a cabo en forma discreta, eligiéndose estados específicos de la marea para muestrear el transecto (todas las horas son relativas al uso horario del Pacífico mexicano). La información de los transectos a lo largo del transecto de muestreo para cada etapa de muestreo se presenta en la Tabla 2.

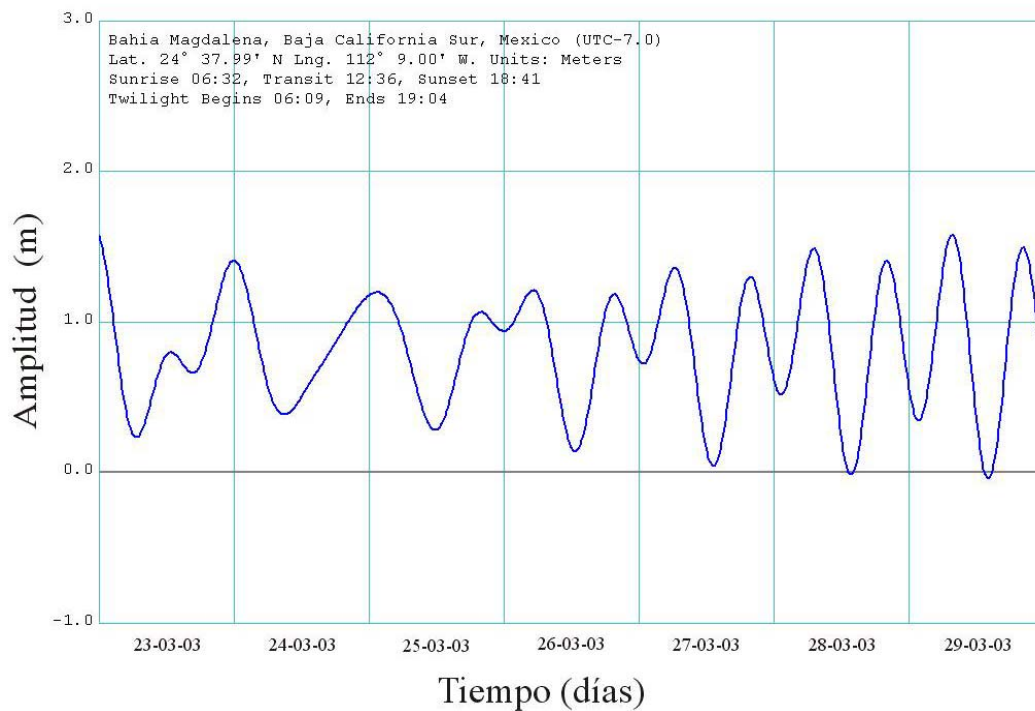
**Tabla 2. Tiempo, dirección y número de transectos (*n*) recorridos durante las etapas de muestreo continuo y discreto en la boca principal de Bahía Magdalena.**

	Boca 1 ( <i>n</i> )	Boca 2 ( <i>n</i> )
Dirección Norte-Sur	16	7
Dirección. Sur-Norte	17	3
Total de transectos	33	10
Tiempo Total	14 h 57 min.	3 h 57 min.

Del total de transectos realizados en ambas etapas de muestreo, se trabajó con 23 transectos del muestreo continuo (Boca 1) y nueve transectos del muestreo discreto (Boca 2). El resto de los transectos no tuvieron los datos acústicos u oceanográficos completos por lo que no se tomaron en cuenta en el análisis.

- **5.1 MAREAS**

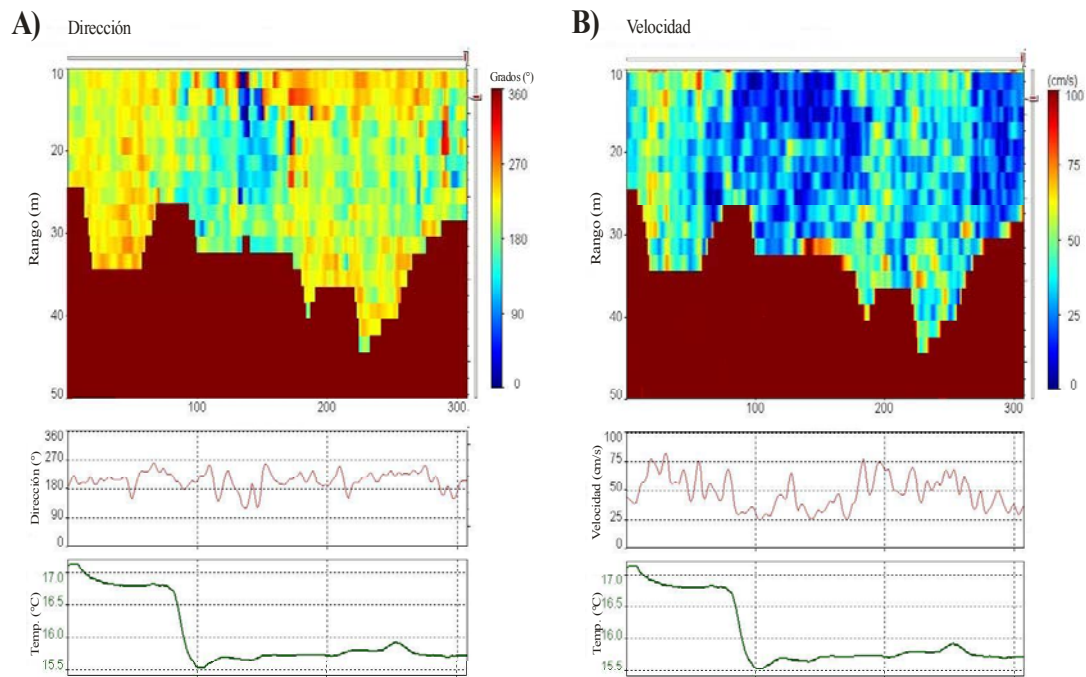
El estado de la marea durante el estudio fue obtenido mediante el uso del programa Tides 3.8 (<http://vps.arachnoid.com/tides>). Dicho programa usa la base de datos de mareas de la estación mareográfica de San Carlos, la cual era administrada por el Instituto de Geofísica de la UNAM, (Gómez-Ramírez, 1999), actualmente esta a cargo del Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada (CICESE: <http://www.cicese.mx>). El programa Tides sirvió para obtener los datos de fecha, hora, y amplitud de marea, del área de estudio (Figura 5). La información obtenida fue graficada posteriormente con el software Grapher 4.



**Figura 5. Ejemplo del Programa Tides. Donde se muestra la pantalla del programa, se puede observar la amplitud de la marea en Bahía Magdalena del 23 al 29 de marzo de 2003.**

- **5.2 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE**

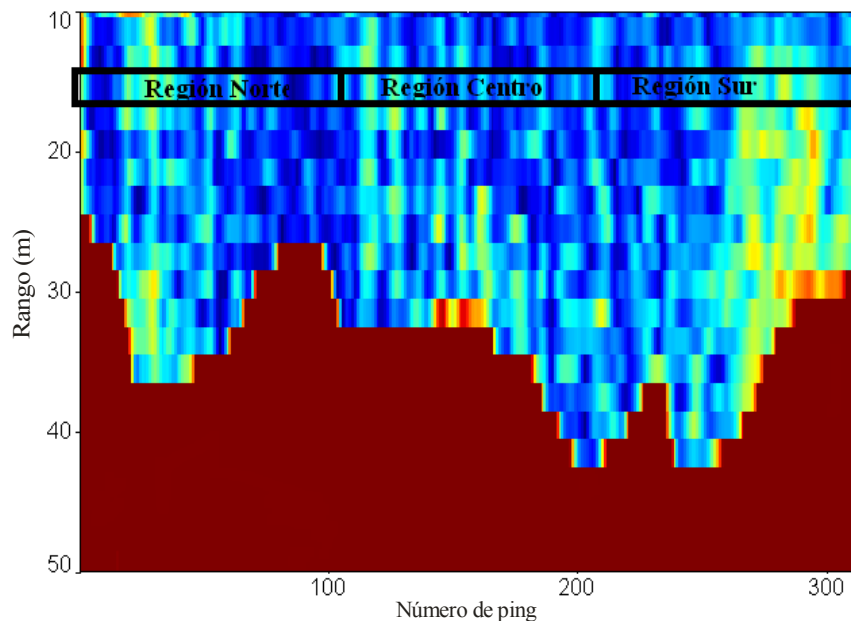
Los registros de velocidad y dirección de la corriente se tomaron por medio de un Perfilador Acústico Doppler de Corrientes (ADCP, por sus siglas en inglés), marca/modelo SonTek/YSI ADP de 250 Khz de frecuencia. El ADCP funciona mediante tres transductores que proporciona datos en cada una de las tres dimensiones espaciales. El ADCP es un equipo que registra los componentes de la velocidad del agua en diferentes capas, llamadas celdas o bins. Los transductores del ADCP fueron colocados en el pozo de instrumentos fijados aproximadamente a 4 m de profundidad. Los datos de velocidad y dirección de la corriente se tomaron a partir de los 5.5 m de profundidad, para evitar el ruido que produce el barco, y hasta el fondo, en 30 celdas de dos metros cada una. La tasa de repetición de pulso fue de una transmisión cada cinco segundos. La información obtenida por el ADCP se manejó con el programa ViewADP Standard 3.92, de SonTek (Figura 6).



**Figura 6. Ejemplo de Programa View ADP. A) Ecograma de dirección, con gráfica de dirección de la corriente de los 13.5 a los 15.5 m de profundidad y gráfica de temperatura superficial. B) Ecograma de velocidad, con gráfica de velocidad de la corriente de los 13.5 a los 15.5 m de profundidad y gráfica de temperatura superficial.**

### 5.2.1 Análisis de velocidad y dirección de la corriente

Los datos de velocidad y dirección de la corriente medidas por el ADCP para cada transecto, se dividieron en tres regiones de aproximadamente 2.6 km de largo cada una, denominadas Región Norte (RN), Región Centro (RC) y Región Sur (RS) (Figura 7). Se analizó el estrato de los 13.5 a los 15.5 m de profundidad (celda cinco), de cual se obtuvo la dirección de la corriente y la velocidad promedio de la corriente.



**Figura 7. Ecograma de velocidad, el recuadro negro señala la celda cinco (13.5 a 15.5 m de profundidad), la cual se utilizó para los análisis de velocidad y dirección de la corriente. El transecto se dividio en tres regiones.**

Los datos correspondientes a la dirección de la corriente se dividieron en dos partes: 1) datos con dirección entre  $280^{\circ}$  y  $35^{\circ}$  fueron considerados como corrientes de flujo y 2) datos entre  $55^{\circ}$  y  $260^{\circ}$  se identificaron como corrientes de refluo. Todos los demás datos no fueron tomados en cuenta para el análisis numérico. Para facilitar la interpretación de la dirección de la corriente en cada región, las direcciones son representadas de manera porcentual, esto es, si el total de pings (datos acústicos) generados por el ADCP de una región fue de 125 (esto representa un 100%), y de estos, 84 pings se encontraron dentro del intervalo de los  $280^{\circ}$  a los  $35^{\circ}$  de dirección,

entonces estos representan que un 67.2% de los pings está en dirección hacia adentro de la bahía (flujo).

- **5.3 TEMPERATURA, SALINIDAD Y FLUORESCENCIA**

La temperatura y salinidad superficial se muestrearon cada cinco segundos por medio de un termosalinógrafo Sea Bird SBE 45 Micro TSG, a partir de la toma de agua limpia ubicada en la parte de babor de la proa del barco a dos metros por debajo de la línea de flotación. Cada vez que el barco terminaba de recorrer el transecto (de un extremo al otro), se detenía el registro de información, obteniendo así un archivo con datos de temperatura y salinidad para cada recorrido del transecto.

Los datos de fluorescencia se tomaron por medio de un fluorómetro marca Turner Designs 10-AU-005-CE (con excitación de 340 nm - 500 nm y emisión mayor de 665 nm). Los datos de fluorescencia se obtuvieron en cada una de las estaciones establecidas del transecto. Cada vez que el barco navegaba sobre una estación, se tomaba una muestra de agua y se hacían dos lecturas de fluorescencia cruda. Se utilizó la fluorescencia como un índice de la concentración de pigmentos fotosintéticos del fitoplancton, la fluorescencia se mide en volts (V)

En el laboratorio se procesó la información obtenida por el termosalinómetro y el fluorómetro. Se obtuvo el promedio y la desviación estándar (*s*) de los datos de temperatura, salinidad y fluorescencia superficiales de cada transecto, tanto para el muestreo continuo como para el muestreo discreto, y estos datos se graficaron en función al ciclo de marea muestreado.

- **5.4 MUESTREO HIDROACÚSTICO**

Para determinar la abundancia y la distribución de los peces pelágicos menores y de la langostilla se utilizó una ecosonda SIMRAD EY-500 con un transductor de haz dividido de 120 Khz., de  $3.5 \times 3.5$  grados de salida. La duración de pulso fue de 0.3 milisegundos. La tasa de

repetición de pulso fue de 3 transmisiones  $\times s^{-1}$  y una potencia de salida de 63 W. El transductor de la ecosonda SIMRAD se colocó en el pozo de instrumentos del barco a una profundidad real de 4 m.

Al inicio del barrido acústico se crearon los archivos con los datos correspondientes a la ecosonda comenzando en la estación sur del transecto. Al final de cada transecto se detenía el registro de datos, y una vez que el barco se re-posicionaba para regresar al otro extremo del transecto se iniciaban nuevamente el ciclo de registro de datos de la ecosonda.

El postprocesamiento de los registros acústicos fue realizado usando el programa Sonar 4 versión 5.9.1. Este programa consiste en un sistema de análisis de eco integración el cual transforma la eco-distribución recibida en densidades de blancos acústicos por hectárea. La eco-integración se basa en el principio de que la sumatoria de ecos es proporcional a la densidad de los blancos sonificados (MacLennan y Simmons, 1992). La densidad numérica de organismos sonificados es la energía reflejada por volumen dividida por la energía reflejada por un solo individuo.

Para poder estimar la abundancia de los organismos, se requiere saber la estimación de la propiedad reflectiva de un solo individuo, y esto se obtiene mediante sigma de la especie ( $\sigma_{sp}$ ):

$$\sigma_{sp} = 4 \cdot \pi \cdot \frac{I_r}{I_i}$$

donde  $I_r$  es la intensidad del sonido reflejada e  $I_i$  es la intensidad del sonido que incide en el organismo.

La versión logarítmica de  $\sigma_{sp}$  se le denomina fuerza de blanco ( $TS$ , Target Strength por sus siglas en inglés), es la reflectividad acústica de los blancos, los valores son negativos, las unidades son decibeles (dB) y está definida como:

$$TS = 10 \log_{10} \sigma_{sp}$$

$TS$  y  $\sigma_{sp}$  son diferentes formas de expresar la misma propiedad física del organismo (blanco), esto es la fuerza del eco producido por un blanco. La  $TS$  de un blanco u organismo es una relación que nos indica la intensidad del eco. El sonido se refleja en cualquier objeto o

superficie que tiene una densidad distinta a la del agua, la cantidad de sonido reflejado, esto es la intensidad acústica reflejada, es principalmente debido al tamaño del blanco y la diferencia en densidad entre el blanco y el agua. Las *TS* se obtienen de los ecos que se muestran en los ecogramas generados por la ecosonda, estos ecos son representados en el ecograma en la pantalla con diferentes colores, lo que nos indica la intensidad del eco y por lo tanto la fuerza del blanco. Para saber que eco corresponde a un grupo funcional de organismos (plancton, langostillas y peces) se estimaron intervalos de *TS* previamente conocidos y que están determinados para estos grupos funcionales (Gómez-Gutiérrez y Robinson, 2006).

Otro término que se debe conocer para estimar la abundancia es la fuerza de reflexión de una área ( $S_a$ , Scattering area por sus siglas en inglés) que es una medida de la eficiencia del eco el cual se refleja de nuevo a la fuente de salida en un área determinada (MacLennan *et al.*, 2002) y se define como:

$$S_a = \int_{z_1}^{z_2} S_v dz$$

donde  $z_1$  y  $z_2$  son el intervalo de profundidad en la que se hace la eco integración.

El programa Sonar 4 calcula  $S_a$  de la siguiente manera:

$$S_a = 4\pi \times (area) \times (10^{\frac{S_{v_{media}}}{10}}) \times (profundidad)$$

donde la profundidad corresponde al rango en el que se realizó la eco-integración, en este caso la profundidad fue de 20 m. El área que se utilizó fue de 100 m<sup>2</sup> (una hectárea).

Una vez que se conoce  $\sigma_{sp}$  y el  $S_a$  entonces es posible estimar la abundancia ( $\rho$ ) como:

$$\rho = \frac{S_a}{\sigma_{sp}}$$

donde las unidades son individuos por área, que en este trabajo son hectáreas (ind×ha<sup>-1</sup>).

Para poder saber cual fue la distribución de los organismos a lo ancho de la boca principal de Bahía Magdalena, se utilizó el término de fuerza de reflexión de volumen ( $S_v$ , Scattering volume por sus siglas en inglés) el cual es una medida de la eficiencia con la cual el eco se



dispersa y se refleja de nuevo a la fuente de salida, éste es definido por MacLennan *et al.* (2002) como:

$$S_v = \frac{\sum \sigma_{bs}}{V}$$

donde  $\sigma_{bs}$  es la sección transversal de reflejo de los organismos, en un volumen de agua determinado ( $V$ ), por convención el  $S_v$  se refiere a un metro cúbico ( $m^2$  referido a  $1 m^3$ ). Este término se utilizó para separar los grupos funcionales (peces pelágicos menores y langostilla) a lo largo de cada transecto.

La versión logarítmica, expresada en decibeles, de este coeficiente esta definido por MacLennan *et al.* (2002) como:

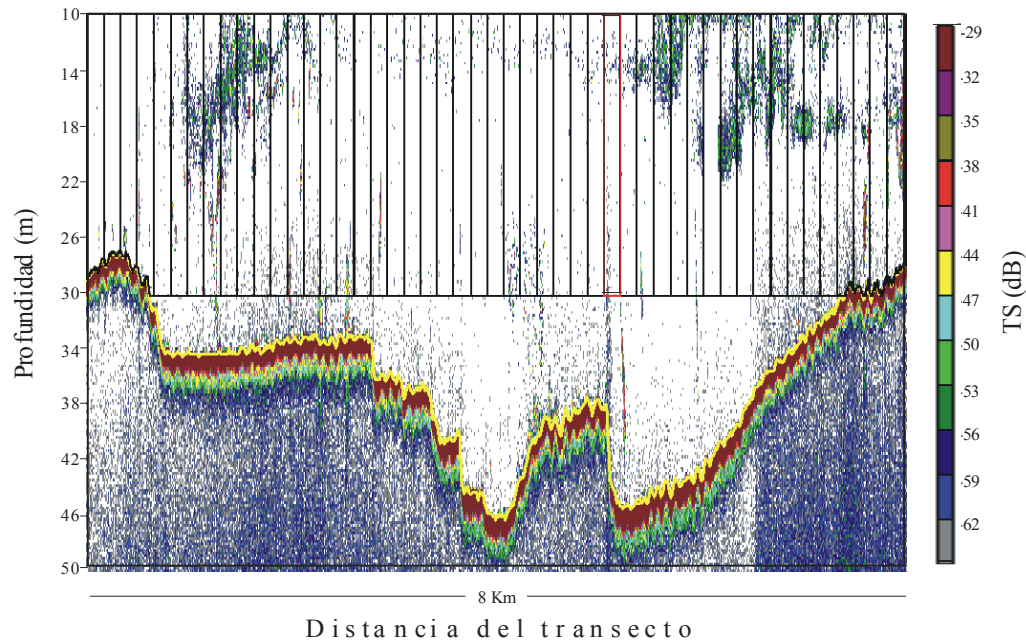
$$S_{vdB} = 10 \log_{10} S_v$$

una vez obtenido el  $S_v$ , nuevamente se obtiene el  $S_a$ , y de esta forma poder interpretar la distribución de los grupos funcionales (peces pelágicos menores y langostilla) a lo ancho de la boca de Bahía Magdalena.

#### **5.4.1 Densidad acústica de peces pelágicos menores y langostilla**

Para obtener la abundancia tanto de peces pelágicos menores como de langostillas, el ecograma de cada transecto se dividió en 50 secciones. Cada una de estas secciones midió 159 m de largo, con una profundidad de 20 m (10 a 30 m) (Figura 8).

En este análisis se separaron los ecos en dos intervalos de acuerdo a la  $TS$  de cada grupo funcional que se estudió, para el caso de la langostilla fue de -67 a -63 dB (4 cm a 7 cm, observaciones personales a bordo del barco y confirmadas con redes de media agua y cámara submarina), y para los peces pelágicos menores de -50 a -40 dB (18 cm a 50 cm, MacLennan y Simmonds, 1992).



**Figura 8.** Ejemplo de cómo se dividieron los transectos en 50 segmentos de aproximadamente 159 m de largo cada uno (rectángulos). La línea roja continua representa el fondo y la línea amarilla que esta sobre ésta, es un bloqueo del fondo con la finalidad de excluirlo del análisis cuantitativo.

Al hacer el análisis con el Programa Sonar 4, se pueden obtener los siguientes datos: número de segmento, hora, número de pings que abarca, rango de profundidad, volumen, área, frecuencias de *TS*. De este análisis se obtuvo la densidad por área de cada uno de los 50 segmentos de cada transecto, el cual tiene como unidades  $\text{ind} \times \text{ha}^{-1}$ . Posteriormente se obtuvo la sumatoria de los 50 segmentos de cada transecto, obteniendo de esta forma la abundancia para cada transecto, la cual se graficó en función del ciclo de marea muestreado para conocer que influencia tiene éste en la variación de la abundancia de los organismos.

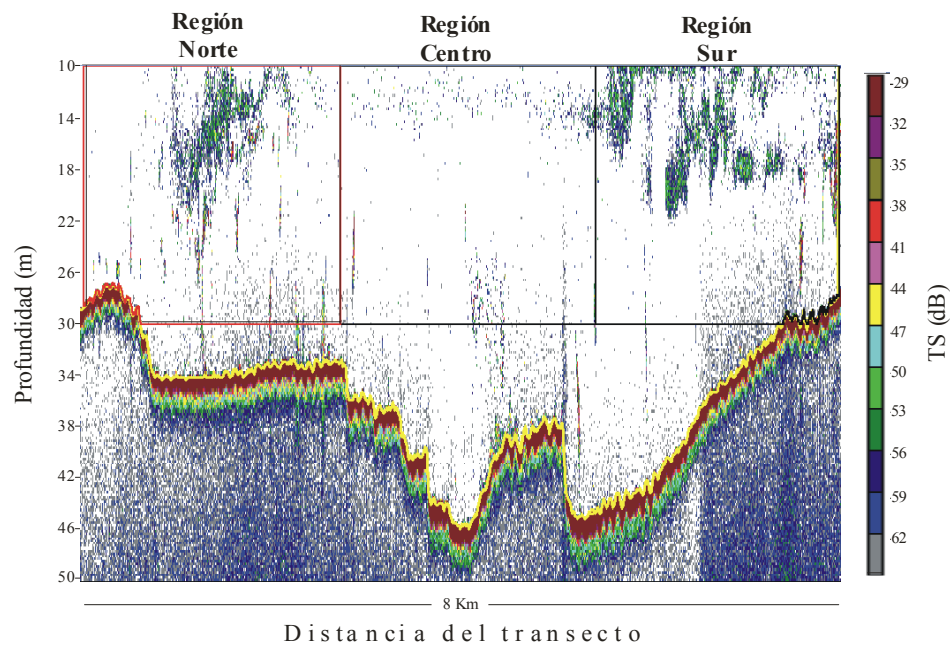
#### 5.4.2 Distribución de peces pelágicos menores y langostilla

El análisis de los datos acústicos para este caso, consistió primero en dividir el transecto en tres regiones norte, centro y sur a una profundidad de 10m a 30m (Figura 9).

De este segundo análisis de ecogramas se obtuvo el  $S_v$  en cada región, para después obtener el  $S_a$  y de esta forma poder interpretar la distribución de los organismos a lo ancho de la

boca de Bahía Magdalena. El rango de  $S_v$  utilizado para analizar la distribución de la langostilla fue de  $-60.9$  dB a  $-55.8$  dB, y para el caso de peces pelágicos menores se utilizó un rango de  $S_v$  de  $-42$  dB a  $-30$  dB (Gómez-Gutiérrez y Robinson, 2006).

Para facilitar la interpretación, los datos de  $S_a$  se presentan de manera porcentual, de esta forma tenemos que todo el transecto representa el 100% de  $S_a$  y dependiendo de cómo se distribuyeran los organismos en alguna de las tres regiones distintas este  $S_a$  se irá modificando, teniendo así la distribución tanto de peces pelágicos menores como de langostillas.



**Figura 9.** Ejemplo de cómo se dividieron los transectos en tres partes de aproximadamente 2.6 Km cada uno (cuadrados).

## VI. RESULTADOS

- **6.1 MAREA**

En la Figura 10a se presenta la altura de la marea del 15 de marzo al 15 de abril de 2003. En esta figura se observa la parte de la marea muestreada durante el muestreo continuo (inicio de mareas muertas, Boca 1) y el muestreo discreto (final de mareas muertas, Boca 2) en la boca principal de Bahía Magdalena.

En la Figura 10b se observan con más resolución ambos muestreos. En el caso de Boca 1 se registró una marea baja inicial de +0.6 m (A), una marea alta de +1.63 m (B) y una marea baja final de +0.32 m (C). En Boca 2 hubo tres mareas altas +1.18 m (D), +1.45 m (F) y +1.33 m (H) respectivamente y dos mareas bajas, una de +0.89 m (E) y otra de +0.5 m (G).

En la Figura 10c y d se puede observar con más detalle el estado de la marea para cada una de las dos etapas de muestreo realizadas. De los 23 transectos que se analizaron durante el muestreo continuo (Boca 1), del 1 al 6 se encontraron en marea en flujo, del 7 al 10 en marea alta y del 11 al 23 en marea en reflujo (Figura 10c). Los transectos 1 al 3 y 19 al 21 se realizaron de tarde y mañana respectivamente, el resto de los transectos durante la noche. En Boca 2, el transecto 1 se realizó en marea alta, los transectos 2, 3, 4, 6 y 7 en marea en reflujo y por último los transectos 5, 8 y 9 en marea en flujo (Figura 10d). Los transectos 1 al 5 fueron durante la noche y del 6 al 9 durante el día.

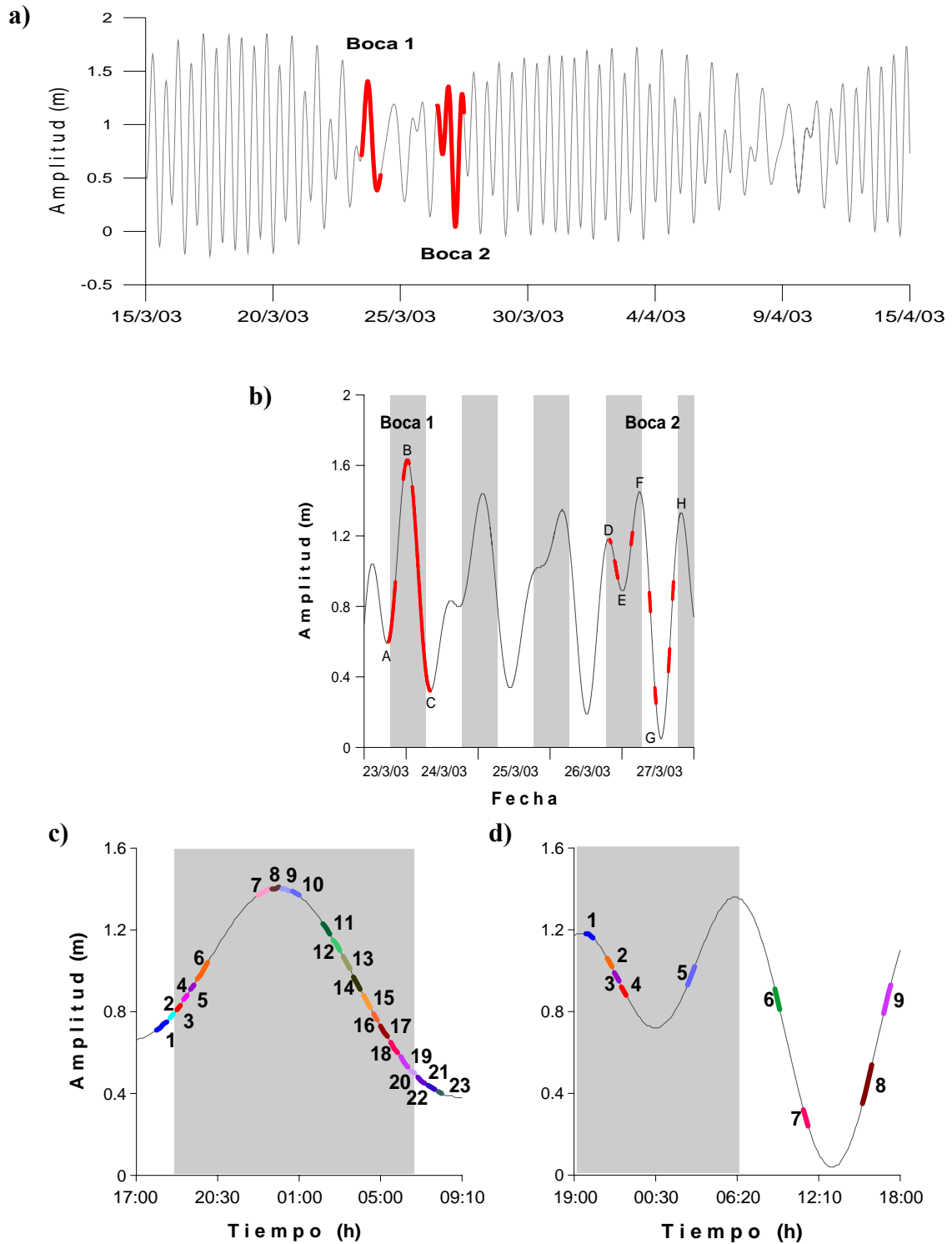


Figura 10. a) Ciclo de marea del 15 de marzo al 15 de Abril de 2003. En línea gruesa se resalta la marea muestreada en Boca 1 y Boca 2. b) Estado de la marea del 23 al 27 de marzo de 2003. La línea gruesa representa el estado de la marea durante los muestreos continuo (Boca 1) y discreto (Boca 2) en el transecto de la boca de Bahía Magdalena. La parte sombreada corresponde a la noche. c) Marea muestreada señalando cada uno de los transectos realizados en Boca 1 y d) Boca 2.

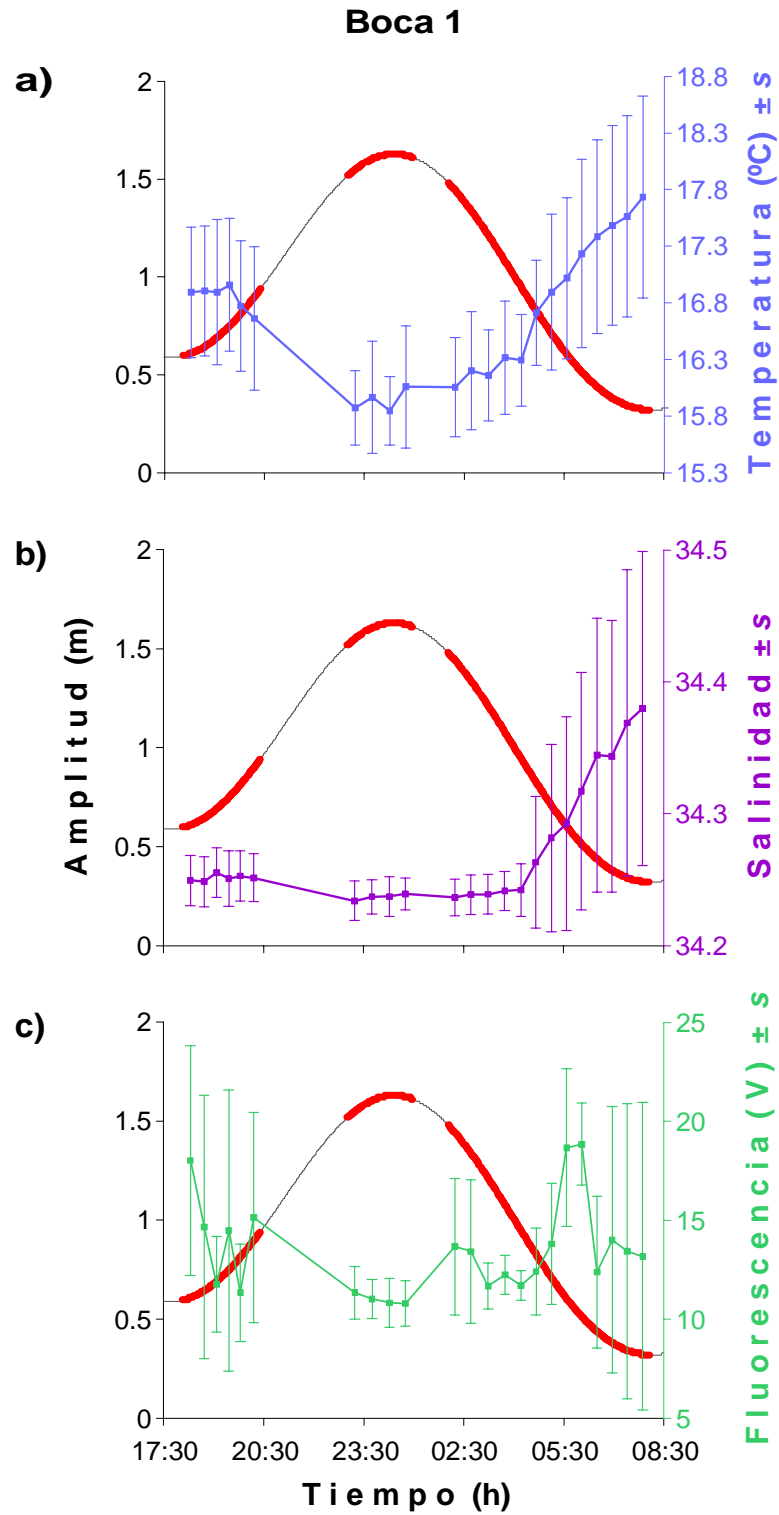
- **6.2 TEMPERATURA, SALINIDAD Y FLUORESCENCIA**

En la Figura 11 se presentan los valores promedio de temperatura, salinidad y fluorescencia a nivel superficial de los transectos muestreados continuamente (Boca 1)

En la boca de Bahía Magdalena, la temperatura superficial fue más baja durante la marea alta posterior al flujo y conforme la amplitud de la marea iba en reflujó, la temperatura se incrementó (Figura 11a). El intervalo de temperatura observado durante Boca 1 fue de 2.1 °C, con un mínimo de 15.8 °C (*s* 0.3 °C, transecto 9, marea alta) y un máximo de 17.7 °C (*s* 0.9 °C, transecto 23, reflujó).

La salinidad permaneció relativamente estable desde la marea en flujo hasta la mitad del reflujó (Figura 11b). El mínimo de salinidad fue de 34.23 (*s* 0.02, transecto 7, marea alta) y el máximo fue de 34.38 (*s* 0.12, transecto 23, reflujó). El intervalo de salinidad para Boca 1 fue de solamente 0.15.

El patrón de distribución de fluorescencia (Figura 11c) presentó un comportamiento similar al de la temperatura. Durante la marea alta después del flujo se observaron los valores mínimos de fluorescencia, mientras que durante el flujo y el reflujó se presentaron dos picos de altos valores. La fluorescencia presentó un mínimo de 10.802 V (*s* 1.13 V, transecto 10, marea alta) y un máximo de 18.82 V (*s* 2.07 V, transecto 19, reflujó), con un intervalo de 8.05 V.



**Figura 11.** Registros de temperatura (a), salinidad (b) y fluorescencia (c) en relación con la marea para Boca 1. Los segmentos gruesos indican la marea muestreada.

En la Figura 12 se presentan los valores promedio a nivel superficial de temperatura, salinidad y fluorescencia, de los transectos muestreados de manera discreta (Boca 2).

En Boca 2, el comportamiento de la temperatura fue similar que en Boca 1, ya que durante la marea en flujo la temperatura disminuye, presentando las temperaturas más bajas durante la marea alta y aumentando durante la marea en reflujó (Figura 12a). El intervalo de temperatura observado fue de 1.7 °C, con un mínimo de 16.4 °C (*s* 0.4 °C, transecto 1, marea alta) y un máximo de 18.1 °C (*s* 0.7 °C, transecto 7, en el transcurso del segundo flujo).

La salinidad presentó un patrón similar al de la temperatura (Figura 12b). El mínimo de salinidad fue de 34.18 (*s* 0.05, transecto 1, marea alta) y el máximo de 34.37 (*s* 0.11, transecto 7, segundo reflujó). El intervalo de salinidad observado fue de 0.19.

La fluorescencia registrada durante Boca 2 (Figura 12c), fue mayor durante la marea en flujo y disminuyó en la marea en reflujó. La fluorescencia presentó un mínimo de 3.9 V (*s* 4.77 V, transecto 7, segundo reflujó) y un máximo de 12.73 V (*s* 1.02 V, transecto 5, primer flujo). El intervalo de variación fue de 10.83 V.



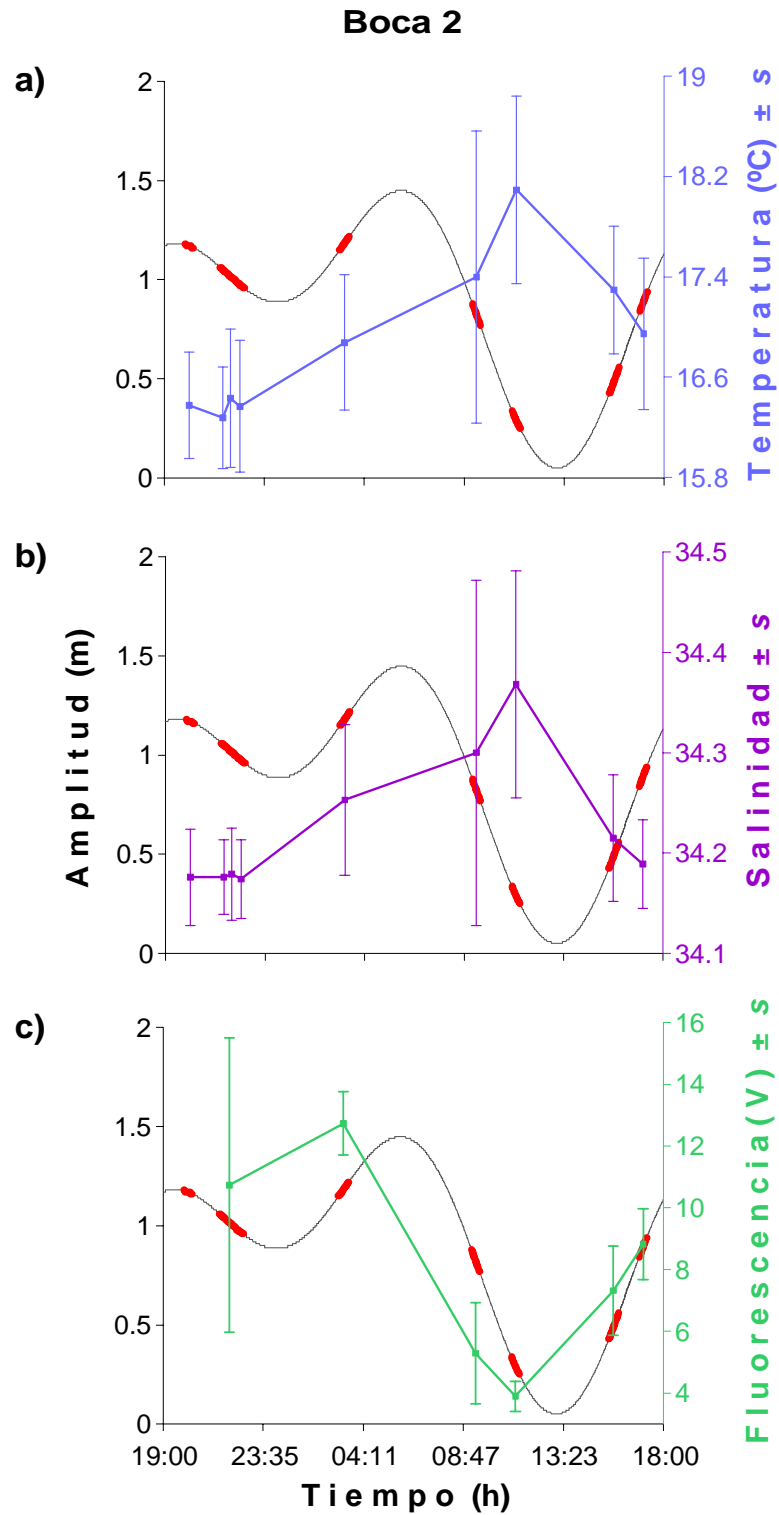


Figura 12. Registros de temperatura (a), salinidad (b) y fluorescencia (c) en relación con la marea para Boca 2. Los segmentos gruesos indican la marea muestreada.

- **6.3 DENSIDAD ACÚSTICA DE PECES PELÁGICOS MENORES Y DE LANGOSTILLA: COMPARACIÓN ENTRE AMBOS MUESTREOS**

Los valores de densidad acústica de langostillas registrados durante el muestreo de Boca 1 presentó un máximo de  $2.13 \times 10^8 \text{ ind} \times \text{ha}^{-1}$  en el transecto 4 y un mínimo de 109,693  $\text{ind} \times \text{ha}^{-1}$  en el transecto 20 (Figura 13a). Se observaron tres picos en la densidad acústica con relación a la marea: el primero durante la marea en flujo en el transecto 4, el segundo en el transecto 8 con  $1.65 \times 10^8 \text{ ind} \times \text{ha}^{-1}$  durante la marea alta y el tercero en marea en reflujó para el transecto 17 con  $1.68 \times 10^8 \text{ ind} \times \text{ha}^{-1}$ .

La densidad acústica calculada para peces pelágicos menores presentó un máximo de  $8.3 \times 10^7 \text{ ind} \times \text{ha}^{-1}$  en el transecto 10, durante la marea alta (Figura 13b). En los transectos 18 y 19 no se registró ningún individuo, esta ausencia tuvo lugar durante la marea en reflujó, cerca de la marea baja.

Para el muestreo discreto (Boca 2), la densidad acústica de langostillas tuvo un máximo de  $3.03 \times 10^7 \text{ ind} \times \text{ha}^{-1}$  en el transecto 9 y un mínimo de 799,912  $\text{ind} \times \text{ha}^{-1}$  en el transecto 2 (Figura 13c). El máximo de densidad se observó durante la segunda marea en flujo.

A su vez, la densidad acústica de peces pelágicos menores registró un máximo de  $2.08 \times 10^7 \text{ ind} \times \text{ha}^{-1}$  en el transecto 9 y un mínimo de 52,912  $\text{ind} \times \text{ha}^{-1}$  en el transecto 7 (Figura 13d). El máximo de densidad se presentó durante la segunda marea en flujo.

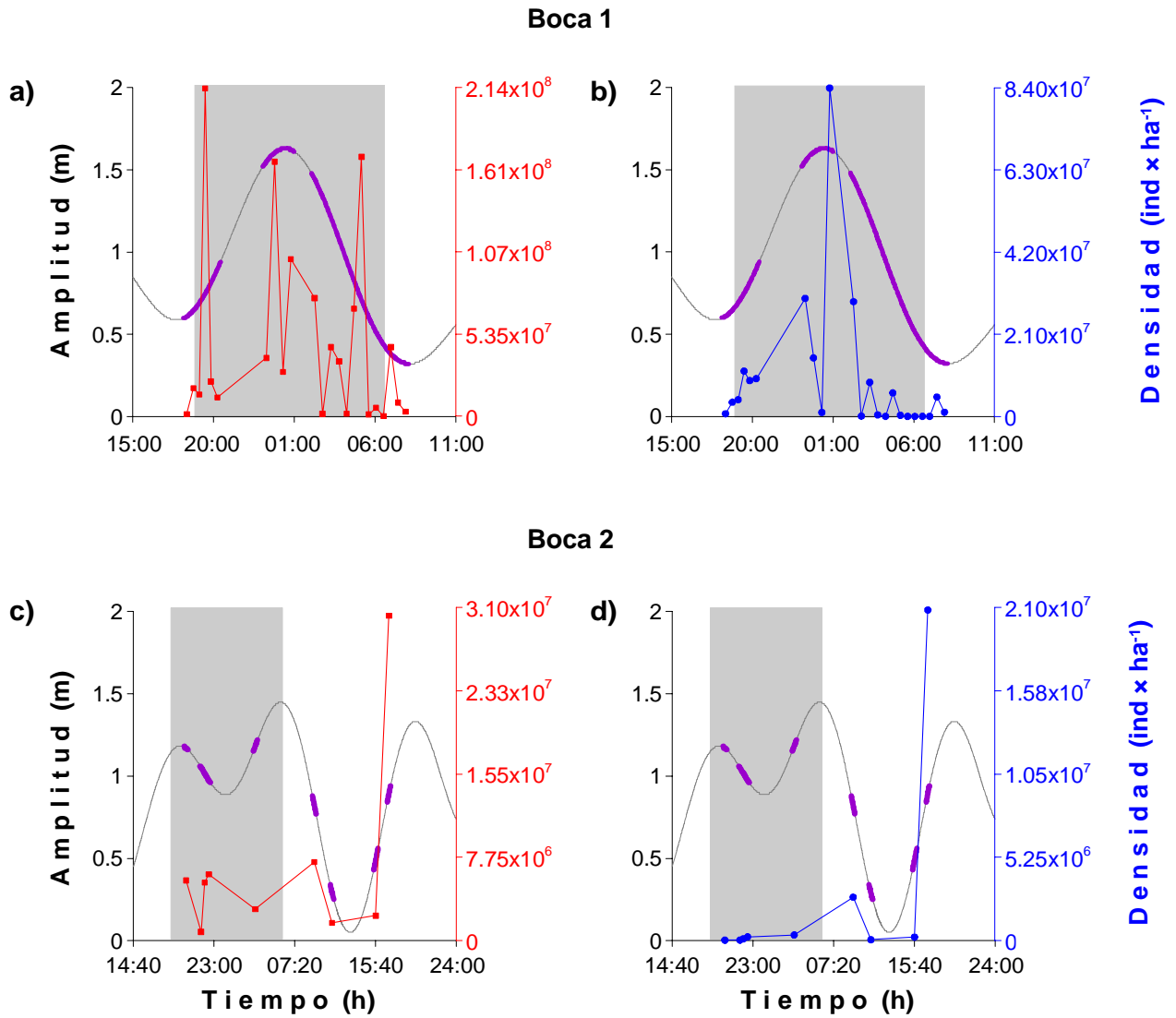


Figura 13. Densidad acústica de langostilla (a y c, línea con ■) y de peces pelágicos menores (b y d, línea con ●) en relación con la amplitud de la marea (línea continua con fragmentos gruesos) tanto para Boca 1 como para Boca 2. Las barras sombreadas representan el periodo nocturno.

Se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para detectar la influencia de las diferentes fases de marea sobre la mediana de la abundancia de los organismos sonificados. Los resultados de esta prueba mostraron una significativa asociación clara influencia de las fases de la marea sobre la abundancia de langostillas ( $p < 0.05$ ) durante el muestreo continuo (Tabla 3a). Sin embargo, el muestreo discreto no fue representativo para efectuar esta comparación estadística (Tabla 3b). Las comparaciones entre ambos tipos de muestreo sólo fueron significativas en las fases de flujo y reflujó (Tabla 3c). Al comparar las medianas y los coeficientes de variación se refuerza que hubo mayor abundancia en el muestreo continuo (mediana=46,976,611, coef. var.=129.21, n=23), que en el muestreo discreto (mediana=6,933,392, coef. var.=130.07, n=9).

**Tabla 3. Prueba de Mann Withney para langostillas en el caso de los muestreos continuo (a), discreto (b) y ambos muestreos (c).** Lan (langostillas) MC (muestreo continuo) MD (muestreo discreto) F (Flujo) MA (marea alta) R (reflujo).

		Lan MC F	Lan MC MA	Lan MC R
<b>a)</b>	Lan MC F	0		
	Lan MC MA	0.11	0	
	Lan MC R	0.76	0.16	0
		Lan MD F	Lan MD MA	Lan MD R
<b>b)</b>	Lan MD F	0		
	Lan MD MA	no aplica	0	
	Lan MD R	0.77	no aplica	0
		Lan MC F	Lan MC MA	Lan MC R
<b>c)</b>	Lan MD F	0.70		
	Lan MD MA		no aplica	
	Lan MD R			0.28

La misma prueba aplicada a la densidad acústica de los peces pelágicos menores obtenida durante el muestreo continuo, reveló la existencia de diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) durante la fase de flujo y marea alta, y no significativas durante el reflujó (Tabla 4a). En este caso nuevamente el muestreo discreto no fue representativo (Tabla 4b). Las comparaciones entre ambos tipos de muestreo sólo fueron significativas en las fases de flujo y reflujó (Tabla 4c). Al comparar las medianas y los coeficientes de variación se observó que durante el muestreo continuo se registraron las mayores abundancias (mediana=9,562,376, coef. var.=192.04, n=23) que el discreto (mediana=2,733,728, coef. var.=250.37, n=9).

**Tabla 4. Prueba de Mann Withney para peces pelágicos menores en los casos del muestreo continuo (a), discreto (b) y ambos muestreos (c). Lan (langostillas) MC (muestreo continuo) MD (muestreo discreto) F (Flujo) MA (marea alta) R (reflujo).**

		<u>Peces MC F</u>	<u>Peces MC MA</u>	<u>Peces MC R</u>
<b>a)</b>	Peces MC F	0		
	Peces MC MA	0.17	0	
	Peces MC R	0.05	0.03	0
		<u>Peces MD F</u>	<u>Peces MD MA</u>	<u>Peces MD R</u>
<b>b)</b>	Peces MD F	0		
	Peces MD MA	no aplica	0	
	Peces MD R	0.23	no aplica	0
		<u>Peces MC F</u>	<u>Peces MC MA</u>	<u>Peces MC R</u>
<b>c)</b>	Peces MD F	0.52		
	Peces MD MA		no aplica	
	Peces MD R			0.92

- **6.4 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE DURANTE EL MUESTREO CONTINUO**

En la Figura 14 se observa el patrón de la velocidad y dirección de la corriente para cada una de las tres regiones del transecto paralelo a la boca. Para la región norte (Figura 14a), la velocidad más alta ( $50.3 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) se registró en el transecto 11 durante el inicio de la marea en reflujó. La velocidad más baja ( $14.9 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) se presentó en el transecto 3, durante la marea en flujo. La dirección de la corriente en esta región se muestra en la Figura 14b. Durante la marea en flujo la dirección preferencial de la corriente fue en sentido entrante a la bahía, y a partir del transecto 12 la dirección de la corriente fue hacia afuera de la bahía.

En la región centro (Figura 14c), la máxima velocidad de la corriente se registró en el transecto 17 ( $54 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) a la mitad de la marea en reflujó, mientras que la mínima se observó en el transecto 1, durante la marea en flujo ( $16.2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ). En esta región, durante la marea en flujo, la corriente no tuvo una dirección predominante, pero en la marea en reflujó la dirección principal fue claramente hacia fuera de la bahía (Figura 14d).

En la región sur (Figura 14e) la velocidad máxima de la corriente se presentó en el transecto 11 ( $55.5 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) durante la marea alta y la mínima en el transecto 2 ( $15.2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) durante la marea en flujo. La corriente en esta región durante la parte inicial de la marea muerta, fue preferentemente en dirección saliente de la bahía tanto en marea en flujo como en reflujó, más evidente en esta última fase (Figura 14f).

En general se observó que durante la marea en flujo la velocidad de la corriente es baja y se dirige hacia la bahía, preferentemente por la región norte, seguida por la centro y muy poca entra por la región sur. Durante marea en reflujó la velocidad de la corriente es más fuerte y se dirige hacia afuera de la bahía esencialmente por la región sur, seguida por la centro y finalmente la región norte.

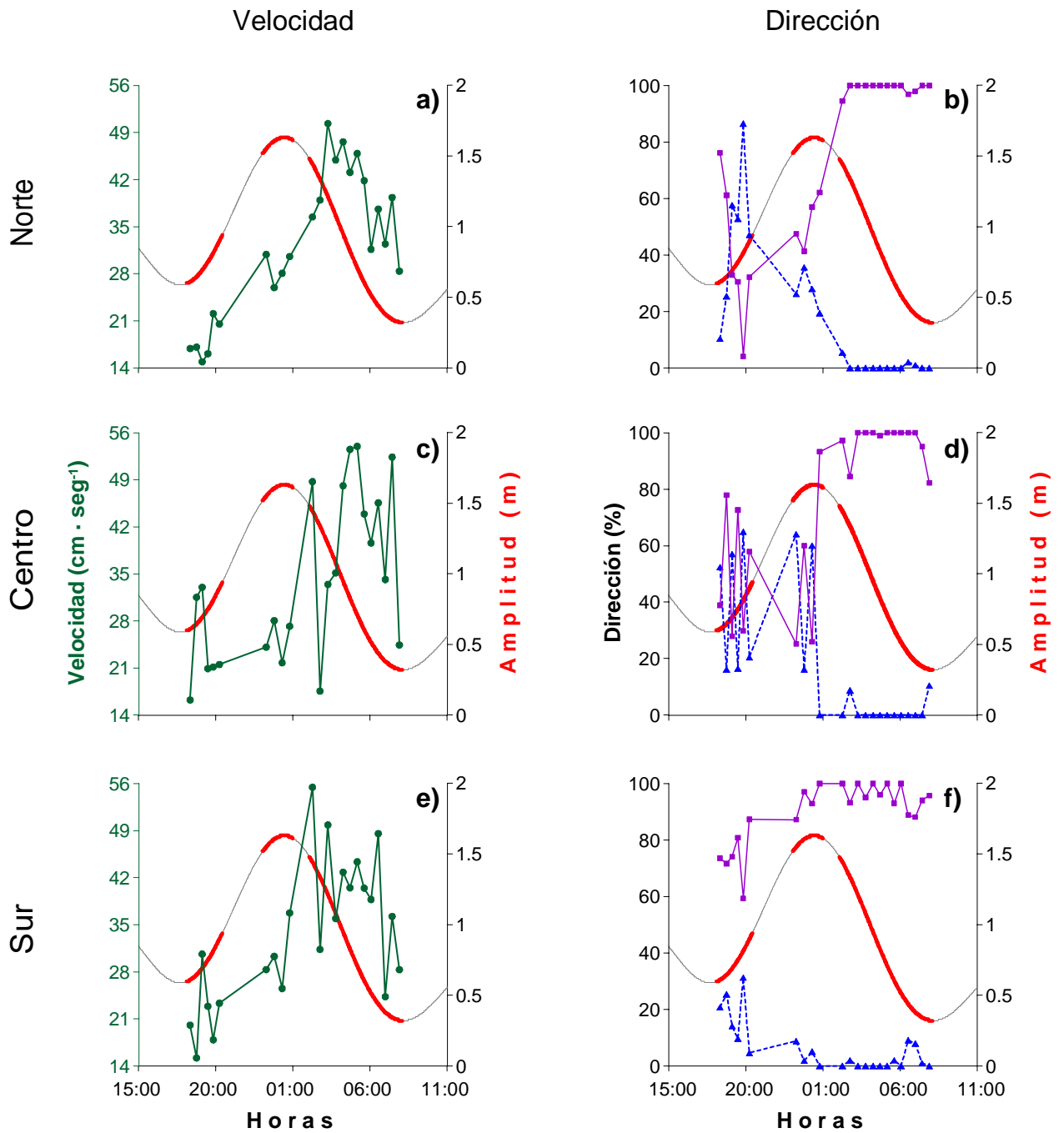


Figura 14. Velocidad (a, c, e, línea con ●) y dirección (b, d, f) de la corriente de marea durante el muestreo continuo con relación al ciclo de marea muestreado (línea continua con fragmentos gruesos) en las tres regiones del transecto (norte, centro y sur). Con respecto a la dirección, la línea punteada con ▲ se refiere a la corriente entrando a la bahía y la línea continua con ■ a la corriente saliendo de la bahía.

- **6.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOS Y BIOLÓGICOS A LO ANCHO DE LA BOCA DE BAHÍA MAGDALENA DURANTE EL CICLO DE MAREA**

A fin de simplificar la interpretación de los resultados obtenidos en los 23 transectos muestreados de manera continua, se procedió a agruparlos en cuatro partes tomando en consideración la fase de la marea. El primer grupo corresponde a la marea en flujo (transectos 1 a 6), el segundo a la marea alta (transectos 7 a 10), el tercero al inicio del reflujó (transectos 11 a 15) y el cuarto al reflujó (transectos 16 a 23).

### **6.5.1 Marea en flujo**

Durante la marea en flujo (Figuras 15 a 20) la temperatura superficial varió de 15.7 °C (transecto 6) a 17.9 °C (transecto 1); se observó que hubo moderadas variaciones a lo ancho de la boca, la parte sur es la más fría y la parte norte la más cálida. La salinidad superficial se mantuvo casi constante a lo largo de la boca y varió de 34.1 (transecto 4) a 34.3 (transectos 3 y 5). La fluorescencia fue mayor en la estación centro de la boca de la bahía mientras que en los extremos fue menor y poco variable. Los valores de fluorescencia variaron de 9.6 V (transecto 5) a 23.7 V (transecto 4). La presencia de las langostillas, interpretadas a través %  $S_a$ , fue mayor en los extremos de la boca de la bahía, especialmente en la región sur que es la más fría. Los peces pelágicos menores tuvieron una mayor incidencia en la región norte.



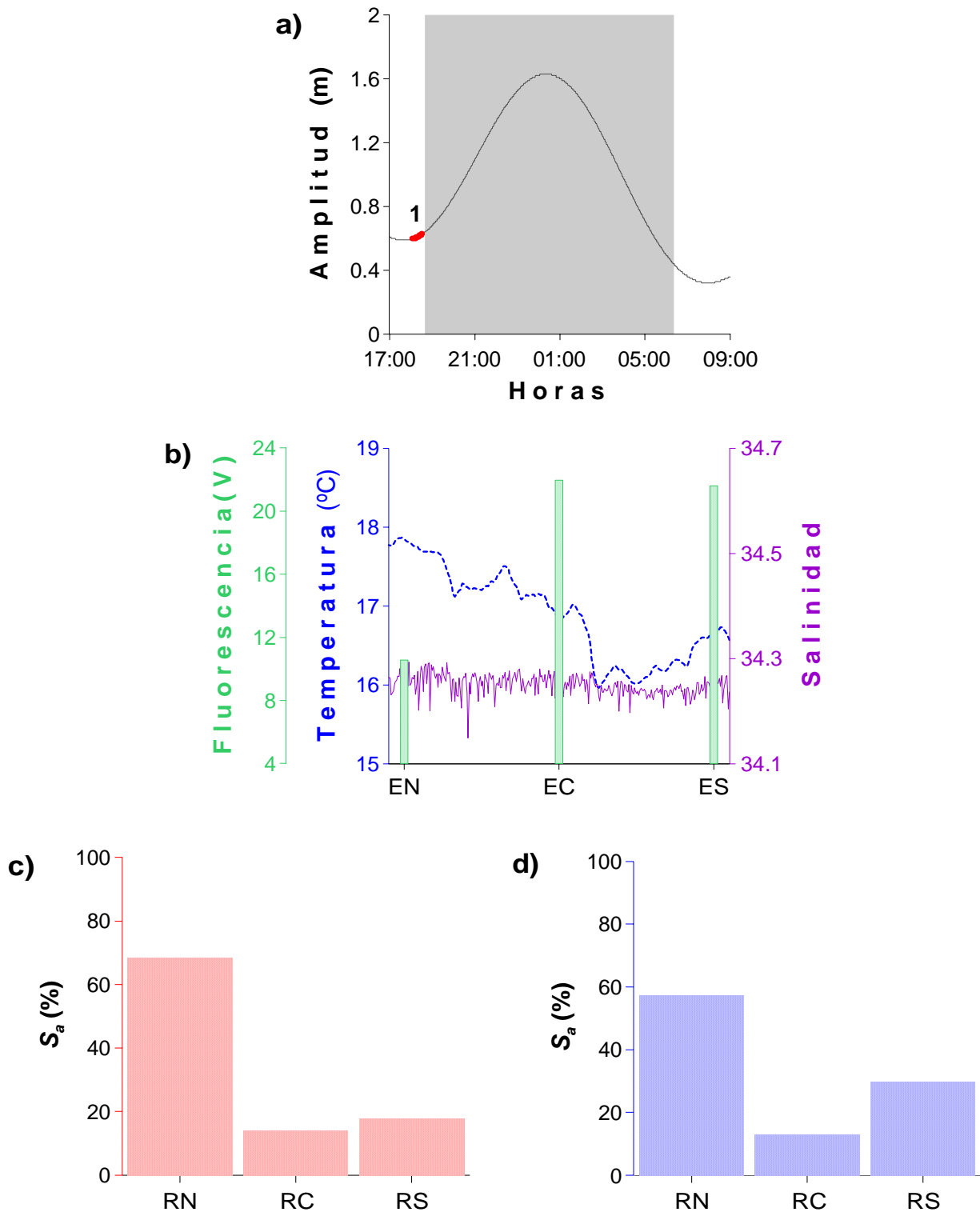


Figura 15. Transecto 1. 18:04h-18:32h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 1. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

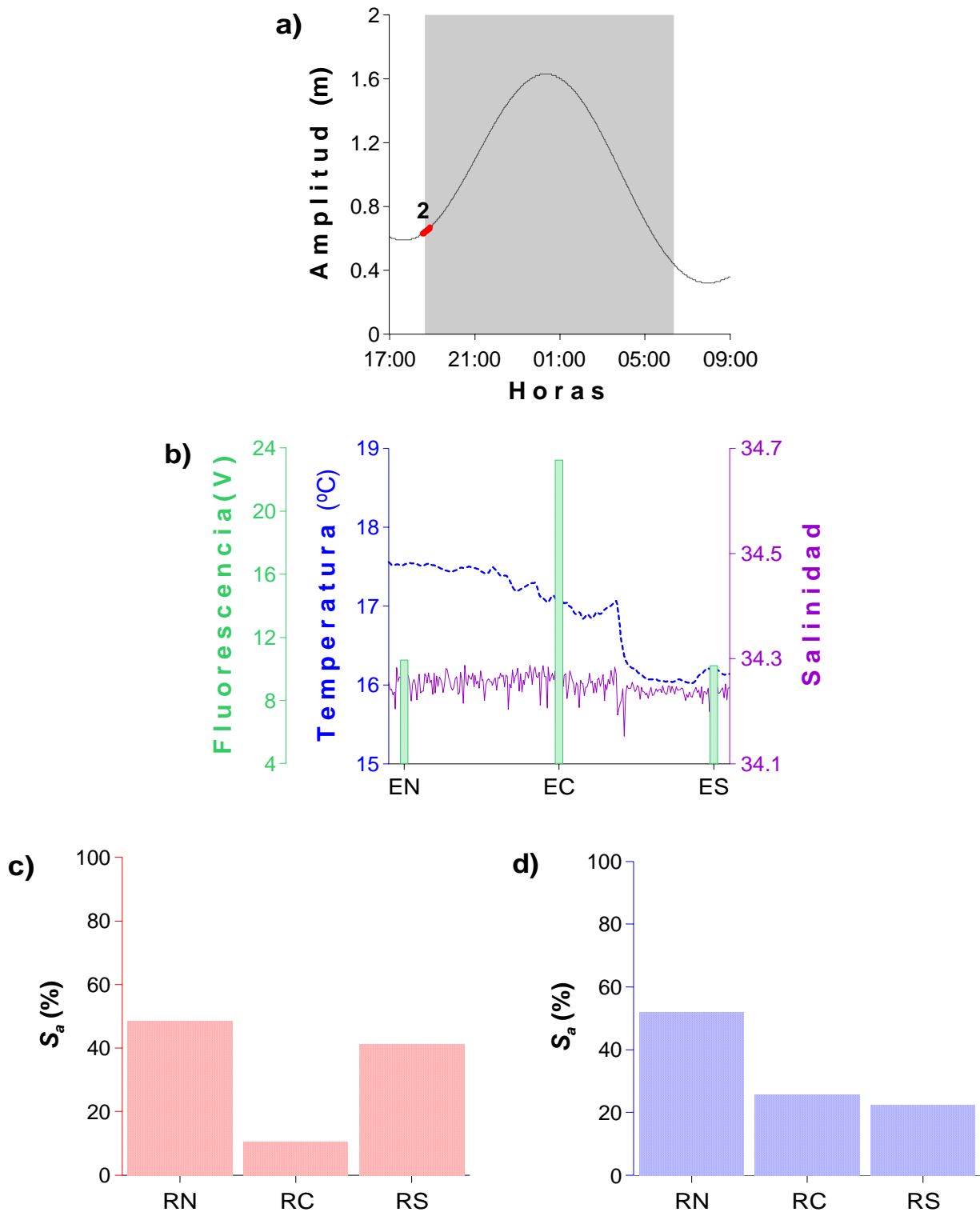


Figura 16. Transecto 2. 18:35h-18:54h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 2. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (*EN, EC y ES*). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (*RN, RC y RS*). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

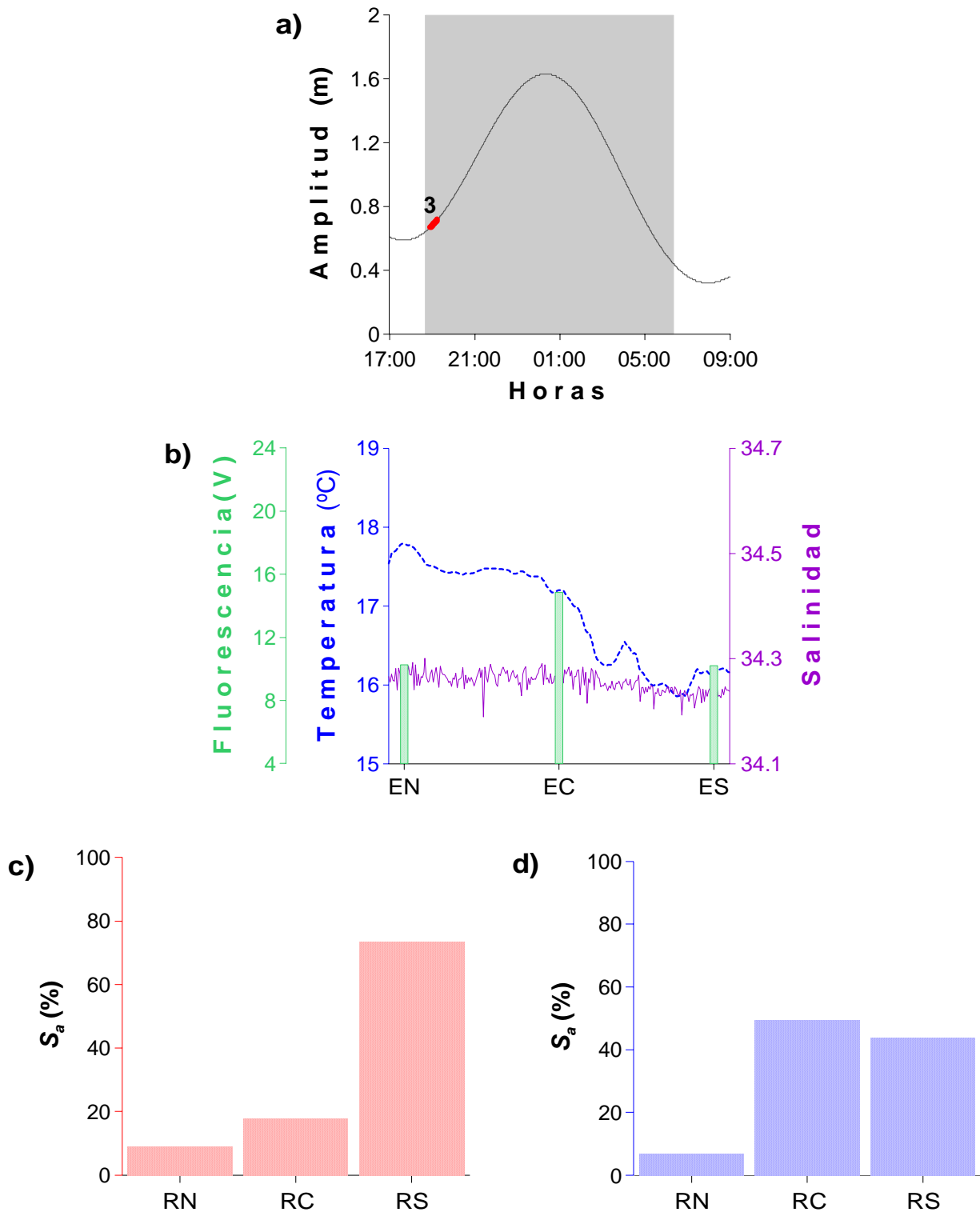


Figura 17. Transecto 3. 18:55h-19:15h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 3. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (*EN, EC y ES*). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (*RN, RC y RS*). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

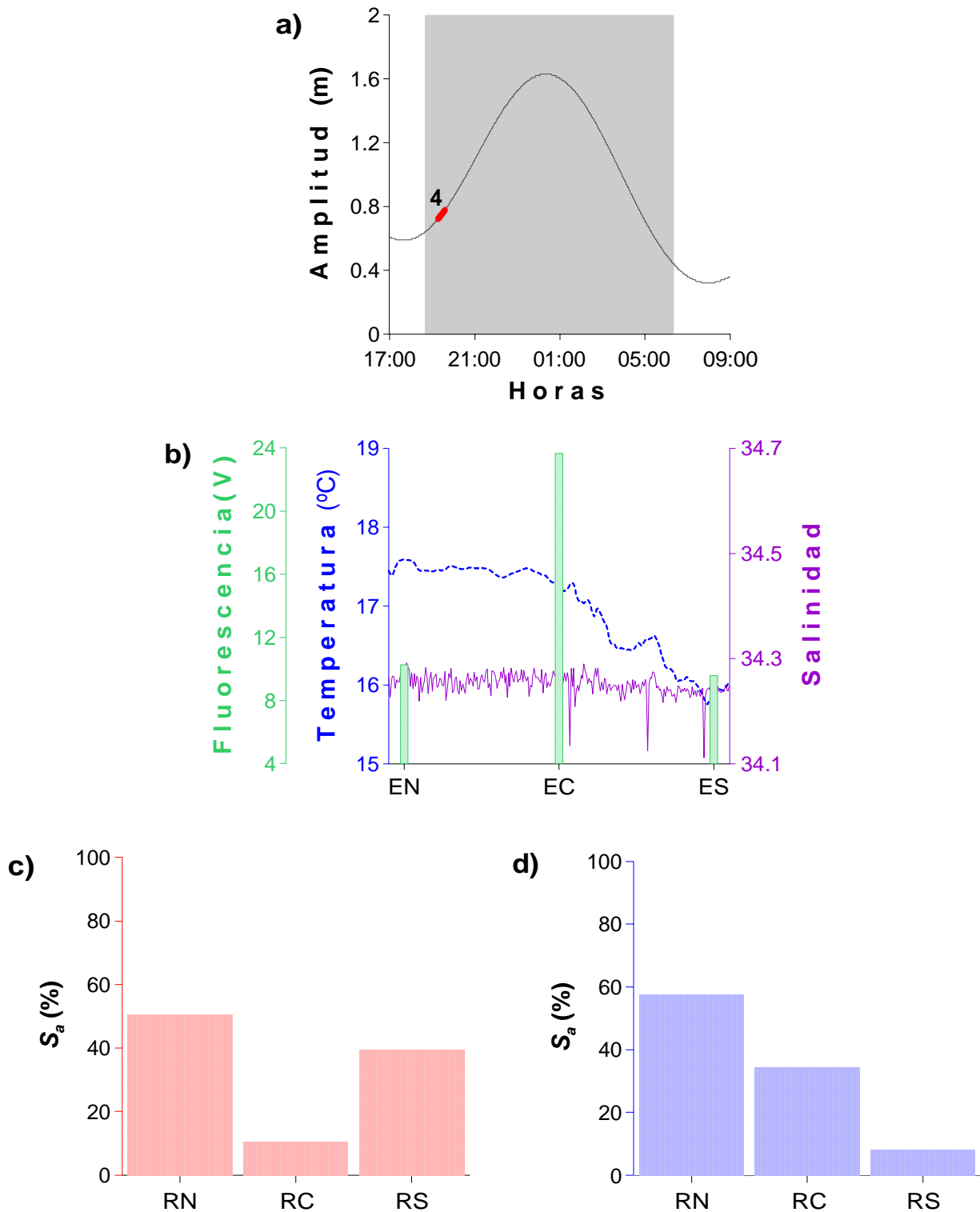


Figura 18. Transecto 4. 19:17h-19:38h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 4. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

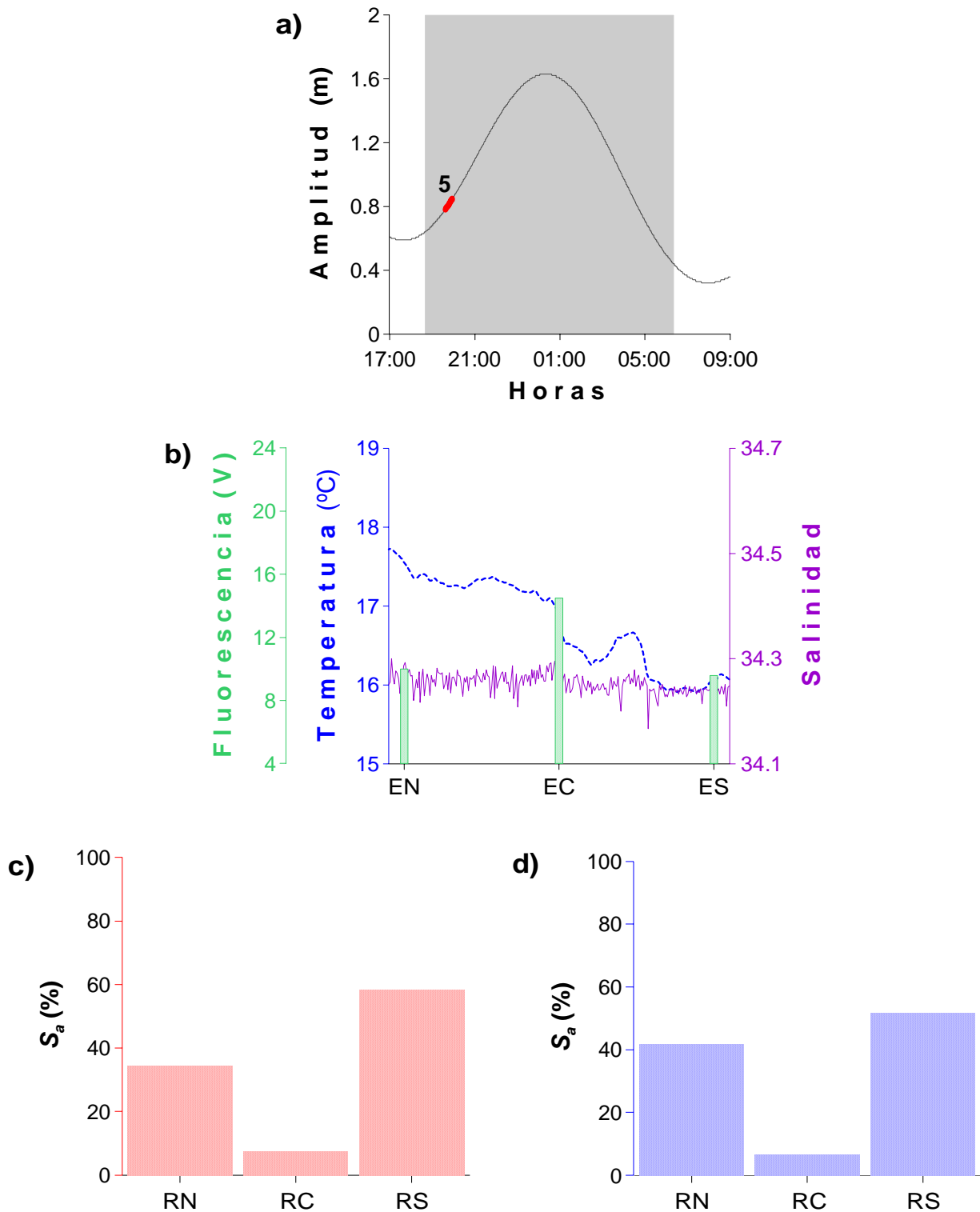


Figura 19. Transecto 5. 19:39h-19:58h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 5. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

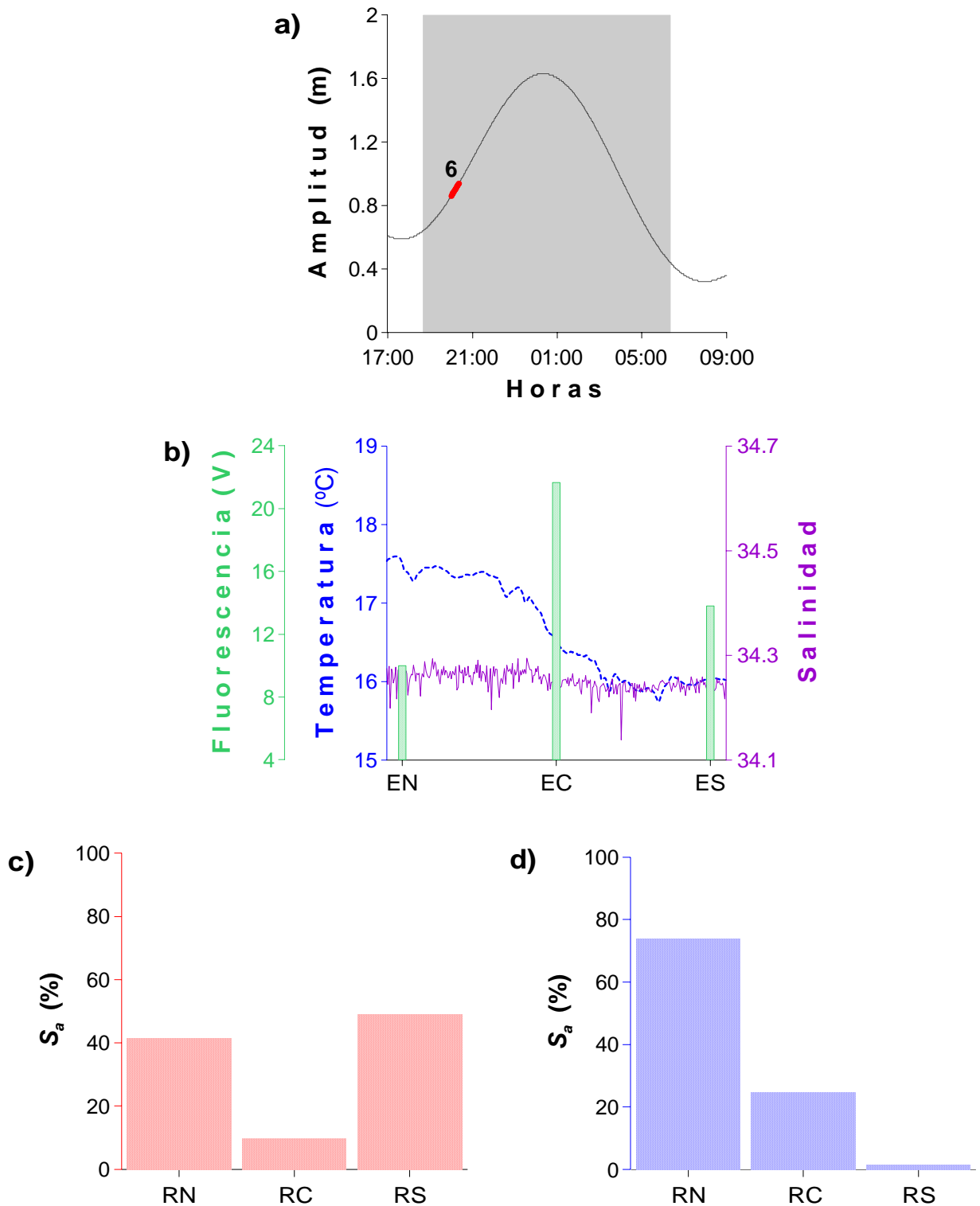


Figura 20. Transecto 6. 20:01h-20:24h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 6. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

### **6.5.2 Marea alta**

Durante la marea alta (Figuras 21 a 24), se observó que la temperatura superficial tuvo evidentes variaciones a lo ancho de la entrada de Bahía Magdalena, con una diferencia de casi 2 °C entre la parte norte (más cálida) y la sur (más fría). La temperatura superficial presentó un mínimo de 15.4 °C, en el transecto 7 y un máximo de 17.5 °C en el transecto 8. La salinidad superficial presentó un rango de 34.1 (transecto 9) a 34.3 (todos los transectos) y se mantuvo casi constante a lo largo de la boca de la bahía. La fluorescencia fue baja en general. Los valores de fluorescencia variaron de 9.4 V en el transecto 9 (estación norte) a 12.9 V en el transecto 7 (estación centro). La langostillas presentaron nuevamente una mayor incidencia en los extremos de la boca de la bahía. Asimismo, la incidencia de los peces pelágicos menores fue mayor en los extremos de la boca, especialmente la región norte donde se presentaron los cambios más evidentes de temperatura.

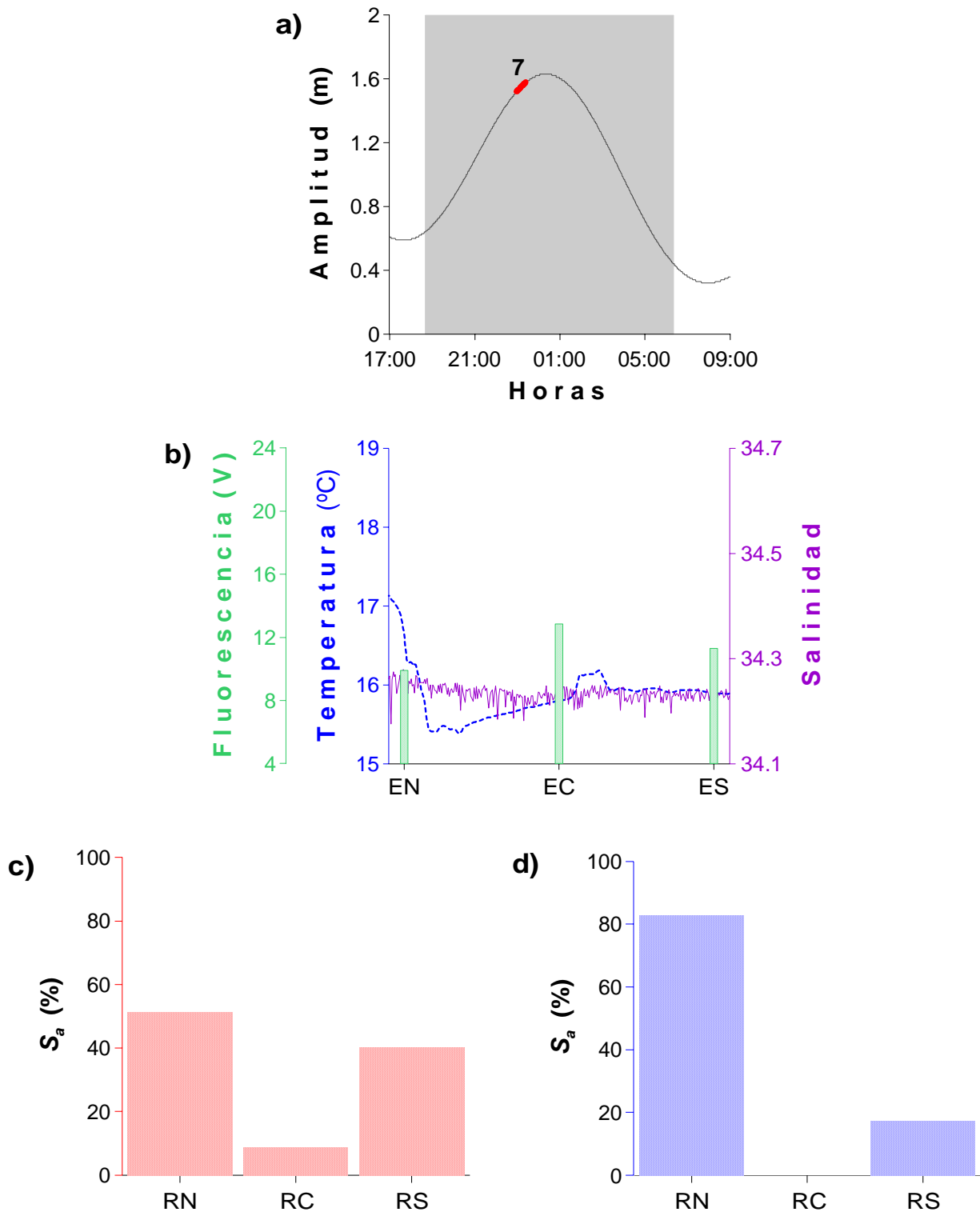


Figura 21. Transecto 7. 23:00h-23:28h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, El *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 7. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).



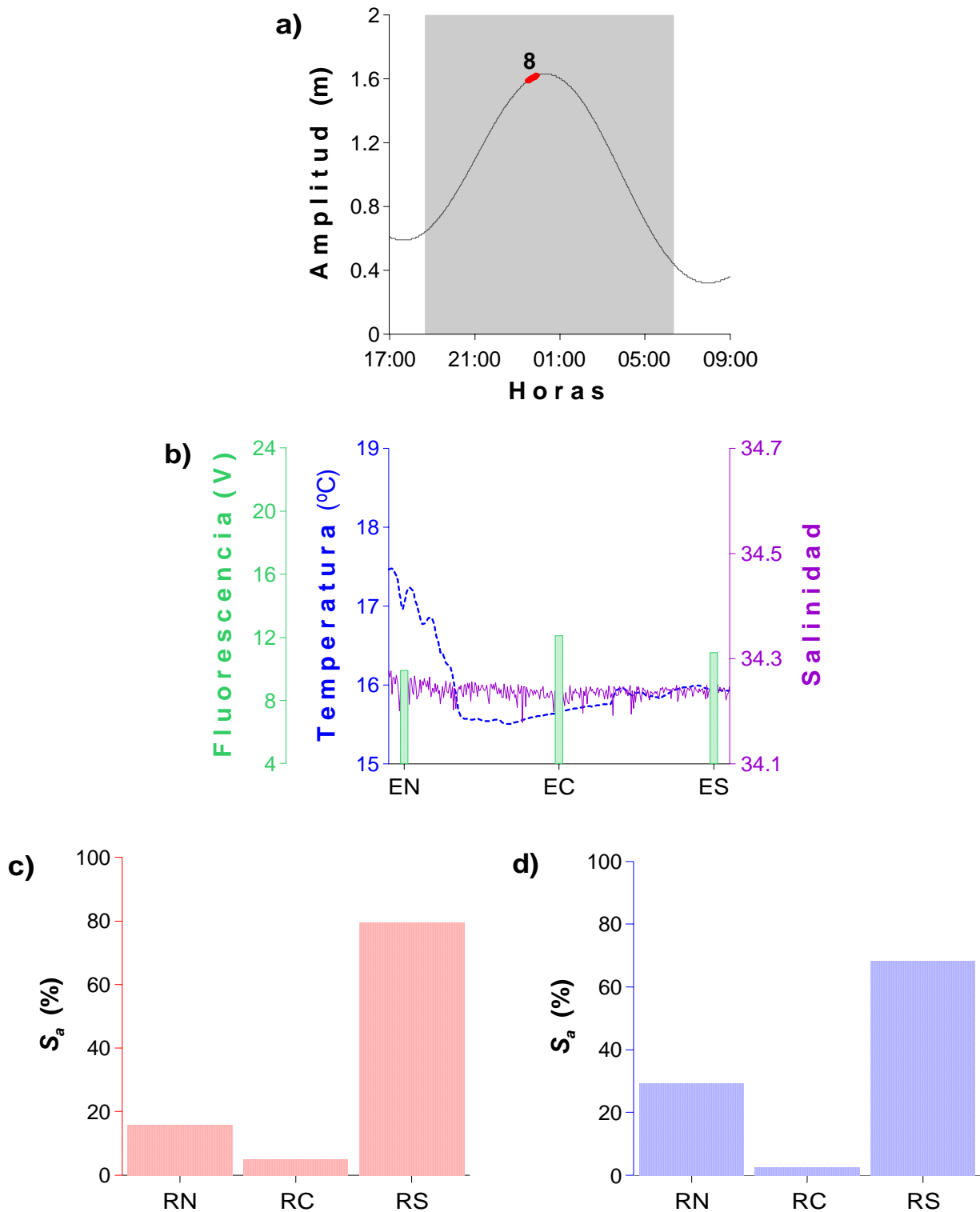


Figura 22. Transecto 8. 23:33h-23:59h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 8. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

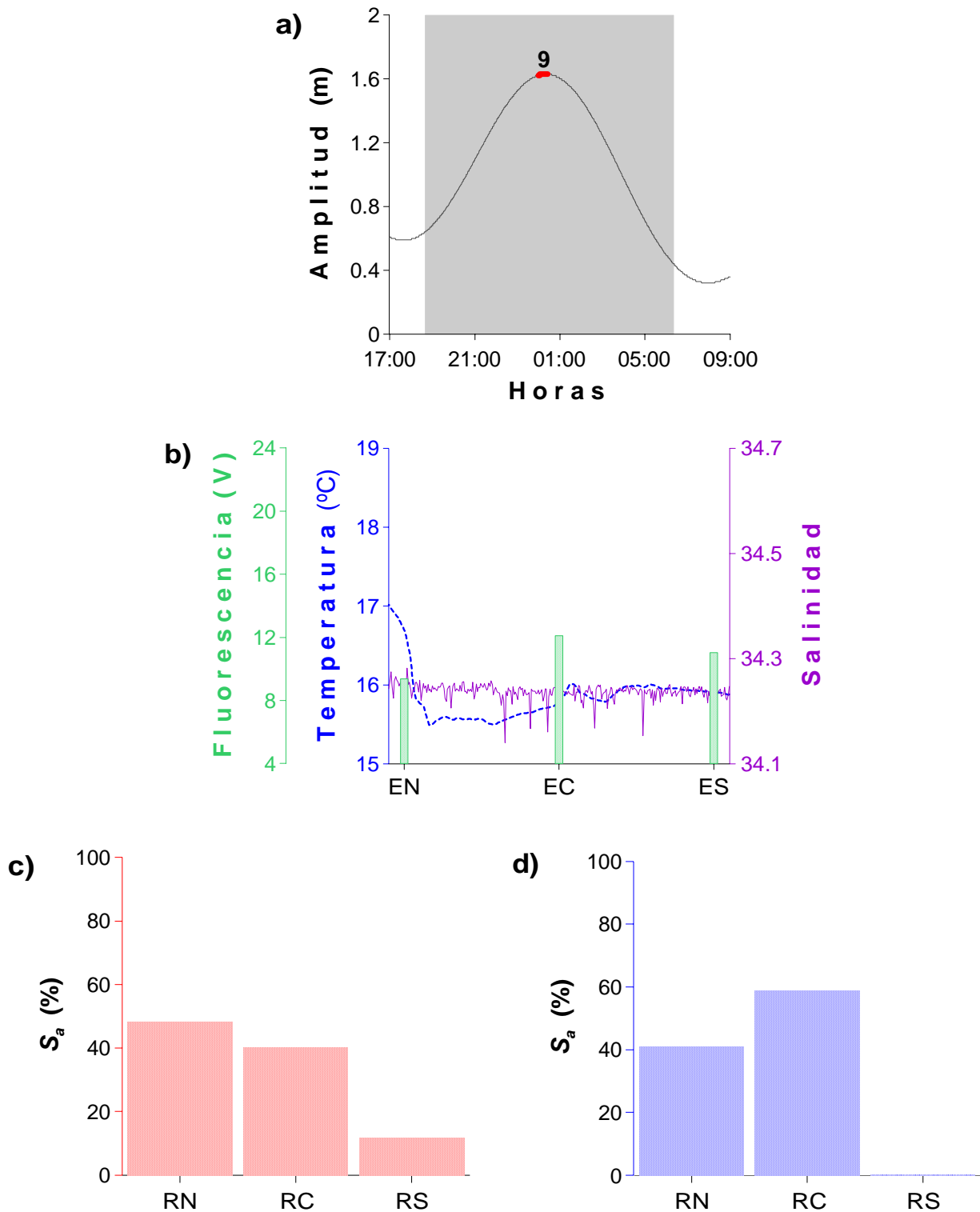


Figura 23. Transecto 9. 00:04h-00:30h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 9. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

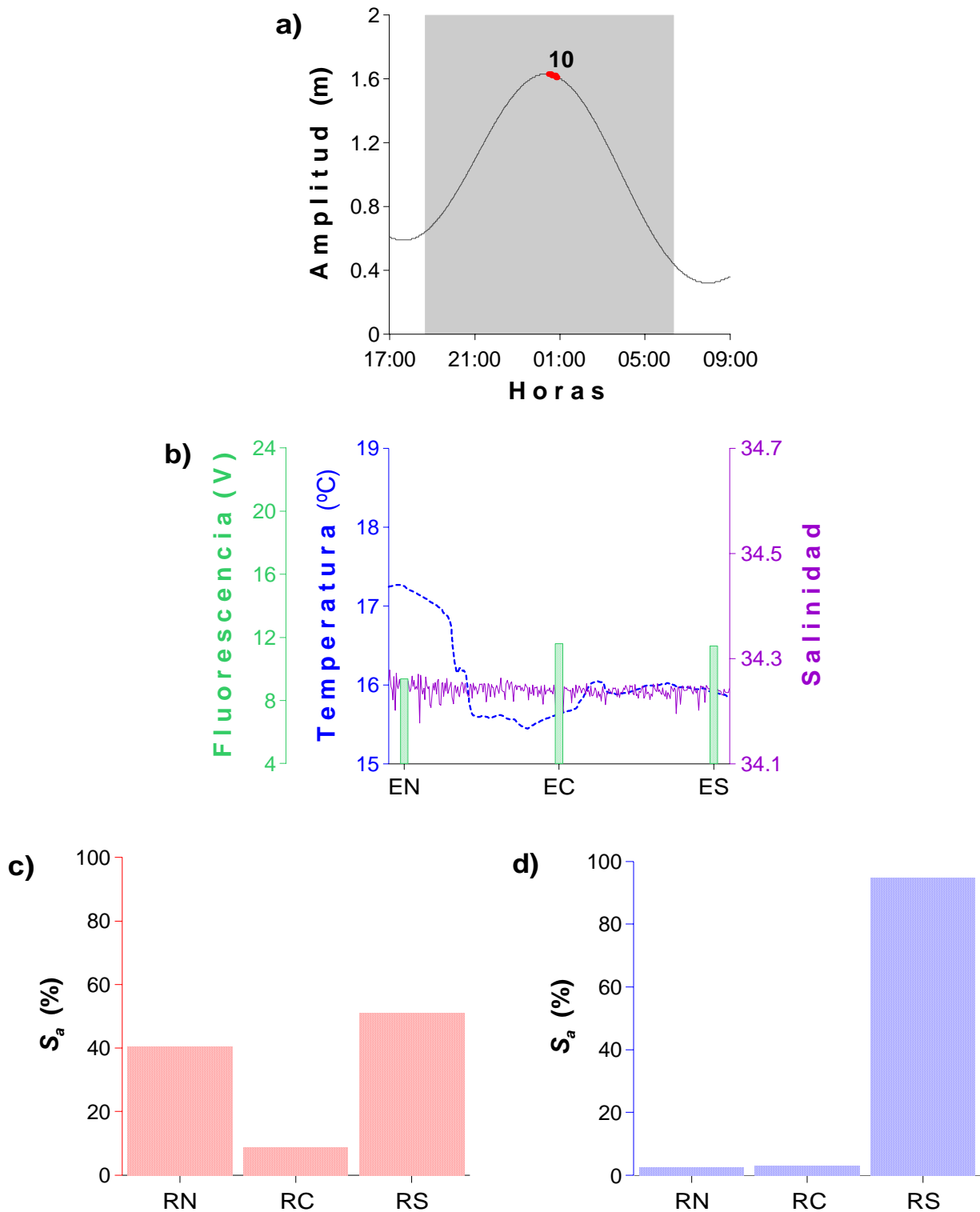


Figura 24. Transecto 10. 00:33h-00:58h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 10. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (*EN, EC y ES*). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (*RN, RC y RS*). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

### **6.5.3 Inicio de la fase de refluo de la marea**

Durante el inicio del refluo (Figura 25 a 29), se observó que la temperatura superficial tuvo notables variaciones espaciales. Los valores mayores se registraron en la parte norte de la boca de la bahía, un cambio brusco se detectó en el centro y un aumento moderado hacia el sur. La temperatura varió de 15.5 °C (transecto 11) a 17.3 °C (transecto 14). La salinidad superficial presentó un mínimo de 34.1 (transecto 13) y un máximo de 34.3 (transectos 11 y 15), y se mantuvo casi constante a lo largo de la boca. La fluorescencia fue mayor en la estación norte. Los valores fluctuaron de 10.9 V (transecto 15, estación centro) a 18.1 V (transectos 11 y 12, estación norte). La incidencia de las langostillas fue mayor en los extremos, preferentemente en la región norte. Los peces pelágicos menores presentaron una mayor incidencia en la región sur de la boca.

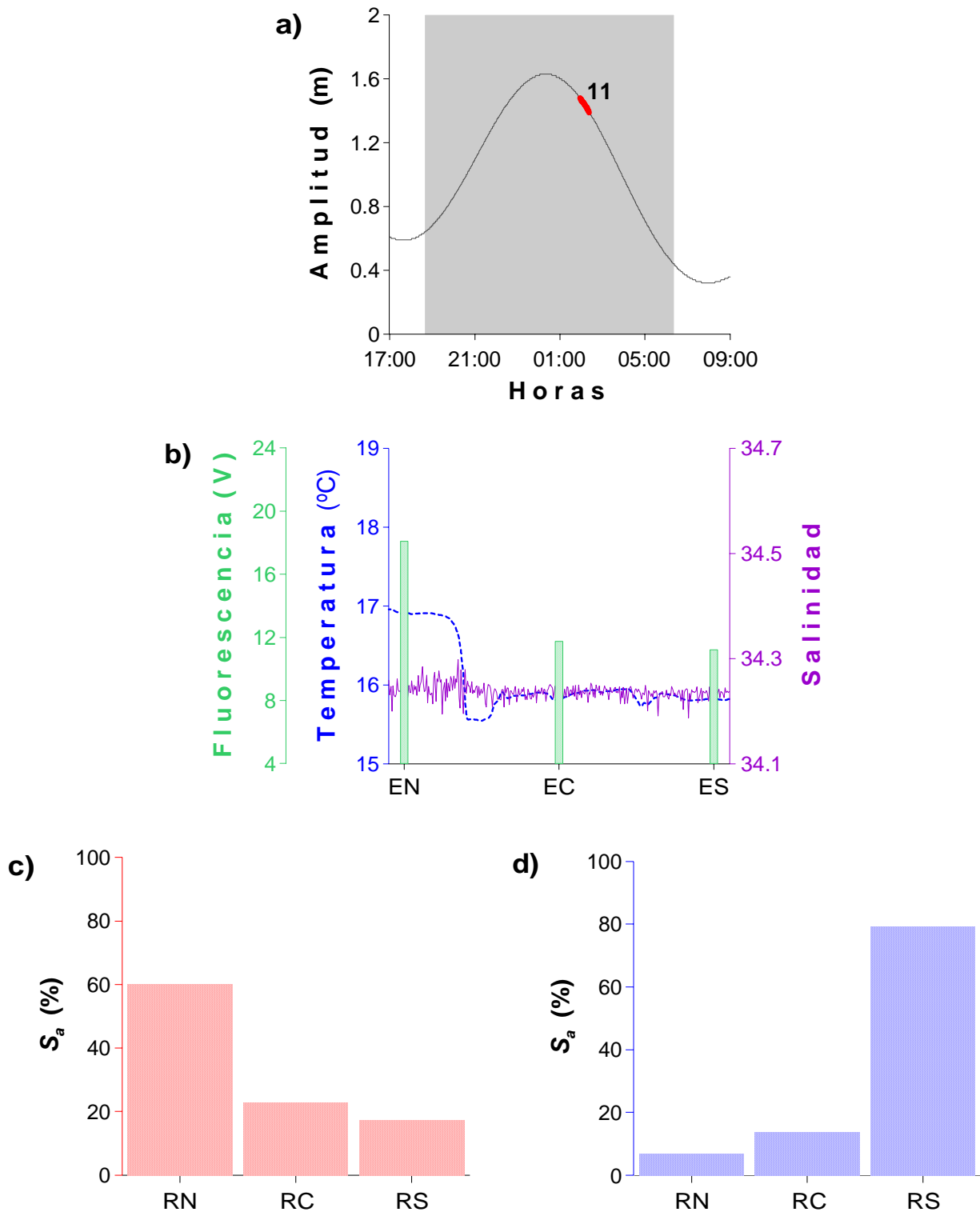


Figura 25. Transecto 11. 02:02h-02:28h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 11. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (*EN, EC y ES*). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (*RN, RC y RS*). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

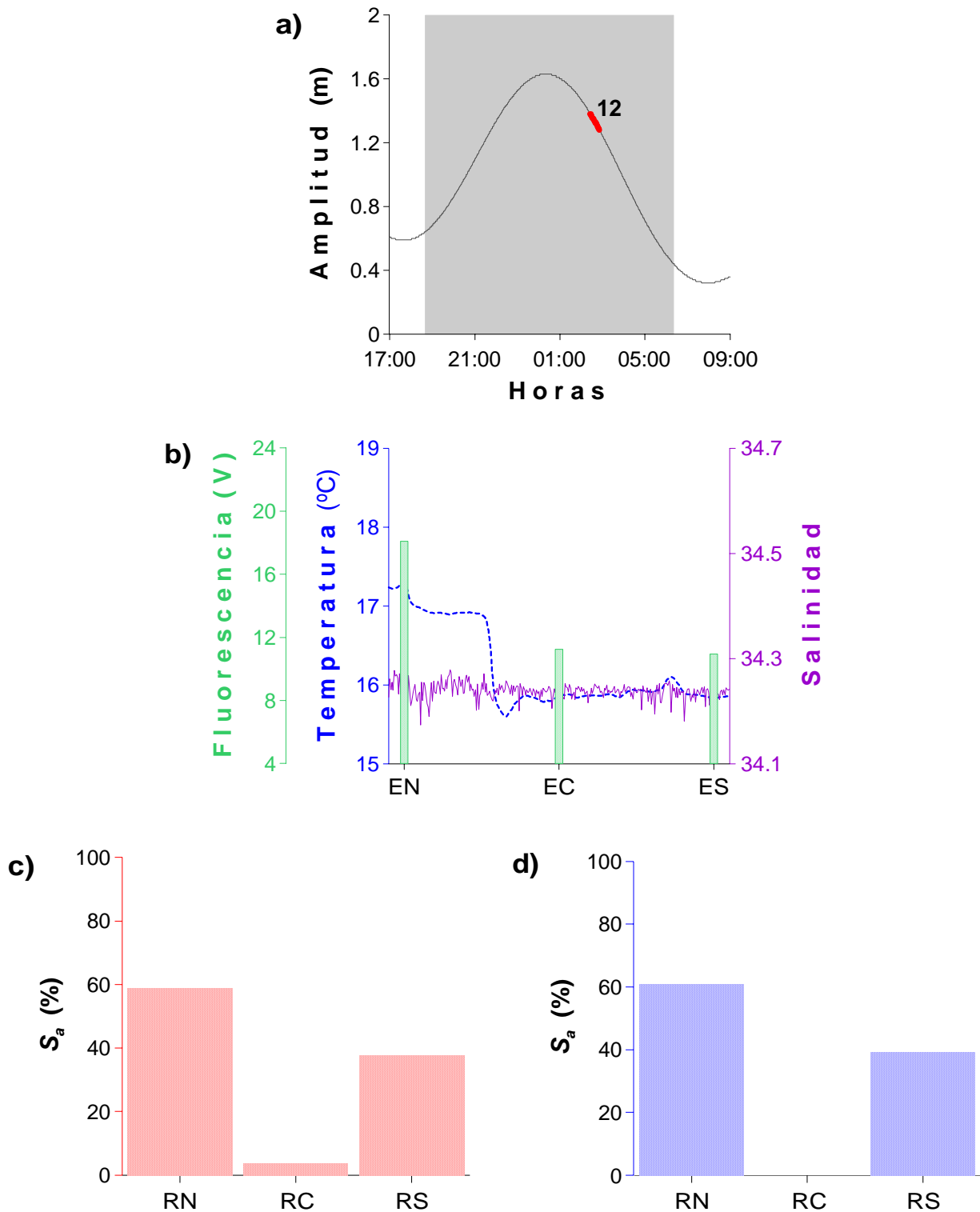


Figura 26. Transecto 12. 02:31h-02:57h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 12. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

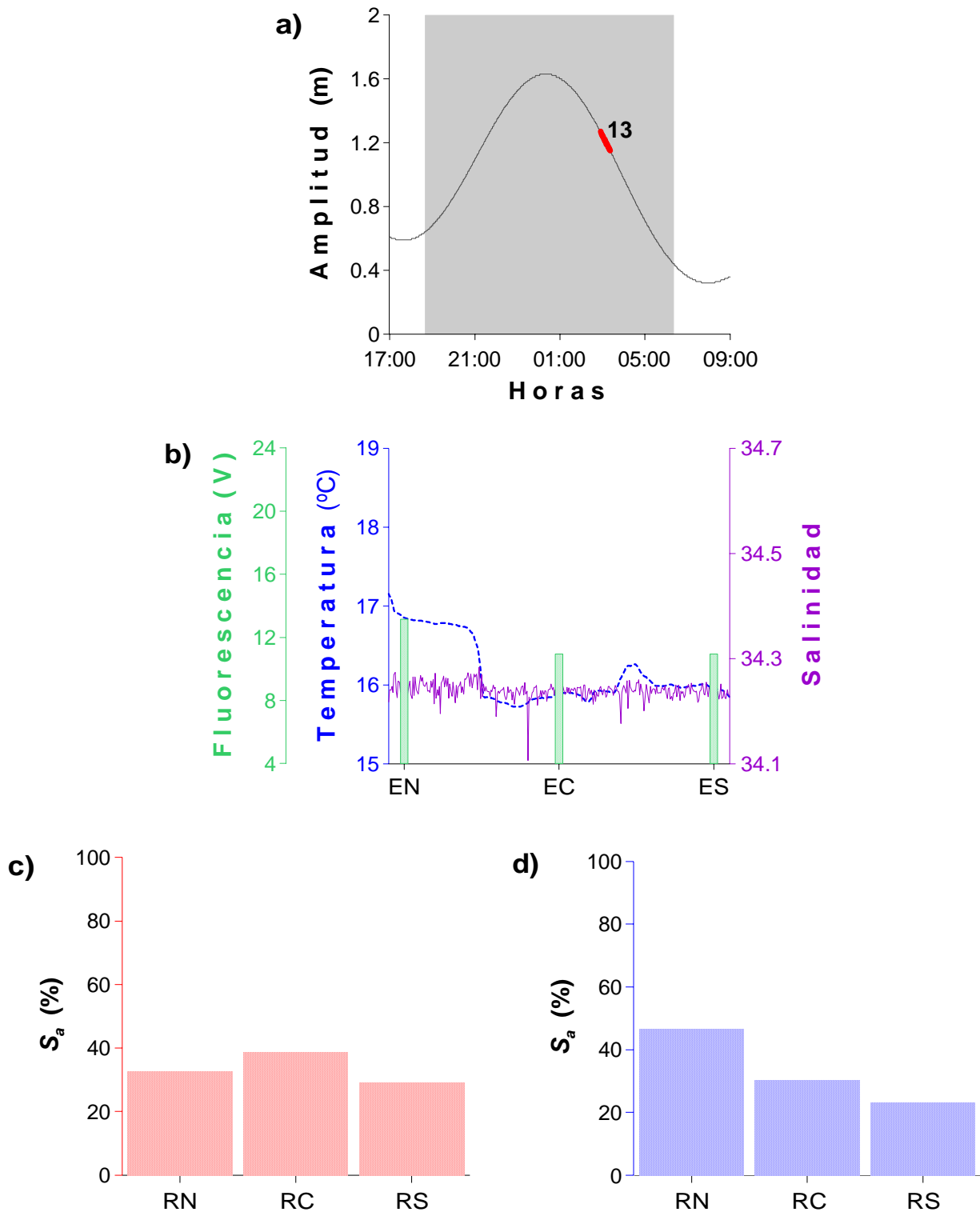


Figura 27. Transecto 13. 03:01h-03:28h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 13. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

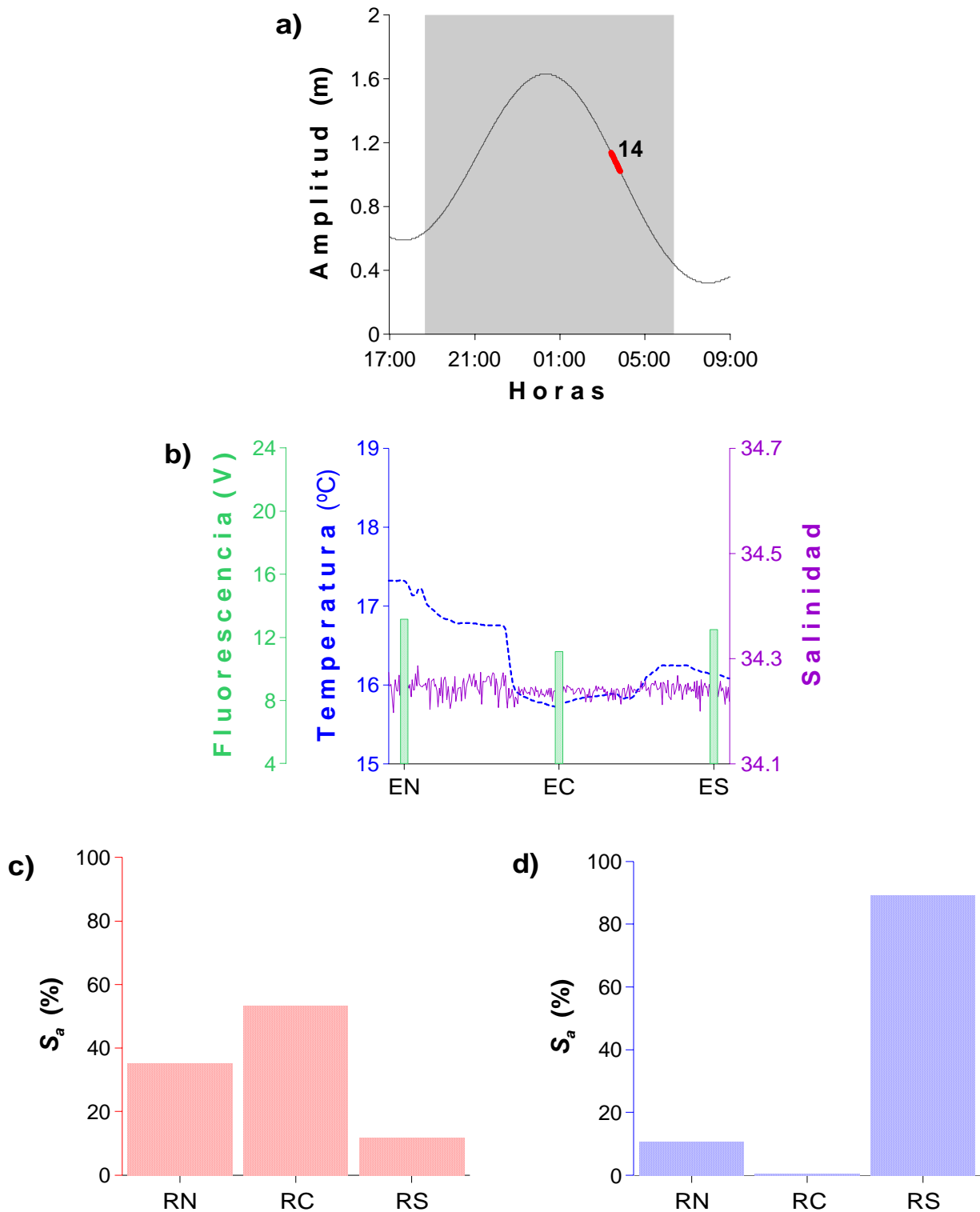


Figura 28. Transecto 14. 03:31h-03:58h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 14. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).



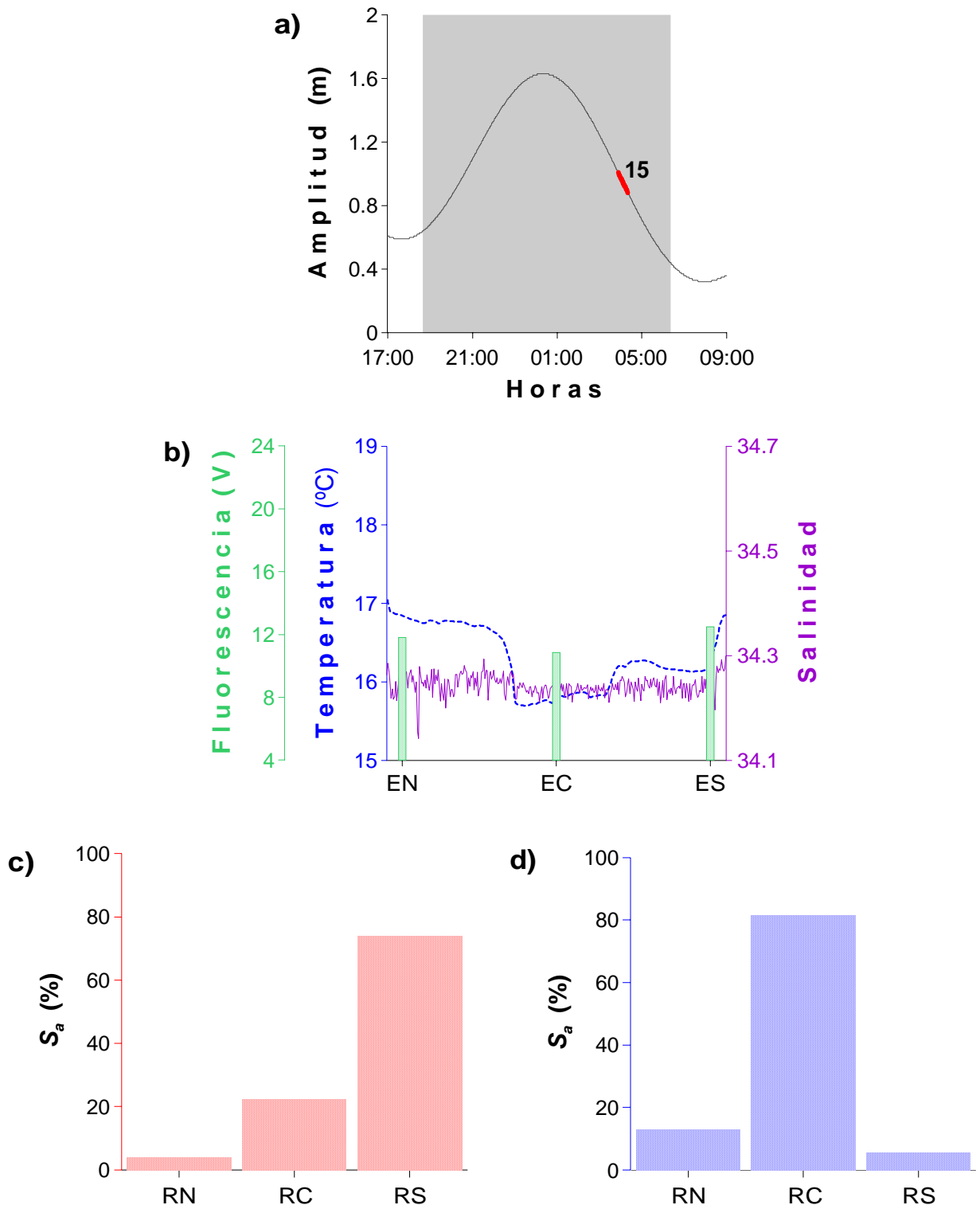


Figura 29. Transecto 15. 04:00h-04:27h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 15. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

#### **6.5.4 Reflujo**

Conforme avanzó el reflujo (Figuras 30 a 37), la temperatura superficial se incrementó, invadiendo paulatinamente las regiones sur y centro de la boca respectivamente. La temperatura presentó una variación de 16.2 °C (transecto 16) a 18.9 °C (transecto 23). La salinidad superficial varió de 34.1 (transecto 18) a 34.6 (transecto 22) y tuvo un comportamiento similar al de la temperatura. La fluorescencia presentó un patrón contrario al de la temperatura y la salinidad. La estación norte registró el mayor valor de fluorescencia, los valores de fluorescencia variaron de 6.1 V (transecto 22 y 23) a 22.9 V (transecto 23). La distribución de la langostilla presentó una preferencia por región norte de la boca de la bahía. Los peces pelágicos menores tuvieron en general una mayor incidencia en la región norte. Durante aproximadamente una hora de esta fase de marea (duración de los transectos 18 y 19) no se detectaron peces.

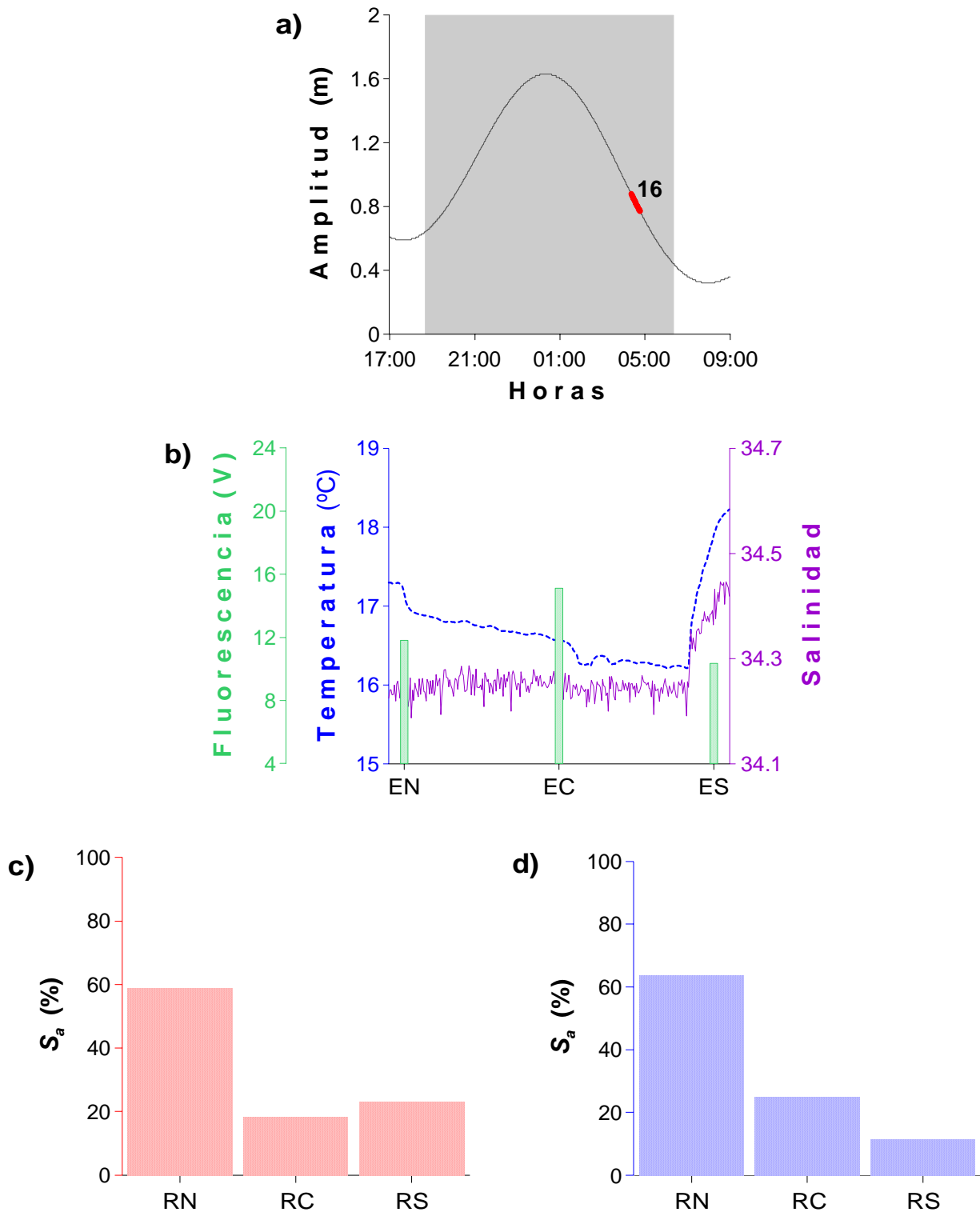


Figura 30. Transecto 16. 04:28h-04:54h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 16. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (*EN, EC y ES*). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (*RN, RC y RS*). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

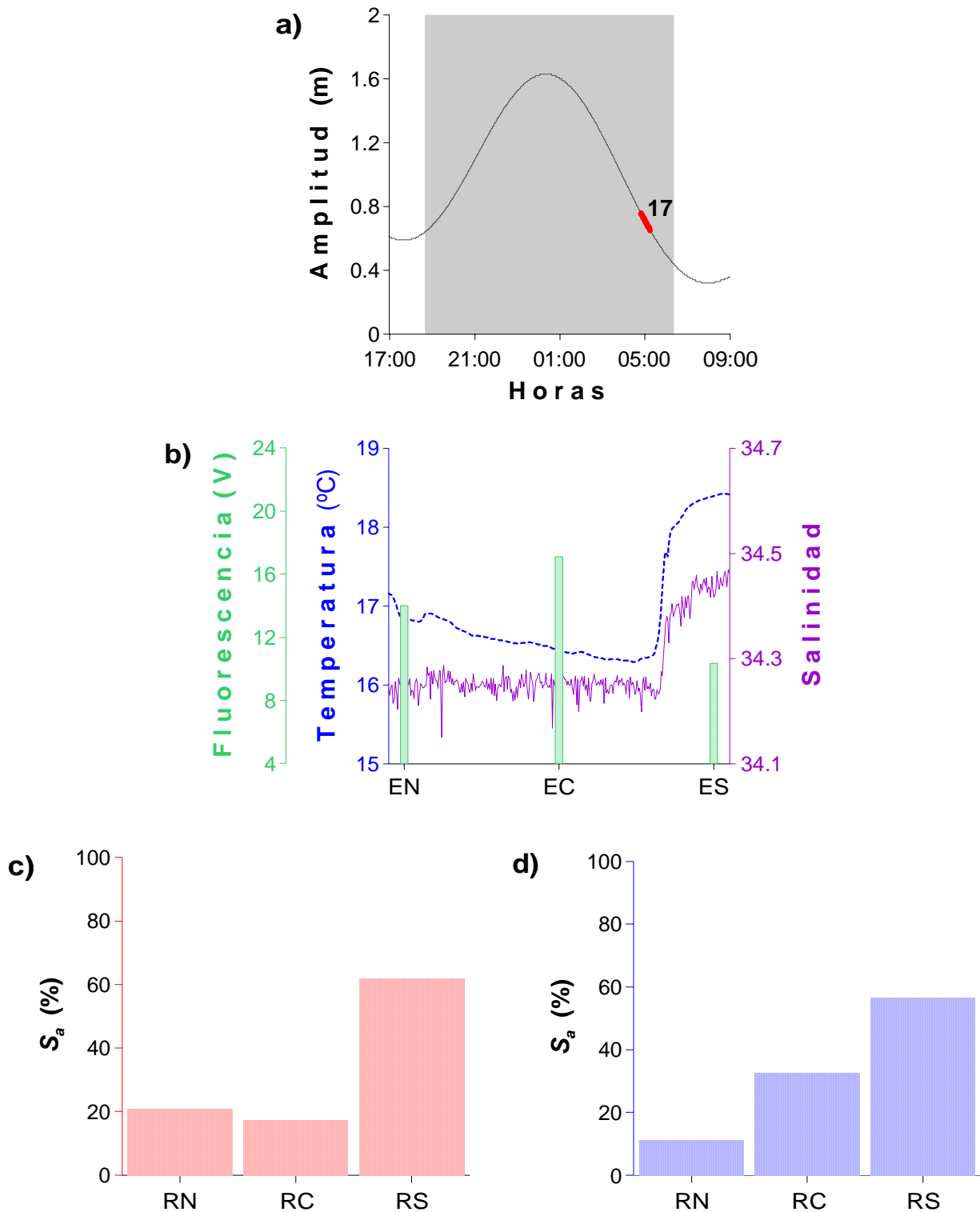


Figura 31. Transecto 17. 04:56h-05:22h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 17. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

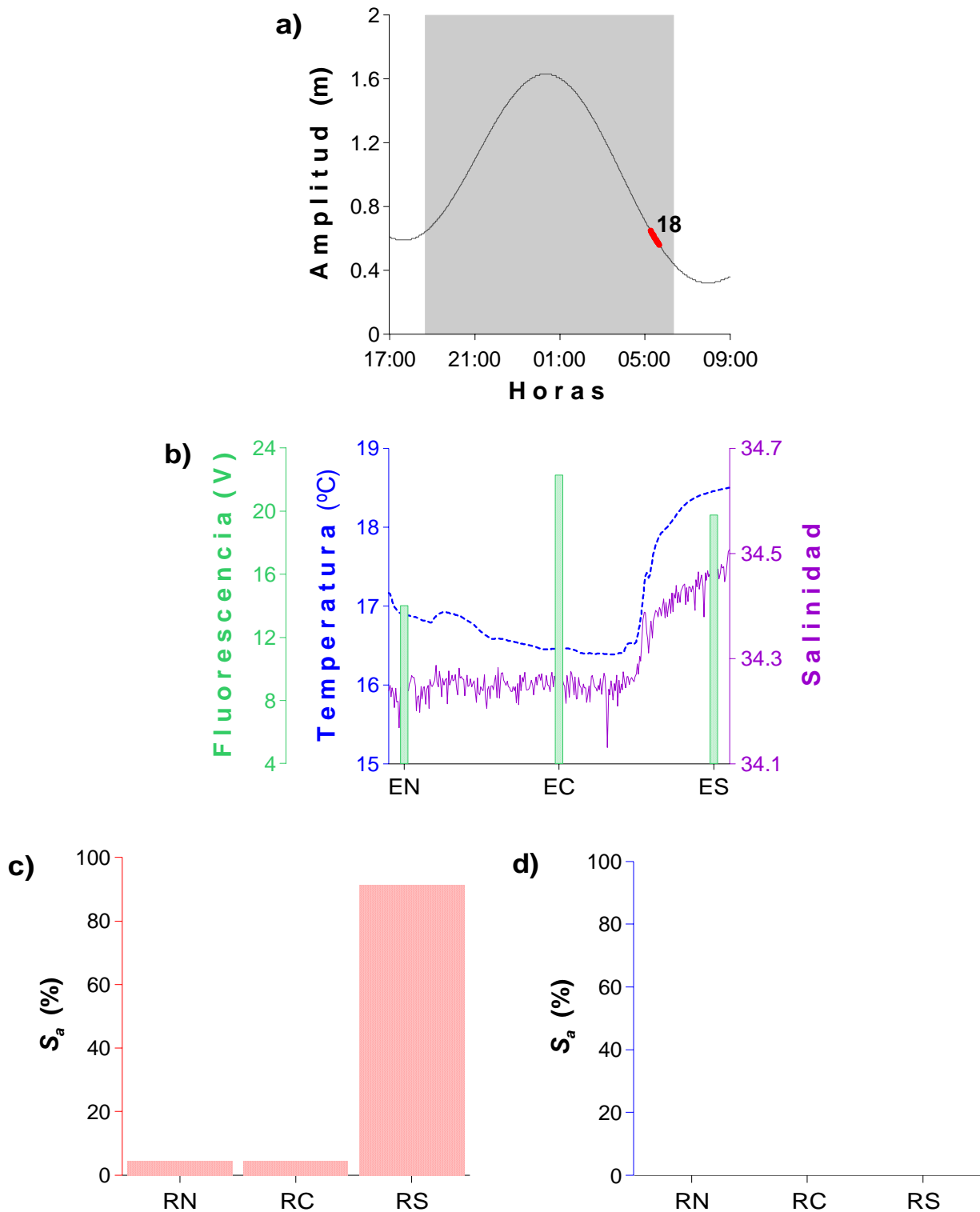


Figura 32. Transecto 18. 05:23h-0548h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 18. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

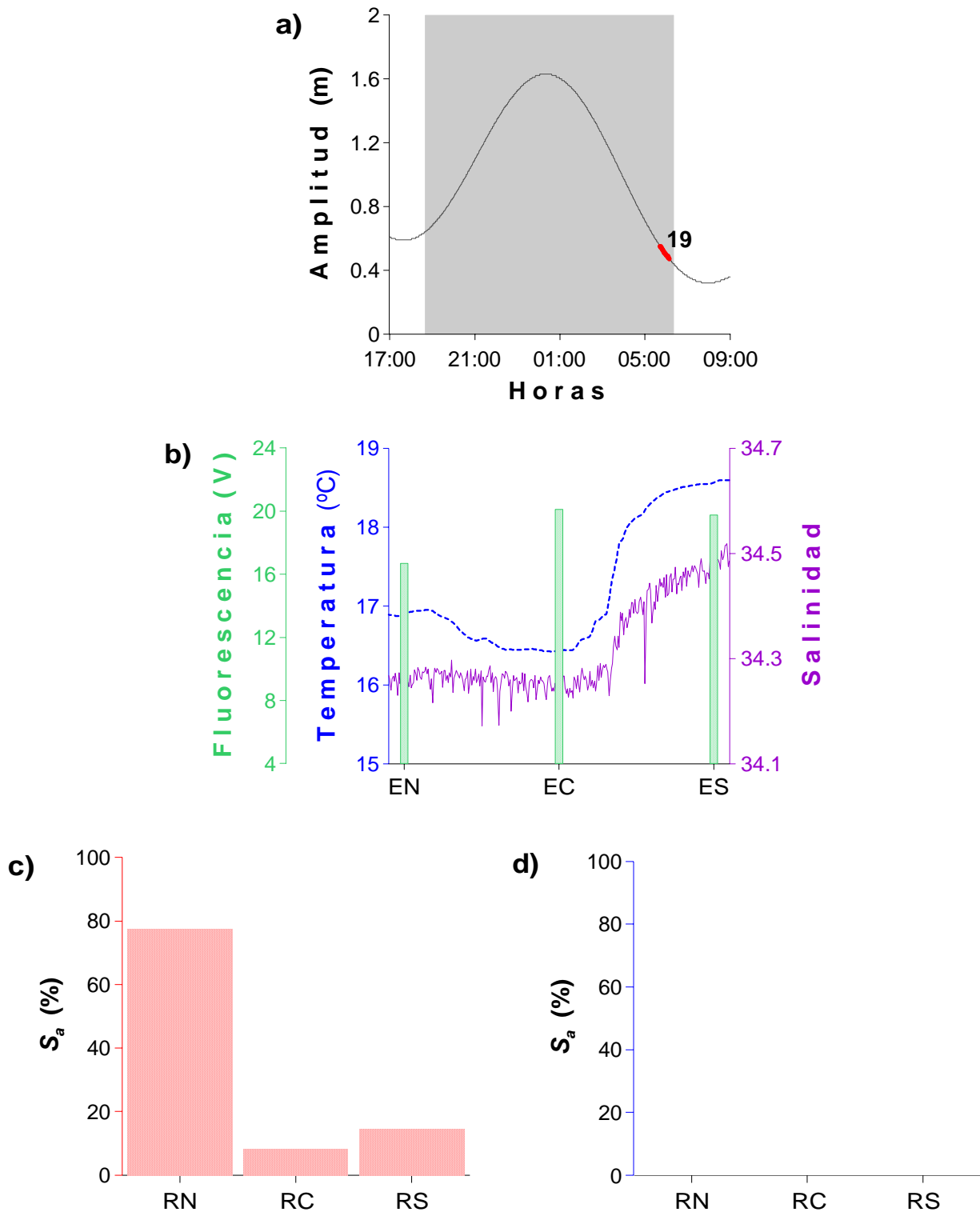


Figura 33. Transecto 19. 05:50h-06:16h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 19. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

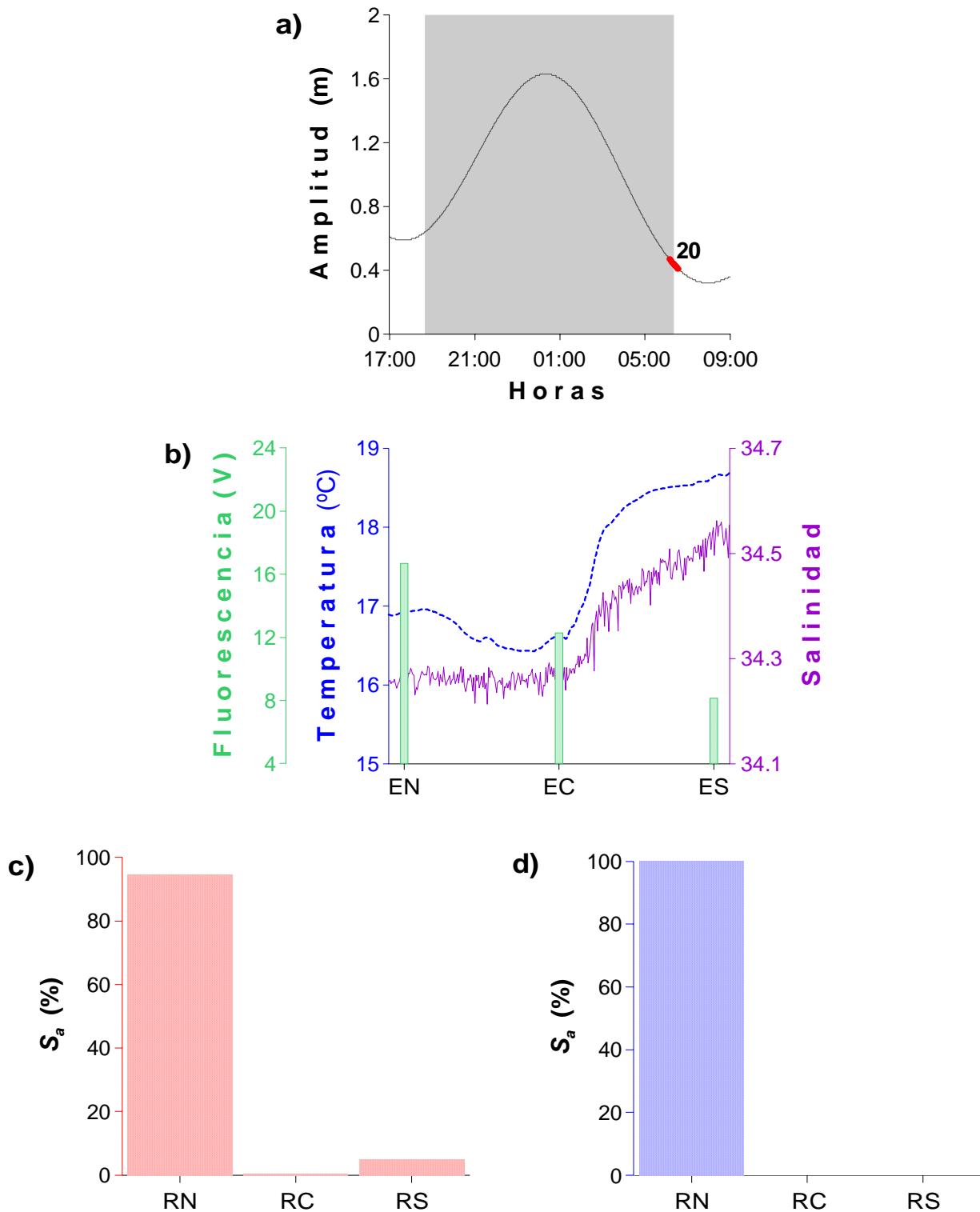


Figura 34. Transecto 20. 06:16h-06:44h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 20. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (*EN, EC y ES*). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (*RN, RC y RS*). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

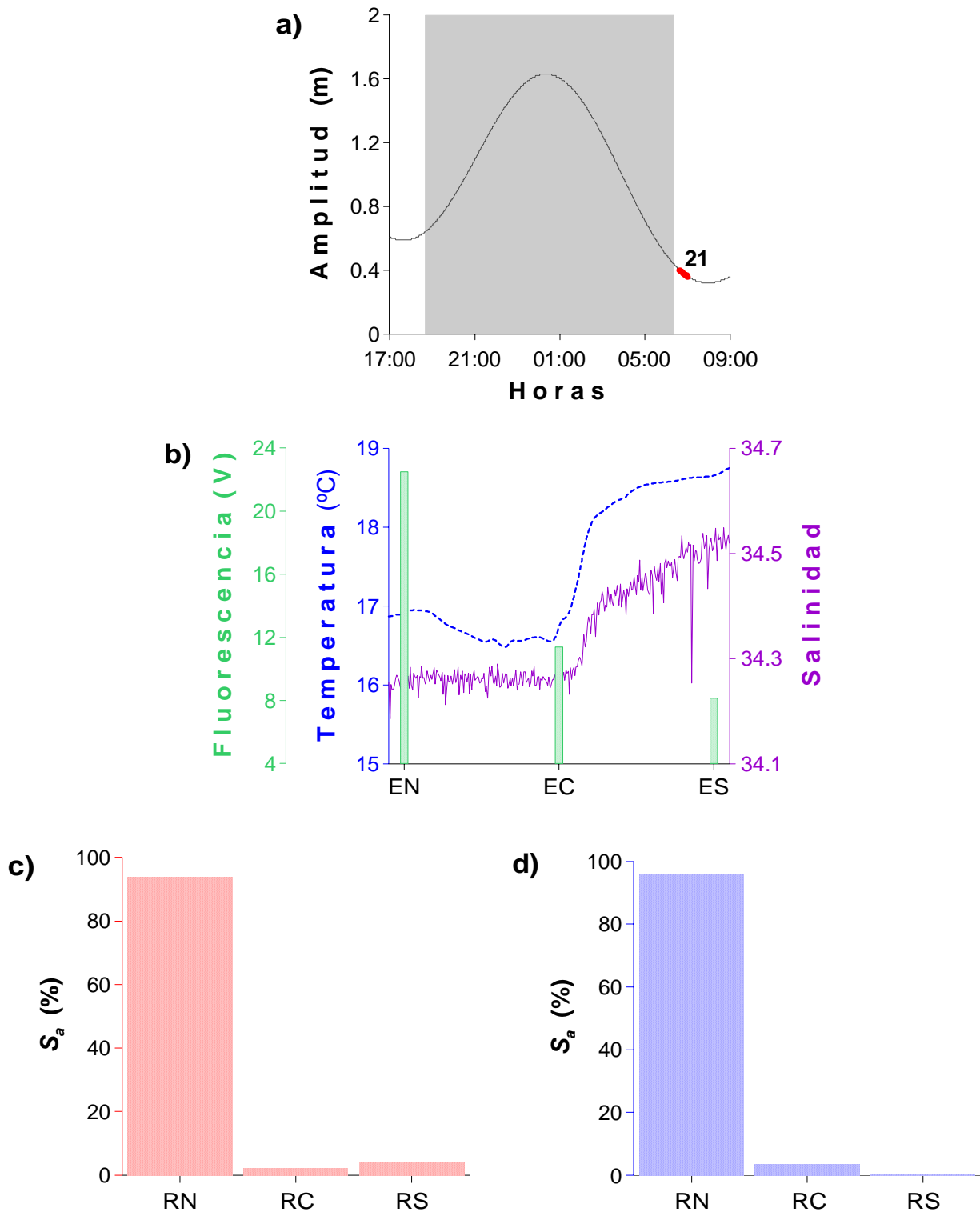


Figura 35. Transecto 21. 06:44h-07:10h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 21. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).



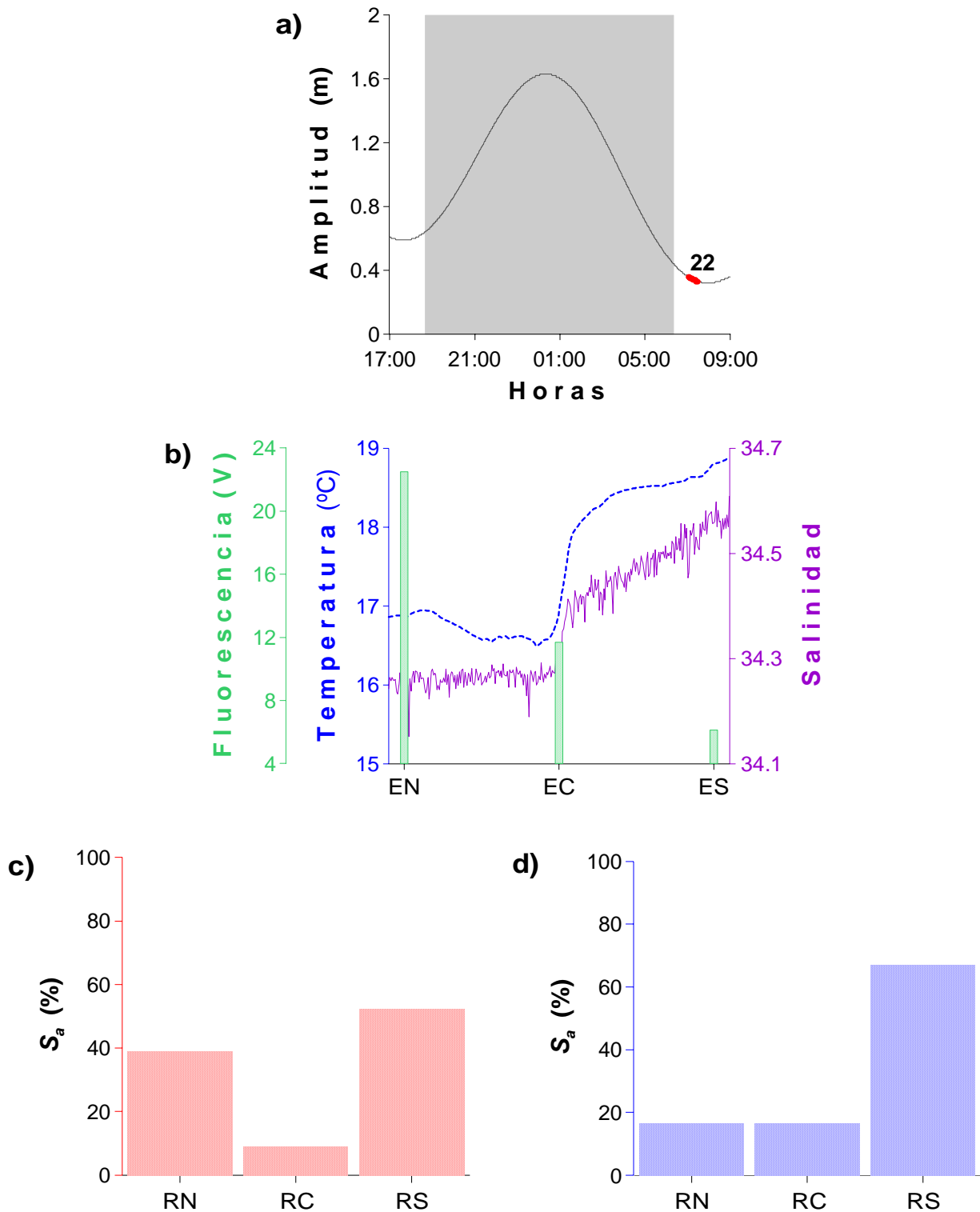


Figura 36. Transecto 22. 07:12h-07:38h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 22. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

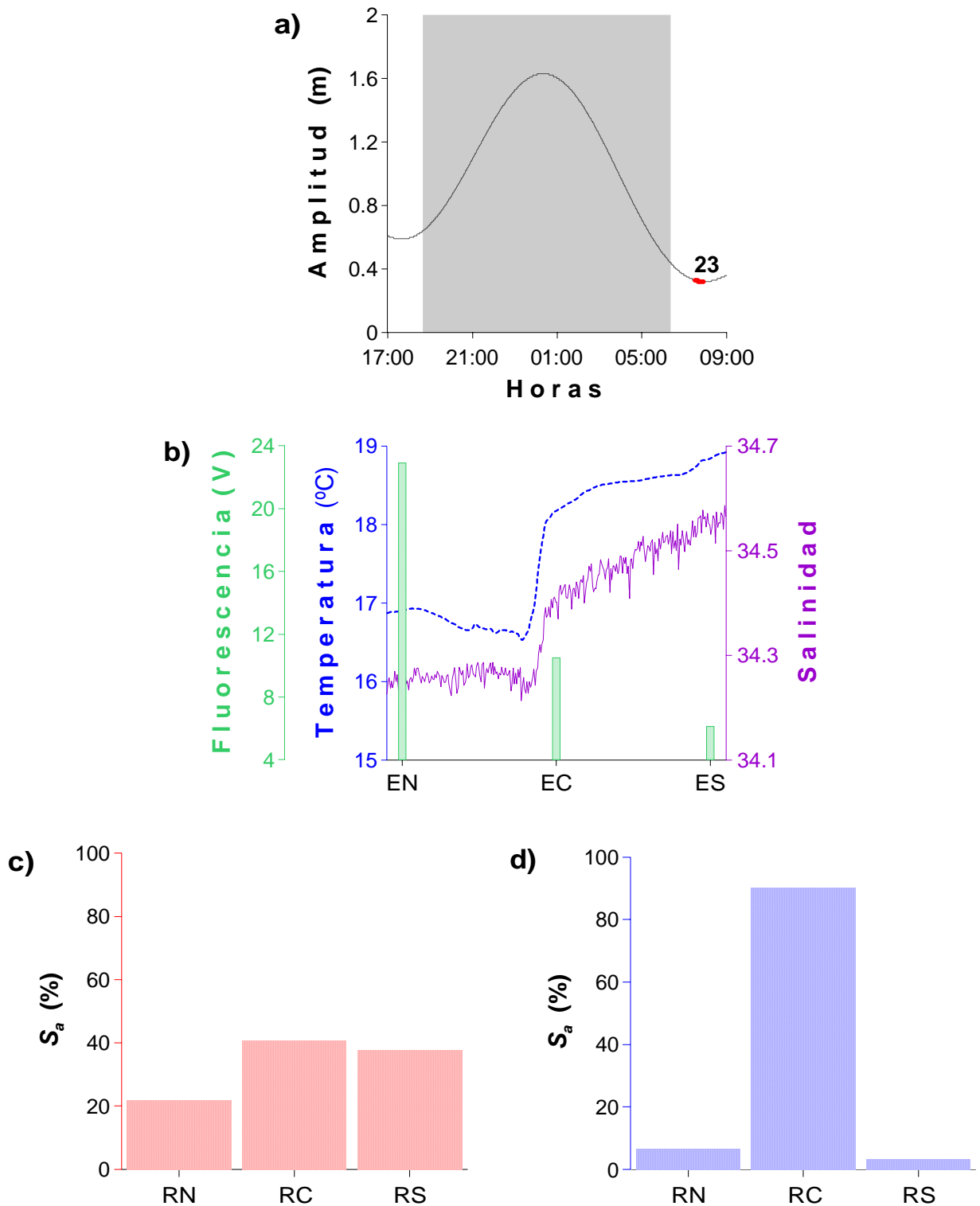


Figura 37. Transecto 23. 07:40h-08:04h. (a) Amplitud de la marea durante Boca 1, el *fragmento grueso* representa el estado de la marea durante el transecto 23. (b) Temperatura superficial (*línea punteada*), salinidad (*línea continua*) a lo largo del transecto, en *barras* se presenta la fluorescencia para las estaciones norte, centro y sur (EN, EC y ES). (c) Distribución de langostillas ( $S_a$  %) en cada una de las regiones del transecto norte, centro y sur (RN, RC y RS). (d) Distribución de los peces pelágicos menores cada una de las regiones del transecto ( $S_a$  %).

## VII. DISCUSIÓN

Bahía Magdalena es un área relativamente bien estudiada debido a los procesos hidrodinámicos que se llevan a cabo en esta zona, así como por la importancia comercial de los organismos que en ella habitan (Aceves-Medina *et al.*, 1992; Palomares-García y Vera Alejandre, 1995; Gómez-Gutiérrez *et al.*, 2001; Robinson *et al.*, 2000; 2004; Robinson y Gómez-Aguirre, 2004; Martínez-Gómez *et al.*, en prensa; Gómez-Gutiérrez *et al.*, en prensa; Morales-Zarate *et al.*, 2006). Sin embargo, haber estudiado la boca de la forma en que se realizó en este trabajo, hace de este trabajo un muestreo único, ya que no se habían realizado investigaciones a lo ancho de la boca. Los datos que a continuación se discuten nos dan una idea de cómo es la dinámica de los factores oceanográficos a lo ancho de esta boca.

- **7.1 VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE**

Durante el flujo de la marea la velocidad de la corriente es baja, y se dirige hacia dentro de la bahía preferentemente por la parte norte de la boca, donde se presentaron temperaturas bajas y con poca variabilidad. En cambio al inicio y conforme va avanzando el reflujó de la marea, la velocidad va aumentando, pero una vez que alcanza la mitad del reflujó la velocidad comienza a disminuir. La dirección de la corriente en esta fase de la marea es hacia afuera de la bahía, inicialmente por la parte sur de la boca en donde se registró una salida de agua caliente, salada y con baja fluorescencia, la cual llegó a notarse hasta pasando el centro de la boca. Esto se corrobora con el estudio realizado por Martínez-Gómez *et al.*, (en prensa) quienes observaron a partir de la distribución horizontal y vertical de la temperatura que agua con menor temperatura entra a la bahía durante el flujo y que agua relativamente más cálida sale de la bahía durante el reflujó. Además, Obeso-Nieblas *et al.*, (1999), Robinson y Gómez-Aguirre (2004), Robinson *et al.*, (en prensa, a), Sánchez-Montante (2004) y Zaytsev *et al.*, (en prensa) encontraron que durante la salida del agua de la bahía la dirección de la corriente proviene del lado oriental de la bahía, lo que significa que la corriente proviene del interior de la bahía y parte de Bahía Almejas, donde el agua es relativamente más cálida y salada.

Gómez-Gutiérrez y Robinson (2006), efectuaron cuatro estudios similar a éste pero con un transecto perpendicular a la boca de Bahía Magdalena. En estos estudios, los autores demostraron que a pesar de que existen ligeras diferencias en los patrones de la amplitud de la marea durante mareas vivas y mareas muertas en diferentes estaciones del año (diciembre del 2003, marzo y diciembre del 2004) y altamente variables en Julio 2004, el patrón de velocidad de la corriente en periodos de flujo máximo de mareas vivas no difiere significativamente estacionalmente. Esto es, la velocidad y el patrón de la intensidad de la corriente de marea en cualquier época del año es similar cerca de la región de la boca. Un patrón semejante ocurre durante mareas muertas pero con velocidades de corrientes de marea  $< 50 \text{ cm s}^{-1}$ . Durante periodos de reflujo, la velocidad de la corriente se incrementa a lo largo de la columna de agua afuera de la bahía. Evidentemente, la velocidad de la corriente es diferente en la columna de agua. Robinson y Gómez-Aguirre (2004) en un muestreo euleriano en el interior de la bahía y cerca de la boca, observaron que la velocidad de la corriente tiene diferentes patrones a lo largo de la columna de agua. En la marea en reflujo encontraron las velocidades más fuertes cerca de la superficie y declina rápidamente hasta estabilizarse debajo de los 20 m. Durante el flujo las máximas velocidades se encuentran entre los 10 y 20 m. En general, la velocidad fue mayor durante el flujo que en el reflujo. Así mismo, Obeso-Nieblas *et al.*, (1999) en un estudio donde modelaron e hicieron muestreos eulerianos en puntos estratégicos de Bahía Magdalena en noviembre de 1986 y octubre de 1989, observaron que las velocidades máximas, registradas y modeladas en Bahía Magdalena ocurrieron durante el reflujo de la marea.

- **7.2 TEMPERATURA, SALINIDAD Y FLUORESCENCIA**

Los valores de temperatura y la salinidad están relacionados con los ciclos de marea. La temperatura superficial disminuye significativamente durante el flujo, presentando los valores más bajos durante el pico de la marea alta y durante el reflujo la temperatura aumenta. La salinidad superficial presentó un patrón similar al de la temperatura (Figuras 13 y 14). Varios autores (Acosta-Ruiz y Lara-Lara, 1978; Martínez-Gómez *et al.*, en prensa; Robinson y Gómez-Aguirre, 2004; Morales-Soto *et al.*, 2000) coinciden en que los valores de temperatura, el oxígeno disuelto, la salinidad y fluorescencia cambian con la dinámica de las mareas. Así,

Acosta-Ruiz y Lara-Lara (1978) mencionan que la salinidad en Bahía Magdalena presenta los máximos valores durante el reflujó y los mínimos en el flujo. Robinson *et al.*, (en prensa, a) encontraron que durante el flujo de marea se generan zonas de afloramiento cerca de la boca con temperaturas bajas y contenidos de oxígeno disuelto significativamente reducidos, y durante el reflujó, se detectaron aguas con temperaturas altas, las cuales son transportadas hacia fuera de Bahía Magdalena. Por otro lado, Martínez-Gómez *et al.*, (en prensa) durante julio de 2004, corroboraron repetidamente la introducción de agua con alta transparencia, baja temperatura y reducida concentración de oxígeno y baja fluorescencia hacia el interior de Bahía Magdalena como un proceso de surgencia de agua subsuperficial de la plataforma continental hacia la parte profunda de la bahía, corroborando observaciones previas en la región (Robinson y Gómez-Aguirre, 2004; Robinson *et al.*, en prensa, a). Zaytsev *et al.*, (en prensa), asociaron el incremento de la temperatura y la salinidad durante el reflujó de la marea, con un transporte de aguas más cálidas y más saladas, desde las zonas más alejadas de la boca de Bahía Magdalena hacia esta. Las condiciones inversas se presentaron durante el flujo de la marea.

En cuanto a la fluorescencia se encontró que durante el muestreo continuo no presentó una relación significativa con la marea, aunque el patrón general indica que en la marea alta se observaron los valores mínimos de fluorescencia, mientras que durante el flujo y el reflujó se presentaron picos de altas concentraciones. Sin embargo, en el muestreo discreto si se observó una relación inversa significativa con la marea, ya que la fluorescencia aumenta durante la marea en flujo y disminuye en el reflujó. En un muestreo euleriano realizado por Robinson y Gómez-Aguirre (2004) en julio de 2003, se encontró que la clorofila se incrementa después de la marea en reflujó y decrece en la marea en flujo. Este mismo comportamiento lo observaron Acosta-Ruiz y Lara-Lara (1978) a partir de un muestreo diurno en abril de 1976 en Bahía Magdalena y Morales-Soto *et al.*, (2000), en un muestreo diurno mensual durante 1987 y 1988 en una laguna costera en Sonora. Estos últimos autores observaron una amplia variabilidad de la clorofila durante los ciclos diurnos, lo que asociaron con una distribución heterogénea en parches de fitoplancton. Las variaciones en periodos cortos puede deberse al efecto combinado de la distribución espacial en acumulaciones o parches y a la turbulencia por las corrientes de marea (Acosta-Ruiz y Lara-Lara, 1978). Robinson *et al.*, (en prensa, a) registraron condiciones de baja fluorescencia con la entrada de agua de la plataforma continental a Bahía Magdalena, y

mencionaron que en algunas ocasiones se formó un pico de alta fluorescencia que parece ser transportado progresivamente por el frente de marea hacia fuera de la bahía. Estos mismos autores refieren que las mareas en Bahía Magdalena generan una elevada producción y un enriquecimiento de fitoplancton. La fluorescencia se incrementa de manera importante durante mareas vivas y en menor medida en mareas muertas (Gómez-Gutiérrez y Robinson, 2006). Las discrepancias encontradas en los valores de la fluorescencia entre los dos tipos de muestreo aquí analizados se resolverán en futuras investigaciones. El estudio de la dinámica de la fluorescencia en Bahía Magdalena tiene gran importancia, ya que la bahía representa una fuente de exportación de altas concentraciones de fitoplancton a la región oceánica adyacente a Bahía Magdalena (Acosta-Ruiz y Lara-Lara, 1978).

- **7.3 DENSIDAD ACÚSTICA DE PECES PELÁGICOS MENORES Y DE LANGOSTILLA**

Bahía Magdalena es una zona abundante de organismos micronectónicos y nectónicos. Ellos tienen complejos comportamientos innatos de formación de enjambres (crustáceos) o de cardúmenes (peces) modulados por respuestas inmediatas a condiciones ambientales como intensidad de luz, temperatura, profundidad, presión hidrostática, concentración de oxígeno, concentración de alimento y/o presencia de depredadores (Robinson *et al.*, en prensa, a).

En este estudio se encontró que al inicio del reflujó hubo una mayor densidad de langostillas estimada acústicamente; y conforme disminuyó la marea, también se redujo la abundancia de las langostillas. En el flujo se observó comparativamente una menor densidad acústica de langostillas. Robinson y Gómez-Aguirre (2004) encontraron que las langostillas son abundantes durante las fases de flujo y reflujó. Esto puede deberse a que durante el flujo las langostillas se encuentran en grupos más o menos compactos y cerca de la superficie, luego nadan hacia el fondo formando agregaciones compactas inmediatamente antes que la onda de marea con alta velocidad de reflujó se presente (Robinson y Gómez-Aguirre, 2004; Robinson *et al.*, en prensa, a).

El patrón de densidad asociada a peces pelágicos menores estimada acústicamente fue mayor en la marea alta y en el flujo, durante el reflujó las densidades disminuyeron, además se registró una mayor densidad durante la noche. De acuerdo con Robinson *et al.*, (en prensa, a) los peces pelágicos menores se concentran cerca de la boca de Bahía Magdalena durante mareas en bajamar, particularmente durante la noche, posiblemente para alimentarse del plancton que se acumula en esta región, cuando y donde las velocidades de la corriente de marea son bajas. Estos mismos autores refieren que durante las mareas muertas, los cardúmenes tienden a ser más pequeños y están más dispersamente distribuidos en la bahía. Durante las mareas vivas los peces tienden a congregarse en grupos más grandes y densos. Martínez-Gómez *et al.*, (en prensa) encontraron que estas variaciones en los cardúmenes se pueden deber a cambios temporales en el transporte y acumulación de zooplancton a través de la boca. Ellos mismos refieren que en mareas vivas y en flujo el frente de marea de Bahía Magdalena tiene un efecto concentrador de zooplancton principalmente en los estratos superficiales (<15 m profundidad) que usualmente son más notables en periodos de flujo en mareas vivas. Robinson *et al.*, (en prensa, a) mencionan que los cardúmenes de sardinas responden diferencialmente a las condiciones oceanográficas observadas en mareas vivas y muertas. Su distribución no es homogénea y tienden a congregarse cerca de los frentes de marea donde se acumula el zooplancton.

- **7.4 LOS FACTORES FÍSICOS Y BIOLÓGICOS Y SU RELACIÓN CON LOS ORGANISMOS A LO ANCHO DE LA BOCA DURANTE EL CICLO DE MAREA**

La langostilla, es posiblemente la especie del micronécton más abundante en Bahía Magdalena (Robinson *et al.*, en prensa, a). Durante el ciclo de marea estudiado en el muestreo continuo se observó que las langostillas se distribuyeron preferentemente en los extremos de la boca, donde se presentan las temperaturas más bajas o más cálidas, la salinidad en los extremos es casi constante hasta la mitad del reflujó, donde en la parte sur se incrementa. La fluorescencia en general es baja. En un estudio realizado por Robinson *et al.*, (en prensa, a) en Bahía Magdalena en el 2001 y 2004, en un transecto perpendicular a la boca, se observó que las langostillas durante el flujo migran verticalmente para entrar con la corriente de marea en flujo, posiblemente para comer el plancton que transporta la corriente. Durante el reflujó se encuentran

cerca del fondo, donde el agua es más fría, la fluorescencia es mínima así como la velocidad de la corriente. Por otro parte, en un estudio realizado por Robinson *et al.*, (2004) en abril de 2002, en siete transectos perpendiculares a la costa, entre Punta Colnett y Punta San Fernando al noroeste de Baja California, los autores encontraron que más del 90% de la abundancia total de las langostillas se encontró en áreas donde la clorofila era intensificada por surgencias.

Los peces pelágicos menores, inferidos por estimaciones de prospección acústica presentaron una distribución relativamente similar a las langostillas. Durante el flujo se observó una mayor presencia en la región norte de la boca, en la marea alta y mitad del reflujo en la región sur y en la continuación del reflujo nuevamente en la región norte. Los peces se distribuyeron en regiones en que la temperatura fue baja, la salinidad relativamente constante y la fluorescencia variable. Robinson *et al.*, (en prensa, a) menciona que la estimación de la abundancia acústica de la sardina del Pacífico no difiere significativamente entre periodos de mareas vivas y mareas muertas. Sin embargo, la densidad y tamaño de los cardúmenes, así como la profundidad a la cual se encuentran muestran un patrón distinto asociados con los cambios ambientales característicos de cada periodo de estado de la marea. La naturaleza cíclica del proceso de marea hace que estos comportamientos puedan ser relativamente predecibles de acuerdo a la modelación de la frecuencia de mareas vivas durante el año. Las respuestas de los peces pelágicos a la dinámica de los ciclos de marea pueden tener repercusiones en la actividad pesquera local de estas especies. Además Robinson *et al.*, (en prensa, b) concluyeron que los cardúmenes de sardina tienden a evitar las zonas con bajo contenido de oxígeno, bajas temperaturas ( $< 14^{\circ}\text{C}$ ) y altas velocidades de corrientes de marea, respondiendo a los ciclos de marea, concentrándose y retirándose de la entrada principal de la bahía de acuerdo a la disponibilidad de alimento.

Finalmente, se observó que tanto langostillas como los peces pelágicos menores tuvieron concentraciones menores en la parte centro de la boca, la cual se caracterizó por presentar los cambios de temperatura más fuertes durante el flujo y reflujo. Robinson *et al.*, (en prensa, a) refiere que estos cambios abruptos en la temperatura están asociados a la formación de un frente de marea tanto en fase de flujo como en fase de reflujo, que divide el agua de la bahía típica de la plataforma continental.



Los resultados obtenidos en este estudio a partir del muestreo continuo y discreto a lo largo de la boca de Bahía Magdalena, permitieron conocer más sobre la dinámica del ecosistema pelágico en la boca de esta bahía. Particularmente interesante es la información obtenida durante el refluo del muestreo continuo, donde se pudo observar como se comportaron de diferente manera las variables estudiadas. Es importante enfatizar entonces que a lo largo de la boca las condiciones oceanográficas y biológicas son contrastantes y varían en tiempo y espacio (Figuras 33 a 40). Siendo particularmente interesantes estas estimaciones para poder estimar la biomasa de langostillas y peces pelágicos menores que atraviesan la boca de la bahía en su interacción entre ambos cuerpos de agua.

## VIII. CONCLUSIONES

- Realizar estudios de este tipo, en los que se abarca casi todo el largo de la boca, la cual es la entrada principal de los procesos hidrodinámicos al interior del sistema lagunar Bahía Magdalena-Almejas, es de suma importancia. Este diseño de muestreo permitió conocer como varían los procesos oceanográficos y biológicos en un transecto relativamente corto pero con dinámicas diferentes influenciadas por los ciclos de mareas.
- Se encontró una relación inversa significativa entre el ciclo de mareas y los valores de temperatura y salinidad. Estas variables disminuyen durante corrientes de marea en flujo y aumentan durante corrientes de marea en el reflujó. Por que se sabe que durante el flujo entra agua con baja temperatura y salinidad proveniente de la plataforma continental y .durante el reflujó sale agua que proviene del interior de la bahía y de Bahía Almejas, donde el agua es cálida y salada.
- La fluorescencia, de acuerdo al muestreo continuo, no presentó una relación directa con amplitud de la marea. Sin embargo, si fue evidente una correlación inversa durante el muestreo discreto, por que la fluorescencia aumenta durante el flujo y disminuye en el reflujó. Debido a la discrepancia entre ambos muestreos se sugieren futuras investigaciones con muestreos de mayor duración para poder observar el comportamiento de la fluorescencia en la boca de Bahía Magdalena.
- Durante el flujo en mareas muertas la corriente es baja y en el reflujó es fuerte. La corriente durante el flujo entra a la bahía por la parte norte de la boca y en el reflujó sale por la parte sur.
- Las langostillas se encontraron con mayor densidad durante el inicio de las corrientes en reflujó. Se les encontró principalmente en los extremos de la boca donde la temperatura

fue en los extremos del gradiente observado, la salinidad casi constante y la fluorescencia relativamente baja.

- La densidad de los peces pelágicos menores estuvo influenciada por los ciclos de marea y nictimeral. Las mayores densidades se registraron durante el flujo e inicio del reflujo, los cuales fueron principalmente detectados durante la noche. Estos peces se distribuyeron preferentemente en el extremo norte de la boca de Bahía Magdalena, donde la temperatura fue relativamente baja, la salinidad relativamente constante y la fluorescencia variable.
- Tanto las langostillas como peces pelágicos menores tuvieron poca presencia en la parte central de la boca donde la temperatura presentó cambios muy abruptos.

## IX. REFERENCIAS

- Aceves-Medina G.; R. J. Saldierna-Martínez y M. E. Hernández-Rivas. 1992. Variación diurna de la abundancia de larvas de peces en la boca de Bahía Magdalena, Baja California Sur, México *Ser. Cienc. Mar.* 3(1): 61-70.
- Acosta-Ruiz J. y J. Lara-Lara. 1978. Resultados fisicoquímicos en un estudio de variación diurna en el área central de Bahía Magdalena, BCS. *Cienc. Mar.* 5(1):37-45.
- Álvarez-Borrego S., L. A. Galindo-Bect y B. Chee-Barragán. 1975. Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Cienc. Mar.* 2(1): 94-100.
- Anónimo. 1984. *Tablas de predicción de mareas 1985. Puertos del Océano Pacífico.* UNAM, Instituto de Geofísica, Servicio Mareográfico Nacional. Datos geofísicos. Serie A. Oceanografía.
- Aoki I. 1982. An analysis of the schooling behavior of fish: internal organization and association proceses. *Bull. Ocean. Res. Inst. Univ. Tokyo.* 13: 1-65.
- Arvizu-Martínez J, E. García-Romero y I. Morales-Alemán. 1974. Estudio preliminar sobre langostilla, *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Crustacea; Galatheidae), de la costa occidental de Baja California y Golfo de California. *Ser. Cient. Inst. Nac. Pesca (Mex.)*,1: 1-9.
- Aurioles-Gamboa D. 1992. Inshore-offshore movements of pelagic red crab *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheidae) off the Pacific coast of Baja California Sur, México. *Crustaceana.* 62(1): 71-84.
- Aurioles-Gamboa D. 1995. Migración batimétrica de la langostilla bentónica en la plataforma continental del Pacífico de Baja California Sur. 79-92 pp. *En: Aurioles-Gamboa D. y E. F. Balart (Eds). La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento.* CIBNOR, La Paz, B.C.S. 233 p.

- Bakun A. y C. S. Nelson. 1976. Climatology of upwelling related processes off Baja California. *Cal. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 19:107-127.
- Bakun A. y R. H. Parrish. 1982. Turbulence, transport and fish in California and Peru currents. *Cal. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 23:92-112.
- Balart E. F. y J. L. Castro-Aguirre. 1995. Estimación del impacto de la depredación de merluza sobre la langostilla. 139-162 pp. *En: Aurióles-Gamboa D. y E. F. Balart (Eds). La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento.* CIBNOR, La Paz, B.C.S. 233 p.
- Barber R. T. y R. L. Smith. 1981. Coastal upwelling ecosystems. 31-68 pp. *En: Longhurst (Ed.). Analysis of Marine Ecosystems.* Academic Press. New York. 741 p.
- Beverton, R. J. H. 1983. Science and decision-making in fisheries regulations. *FAO Fish. Rep.* 291(3): 919-936.
- Blackburn M. 1969. Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off Western Baja California. *U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull.* 68: 147-176.
- Blackburn M. 1977. Temporal changes in pelagic biomass of *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Decapoda Anomura, Galatheidae) off Baja California, Mexico. *Crustaceana.* 32(2): 178-184.
- Boyd C. M. 1962. *The biology of a marine decapod crustacean, Pleuroncodes planipes Stimpson 1860.* Tesis de Doctorado. Universidad de California, San Diego. 123 p.
- Boyd C. M. 1967. Benthic and pelagic habitats of the red crab *Pleuroncodes planipes*. *Pac. Sci.* 21: 394-403.
- Briggs J. C. 1974. *Marine zoogeography.* McGraw Hill. New York. 474 p.
- Brinton E. y J. L. Reid. 1986. On the effect of interannual variations in circulation and temperature upon euphausiids of California Current. *Pelagic Biogeography. UNESCO Tech. Paper. Amsterdam.* 25-34.

- Burgess J. W. y E. Shaw. 1979. Development and ecology of fish schooling. *Oceanus*. 22(2): 11-17.
- Casas-Valdez M. M. 1987. Distribución en tiempo y espacio de las especies de sardina y macarela en Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Invest. Mar. CICIMAR* 3(2): 11-30.
- Castro-Aguirre J. L. y R. Torres-Orozco. 1993. Consideraciones acerca del origen de la ictiofauna de Bahía Magdalena, un sistema lagunar de la costa occidental Baja California Sur, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.* 38: 67-73.
- Csirke J. 1988. Small shoaling pelagic fish stock. 271-302 pp. *En: Gulland J. A. (Ed.). Fish population dynamics*. Second Edition. John Wiley & Sons Ltd. 372 p.
- Cushing D. H. 1969. Upwelling and fish production. *FAO. Fish. Tech. Paper* 84: 1-40.
- Cushing D. H. 1975. Ciclos de producción en áreas de afloramiento. 23-39 pp. *En: Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University. 278 p.
- Diario Oficial de la Federación 2000, 28 de agosto. *Anexo de la Carta Nacional Pesquera*. México.
- Félix-Uraga R., R. Alvarado-Castillo y R. Carmona-Piña. 1996. The sardine fishery along the Western Coast of the Baja California, 1981 to 1994. *Cal. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 37: 188-192.11
- Félix-Uraga R., V. M. Gómez-Muñoz, C. Quiñónez-Velázquez, F. N. Melo-Barrera y W. García-Franco. 2004. On the existence of Pacific sardine groups off the west coast of the Baja California Peninsula and southern California. *Cal. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 45: 146-151.
- Félix-Uraga R., V. M. Gómez-Muñoz, C. Quiñónez-Velázquez, F. N. Melo-Barrera, K. Hill y W. García-Franco. 2005. Pacific sardine stock discrimination in the west coast of Baja California and southern California, using morphometry of otoliths. *Cal. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep.* 46: 113-121.

- Funes-Rodríguez R., R. González-Armas y R. Avendaño-Ibarra. 1998. Distribución y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar de Bahía Magdalena-Almejas, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica*. 8(1): 55-66.
- Gárate-Lizárraga I. y D. A. Siqueiros-Beltrones. 1998. Time variation in phytoplankton assemblages in a subtropical lagoon system after the 1982-1983 “El Niño” event (1984 to 1986). *Pac. Sci.* 52(1): 79-97.
- García-Carreño, F. L. 1991. Proteases in food technology. *Biotechnology Education*. (4): 150-153.
- García-Carreño, F. L. y Hernández-Cortés, M. P. 1995. Proteasas Digestivas de langostilla. 207-219 pp. *En: Auriolles-Gamboa D. y E. F. Balart (Eds). La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento*. CIBNOR, La Paz, B.C.S. 233 p.
- Gómez-Gutiérrez J. y C. Sánchez-Ortíz. 1997. Larval drift and population structure of the pelagic phase of *Pleuroncodes planipes* (Stimpson) (Crustacea: Galatheidae) off the southwest coast of Baja California, Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 61(2): 305-325.
- Gómez-Gutiérrez J. y C. J. Robinson. 2006. Tidal current transport of epibenthic swarms of the euphausiid *Nyctiphanes simplex* in a shallow, subtropical bay on Baja California peninsula, Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 320: 215–231.
- Gómez-Gutiérrez J., E. Domínguez-Hernández, C. J. Robinson y V. Arenas. 2000. Hydroacoustical evidence of autumn inshore residence of the pelagic red crab *Pleuroncodes planipes* at Punta Eugenia, Baja California, Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 208:283-291.
- Gómez-Gutiérrez J., R. Palomares-García, S. Hernández-Trujillo y A. Carballido-Carranza. 2001. Community structure of zooplankton in the main entrance of Bahía Magdalena, Mexico during 1996. *Rev. Biol. Trop.* 49 (2): 545-558.

- Gómez-Gutiérrez J., S. Martínez-Gómez y C. J. Robinson. (en prensa). Influence of tidal fronts on surface zooplankton aggregation and community structure in a subtropical bay, Bahía Magdalena, Mexico. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*
- Gómez-Ramírez M. 1999. *Distribución de niveles de marea, salinidad y temperatura superficial del agua de mar de acuerdo con las estaciones mareográficas de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 798 p.
- Greene C. H., P. H. Wiebe, R. T. Miyamoto y J. Burczynski. 1991. Probing the fine structure of ocean sound-scattering layers with ROVERSE technology. *Limnol. Oceanogr.* 36(1): 193-204.
- Guerrero-Caballero G. R., R. Cervantes-Duarte y A. Jiménez-Illescas. 1988. Nutrient variation during a tidal cycle at the mouth of a coastal lagoon in the northwest of Mexico. *Indian J. Mar. Sci.* 17: 235-237
- Gutiérrez-Leyva R. 2002. *Calidad nutricional de dos productos a base de langostilla (Pleuroncodes planipes) como fuente de proteína o aditivo alimentario en alimentos balanceados para juveniles de camarón blanco (Litopenaeus vannamei)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 98 p.
- Gutiérrez-Sánchez F. J. 1997. *Ecología de peces de fondos blandos del complejo lagunar Bahía Magdalena, B.C.S., México*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S. México. 84 p.
- Hewitt R. P., P. E. Smith y J. C. Brown. 1976. Development and the use of sonar mapping of pelagic stock assessment in the California current area. *Fish. Bull.* 74(2): 281-297.
- Hickey B. M. 1979. The California Current System hypotheses and facts. *Prog. Oceanogr.* 8: 191-279.
- Hubbs C. L. 1960. The marine vertebrates of the outer coast. Symposium. The biogeography of Baja California and adjacent seas. *Systematic Zoology* 9(34): 134-147.



- Husby D. M. y C. S. Nelson. 1982. Turbulence and vertical stability in the California Current. *Cal. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 18: 113-129.
- Instituto Nacional de la Pesca (INP). 2001. *Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo. 1999-2000*. Instituto Nacional de Pesca, SAGARPA. México 610 p.
- Jiménez-Beltrán, F. J. 1978. *Industrialización de la langostilla (Pleuroncodes planipes) para consumo humano y animal*. Tesis de Maestría. Escuela de Ciencias Marinas y Alimentarias, ITESM. México. 72 p.
- Jiménez-Illescas A. R. 1996. *Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos de la Bahía de La Paz, B.C.S.* Tesis de Doctorado. Colegio de Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. 192 p.
- Longhurst A. R., C. J. Lorenzen, y W.H. Thomas. 1967. The role of pelagic crabs in the grazing of phytoplankton off Baja California. *Ecology*. 48: 190–200.
- Lluch-Belda D., J. Arvizu-Martínez, T. Baumgartner, A. Cota, C. E. Coteró, W. García, Y. A. Green, G. Hammann, S. Hernández-Vázquez, S. Lizárraga, D. B. Lluch-Cota, M. A. Martínez, R. Morales, M. O. Nevárez, R. I. Ochoa, F. Páez, O. Pedrín, R. Rodríguez, C.A. Salinas, P. Santos y J. R. Torres-Villegas. 1994. Estado actual de la pesquería de sardina y anchoveta. 164 pp. *En: Instituto Nacional de Pesca. Pesquerías relevantes de México. Tomo III. Peces*. INP/SePesca. México.
- Lluch-Belda D., M. E. Hernández-Rivas, R. Saldierna-Martínez y R. Guerrero-Caballero. 2000. Variabilidad de la temperatura superficial del mar en Bahía Magdalena, B.C.S. *Invest. Mar. CICIMAR* 15(1): 1-23.
- MacLennan D. N. y J. E. Simmonds. 1992. *Fisheries acoustics*. London: Chapman and Hall. 325 p.
- MacLennan D. N., P. G. Fernandes y J. Dalen. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES J. Mar. Sci.* 59: 365–369.

- Margalef R. 1978. What is an upwelling ecosystem? 12-14 pp. *En: Boje R. y M. Tomczack (Eds). Upwelling ecosystems*. Springer, Berlin. 303 p.
- Marione S. G. y M. F. Lavín. 1997. Mareas y corrientes residuales en el Golfo de California. 113-139 pp. *En: Lavín M. F. (Ed). Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana.
- Martínez-Gómez S., J. Gómez-Gutiérrez y C. J. Robinson. (en prensa). Transporte de las agregaciones de zooplancton a través de la boca de Bahía Magdalena asociado a corrientes y frentes de marea. *En: J. Gómez-Gutiérrez, R. Palomares-García y R. Funes-Rodríguez (Eds.). Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena*. IPN-CICIMAR, La Paz. B.C.S., México.
- Mathews C. P. 1975. El desarrollo de la zona Bahía Magdalena. Un panorama socioeconómico en una región en pleno desarrollo. *Cienc.Mar.* 2(1): 47-49.
- Morales-Soto J. C., J. E. Valdez-Holguín y R. Cervantes-Duarte. 2000. Cambio diario y estacional de la clorofila-*a* y algunas variables fisicoquímicas en la Laguna La Cruz, Sonora, México. *Invest. Mar. CICIMAR* 15(1): 25-33.
- Morales-Zárate M. V., A. L. Aretxabaleta, F. E. Werner y S. E. Lluch-Cota. 2006. Modelación de la circulación invernal y la retención de partículas en el sistema lagunar Bahía Magdalena-Almejas (Baja California Sur, México). *Cienc. Mar.* 32(4): 631-647.
- Napp J. M., P. B. Ortner, R. E. Pieper y D. V. Holliday. 1993. Biovolume-size spectra of epipelagic zooplankton using a multi-frequency Acoustic Profiling System (MAPS). *Deep-Sea Res. (I Oceanogr. Res. Pap.)* 40(3): 445-459.
- Nienhuis G. H. y R. Guerrero-Caballero. 1985. A quantitative analysis of the annual phytoplankton cycle of the Magdalena lagoon complex (Mexico). *J. Plankton Res.* 7(4): 427-441.
- Obeso-Nieblas M. y A. R. Jiménez-Illescas. 1989. Propagación de la consituyente M2 de la marea en la Bahía de La Paz, BCS, México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. *Invest. Mar. CICIMAR* 4(2): 140-301.

- Obeso-Nieblas M., A. R. Jiménez-Illescas y J. H. Gaviño-Rodríguez. 1999. Modelación de la marea en el sistema lagunar Bahía Magdalena, B.C.S., México. *Invest. Mar. CICIMAR* 14(2): 79-88.
- Palomares-García R. y R. Vera-Alejandro. 1995. Predation upon larvae of the Pacific sardine *Sardinops sagax* by cyclopoid copepods. *Journal of Crustacean Biology*. 15(1): 196-201.
- Parrish J. K. 2004. Acústica en el nuevo siglo: ciencia del ecosistema, la ecología y el comportamiento. *Europa azul*. 83: 35-36.
- Parrish R. H., C. S. Nelson y A. Bakun. 1981. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California Current. *Biological Oceanography*. 1(2): 175-203.
- Pérez-Flores R. y D. Aurióles-Gamboa. 1995. Hábitos alimentarios de la langostilla bentónica en la plataforma continental de la costa oeste de Baja California Sur. 125-137 pp. *En: Aurióles-Gamboa D. y E. F. Balart (Eds). La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento*. CIBNOR, La Paz, B.C.S. 233 p.
- Pieper R. E., D. V. Holliday y G. S. Kleppel. 1990. Quantitative zooplankton distributions from multifrequency acoustics. *J. Plankton Res.* 12(2): 433-441.
- Reid J. R., J. L. Roden, G. I. y J. G. Wyllie. 1958. Studies of the California Current System. *Cal. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 6: 27-56.
- Robinson C. J. 2004. Responses of the northern anchovy to dynamics of the pelagic environment: identification of fish behaviours that may leave the population under risk of overexploitation. *J. Fish Biol.* 64: 1072-1087.
- Robinson C. J. y J. Gómez-Gutiérrez. 1998. The red-crab bloom of the west coast of Baja California, Mexico. *J. Plankton Res.* 20: 2009-2016
- Robinson C. J. y S. Gómez-Aguirre. 2004. Tidal stream use by the red crab *Pleuroncodes planipes* in Bahía Magdalena, Mexico. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 308: 237-252.

- Robinson C. J., V. Anislado y A. López. 2004. The pelagic red crab (*Pleuroncodes planipes*) related to active upwelling sites in the California Current off the west coast of Baja California. *Deep-Sea Res. II*. 51: 753-766.
- Robinson C. J., J. Gómez-Gutiérrez, R. Félix-Uraga y V. Arenas-Fuentes. 2000. Seasonal hydro-acoustical observations of small pelagic fish behaviour in Bahía Magdalena, Mexico. *Aquat. Living Resour.* 13(1): 11–18.
- Robinson C. J., J. Gómez-Gutiérrez y S. Gómez-Aguirre (en prensa, a). Efecto de la dinámica de las corrientes de marea en el ecosistema pelágico de Bahía Magdalena. En: J. Gómez-Gutiérrez, R. Palomares-García y R. Funes-Rodríguez (Eds.). *Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena*. IPN-CICIMAR, La Paz. B.C.S., México.
- Robinson C. J., S. Gómez-Aguirre y J. Gómez-Gutiérrez. (en prensa, b). Pacific sardine behaviour related tidal current dynamics in Bahía Magdalena, México. *J. Fish Biol.*
- Rodríguez-Sánchez R., S. Hernández-Vázquez, D. Lluch-Belda, R. Félix-Uraga, S. Ortega-García, A. Villa-Arce, G. Ponce-Díaz y D. Lluch-Cota. Pesquería de pelágicos menores (Sardinas y Anchovetas). 317-350 pp. En: Casas-Valdez M. y G. Ponce-Díaz (Eds.). 1996. *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur*. Primera reimpresión. México. 350 p.
- Ross D. A. 2000. Tides, tidal currents, and waves. 30-56 pp. En: *The fisherman's ocean*. Stackpole Books. Pennsylvania, E.U.A. 299 p.
- Sánchez-Montante O. 2004. *Hidrodinámica y transporte de masa en el sistema lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas, Baja California Sur, México: modelación y experimentación*. Tesis del Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S. México. 248 p.
- Smith P. E. 1970. The horizontal dimensions and abundance of fish school in the upper mixed layer as measured by sonar. 563-591 pp. En: Farquhar G. B. (Ed.). *Proceedings of the international symposium on biological sound scattering in the ocean*. Maury Cent. Ocean Sci., Dep. Navy., Washington, D.C. 642 p.

- Smith P. E., M. D. Ohman y L. E. Eber. 1989. Analysis of the patterns of distribution of zooplankton aggregations from an Acoustic Doppler Current Profiler. *Cal. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 30: 88-102.
- Spinelli, J. y C. Mahnken. 1978. Carotenoid deposition in pen-reared salmonids fed diets containing oil extracts of red crab (*Pleuroncodes planipes*). *Aquaculture*. 13: 213-223.
- Sverdrup H. U., M. W. Johnson y R. H. Fleming. 1942. *The Oceans: Their physics, chemistry and general biology*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N. J. 1060 p.
- Van Olst J. C., R. F. Ford, J. M. Carlberg y W. R. Durban. 1976. Use of thermal effluent in culturing the American lobster. *Power plant heat waste utilization in aquaculture-workshop I*. 71-100.
- Whitehead P. J. P. 1985. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolfherrings. In: *FAO Species Catalogue. Vol.7. Part 1. Chirocentridae, Clupeidae y Pristigasteridae*. FAO Fish. Synop. 125: 303 p.
- Wing S. R., L. W. Botsford, J. L. Largier y L. E. Morgan. 1995. Spatial structure of relaxation events and crab settlement in the northern California upwelling system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 128: 199-211.
- Zaytsev O., R. Cervantes-Duarte, O. Sánchez-Montante y A. Gallegos-García. 2003. Coastal upwelling activity on the pacific shelf of the Baja California Peninsula. *J. oceanogr.* 59:489-502.
- Zaytsev O., O. Sánchez-Montante y C. J. Robinson. (en prensa). Condiciones hidrofísicas en el sistema lagunar Bahía Magdalena-Almejas. En: J. Gómez-Gutiérrez, R. Palomares-García y R. Funes-Rodríguez (Eds.). *Estudios Ecológicos en Bahía Magdalena*. IPN-CICIMAR, La Paz. B.C.S. México.
- Zeldis J. R. 1985. Ecology of *Munida gregaria* (Decapoda animura): distribution and abundance, population dynamics and fisheries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 22(1): 77-99.