



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



CAMBIOS TEMPORALES EN LOS
COMPONENTES Y LOS FLUJOS DE LA
MATERIA EN HUNDIMIENTO EN CUENCA
ALFONSO, BAHÍA DE LA PAZ, DURANTE EL
PERIODO 2002-2005

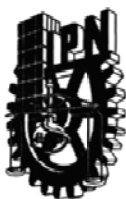
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA:

FERNANDO AGUIRRE BAHENA

LA PAZ, B.C.S, MÉXICO, JUNIO DE 2007



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 8 del mes de Mayo del 2007 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

**"CAMBIOS TEMPORALES EN LOS COMPONENTES Y LOS FLUJOS DE LA MATERIA EN
HUNDIMIENTO EN CUENCA ALFONSO, BAHÍA DE LA PAZ, DURANTE EL PERIODO 2002-2005"**

Presentada por el alumno:

AGUIRRE

Apellido paterno

BAHENA

materno

FERNANDO

nombre(s)

Con registro:

B	0	2	0	7	5	9
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. NORMAN SILVERBERG

PRESIDENTE

DR. EVGUENI CHOUMILINE NIKOLAYEVICH

SECRETARIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE

SEGUNDO VOCAL

DRA. MARA YADIRA CORTES MARTINEZ

TERCER VOCAL

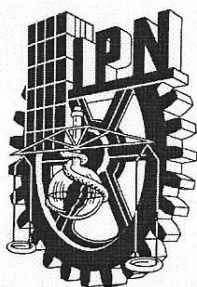
DR. ROBERT DOUGLAS

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



I. P. N.
CICIMAR
DIRECCION



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 17 del mes Mayo del año 2007, el (la) que suscribe FERNANDO AGUIRRE BAHENA alumno(a) del Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS con número de registro B020759 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo al dirección de: DR. NORMAN SILVERBERG y cede los derechos del trabajo titulado: "CAMBIOS TEMPORALES EN LOS COMPONENTES Y LOS FLUJOS DE LA MATERIA EN HUNDIMIENTO EN CUENTA ALFONSO, BAHÍA DE LA PAZ, DURANTE EL PERIODO 2002-2005" al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: faguirre@ipn.mx silverb@ipn.mx

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

FERNANDO AGUIRRE BAHENA

nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

Es difícil no hacer mención de los apoyos institucionales y personales que me fueron brindados durante el desarrollo y conclusión de mi trabajo de tesis doctoral.

Agradezco el apoyo financiero otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través de la beca 116471 y su programa de apoyos integrales para la formación de doctores en ciencias. Asimismo, al Instituto Politécnico Nacional por las becas recibidas para realizar el trabajo de tesis. Finalmente, un agradecimiento especial al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Institución en la que me formé y recibí apoyo desde mi tesis de maestría.

Un particular agradecimiento a la comisión revisora, formada por el Dr. Norman Silverberg, Dr. Robert Douglas, Dr. Evgueni Choumiline, Dr. Rafael Cervantes Duarte, Dra. Mara Yádira Cortés Martínez y Dr. David Alfaro Siqueiros Beltrones, por su buena disposición a revisar el documento y sus observaciones que ayudaron a mejorar este trabajo.

Mi reconocimiento al M.C Cuauhtémoc Turrent T., quien inicialmente elaboró la mayoría de las gráficas de este documento, y al M.C. Eduardo González Rodríguez por perfeccionarlas y construir otras muchas más. Por otra parte, el éxito de la mayoría de las campañas oceanográficas no hubiera sido posible sin la colaboración y experiencia de la tripulación del B/O Francisco de Ulloa y de mis compañeros y amigos Biol. Juan José Fuentes Valdivia y M.C. Griselda Rodríguez Figueroa. Por último, gracias a mi amiga y condiscípula M.C. Ana Patricia Rodríguez Castañeda por compartir y discutir información pertinente.

INDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABLAS	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Marco teórico	1
1.2. Antecedentes	8
1.3. Hipótesis	9
1.4. Objetivos	9
1.4.1. Objetivo general	9
1.4.2. Objetivos específicos	9
1.5. Área de estudio	11
1.5.1 Climatología e hidrografía	12
2. MATERIAL Y MÉTODOS	18
2.1. Trabajo de campo	18
2.2. Trabajo de laboratorio	22
2.2.1. Preservación de las muestras	22
2.2.2. Observaciones estereoscópicas y separación de la fracción > 1 mm	22
2.2.3. Fraccionamiento de las muestras	23
2.2.4. Cálculo del flujo de masa total	24
2.2.5. Determinación de carbonato de calcio y carbono orgánico	26
2.2.6. Determinación de sílice biogénico	26
2.3. Cálculo de la contribución litogénica	27
2.4. Determinación de las condiciones meteorológicas y oceánicas	27
3. RESULTADOS	29
3.1. Condiciones climatológicas e hidrográficas	29
3.1.1. Velocidad de los vientos	29
3.1.2. Variación temporal de la temperatura del agua de mar	32
3.1.3. Estructura de la columna de agua	34
3.1.3.1. Perfiles verticales de temperatura	34
3.1.3.2. Perfiles verticales de salinidad	34
3.1.3.3. Perfiles verticales de densidad	34
3.1.4. Mareas	38
3.1.5. Variación temporal de la clorofila a superficial	38

3.2. Observación estereoscópica	41
3.3. Fracción (> 1 mm) separada	43
3.4. Caracterización del material particulado en hundimiento	45
3.5. Flujo de Masa Total	49
3.6. Variabilidad temporal del contenido de CaCO_3	52
3.6.1. Variabilidad temporal del flujo de CaCO_3	52
3.7. Variabilidad temporal del contenido de C_{org}	54
3.7.1. Variabilidad temporal del flujo de C_{org}	54
3.8. Variabilidad temporal del contenido de BSiO_2	56
3.8.1. Variabilidad temporal del flujo de BSiO_2	56
3.9. Variabilidad temporal del contenido de material litogénico	58
3.9.1. Variabilidad temporal del flujo de material litogénico	58
3.10. Contribución relativa de los componentes del material en hundimiento	60
4. DISCUSIÓN	62
4.1. Flujos sedimentarios	62
4.1.1. Flujo de masa total	62
4.1.2. Material litogénico: fuentes de sólidos terrígenos	67
4.1.2.1. Precipitación - descarga fluvial	69
4.1.2.2. Transporte eólico	69
4.1.2.3. Otras fuentes: Turbiditas y Nivel de la marea	72
4.1.3. Componentes biogénicos	74
4.1.4. Carbonato de calcio	74
4.1.5. Sílice biogénico	77
4.1.6. Carbono orgánico	80
4.1.6.1. Flujos-exportación de carbono orgánico y productividad primaria	82
4.2. Efecto de los huracanes sobre la sedimentación en Cuenca Alfonso	83
4.3. Comparación de los flujos verticales en Cuenca Alfonso con otros ambientes costeros	89
5. CONCLUSIONES	93
6. RECOMENDACIÓN	96
7. LITERATURA CITADA	97
8. ANEXOS	I
Anexo I	I
Anexo II	IX

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Diagrama mostrando las diversas fuentes para la formación de la nieve marina (Tomado de Brown *et al.*, 1989). 3
- Figura 2. Diagrama esquemático simplificado de la formación de partículas en el océano mostrando algunos procesos de entrada de material al mar (Tomado de Brown *et al.*, 1989). 4
- Figura 3. Mapa batimétrico de la Bahía de La Paz y la localización de la trampa de sedimentos. Modificado a partir de Nava-Sánchez *et al.*, 2001 11
- Figura 4. Promedios diarios de la dirección e intensidad de los vientos (m s^{-1}) de enero del 2002 a noviembre del 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR). 14
- Figura 5. Precipitación pluvial por día de enero del 2002 a noviembre del 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR). La barra en rojo indica la lluvia durante el huracán Marty y ha sido alterada (restándole 60 mm al valor original) para distinguir variaciones de menor escala. (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR). 15
- Figura 6. Temperatura ambiental promedio por semana ($^{\circ}\text{C}$) de enero del 2002 a noviembre del 2005. La línea horizontal es el promedio general (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR). 15
- Figura 7. Perfil vertical de oxígeno y temperatura durante noviembre de 2005 en Cuenca Alfonso. Datos cortesía de Cervantes-Duarte. 16
- Figura 8. Características de T-S de las masas de agua en Bahía de La Paz. Datos a partir de Hinojosa-Larios (En proceso). 17
- Figura 9. Trampa de sedimentos y esquema del anclaje en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. 18
- Figura 10. Secuencia de maniobras para la recuperación de la trampa de sedimentos. 20
- Figura 11. Ubicación de la trampa de sedimentos. En el recuadro la posición exacta de instalación durante los sucesivos periodos de recolecta en Cuenca Alfonso, Bahía de la Paz. El cuadrante en gris indica el área donde se obtuvieron los valores de clorofila a por medio del satélite MODIS. 21
- Figura 12. Diagrama que muestra los diferentes análisis realizados a las muestras de la trampa de sedimentos. 24
- Figura 13. Dirección predominante de los vientos orientados hacia el Norte y Sur (a) y promedio diario de la intensidad de los vientos (b) de enero de 2002 a noviembre de 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR). 31

- Figura 14. Temperatura (promedio diario) a 10 m de profundidad frente a I. La Partida (a) y temperatura superficial (promedio semanal) registrada sobre Cuenca Alfonso mediante satélite. Datos proporcionados por Ocean. Lucio Godínez O. (a) y M.C. Eduardo González R. (b). La línea horizontal indica el promedio. 33
- Figura 15. Perfiles verticales de temperatura ($^{\circ}$ C) en Cuenca Alfonso durante las diferentes campañas realizadas en el periodo 2002-2005. 35
- Figura 16. Perfiles verticales de salinidad (ups) en Cuenca Alfonso durante las diferentes campañas realizadas en el periodo 2002-2005. 36
- Figura 17. Perfiles verticales de densidad en Cuenca Alfonso durante las diferentes campañas realizadas en el periodo 2002-2005. 37
- Figura 18. Envolvente de la marea en Bahía de La Paz durante el periodo 2002 – 2005. 39
- Figura 19. Variación de la clorofila *a* superficial sobre Cuenca Alonso en Bahía de La Paz de julio de 2002 –a noviembre de 2005. Datos (promedio de ocho días) obtenidos del satélite MODIS. Con el propósito de distinguir las variaciones de menor escala El valor que se señala con una flecha ha sido modificado disminuyéndolo a la mitad. La línea horizontal indica el promedio. 40
- Figura 20. Observaciones de los diversos componentes del material recolectado por una trampa de sedimentos de serie de tiempo durante el periodo enero de 2002 a noviembre de 2004 en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. Periodo con abundantes pelotillas fecales (a), diatomeas en cadena (b), foraminíferos (c) y heterópodos (d). 42
- Figura 21. Fracción separada mayor a 1 mm del material recolectado por una trampa de sedimentos de serie de tiempo durante el periodo enero del 2002 a febrero del 2004 en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. Poliquetos y pterópodos (a), pterópodos (b), crustáceos decápodos (c) y larva de pez (d). 43
- Figura 22. Flujos de masa del material recolectado en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. La anchura de cada una de las barras representa el tiempo de recolecta y la línea horizontal el promedio. Las barras en blanco indican el periodo influenciado por los dos huracanes y han sido alteradas (restándole 1 gramo a cada valor) con el propósito de distinguir las variaciones de menor escala. 51
- Figura 23. Porcentaje (a) y flujo de carbonato de calcio (b) del material recolectado en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. La anchura de cada una de las barras representa el tiempo de recolecta y la línea horizontal el promedio. Las barras en blanco indican el periodo influenciado por los huracanes. 53
- Figura 24. Porcentaje (a) y flujo de carbono orgánico (b) del material recolectado en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. La anchura de cada una de las barras representa el tiempo de recolecta y la línea horizontal el promedio. Las barras en blanco indican el periodo influenciado por los huracanes. 55

Figura 25. Porcentaje (a) y flujo de sílice biogénico (b) del material recolectado en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. La anchura de cada una de las barras representa el tiempo de recolecta y la línea horizontal el promedio. Las barras en blanco indican el periodo influenciado por los huracanes.	57
Figura 26. Porcentaje de contribución (a) y flujo del material litogénico (b) recolectado en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. Las barras en blanco indican el periodo influenciado por los dos huracanes y han sido alteradas (restándole 1 gramo a cada valor) con el propósito de distinguir las variaciones de menor escala.	59
Figura 27. Contribución relativa de los componentes del material recolectado por una trampa de sedimentos de serie de tiempo durante el periodo enero del 2002 a noviembre del 2005 en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz.	61
Figura 28. Flujos de masa total por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.	66
Figura 29. Flujos litogénicos por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.	68
Figura 30. Asociación entre el número de rachas del NW $\geq 4.5 \text{ m s}^{-1}$ por día y el flujo litogénico.	70
Figura 31. Relación entre el número de rachas (con intensidad mayor a 4.5 m s^{-1}) por día provenientes del Noroeste (a) y del Sureste (b) y el flujo litogénico.	71
Figura 32. Dirección e intensidad de las rachas $> 4.5 \text{ m s}^{-1}$ por año.	72
Figura 33. Flujos de carbonatos por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.	76
Figura 34. Flujos de sílice biogénico por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.	78
Figura 35. Flujos de carbono orgánico por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.	81
Figura 36. Relación entre los flujos de carbono orgánico e inorgánico (CaCO_3)	82
Figura 37. Trayectoria y categoría de los huracanes Ignacio y Marty. Información obtenida de la base de datos de la National Weather Service (NOAA).	88
Figura 38. Velocidad del viento registrada durante el impacto de los huracanes Ignacio y Marty en la región de Bahía de la Paz en agosto y septiembre del 2003. Cada vector es el promedio de dos datos de intensidad y dirección medidos a intervalos de 30 minutos. (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Precipitación pluvial anual en la región de La Paz de enero de 2002 a noviembre de 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR). En 2005 los datos sólo hasta noviembre.	13
Tabla 2. Resumen de las diferentes campañas realizadas.	21
Tabla 3. Promedio de intensidad y porcentaje de presencia por sectores (de 45° cada uno) de los vientos en la región de La Paz del 2002 al 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).	29
Tabla 4. Promedio de intensidad (m s^{-1}) de los vientos para cada estación del año. Entre paréntesis el promedio de los vientos del NW (de 292 a 360°), el porcentaje que representa en esa estación y el número de rachas de vientos mayores a 5 m s^{-1} (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).	30
Tabla 5. Anotaciones sobre las diferentes campañas realizadas. Se señala el tiempo que estuvo la trampa recolectando material, los periodos sin datos (SD), así como la embarcación utilizada y la ubicación exacta de la trampa.	45
Tabla 6. Fechas y número de días de recolecta con los valores de flujo de masa total (FMT), de carbonatos de calcio (CaCO_3), sílice biogénico (BSiO_2), carbono orgánico (C_{org}), y la fracción litogénica. Además de su contribución, en porcentaje, al flujo de masa total. Flujos en $\text{mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. En negritas los periodos influenciados por los huracanes. Periodos sin datos (ND).	46
Tabla 7. Flujo promedio ($\text{mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) y contribución, en porcentaje, de cada uno de los componentes de enero del 2002 a noviembre del 2005 en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz.	49
Tabla 8. Periodicidad observada en los flujos de masa total del material en hundimiento en Cuenca Alfonso.	62
Tabla 9. Promedios por año de los flujos de cada componente y sus porcentajes respectivos. Entre paréntesis los valores incluyendo los datos obtenidos durante los huracanes “Ignacio” y “Marty”.	63
Tabla 10. Periodicidad observada en los flujos de carbonatos del material en hundimiento en Cuenca Alfonso.	75
Tabla 11. Comparación del material total y litogénico recolectado por año (en g m^{-2}) en Cuenca Alfonso sin la influencia de huracanes y durante estos eventos. Entre paréntesis en flujo de masa total y el litogénico (en $\text{g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$).	86
Tabla 12. Características de los huracanes, sobre la Bahía de La Paz en 2003, y su efecto en la tasa de sedimentación. ^a Servicio Meteorológico Nacional (CNA). ^b Estación meteorológica del CIBNOR. ^c National Weather Service (NOAA).	88

Tabla 13. Flujos promedio anuales (en $\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$) en cuatro cuencas marginales, se indica la ubicación geográfica, la profundidad a la que fueron instaladas y la distancia al punto más cercano de la costa. Los valores en negritas y entre paréntesis, en Cuenca Alfonso, no consideran el impacto de los huracanes. 92

RESUMEN

Para mejorar el conocimiento sobre la variación en magnitud y composición de los flujos sedimentarios y los procesos que la controlan – así como para documentar la existencia de ciclos estacionales y/o variaciones interanuales – se instaló una trampa de sedimentos de series de tiempo a 50 metros del fondo en Cuenca Alfonso, una depresión localizada al norte de Bahía de La Paz, con una profundidad máxima de 410 m. Los flujos de masa total (FMT), carbono orgánico (C_{org}) e inorgánico ($CaCO_3$), ópalo ($BSiO_2$) y por derivación, el flujo litogénico, fueron determinados a partir de 118 muestras, obtenidas en doce cruceros oceanográficos, y que constituyen cuatro años de recolección casi continua (85% de cobertura temporal). Estas muestras representan periodos independientes con una resolución de, generalmente, 7-8 días y excepcionalmente de 14-16 días. El FMT fue dominado -en el 75% de las muestras representó más de la mitad del mismo- por las partículas litogénicas (prom. $56 \pm 10\%$). El análisis de los vientos sugiere que éstos son un factor importante en la regulación de la entrada de material terrígeno en esta zona semiárida y con escasa precipitación. Sin embargo, no se encontró una fuerte correlación entre la intensidad-dirección del viento con los flujos litogénicos lo que indica que otros factores, tales como la agregación biogénica de las grandes partículas que se hunden, pueden estar involucrados. Cuantitativamente, el $CaCO_3$ fue el componente biogénico predominante (20%) seguido por el $BSiO_2$ (14%) y el C_{org} (5.6%).

Estos componentes mostraron variaciones importantes (> 1 D. Estd.) aún de una semana a otra. En general, la variabilidad de los flujos siguió un patrón semejante: valores por debajo del promedio se evidenciaron usualmente en primavera y verano, valores máximos en otoño con picos secundarios ocasionalmente en invierno. Existe variación considerable de los patrones de un año a otro, sin embargo, cuatro largas oscilaciones fueron observadas en 2002, mientras que, durante 2005, un fuerte decremento general particularmente de los componentes litogénico y de ópalo. Esto parece asociado a una disminución significativa del número de las rachas de vientos $> 4.5 \text{ m s}^{-1}$.

El flujo de masa total (FMT) fluctuó entre 0.17 y 3.9 g m⁻² d⁻¹ y el promedio (0.76 g m⁻² d⁻¹) equivale a un tasa de acumulación de sedimento de 0.4 mm a⁻¹, similar a la reportada por estudios radiométricos sobre núcleos de sedimento. Esto indica que la trampa de sedimentos opera eficientemente en esta cuenca de sedimentación natural.

Los huracanes son un caso especial. Los dos observados en 2003 inducen una sedimentación mucho más intensa del componente litogénico, el cual persiste por más de dos semanas. 46% del flujo litogénico promedio anual se recolectó en 29 días influenciados por los huracanes “Ignacio” y “Marty”. Los flujos del material marino, también se incrementaron lo que sugiere una intensificación de la productividad, particularmente de los cocolitofóridos.

Comparando con otras cuencas marginales son claras las diferencias en magnitud, composición y estacionalidad: flujos dos y cuatro veces más altos de BSiO₂ son registrados en Cuenca Guaymas y Santa Barbara, respectivamente, mientras que en Cuenca Alfonso el CaCO₃ domina la sedimentación biogénica.

ABSTRACT

In order to improve our understanding of the variations in the magnitude and composition of the sedimentation fluxes and the processes that control them – as well as documenting seasonal cycles and interannual variations – a time-series sediment trap was installed 50 meters above the seafloor in Cuenca Alfonso, a 410 m deep depression in the northern part of Bahía de La Paz. Total mass fluxes (TMF), organic carbon (C_{org}) and inorganic carbon ($CaCO_3$), biogenic silica ($BSiO_2$) and, by difference, the lithogenic flux, were determined from 118 samples recovered during 12 oceanographic cruises. These represent 4 years of almost continuous collection (85% of the time span). The samples were generally of 7-8 day or, exceptionally, 14-16 day periods. The TMF was dominated by lithogenic particles – in 75% of the samples it amounted to more than half (average $56 \pm 10\%$). Analysis of wind records suggest that this is an important factor regulating the input of terrigenous material in this semiarid zone with little precipitation. There is, however, no strong correlation between wind direction and intensity and the lithogenic flux, indicating that other factors, such as the biogenic aggregation of the large particles that sediment, which may be involved. Quantitatively, $CaCO_3$ was the principal biogenic component (20%) followed by $BSiO_2$ (14%) and C_{org} (5.6%).

All of these components show important variations (>1 StDev) even from one week to the next. In general, the variability in the fluxes follows a similar pattern: below average values are usually encountered in spring and summer, with maximums in autumn and occasionally secondary peaks in winter. There is considerable variation in the patterns from year to year, however four broad oscillations are observed in 2002, while, during 2005, a strong general decrease in flux, particularly for the lithogenic and biogenic silica components. This appears to be associated with a large decrease in the number of wind gusts $> 4.5 \text{ m s}^{-1}$.

The TMF fluctuated between 0.17 and $3.9 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. The mean ($0.76 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) is equivalent to a sediment accumulation rate of 0.4 mm y^{-1} , similar to that reported from radiometric studies of the basin sediments. This indicates that the sediment trap operated efficiently in this natural sedimentation basin.

Hurricanes were a special case. The two observed in 2003 induced much more intense sedimentation of the lithogenic component that persists for over two weeks. 46% of the average annual lithogenic fluxes sedimented during the 29 days influenced by the hurricanes “Ignacio” and “Marty”. Fluxes of marine components also increased, suggesting intensification of productivity, particularly that of coccolithophorids.

There are clear differences in magnitude, composition and seasonality of fluxes in Cuenca Alfonso compared with other marginal basins. Fluxes 2 and 4 times greater for BSiO_2 are reported from Guaymas and Santa Barbara Basins, respectively, while in Alfonso it is the CaCO_3 that dominates the biogenic sedimentation.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Marco teórico

Los estudios de trampas de sedimento llevados a cabo en varios ambientes marinos han mejorado el entendimiento de los factores que controlan la variabilidad estacional en los flujos de material tanto litogénico como biogénico en los océanos. Más aún, los muestreos llevados a cabo por más de un año en varias regiones oceánicas han revelado considerables variaciones interanuales en los flujos de partículas además de las variaciones estacionales (Deuser y Ross, 1980; Deuser *et al.*, 1981; Karl *et al.*, 1996; Thunell, 1998, Conte *et al.*, 1998; Conte *et al.*, 2001; entre otros). Por lo tanto, estudios a largo plazo pueden ayudar a identificar años anómalos (El Niño-La Niña, presencia de huracanes y/o lluvias excepcionalmente intensas) y permitir una comparación de los flujos de partículas con los sedimentos más recientemente depositados en el piso oceánico.

Las trampas de sedimento de series de tiempo son estructuras cónicas o cilíndricas, con una gran variedad de diseños, que son instaladas en el mar por periodos de semanas o meses para obtener información cuantitativa y cualitativa de las grandes partículas en hundimiento. El análisis del material permite: a) estimar los flujos de una amplia variedad de componentes biológicos y químicos, y b) determinar la naturaleza cualitativa de estos componentes.

Aunque las trampas de sedimento pueden proveer de información sobre los procesos en las aguas superficiales, la interpretación de los datos es complicada debido a: a) la heterogeneidad de los procesos, b) la complejidad de las trayectorias de la materia particulada en hundimiento y c) la pérdida selectiva del material durante el hundimiento debido a la degradación de la materia orgánica y la disolución mineral (Jickells *et al.*, 1996). Esto último se debe a que las partículas biogénicas, las cuales consisten de minerales relativamente insolubles tales como sílice (BSiO_2) y carbonatos (CaCO_3), se sedimentan a través de la columna de agua sin mayor alteración; mientras que las partículas orgánicas pueden ser degradadas significativamente.

Referente a la heterogeneidad de los procesos, una gran variedad de éstos han sido considerados como reguladores de los flujos de sedimentos en el mar.

Entre los procesos climáticos y físicos se pueden mencionar: eventos El Niño, cambios en los patrones de circulación oceánica inducidos por los monzones, variaciones en las descargas de ríos, grandes sismos capaces de producir inestabilidad y resuspensión en los sedimentos del talud continental de las márgenes tectónicamente activas (turbiditas), transporte eólico, procesos de transporte lateral, la estructura física de la columna de agua (v. gr. estratificación, turbulencia), las propiedades físicas de las mismas partículas (v. gr. densidad, tamaño), entre otros. Adicionalmente, hay que tener en cuenta que la sedimentación de partículas en el océano abierto (pero también en los márgenes continentales) está controlada por procesos biológicos, los cuales a su vez son forzados por procesos físicos que influyen en la capa superficial (Lange *et al.*, 1994). Algunos procesos biológicos significativos son, entre otros: la productividad primaria, la generación de nieve marina, la agregación por exopolímeros transparentes (TEP), la compactación como las pelotillas fecales, la autoagregación por células del fitoplancton (Figura 1) así como el hundimiento de partículas biogénicas individuales (Alldredge y Silver, 1988; Silver y Gowing, 1991). Incluso se ha considerado la naturaleza del sistema trófico pelágico (Wassman *et al.*, 1994). La complejidad para interpretar los datos obtenidos es aún mayor, ya que dichos factores usualmente actúan en conjunto y tienen un efecto diferencial sobre los diversos componentes del material en hundimiento. Por otro lado, los mecanismos implicados en el transporte vertical son básicamente el hundimiento gravitacional y el transporte biológico. En este aspecto, las migraciones diarias del zooplancton se han propuesto como otro mecanismo importante en el transporte de materia orgánica de la zona eufótica hacia las aguas profundas en algunas áreas oceánicas.

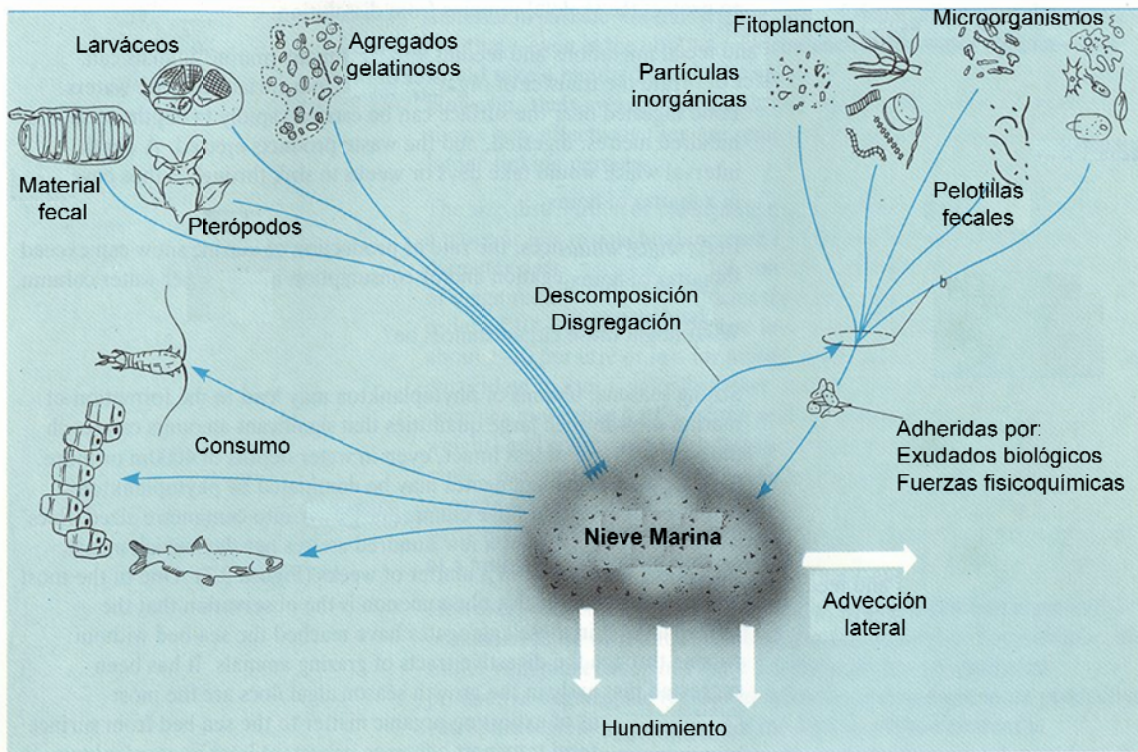


Figura 1. Diagrama mostrando las diversas fuentes para la formación de la nieve marina (Tomado de Brown *et al.*, 1989).

Además de la materia orgánica particulada (MOP), los agregados de hundimiento rápido, pueden incluir y transportar otros componentes (Figura 2), por ejemplo, esqueletos de organismos del zooplancton (Andruleit, 2000; Beaufort y Heussner, 1999; Bory *et al.*, 2001), frústulas de diatomeas (Antia *et al.*, 2001; Bianchi *et al.*, 2002; Lange *et al.*, 1994), minerales terrígenos y elementos traza asociados (Aoki y Kohyama, 1992; Ratmeyer *et al.*, 1999; Bory *et al.*, 2001, Honjo *et al.*, 1995; Honjo *et al.*, 1999; entre muchos otros) así como contaminantes (Buesseler *et al.*, 1990). Sin embargo, estos grandes agregados son relativamente raros, de 1 a 4 agregados por litro (Fellows *et al.*, 1981), y se considera que aproximadamente 95% de la materia particulada total consiste de partículas con un tamaño $< 20 \mu\text{m}$ y que poseen una velocidad de hundimiento $< 1 \text{ m d}^{-1}$ (Marty *et al.*, 1994). Sin embargo, a pesar de su baja abundancia, las partículas más grandes son la fracción predominante de los flujos de masa, debido a su

incremento exponencial de masa y a su mayor velocidad de hundimiento. Se considera que las tasas de hundimiento de estos grandes agregados regularmente están en un orden de 50 a 150 m d⁻¹ (Alldredge y Silver, 1988) aunque algunas partículas pueden hundirse con tasas de 100 a 300 m d⁻¹, e incluso de hasta 1000 m d⁻¹, como las grandes pelotillas fecales (Yamaguchi *et al.*, 2003).

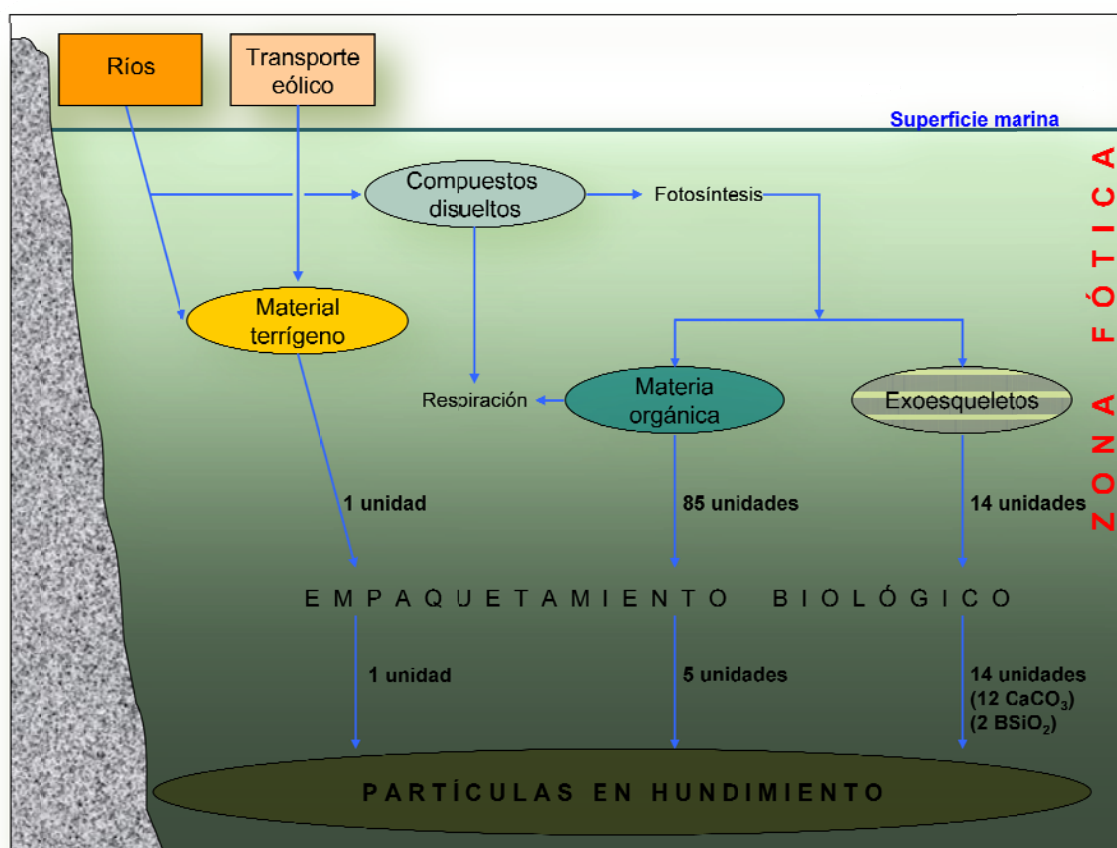


Figura 2. Diagrama esquemático simplificado de la formación de partículas en el océano mostrando algunos procesos de entrada de material al mar (Tomado de Brown *et al.*, 1989).

Las técnicas usadas comúnmente para recolectar la materia particulada (como las botellas oceanográficas) son inadecuadas para recolectar los grandes agregados. Una alternativa es el sistema de filtración *in situ* de grandes volúmenes de agua (MULVFS, por sus siglas en inglés) a varias profundidades (Bishop, 1976). Sin embargo, aunque actualmente esta tecnología está vigente

(Lam *et al.*, 2002) no muchos investigadores la utilizan y además, la información que se genera es usualmente puntual. Solo hasta finales de la década de los setenta, mejoras substanciales en la automatización y anclaje de las trampas de sedimento de serie de tiempo permitieron la colecta de material sedimentario sobre periodos extensos (Wong, 1999). Desde entonces, y hasta ahora las trampas de sedimentos son la principal herramienta oceanográfica para coleccionar pasivamente el material particulado en hundimiento (Michaels *et al.*, 1994).

Aparte del tiempo utilizado para recobrar y reinstalar el instrumento durante los cortos cruceros, la trampa de sedimentos proporciona una cobertura continua. Subdividiendo las muestras, el material está disponible para realizar una amplia variedad de análisis, proporcionando información acerca de la naturaleza de los organismos en la columna de agua, la composición y la posible fuente de la materia orgánica y de los componentes minerales. Tales datos pueden también ser usados para evaluar e interpretar las tasas de acumulación y la química de los sedimentos subyacentes (Silverberg *et al.*, 1986). Adicionalmente, las trampas de sedimento no solo proporcionan información de las tasas de sedimentación, sino también valiosa información concerniente a los cambios tróficos de la comunidad pelágica (Romero *et al.*, 2000). Por último, las variaciones en los flujos de las partículas en hundimiento, estimados por trampas de sedimentos de serie de tiempo, pueden ser relacionadas con las variaciones en las condiciones de la superficie, permitiendo detectar e identificar posibles causas para los eventos de sedimentación periódicos o episódicos que no pueden ser observados en estudios de corto plazo (Peña *et al.*, 1999).

Como muchas herramientas propias de la investigación científica, con el incremento en la utilización de las trampas de sedimentos se han descubierto problemas asociados a su uso en diferentes condiciones. Así, uno de los principales problemas metodológicos de las trampas de sedimentos es reconocer los sesgos en la eficiencia de colecta, es decir que la muestra sea cuantitativa y cualitativamente representativa de la sedimentación natural. Existen varios tipos de problemas que intervienen en el grado de eficiencia de las trampas. Debido a esto, varios trabajos se han realizado para calibrar la eficiencia de recolecta.

Gardner (1980) hace una amplia revisión de los diversos métodos utilizados para la calibración de las trampas de sedimentos de serie de tiempo. Los sesgos pueden deberse a la hidrodinámica: turbulencia generada sobre y dentro de la trampa (No. de Reynolds), al diseño (la razón entre la longitud y el diámetro de la trampa), o a aspectos biológicos (el problema de los nadadores). A pesar de estos problemas, diversos estudios sobre el transporte vertical de material usando trampas de sedimento han dado resultados en concordancia con los datos obtenidos utilizando diferentes aproximaciones científicas (Anónimo, 1989). De este modo, es claro que la investigación sobre flujos de partículas utilizando las trampas de sedimento ha demostrado que bajo circunstancias favorables éstas proveen de información precisa sobre los flujos verticales.

Finalmente, uno de los factores ambientales más significativos, el cual puede, además, influenciar las actividades humanas, es el cambio climático. El problema del calentamiento global es causado principalmente por un incremento de $p\text{CO}_2$, el cual ha sido impulsado por la combustión antropogénica de combustibles fósiles desde la revolución industrial (Takahashi *et al.*, 2000). Debido a la creciente preocupación acerca del efecto del CO_2 sobre el cambio climático global, se ha generado un interés científico sobre el papel del océano en el ciclo global del carbono: el océano contiene alrededor del 95% del carbono que circula activamente en la atmósfera. En el pasado se suponía que este incremento del $p\text{CO}_2$ atmosférico podía ser amortiguado por la fijación de carbono en los mares marginales y en las regiones pelágicas; y que, a través de la bomba biológica era transferido desde la capa superficial hacia el océano profundo, donde una pequeña pero significativa porción de este carbono era retenido. Sin embargo, el papel de la bomba biológica como un mecanismo que atrapa y reduce el CO_2 atmosférico neto ha sido sobreestimado. Este gas reacciona con el agua de mar formando ácido carbónico (H_2CO_3), el cual genera iones bicarbonato y carbonato. Pero la capacidad del océano para absorber CO_2 no es ilimitada. Hay dos factores determinantes: 1) debido a que la circulación oceánica es a gran escala, el océano toma CO_2 a una tasa muy lenta como para poder contrarrestar el CO_2 antropogénico que se acumula en la atmósfera; y 2) la capacidad química del

océano para tomar CO₂ disminuye a medida que la cantidad de CO₂ adicionada se incrementa. Aun así, anualmente, la bomba biológica suprime un estimado de 7 GT de carbono (1 GT=10¹⁵g) de las aguas superficiales de los océanos, valor equivalente a ~15% de la producción primaria oceánica anual (Karl *et al.*, 1996). El proceso de la bomba biológica comienza en la capa superficial del mar donde el carbono inorgánico disuelto es incorporado por el fitoplancton a través de la fotosíntesis siendo subsecuentemente transformado por el zooplancton y otros procesos biológicos y no biológicos, en agregados mayores de materia orgánica particulada en forma de agregados mucosos (nieve marina) y pelotillas fecales (Fowler y Knauer, 1986; Alldredge y Silver, 1988). Una parte de esta materia orgánica es reciclada a través de la cadena alimenticia en la columna de agua (producción regenerada), otra fracción se hunde al fondo marino en forma de partículas o se mezcla en aguas profundas como carbono disuelto o carbono inorgánico. De esta manera, el reciente interés sobre el ciclo biogeoquímico del carbono en el océano ha enfatizado el importante valor de los datos de flujos de series de tiempo a través de las trampas de sedimento (Miquel *et al.*, 1994); Aunado a esto, los estudios con trampas de serie de tiempo a largo plazo son un componente en la investigación sobre la variabilidad climática y su efecto en el funcionamiento del océano (Conte *et al.*, 2001).

1.2. Antecedentes

A pesar de su importancia, los estudios de series de tiempo largas utilizando las trampas de sedimentos aún son escasos. Uno de éstos, y uno de los más extensos, es el realizado por el programa de flujos oceánicos (OFP, por sus siglas en inglés) que desde 1978 registra el flujo de partículas en el Mar de los Sargazos. Uno de los descubrimientos más importantes de este (Deuser y Ross, 1980) -y otros estudios en mar abierto- fue la marcada estacionalidad de los flujos sedimentarios: el arribo de las partículas (lito y biogénicas) al fondo marino está controlado por los procesos ligados al ciclo anual de la productividad primaria. Sin embargo, la situación es más compleja en las márgenes continentales donde están implicados otros procesos (p. ej. transporte lateral, lluvias, descargas fluviales). Y es precisamente aquí donde relativamente pocos estudios se han llevado a cabo (Biscaye y Anderson, 1994; Thunell *et al.*, 1994; Thunell, 1998a; Thunell, 1998b). En los mares mexicanos sólo dos trabajos han sido publicados. El estudio pionero es el de Thunell (1998a) quien entre 1990 y 1996 documentó la sedimentación en la Cuenca Guaymas, una depresión situada en la parte central del Golfo de California. Sus resultados indican que el material sedimentario está dominado, estacionalmente, por el sílice biogénico (de finales de otoño a primavera) y por la fracción terrígena (en el verano). Atribuye los altos flujos de sílice biogénico a la inversión del patrón de vientos. Los vientos del norte (más intensos) generan surgencias que estimulan la productividad primaria. En el verano los picos en los flujos litogénicos los asocia con la temporada de lluvias. El segundo trabajo es el de Silverberg *et al.* (2004) quienes estudiaron los flujos sedimentarios en Cuenca San Lázaro durante la influencia del El Niño 1997-98, en costa Suroeste de la Península de Baja California. Parece que este evento afectó negativamente los flujos de partículas.

1.3. Hipótesis

La variación, en magnitud y composición, de los flujos del material en hundimiento colectado por la trampa de sedimento de serie de tiempo en Cuenca Alfonso en Bahía de La Paz es causada por la influencia de cambios bióticos y/o abióticos que suceden en la capa superficial y que pueden ser identificados a través del análisis de este material.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

En este trabajo se pretende conocer las variaciones en la composición y dinámica (flujo) del material en hundimiento en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz, durante cuatro años continuos e interpretar los cambios en el ecosistema pelágico que las inducen, así como evidenciar, si existen, ciclos estacionales y variaciones interanuales.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los flujos de masa total (FMT) y de los componentes biogénicos: carbono orgánico (C_{org}) e inorgánico ($CaCO_3$) y sílice biogénico ($BSiO_2$), así como su contribución, en porcentaje, al flujo total.
- b) Calcular, a partir de los flujos biogénicos, el flujo del componente litogénico y su contribución respectiva.
- c) Analizar las variables climatológicas (dirección e intensidad de los vientos, precipitación pluvial y temperatura ambiental), hidrológicas e hidrodinámicas (temperatura, salinidad, estratificación de la columna de agua, corrientes y mareas) así como hidroquímicas (clorofila *a*) que ayuden a interpretar las variaciones en los flujos de los diferentes componentes del material particulado que se hunde en Cuenca Alfonso en Bahía de La Paz.

- d) Determinar la tasa de acumulación de sedimentos a través de los valores del flujo de masa total.
- e) Identificar los principales grupos del zooplancton que componen la fracción mayor a un milímetro.

1.5. Área de estudio

La Bahía de La Paz se encuentra ubicada en el margen suroriental de la Península de Baja California -aproximadamente a 180 km de la boca del Golfo de California- y es el cuerpo de agua más grande del litoral Este de la península. Presenta una área de 2635 km² y se localiza entre los 24° 10' N, y 24° 47' N de latitud y los 110° 20' W y 110° 44' W de longitud (Figura 3).

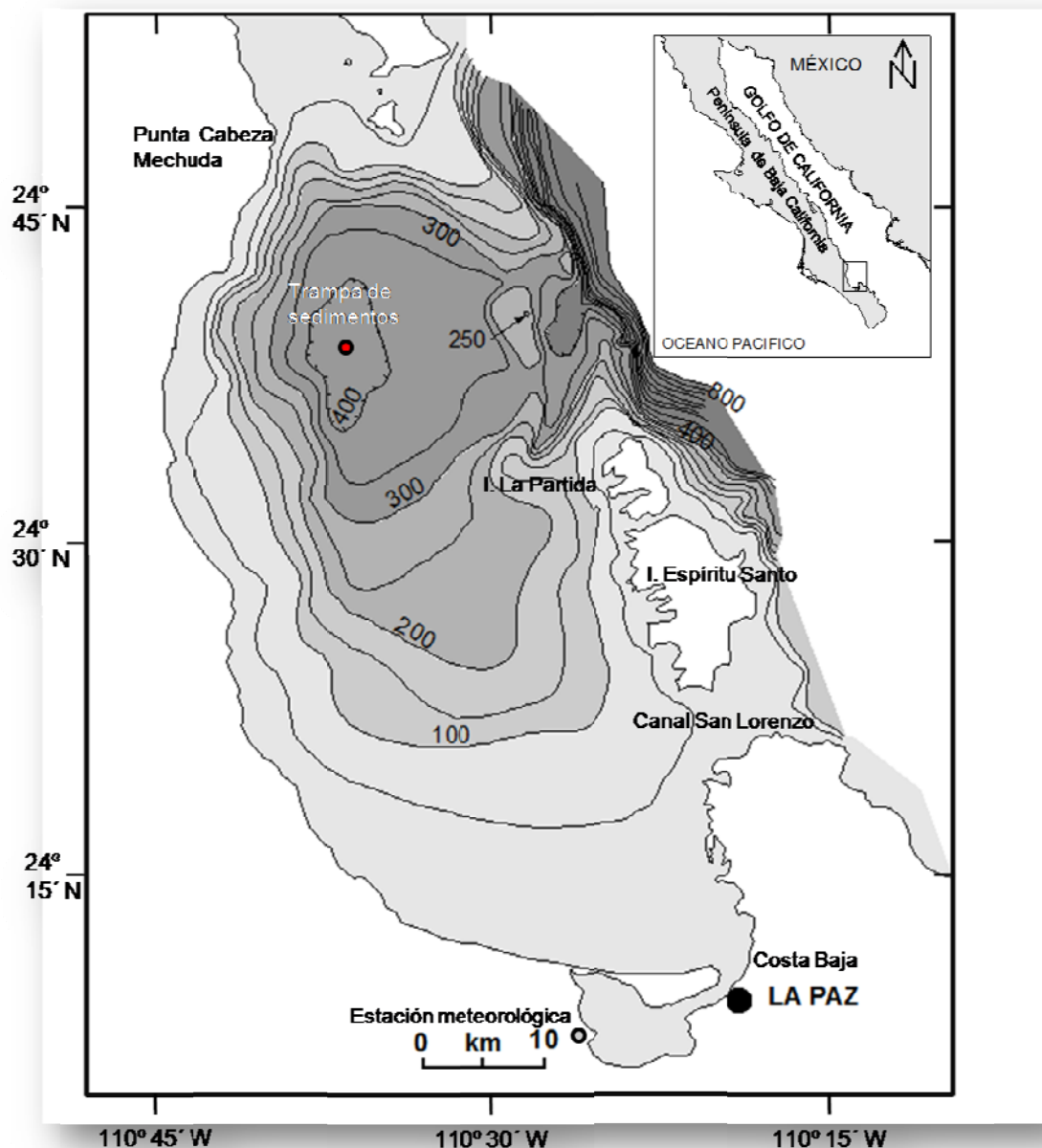


Figura 3. Mapa batimétrico de la Bahía de La Paz y la localización de la trampa de sedimentos. Modificado a partir de Nava-Sánchez *et al.*, 2001

La Bahía de La Paz es una amplia entrada de agua con una forma semielíptica con su eje mayor en orientación noroeste/sureste. Tiene una longitud máxima de 77 km desde Punta Cabeza Mechuda a Playa Costa Baja y de cerca de 40 km en su eje horizontal. Al Oeste y al Sur está limitada por tierra firme, mientras que al Norte y Este por las aguas del Golfo de California y las Islas Espíritu Santo y La Partida. Presenta una comunicación libre con las aguas del Golfo de California a través de dos bocas. La boca principal está ubicada entre Punta Cabeza Mechuda y el extremo norte de la Isla La Partida, y la boca secundaria (Canal San Lorenzo) se encuentra al sureste, entre el extremo Sur de la Isla Espíritu Santo y Punta Las Pilitas. Los datos batimétricos de La Bahía de La Paz muestran profundidades muy variables. En su porción Sur es un cuerpo de agua relativamente somero y de pendiente suave. Su profundidad aumenta hacia el norte, presentando un cauce a partir de los 200 m de profundidad que desemboca en Cuenca Alfonso con una profundidad máxima registrada de 410 m (Cruz-Orozco *et al.*, 1996).

La Bahía de La Paz es considerada un área productiva, pero sólo recientemente se han llevado a cabo estudios dirigidos hacia el entendimiento de los procesos oceanográficos que regulan la productividad primaria dentro de la bahía (Reyes-Salinas, 1999; Martínez-López *et al.*, 2001, Cervantes-Duarte *et al.*, 2005). También, el estudio de los fenómenos físicos es igualmente reciente (Zaitsev *et al.*, 1998, Salinas-González, 2000, Troyo-Díeguez, 2003) y aún no es suficiente para entender algunos de los factores que controlan la producción primaria ni la circulación en la bahía.

1.5.1 Climatología e hidrografía

No hay ríos permanentes que desemboquen en la Bahía de La Paz, y el drenaje está restringido a los escurrimientos esporádicos generados por lluvias de tormentas y huracanes (Van Andel, 1964; Baba *et al.*, 1991). Esto genera que la tasa de evaporación de 215 mm a^{-1} exceda a la precipitación de 180 mm a^{-1} (Precipitación media anual de 1941 a 2005, www.smn.cna.gob.mx). La velocidad de los vientos en el Golfo de California presenta una tendencia marcadamente

estacional de tipo monzón, que consiste en la inversión en la dirección de éstos y un cambio en la intensidad. Esta condición ha sido ampliamente documentada (Roden, 1958; Badan-Dangon *et al.*, 1985; Douglas *et al.*, 1993, Parés-Sierra *et al.*, 2003). Los datos de la estación meteorológica del CIBNOR son consistentes con esta misma tendencia: a partir de mayo y hasta octubre los vientos soplan predominantemente del sureste, mientras que de octubre a marzo lo hacen del noroeste. Sin embargo, se observan periodos de transición básicamente en marzo y abril durante los cuales la dirección predominante del viento se invierte en cuestión de días (Fig. 4).

La estacionalidad de las lluvias en la región de La Paz es constante, con lluvias más frecuentes en el verano e invierno, escasas en el otoño y prácticamente ausentes en la primavera (Fig. 5). Los meses con mayor precipitación son, septiembre seguido de agosto. En cuanto a la variación interanual, la precipitación es altamente variable, así, en el año 2003 la precipitación fue máxima (199 mm) mientras que en 2005, el año más seco del periodo estudiado, fue de 53% con respecto al máximo valor observado (Tabla 1).

Tabla 1. Precipitación pluvial anual en la región de La Paz de enero de 2002 a noviembre de 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR). En 2005 los datos sólo hasta noviembre.

Año	No. Días	Lluvia (mm)
2002	365	147
2003	365	199
2004	366	146
2005	334	106

Las lluvias asociadas a los huracanes "Ignacio" y "Marty" contribuyeron con el 81% de la descarga pluvial total durante el 2003. Adicionalmente, es interesante que en un solo día el huracán "Marty" descargara prácticamente la misma cantidad de agua de lluvia (109 mm) que durante todo el año 2005 (106 mm). Este año fue particularmente seco.

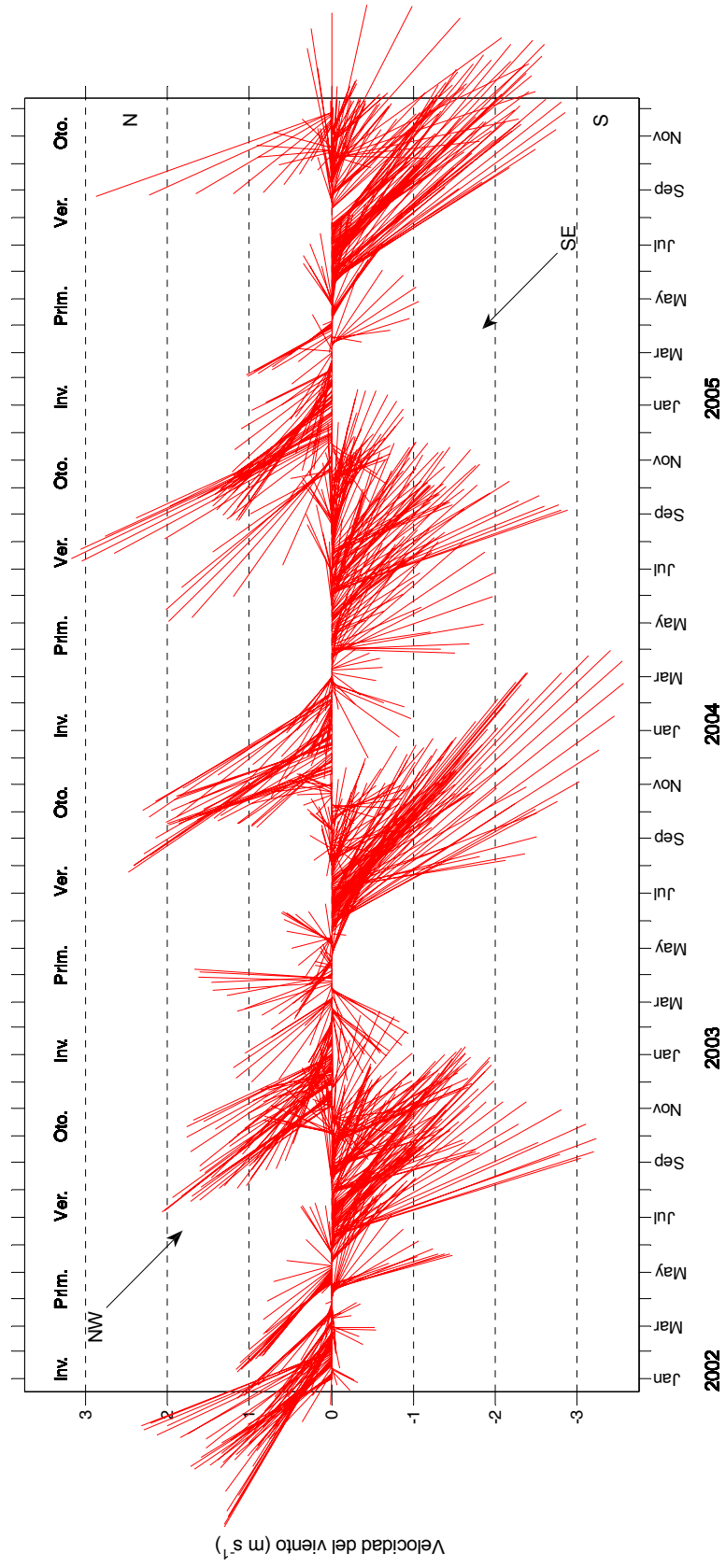


Figura 4. Promedios diarios de la dirección e intensidad de los vientos (m s^{-1}) de enero del 2002 a noviembre del 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).

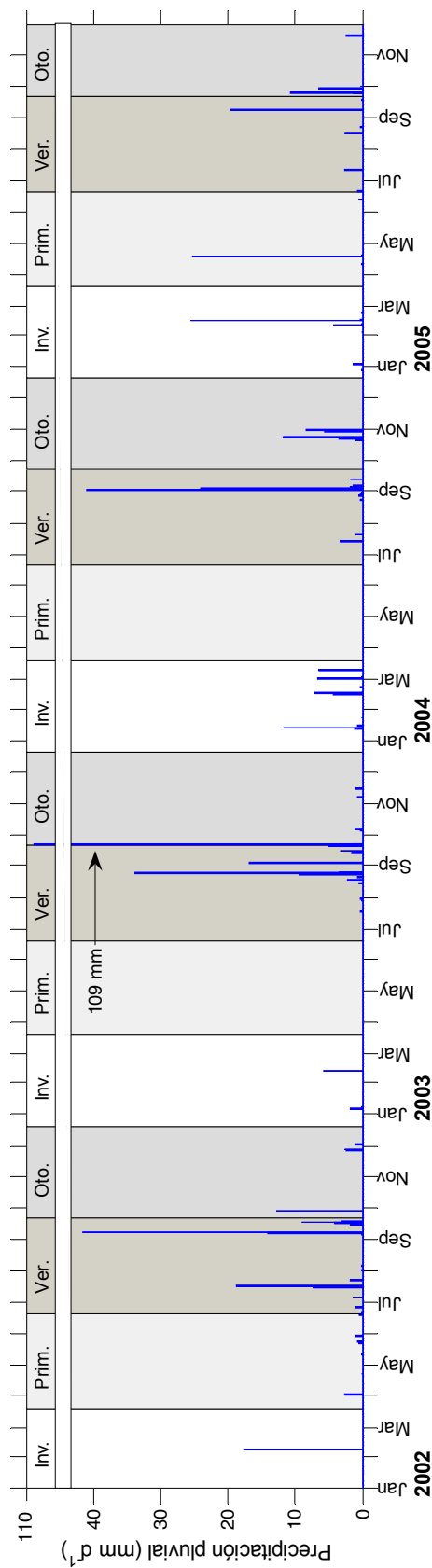


Figura 5. Precipitación pluvial por día de enero del 2002 a noviembre del 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR). La barra en rojo indica la lluvia durante el huracán Marty y ha sido alterada (restandole 60 mm al valor original) para distinguir variaciones de menor escala. (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).

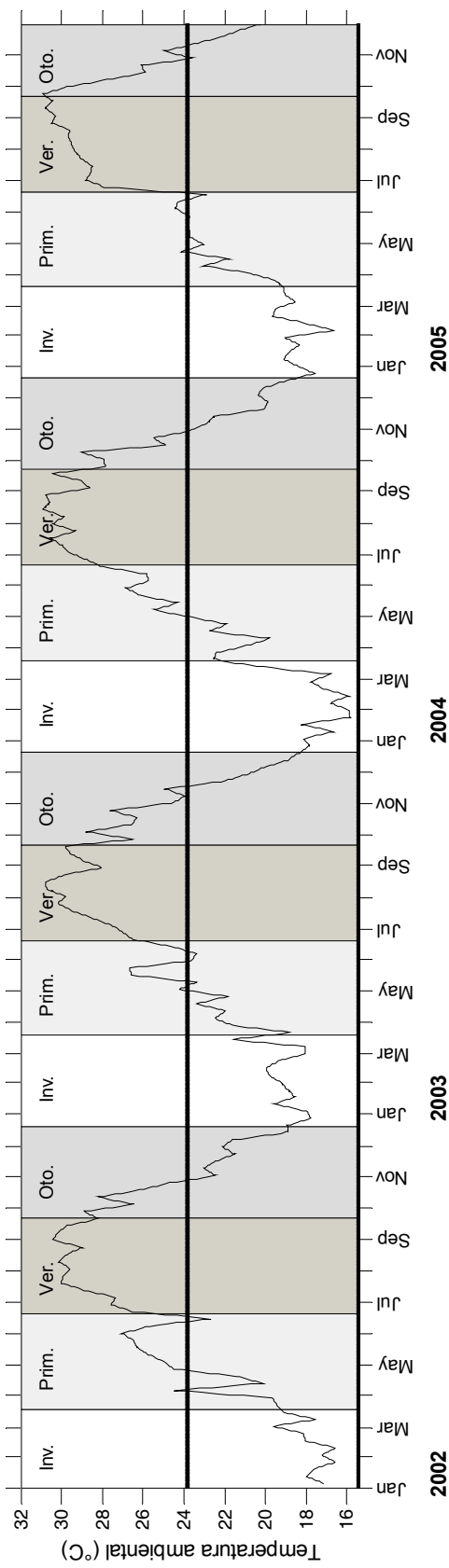


Figura 6. Temperatura ambiental promedio por semana (°C) de enero del 2002 a noviembre del 2005. La línea horizontal es el promedio general (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).

El promedio semanal de la temperatura del aire, durante el periodo de estudio, fue de aproximadamente 24°C con valores máximos registrados generalmente en agosto y mínimos en febrero (Fig. 6). La fluctuación diaria tuvo un mínimo de 7.3°C en el invierno, alcanzando en el verano casi los 42° C. Los valores promedio semanales de temperatura presentaron una variación evidente de una semana a la siguiente. Por otra parte, el promedio anual de temperatura del aire fue muy consistente durante los 4 años del estudio con una desviación estándar promedio ($\cong 7^\circ \text{C}$) parecida.

Por otro lado, en las cuencas del Golfo de California, se encuentra una capa de agua pobre en oxígeno, lo que limita la actividad biológica. En Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz, la situación no es diferente. Los perfiles verticales de oxígeno, observados en esta cuenca a finales de la primavera por Monreal-Gómez y colaboradores (2001), mostraron valores alrededor de 5 mL L⁻¹ desde la superficie hasta aproximadamente 25 m de profundidad. Estos resultados concuerdan con otras mediciones realizadas sobre Cuenca Alfonso: por debajo de la capa de mezcla la concentración de oxígeno decrece abruptamente, aproximadamente a partir de los 70 m de profundidad, hasta menos de 1 mL L⁻¹ por debajo de los 350 m de profundidad (Fig. 7). Esta condición, junto con corrientes presumiblemente más lentas sobre el piso marino, hace de Cuenca Alfonso un sitio ideal para estudiar el material en hundimiento, debido a que las condiciones subóxicas reducen significativamente la perturbación del material por organismos del zooplancton dentro de la trampa.

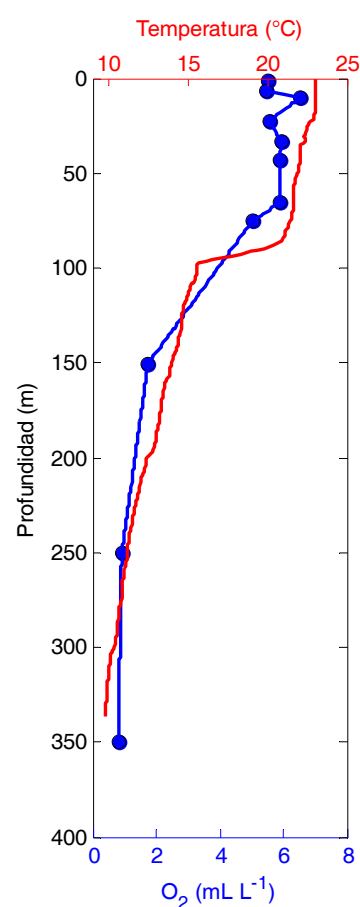


Figura 7. Perfil vertical de oxígeno y temperatura durante noviembre de 2005 en Cuenca Alfonso. Datos cortesía de Cervantes-Duarte.

En la Bahía de La Paz, de acuerdo a la clasificación de masas de agua en el Golfo de California propuesta por Torres-Orozco (1993), se han documentado (p. ej. Reyes-Salinas, 1999; Monreal-Gómez *et al.*, 2001; Obeso-Nieblas *et al.*, 2004, Hinojosa Larios, *En proceso*) solo tres masas de agua como se muestra en la Figura 8. Estas masas de agua son: Agua del Golfo de California (AGC; $S \geq 35$ °C, $T \geq 12$ °C), Agua Superficial Ecuatorial (ASE; $S < 35$ °C, $T \geq 18$ °C) y Agua Subsuperficial Subtropical (AssSt; $34.5 < S < 35$ °C, $9 < T < 18$ °C).

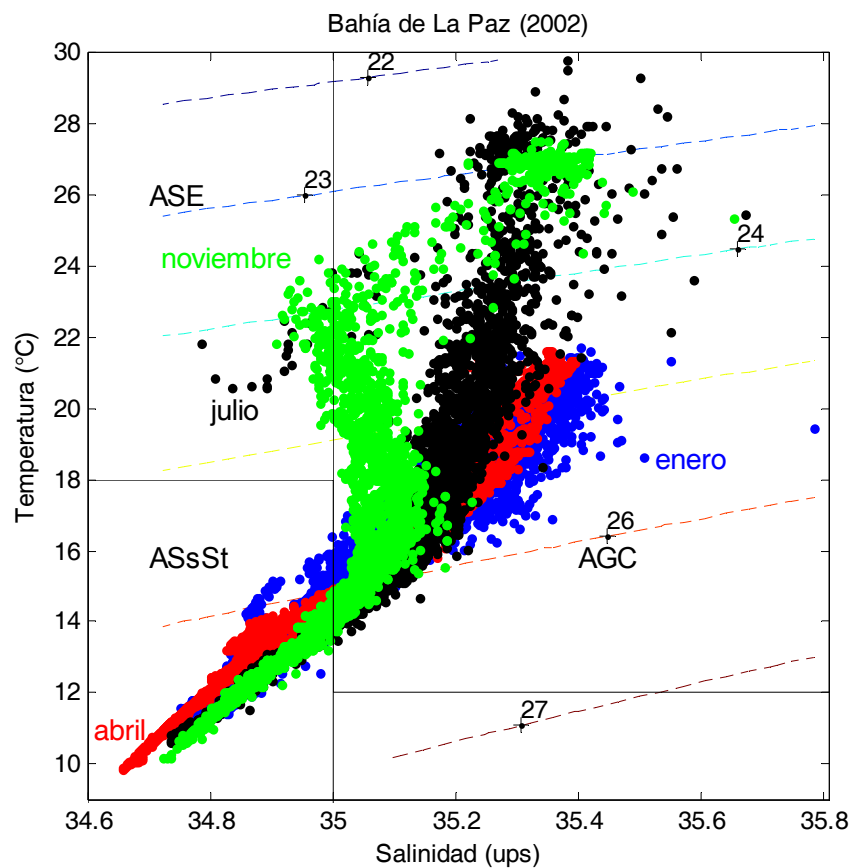


Figura 8. Características de T-S de las masas de agua en Bahía de La Paz. Datos a partir de Hinojosa-Larios (En proceso).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Trabajo de campo

La recolecta de muestras se llevó a cabo por medio de una trampa de sedimentos de series de tiempo Technicap® PPS 3/3 con una área de abertura de 0.125 m^2 . Ésta se instaló en Cuenca Alfonso, una depresión localizada al Norte de la Bahía de La Paz ($24^\circ 39' \text{N}$; $110^\circ 36' \text{W}$). Esta depresión alcanza una profundidad de aproximadamente 410 m. La trampa se ancló a ~360 metros de la superficie (a 50 m del fondo marino) mediante un peso muerto de 500 kg acoplado a un liberador acústico. En el extremo opuesto de la línea se colocaron tres boyas de flotación, hundidas a 310 metros, las cuales generaban una flotabilidad de 160 kg, esto con la finalidad de mantener la trampa verticalmente. La trampa se sujetó con una línea de polipropileno de $\frac{3}{4}$ de pulgada de grosor y de 1 km de longitud. En el extremo opuesto se ató un peso muerto de 50 kg (Fig. 9). Se registró la posición geográfica (GPS) de la trampa (500 kg) y del peso muerto (50 kg).

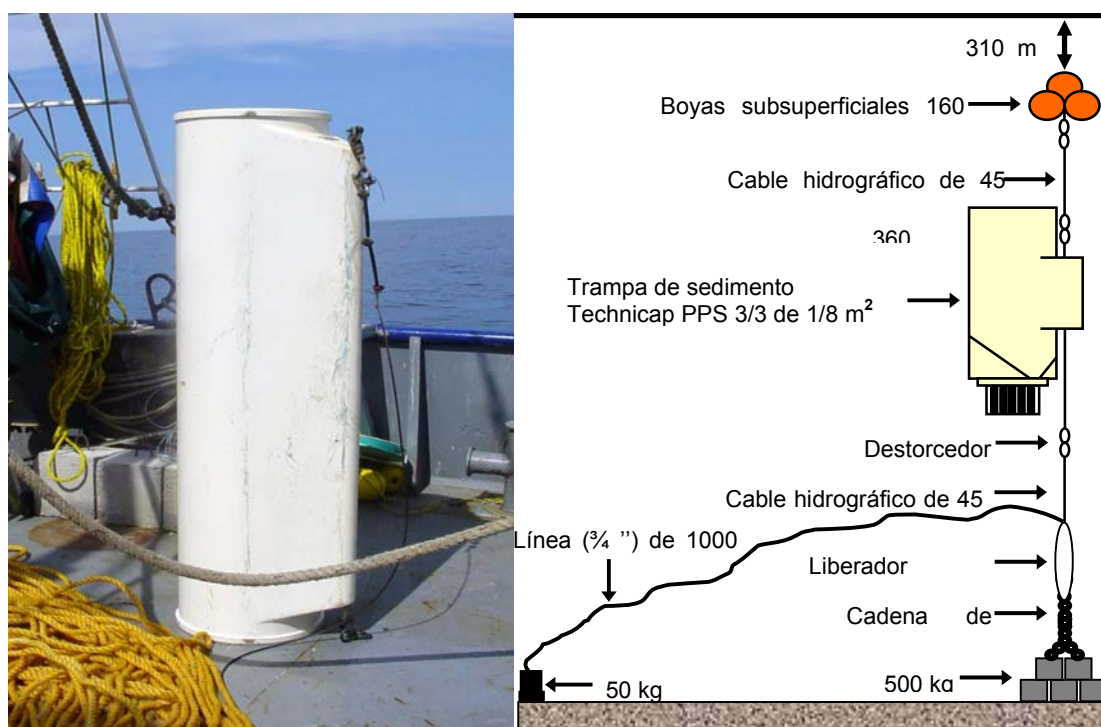


Figura 9. Trampa de sedimentos y esquema del anclaje en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz.

La trampa de sedimentos consta de un carrusel con 12 botellas recolectoras (de 250 mL de capacidad), las cuales se llenaron con una solución preservadora; y de un motor para girar el carrusel. La trampa se programó para cambiar la botella recolectora de partículas cada 7-10 días durante aproximadamente 3 meses. Excepcionalmente, por motivos de tiempo de barco, los intervalos de muestreo fueron de 14-15 días por lo que la trampa recolectó material durante casi 6 meses. Cada una de las campañas de muestreo consistió en la recuperación de la trampa con las muestras y la instalación de un nuevo carrusel con sus respectivas botellas y motor. Una vez recuperada la trampa se verificó la programación correcta de las fechas de recolecta. Posteriormente las muestras fueron cerradas y transportadas al laboratorio. La recuperación se llevó a cabo, inicialmente, por medio del liberador acústico (marca Inter-Ocean) o si éste no funcionaba, el barco navegaba sobre la línea de 1 km de longitud, entre la posición del peso muerto de 50 y 500 kg, arrastrando un gancho para asir e izar el cabo, éste se enrollaba sobre el tambor del *winche* hasta recuperar el cabo completamente junto con los pesos muertos de 50 y 500 kg; a continuación se recuperaba la trampa (Fig. 10). El anclaje fue instalado y subsecuentemente recuperado y reinstalado nuevamente en los meses de enero, abril, julio y noviembre de 2002; en febrero, agosto y noviembre de 2003; en marzo y septiembre de 2004 y por último en febrero y agosto de 2005. La posición de la trampa de sedimentos, dentro de la Cuenca Alfonso, varió muy ligeramente en cada campaña (Fig. 11). La mayoría de las campañas se llevaron a cabo en el Buque Oceanográfico *Francisco de Ulloa*. Se presentan las fechas en las que se realizaron las 11 campañas y la embarcación utilizada (Tabla 2).

En cada una de las campañas se registraron los perfiles verticales de la temperatura (°C) y salinidad (ups), de la columna de agua sobre Cuenca Alfonso mediante un CTD Seabird 19 plus. El aparato fue programado para calcular sigma t . En las campañas BAPAZ-0402, BAPAZ-0802, BAPAZ-1002, BAPAZ-0203 y BAPAZ-0803 se tomaron muestras, a diferentes profundidades en la columna de agua, para cuantificar la materia particulada suspendida (MPS). Adicionalmente, los investigadores que colaboran en el programa llevaron a cabo muestreos

puntuales en la columna de agua para el análisis de cocolitofóridos (Dra. Cortés Martínez y Geol. Urcádiz Cazares), nutrientes disueltos (PO_4 , SiO_2 , NO_3 y NO_2) y clorofila *a* (Dr. Cervantes Duarte y Ocean. Hinojosa Larios) y fitoplancton silíceo (Dra. Martínez-López). En las dos últimas campañas se tomaron muestras de zooplancton mediante arrastres con una red Bongo (Dra. Romero).



Figura 10. Secuencia de maniobras para la recuperación de la trampa de sedimentos.

Tabla 2. Resumen de las diferentes campañas realizadas.

Campaña	Fecha de instalación	Embarcación
Serie I	17 - enero - 2002	<i>B/O Francisco de Ulloa</i>
Serie II	17 - abril - 2002	<i>B/O Francisco de Ulloa</i>
Serie III	06 - agosto - 2002	<i>B/O Francisco de Ulloa</i>
Serie IV	31- octubre - 2002	<i>B/O BIP-II</i>
Serie V	24- febrero - 2003	<i>B/O Francisco de Ulloa</i>
Serie VI	14 - agosto - 2003	<i>B/O Francisco de Ulloa</i>
Serie VII	13 - noviembre - 2003	<i>B/O Francisco de Ulloa</i>
Serie VIII	09 - marzo - 2004	<i>Puerto Chale V</i>
Serie IX	23 - septiembre - 2004	<i>B/O Francisco de Ulloa</i>
Serie X	23 - febrero - 2005	<i>B/O Francisco de Ulloa</i>
Serie XI	23 - agosto - 2005	<i>B/O Francisco de Ulloa</i>

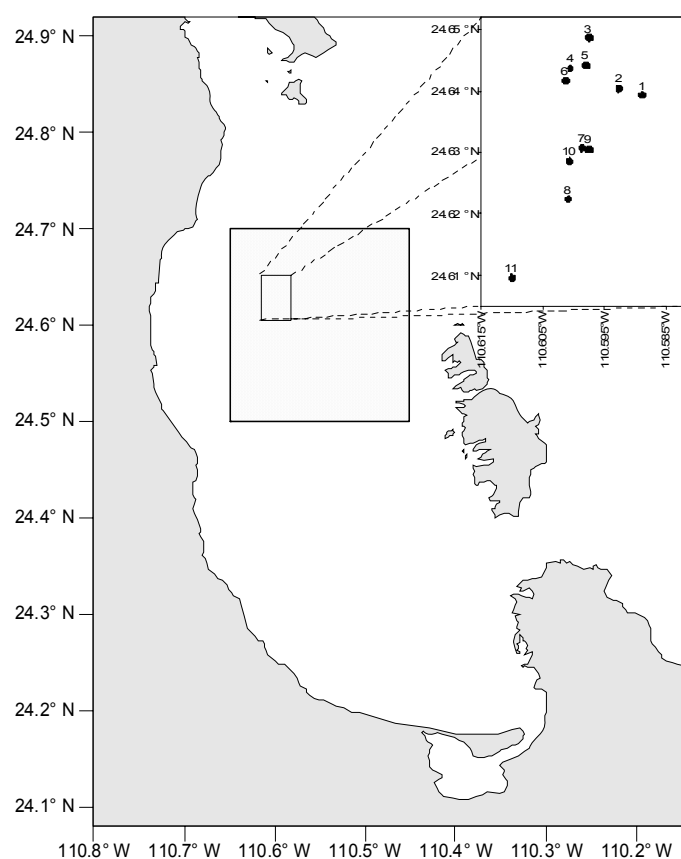


Figura 11. Ubicación de la trampa de sedimentos. En el recuadro la posición exacta de instalación durante los sucesivos periodos de recolección en Cuenca Alfonso, Bahía de la Paz. El cuadrante en gris indica el área donde se obtuvieron los valores de clorofila a por medio del satélite MODIS.

2.2. Trabajo de laboratorio

2.2.1. Preservación de las muestras

Las muestras se conservaron, inicialmente, mediante una solución preservadora amortiguada con sales de fosfato. La preparación de esta solución preservadora se realizó de acuerdo a Galinger y Kozloff (1971). Para preparar 5 litros de la solución se requieren de 200 mL de formaldehído concentrado, 8 g de fosfato monobásico de sodio monohidratado ($\text{NaH}_2\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$), 13 g de fosfato dibásico anhidro (Na_2HPO_4), agua de mar (4.8 L) filtrada a través de cartuchos de tamaño de poro de 15 μm y 1 μm y por último con filtros de membrana de 0.45 μm de abertura de poro. Para elevar la densidad de la solución (a ~40 ups) se añadió cloruro de sodio de alta pureza (~25 g). Con esta solución se llenaron las botellas recolectoras. Sin embargo, las mediciones del pH de las muestras recolectadas mostraron valores en un intervalo de 6 a 6.5, lo que indica una deterioración de la capacidad como amortiguador a través del periodo de muestreo. Esto es importante ya que posiblemente se presentó cierto grado de disolución de los esqueletos calcáreos de algunos organismos planctónicos. Debido a esto, a partir de la serie VI (agosto del 2003) se utilizó tetraborato de sodio como agente amortiguador. Para preparar aproximadamente 5 litros de esta nueva solución preservadora, se disuelven 7.5 g de tetraborato de sodio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) en 250 mL de formaldehído al 37%. Esta solución se adiciona a 4.5 L del agua de mar previamente filtrada (a través de cartuchos con un diámetro de poro de 15 y 1 μm y filtros de membrana de 0.45 μm) e incrementada su densidad añadiendo de 5 a 7 g (dependiendo de la salinidad inicial) de NaCl de alta pureza, por litro hasta alcanzar ~40 ups. El pH de estas últimas muestras se mantuvo alrededor de 8, lo que es ideal para la preservación adecuada de los carbonatos.

2.2.2. Observaciones estereoscópicas y separación de la fracción > 1 mm

Una vez que las muestras estuvieron en el laboratorio, éstas sin ningún tipo de tratamiento, fueron primeramente observadas con un estereoscopio. Se tomaron alrededor de 500 μL de la muestra con una pipeta Pasteur y se diluyó con la solución preservativa sobre una caja de Petri. El estereoscopio tenía una

cámara de video acoplada con la que se tomaron varias imágenes del aspecto general del material recolectado y de las partículas más conspicuas, se anotaron en una bitácora las observaciones de cada muestra.

Posteriormente, con el fin de separar a todos los grandes agregados de mucus y zooplactontes, que convencionalmente no se consideran como parte del flujo de partículas, las muestras se pasaron a través de un tamiz con una luz de malla de 1000 μm . Todas las partículas y organismos de cada muestra retenidas en el tamiz fueron separadas y guardadas en frascos de 20 mL de capacidad. Posteriormente se identificaron a nivel de clase (poliquetos), subclase (ostrácodos y copépodos) y orden (foraminíferos, decápodos y pterópodos); se contabilizaron los individuos de cada grupo. Se construyeron dos tablas a manera de anexo, una con las observaciones generales de cada muestra (Anexo I) y otra sobre la fracción separada (Anexo II) así como un catálogo digital con las imágenes más representativas.

2.2.3. Fraccionamiento de las muestras

Después de tamizar las muestras, éstas se dividieron en diez fracciones mediante un fraccionador rotativo que provee 10 submuestras iguales. Estas submuestras se colectaron en tubos de 50 mL de capacidad. Cada una de estas muestras suministró material para los diferentes análisis de este estudio (Figura 12) y de otros realizados por un grupo de investigadores que colaboran en el programa. Por ejemplo, una muestra se proporcionó al Dr. Choumiline quién dirige una tesis doctoral sobre los metales traza en la trampa y sedimentos de la bahía, otra muestra se utiliza en el análisis de isótopos de carbono y nitrógeno (Dr. Aguiñiga), las submuestras húmedas suministrarán material para analizar la estructura de la comunidad del fitoplancton silíceo (Dra. Martínez-López) y de cocolitofóridos (Dra. Cortés-Martínez), una submuestra más se destinó al estudio de las pelotillas fecales (Dra. Romero), una muestra más se utiliza para estudiar la comunidad de foraminíferos (Dr. Bollmann), una submuestra húmeda se conserva como reserva para eventuales análisis, además de que aún se cuenta con material seco de reserva de la mayoría de las muestras.

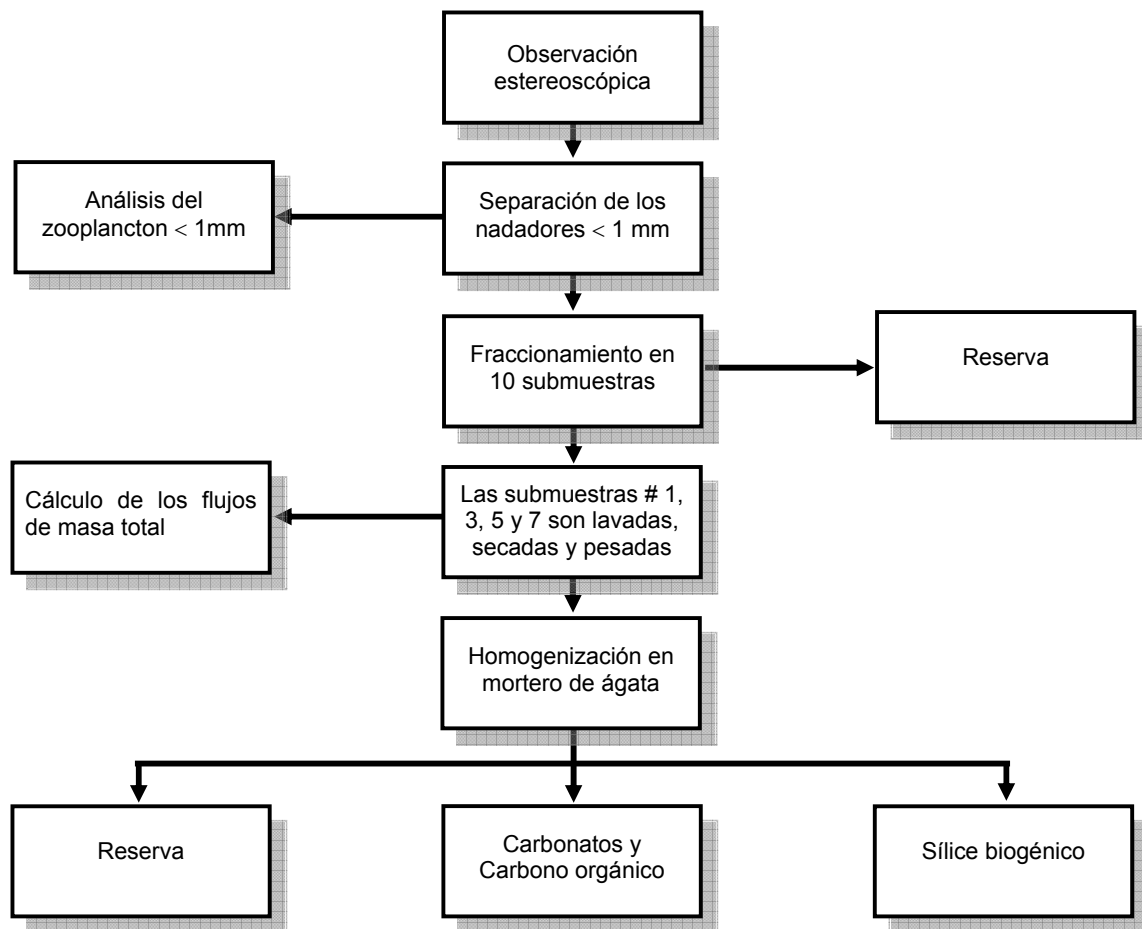


Figura 12. Diagrama que muestra los diferentes análisis realizados a las muestras de la trampa de sedimentos.

2.2.4. Cálculo del flujo de masa total

Para determinar los flujos de masa total, cuatro de los tubos fueron pesados previamente. Además, con el objeto de eliminar la contaminación por metales traza en los tubos, éstos se mantuvieron con HCl al 10% durante tres días, lavados con abundante agua desmineralizada y desionizada, secados y pesados. Estas cuatro submuestras fueron centrifugadas durante 25 minutos a 3000 rpm para eliminar, por decantación, la solución preservadora. A continuación las muestras se lavaron con agua desmineralizada para eliminar las sales, se centrifugó nuevamente eliminando el sobrenadante. Este procedimiento se repitió

una vez más en las mismas condiciones. Las muestras se secaron durante al menos 72 horas a ~50 °C en un horno. Por último los tubos se aclimataron a temperatura ambiente en un desecador por una hora pesándolos posteriormente en una balanza analítica “Ohaus” modelo AP250D con una precisión de ± 0.01 mg.

El cálculo de los flujos de masa total (FMT) se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{FMT} = \frac{\mathbf{M} * 10 * 8}{\mathbf{T}}$$

Donde **M** es la masa promedio de los cuatro tubos (en gramos) multiplicado por 10 ya que cada tubo representa un décimo de la muestra y nuevamente multiplicando por 8 debido a que la abertura de la trampa es de un 0.125 (1/8 de m²) y por último, dividido entre el número de días (**T**) que estuvo la botella recolectando material. Sin embargo, las muestras de las dos últimas campañas (BAPAZ-0205 y BAPAZ-0505) presentaron problemas con la determinación de los pesos secos del material dentro de los tubos. La causa aún es incierta pero coincide con el cambio de marca de los tubos. Por lo anterior, se recuperó el material de cada tubo y se pesó en navecillas de plástico pesadas.

El error máximo de variación para las cuatro submuestras secas fue desde de <1 hasta casi 10%, posiblemente la causa sea la naturaleza misma de la muestra: presencia/ausencia de grandes agregados que ocasionan una mayor variación al caer indistintamente en determinado tubo, además de la cantidad de la muestra. Sin embargo, la tendencia a través del tiempo fue a disminuir este error lo que sugiere una mayor experiencia en el manejo del fraccionador.

Una vez calculados los flujos de masa las submuestras secas se reunieron en un mortero de ágata y se homogenizaron moliéndolas completamente. De aquí se tomó el material para los análisis de carbonatos de calcio, carbono orgánico, sílice biogénico (referido en el texto también como ópalo), así como para estudios complementarios.

2.2.5. Determinación de carbonato de calcio y carbono orgánico

Alrededor de 50 mg de sedimento, de cada una de las 109 muestras secas (de 118 totales) de las cuales se conservaba suficiente material, fue utilizado para determinar el contenido de CaCO_3 mediante un coulometro. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Química del Océano del Instituto Shirshov de Oceanología de la Academia de Ciencias de Rusia (en Moscú). El coulometro determina el carbono total (C_{tot}) y el C_{org} . La determinación se basó en la rápida combustión de dos submuestras (con y sin tratamiento de ácido clorhídrico) en una estufa tubular a 850°C usando oxígeno como gas transportador y oxidante del carbono orgánico. El dióxido de carbono producido fue transportado por el flujo de oxígeno a una celda Coulomb del analizador AN-7529, donde fue absorbido por una solución de hidróxido de bario con pH controlado. El contenido de carbono de cada submuestra fue calculado a partir de los datos de la titulación de la solución de hidróxido de bario final. El C_{inorg} (esencialmente en la forma de carbonato de calcio) fue determinado por la diferencia entre el C_{tot} y el contenido de C_{org} (Ljutsarev, 1987). La exactitud del método fue controlada por medio del uso de sedimento estándar y la precisión, determinada por una serie de muestras a las que se les analizó por triplicado obteniéndose un error estándar de $\pm 8.5\%$.

2.2.6. Determinación de sílice biogénico

La determinación del sílice biogénico (también referido en este estudio como ópalo) de las muestras se realizó de acuerdo a la técnica de disolución secuencial propuesta por DeMaster (1981), y no el método sencillo (aunque menos preciso) posteriormente sugerido por Mortlock y Froelich (1989). El método de DeMaster se describe a continuación. Después de que las 4 submuestras secas fueron reunidas y molidas, en morteros de ágata, para homogenizar el material completamente, éste se seco nuevamente por dos horas transfiriéndolo, posteriormente, a un desecador. Una vez que el material se aclimató a temperatura ambiente, se pesó alrededor de 15 mg de sedimento colocándolo en tubos de centrifuga de polipropileno de 50 mL de capacidad. Se agregaron 50 mL

de una solución acuosa de Na_2CO_3 al 1%. Esta solución con un pH de ~ 11 fue previamente calentada a 85°C . Los tubos fueron mantenidos a una temperatura constante de 85°C . Se tomaron 500 μL del extracto después de media hora, 1, 2, 3, 5 y 7 horas. A este extracto se le determinó el contenido de silicatos de acuerdo al método espectrofotométrico descrito en Strickland y Parsons (1968). Los valores de silicatos son graficados contra el tiempo. Por cada seis muestras se hizo un triplicado tomando el valor promedio como el válido para esa muestra, se obtuvo un error estándar promedio de $\pm 8.8\%$.

2.3. Cálculo de la contribución litogénica

El contenido litogénico de las muestras se determinó indirectamente sumando los componentes biogénicos y restándole este valor al flujo de masa total, es decir: $\text{flujo litogénico} = \text{FMT} - (\text{CaCO}_3 + \text{BSiO}_2 + \text{MOP})$. En este caso se asume que la materia orgánica particulada (MOP) es 2 veces el carbono orgánico (Biscaye y Anderson, 1994; Hebbeln *et al.*, 2000, entre otros).

2.4. Determinación de las condiciones meteorológicas y oceánicas

El análisis de los vientos se realizó a partir de la base de datos de la estación meteorológica del CIBNOR ubicada en El Comitán. Se calculó el porcentaje del tiempo que los vientos provenían de una determinada dirección y la intensidad promedio con la que soplaban. Para esto, los datos se dividieron, en función de la dirección, en sectores de 45° . Con el propósito de obtener una mejor visualización de la dirección predominante de los vientos durante el periodo de estudio, se manipuló el promedio diario de la dirección del viento: a cada vector (Ver Figura 4) se le eliminó la componente de dirección. Esto es, todos los vectores con una dirección $\geq 90^\circ$ y $< 270^\circ$ fueron transformados a negativos (ó provenientes del Sur) mientras que todos los vectores con una dirección $> 270^\circ$ y $< 90^\circ$ se consideraron positivos (ó provenientes del Norte).

La temperatura del agua de mar fue obtenida mediante un sensor instalado a 10 metros de profundidad en Isla La Partida. El instrumento registró la temperatura cada hora a partir de marzo de 2002 hasta febrero de 2004. Se calculó un

promedio diario. Estos datos fueron proporcionados por el Ocean. Lucio Godínez O. Por otra parte, se descargaron 156 imágenes (promedio de 8 días) en formato HDF desde julio de 2002 (fecha a partir de la cual la información estuvo disponible) a noviembre de 2005. Estas imágenes fueron registradas por el satélite MODIS (www.oceancolor.gsfc.nasa.gov) y tienen una resolución de 4 km². A partir de éstas se extrajeron los valores de temperatura superficial del mar y de clorofila a. Los datos se restringieron a un cuadrante de 20 x 20 km (24.5° y 24.7° de latitud N y los 110.65° y 110.45° de longitud W) ubicado en el centro de Cuenca Alfonso (Ver Figura 11).

Se analizaron los datos de la envolvente de la marea para determinar si existe una relación entre ésta y el flujo de masa total (FMT).

3. RESULTADOS

3.1. Condiciones climatológicas e hidrográficas

3.1.1. Velocidad de los vientos

A lo largo del periodo de estudio los vientos fueron predominantemente del Sureste. El análisis por sectores (de 45°) indicó que más del 44% del tiempo de muestreo, el viento sopló desde el Sur y Sureste aunque con una intensidad moderada (2.36 m s^{-1}), mientras que los vientos provenientes del Norte y del Noroeste están presentes sólo 19 y 15%, respectivamente, pero son más intensos. Los vientos del Este y del Oeste son los menos frecuentes y los más débiles del año (Tabla 3). Sin embargo, si se considera el promedio diario de la dirección del viento (dirección predominante) los resultados indican que cerca de la mitad (49%) del tiempo estudiado los vientos provienen del Norte (todos los vectores con una dirección de $> 270^\circ$ y $< 90^\circ$). Ver Figura 13a.

Tabla 3. Promedio de intensidad y porcentaje de presencia por sectores (de 45° cada uno) de los vientos en la región de La Paz del 2002 al 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).

2002-2005	desde	a	Prom. m s^{-1}	%
N	337.51°	22.5°	3.12	18.6
NE	22.51°	67.5°	1.89	2.6
E	67.51°	112.5°	1.39	5.4
SE	112.51°	157.5°	2.36	28.8
S	157.51°	202.5°	2.62	15.5
SW	202.51°	247.5°	1.76	10.4
W	247.51°	292.5°	1.52	3.7
NW	292.51°	337.5°	4.22	15.1

La intensidad del viento fluctuó ampliamente, se advierten picos cada 2 a 4 semanas mostrando valores máximos persistentemente en los meses de junio y diciembre (Figura 13b). Estacionalmente, el promedio de la intensidad de los vientos es homogéneo ($2.48 \text{ m s}^{-1} \pm 12\%$) aunque en primavera y verano el promedio es ligeramente mayor que en el otoño e invierno (Tabla 4). Sin embargo, los vientos en cada estación del año difieren en el porcentaje de vientos provenientes del NW (más intensos), este porcentaje en el otoño y el invierno

fluctúa entre 28 y hasta el 41%, mientras que en la primavera y el verano disminuye de 14 a 24%. Además, se determinó el número de rachas de vientos con una intensidad mayor a 5 m s^{-1} (ó 18 km h^{-1}). En el invierno se observó un alto número de rachas y en menor medida en el otoño mientras que en la primavera y verano este número desciende (Tabla 4).

Tabla 4. Promedio de intensidad (m s^{-1}) de los vientos para cada estación del año. Entre paréntesis el promedio de los vientos del NW (de 292 a 360°), el porcentaje que representa en esa estación y el número de rachas de vientos mayores a 5 m s^{-1} (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).

Año	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Total
2002	2.42 (3.3 -41%-167)	2.70 (3.2 - 24% - 40)	2.79 (3.3 - 14% - 14)	2.30 (3.1- 32% - 57)	2.57 (3.2-27%-278)
2003	2.18 (2.89 - 36% -68)	2.78 (3.30 - 23% - 49)	2.80 (3.66 - 16% - 65)	1.91 (2.88 - 35% - 48)	2.39 (3.1-27%-230)
2004	2.26 (3.18 - 34% -122)	2.79 (3.31- 19% - 8)	2.53 (3.35 - 19% - 20)	2.24 (3.09 - 39% -108)	2.41 (3.1-26%-258)
2005	2.08 (2.85 - 36% -31)	2.82 (3.26 - 23% - 37)	2.85 (3.49 - 15% - 17)	2.23 (2.93 - 28% - 27)	2.50 (3.1-22%-112)

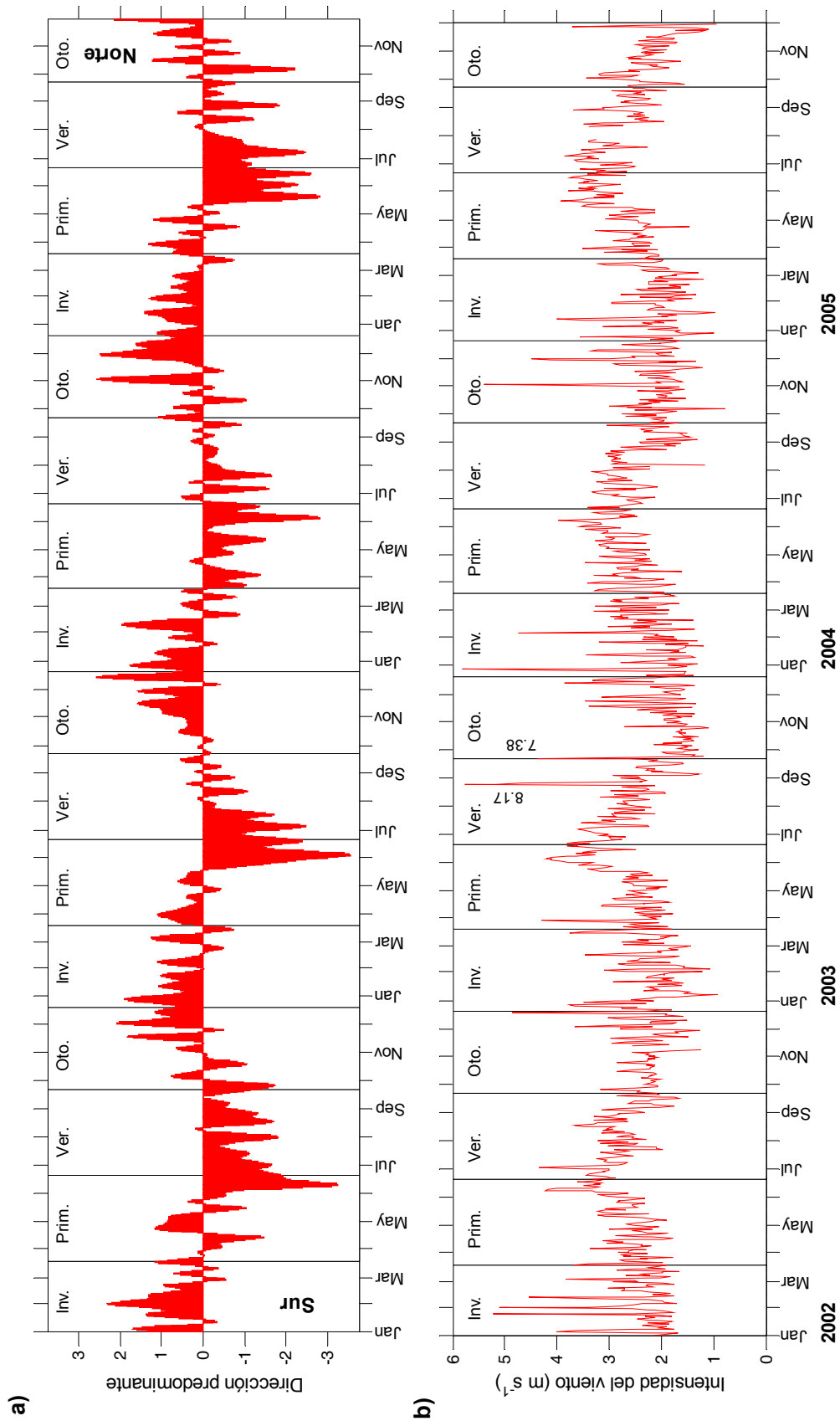


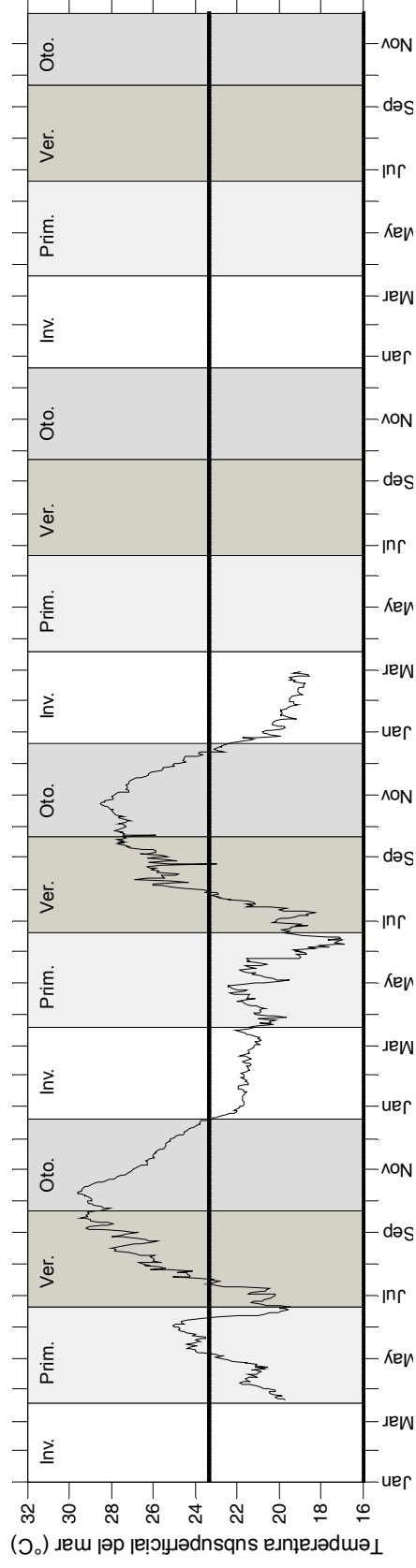
Figura 13. Dirección predominante de los vientos orientados hacia el Norte y Sur (a) y promedio diario de la intensidad de los vientos (b) de enero de 2002 a noviembre de 2005 (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).

3.1.2. Variación temporal de la temperatura del agua de mar

El análisis de la temperatura subsuperficial del agua de mar, con datos obtenidos por un sensor instalado a 10 m de profundidad en Isla La Partida, indicó una alta variación estacional con fluctuaciones semanales (FIG. 14a). La temperatura alcanzó su máximo en octubre en 2002 y 2003, descendiendo gradualmente, en ambos años, hasta febrero. Se observaron dos eventos interesantes. Primero, hay un incremento en la temperatura del agua marina a mediados de abril siendo más notorio en el 2002. Después de este incremento, la temperatura desciende abruptamente a mediados de junio en ambos años, después de aproximadamente un mes vuelve a incrementarse rápidamente. Y segundo, es posible identificar los huracanes que se presentaron durante el año 2003. Es probable que los descensos puntuales en la temperatura registrados a finales de agosto y de septiembre se deban a una mezcla de la columna de agua más profunda y fría que se generó por vientos más intensos durante estas dos perturbaciones meteorológicas.

La temperatura del agua superficial (sobre Cuenca Alfonso durante el periodo julio de 2002 a noviembre de 2005) mínima fue de 19.38°C y se detectó en febrero de 2004. Enero y febrero fueron los meses más fríos del año. Por otro lado, la temperatura máxima fue de 31.18°C y se registró en septiembre de 2004. En general, agosto y septiembre fueron los meses con la temperatura del agua superficial más alta del año. El promedio para todo el periodo analizado fue de 25.57°C. Anualmente, 2004 fue el año más drástico: el intervalo entre el valor máximo y el mínimo de temperatura fue de 11.8°C. En este aspecto, 2003 y 2005 muestran un intervalo similar (~ 9.5°C). Sin embargo, 2003 fue el año más cálido con una temperatura promedio de 25.38°C. En contraste, 2005 (incluyendo los datos de diciembre) fue el año más frío con una temperatura anual promedio de 24.9 °C. Al igual que el sensor instalado en Isla La Partida, los datos del satélite detectan un decremento de la temperatura durante el mes de junio, siendo éste más evidente en 2003 (Fig. 14b).

a)



b)

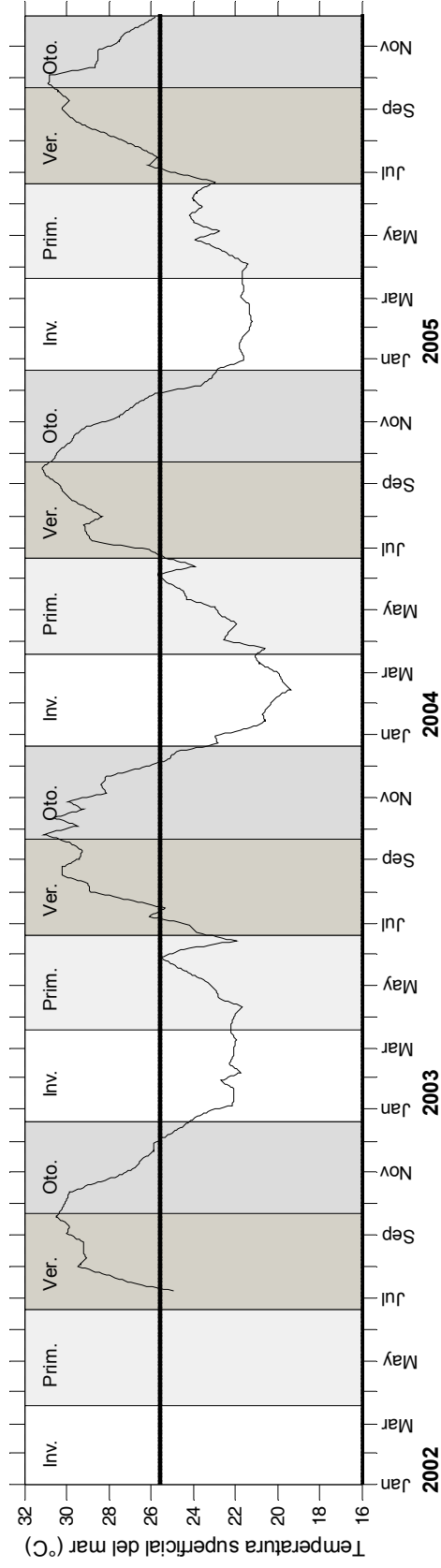


Figura 14. Temperatura (promedio diario) a 10 m de profundidad frente a I. La Partida (a) y temperatura superficial (promedio semanal) registrada sobre Cuenca Alfonso González por Ocean. Lucio Godínez O. (a) y M.C. Eduardo González R. (b). La línea horizontal indica el promedio.

3.1.3. Estructura de la columna de agua

3.1.3.1. Perfiles verticales de temperatura

La temperatura mínima del agua superficial fue de 20.5°C y se detectó en marzo del 2004 mientras que el máximo fue de 29.58°C, registrado durante agosto del 2005 (Fig. 15). La temperatura superficial promedio de todos los lances de CTD fue de 25.1°C. A partir de los 150 m de profundidad la temperatura es generalmente alrededor de los 15°C descendiendo gradualmente hasta poco más de 10°C a los 350 m. Se presentó una estratificación de la columna de agua en el mes de noviembre que alcanza incluso una profundidad de mezcla de casi 90 m en el 2005. También en marzo del 2004, el mes con la temperatura superficial más fría, se observó una capa de mezcla que alcanzó los 50 m de profundidad. En el resto de los perfiles de temperatura no mostraron esta capa de mezcla.

3.1.3.2. Perfiles verticales de salinidad

En cuanto a la salinidad del agua superficial mínima, ésta fue de 34.97 ups y se registró en febrero del 2005, mientras que el valor superficial máximo fue de 35.77 ups detectado en noviembre del 2005 (Fig. 16). El promedio para todos los perfiles fue de 35.16 ups. Al igual que los perfiles de temperatura, la salinidad indica una capa de mezcla para los meses de noviembre particularmente en 2005 cuando ésta es más profunda. La salinidad por debajo de los 300 m de profundidad fue, en todos los casos, menor a los 34.8 ups.

3.1.3.3. Perfiles verticales de densidad

Fue notoria la variación en la profundidad de la capa de mezcla durante el periodo de estudio. Durante noviembre la capa de mezcla estuvo entre 50 m hasta 90 m en noviembre de 2005 (Fig. 17). En abril de 2004 se presentó una situación similar cuando la capa de mezcla es de alrededor de los 50 m, en el resto de los perfiles hay un aumento gradual de la densidad.

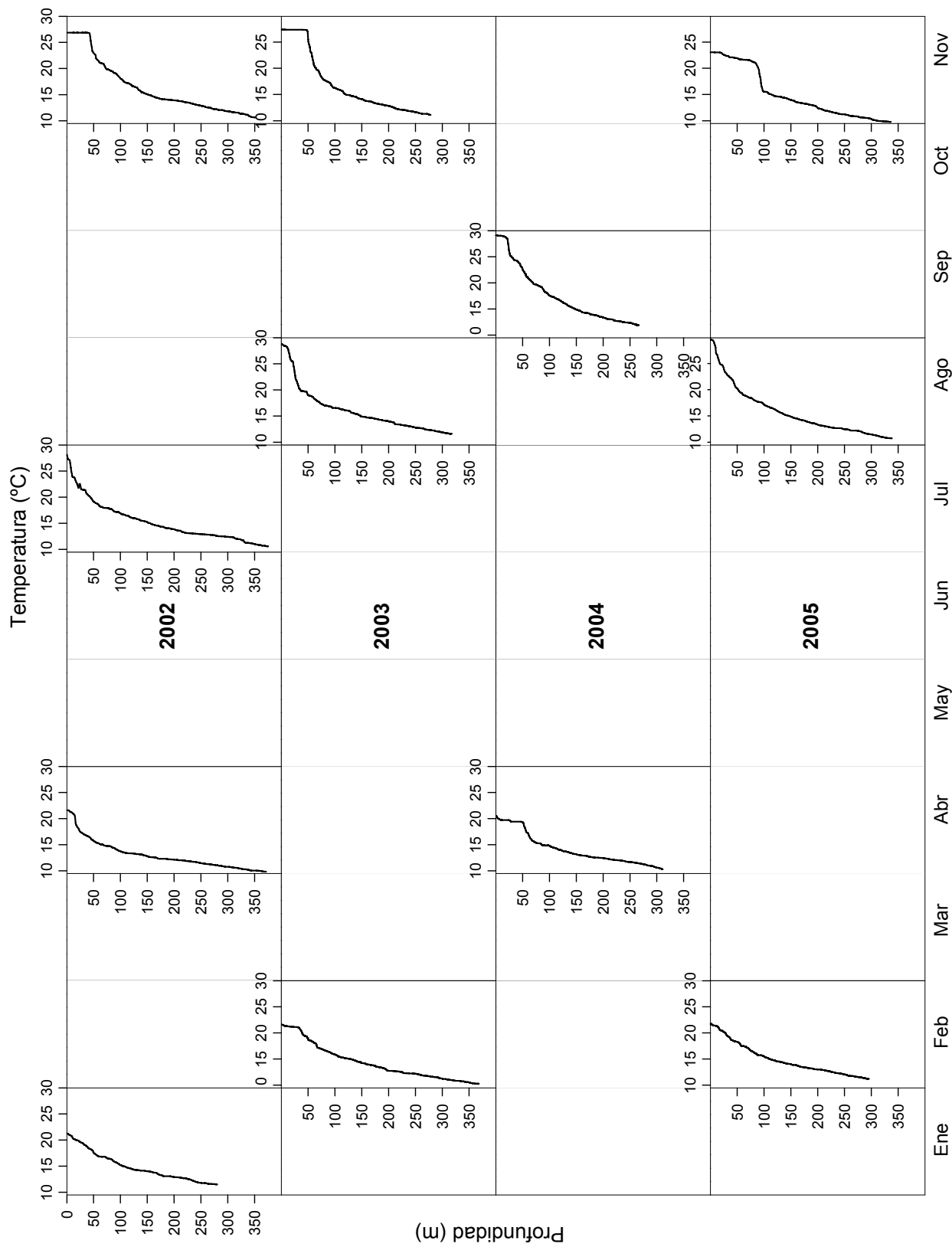


Figura 15. Perfiles verticales de temperatura ($^{\circ}$ C) en Cuenca Alfonso durante las diferentes campañas realizadas en el periodo 2002-2005.

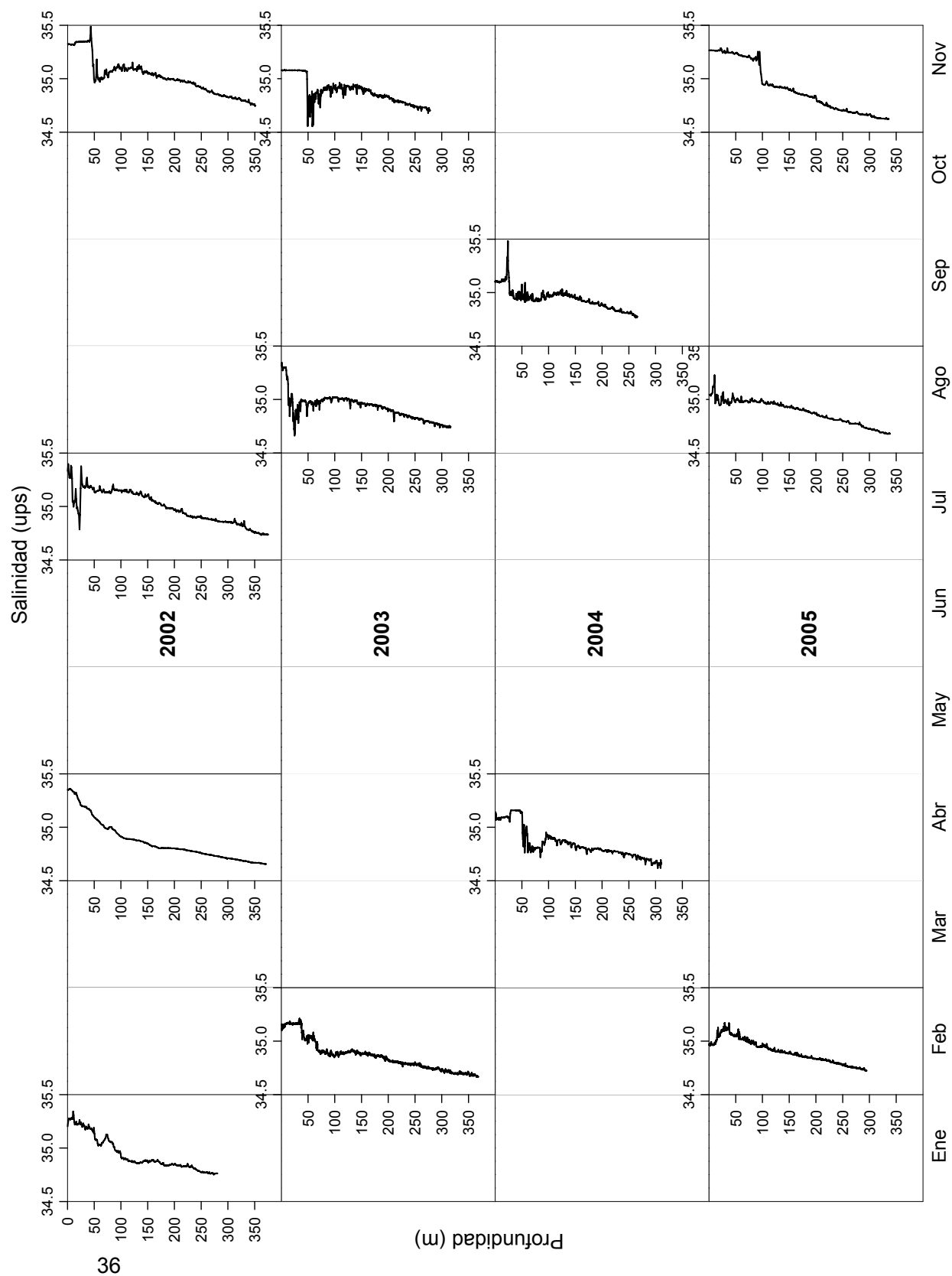


Figura 16. Perfiles verticales de salinidad (ups) en Cuenca Alfonso durante las diferentes campañas realizadas en el periodo 2002-2005.

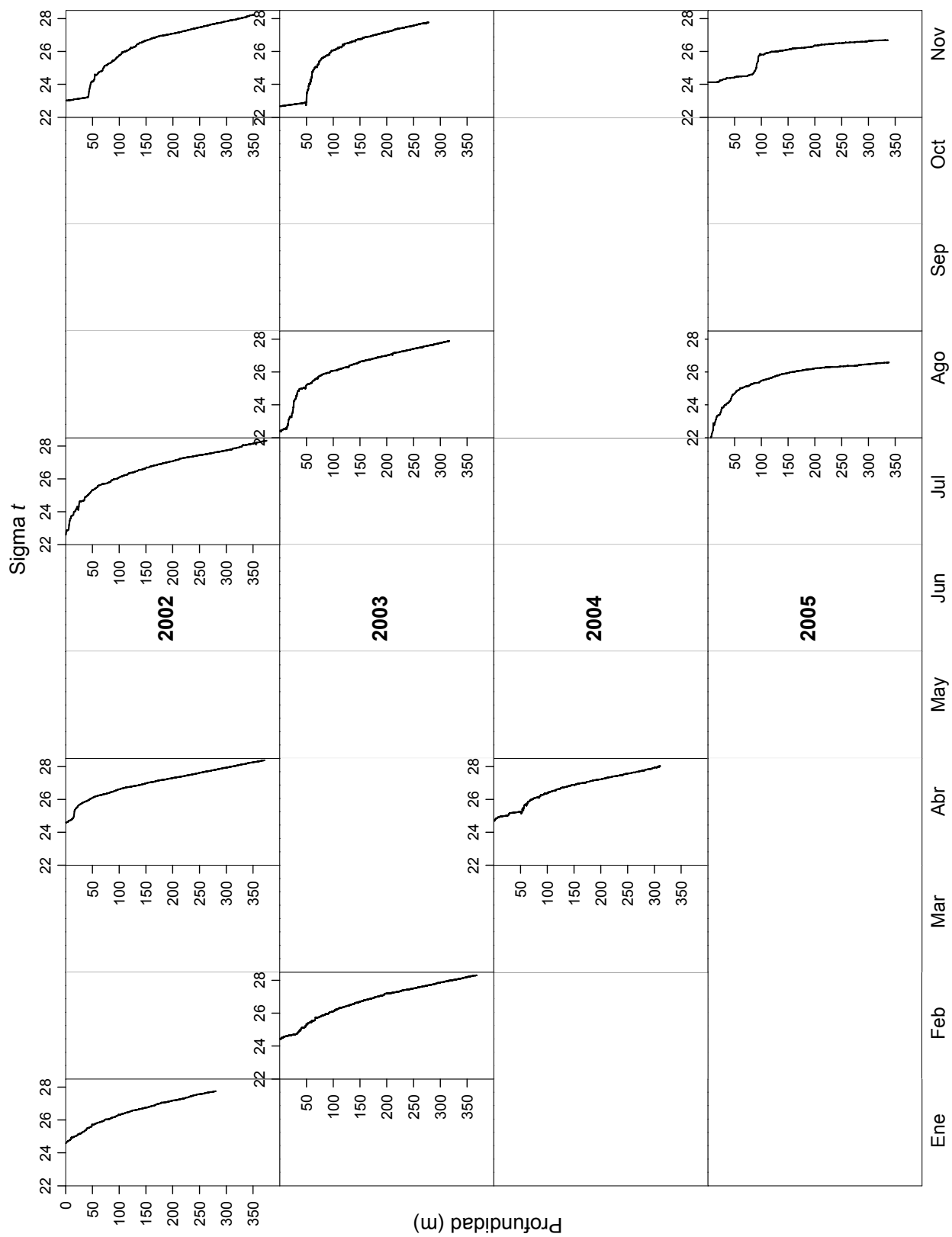


Figura 17. Perfiles verticales de densidad en Cuenca Alfonso durante las diferentes campañas realizadas en el periodo 2002-2005.

3.1.4. Mareas

La gráfica de la envolvente de la marea (Fig. 18) muestra un ciclo anual caracterizado por presentar un mínimo nivel de la mar a finales del invierno que aumenta gradualmente a través de la primavera-verano, y alcanzando un máximo en el otoño. A *grosso modo* la envolvente de la marea coincide con la magnitud del FMT: un bajo nivel del mar en la primavera correspondió a bajos flujos de masa, mientras que durante el alto nivel de mar en el verano-otoño se presentan, generalmente, valores altos de FMT.

3.1.5. Variación temporal de la clorofila a superficial

La concentración de la clorofila a (Fig. 19) en la superficie mostró una alta variación caracterizada por picos episódicos que ocurrieron consistentemente en junio y otros de igual magnitud en los meses de enero febrero. El mayor de estos picos alcanzó los 5.36 mg m^{-3} y ocurrió en junio de 2003. En contraste, de agosto a noviembre y de marzo a mayo usualmente se observaron periodos con baja concentración de clorofila a. El valor mínimo, para todo el periodo, fue de 0.177 mg m^{-3} mientras que el promedio fue de $0.71 \pm 0.58 \text{ mg m}^{-3}$, no obstante casi el 80% de los valores fueron menores a 1 mg m^{-3} .

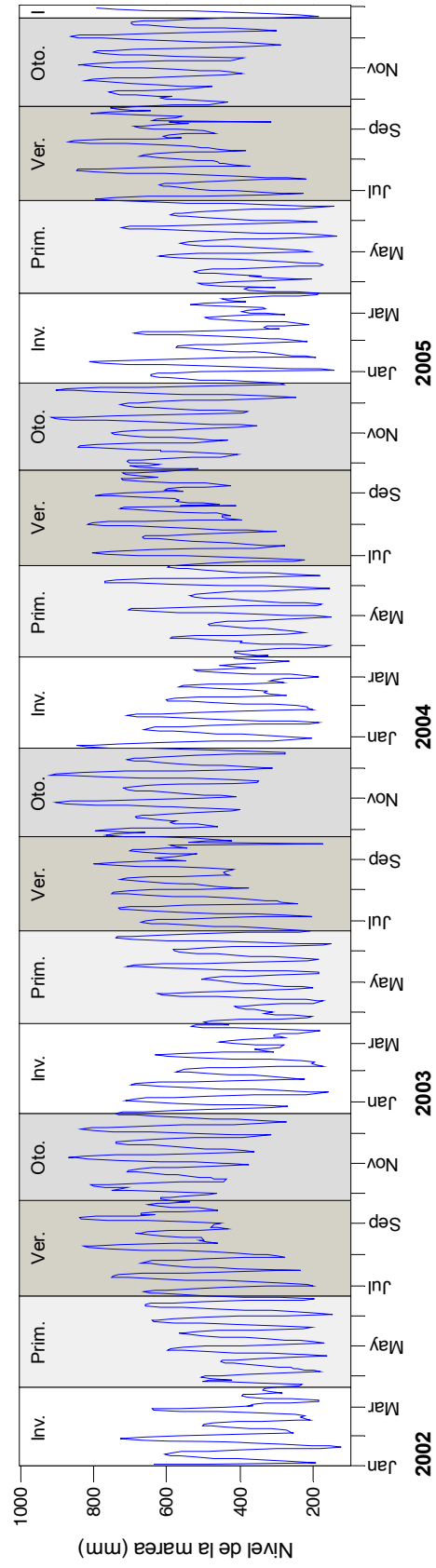


Figura 18. Envolvente de la marea en Bahía de La Paz durante el periodo 2002 – 2005.

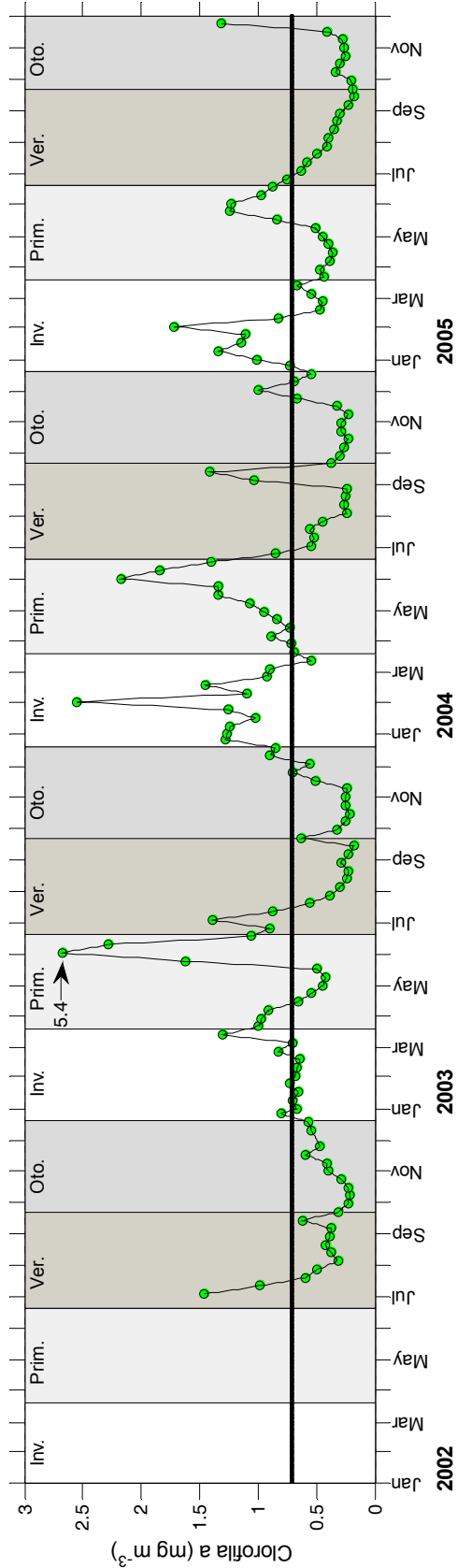


Figura 19. Variación de la clorofila *a* superficial sobre Cuenca Alonso en Bahía de La Paz de julio de 2002 –a noviembre de 2005. Datos (promedio de ocho días) obtenidos del satélite MODIS. Con el propósito de distinguir las variaciones de menor escala El valor que se señala con una flecha ha sido modificado disminuyéndolo a la mitad. La línea horizontal indica el promedio.

3.2. Observación estereoscópica

Las observaciones estereoscópicas iniciales del material recolectado nos permitieron determinar los componentes principales que se presentan en cada muestra y su abundancia relativa durante el período de recolecta. Los componentes más conspicuos fueron los agregados de nieve marina seguidos por las pelotillas fecales. Estas últimas variaron en forma (algunas muy alargadas, de ~2.5 cm, debido a que aún se conservaban intactas, sin el rompimiento que causó el fraccionamiento posterior) y abundancia entre muestras (Fig. 20a). Esto sugiere que la comunidad de zooplancton cambió, en este ambiente, tanto en la composición de especies como en abundancia. Un análisis detallado sobre la variación de las pelotillas fecales, elaborado actualmente por N. Romero, aportará información más completa en este aspecto. Las diatomeas centrales (del tipo *Coscinodiscus*) estuvieron presentes en todo el año, mientras que sólo en un período de dos a tres semanas, durante junio del 2002 y junio del 2003, las diatomeas formando cadenas (tipo *Skeletonema*) fueron evidentemente abundantes (Fig. 20b). Ya se cuenta con resultados del primer año y medio del estudio sobre el fitoplancton silicio, cuando sea posible contar con la serie completa, ésta nos ayudará a interpretar los datos de sílice biogénico. En cuanto a los organismos zooplanctónicos encontramos foraminíferos (Fig. 20c), pterópodos (Fig. 20d), crustáceos decápodos y ostrácodos. En el Anexo I se presentan los resultados de las observaciones sobre la composición de cada muestra. Además, se construyó un acervo digital en el que se pueden observar las imágenes del aspecto general de la muestra y los componentes más representativos.

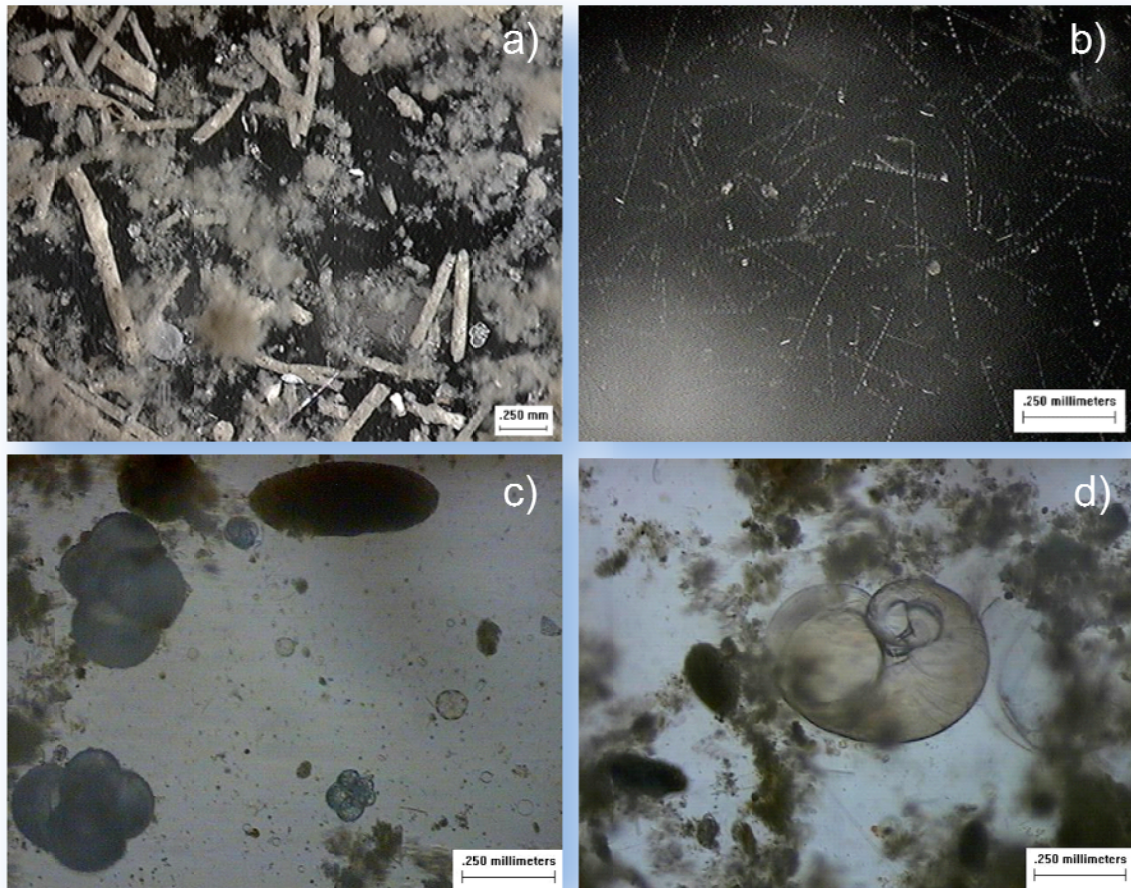


Figura 20. Observaciones de los diversos componentes del material recolectado por una trampa de sedimentos de serie de tiempo durante el periodo enero de 2002 a noviembre de 2004 en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. Periodo con abundantes pelotillas fecales (a), diatomeas en cadena (b), foraminíferos (c) y heterópodos (d).

3.3. Fracción (> 1 mm) separada

La fracción mayor a 1 mm, que fue separada de las muestras, se conformó, la mayoría de las veces, de grandes agregados (de hasta 2 cm de longitud) de nieve marina de consistencia mucosa que por su tamaño y consistencia se retuvieron en el tamiz. El grupo más abundante de organismos, y el que más constantemente apareció, fue el de los poliquetos pelágicos (a la izq. en la Figura 21a). Se contabilizaron en total, durante el periodo de estudio, 691 individuos y aparecieron en 106 de 118 muestras. La mayoría de las ausencias se presentaron en muestras recolectadas en los meses de junio y noviembre. Un análisis más profundo sobre este grupo está siendo actualmente realizado por la Dra. Díaz C. en el CICESE.

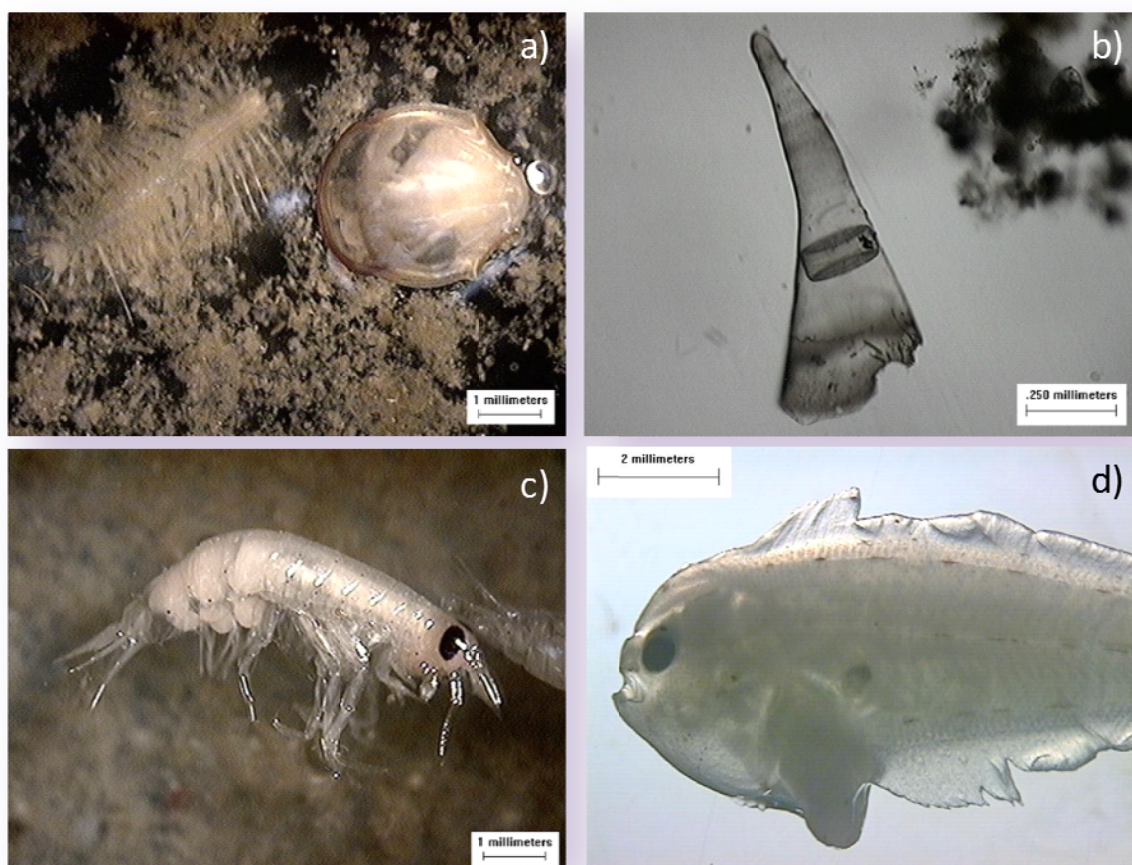


Figura 21. Fracción separada mayor a 1 mm del material recolectado por una trampa de sedimentos de serie de tiempo durante el periodo enero del 2002 a febrero del 2004 en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. Poliquetos y pterópodos (a), pterópodos (b), crustáceos decápodos (c) y larva de pez (d).

Otro grupo importante, por su abundancia, fue el de los pterópodos (a la derecha en la Fig. 21a, y Fig. 21b). En total se contabilizaron 504 organismos, de diversas especies. Sin embargo, su aparición fue mucho menos constante: se observaron sólo en 62 muestras (de n=118). Copépodos (63 org.), crustáceos decápodos (46 org., Fig. 21c), ostrácodos (23 org.) y grandes foraminíferos (35 org.) fueron observados ocasionalmente. Aun más raras fueron las larvas de peces (2 org.), una de éstas fue identificada, por el Dr. Gerardo Aceves Medina, como del género *Symphurus*, probablemente de la especie *S. oligomerus* (Fig. 21d). Escamas, huevos y restos de macrozooplacton (en abril del 2005 se recolectaron dos individuos completos de más de 5 cm de longitud) fueron algunas veces observados. Información más detallada, sobre estos grupos, se presenta en el Anexo II.

3.4. Caracterización del material particulado en hundimiento

Del periodo de estudio se obtuvieron 118 muestras que representan prácticamente cuatro años casi continuos de recolecta de material. Esto es, de 1412 días desde el inicio del estudio (18 de enero del 2002 al 29 de noviembre del 2005) tenemos 1214 días efectivos de recolecta, lo que representa un 86% de cobertura temporal. En la Tabla 5 se presentan los intervalos de recolecta de muestras para las once campañas con la posición exacta de la trampa de sedimentos. En la Tabla 6 se presentan los datos de los flujos y los porcentajes de contribución respectivos, se incluyen las fechas de los intervalos de muestreo para cada muestra.

Tabla 5. Anotaciones sobre las diferentes campañas realizadas. Se señala el tiempo que estuvo la trampa recolectando material, los periodos sin datos (SD), así como la embarcación utilizada y la ubicación exacta de la trampa.

Campaña	Intervalo de muestreo	(# días)		Posición de la Trampa
Serie I	18 Ene. - 14 Abr. 2002	87		24° 38.360' N; 110° 35.327' W
SD	15 - 17 Abr. 2002		3	
Serie II	18 Abr. - 16 Jul. 2002	90		24° 38.425' N; 110° 35.561' W
SD	17 Jul. - 06 Ago. 2002		21	
Serie III	07 Ago. - 31 Oct. 2002	86		24° 38.919' N; 110° 35.852' W
SD	01 Nov. 2002		1	
Serie IV	02 Nov. 2002 - 23 Feb. 2003	114		24° 38.618' N; 110° 36.034' W
SD	24 Feb. - 2003		1	
Serie V	25 Feb. - 09 Ago. 2003	166		24° 38.650' N; 110° 35.878' W
SD	10-21 Ago. 2003		12	
Serie VI	22 Ago. - 03 Oct. 2003	43		24° 38.501' N; 110° 36.081' W
SD	04 Oct. - 13 Nov. 2003		41	
Serie VII	14 Nov. 2003 - 29 Feb. 2004	108		24° 37.847' N; 110° 35.919' W
SD	01 - 10 Mar. 2004		10	
Serie VIII	11 Mar. - 08 Jun. 2004	90		24° 37.344' N; 110° 36.054' W
SD	09 Jun. - 23 Sep. 2004		107	
Serie IX	24 Sep. 2004 - 22 Feb. 2005	152		24° 37.861' N; 110° 35.848' W
SD	23 Feb. 2005		1	
Serie X	24 Feb. - 22 Ago. 2005	180		24° 37.430' N; 110° 36.227' W
SD	23 Ago. 2005		1	
Serie XI	24 Ago. - 29 Nov. 2005	98		24° 36.577' N; 110° 36.600' W
		Σ 1214	Σ 198	

Tabla 6. Fechas y número de días de recolecta con los valores de flujo de masa total (FMT), de carbonatos de calcio (CaCO_3), sílice biogénico (BSiO_2), carbono orgánico (C_{org}), y la fracción litogénica. Además de su contribución, en porcentaje, al flujo de masa total. Flujos en $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$. En negritas los periodos influenciados por los huracanes. Periodos sin datos (ND).

Intervalo de recolecta	# Días	FMT	CaCO_3		BSiO_2		C_{org}		Litogénico	
			%	Flujo	%	Flujo	%	Flujo	%	Flujo
18 - 25 Ene. 2002	8	1102	24.6	271	23.8	262	3.98	43.9	43.6	508
26 Ene. - 02 Feb. 2002	8	692	17.2	119	22.6	156	3.92	27.2	52.4	362
03 - 10 Feb. 2002	8	1378	14.9	206	17.3	238	3.40	46.8	61.0	878
11 - 17 Feb. 2002	7	1263	10.5	133	10.2	113	3.92	49.5	71.4	979
18 - 24 Feb. 2002	7	597	12.7	76	15.3	92	4.17	24.9	63.6	380
25 Feb. - 03 Mar. 2002	7	1535	15.2	234	18.3	281	4.79	73.6	56.9	910
04 - 10 Mar. 2002	7	780	20.9	163	20.7	162	3.90	30.4	50.6	400
11 - 17 Mar. 2002	7	326	18.7	61	15.0	49	5.42	17.7	55.5	181
18 - 24 Mar. 2002	7	255	26.4	67	11.3	29	5.15	13.1	52.0	132
25 - 31 Mar. 2002	7	227	-	-	18.2	41	-	0.0	81.8	230
01 - 07 Abr. 2002	7	291	17.5	51	11.8	34	5.77	16.8	59.2	179
08 - 14 Abr. 2002	7	166	0.0	0	12.5	21	-	-	-	-
15 - 17 Abr. 2002	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
18 - 24 Abr. 2002	7	413	11.4	47	15.2	55	5.04	20.8	63.3	267
25 Abr. - 01 May. 2002	7	374	13.4	50	21.3	70	7.23	27.1	50.9	233
02 - 08 May. 2002	7	764	9.4	72	20.7	139	5.54	42.3	58.8	450
09 - 15 May. 2002	7	682	15.5	106	15.0	90	6.89	46.9	55.6	397
16 - 22 May. 2002	7	747	20.1	150	11.9	89	6.68	49.9	54.6	424
23 - 29 May. 2002	7	667	9.6	64	13.2	88	6.21	41.4	64.8	466
30 May. - 06 Jun. 2002	8	438	8.3	36	13.4	67	5.06	22.1	68.2	304
07 - 14 Jun. 2002	8	529	12.9	68	16.8	102	5.27	27.9	59.7	345
15 - 22 Jun. 2002	8	236	-	-	23.3	63	-	-	-	-
23 - 30 Jun. 2002	8	65	-	-	41.7	31	-	-	-	-
01 - 08 Jul. 2002	8	138	-	-	21.1	33	-	-	-	-
09 - 16 Jul. 2002	8	157	-	-	25.5	46	-	-	-	-
17 Jul. - 06 Ago. 2002	21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
07 - 14 Ago. 2002	8	149	-	-	44.8	67	-	-	-	-
15 - 22 Ago. 2002	8	823	11.2	92	12.0	98	4.88	40.1	67.1	574
23 - 30 Ago. 2002	8	843	11.4	96	12.7	107	4.39	37.0	67.1	625
31 Ago. - 06 Sep. 2002	7	926	9.8	91	14.7	119	5.94	55.0	63.6	635
07 - 13 Sep. 2002	7	777	9.8	76	15.6	121	6.75	52.4	61.1	509
14 - 20 Sep. 2002	7	1038	14.3	148	8.5	88	4.54	47.1	68.1	719
21 - 27 Sep. 2002	7	1023	11.9	122	16.0	164	6.12	62.6	59.8	628
28 Sep. - 04 Oct. 2002	7	929	13.4	124	9.4	88	5.25	48.8	66.7	631
05 - 11 Oct. 2002	7	1014	24.4	248	10.3	104	3.77	38.2	57.8	586
12 - 18 Oct. 2002	7	863	15.8	136	5.3	45	4.56	39.4	69.8	604
19 - 25 Oct. 2002	7	544	17.2	93	5.6	30	5.39	29.3	66.5	379
26 Oct. - 01 Nov. 2002	7	474	11.5	55	8.7	41	5.18	24.6	69.4	338
02 - 08 Nov. 2002	7	982	14.9	146	13.7	134	4.98	48.9	61.4	603
09 - 15 Nov. 2002	7	1390	10.5	145	10.8	150	4.82	67.0	69.1	961
16 - 22 Nov. 2002	7	2374	11.1	264	10.6	251	3.75	88.9	70.8	1758
23 - 29 Nov. 2002	7	1386	21.9	304	15.4	214	4.97	68.8	52.7	762
30 Nov. - 06 Dic. 2002	7	715	-	-	21.8	156	8.24	58.9	-	-

Tabla 6. Continuación...

Intervalo de recolecta	# Días	FMT	CaCO ₃		BSiO ₂		C _{org}		Litogénico	
			%	Flujo	%	Flujo	%	Flujo	%	Flujo
07 – 14 Dic. 2002	8	1336	15.4	206	10.4	139	4.95	66.1	64.3	875
15 - 22 Dic. 2002	8	1543	-	-	10.6	164	6.84	105.6	-	-
23 - 30 Dic. 2002	8	1102	18.1	199	11.2	123	6.03	66.5	58.7	677
31 Dic. 02 - 07 Ene. 03	8	806	20.0	161	15.9	128	5.76	46.4	52.6	452
08 Ene. - 23 Feb. 2003	47	406	17.7	72	15.9	65	6.08	24.7	54.2	239
24 Feb. 2003	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25 Feb. -10 Mar. 2003	14	464	18.1	84	5.9	27	3.48	16.1	69.0	320
11 - 24 Mar. 2003	14	358	20.4	73	6.6	23	3.50	12.5	66.0	236
25 Mar. - 07 Abr. 2003	14	652	7.9	52	9.7	63	4.73	30.8	73.0	489
08 - 21 Abr. 2003	14	715	14.8	106	11.9	85	4.40	31.4	64.5	472
22 Abr. - 05 May. 2003	14	229	17.1	39	4.8	11	4.16	9.5	69.8	159
06 - 19 May. 2003	14	225	19.8	45	9.1	20	4.64	10.5	61.8	139
20 May. - 02 Jun. 2003	14	531	13.0	69	18.5	98	5.70	30.3	57.1	331
03 - 16 Jun. 2003	14	580	7.1	41	20.9	121	4.56	26.5	62.9	365
17 - 30 Jun. 2003	14	749	11.2	84	22.6	169	4.46	33.4	57.4	450
01 - 14 Jul. 2003	14	617	10.9	67	20.5	126	6.63	40.9	55.4	390
15 - 27 Jul. 2003	13	431	18.4	80	13.3	57	5.70	24.6	56.9	245
28 Jul. - 09 Ago. 2003	13	422	15.8	67	11.5	49	5.30	22.4	62.1	262
10 - 21 Ago. 2003	12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22 - 28 Ago. 2003	7	3884	8.1	314	4.0	157	2.27	88.0	83.3	3334
29 Ago. - 04 Sep. 2003	7	3322	13.1	436	3.8	126	2.44	81.0	78.2	2598
05 - 11 Sep. 2003	7	1459	16.0	233	7.7	113	4.02	58.6	68.3	1026
12 - 18 Sep. 2003	7	808	24.5	198	11.0	89	5.55	44.8	53.4	498
19 - 25 Sep. 2003	7	2891	18.3	530	4.7	137	2.76	79.9	71.4	2229
26 Sep. - 03 Oct. 2003	8	2870	12.7	364	2.5	72	2.17	62.4	80.5	2392
04 Oct. - 13 Nov. 2003	41	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14 - 22 Nov. 2003	9	999	13.4	134	7.8	78	4.16	41.6	70.5	704
23 Nov. - 01 Dic. 2003	9	809	17.5	142	12.0	97	3.71	30.0	63.1	510
02 - 10 Dic. 2003	9	1565	20.1	314	17.6	275	3.02	47.3	56.3	891
11 - 19 Dic. 2003	9	2103	16.3	342	12.7	267	3.80	79.8	63.4	1334
20 - 28 Dic. 2003	9	1183	19.8	235	20.0	237	4.28	50.6	51.6	610
29 - Dic. - 06 Ene. 2004	9	1720	19.2	330	15.7	270	3.26	56.0	58.6	1007
07 - 15 Ene. 2004	9	711	16.9	120	24.6	175	4.10	29.1	50.4	358
16 - 24 Ene. 2004	9	380	19.6	74	26.0	99	5.03	19.1	44.4	169
25 Ene. - 02 Feb. 2004	9	295	16.0	47	20.6	61	5.88	17.3	51.6	152
03 - 11 Feb. 2004	9	513	19.8	102	22.6	116	4.97	25.5	47.6	244
12 - 20 Feb. 2004	9	1058	12.5	133	22.8	241	5.45	57.6	53.8	569
21 - 29 Feb. 2004	9	299	15.4	46	21.3	64	6.45	19.3	50.5	151
01 - 10 Mar. 2004	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11 - 25 Mar. 2004	15	605	42.4	257	12.7	77	6.73	40.7	31.4	190
26 Mar. - 09 Abr. 2004	15	418	30.7	128	8.8	37	6.55	27.4	47.4	198
10 - 24 Abr. 2004	15	371	18.1	67	18.3	68	7.32	27.1	49.0	182
25 Abr. - 09 May. 2004	15	391	16.3	64	20.7	81	7.60	29.7	47.8	187
10 - 24 May. 2004	15	202	14.9	30	10.6	21	11.54	23.4	51.4	104
25 May. - 08 Jun. 2004	15	109	23.4	26	21.9	24	7.09	7.7	40.5	44

Tabla 6. Continuación...

Intervalo de recolecta	# Días	FMT	CaCO ₃		BSiO ₂		C _{org}		Litogénico	
			%	Flujo	%	Flujo	%	Flujo	%	Flujo
09 Jun. - 23 Sep. 2004	107	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24 Sep. - 09 Oct. 2004	16	726	24.1	175	6.6	48	7.44	54.0	54.5	414
10 - 26 Oct. 2004	17	852	29.5	251	4.7	40	6.66	56.7	52.5	447
27 Oct. - 12 Nov. 2004	17	965	25.8	249	4.8	46	5.49	53.0	58.4	564
13 - 28 Nov. 2004	16	871	46.8	408	6.1	53	5.67	49.4	35.8	320
29 Nov. - 14 Dic. 2004	16	2245	17.7	398	10.0	224	3.48	78.2	65.4	1549
15 - 24 Dic. 2004	10	1067	16.1	172	16.3	174	5.32	56.7	56.9	608
25 Dic. 04 - 03 Ene. 05	10	900	20.9	188	12.1	109	4.88	43.9	57.2	515
04 - 13 Ene. 2005	10	399	15.4	62	12.5	50	4.71	18.8	62.6	250
14 - 23 Ene. 2005	10	400	19.8	79	13.2	53	5.08	20.3	56.9	228
24 Ene. - 02 Feb. 2005	10	173	24.2	42	18.7	32	5.84	10.1	45.4	79
03 - 12 Feb. 2005	10	116	21.0	24	15.2	18	5.58	6.5	52.6	61
13 - 22 Feb. 2005	10	129	26.4	34	13.3	17	5.41	7.0	49.5	64
23 Feb. 2005	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24 Feb. - 10 Mar. 2005	15	304	43.6	133	6.1	18	5.74	17.5	38.9	118
11 - 25 Mar. 2005	15	488	19.6	96	9.8	48	5.77	28.2	59.0	288
26 Mar. - 09 Abr. 2005	15	469	28.1	132	8.2	39	7.28	34.1	49.1	230
10 - 24 Abr. 2005	15	318	28.4	90	8.5	27	6.49	20.6	50.2	159
25 Abr. - 09 May. 2005	15	402	18.7	75	17.2	69	6.32	25.4	51.4	207
10 - 24 May. 2005	15	303	15.5	47	13.7	41	6.78	20.5	57.3	173
25 May. - 08 Jun. 2005	15	240	17.7	42	21.1	51	6.09	14.6	49.0	117
09 - 23 Jun. 2005	15	439	18.9	83	21.0	92	6.45	28.3	47.2	207
24 Jun. - 08 Jul. 2005	15	252	17.9	45	14.8	37	7.47	18.8	52.3	132
09 - 23 Jul. 2005	15	345	15.0	52	12.2	42	8.25	28.4	56.3	194
24 Jul. - 07 Ago. 2005	15	194	20.1	39	9.9	19	7.43	14.4	55.2	107
08 - 22 Ago. 2005	16	288	16.1	46	7.3	21	7.12	20.5	62.4	180
23 Ago. 2005	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
24 - 31 Ago. 2005	8	719	34.7	250	7.4	53	7.27	52.2	43.4	312
01- 08 Sep. 2005	8	867	31.7	275	4.2	36	6.57	57.0	51.0	442
09 - 16 Sep. 2005	8	639	40.0	256	4.8	30	6.21	39.7	42.8	273
17 - 24 Sep. 2005	8	655	35.3	231	5.0	32	7.31	47.8	45.1	295
25 Sep. - 02 Oct. 2005	8	404	35.3	143	5.2	21	8.53	34.5	42.5	172
03 - 10 Oct. 2005	8	500	37.9	189	4.0	20	6.47	32.3	45.2	226
11 - 18 Oct. 2005	8	469	37.3	175	5.3	25	6.37	29.9	44.7	210
19 - 26 Oct. 2005	8	737	36.6	269	5.9	44	6.99	51.5	43.5	321
27 Oct. - 03 Nov. 2005	8	475	41.4	197	4.1	19	7.38	35.0	39.7	189
04 - 11 Nov. 2005	8	304	44.3	135	6.2	19	7.53	22.9	34.4	105
12 -19 Nov. 2005	8	393	42.9	168	5.1	20	7.29	28.6	37.4	147
20 - 29 Nov. 2005	10	657	35.4	232	7.3	48	5.03	33.1	47.3	311
Σ	1430									
Sin huracanes	Prom.	675	20.3	134	13.8	88	5.6	37	55.9	413
Incluyendo huracanes	Prom.	762	20.0	144	13.5	89	5.5	38	56.5	496

3.5. Flujo de Masa Total

Los resultados que se obtuvieron de los flujos de masa total muestran un alto grado de variación en la magnitud del flujo de masa total (FMT), ésta va desde un valor mínimo de 65 hasta un máximo de 2,374 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ó 3,884 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ si se consideran los huracanes (Tabla 7). El factor de variación (la diferencia entre el valor respecto al mínimo) del FMT fue de 60, valor sólo por debajo del calculado para el flujo litogénico. Se observaron variaciones significativas entre años, estaciones, meses y aún de una semana a otra (Fig. 22). El flujo de masa promedio, para todo el periodo de estudio fue de 762 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ lo que equivale a 278 $\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$. Si no se consideran los altos valores obtenidos durante el periodo influenciado por los huracanes en 2003 el flujo promedio decrece (en 11%) a 675 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ó 246 $\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$. El valor mínimo ocurrió en junio de 2002 y el siguiente flujo más bajo (109 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$) también se presentó en el mes de junio pero de 2004. Sin embargo, de los 10 valores mínimos, sólo uno ocurrió en 2004 mientras que el resto de éstos se distribuyeron equitativamente entre 2002 (mayormente en julio y agosto) y 2005 (básicamente en febrero). Febrero de 2005 se caracterizó, a diferencia de otros años, por presentar valores bajos. De manera general, los flujos mínimos se observan en primavera y en menor medida en invierno, excepto en el invierno al iniciar el año 2002 cuando los flujos de masa de varias muestras están por encima del promedio. Picos aislados, se presentaron generalmente en otoño durante el mes de noviembre y diciembre. De hecho, 8 de los 10 valores más altos (sin considerar los valores calculados durante los huracanes) se presentaron en estos meses aunque en 2005 no fue muy evidente.

Tabla 7. Flujo promedio ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$) y contribución, en porcentaje, de cada uno de los componentes de enero del 2002 a noviembre del 2005 en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz.

	Prom.	D. Estd.	Mínimo	Máximo	Intervalo	Factor
Flujo de Masa total	762	649	65	3,884	3,820	60
% de Carbonatos	20	9	7	47	40	6.6
Flujo de Carbonatos	144	103	24	530	505	22
% de Carbono orgánico	5.5	1.5	2.2	11.5	9.4	5.3
Flujo de Carbono orgánico	38	20	6.5	106	99	16
% de Ópalo	13.5	7.2	2.5	44.8	42.3	18
Flujo de Ópalo	89	68	11	281	270	25
% litogénico	56.7	10.3	31	83	52	2.6
Flujo litogénico	494	522	44	3,334	3,290	76

Flujos de masa extraordinariamente altos ocurrieron en las dos semanas de finales de agosto y septiembre en el verano de 2003. Durante este periodo, la región Sur de la Península de Baja California estuvo bajo la influencia de los huracanes “Ignacio” y “Marty”, del 22 al 27 de agosto y del 18 al 25 de septiembre de 2003, respectivamente. Es notorio que la influencia de estos eventos perdura por más de una semana, es decir, la botella posterior al huracán recolectó casi la misma cantidad de material. Aún más, el flujo de masa que se estimó para la tercera botella estuvo entre los 10 flujos más altos, el periodo de recolecta de esta botella inició 13 días después del arribo del huracán “Ignacio”. Tomó tres semanas para que la magnitud de los flujos regresara a una similar al promedio general (Fig. 22).

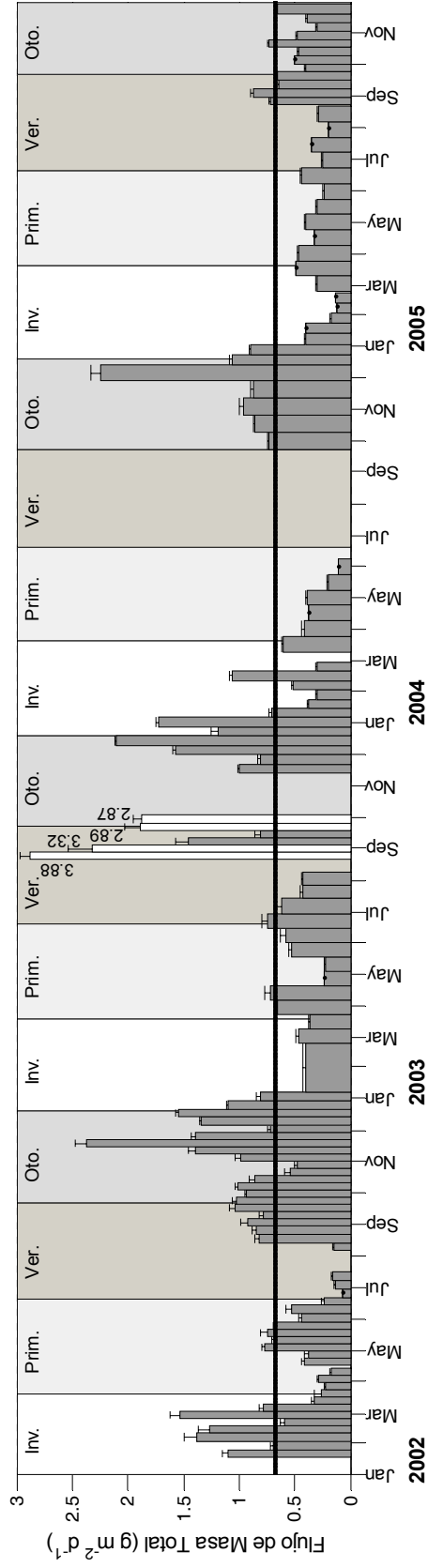


Figura 22. Flujos de masa del material recolectado en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. La anchura de cada una de las barras representa el tiempo de recolecta y la línea horizontal el promedio. Las barras en blanco indican el período influenciado por los dos huracanes y han sido alteradas (restándole 1 gramo a cada valor) con el propósito de distinguir las variaciones de menor escala.

3.6. Variabilidad temporal del contenido de CaCO_3

La contribución, en porcentaje, de los carbonatos de calcio respecto a la masa total fue en promedio de 20%, con un mínimo de 7% detectado al inicio de junio del 2003 y un máximo de 46.8% registrado a finales de noviembre del 2004 (Figura 23a). Existe una alta variabilidad de una semana a otra, sin embargo, la variación interanual es aún más evidente: a partir del año 2004 la contribución de este componente, de la mayoría de las muestras, es mayor a los años previos. También es notable que a partir del mes de agosto del 2005 la contribución de carbonatos no es menor al 30%, en todo el periodo estudiado solo en cuatro ocasiones se alcanzó este porcentaje. Estacionalmente no se observa un patrón muy claro, aunque, los porcentajes de CaCO_3 son generalmente mayores durante el otoño e invierno. Por otra parte, se obtuvieron valores relativamente bajos durante el periodo influenciado por los huracanes en el 2003.

3.6.1. Variabilidad temporal del flujo de CaCO_3

En cuanto a los flujos de carbonatos, el intervalo de éstos estuvo entre 24 y 530 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$, siendo el promedio de 144 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Figura 23b). Se reconocen altos valores en el otoño y excepcionalmente en el invierno al inicio del 2002. Un pico máximo muy distinguible corresponde al periodo influenciado por los huracanes que se presentaron en el verano e inicio del otoño del 2003. Por otro lado, generalmente se presentaron los valores mínimos en la primavera y verano aun que esto no siempre es así (a fines del verano del 2005 los flujos son excepcionalmente altos para esta estación)

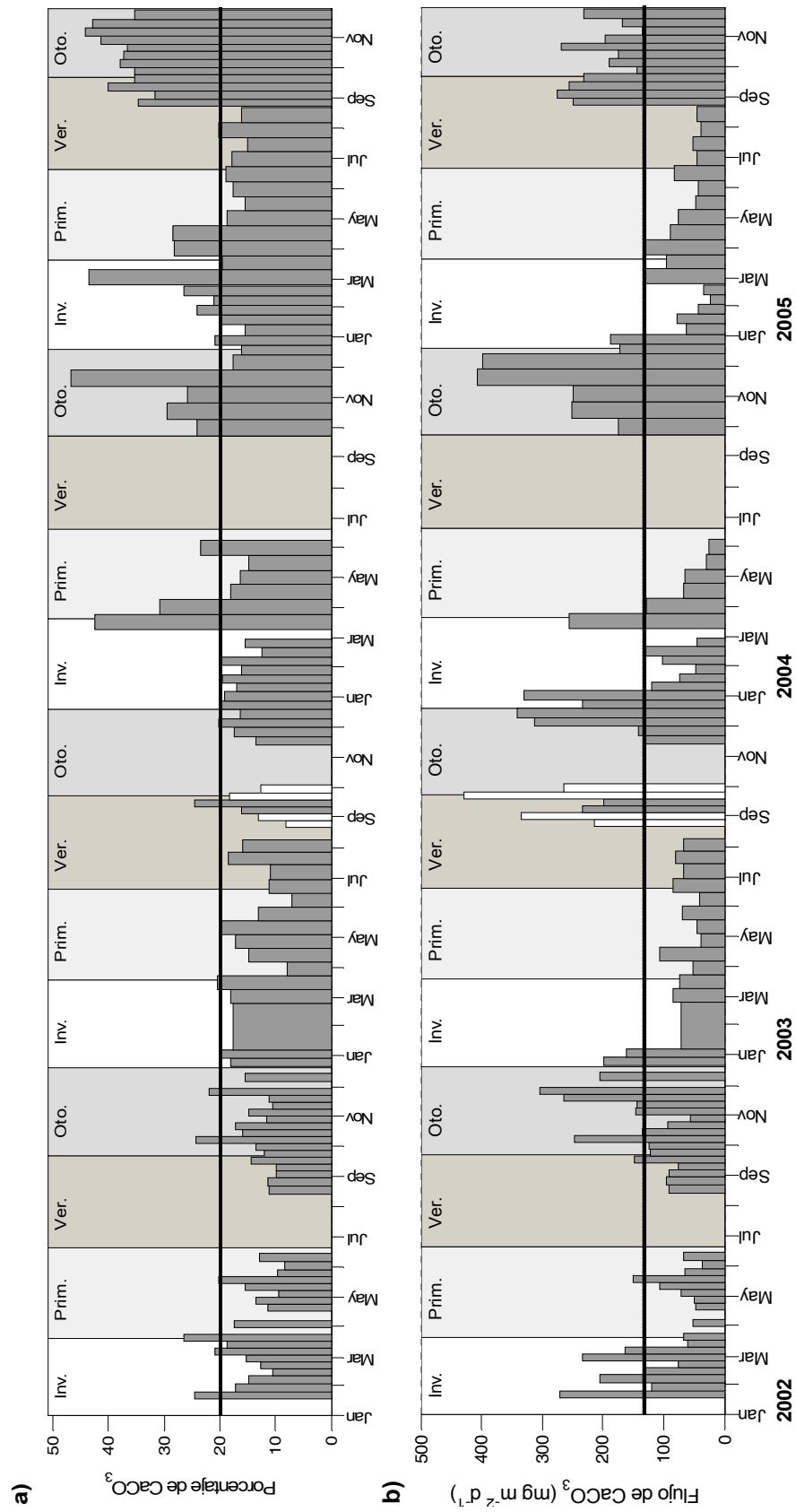


Figura 23. Porcentaje (a) y flujo de carbonato de calcio (b) del material recolectado en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. La anchura de cada una de las barras representa el tiempo de recolecta y la línea horizontal el promedio. Las barras en blanco indican el período influenciado por los huracanes.

3.7. Variabilidad temporal del contenido de C_{org}

Los valores del porcentaje de contribución de carbono orgánico fueron usualmente más regulares que las variables anteriormente descritas, siendo el promedio de 5.4% con un intervalo de 2.2 a 11.5%. Los valores mínimos ocurrieron durante el periodo de influencia de los huracanes del 2003, mientras que un pico excepcionalmente alto se detectó a mediados de mayo del 2004 (Figura 24a). No se distingue un patrón estacional aunque usualmente se observa que la contribución de C_{org} es alta en la primavera, particularmente en 2004. Picos esporádicos se notan en otoño

3.7.1. Variabilidad temporal del flujo de C_{org}

El flujo promedio de C_{org} fue de $38 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Estos flujos siguen la misma tendencia del FMT con valores bajos en la primavera y altos en el otoño y un pico máximo en el verano del 2003. El valor mínimo fue de $6.5 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ y se registró a inicios de febrero del 2005, el máximo fue de $106 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ y ocurrió en diciembre del 2002. Un grupo de valores de contribución menores a 2.5% corresponden a flujos altos (Figura 24b), esto debido al efecto de dilución por parte del material litogénico como se mencionó anteriormente.

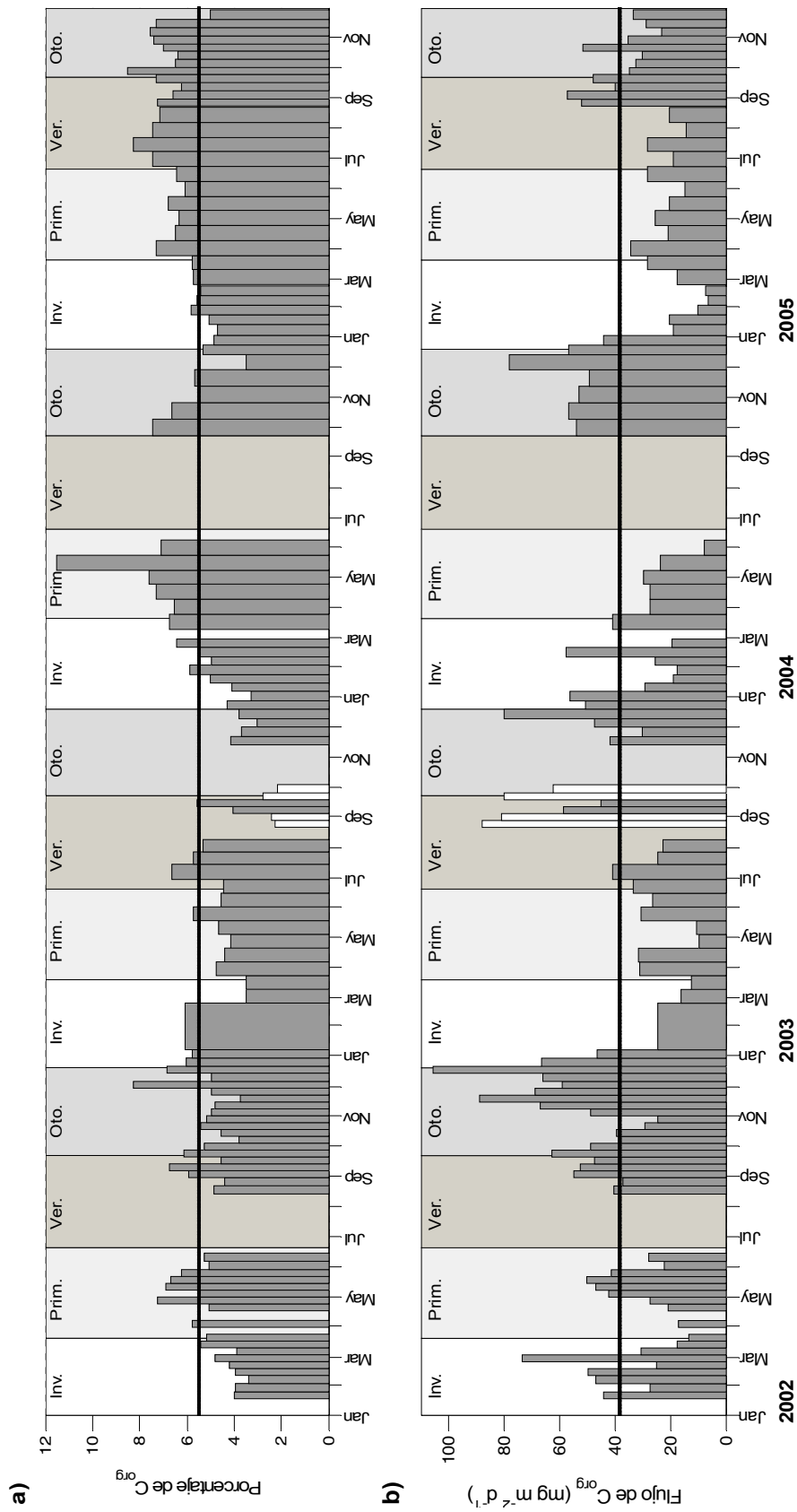


Figura 24. Porcentaje (a) y flujo de carbono orgánico (b) del material recolectado en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. La anchura de cada una de las barras representa el tiempo de recolecta y la línea horizontal el promedio. Las barras en blanco indican el período influenciado por los huracanes.

3.8. Variabilidad temporal del contenido de BSiO_2

Después del carbonato de calcio, el sílice biogénico (u ópalo) fue el principal componente biogénico. Éste contribuyó, en promedio, con el 13.5% siendo su aporte mínimo de 2.5%, observado en septiembre de 2003 y un máximo de 44.8% registrado en agosto de 2002 (Figura 25a). Sólo cuatro valores son mayores a 25% y de éstos sólo la mitad es mayor que 40%. El mínimo porcentaje de contribución de ópalo se presentó después del huracán □□Marty□□. De los 7 valores más bajos de contribución, 4 se registraron durante el periodo influenciado por los huracanes. Prácticamente no existe diferencia entre el promedio de ópalo si se considera o no los valores obtenidos durante estos dos eventos.

3.8.1. Variabilidad temporal del flujo de BSiO_2

El Flujo de sílice biogénico varió por un factor de 25, siendo el intervalo de 11 a $281 \text{ mg m}^2 \text{ d}^{-1}$ con un promedio calculado de $89 \text{ mg m}^2 \text{ d}^{-1}$. Se distinguen valores altos durante el otoño y excepcionalmente en el invierno (los flujos de ópalo fueron muy variables de un invierno a otro: mientras que en el invierno del 2002 y 2004 se observan altos flujos, sucede lo contrario en el invierno del 2003 y 2005). Valores mínimos se registraron generalmente en primavera y en menor medida en el verano aunque esto no fue siempre así. Se observó un decremento general, al igual que en el resto de los componentes, en los flujos de ópalo (Figura 25b), particularmente a partir del año 2005: excepto por un solo valor ningún dato está por arriba del promedio general.

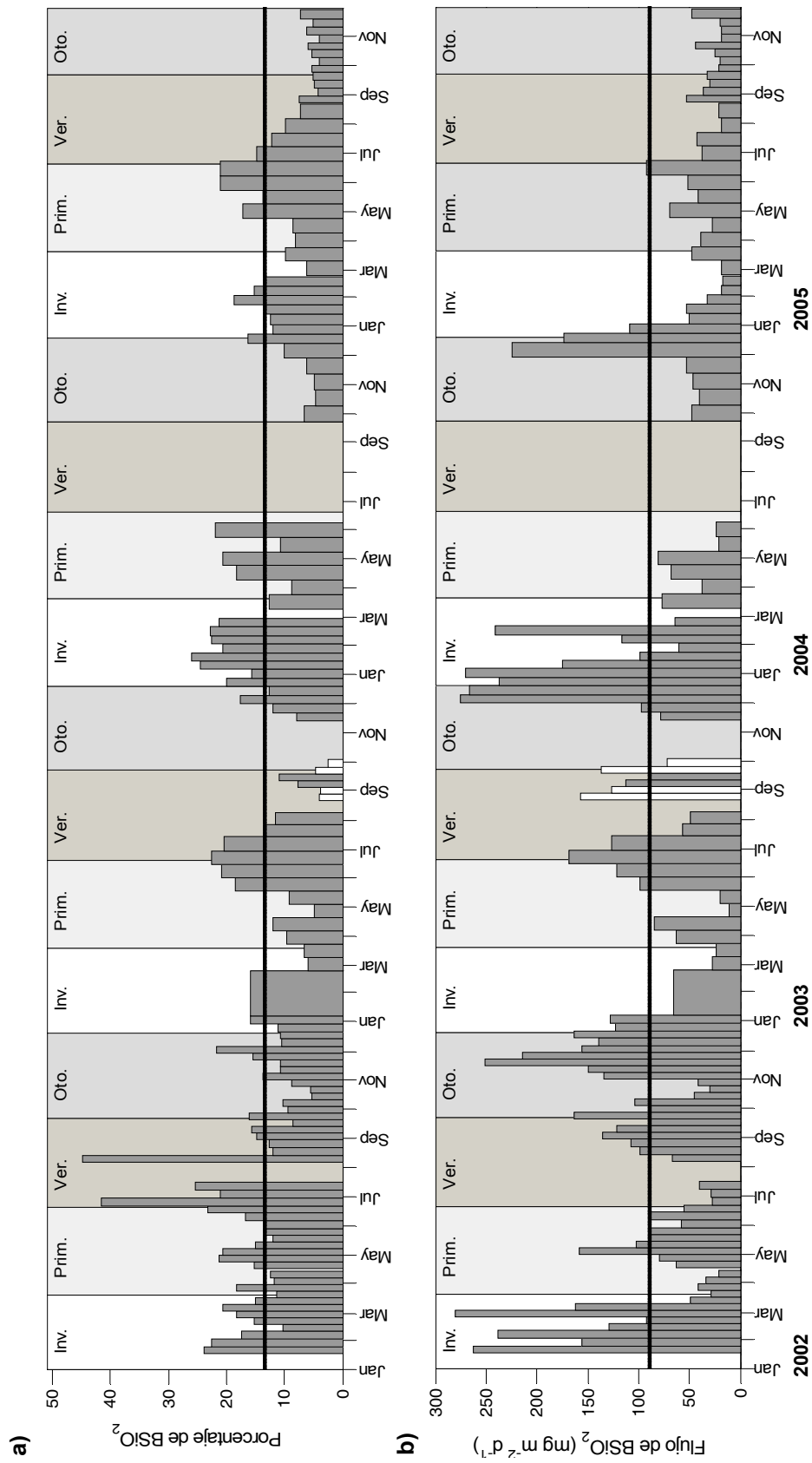


Figura 25. Porcentaje (a) y flujo de sílice biogénico (b) del material recolectado en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz. La anchura de cada una de las barras representa el tiempo de recolecta y la línea horizontal el promedio. Las barras en blanco indican el periodo influenciado por los huracanes.

3.9. Variabilidad temporal del contenido de material litogénico

La gama de contribución del material litogénico al Flujo de Masa Total fue en general muy alta, variando entre 31 hasta 83%. Solo 6 muestras presentaron valores menores a 40% de contribución, mientras que en 84 de 110 muestras, la contribución de material litogénico es mayor al 50%. El valor mínimo se detectó en marzo del 2004 y el máximo en agosto del 2003 durante el huracán Ignacio. El porcentaje promedio, para todo el periodo de estudio, fue de 56.5%. Por otro lado, no se distingue un patrón definido: los valores fluctúan de una semana a otra y sólo se observa que los máximos valores se presentan exclusivamente durante los eventos de huracanes y usualmente son altos en el otoño. Adicionalmente, es notorio un decremento de los porcentajes a partir del invierno del 2003 cuando pocas muestras tienen valores por encima del promedio general (Figura 26a).

3.9.1. Variabilidad temporal del flujo de material litogénico

En cuanto a los flujos del material litogénico, se observó que a porcentajes altos de contribución corresponden, generalmente ($r=0.62$), flujos altos. Por otra parte, es muy evidente el impacto de los huracanes en la magnitud de estos flujos: siendo los máximos mayores a los mínimos por un factor de 76 (de 44 a 3,334 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$). En general se advierte que los valores son mínimos durante la primavera y verano, ligeramente mayores en el invierno y máximos durante el otoño. Sin embargo, la influencia de los huracanes en agosto-septiembre del 2003 es definitiva. El valor promedio para el periodo de estudio fue de 496 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ lo que representa el 65% del flujo de masa total. Se observa que anualmente el porcentaje de contribución de material litogénico ha descendido notoriamente desde enero de 2004 hasta el último año del estudio (Figura 26b).

3.10. Contribución relativa de los componentes del material en hundimiento

El principal componente del material recolectado fue la fracción litogénica, sólo en seis ocasiones, el carbonato de calcio fue mayor que el material litogénico. Esto ocurrió en marzo y noviembre de 2004 y coincidentemente en marzo y noviembre de 2005 (Figura 27). De los componentes biogénicos, el carbonato de calcio fue el principal contribuyente (20%) seguido por el sílice biogénico (13.5%), de manera general, sólo en una de cada tres ocasiones el sílice biogénico fue más importante que el CaCO_3 . Para las muestras con los valores más altos de ópalo (>40%) no tenemos datos de carbonatos para poder compararlos. El carbono orgánico fue el contribuyente menos significativo. De las 111 muestras con datos de sílice biogénico y carbono orgánico, sólo en 14 es mayor al sílice biogénico. Debido a que en la Figura 24, se graficó la materia orgánica (calculada como dos veces el C_{org}) no es posible apreciar esta situación.

La suma de la contribución (en %) de los componentes biogénicos (CaCO_3 , BSiO_2 y MOP) solo superó a la fracción litogénica en 26 de las 109 muestras con datos de los tres componentes biogénicos (Figura 27). De éstas, sólo un dato se registró antes del 2004, específicamente en enero de 2002. El resto ocurren entre el año 2004 y 2005. Es notorio un decremento de la contribución de la fracción litogénica a través del periodo de estudio. El componente biogénico contribuyó en promedio con el 43.3% aunque es interesante que su importancia aumentó significativamente desde agosto de 2005.

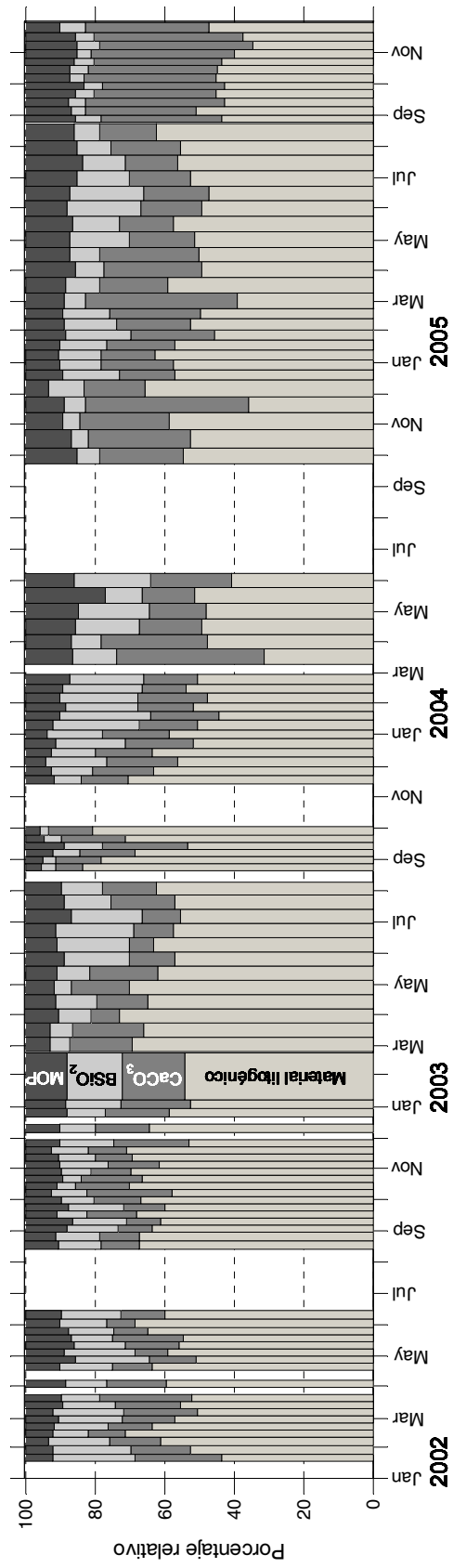


Figura 27. Contribución relativa de los componentes del material recolectado por una trampa de sedimentos de serie de tiempo durante el período enero del 2002 a noviembre del 2005 en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz.

4. DISCUSIÓN

4.1. Flujos sedimentarios

4.1.1. Flujo de masa total

Los resultados que se obtuvieron muestran, por mucho, un alto grado de variación intranual e interanual en la magnitud del flujo de masa total (FMT). Sin embargo, también se observan cambios evidentes (> 1 D. Estd.= $453 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) en una escala más corta: por ejemplo, se observaron cambios entre un periodo de recolecta y el siguiente, en febrero, marzo, agosto, noviembre y diciembre de 2002; en abril y diciembre de 2003; en enero, febrero y diciembre de 2004; y en enero de 2005 (Figura 28). Por otra parte, se observaron oscilaciones en los flujos con una periodicidad generalmente de alrededor de 12 semanas (Se define como una oscilación al tiempo que transcurre entre dos valores mínimos y en el cual se presenta un pico evidente) pero que excepcionalmente alcanzó 20 y en un par de ocasiones alrededor de 6 semanas (Tabla 8). Se observaron 14 de estas oscilaciones pero aun desconocemos el factor que las regula.

Tabla 8. Periodicidad observada en los flujos de masa total del material en hundimiento en Cuenca Alfonso.

Periodo de las oscilaciones	No. días	No. de semanas	No. de sems. $\geq$ al promedio
18 de enero al 14 de abril de 2002	87	12	5
18 de abril al 30 de junio de 2002	74	11	3
1 de julio al 1 de noviembre de 2002	103	15	9
2 de noviembre al 1 de febrero de 2003	91	13	10
2 de febrero al 5 de mayo de 2003	94	13	2
6 de mayo al 9 de agosto de 2003	96	14	2
14 de noviembre de 2003 al 2 de febrero de 2004	81	12	9
3 al 29 febrero del 2004	27	4	1
11 de marzo al 8 de junio de 2004	90	13	0
24 de septiembre de 2004 al 12 de febrero de 2005	142	20	15
13 de febrero al 8 de junio de 2005	115	16	0
9 de junio al 22 de agosto de 2005	75	11	0
24 de agosto al 2 de octubre de 2005	40	6	2
3 de octubre al 11 de noviembre de 2005	40	6	1

No existe estacionalidad regular en los flujos. No obstante, el final del otoño se caracterizó por presentar flujos casi siempre por arriba del promedio general. Altos flujos se mantienen hasta el invierno en el inicio del año siguiente. Picos esporádicos se observaron a mediados del invierno. En cuanto a la variabilidad interanual (Tabla 9), el promedio del FMT fue muy similar los primeros tres años del estudio (sin incluir los valores registrados durante la influencia de los dos huracanes): $773 \pm 38 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Sin embargo, en 2005 el FMT decreció 44% respecto al promedio mencionado, como resultado, solo durante algunas semanas el FMT fue ligeramente superior al promedio de 2002-04. Este decremento se explica, parcialmente, por una disminución en la entrada de material litogénico (ver el apartado 4.1.3.2.)

Tabla 9. Promedios por año de los flujos de cada componente y sus porcentajes respectivos. Entre paréntesis los valores incluyendo los datos obtenidos durante los huracanes “Ignacio” y “Marty”.

Flujos (en $\text{mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$)						
Año	No. Días	FMT	CaCO_3	BSiO_2	C_{org}	Litogénico
2002	324	775	130	108	45	559
2003	282	810	135	112	35	506
(2003)	(311)	(1,185)	(177)	(114)	(42)	(834)
2004	249	735	163	101	39	399
2005	331	433	128	38	28	210
2002-2005		675	134	88	37	413
(2002-2005)		(762)	(144)	(89)	(38)	(496)
Porcentajes						
Año	No. Días	FMT	CaCO_3	BSiO_2	C_{org}	Litogénico
2002	324	-	15.1	16.0	5.2	61
2003	282	-	16.3	13.2	4.6	61
(2003)	(311)	-	(15.8)	(11.8)	(4.3)	(64)
2004	249	-	22.3	15.4	6.0	50
2005	331	-	28.0	9.9	6.5	49
2002-2005		-	20.3	13.8	5.6	55.9
(2002-2005)		-	(19.9)	(13.5)	(5.5)	(56.5)

Es claro que la variación a corta escala debe estar regulada por cambios rápidos en las condiciones atmosféricas, oceánicas y biológicas que ocurren en la bahía y que se reflejan de manera rápida en la magnitud del material recolectado.

No obstante, los flujos sedimentarios están en función de dos factores principales: 1) una fuente de material sólido y 2) empaquetamiento de material en agregados, los cuales son suficientemente grandes y densos para hundirse rápidamente. El empaquetamiento está representado por pelotillas fecales que son producidas por el proceso digestivo del zooplancton, y por la agregación de partículas individuales en agrupamientos nebulosos conocido como nieve marina (“marine snow”) que es causado por la presencia de materia de consistencia mucosa y que actúa como pegamento. Este material, referido en la literatura (p. ej. Alldredge y Silver, 1988; Passow *et al.*, 2001) como TEP (“Transparent ExoPolymers”) es generado por la fotorreacción de los exudados mucosos de diatomeas y zooplancton. Los dos tipos de agregados son comunes. Aún está pendiente evaluar la abundancia y variación del TEP en las muestras recolectadas en este estudio. Sin embargo, se ha iniciado el estudio sobre las pelotillas fecales, en una fracción de las muestras de la trampa, y sus primeros resultados muestran un intervalo de los flujos numéricos de hasta 4 órdenes de magnitud por lo que este factor debería ser considerado en la interpretación de los flujos sedimentarios (Romero, *com. pers.*)

Otro factor posible que interviene en el empaquetamiento de los agregados es la agregación fisicoquímica o floculación, que ocurre en los estuarios cuando la salinidad es de 5 a 10 ups lo que ocasiona que las partículas minerales finas (arcillas) en suspensión cambien su carga electrostática y se agreguen. No se cuenta con información sobre este último factor en referencia a los polvos que entran directamente al mar sin pasar por transiciones de salinidad. Por lo tanto se desconoce si este factor interviene en el empaquetamiento de grandes agregados en este sistema.

También se ha mencionado a la picnoclina como un factor que afecta la sedimentación de las partículas al reducir la tasa de hundimiento cuando éstas entran en contacto con agua más densa. Sin embargo, se debe considerar que la trampa de sedimentos recolecta básicamente grandes agregados que poseen una alta velocidad de hundimiento ($> 100 \text{ m d}^{-1}$). Además los agregados contienen usualmente otros componentes, con densidades más altas, como las pelotillas fecales. Las pelotillas pueden a su vez incluir en su interior cocolitos, éstos se

encontraron en las muestras recolectadas en Cuenca Alfonso (Cortés-Martínez, *com. pers.*) y muy probablemente valvas de diatomeas. Otros organismos más grandes como foraminíferos y pterópodos también fueron observados dentro de esta matriz (ver el catalogo de imágenes digitales). En este contexto, un experimento llevado a cabo por Nancy Romero (*com. pers.*) con el objetivo de separar, en función de su diferencia de densidad, las pelotillas fecales del resto de los agregados, demostró indirectamente que la picnoclina no afecta negativamente el hundimiento de los agregados. El ejercicio consistió en verter la muestra en una probeta llena con una solución salina (NaCl) saturada (aprox. 350 g de NaCl por 1 L de agua desmineralizada). Después de aprox. 5 minutos se recuperaban las partículas, que por su mayor densidad se sedimentaban más rápidamente, del fondo. Se observó que después de 10 a 15 minutos el material se había sedimentado completamente. La densidad de la solución salina fue de $\sim 1.2 \text{ g cm}^{-3}$ muy por arriba de la que se registra en la naturaleza. En noviembre de 2002 y 2003 la columna de agua presentó una fuerte picnoclina a 50 m de profundidad aunque en noviembre de 2005 se ubicó hasta casi 100 m de profundidad (Figura 17). El gradiente de densidad ($\Delta\delta$) fue de 1.023 a 1.026. Noviembre se caracterizó por exhibir una fuerte estratificación y por presentar, junto con diciembre, los flujos de masa más pronunciados de todo el año. Lo anterior sugiere que la picnoclina no es un factor que influya sobre los flujos sedimentarios.

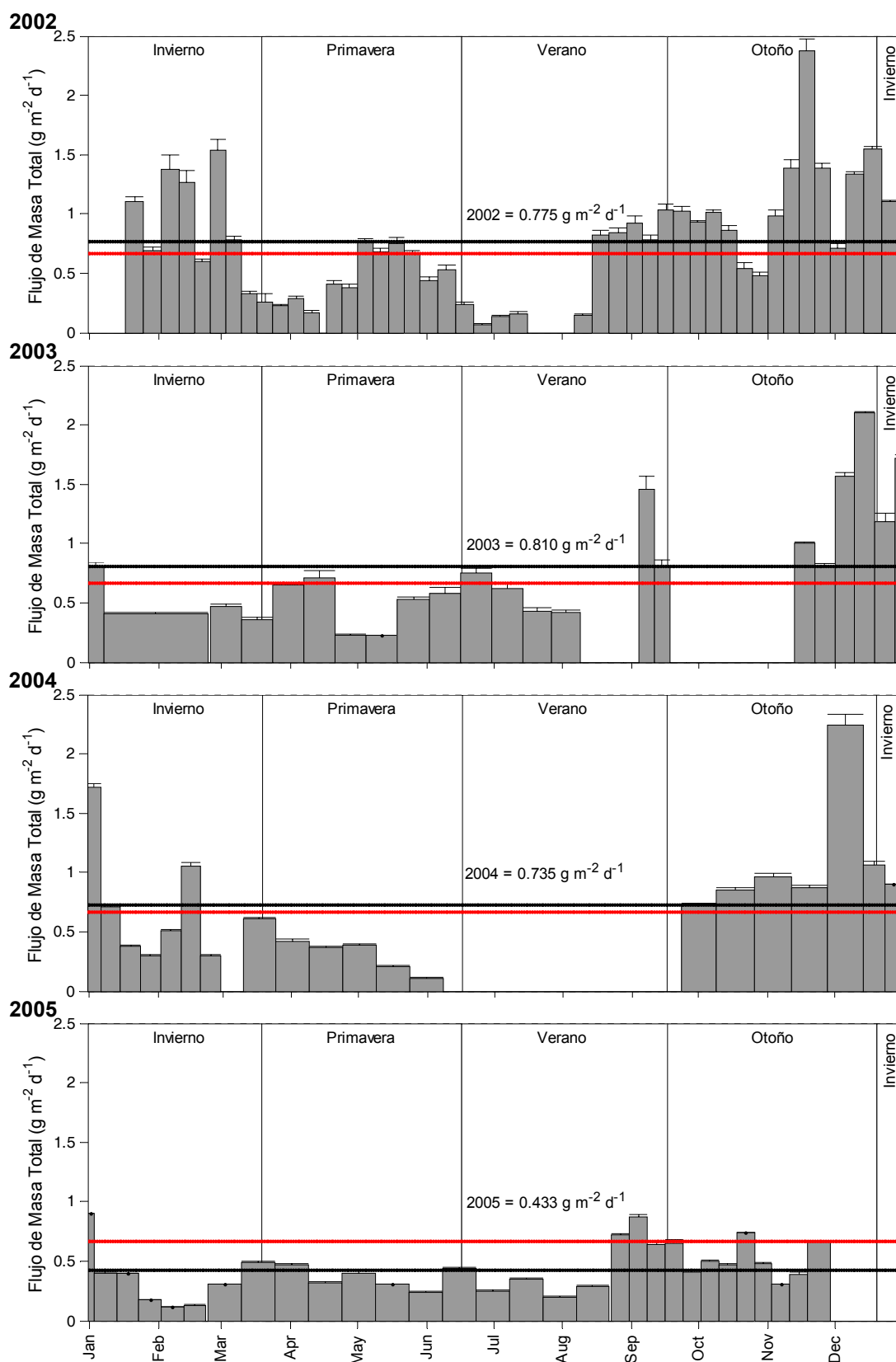


Figura 28. Flujos de masa total por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.

Por otra parte, es posible estimar la tasa de acumulación de sedimentos en el fondo marino a partir de los flujos verticales si se conoce o asumen los valores de porosidad y densidad (Berner, 1980). Silverberg *et al.* (2006) calcularon una tasa de acumulación de 0.4 mm por año a partir de los datos de la trampa de sedimentos obtenidos durante 2002. Los mismos cálculos sobre los datos de trampa 2002-2005, utilizando los perfiles de porosidad y densidad de los sólidos ofrecidos por Gonzales-Yajimovich (2006), resultan en un valor idéntico. Esta tasa es muy similar a las estimaciones obtenidas de manera independiente, por medio de isótopos radioactivos y conteos de laminaciones en núcleos de sedimento: 0.34 mm a⁻¹ (Pérez-Cruz, 2000 y Rodríguez-Castañeda, 2002) y de 0.32 a 0.4 mm.a⁻¹ (Douglas *et al.*, 2002). Este hecho permite confiar en que no hay perjuicio en el funcionamiento de la trampa y/o en su instalación en la zona tranquila de Bahía de La Paz, la cual está cercana a la profundidad del umbral localizado en la boca norte de la bahía.

4.1.2. Material litogénico: fuentes de sólidos terrígenos

El FMT estuvo dominado por el material litogénico, en ocho ocasiones aportó más del 70% (la mitad de ellas durante el periodo de huracanes), pero nunca fue menor al 30% (siete de los diez valores mínimos ocurrieron en 2005). Como resultado, ambos están estrechamente relacionados y su variación es muy similar: flujos por arriba del promedio en otoño con picos esporádicos a finales del otoño, flujos bajos en primavera y algunos picos en invierno. Sin embargo, se observan cambios drásticos, a veces de un periodo de recolecta al siguiente, por ejemplo en febrero de 2002, en diciembre de 2003 y el más evidente de todos que se presentó a finales de noviembre de 2004 cuando el flujo litogénico se incrementó por un factor cercano a 5 (Figura 29, se señala con flechas). Además, el flujo litogénico mostró evidentes oscilaciones en los flujos con una periodicidad similar al FMT aunque sólo se observan 12 oscilaciones. Éstas fueron tan extensas que duraron hasta 25 semanas en 2005 aunque en ese mismo año se registraron las dos oscilaciones más cortas (6 y 8 semanas).

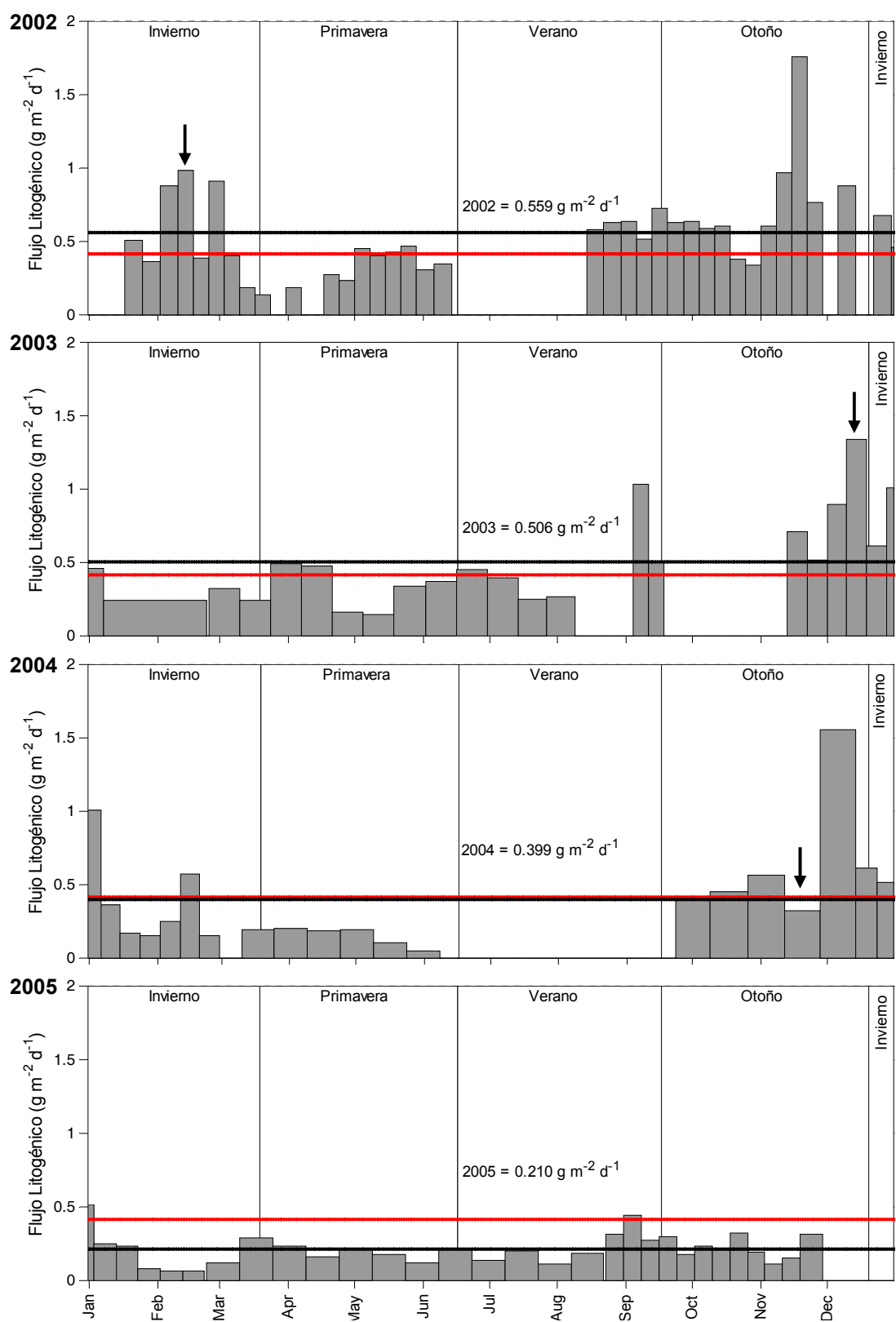


Figura 29. Flujos litogénicos por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.

4.1.2.1. Precipitación - descarga fluvial

No existen ríos que descarguen continuamente en Bahía de La Paz y los arroyos secos que desembocan en la bahía fluyen muy episódicamente durante las tormentas tropicales de verano. Los datos de precipitación pluvial que se registraron (por el CIBNOR) en el periodo 2002-2005 muestran que sólo entre 3 a 5 días al año la precipitación es mayor a 10 mm día^{-1} y no son muchos más si tomamos 5 mm día^{-1} (entre 4 y 9 días por año) como criterio para relacionar la precipitación con los flujos litogénicos observados. No existe una buena relación entre la magnitud de la precipitación y la de los flujos de material litogénico ($r=0.42$) Por lo tanto, asumimos que el efecto de las descargas por lluvias sobre los flujos litogénicos -exceptuando las perturbaciones meteorológicas muy puntuales con precipitación $> 30 \text{ mm día}^{-1}$ que se registraron en el verano de 2003- es la mayor parte del tiempo despreciable.

4.1.2.2. Transporte eólico

La velocidad de los vientos en el Golfo de California presenta una tendencia, marcadamente estacional, que consiste en la inversión en la dirección y un cambio en la intensidad, condición que ha sido ampliamente documentada por varios autores (Roden, 1958; Badan-Dangon *et al.*, 1985; Douglas *et al.*, 1993). Los datos de la estación meteorológica del CIBNOR muestran que los vientos soplan predominantemente del Sureste desde mayo a septiembre y del Noroeste desde noviembre a marzo. Estos mismos datos indican que los vientos soplan alternadamente a lo largo del año fluctuando cada año el porcentaje del tiempo en que actúan en una dirección determinada, lo mismo que su intensidad. Esto muy probablemente regula la variación interanual observada.

Para determinar la influencia del transporte eólico sobre la entrada de material terrígeno, se realizó un análisis exploratorio que consiste en examinar la velocidad de los vientos (dirección e intensidad) durante un total de 7 periodos de recolecta incluyendo los flujos litogénicos mínimos y máximos de todo los datos (pero no con los excepcionalmente altos flujos durante los huracanes para evitar el efecto de las descargas fluviales). Los resultados muestran que no existe una

asociación entre el promedio general de la intensidad de los vientos observado cada media hora con la magnitud de los flujos. Sin embargo, cuando se hizo el mismo ejercicio utilizando solamente el promedio de los vientos provenientes del NW, la relación fue más alta ($r= 0.76$). Ésta fue mucho más significativa al considerar solamente el número de rachas de vientos por día (esto como una manera de hacer comparables los periodos ya que éstos variaron entre 7 y 16 días) con intensidad mayor a 4.5 m s^{-1} (Figura 30). Desde los trabajos pioneros de erosión de suelos (Bagnold, 1941) esta magnitud ha sido considerada como la velocidad crítica para iniciar el transporte de partículas. Una velocidad crítica más grande (6.35 m s^{-1}) ha sido propuesta recientemente como un factor que genera erosión significativa (referencia). Esta magnitud es muy raramente alcanzada en la región.

La correlación estrecha sugiere que debido a la orientación Noroeste-Sureste de la Península de Baja California (y de la Bahía de La Paz), Cuenca Alfonso puede recibir material terrígeno de origen más lejano que la cuenca de drenaje fluvial, la cual es muy estrecha. Esto coincide con el planteamiento de Baumgartner *et al.* (1991) quienes sugieren que la mayor entrada de material terrígeno al Golfo de California es a través del transporte eólico más que por las descargas de los ríos.

Sin embargo, cuando se realizó este mismo ejercicio considerando todos los periodos de muestreo, separando las rachas de vientos $> 4.5 \text{ m s}^{-1}$ del Sureste y del Noroeste no se obtuvo concordancia (Figura 31). La existencia de flujos importantes cuando no se registró ninguna racha sugiere la influencia de otros

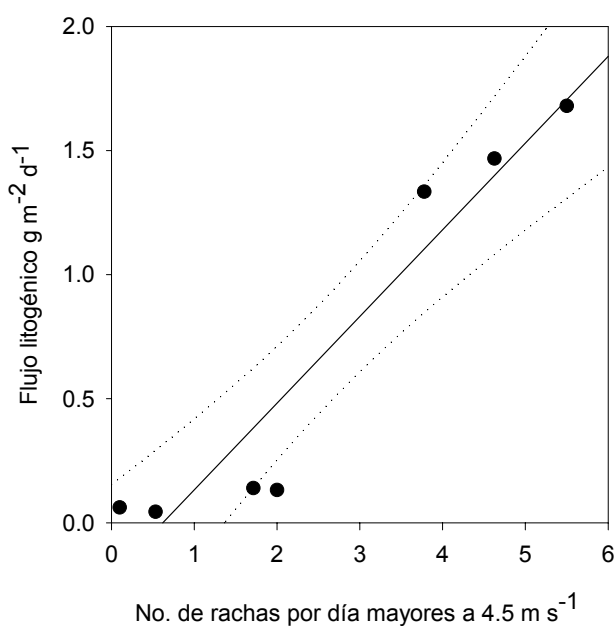


Figura 30. Asociación entre el número de rachas del NW $\geq 4.5 \text{ m s}^{-1}$ por día y el flujo litogénico.

factores que regulan el flujo: muy probablemente los procesos biogénicos que influyen en la formación de agregados. Como se menciono anteriormente, aún no conocemos la magnitud en la concentración de TEP ni como éste varía a través del año.

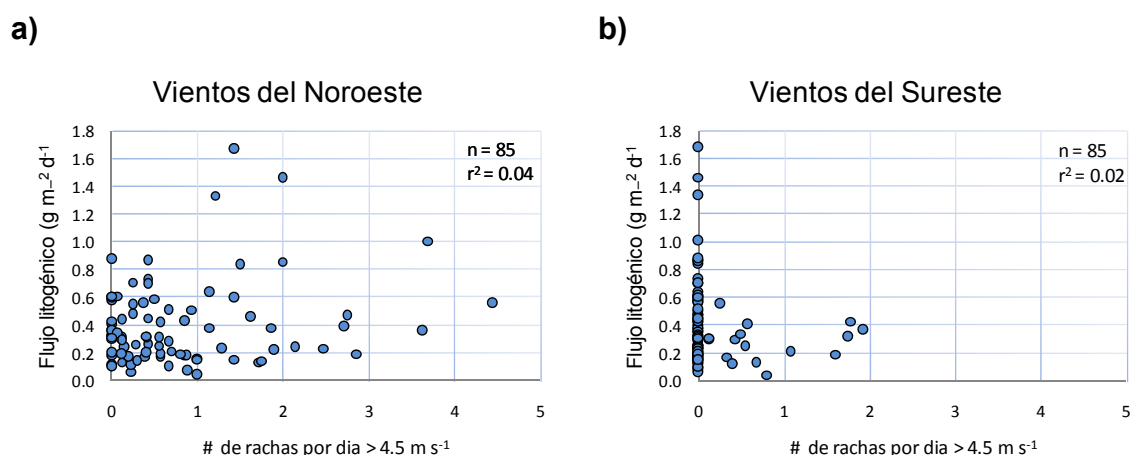


Figura 31. Relación entre el número de rachas (con intensidad mayor a 4.5 m s⁻¹) por día provenientes del Noroeste (a) y del Sureste (b) y el flujo litogénico.

No obstante esta falta de correlación entre los flujos litogénicos y las rachas de vientos se observó que durante la primavera los flujos litogénicos bajos coinciden con vientos que soplan predominantemente del sureste. Estos vientos presentan tres características: a) el porcentaje de vientos que provienen del NW es el más bajo del año b) el número de rachas de vientos $\geq 4.5 \text{ m s}^{-1}$ el más escaso y c) el promedio de la intensidad también es mínimo (Tabla 4). Por el contrario, durante el otoño, y a veces en el invierno, se presentan flujos litogénicos altos y un mayor porcentaje de vientos del NW así como un alto número de rachas ($\geq 4.5 \text{ m s}^{-1}$). Anualmente el flujo litogénico decreció gradualmente hasta un factor de casi tres entre 2002 y 2005. En este año el porcentaje del tiempo que los vientos soplan del NW es el menor del estudio lo mismo que el número de valores más grandes a 4.5 m s⁻¹ (Figura 32). Durante los tres primeros años ocurrieron 251 rachas por año en promedio, mientras que en 2005 descendió a 181 rachas. En resumen, los altos valores de contribución de material litogénico (Prom.= 57%) sugieren que debido a la orientación de la bahía que coincide con la dirección de

los vientos – además de la cercanía con la costa – Cuenca Alfonso recibe material terrígeno del continente vía eólica a través de todo el año con variaciones estacionales e interanuales que están en función de la magnitud de los vientos (número de rachas) y del tiempo que estos soplan del NW.

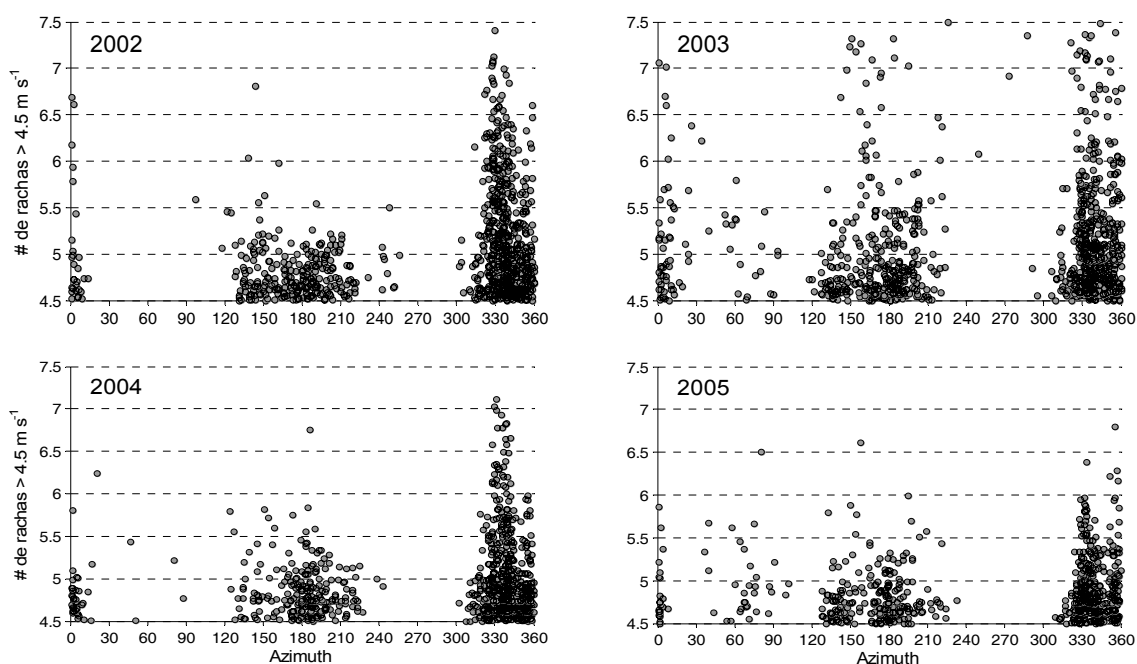


Figura 32. Dirección e intensidad de las rachas $> 4.5 \text{ m s}^{-1}$ por año.

4.1.2.3. Otras fuentes: Turbiditas y Nivel de la marea

Se conoce como turbiditas al registro sedimentario de eventos catastróficos que generan un transporte de gran cantidad de material lo suficientemente grande que cubre el piso de una cuenca y que se identifica por el tipo y tamaño del sedimento. En zonas tectónicamente activas (Itou *et al.*, 2000) se ha documentado la influencia de estos eventos en las trampas de sedimentos después de un terremoto. En Bahía de La Paz, los resultados de González-Yajimovich y colaboradores (*en proceso*) sobre núcleos sedimentarios muestran la presencia de turbiditas con un grosor en un intervalo de 0.5 a 80 cm. Los autores concluyen que las turbiditas, que afectan a toda la cuenca, con un grosor de más de 1 cm deben originarse por inestabilidad en la pendiente del lado Este de la cuenca a intervalos de miles de años mientras que las turbiditas más delgadas tienen su origen en la

península con una frecuencia de centenas de años. La magnitud de nuestros flujos – y que generan una tasa de acumulación de sedimentos de 0.4 mm año^{-1} - sugiere que estos eventos no ocurrieron en C. Alfonso durante el periodo estudiado.

Los datos de la envolvente de la marea en Bahía de La Paz indican que la altura de la marea tiene una marcada periodicidad estacional con un nivel mínimo a finales del invierno e inicio de la primavera que oscila entre mareas vivas y mareas muertas pero que se incrementa gradualmente alcanzando un nivel del mar máximo durante el otoño. Estudiar los cambios en el nivel del mar puede indicarnos: a) si las variaciones, a escala de semanas, de los flujos sedimentarios se deben a los cambios en la energía de la marea (de mareas vivas a mareas muertas) y b) si el mayor nivel del mar este asociado con los flujos más altos que se observaron en el otoño. Es decir, un nivel del mar alto durante una marea viva en el otoño transportaría mayor cantidad de material a las playas de la bahía, y posiblemente ocasionando que el material más fino sea acarreado hasta la cuenca. A *grosso modo* un nivel más alto del mar en el otoño coincide con flujos de masa total más altos en esta misma estación mientras que niveles del mar más bajos ocurren durante periodos de bajos flujos en la primavera. Sin embargo, este factor no explica la ocurrencia de picos esporádicos ni la variación interanual observada en los flujos litogénicos. Esta tendencia cíclica en el nivel del mar (que se presenta en otros sitios del golfo) parece ser algo recientemente descubierto y aún se desconoce la razón de este fenómeno.

4.1.3. Componentes biogénicos

Los componentes de origen marino deben, en principio, indicar el grado de productividad en la zona fótica de la bahía. La interpretación de las variaciones en los flujos biogénicos es más difícil ya que, a diferencia del material litogénico, estos componentes son lábiles, es decir, éstos pueden ser remineralizados en la capa superior antes de llegar a la trampa. Sólo 5-10% del carbono orgánico perdura en la materia en hundimiento por abajo de la capa de mezcla. Un vez que la protección de la película de materia orgánica desaparece, otros componentes están sujetos a disolución. Nelson *et al.* (1995) sugieren que entre 10 y 100% (Prom.= 60%) del ópalo biogénico producido por las diatomeas se remineraliza en los primeros 100 m.

4.1.4. Carbonato de calcio

El flujo anual promedio del carbonato de calcio ($53 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$) es inusualmente fuerte y, al contrario de la situación en la parte central Golfo de California (Cuenca Guaymas, Thunell *et al.*, 1998a), domina sobre el flujo de ópalo.

No obstante que la variación en la magnitud del flujo de CaCO_3 fue, junto con la del C_{org} , la menor de todos los componentes, la gama es grande (de 25 hasta $400 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Altos flujos son comunes a finales del otoño e inicio del invierno (Figura 33) pero al contrario de los flujos litogénicos, los picos no corresponden precisamente, especialmente los altos valores en el verano y otoño del 2005, cuando el flujo litogénico fue débil. Largos periodos de bajos flujos (27 semanas) con valores siempre inferiores al promedio ocurrieron desde febrero a agosto en 2003 y 2005 (Tabla 10). La estacionalidad no es consistente de un año a otro y picos ocurrieron en primavera y verano en 2002 y 2004.

Los factores responsables para estas fluctuaciones no son conocidos. La variación en la producción de los cocolitofóridos y el hundimiento de sus cocolitos, (placas de CaCO_3 que forman el esqueleto), puede ser uno de los factores. Urcádiz-Cázares (2005) mostró que entre enero de 2002 y septiembre de 2003 la contribución de este grupo fitoplanctónico al flujo total de CaCO_3 fue 23% en promedio, y en tres ocasiones representó más del 50%. También fue evidente el

incremento en la abundancia de cocolitos durante la época influenciada por los huracanes en el verano-otoño del 2003.

Tabla 10. Periodicidad observada en los flujos de carbonatos del material en hundimiento en Cuenca Alfonso.

Periodo de las oscilaciones	No. días	No. de semanas	No. de sems. $\geq$ al promedio
18 de enero al 7 de abril de 2002	73	10	3
18 de abril al 14 de junio de 2002	58	8	0
15 de agosto al 1 de noviembre de 2002	79	11	3
2 de noviembre de 2003 al 1 de febrero de 2004	76	11	7
2 de febrero al 9 de agosto de 2003	190	27	0
14 de noviembre de 2003 al 24 de enero de 2004	72	10	8
25 de enero al 29 de febrero de 2004	36	5	0
11 de marzo al 8 de junio de 2004	90	13	2
24 de septiembre de 2004 al 12 de febrero de 2005	142	20	15
13 de febrero al 22 de agosto de 2005	190	27	0
24 de agosto al 2 de octubre de 2005	40	6	6
3 de octubre al 11 de noviembre de 2005	40	6	6

Los foraminíferos son otro grupo que puede contribuir de manera significativa a los flujos sedimentarios (Kincaid *et al.*, 2000). Aunque aún no contamos con datos sobre la composición y abundancia de la comunidad de foraminíferos, las observaciones estereoscópicas mostraron que este grupo está presente la mayor parte del año. Sin embargo, existen periodos de ausencia con una duración generalmente de dos semanas pero que pueden llegar a ser tan extensos como 5 semanas. Se ha registrado que las especies planctónicas se reproducen una (*Globigerina bulloides*) o dos (*Globigerinoides ruber*) veces por mes y que la reproducción está regulada por los ciclos lunares (Spindler *et al.*, 1979). Estos ritmos no aparecen claramente en la Tabla 10. Se esperan los datos sobre los flujos de foraminíferos para una mejor interpretación de los flujos de carbonatos, particularmente durante la mayor parte de la primavera cuando la contribución de los cocolitos al flujo de CaCO_3 es mínima.

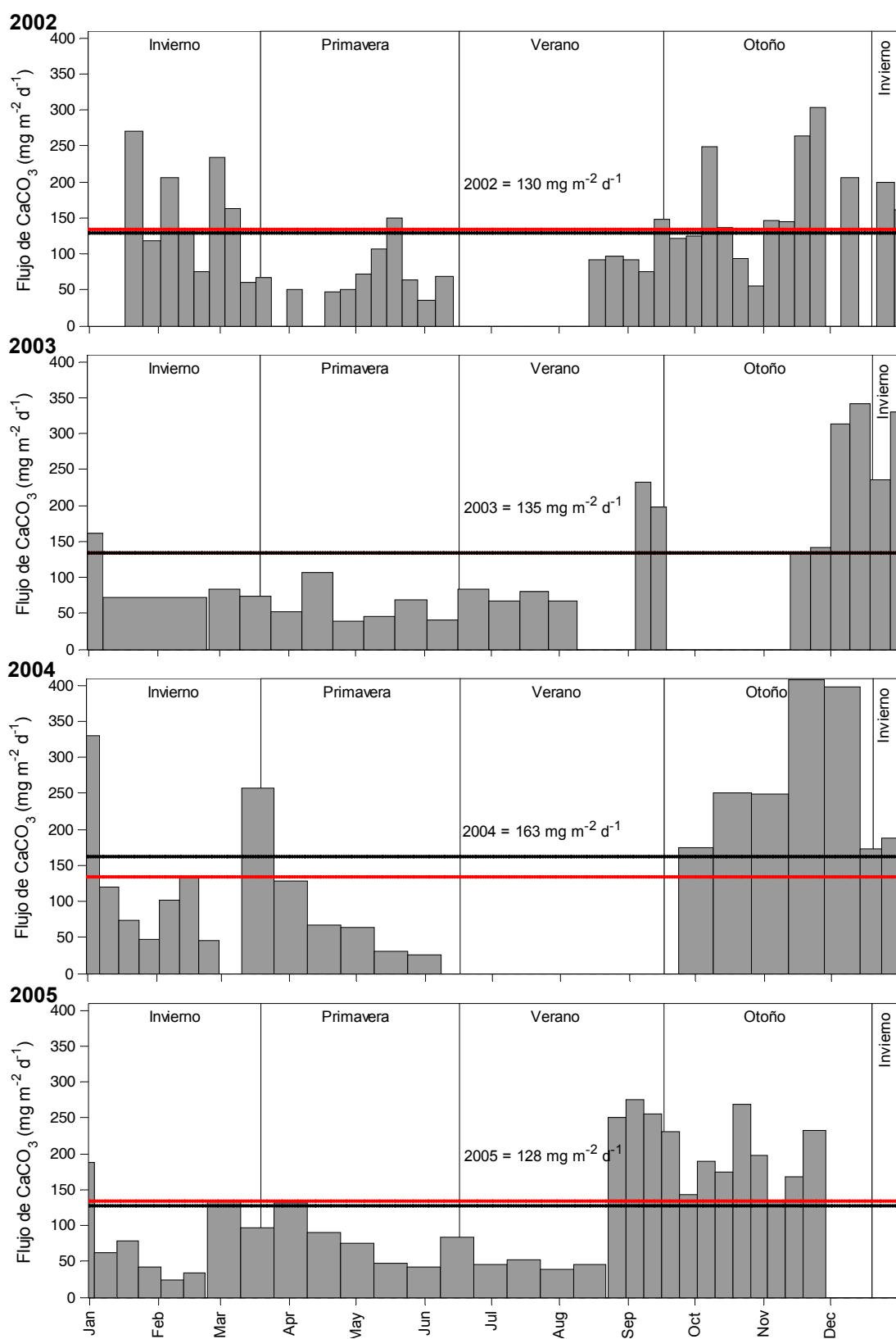


Figura 33. Flujos de carbonatos por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.

4.1.5. Sílice biogénico

Los flujos de ópalo tampoco muestran una estacionalidad marcada, sino picos esporádicos en todas las estaciones. La distribución de los flujos con frecuencia sigue el patrón del flujo litogénico (comparar las Figuras 29 y 34), posiblemente relacionada con la variación en la producción de TEP (exopolímeros transparentes) por las diatomeas, que actúa como pegamento de la nieve marina. Los picos en otoño y el inicio de invierno siguen el patrón de todos los componentes examinados, pero hay máximos en invierno del 2002 y 2004, y en primavera 2002 y verano 2003 que no se presentan en otros años.

El flujo de ópalo mostró la mayor variación interanual de todos los componentes del FMT: los flujos durante 2005 decrecieron casi tres veces respecto al flujo promedio determinado para los tres primeros años (de 107 a 38 $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$, ver Tabla 9). Solamente durante 3 semanas, en 2005, los flujos fueron iguales o superiores al promedio general.

Existen datos sobre los flujos del microfitoplancton silíceo entre 2002 y 2003 (Martínez López, *com. pers.*). Sin embargo, no se encontró correspondencia con los flujos de ópalo total. Los flujos de valvas de diatomeas muestran picos al inicio de marzo y a finales de abril en 2002 pero con valores máximos a inicios de junio de 2002 y 2003. Los silicoflagelados - flujos numéricos menores por un orden de magnitud - presentan picos moderados en mayo de 2002 y en septiembre de 2003 y picos máximos en diciembre de 2002. Dos hechos pueden explicar esta falta de asociación: -(a) en los conteos no se incluyen los fragmentos (convencionalmente se consideran fragmentos a todas las valvas que presenten menos de 50% de su estructura) que ocasionalmente son muy abundantes (Martínez López, *com. pers.*);- y están dispersos como parte de la nieve marina o dentro de las pelotillas fecales. Estos fragmentos si son cuantificados en el análisis de ópalo; y -(b) las diferentes especies poseen esqueletos con diferente grado de silicificación y tamaño, lo que no se considera en los flujos numéricos pero que influyen directamente en la cantidad de ópalo.

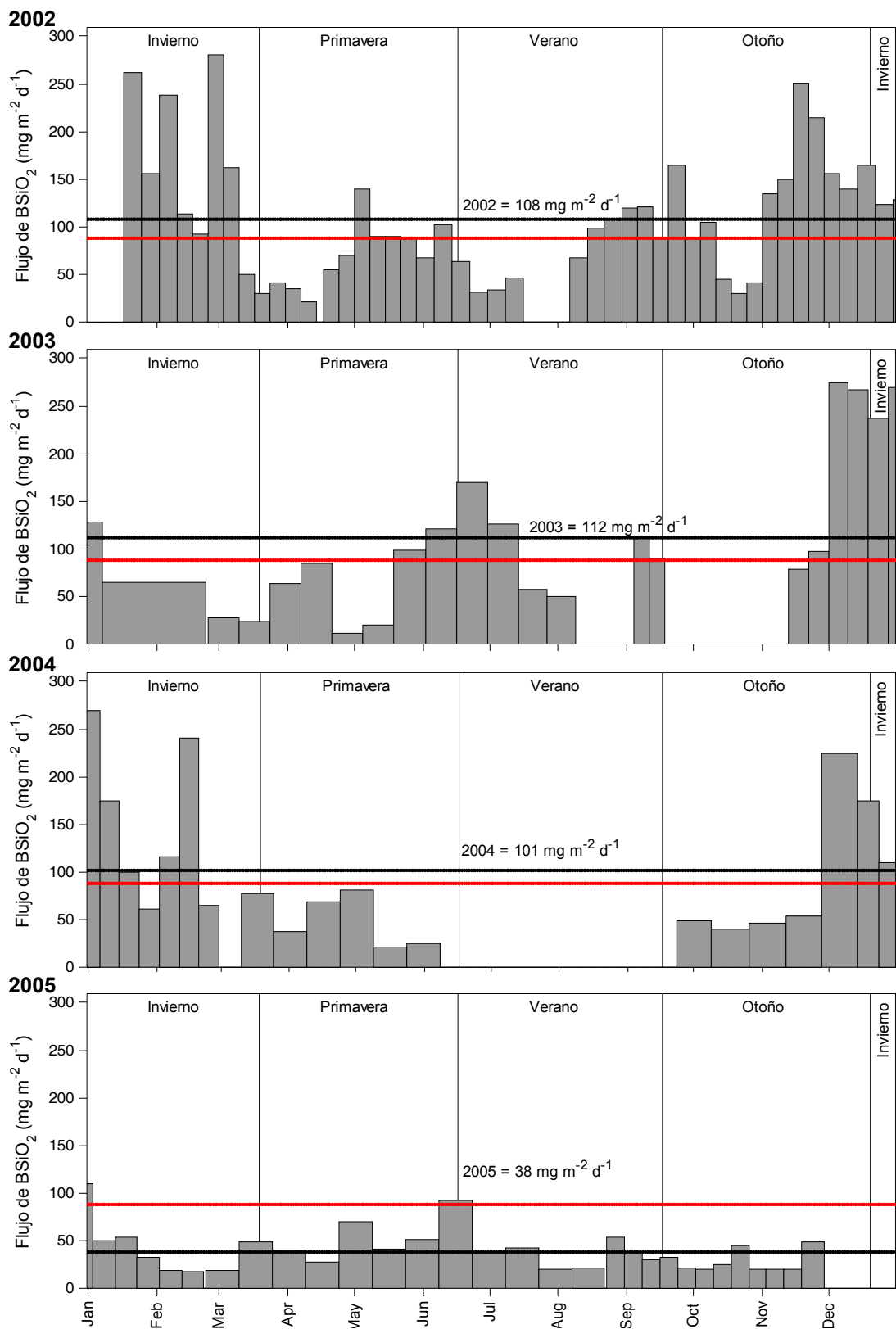


Figura 34. Flujos de sílice biogénico por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.

Las variaciones en el flujo de ópalo pueden estar relacionadas con las características físicas del agua. En una presentación reciente, Martínez-López (*com. pers.*) sugiere una relación entre la abundancia y la especiación de los silicoflagelados en función de sus asociaciones con aguas frías y cálidas en el Pacífico. Los dos picos máximos en el flujo de valvas de diatomeas (precedidos por valores cuatro veces menores) corresponden a épocas anormalmente frías de las aguas superficiales en la Bahía de La Paz. En junio de 2002 el incremento en el número de valvas se mantuvo sólo durante una semana.

Los datos de satélite y del sensor de temperatura instalado en la bahía muestran que, contrario a la tendencia de un calentamiento progresivo después del invierno, a partir de finales de mayo el agua se enfría rápidamente alcanzando un mínimo a mediados de junio regresando a su nivel inicial seis o siete semanas después. En junio de 2002 la temperatura descendió 5.5 grados centígrados en menos de tres semanas mientras que en junio de 2003 el decremento fue menor (4.7° C) pero solo tomó dos semanas (Figura 14a). Estos eventos pueden ser evidencia de surgencias generadas por el cambio en el patrón estacional de los vientos. A partir de junio se registraron vientos más intensos y predominantemente del sureste (Figura 13a). Tal situación es acorde con los resultados de Badan-Dangon *et al.*, (1985) quienes documentaron eventos de surgencias, a finales de mayo y principios de junio, a lo largo de la costa oeste del Golfo de California.

Los datos de clorofila *a* estimados por el satélite MODIS en la superficie de Cuenca Alfonso muestran incrementos súbitos en su magnitud. Éstos se presentan consistentemente en el mes de junio (Figura 19) y coinciden con decrementos en la temperatura. Estas aguas frías, posiblemente ricas en nutrientes, parecen generar las condiciones para una respuesta rápida del fitoplancton. Tales valores coinciden con los obtenidos por Cervantes *et al.*, (2005) sobre la productividad primaria medida dentro de esta bahía. Valores máximos se registraron en junio de 2000 y 2001 (2.26 y 1.80 g C m⁻² d⁻¹, respectivamente), mientras que los mínimos (0.36 y 0.26 g C m⁻² d⁻¹) se detectaron en febrero y enero del 2001. Por otro lado, un estudio sobre la variación mensual de la clorofila *a* -de abril de 1993 a marzo de 1995-en cuatro estaciones dentro de Bahía de La

Paz, mostró un máximo en abril de 1994 mientras que de junio a septiembre los valores se mantienen bajos (Martínez López *et al.*, 2001). En contraste, Urcádiz Cazares (2005) reportó, -a partir de datos de satélite (SeaWIFS nivel 3)- valores de clorofila a máximos en enero y febrero del 2002 y otros picos en junio de 2002 y 2003. La discordancia entre estos valores puede deberse, además de la posible variabilidad interanual, a que en el primer caso las mediciones fueron puntuales y pudieron no haber registrado eventos de corta duración que si lo son mediante los sensores remotos.

4.1.6. Carbono orgánico

La variación en la magnitud del flujo de carbono orgánico fue la menor de todos los componentes. Al igual que el resto de los componentes el C_{org} presenta variaciones interanuales, con máximos en cada una de las estaciones del 2002 y, además de valores altos en otoño, la estacionalidad es menos desarrollada que en los otros años (Figura 35). Durante el 2005 el C_{org} fue el componente que presentó el menor decremento con incrementos al fin de verano y otoño. Con frecuencia, las variaciones siguen las del carbono inorgánico. De hecho, la Figura 36 indica que hay una relativamente buena correlación ($r=.78$) con el flujo de carbonatos (con ópalo: $r= 0.64$) lo que sugiere que -contrario a lo que sucede en Cuenca Santa Barbara (Thunell, 1998b) y Cuenca San Pedro (Thunell *et al.*, 1992), donde el carbono orgánico está más ligado al flujo de ópalo ($r= 0.84$ y 0.75 , respectivamente)- una fracción importante del carbono orgánico sigue la productividad de los cocolitofóridos y foraminíferos en Cuenca Alfonso. En Cuenca Guaymas existe una situación similar a Cuenca Alfonso: C_{org} vs. $CaCO_3 = 0.72$ y C_{org} vs. $BSiO_2 = 0.47$.

Por otro lado, la correlación entre los flujos de C_{org} y el componente litogénico presenta un $r= 0.78$, igual que para los carbonatos (Figura 36). Este hecho sugiere de nuevo que es el fenómeno de agregación biogénica la que tiene una fuerte influencia sobre el hundimiento de la fracción terrígena.

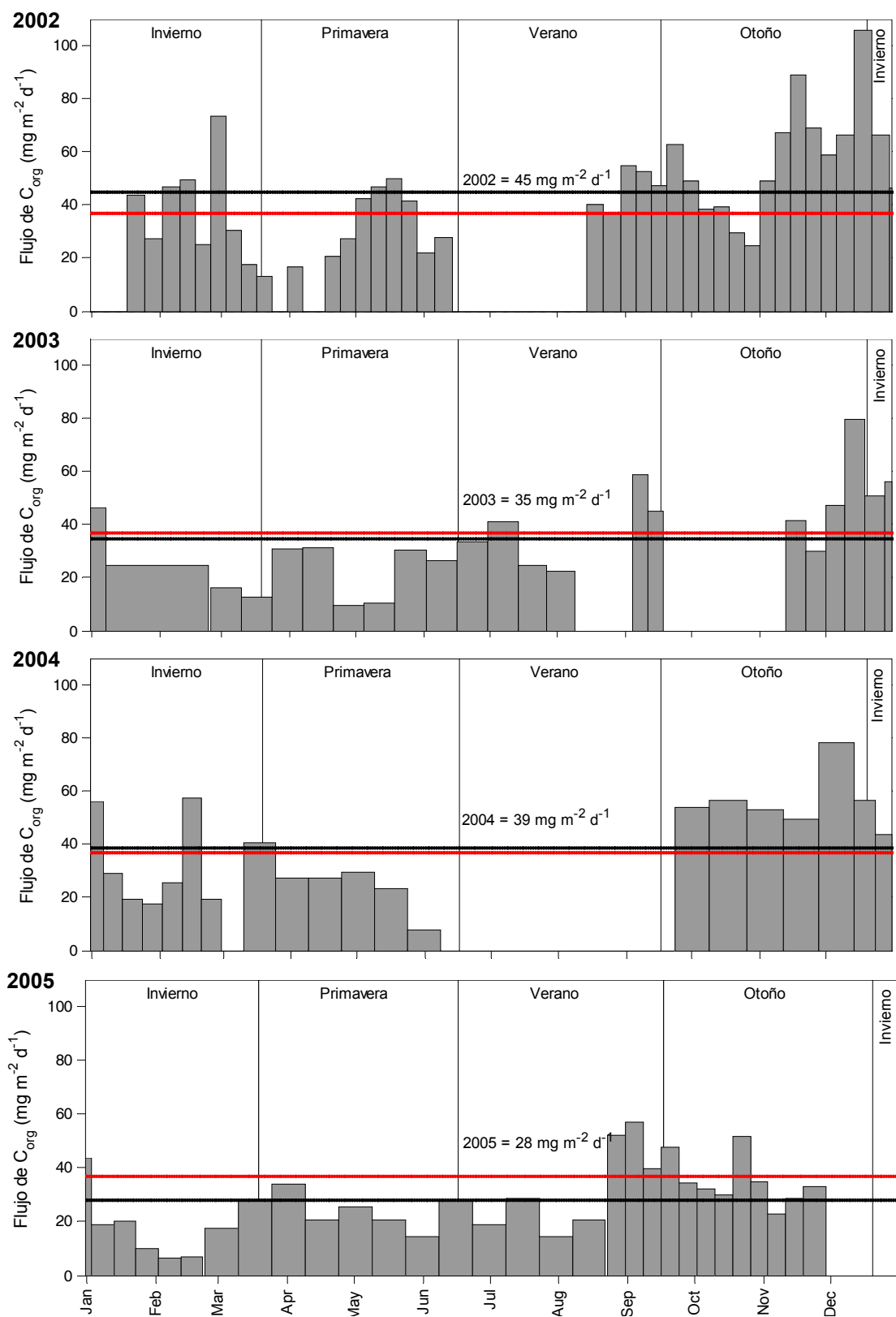


Figura 35. Flujos de carbono orgánico por año. La línea negra indica el promedio para ese año en particular y la línea roja es el promedio para el periodo 2002-2005.

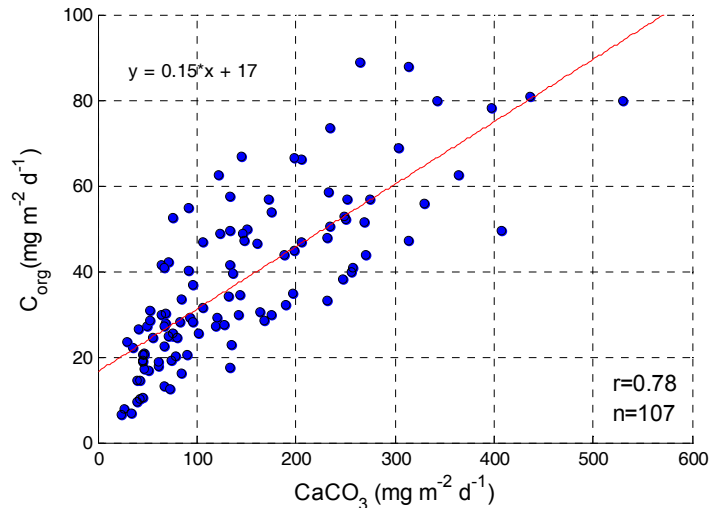


Figura 36. Relación entre los flujos de carbono orgánico e inorgánico ($CaCO_3$)

4.1.6.1. Flujos-exportación de carbono orgánico y productividad primaria

Convencionalmente se asume que de 90 a 95% del carbono fijado en la zona fótica se remineraliza dentro de la capa superficial. El resto del carbono se denomina como “producción exportada”. Como el promedio del flujo vertical de C_{org} en este estudio es de $0.037\ g\ m^{-2}\ d^{-1}$ se obtiene una estimación de la productividad primaria (PP) para este sistema de entre 0.38 y $0.76\ g\ C\ m^{-2}\ d^{-1}$. En su estudio sobre la variabilidad anual de la productividad primaria en Bahía de La Paz, Cervantes *et al.* (2005) determinaron un promedio para 2000-01, calculado a partir de ocho mediciones puntuales, igual a $1.03\ g\ C\ m^{-2}\ d^{-1}$. Este valor es superior al estimado si se considera que solo 5% del carbono escapa de la zona fótica para llegar a la trampa.

Se conoce como producción nueva a la fracción de la productividad primaria que se debe a la entrada de nutrientes por otras fuentes distintas a la de la zona eufótica y que son independientes del reciclado de nutrientes (Eppley y Peterson, 1979). Por lo tanto, la producción nueva debe ser equivalente al flujo de carbono orgánico por debajo de la capa superficial. Suess (1980) desarrollo la ecuación empírica siguiente para estimar el flujo de carbono en función de la productividad

primaria y la profundidad, tomando en cuenta la degradación de la materia orgánica por abajo de la zona eufótica.

$$F = \frac{PP}{0.0238D + 0.212}$$

Donde **F** es el flujo de carbono orgánico ($\text{g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), **PP** es la productividad primaria ($\text{g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) y **D** la profundidad (m) a la que está instalada la trampa. Esta relación fue aplicada por Thunell *et al.* (1994) con éxito en Cuenca San Pedro en las costas de California. Si se utiliza el valor de la PP ($1.03 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) obtenido por Cervantes *et al.* (2005), el flujo de exportación del carbono orgánico estimado es de $0.121 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; valor tres veces más alto que el flujo promedio de carbono orgánico observado en Cuenca Alfonso ($0.037 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Sin embargo, estos autores encuentran dos periodos, uno de alta productividad primaria (Prom. $1.61 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) de marzo a agosto; y otro de baja (Prom. $0.463 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) de septiembre a febrero. Si utilizamos los promedios de los periodos de alta y baja productividad el resultado de la ecuación es de 0.188 y $0.054 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, respectivamente. Este último valor es más parecido al observado a partir de los resultados de la trampa de sedimentos para los cuales la gama es de 0.007 a $0.106 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Adicionalmente, se puede reformar la ecuación y así calcular la productividad primaria:

$$PP = F (0.0238 D + 0.212)$$

Así, los $0.037 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ del flujo de C_{org} promedio equivalen a una productividad primaria de $122 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, que corresponde a un sistema mesotrófico. Pero la gama es extensiva, 20 y $329 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, indicando alternaciones entre periodos oligo-, meso- y eutróficos.

4.2. Efecto de los huracanes sobre la sedimentación en Cuenca Alfonso

Debido a la influencia puntual, y no muy frecuente (desde el verano-otoño del 2003 hasta el verano de 2005 no se presentó otro huracán) de los huracanes

sobre la Bahía de La Paz, se considera su estudio como un apartado que merece ser tratado por separado.

Del día 22 al 27 de agosto y del 8 al 24 de septiembre de 2003 la parte Sur de la Península de Baja California estuvo bajo la influencia de los huracanes “Ignacio” y “Marty” respectivamente. Estos eventos fueron responsables de un alto transporte de material y depositación del mismo en Cuenca Alfonso. Este transporte litogénico pudo darse a través de varios arroyos (p. ej. A. El Coyote y A. San Juan) que desembocan en la bahía. Estos arroyos descargan agua muy efímeramente, por ejemplo, en solo dos días (el 25 de agosto y 22 de septiembre) la precipitación fue de 143 mm, cantidad que representa el 72% de la precipitación pluvial durante el 2003 y que es muy similar a la registrada para todo el año 2002 (147 mm) y 2004 (146 mm) e incluso mayor a la de 2005 (106 mm). Las evidencias que refuerzan la idea del transporte por los arroyos son: a) los altos flujos de elementos indicadores de aporte terrígeno, como Fe, Sc, Co y Cs, durante el periodo de dos semanas influenciadas por los dos huracanes (Rodríguez-Castañeda, *en proceso*); y b) la semejanza entre la concentración promedio de Fe (3.44%) y Sc (13.25 ppm) en el material recolectado por la trampa y la determinada para los sedimentos superficiales de cuatro arroyos (2.8% y 12.5 ppm para Fe y Sc, respectivamente) que descargan en la Bahía de La Paz (Rodríguez-Castañeda, 2002). Por otro lado, es posible que la turbulencia y el mayor oleaje generados por los vientos causaron erosión y resuspensión de material en las zonas someras transportándolo a otras áreas y afectando positivamente el flujo litogénico y por tanto el FMT.

Además de la esperada y evidente gran influencia de estos eventos meteorológicos sobre la magnitud de los flujos totales y litogénicos, se observaron otros aspectos interesantes. Por ejemplo, no sólo se registraron valores extraordinariamente altos del flujo de masa total (FMT) y de material litogénico durante el impacto de los huracanes sino aun después de cada uno de estos eventos. Es decir, la botella posterior al huracán “Ignacio” recolectó casi tanto material como su antecesora a pesar de que inició su periodo de recolección casi tres días después del paso del huracán sobre la bahía. Incluso, la magnitud de

estos flujos durante y después del huracán “Marty” fue casi idéntica. Adicionalmente, los flujos calculados en las dos semanas entre estos eventos decrecieron significativamente semejándose al promedio general (Figura 22).

En cuanto a su composición, el material recolectado durante el periodo influenciado por los huracanes estuvo compuesto por al menos 71%, y hasta 83% de material litogénico diluyendo el componente biogénico. Sin embargo, a pesar de que las concentraciones de los componentes biogénicos fueron diluidas, los flujos biogénicos calculados fueron comparables al promedio general (BSiO_2), más de dos veces el promedio general (C_{org}) o incluso fueron los flujos máximos (CaCO_3) determinados para todo el periodo del estudio. Silverberg y colaboradores (*En proceso*) sugieren que la producción de los componentes biogénicos no es adversamente afectada por los huracanes debido a que una intensa mezcla de la parte superficial de la columna de agua inserta nutrientes desde la parte más profunda estimulando la producción nueva. Esta idea está fortalecida por los resultados de Urcádiz Cázares (2005), lo cuales muestran un incremento notable del flujo de cocolitos. De menos de mil (en millones de células por $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$) tres semanas antes del primer huracán, saltando a más de 6 mil durante “Ignacio”, aumentando nuevamente en las siguientes dos semanas a más de 9 mil y finalmente alcanzando un máximo de más de 12 mil posterior al impacto de “Marty”. Esto indica que las condiciones de turbidez, que restringe la penetración de luz solar por un tiempo, y presumiblemente mayores concentraciones de nutrientes, favorecieron la productividad de los cocolitofóridos sobre la de diatomeas.

También debemos considerar que la entrada de material terrígeno al mar propicia una mayor tasa de sedimentación debido a que las partículas minerales se adhieren a los agregados de nieve marina, de consistencia mucosa, aportando la masa suficiente para acelerar el hundimiento (Honjo *et al.*, 1995). De este modo, los excepcionalmente altos flujos de material recolectado, no solo litogénico sino biogénico, durante las dos semanas posteriores a los huracanes pueden deberse, en parte, a este fenómeno. Es decir, los altos flujos biogénicos pudieron deberse no sólo a un incremento en la productividad de los cocolitofóridos, y en menor

medida de las diatomeas, sino también a una mayor tasa de hundimiento de estos grupos y de los agregados mucosos.

Cuantitativamente, el impacto de estos dos eventos fue extraordinario, los resultados muestran que tan sólo en 29 días de 2003 (~8% del año) se recolectó durante ese año en particular, el 45 y 51% del material total y litogénico, respectivamente. Más aun, se depositó casi tanto material como en 255 días de 2004 y poco más que en 2005 (329 días). La diferencia de entre los flujos máximos y mínimos es enorme: el flujo de masa total y litogénico calculado para los huracanes es 8 y 13 veces mayor, respectivamente, a los mínimos, determinados en 2005 (Tabla 11). Sin embargo, esta situación parece ser poco frecuente ya que desde 1993 no se habían presentado dos huracanes que llegaran a esta región durante la misma estación (Farfán y Cortez, 2005).

Tabla 11. Comparación del material total y litogénico recolectado por año (en g m^{-2}) en Cuenca Alfonso sin la influencia de huracanes y durante estos eventos. Entre paréntesis en flujo de masa total y el litogénico (en $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

	2002	2003 Sin Hurac.	2003 Hurac.	2004	2005
No. días de recolecta	324	282	29	249	331
Masa Total (flujo)	250 (0.775)	188 (0.810)	94 (3.242)	180 (0.735)	131 (0.433)
Material litogénico (flujo)	143 (0.559)	118 (0.506)	76 (2.638)	98 (0.399)	65 (0.210)

Por otra parte, se observaron marcadas diferencias en la magnitud de los flujos totales y litogénicos en cada una de estas perturbaciones. Así, el FMT y el flujo litogénico calculado durante “Ignacio” fue 20 y 22% mayor, respectivamente, al calculado durante “Marty”, a pesar de que este último tuvo una mayor precipitación pluvial y consecuencias más devastadoras en la región. Estas diferencias en la magnitud de la sedimentación posiblemente se debieron a las características propias de cada uno de estos eventos (Tabla 12). Una de estas fue la trayectoria

que tuvo cada uno de los huracanes, así, de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el día 25 de agosto por la mañana, el huracán “Ignacio” se encontraba a 45 km al Este-Noreste de La Paz B.C.S., con vientos máximos sostenidos de 140 km/h y rachas de 165 km/h. Por la tarde de este día, el centro del huracán se encontraba sobre la línea de costa, a 25 km al Noreste de La Paz, con desplazamiento hacia el Oeste-Noroeste. Para el día 26 en la madrugada, el huracán “Ignacio” se encontraba a 55 km al Nor-Noroeste de La Paz, muy cerca de la costa Noroeste de la Bahía, degradándose a tormenta tropical con vientos máximos sostenidos de 110 km/h y rachas de 140 km/h, tocando tierra a las 7:00 horas por la costa Noroeste de la Bahía la Paz (Figura 37). Es decir, en su trayectoria el centro del huracán atravesó lentamente la Bahía de La Paz de SE a NW. La estación meteorológica del CIBNOR comenzó a registrar vientos intensos desde las 07:30 h del día 25 continuando hasta el día 26 a las 02:00 h. La intensidad promedio del viento fue 28 km/h con rachas de hasta 35 km/h. “Marty”, el siguiente huracán, tocó tierra a las 7:00 horas del día 22 de septiembre, a 15 km al Noreste de San José del Cabo, B.C.S. debilitándose ligeramente a categoría I, con vientos máximos sostenidos de 140 km/h y rachas de 165 km/h. Después de atravesar la parte oriental del extremo Sur de B.C.S., “Marty” salió al Golfo de California a las 09:00 h, localizándose una hora después a 50 km al Este-Noreste de La Paz. Por lo tanto, el centro del huracán paso rápidamente y al Este de la Bahía de La Paz. En la Figura 38 se observa el efecto de ambos huracanes en la magnitud de los vientos y el tiempo de influencia sobre la región.

Tabla 12. Características de los huracanes, sobre la Bahía de La Paz en 2003, y su efecto en la tasa de sedimentación. ^aServicio Meteorológico Nacional (CNA). ^bEstación meteorológica del CIBNOR. ^cNational Weather Service (NOAA).

	H. Ignacio	H. Marty
Velocidad de desplazamiento ^a	4.6 Km/h	28 Km/h
Tiempo aproximado sobre la bahía	18 h	1-2 h
Velocidad promedio del viento ^b	28 Km/h	40 Km/h
Velocidad máxima del viento ^b	35 Km/h	51 Km/h
Categoría (Escala S-S) sobre la bahía ^c	I	I
Precipitación ^b	46 mm	115 mm
Flujo de masa total	3.60 g m ⁻² d ⁻¹	2.88 g m ⁻² d ⁻¹
Flujo litogénico	2.97 g m ⁻² d ⁻¹	2.31g m ⁻² d ⁻¹
% de contribución al FMT y al flujo litogénico en 2003	25% (29%)	21% (23%)

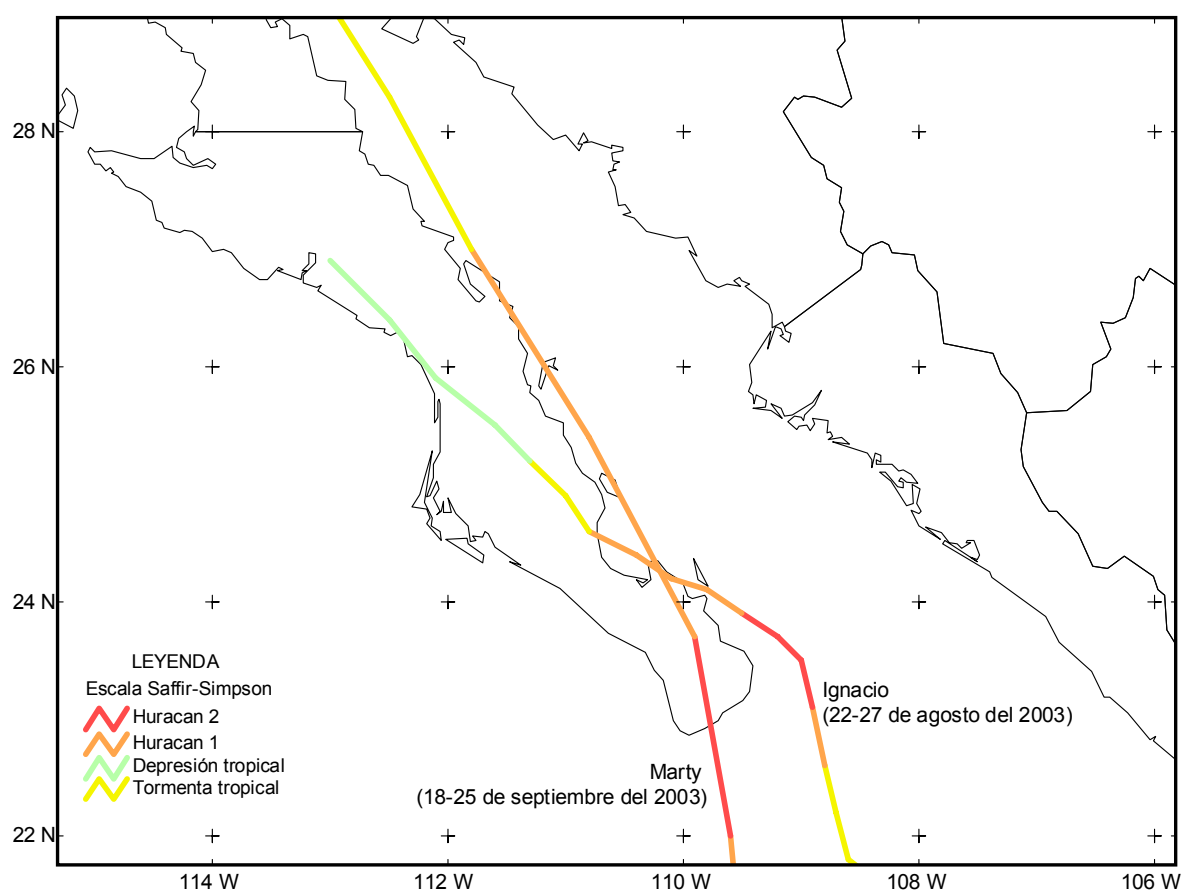


Figura 37. Trayectoria y categoría de los huracanes Ignacio y Marty. Información obtenida de la base de datos de la National Weather Service (NOAA).

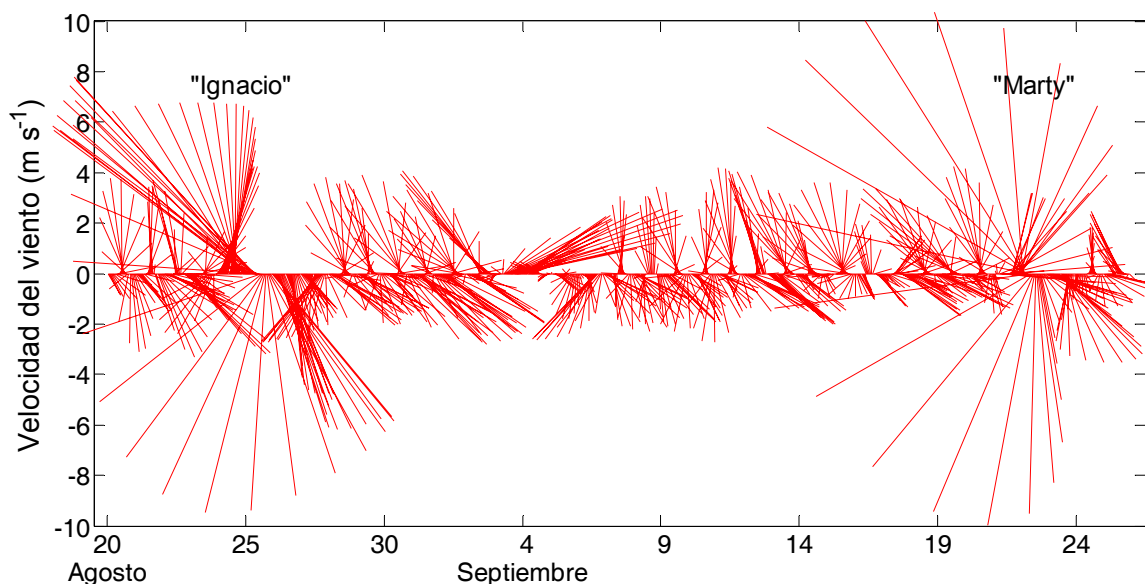


Figura 38. Velocidad del viento registrada durante el impacto de los huracanes Ignacio y Marty en la región de Bahía de la Paz en agosto y septiembre del 2003. Cada vector es el promedio de dos datos de intensidad y dirección medidos a intervalos de 30 minutos. (Datos de la estación meteorológica del CIBNOR).

4.3. Comparación de los flujos verticales en Cuenca Alfonso con otros ambientes costeros

Al comparar los flujos de masa total, litogénicos y biogénicos, obtenidos en este estudio con los obtenidos en otros ambientes se observan algunas coincidencias pero también diferencias evidentes, tanto en magnitud, composición y variabilidad interanual (

Tabla 13) así como distinta estacionalidad. Por ejemplo, en Cuenca Santa Barbara (Thunell, 1998b) los flujos tienden a ser altos en la primavera y verano, y bajos en invierno. Sin embargo, la contribución de material litogénico, al igual que en Cuenca Alfonso, es normalmente de 50 a 80% del FMT. Presenta, además, cambios drásticos a escala de semanas aunque el flujo litogénico es 2.5 veces mayor en Cuenca Santa Barbara debido a la presencia de varios ríos que descargan en esta cuenca, siendo los más importantes los ríos Santa Clara y Ventura. Esta cuenca se encuentra aprox. a 25 km de la costa. En cuanto a los flujos biogénicos, el ópalo y el C_{org} reflejan los ciclos en la productividad primaria

con picos en primavera-verano (en el periodo de surgencias) y bajos en el otoño e invierno. Una de las diferencias con respecto a Cuenca Alfonso, además de no presentar el mismo patrón estacional, es que en Cuenca Santa Barbara el ópalo es el componente biogénico dominante (más de dos veces los carbonatos) y constituye hasta el 35% del FMT con un flujo máximo de $980 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, valor 3.5 veces más alto que el valor máximo observado en Cuenca Alfonso. Ya que el ópalo y el C_{org} están altamente relacionados ($r = 84$) en Cuenca Santa Barbara (máximos valores regulados por las surgencias) el flujo de C_{org} es dos veces más alto (

Tabla 13). Por otra parte, los flujos de CaCO_3 son muy similares (152 vs. $144 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). En resumen, la Cuenca Santa Barbara presenta flujos entre dos y tres veces más altos (FMT, Lito y C_{org}) y aún casi cuatro veces mayores (BSiO_2). La excepción son los carbonatos que presentan flujos similares en ambos sistemas. Además de mostrar una estacionalidad diferente, los procesos (p. ej. surgencias y mayor entrada de aguas fluviales durante la estación de lluvias) que controlan la magnitud y composición de los flujos no son los mismos.

En Cuenca Guaymas (Thunell, 1998a), una depresión con una profundidad de 2000 m y situada en la parte central del Golfo de California, se cuenta con datos de FMT, material litogénico, CaCO_3 , C_{org} y ópalo durante seis años (de 1990 a 1996) lo que hace de este estudio uno de las series de tiempo más largas en el Pacífico. Existen algunas diferencias en magnitud y composición muy notables: el flujo promedio anual de masa total en Cuenca de Guaymas fue de $139 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, valor que representa la mitad del registrado en Cuenca Alfonso; y aun, sin considerar la influencia de huracanes, la diferencia continua siendo grande. Los flujos litogénicos son hasta 4 veces mayores en nuestra área de estudio, debido, probablemente, a la diferencia en la distancia de la costa (45 km en Cuenca Guaymas y 14 km en Cuenca Alfonso). En los flujos biogénicos se observó que el flujo promedio anual de CaCO_3 en Cuenca Guaymas fue de $18 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$, valor tres veces menor al de Cuenca Alfonso ($53 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$). Además, el porcentaje de contribución de los carbonatos al FMT fue ligeramente mayor en la cuenca más sureña (15 y 20%, respectivamente). A pesar de que en Cuenca Guaymas la

90

variación interanual de CaCO_3 es mucho mayor que en Cuenca Alfonso, en ambas localidades éste es el componente biogénico que presenta menor variación. El caso contrario es el del ópalo, en ambas cuencas la variación interanual fue la más alta, incluyendo la del material litogénico (sin considerar los huracanes). A diferencia de Cuenca Alfonso, el ópalo fue el componente más importante en Cuenca Guaymas alcanzando, ocasionalmente, hasta el 85% del FMT (

Tabla 13). Los flujos están asociados a las surgencias que estimulan la producción primaria siendo casi dos veces mayor en esta última. Las altas proporciones de carbonatos asociados con bajos flujos totales han sido relacionadas a los períodos de baja productividad en la Cuenca Guaymas (Thunell, 1998a; Ziveri y Thunell, 2000), durante los cuales los cocolitofóridos, proliferan a expensas de las diatomeas silíceas. En general, las diatomeas son los productores primarios dominantes en las aguas ricas en nutrientes producto de las surgencias, mientras que los florecimientos de cocolitofóridos usualmente ocurren una vez que las aguas superficiales se estratifican y se empobrecen de nutrientes. Las continuamente altas contribuciones de carbonatos en Cuenca Alfonso, aún durante el evidente florecimiento de cadenas de diatomeas en junio, sugieren un régimen diferente para la Bahía de La Paz. En cuanto al carbono orgánico, éste fue dos veces mayor en Cuenca Alfonso pero su contribución al FMT fue idéntica (5.0%).

Los flujos en Cariaco, una depresión de 1400 m de profundidad ubicada frente a la costa de Venezuela, son en la mayoría de los casos, mayores en Cuenca Alfonso. La excepción fue el C_{org} que presenta flujos similares.

Una diferencia notable entre Cuenca Alfonso y el resto de las cuencas analizadas es la dominancia de los carbonatos sobre el ópalo, situación que se encuentra en la primera. En Cuenca Santa Barbara la razón $\text{CaCO}_3:\text{BSiO}_2$ es de 0.44, en Cuenca Guaymas es de 0.3 y en Cariaco ésta llega a 0.78. Sin embargo, en Cuenca Alfonso la situación es inversa y la razón es de 1.63. Esta situación hace de Cuenca Alfonso un "mar de carbonatos", es decir un sistema donde la sedimentación biogénica está dominada por los carbonatos mientras que en los

“mares de sílice” la situación es inversa (Honjo, 1997). Se estima que solo menos del 20% de los mares son de este último tipo. Los datos muestran un incremento sucesivo de la razón $\text{CaCO}_3\text{:BSiO}_2$ desde 2002 a 2005. Esto se debió a un decremento importante del flujo de ópalo -por un factor de casi tres- más que por un aumento en el aporte de carbonatos. Esta situación es ecológicamente importante. En un mar de carbonatos existe un “secuestro” de carbono de la capa superficial en la forma de C_{org} . Sin embargo, la reacción química implica que para formar una molécula de CaCO_3 también se genera una molécula de CO_2 , por lo tanto no hay una eliminación de carbono en la forma de CO_2 en la superficie del océano a partir del hundimiento de estructuras carbonatadas.

Tabla 13. Flujos promedio anuales (en $\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1}$) en cuatro cuencas marginales, se indica la ubicación geográfica, la profundidad a la que fueron instaladas y la distancia al punto más cercano de la costa. Los valores en negritas y entre paréntesis, en Cuenca Alfonso, no consideran el impacto de los huracanes.

Cuenca	Año	1993	1994	1995	1996	Prom.	% Var.		
^a Sta. Barbara	FMT	663	653	795	749	714	22		
34° 14' N	Lito.	445	390	535	445	450	37		
120° 02' W	CaCO ₃	59.1	54.9	54.1	55.9	56.6	9		
540 m	BSiO ₂	95.2	136.0	120.7	153.7	129.0	62		
25 km	C _{org}	24.9	29.0	34.2	37.8	31.7	52		
		1991	1992	1993	1994	1995	1996	Prom.	% Var.
^b Guaymas	FMT	113	158	114	122	177	152	139	57
27° 53' N	Lito.	46	73	34	34	44	35	44	115
111° 40' W	CaCO ₃	16.5	19.9	14.8	17.8	24.2	17.8	18.8	67
500 m	BSiO ₂	39.5	47.1	53.9	83.5	86.2	80.0	62.9	132
45 km	C _{org}	5.3	8.5	4.6	7.6	8.7	7.1	7.2	80
		2002	2003	(2003)	2004	2005		Prom.	% Var.
^c Alfonso	FMT	282	425	280	269	152		278 (246)	180 (86)
24° 38' N	Lito.	205	302	176	146	73		181 (151)	314 (181)
110° 36' W	CaCO ₃	47.2	62.5	46	59.7	45.8		53 (49)	35 (30)
350 m	BSiO ₂	39.4	39.3	38.2	37.1	13.1		32.5 (32.1)	200 (200)
14 km	C _{org}	16.5	14.9	12.4	14.1	10.1		14.0 (13.5)	60 (60)
^d Cariaco				1996	1997	1998		Prom.	% Var.
10° 30' N	FMT			146	142	141		148	4

64° 40' W	Lito.	81	85	85	88	6
455 m	CaCO ₃	13.4	14.3	15.4	14.8	14
30 km	BsiO ₂	25.6	15.7	14.9	19.0	72
	C _{org}	13.2	13.4	12.7	13.2	6

^aThunell (1998b), ^bThunell (1998a), ^ceste estudio y ^dGoñi y colaboradores (2003).

Finalmente, la variación interanual distingue a Cuenca Alfonso sobre las demás. La variación interanual de los flujos litogénicos y de ópalo fue particularmente considerable. En este sentido Cuenca Cariaco mostró la mayor uniformidad (

Tabla 13).

5. CONCLUSIONES

Este trabajo representa el primer intento de monitorear las variaciones estacionales e interanuales de los flujos sedimentarios dentro de la Bahía de La Paz -el cuerpo de agua más grande de la costa occidental del Golfo de California- con muestras de series de tiempo que se recolectaron de enero de 2002 a noviembre de 2005. La determinación del flujo de masa total (FMT) y las contribuciones y flujos de carbonatos (CaCO₃), sílice biogénico (BSiO₂), carbono orgánico (C_{org}) y, por diferencia, la fracción litogénica, nos permiten comparar la Bahía de La Paz con otros ambientes costeros. Los principales descubrimientos de esta primera aproximación son los siguientes:

- El FMT mostró variabilidad a escala semanal, estacional y anual en el periodo 2002-2005. El FMT promedio de sedimentación fue de 246 g m⁻² a⁻¹ (y una D. Estd. de 63 g m⁻² a⁻¹), que equivalente a una tasa de acumulación de sedimentos de 0.4 mm a⁻¹, comparable con mediciones radiométricas independientes realizadas con núcleos sedimentarios.
- Las partículas litogénicas dominan el FMT en Cuenca Alfonso: en ninguna ocasión algún componente biogénico, de manera individual, contribuyó con más del 50% al FMT. En este ambiente semidesértico, aparte de eventos muy episódicos, las lluvias no contribuyen significativamente a la entrada de material

terrágeno: no encontramos correlación entre la precipitación y los flujos litogénicos. El transporte eólico parece ser la fuente más importante: existe una buena relación (r) entre el número de rachas por día (del NW) y el flujo litogénico. Esto indica que cambios en los vientos que provienen del NW (y que actúan sobre un área mucho mayor que el área de drenaje) son posiblemente el factor más importante que controla la variación, intra e interanualmente, de los flujos observados. Comprobamos que además de la ocurrencia de un nivel alto de la marea durante el otoño, que coincide con altos valores del FMT, no existe correlación entre la intensidad de la marea y los flujos verticales.

c) Los flujos y aporte de los componentes biogénicos fueron dominados por los carbonatos ($413 \text{ mg m}^{-2}\text{d}^{-1}$ - 20%) seguidos por el ópalo ($88 \text{ mg m}^{-2}\text{d}^{-1}$ -14%). La materia orgánica (dos veces el C_{org}) contribuyó con 11% al FMT y su flujo fue de $76 \text{ mg m}^{-2}\text{d}^{-1}$. En comparación con otros ambientes costeros, el FMT en Cuenca Alfonso difiere en magnitud, composición y estacionalidad: el ópalo es aproximadamente cuatro y dos veces menor en Cuenca Alfonso comparada con Cuenca Santa Barbara y Cuenca Guaymas, respectivamente. En estos ambientes, como en Cuenca Cariaco, éste es el componente biogénico dominante a diferencia de Cuenca Alfonso, donde predominan los carbonatos. Esto sugiere que los procesos que controlan la sedimentación en estos ambientes costeros difieren en tipo o magnitud.

d) De manera general, en Cuenca Alfonso la variabilidad estacional de todos los componentes siguen un patrón similar: éste se caracteriza por picos a finales de otoño y algunos picos secundarios en invierno. Como resultado, excepto por los carbonatos ($r= 61$), los componentes biogénicos presentan una buena correlación con el flujo litogénico ($r= 0.84$ y 0.76 para C_{org} y BSiO_2 , respectivamente). Por otra parte, se observan oscilaciones -excepto para CaCO_3 que presentó dos periodos de 27 semanas con bajos flujos- con una periodicidad, regularmente, de doce semanas entre los valores mínimos. Aun no se entienden los procesos que regulan estas oscilaciones tanto en duración como en magnitud.

- e) Los flujos anuales de todos los componentes del material sedimentario mostraron una variación interanual que se manifiesta por un decremento considerable en 2005, particularmente en los flujos litogénicos y de ópalo. Nuestras observaciones sobre los vientos muestran que el 2005 fue un año atípico: el número de rachas de vientos del NW ($\geq 4.5 \text{ m s}^{-1}$) descendió a menos de la mitad respecto a los tres años previos. Además, el porcentaje de tiempo que los vientos provinieron del NW también fue el menor. La combinación de estos factores parece ser la causa por la que durante 2005 los flujos, de casi todos los componentes, hayan disminuido de manera drástica.
- f) A diferencia de otros ambientes costeros (Cuenca Guaymas, Cuenca Santa Barbara y Cuenca Cariaco), los flujos de sílice biogénico no reflejan el ciclo de productividad primaria en Bahía de La Paz. Valores máximos de productividad primaria se han documentado en junio que coinciden con un decremento súbito en la temperatura y probablemente un aumento de la concentración de nutrientes. En este estudio, durante junio estas condiciones generaron una rápida respuesta del microfitoplancton silicio que resultó en picos máximos con una duración de solo una semana. Sin embargo, estos picos no se reflejan en picos máximos de ópalo y el FMT para ese periodo está por debajo del promedio general.
- g) El flujo anual promedio de carbono orgánico, a partir de cuatro años de datos, es de $13.5 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ y los datos disponibles de productividad primaria medida a partir de datos de fluorescencia natural es de $378 \text{ g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$. Esto significa que menos del 4% del carbono fijado en la superficie sale fuera de la zona fótica y llega a los sedimentos.
- h) Cuenca Alfonso puede considerarse como un “mar de carbonatos”, al ser un sistema en el cual el material que se hunde contiene una fracción más grande de carbonatos que de ópalo. Sin embargo, inesperadamente para un mar de este tipo, los flujos de C_{org} duplicaron los de C_{inorg} .

i) La presencia de dos huracanes que impacten la región en una misma temporada es un suceso poco frecuente. Sin embargo, su influencia es muy considerable: en solo 29 días (8% del año) Cuenca Alfonso recibió casi el 40% del material litogénico que se depositó ese año. Aun más, la influencia de los huracanes es más evidente comparándola con los flujos litogénicos en 2005: éstos fueron 15% menores. Por otro lado, los flujos de cocolitos se incrementaron por un orden de magnitud, respecto al promedio antes de la ocurrencia de estos eventos. Es posible que las condiciones de luz y nutrientes hayan sido más favorables para los cocolitofóridos que para las diatomeas ya que los flujos de ópalo, aunque por arriba del promedio, no son particularmente altos.

6. RECOMENDACIÓN

La complejidad y variedad de los procesos que intervienen en la sedimentación marina es muy alta y todavía más en las márgenes continentales. Esto hace necesario la intervención de un grupo de investigación multidisciplinario que estudie diversos tópicos que aporten información para llegar a una mejor interpretación. Esta ha sido la primera aproximación para documentar la variación y composición en los flujos verticales a mediano plazo y se han respondido algunas preguntas pero, al mismo tiempo, han surgido muchas otras más. Por ejemplo, ¿es 2005 un año realmente atípico? ó ¿Qué causó el drástico decremento del ópalo, el mayor de todos los flujos biogénicos, en 2005? Por otra parte, también se desconoce cómo reaccionará este sistema ante eventos de meso escala como El Niño - La Niña. Se propone continuar monitoreando la sedimentación en Cuenca Alfonso para realmente entender los procesos que regulan las variaciones observadas en el cuerpo de agua más grande del Golfo de California y lugar de gran importancia ecológica.

7. LITERATURA CITADA

- Aldredge, A. L., and Silver, M. W., 1988. Characteristics, dynamics and significance of marine snow. *Progress in Oceanography*, 20, 41-82.
- Andruleit, H. A., 2000. Dissolution-affected coccolithophore fluxes in the central Greenland Sea (1994/1995). *Deep-Sea Research II*, 47, 1719-1742.
- Anónimo, 1989. Sediment trap technology and sampling. Knauer, G. and Asper, V., Ed. Report of the US- JGOFS working group on sediment trap technology and sampling. University of Southern Mississippi, Center for Marine Science.
- Antia, A. N., MaaBen, J., Herman P., VoB, M., Scholten, J., Groom, S. and Miller, P., 2001. Spatial and temporal variability of particle flux at the N.W. European continental margin. *Deep-Sea Research II*, 48, 3083-3106.
- Aoki, S. and Kohyama, N., 1992. Modern sedimentation in the Japan Trench: implications of the mineralogy and chemistry of clays sampled from sediment traps. *Marine Geology*, 108, 197-208.
- Baba, J., Petersen, C. D., and Schrader, H. J., 1991. Modern fine-grained sediments in the Gulf of California. *In*, The Gulf and Penninsular Province of the Californias, J. P. Dauphin & B. R.T. Simoneit (eds), AAPG Memoir 47, 569-587.
- Badan-Dangon, A., Koblinsky, C. J. and Baumgartner, T., 1985. Spring and summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta*, 8, 13-22.
- Bagnold, R. A., 1941. The physics of blown and desert dunes. Methuen and Co., Ltd., London. 265 pp.
- Baumgartner, T. R., V. Ferreira Bartrina, and P. Moreno Hentz, 1991. Varve formation in the central Gulf of California: A reconsideration of the origin of the dark laminae from the 20th century varve record. Chap. 30, pp. 617-635, *In*, The Gulf and Penninsular Province of the Californias, J. P. Dauphin & B. R.T. Simoneit (eds), AAPG Memoir 47.
- Beaufort, L. and Heussner, S., 1999. Coccolithophorids on the continental slope of the bay of Biscay – production, transport and contribution to mass fluxes. *Deep-Sea Research II*, 46, 2147-2174.
- Berner, R. A., 1980. Early Diagenesis: A Theoretical Approach. University Press, Princeton 241 p.
- Bianchi, T. S., Rolff, C., Widbom, B. and Elmgrem, R., 2002. Phytoplankton pigments in Baltic Sea seston and sediments: season variability, fluxes, and transformations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55, 369-383.
- Biscaye, P. E. and Anderson, R. F., 1994. Fluxes of particulate matter on the slope of southern Middle Atlantic Bight: SEPP-II. *Deep-Sea Research II*, 41, 459-509.

- Bishop, J. K. B. and Edmond, J. M. (1976). A new large volume filtration system for the sampling of oceanic particulate matter. *Journal of Marine Research*, 34, 181-198.
- Bory, A., Jeandel, C., Leblond, N., Vangriesheim, A., Khriponouff, A., Beaufort, L., Rabouille, C., Nicolas, C., Tachikawa, K., Etcheber, H. and Buat-Ménard, P., 2001. Downward particle fluxes within different productivity regimes off the Mauritanian upwelling zone (EUMELI program). *Deep-Sea Research I*, 48, 2251-2282.
- Brown J., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D., Wrigth J., 1989. *Ocean chemistry and deep-sea sediments*. Pergamon Press. New York. 134 pp.
- Buesseler, K. O. Livingston, H. D., Honjo, S., Hay, B.J., Konuk, T. and Kempe, S., 1990. Scavenging and particle deposition in the southwestern Black Sea-Evidence from Chernobyl radiotracers. *Deep-Sea Research*, 37, 413-430.
- Cervantes Duarte, R., Verdugo-Díaz, G. y Váldez-Holguín, J. E., 2005. Modelo estacional de producción primaria estimada mediante fluorescencia natural en una región costera del Golfo de California. *Hidrobiológica*, 15, 79-89.
- Conte, M. H., Weber, J. C. and Ralph, N., 1998. Episodic particle flux in the deep Sargasso Sea: an organic geochemical assessment. *Deep-Sea Research I*, 45, 1819-1841.
- Conte, M. H., Ralph, N. and Ross, E. H., 2001. Seasonal and interannual variability in deep ocean particle fluxes at the Oceanic Flux Program (OFP) / Bermuda Atlantic Time Series (BATS) site in the western Sargasso Sea near Bermuda. *Deep-Sea Research II*, 48, 1471-1505.
- Cortés Martínez, M. Y., *com. pers.* Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carr. al Sur Km 5.5 Col. El Calandrio, C.P. 23080. La Paz, B.C.S. México. Correo e. mycortes@uabcs.mx
- Cruz-Orozco, R., C. Martínez-Noriega, y A. Mendoza-Maravillas, 1996. Batimetría y sedimentos de Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Océánides*, 11, 21-27
- DeMaster, D. J., 1981. The supply and accumulation of silica in the marine environment. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 1715-1732.
- Deuser, W. G., and Ross, E. H., 1980. Seasonal changes in the flux of organic carbon to the deep Sargasso Sea. *Nature*, 283, 364-365.
- Deuser, W. G., Ross, E. H. and Anderson, R. F., 1981. Seasonality in the supply of sediment to the deep sargasso Sea and implications for the rapid transfer of matter to the deep ocean. *Deep-Sea Research*, 28, 495-505.
- Douglas, M. W., Maddox, C. E. and Howard, K., 1993. The Mexican Monsoon. *J. of Climate*, 6, 1665-1377.
- Eppley, R. W. and Peterson, B. J., 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature*, 282, 677-680

- Farfán, L. M. and Cortez M., 2005. An observational and modeling analysis of the landfall of hurricane Marty (2003) in Baja California, Mexico. *American Meteorological Society-Monthly Weather Review*, 133, 2060-2090.
- Fellows, D. A., Karl, D. M. and Knauer, G. A., 1981. Large particle flux and the vertical transport of living carbon in the upper 1500 m of the northeast Pacific Ocean. *Deep Sea Research*, 28, 921-936
- Fowler, S. W. and Knauer, G. A., 1986. Role of Large Particles in the Transport of Elements and Organic Compounds Through Oceanic Water Column. *Progress in Oceanography*, 16, 147-194.
- Galingher, A. E. and E. N. Kozloff, 1971. *Essential of Practical Microtechnique*. 2a Edición. Ed. Lea & Febiger. 531 pp.
- Gardner, W. D., 1980. Sediment trap dynamics and calibration: a laboratory evaluation. *Journal of Marine Research*, 38, 17-39.
- González-Yajimovich, O. E., D. S. Gorsline and R. G. Douglas, *En proceso*. Frequency and sources of basin floor turbidites in Alfonso Basin, Gulf of California, Mexico: Products of slope failures.
- Goñi, M. A., Aceves, H. L., Thunell, R. C., Tappa, E., Black, D., Astor, Y., Varela, R., and Muller-Karger, F., 2003. Biogenic fluxes in the Cariaco Basin: a combined study of sinking particulates and underlying sediments. *Deep-Sea Research I*, 50, 781-807.
- Hinojosa-Larios, J. A., *En Proceso*. Caracterización de los perfiles verticales de clorofila "a" en una bahía subtropical del Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, México.
- Hebbeln, D., Marchant, M. and Wefer, G., 2000. Seasonal variations of the particle flux in the Peru-Chile current at 30°S under normal and El Niño conditions. *Deep-Sea Research II*, 47, 2101-2128.
- Honjo, S., Dymond, J., Collier, R. and Manganini, S. J., 1995. Export production of particles to the interior of the equatorial Pacific Ocean during the 1992 EqPac experiment. *Deep-Sea Research II*, 42, 831-870.
- Honjo, S., 1997. The rain of ocean particles and earth's carbon cycle. *Oceanus*, 40, 4-7.
- Honjo, S., Dymond, J., Prell, W. and Ittekkot, V., 1999. Monsoon-controlled export fluxes to the interior of the Arabian Sea. *Deep-Sea Research II*, 46, 1859-1902.
- Itou, M., Matsumura, I. and Noriki, S., 2000. A large flux of particulate matter in the deep Japan Trench observed just after 1994 Sanriku-Oki earthquake. *Deep-Sea Research I*, 47, 1987-1998.

- Jickells, T. D., Newton, P. P., King, P., Lampitt, R. S. and Boutle, C., 1996. A comparison of sediment traps records of particle fluxes from 19° to 48°N in the northeast Atlantic and their relation to surface water productivity. *Deep-Sea Research I*, 43, 971-986.
- Karl, D. M., Christian, J. R., Dore, J. E., Hebel, D. V., Letelier, R. M., Tupas, L. M. and Winn, C. D., 1996. Seasonal and interannual variability in primary production and particle flux at station ALOHA. *Deep-Sea Research II*, 43, 539-568.
- Kincaid, E., Thunell, R. C., Le, J., Lange, C. B., Weinheimer, A. L. and Reid, F. M. H., 2000. Planktonic foraminiferal fluxes in the Santa Barbara Basin: response to seasonal and interannual hydrographic changes. *Deep-Sea Research II*, 47, 1157-1176.
- Lam, P. J., Wood, T. J., and Bishop, J. K., 2002. Large volume *In-situ* filtration during sofix: an overview of preliminary results. American Geophysical Union, Fall Meeting 2002, abstract # OS11A-0218
- Lange, C. B., Treppke, U. F. and Fischer, G., 1994. Seasonal diatom fluxes in the Guinea Basin and the relationships to trade winds, hydrography and upwelling events. *Deep-Sea Research I*, 41, 859-878.
- Ljutsarev, A. V., 1987. Determination of organic carbon in sea bottom sediments by dry combustion. *Oceanology*, 26, 533-536.
- Martínez López, A., R. Cervantes-Duarte, A. Reyes-Salinas y J. E. Valdez-Holguín, 2001. Cambio estacional de la clorofila a en la Bahía de la Paz, B.C.S. México. *Hidrobiología*, 11, 230-241.
- Martínez López, A., *com. pers.* Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Av. IPN s/n. Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, B.C.S. México. Correo e. amartin@ipn.mx
- Marty, J. C., Nicolas, E., Miquel, J. C. and Fowler, S. W., 1994. Particulate fluxes of organic compounds and their relationship to zooplankton fecal pellets in the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Chemistry*, 46, 387-405.
- Michaels, A. F., Knap, A. H., Dow, R. L., Gundersen, K., Johnson, R. J., Sorensen, J., Close, A., Knauer, G. A., Lohrenz, S. E., Asper, V. A., Tuel, M. and Bidigare, R., 1994. Seasonal patterns of ocean biogeochemistry at the U.S. JGOFS Bermuda Atlantic Time-series Study site. *Deep-Sea Research I*, 41, 1013-1038.
- Miquel, J. C., Fowler, S. W., La Rosa, J. and Buat-Menard, P., 1994. Dynamics of the downward flux of particles and carbon in the northwestern Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research I*, 41, 243-261.
- Monreal-Gómez, M. A., Molina-Cruz, A. and Salas-de-León, D. A 2001. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz, Gulf of California, during June 1998. *Journal of Marine System*, 30, 305-315.
- Mortlock, R. A. and Froelich, P. N., 1989. A simple method for rapid determination of biogenic opal in pelagic marine sediments. *Deep Sea Research*, 36, 1415-1426.

- Nava-Sánchez, E. H., 1997. Modern fan deltas of the west coast of the Gulf of California, Mexico. Ph. D. Dissertation, University of Southern California, Los Angeles.
- Nava-Sánchez, E. H., Gorsline, D. S. and Molina-Cruz, A., 2001. The Baja California Peninsula borderland: structural and sedimentological characteristics. *Sedimentary Geology*, 144, 63-81.
- Obeso-Nieblas, M., Shirasago, B., Sánchez-Velasco, L. and Gaviño-Rodríguez, J. H., 2004. Hydrographic variability in Bahía de La Paz, B.C.S., Mexico during the 1997-1998 El Niño. *Deep-Sea Research II*, 51, 689-710.
- Passow, U., Shipe, R. F., Murray, A., Pak, D. K., Brzezinski, M. A. and Alldredge, A. L., 2001. The origin of transparent exopolymer particles (TEP) and their role in the sedimentation of particulate matter. *Continental Shelf Research*, 21, 327-246
- Parés-Sierra, A., Mascarenhas, A. and Castro, R., 2003. Temporal and spatial variation of the surface winds in the Gulf of California. *Geophysical Research Letters*. 30, 1312. doi: 10.1029/2002GL016716.
- Peña, M. A., Denman, K. L., Calvert, S. E., Thomson, R.E. and Forbes, J. R., 1999. The seasonal cycle in sinking particle fluxes off Vancouver Island, British Columbia. *Deep-Sea Research II*, 46, 2969-2992.
- Perez-Cruz, L. L., 2000. Estudio paleoceanográfico y sedimentológico holocénico de la Bahía de La Paz, Golfo de California. Tesis de Doctorado. UNAM, México, D. F.
- Ratmeyer, V., Balzer, W., Bergametti, G., Chiapello, I., Fischer, G. and Wyputta, U., 1999. Seasonal impact of mineral dust on deep-ocean particulate flux in the eastern subtropical Atlantic Ocean. *Marine Geology*, 159, 241-252.
- Reyes-Salinas, A., 1999. Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 122 p.
- Roden, G., 1958. Oceanographic and meteorological aspects of the Gulf of California. *Pacific Science* XII (1), 21-45.
- Rodríguez-Castañeda, A. P., 2002. Elementos mayores y traza en sedimentos y macroalgas de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría, CICIMAR- IPN, La Paz, 179 pp.
- Rodríguez-Castañeda, A. P., *En proceso*. Biogeoquímica de los elementos mayores y traza en la Bahía de La Paz y zona adyacente del Golfo de California. Tesis de Doctorado, CICIMAR- IPN. La Paz.
- Romero, N., Silverberg, N., Roy, S. and Lovejoy, C., 2000. Sediment trap observations from the Gulf of St. Lawrence and the continental margin of eastern Canada. *Deep-Sea Research II*, 47, 545-583.
- Romero, N., *com. pers.* Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Av. IPN s/n. Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, B.C.S. México. Correo e. nromero@ipn.mx

- Salinas-González, F., 2000. Mezcla turbulenta y transporte de masa en la Bahía de La Paz, B.C.S.: experimentación y modelación numérica. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN, La Paz, 260 p.
- Silver, M. W. and Gowing, M. M., 1991. The "particle" flux: origins and biological components. *Progress in Oceanography*, 26, 75-113.
- Silverberg, N, Nguyen, H. V., Delibrias, G., Koide, M., Sundby, B., Yokoyama, Y. and Chesselet, R., 1986. Radionuclide profiles, sedimentation rates, and bioturbation in modern sediments of the Laurentian Trough, Gulf of St. Lawrence. *Oceanologica Acta*, 93, 285-290.
- Silverberg, N., Martínez, A., Aguíñiga, S., Carriquiry, J. D., Romero, N., Shumilin, E. and Soledad Cota, S., 2004. Contrasts in sedimentation flux below the southern California Current between late 1996 and during the El Niño event of 1997-98. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59, 575-587.
- Silverberg, N., Aguirre-Bahena, F., Aguíñiga, S., y Romero, N., 2006. Flujo vertical de materia particulada en la Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz, durante el año 2002. *Ciencias Marinas*, 32 (1A), 73-82.
- Silverberg, N., Shumilin, E., Aguirre-Bahena, F., Rodríguez-Castañeda, A. P. and Sapozhnikov, D., *in press*. Response of the composition and flux of sedimenting particulate matter to the passage of hurricanes over the semiarid Bahía de La Paz, Gulf of California. *Continental Shelf Res*, (Accepted).
- Spindler, M., Hemleben, C., Bayer, U., Bé, A. W. H., and Anderson, O. R., 1979. Lunar periodicity of reproduction in the planktonic foraminifer *Hastigerina pelagica*. *Marine Ecology Progress Series*, 1, 61-64.
- Strickland, J. D. and T. R. Parsons, 1968. A practical handbook of seawater analysis. Ed. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa, 311 pp.
- Suess, E., 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans-surface productivity and oxygen utilization. *Nature*, 228, 260-263.
- Takahashi, K., Fujitani, N., Yanada, M. and Maita, Y., 2000. Long-term biogenic particle fluxes in the Bering Sea and the central Subarctic Pacific Ocean, 1990-1995. *Deep-Sea Research I*, 47, 1723-1759.
- Thunell, R. C, Pilkaln, C. H., Tappa, E. and Reynolds-Sautter, L., 1994. Temporal variability in sediment fluxes in the San Pedro Basin Southern California Bight. *Continental Shelf Research*, 14, 333-352.
- Thunell, R. C., 1998a. Seasonal and annual variability in particle fluxes in the Gulf of California: a response to climate forcing. *Deep-Sea Research I*, 45, 2059-2083.
- Thunell, R. C., 1998b. Particle fluxes in a coastal upwelling zone: sediment trap results from Santa Barbara Basin, California. *Deep-Sea Research II*, 45, 1863-1884.

- Torres-Orozco, E., 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICESE, Ensenada, B.C. México. 80 p.
- Troyo-Dieguez, S., 2003. Oleaje de viento y ondas de infragravedad en la zona costera de Baja California Sur. Tesis Doctoral. CICIMAR-IPN, La Paz, México, 211 pp.
- Urcádiz Cázares, F. J., 2005. Flujos de cocolitos (cocolitóforos) y su aporte de CaCO_3 evaluado con trampa de sedimentos en la Cuenca Alfonso (Bahía de La Paz), Golfo de California, México, Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, México, 62 pp.
- Van Andel, T.H., 1964. Recent marine sediments of the Gulf of California. In, van Andel, T.H., Shor, G.G. (eds), Marine Geology of the Gulf of California. J. Geology, 74: 216-310.
- Van Cappellen, P., Dixit, S. and van Beusekom, J., 2002, Biogenic silica dissolution in the oceans: Reconciling experimental and field-based dissolution rates. *Global Biogeochem. Cycles*, 16, 4.
- Wassmann, P., Martinez, R., M. and Vernet, M., 1994. Respiration and biochemical composition of sedimenting organic matter during summer in the Barents Sea. *Continental Shelf Research*, 14: 79-90.
- Wong, C. S., Whitney, F. A., Crawford, D. W., Iseki, K., Matear, R. J., Johnson, W. K., Page, J.S. and Timothy, D., 1999. Seasonal and interannual variability in particle fluxes of carbon, nitrogen and silicon from time series of sediment traps at Ocean Station P, 1982-1993: relationship to changes in subarctic primary productivity. *Deep-Sea Research II*, 46, 2735-2760.
- Yamaguchi, H., Montani, S., Tsutsumi, H., Hamada, K. and Ueda, N., 2003. Estimation of particulate organic carbon flux in relation to photosynthetic production in a shallow coastal area in the Seto Inland Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 47, 18-24.
- Zaitsev, O. V., Salinas-González F. and Troyo-Diéguez, S., 1998. Water dynamics and mixing studies in the coastal zone of the Gulf of California. Proceedings, Canadian Hydrographic Conference, Victoria, British Columbia, pp 267-276.
- Ziveri, P. and Thunell, R. C., 2000. Coccolithophore export production in Guaymas Basin, Gulf of California: response to climate forcing. *Deep-Sea Research II*, 47, 2073-2.

8. ANEXOS

A continuación se presentan los comentarios sobre el aspecto general y las características más conspicuas de las muestras observadas en el estereoscopio (Anexo 1) y sobre la composición de la fracción mayor a 1 mm que fue retenida por el tamiz (Anexo2).

Anexo I

Tabla I. Observaciones iniciales sobre el aspecto general de las muestras.

M	Observaciones
I-1	Abundante nieve marina (NM) con agregados mucosos (AM), pelotillas fecales (PF) grandes y gruesas, otras pequeñas y ovaladas, foraminíferos, diatomeas individuales, estructuras parecidas a huevos, otros zooplánctones.
I-2	Domina la NM con varios AM, PF pequeñas ovaladas y alargadas, diatomeas centrales, foraminíferos abundantes, otros zooplánctones (pterópodos)
I-3	Abunda la NM, PF de tamaño diverso, diatomeas centrales, foraminíferos y otros zooplánctones (pterópodos y poliquetos).
I-4	Domina las PF con tamaño más uniforme, la NM es menos abundante que en la muestra anterior, foraminíferos presentes.
I-5	NM difusa, PF de variedad de tamaños, diatomeas centrales, foraminíferos.
I-6	NM más abundante que en la anterior muestra, AM presentes, menos PF, foraminíferos y restos de zooplancton.
I-7	NM difusa, parecida a la muestra anterior aunque PF menos abundantes, dinoflagelados presentes
I-8	NM presente con PF variadas, foraminíferos presentes, diversidad de pterópodos, poliquetos presentes.
I-9	NM presente con PF alargadas y delgadas, diatomeas presentes, escama de pez.
I-10	NM más compacta, PF grandes y pequeñas (delgadas), algunas no compactas y en espiral, diatomeas centrales y otras en cadena, foraminíferos y poliquetos.
I-11	Muestra similar a la anterior, poco más de PF, éstas son de diverso tamaño incluyendo una enorme de color marrón, foraminíferos y pterópodos también presentes.
I-12	NM presente, PF largas y grandes más abundantes, pequeños pterópodos presentes.
II-1	NM con AM, PF grandes y alargadas son escasas como las pequeñas y ovaladas, diatomeas centrales presentes, poliquetos abundantes, restos de zooplancton.
II-2	NM abundante con varios AM, PF escasas, algunas pequeñas y delgadas, una enorme PF color marrón, foraminíferos presentes, diversos zooplánctones.
II-3	NM abundante y difusa sin AM, PF escasas y delgadas, una PF grande y gruesa, abundantes foraminíferos, varios zooplánctones (copépodos).

Tabla I. Continuación...

M	Observaciones
II-4	Muestra como la anterior, NM abundante con pocos AM, PF de tamaño medio pero escasas, algunas pequeñas PF ovaladas, diatomeas presentes, abundantes foraminíferos, restos de zooplancton.
II-5	NM de consistencia compacta, PF ovaladas de diferente tamaño, escasas diatomeas centrales, foraminíferos presentes, restos de zooplancton.
II-6	Muestra como la anterior pero con agr. más abundantes y grandes, PF ovaladas dominantes, una enorme, diatomeas presentes, foraminíferos muy abundantes.
II-7	NM con agregados pero pequeños, PF ovaladas de diverso tamaño predominan aunque se observan PF largas y gruesas, diatomeas y foraminíferos presentes.
II-8	NM abundante con agr., abundantes PF minúsculas, las de tamaño más grande son escasas, las PF pequeñas y delgadas son también escasas, restos de zooplancton.
II-9	Escasa NM sin agregados, muestra dominada por cadenas de diatomeas, pocas PF, una PF espiral. No se observan foraminíferos.
II-10	Escasa NM y difusa, igualmente dominada por cadenas de diatomeas, muy pocas PF y ovaladas.
II-11	NM casi inexistente y muy difusa, escasas PF, cadenas de diatomeas han disminuido mucho, algunos exoesqueletos de zoo. Se observan cristales de las sales de fósforo utilizadas para amortiguar la solución.
II-12	NM escasa y difusa, no aparecen las cadenas de diatomeas ni restos de zooplancton, PF largas también escasas, un poco más abundantes las PF ovaladas. Aparecen los mismos cristales que en la muestra anterior.
III-1	NM abundante, PF abundante y de diferentes formas y tamaños, pocas diatomeas, foraminíferos presentes.
III-2	Abundante NM con algunos agregados, PF largas y delgadas son la forma más abundante, PF ovaladas grandes y pequeñas pero escasas, pocas diatomeas centrales y pocos foraminíferos.
III-3	NM abundante pero difusa, la cantidad de PF aumentó con respecto a la muestra anterior y predominan la forma larga y delgada aunque las PF ovaladas y pequeñas también abundan, una PF enorme y gruesa, restos de zooplancton.
III-4	NM abundante pero difusa con pocos agregados, muchas PF, predomina la forma pequeña y delgada, foraminíferos presentes.
III-5	NM abundante y difusa con pocos agregados, predominan las PF largas y delgadas, varias PF pequeñas y ovaladas, foraminíferos presentes, algunos zooplánctones.
III-6	Muestra como la anterior con abundantes PF grandes y delgadas, diatomeas del tipo Rhizosolenia y Coscinodiscus presentes, un gran crustáceo decápodo (0.5 mm).

Tabla I. Continuación...

M	Observaciones
III-7	NM abundante con pocos agregados, PF largas y delgadas también abundantes, una PF en espiral, diatomeas tipo Rhizosolenia, un zooplancton transparente no identificado
III-8	NM abundante con muchos agregados, las PF largas disminuyeron en tamaño y número, diatomeas tipo Coscinudiscus, muchos restos de zooplancton
III-9	NM difusa pero con pequeños agregados, abundan las PF delgadas y de pequeño tamaño, foraminíferos presentes, una estructura mucosa probablemente una casa de larváceo
III-10	NM menos abundante que en la muestra anterior, difusa pero con algunos agregados, PF largas y pequeñas pero también de otras formas (incluyendo en espiral) y tamaños, diatomeas y dinoflagelados presentes, restos de zooplancton.
III-11	NM muy difusa con agregados pequeños, las PF grandes son muy escasas pero las pequeñas y delgadas predominan, foraminíferos presentes.
III-12	NM abundante con AM, algunas PF grandes y alargadas, muchas PF pequeñas y delgadas, diatomeas tipo Rhizosolenia y Coscinudiscus abundantes, foraminíferos presentes.
IV-1	NM abundante con varios agregados, PF de diversos tamaños y formas (incluyendo en espiral), diatomeas grandes tipo Rhizosolenia, foraminíferos presentes, algunos zooplánctones.
IV-2	NM difusa con varios agregados, abundantes PF de diverso tamaño y forma: ovaladas, redondas y alargadas, zooplancton diverso: foraminíferos, copépodos, poliquetos y pterópodos.
IV-3	La NM es abundante y difusa sin muchos agregados, muchas PF largas y delgadas pero también redondas y ovaladas, foraminíferos y pterópodos abundan
IV-4	NM abundante y difusa con varios AM, muchas PF pequeñas dominando las ovaladas, las PF largas aun presentes pero en menor número, abundante diatomeas tipo Rhizosolenia, foraminíferos presentes.
IV-5	NM difusa con AM, las PF largas son muy escasas y las PF pequeñas han disminuido en número, foraminíferos presentes.
IV-6	NM difusa con AM, las PF grandes muy escasas, las PF ovaladas y delgadas están presentes pero en número reducido, foraminíferos y pterópodos presentes.
IV-7	Muestra como la anterior pero con mayor número y más grandes AM, las PF también son más escasas pero diversas en tamaño y forma, foraminíferos y pterópodos presentes así como restos de zooplancton.
IV-8	NM con pocos agregados y más pequeños, algunos AM muy pequeños PF grandes en menor número
IV-9	NM poco en la muestra anterior con agregados pequeños, PF grandes y alargadas, una PF enorme de tono verde, abundantes PF pequeñas, foraminíferos de diversos tamaños, diatomeas del tipo Rhizosolenia.

Tabla I. Continuación...

M	Observaciones
IV-10	NM difusa con agregados compactos y otros difusos, abundantes PF ovaladas, otras grandes y delgadas, zooplactontes muy diversos, foraminíferos.
V-1	NM abundante y pocas PF grandes, las PF ovaladas también son escasas, diatomeas centrales y tipo Rhizosolenia presentes, foraminíferos abundantes.
V-2	NM como la muestra anterior pero con pequeños agregados, PF escasas y predominantemente ovaladas, abundan los foraminíferos.
V-3	NM difusa y con numerosos agregados pequeños, escasas PF, foraminíferos presentes pero en menos que la muestra anterior, pterópodos de diversas especies.
V-4	NM abundante con muchos agregados, PF ahora más frecuentes especialmente las formas alargadas y delgadas, diatomeas y foraminíferos presentes, pterópodos de diferente tamaño y especie.
V-5	NM abundante con pequeños agregados, PF alargadas y grandes comunes pero también pequeñas PF ovaladas y redondas, diatomeas presentes, los foraminíferos disminuyeron en número respecto a la muestra anterior.
V-6	NM como la muestra anterior pero con agregados grandes, un tipo de PF largas de tono oscuro aparecen por primera vez, una PF color marrón.
V-7	NM como la anterior, PF de diferentes tamaños, continúan las PF muy grandes pero también hay ovaladas, diatomeas centrales presentes, escasos foraminíferos.
V-8	NM difusa y con numerosos agregados pequeños, las PF oscuras desaparecieron pero hay pequeñas PF alargadas, no se observan diatomeas.
V-9	NM muy difusa con agregados pequeños, escasas PF largas, PF pequeñas delgadas también escasas pero las PF redondas son muy abundantes, diatomeas en cadena abundantes, foraminíferos muy escasos.
V-10	NM como la anterior pero con mucho menos agregados, PF pequeñas y delgadas, diatomeas centrales presentes pero han desaparecido las diatomeas formando cadenas, abundantes restos de zooplancton.
V-11	NM difusa, PF ovaladas y redondas muy abundantes, las PF son muy escasas, foraminíferos abundantes nuevamente.
V-12	NM formando agregados, las PF largas y grandes poco frecuentes, las ovaladas son abundantes, diatomeas centrales presentes, foraminíferos muy abundantes.
VI-2	NM abundante con pequeños agregados, las PF grandes son muy escasas pero una enorme color marrón está presente, abundantes PF ovaladas.
VI-3	NM como la anterior, PF pequeñas y largas más abundantes no así las grandes, diatomeas presentes, restos de zooplancton.

Tabla I. Continuación...

M	Observaciones
VI-4	NM mucho más difusa, las PF han disminuido en número respecto a la muestra anterior aunque hay grandes PG largas, foraminíferos y pterópodos presentes.
VI-5	NM difusa, las PF de tamaño mediano son muy abundantes, una gran PF gruesa, diatomeas presentes, pterópodos de diferentes especies y restos de zooplancton presentes.
VI-6	NM difusa con algunos agregados, solo algunas PF de tamaño mediano, diatomeas centrales, pterópodos de diferentes especies y restos de zooplancton.
VI-7	NM abundante con pequeños agregados, las PF grandes y alargadas son muy escasas, pterópodos presentes.
VII-1	NM abundante, PF delgadas grandes y pequeñas presentes pero más abundantes las PF ovaladas, foraminíferos presentes, pterópodos de diferentes especies.
VII-2	NM mas difusa que en la muestra anterior, PF grandes y alargadas muy abundantes, lo mismo que las diatomeas tipo Rhizosolenia, pterópodos presentes.
VII-3	NM abundante con grandes agregados, las PF delgadas grandes han disminuido en numero, diatomeas tipo Rhizosolenia, foraminíferos y pterópodos poco abundantes.
VII-4	La NM formando AM muy compactos, las PF alargadas y grandes son escasas pero las pequeñas abundan, diatomeas centrales presentes, restos de zooplancton.
VII-5	NM de consistencia muy difusa lo mismo que los agregados, grandes PF presentes, diatomeas centrales abundantes, foraminíferos presentes, pterópodos de diferente tamaño.
VII-6	NM con agregados, abundantes pelotillas pequeñas y alargadas, PF grandes son escasas, diatomeas centrales presentes, foraminíferos.
VII-7	NM difusa, PF grandes son escasas pero las diatomeas centrales son abundantes, un huevo, pos su tamaño, probablemente de pez
VII-8	NM abundante con algunos agregados pequeños, escasas PF alargadas grandes y pequeñas, foraminíferos abundantes, diatomeas centrales, pterópodos de diferentes especies.
VII-9	NM formando agregados muy compactos, diatomeas centrales presentes, pterópodos presentes, algunas estructuras no identificables.
VII-10	NM difusa aunque con algunos agregados compactos, PF grandes muy escasas, diatomeas abundantes, pterópodos presentes, los restos de zooplancton son los más abundantes antes vistos.
VII-11	NM difusa con algunos pequeños agregados, no hay grandes PF pero las pequeñas son muy abundantes junto con otras ovaladas y diminutas, diatomeas presentes, pterópodos presentes y gran cantidad de exoesqueletos de zooplancton.

Tabla I. Continuación...

M	Observaciones
VII-12	NM con grandes AM, pequeñas PF ovaladas y alargadas muy abundantes, foraminíferos abundantes y pterópodos presentes.
VIII-1	NM abundante, solo algunas PF muy grandes pero las pequeñas ovaladas son abundantes, foraminíferos pequeños y escasos, pterópodos presentes.
VIII-2	NM abundante pero difusa, PF grandes más abundantes que en la anterior junto con las pequeñas ovaladas, algunas diatomeas tipo Chaetoceros y Rhizosolenia, foraminíferos más abundantes, pterópodos presentes.
VIII-3	NM como la anterior, no hay grandes PF pero si las pequeñas y alargadas, foraminíferos muy abundantes.
VIII-4	NM difusa, no hay PF grandes y alargadas pero si una enorme vista en pocas ocasiones.
VIII-5	NM igual que en la anterior pero las PF grandes son nuevamente abundantes, PF ovaladas, diatomeas en cadena presentes, foraminíferos abundantes y pterópodos de diferentes formas.
VIII-6	NM muy difusa, disminuyen en número las grandes PF pero las pequeñas ovaladas siguen abundantes, diatomeas en cadena presentes, un zooplancton no identificado parecido a una medusa.
IX-1	NM abundante, abundantes PF pequeñas y ovaladas, foraminíferos presentes, pterópodos de diferentes especies.
IX-2	NM abundante con agregados, PF grandes y alargadas también abundantes, pterópodos de diferentes especies.
IX-3	NM con agregados muy compactos, PF alargadas menos abundantes, foraminíferos presentes, pterópodos abundantes, huevo probablemente de pez.
IX-4	NM con agregados muy compactos, PF alargadas nuevamente abundantes, pterópodos abundantes y de diferentes especies.
IX-5	NM con AM, las PF grandes y delgadas desaparecieron, PF pequeñas y ovaladas presentes, diatomeas tipo Rhizosolenia son abundantes, foraminíferos y pterópodos presentes.
IX-6	NM abundante, PF alargadas de mediano tamaño, las diatomeas tipo Rhizosolenia siguen siendo abundantes, organismos tipo bivalvos muy abundantes, pocos pterópodos.
IX-7	NM difusa, PF alargadas y grandes son escasas pero las pequeñas son abundantes, pterópodos presentes.
IX-8	PF alargadas y grandes nuevamente abundantes, diatomeas abundantes, pterópodos escasos, restos de zooplancton.

Tabla I. Continuación...

M	Observaciones
IX-9	NM difusa con AM, las PF grandes y delgadas casi desaparecieron, pterópodos escasos.
IX-10	NM muy difusa con AM, algunas PF grandes y delgadas, PF pequeñas ovaladas, foraminíferos presentes, pterópodos escasos.
IX-11	NM difusa y escasa, pocas PF, no hay pterópodos, diatomeas y foraminíferos presentes, zooplánctones.
IX-12	NM escasa, algunas PF grandes y alargadas, diatomeas y foraminíferos presentes, pequeños fragmentos de color marrón parecidos a minerales.
X-1	NM abundante, PF moderadamente abundantes y pequeñas de forma alargada y ovaladas, diatomeas centrales presentes, foraminíferos de diferente tamaño, poliquetos y copépodos.
X-2	NM similar a la anterior pero más difusa, menor cantidad de PF redondeadas, las diatomeas y silicoflagelados son más evidentes, foraminíferos menos abundantes.
X-3	NM dispersa y granulosa, 3 tipos de PF, dos grandes y alargadas y otra ovalada son menos abundantes que en la muestra anterior, diatomeas centrales y pocas del tipo Rhizosolenia, foraminíferos abundantes y pocos pterópodos, granos minerales.
X-4	NM moderadamente difusa pero todavía granular, las grandes PF casi desaparecieron pero abundantes PF alargadas pequeñas, pocas ovaladas, pocos foraminíferos, abundantes exoesqueletos, pocas diatomeas centrales, 1 tintínido.
X-5	NM abundante y granulosa, aparecen las grandes PF, no hay diatomeas y pocos foraminíferos, algunos tintínidos, pterópodos presentes.
X-6	NM difusa con pocas PF ovaladas y otras rectangulares, muy abundantes diatomeas tipo Coretron y otras centrales, foraminíferos y pterópodos escasos y pocos restos de zooplancton.
X-7	NM con gran cantidad de estructuras como espículas, PF ovaladas y rectangulares escasas, diatomeas del tipo Coretron abundantes pero en menor cantidad que la anterior, otras diatomeas centrales, pocos foraminíferos, pocos copépodos.
X-8	NM difusa y con este tipo de espículas, PF muy abundantes y de diferente tamaño pero en mayor cantidad las ovaladas, diatomeas del tipo Rhizosolenia muy abundantes, abundantes restos de zooplancton.
X-9	NM abundante pero moderadamente difusa y con este tipo de espículas, PF de diferentes tamaños y formas, diatomeas centrales y del tipo Rhizosolenia, otras en cadena, foraminíferos y pterópodos presentes, gran cantidad de exoesqueletos.
X-10	NM abundante y densa, PF ovaladas abundantes, algunas rectangulares, diatomeas centrales, gran cantidad de exoesqueletos de copépodos, muy escasos foraminíferos, no hay pterópodos pero si gran cantidad de exoesqueletos de copépodos.
X-11	NM similar a la muestra anterior, algunas PF rectangulares, las ovaladas y redondeadas son abundantes, diatomeas centrales muy abundantes, copépodos abundan pero en menor medida que la anterior, pocos foraminíferos.

Tabla I. Continuación...

M	Observaciones
X-12	NM abundante y moderadamente difusa, PF rectangulares, diatomeas del tipo Rhizosolenia y algunas centrales, pocos foraminíferos y pterópodos, no hay restos de zooplancton.
XI-1	NM abundante, abundantes PF grandes y alargadas y otras ovaladas y pequeñas, algunas redondeadas, diatomeas del tipo Rhizosolenia abundantes, algunos foraminíferos, escasos copépodos.
XI-2	NM similar a la muestra anterior pero formando agregados pequeños, grandes PF alargadas abundantes, el numero de diatomeas disminuyo, foraminíferos escasos, pterópodos presentes.
XI-3	NM difusa, abundantes PF grandes y pequeñas de forma alargada, las PF ovaladas son también abundantes, foraminíferos escasos pero los pterópodos son más evidentes.
XI-4	NM como la anterior muestra pero con más abundancia de PF grandes y pequeñas alargadas y foraminíferos menos abundantes, restos de zooplancton, un par de tintínidos de forma diferente.
XI-5	Muestra similar a la anterior, NM difusa con algunos pequeños agregados, PF pequeñas y alargadas muy abundantes, restos de zooplancton pero en menor cantidad que la anterior, poliquetos.
XI-6	Muestra difusa con pequeños agregados, PF pequeñas alargadas y ovaladas muy abundantes, algunas diatomeas del tipo Rhizosolenia, foraminíferos, pterópodos y tintínidos presentes.
XI-7	NM con AM, diatomeas centrales, PF abundantes, pocos foraminíferos y algunos pterópodos, tintínidos presentes.
XI-8	NM difusa con pequeños agregados, PF de diferentes formas y tamaños, las ovaladas son escasas, pterópodos presentes, algunos restos de zooplancton.
XI-9	NM aun más difusa y sin muchos agregados, PF de diferentes tamaños, foraminíferos y pterópodos presentes.
XI-10	Muestra similar a la anterior, PF en menor abundancia, foraminíferos presentes, abundantes pterópodos.
XI-11	NM difusa no formando agregados, pequeñas PF alargadas abundantes, PF de diferentes formas, diatomeas y tintínidos presentes, pterópodos menos abundantes que en la muestra anterior.
XI-12	NM muy difusa y sin muchos agregados, diatomeas abundantes del tipo Rhizosolenia, pterópodos abundantes y de diferentes especies.

Anexo II

Tabla I. Composición de la fracción mayor a 1 mm en cada muestra (M).
 Poliquetos¹, Pteropodos², Copepodos³, Decapodos⁴, Ostracodos⁵, Foraminíferos⁶

M	Pq ¹	Pp ²	Cop ³	Dp ⁴	Ost ⁵	For ⁶	Otros	Comentarios
I-1	5	1	1	-	-	-	1 Medusa	Vários AM
I-2	8	9	-	-	-	-	2 huevos	Restos de exoesqueleto
I-3	5	-	-	-	1	-	-	Pocos agregados de NM
I-4	12	-	-	-	-	-	-	Pocos agregados de NM
I-5	5	-	3	-	-	-	-	Pocos agregados de NM
I-6	10	-	3	-	-	-	1 org. no id.	Pocos agregados de NM
I-7	12	-	1	-	-	-	1 larva de pez	Poca NM, cauda de decápodo, PF.
I-8	5	-	-	-	-	-	1 org. no id.	Nada
I-9	2	-	-	-	-	-	-	Pequeñas partículas marrón no id.
I-10	18	-	-	-	-	-	1 Medusa	Poca NM 1 org. no identificado,
I-11	3	-	-	2	-	-	-	Poca NM, PF gruesa color amarillo
I-12	8	-	-	-	-	-	-	Poca NM, abundantes PF gruesas
II-1	21	-	1	2	-	-	1 org. no id.	Restos de zoopl., muchas PF
II-2	9	-	-	5	-	-	1 Huevo	Muchas PF, 3 escamas de pez
II-3	2	-	-	-	-	-	-	Escasas PF
II-4	4	-	-	-	1	-	Zooplanton	Pocas PF y algunos agr.
II-5	4	-	-	2	-	-	Zooplanton	Pocas PF y algunos agr.
II-6	2	-	-	-	-	-	Zooplanton	Pocas PF, muchos agr., escama
II-7	6	1	3	-	-	-	1 Huevo	Algunos agr., escama de pez
II-8	16	-	1	1	-	-	1 org. no id.	Pocos agr. de NM, restos de zoopl.
II-9	-	-	-	-	-	-	-	Nada
II-10	-	-	-	-	-	-	-	Nada
II-11	-	-	-	-	-	-	-	Nada
II-12	-	-	-	-	-	-	-	Nada
III-1	6	-	-	-	-	-	2 org. no id.	Macrozoopl., agr. y PF, 1 escama
III-2	3	-	2	1	-	-	1 Zoea	Restos de zoopl., varios agr.
III-3	5	-	6	2	3	-	1 Zoea	Varios agr., pocas PF
III-4	4	1	3	-	1	-	1 escama	Varios agr., pocas PF
III-5	9	-	3	-	2	-	1 org. no id.	Restos de zoopl., varios agr.
III-6	5	-	2	-	-	-	Zooplanton	Grandes AM
III-7	6	-	1	1	-	-	1 org. no id.	Restos de macrozooplanton
III-8	2	1	1	-	-	-	1 Zoea	Restos de zoopl., AM, 1 org. no id.
III-9	5	-	1	-	-	-	Zooplanton	Algunos AM, algunas PF

Tabla II. Continuación...

M	Pq¹	Pp²	Cop³	Dp⁴	Ost⁵	For⁶	Otros	Comentarios
III-10	8	3	1	1	-	-	Zooplancton	Pocos AM, pocas PF
III-11	2	-	-	-	-	-	Exoesqueleto	Algunos agr., 1 escama de pez
III-12	-	-	-	-	-	-	-	Nada
IV-1	15	-	-	-	1	-	1 Medusa	Muchas PF, varios AM
IV-2	10	-	-	-	-	-	1 Huevo	Algunos agr., exoesqueleto, PF
IV-3	8	-	-	-	-	-	Exoesqueleto	Pocos agregados de NM
IV-4	2	-	-	-	-	-	-	Pocos agregados, un par de PF
IV-5	4	-	-	-	-	-	Zooplancton	NM difusa, 2 escamas
IV-6	9	-	1	-	-	-	Zooplancton	Poca NM, algunas PF
IV-7	21	-	3	-	-	-	1 Huevo?	4 Org. no id., agr., abundantes PF
IV-8	7	-	1	-	-	-	Caudas zoo.	Pocos agregados de NM
IV-9	1	-	-	-	-	-	-	Algunas PF, un par de agr.
IV-10	31	27	-	-	1	1	1 Medusa	1 gran cauda de zoopl., NM, PF
V-1	3	-	-	-	-	1	-	Un trozo de macroalga (?)
V-2	3	-	-	-	-	-	-	Solo un poco de NM difusa
V-3	4	4	-	-	-	1	1 org. no id.	Caudas de zoopl., poca NM y PF
V-4	8	1	-	1	-	2	Zooplancton	Pocos agregados de NM
V-5	3	-	-	-	-	-	Zooplancton	Pocas PF, 1 escama, algunos agr.
V-6	14	-	-	-	-	-	Zooplancton	1 escama, pocos agregados
V-7	5	-	-	-	1	-	Macrozoo.	Varios AM, 1 escama
V-8	13	-	-	1	-	1	Zooplancton	Algunos AM, pocas PF
V-9	4	-	1	-	-	-	2 Huevos	1 org. No id., pocas PF, varios agr.
V-10	3	-	1	-	-	7	1 Tintinido?	Pocas PF, NM difusa
V-11	1	-	-	-	1	1	1 Escama	NM escasa y difusa
V-12	2	1	-	-	-	-	Zooplancton	NM escasa y difusa
VI-2	1	4	-	-	-	1	2 Escamas,	Pocas PF pero abundantes agr.
VI-3	-	2	-	-	-	1	Zooplancton	Algunas PF y agregados
VI-4	2	1	-	-	-	28	Exoesq.	1 escama, pocos agr.
VI-5	1	7	-	-	-	1	-	muy escasa NM
VI-6	3	7	-	-	-	1	-	Pocas PF y muy escasa NM
VI-7	-	2	1	-	-	-	3 Escamas	Varios agr. y escasas PF
VII-1	5	4	-	-	-	-	1 Crustáceo	Macrozoopl., 3 escamas, poca NM
VII-2	2	3	-	-	-	-	1 Medusa	2 larváceos, Macrozoopl., NM y PF
VII-3	2	13	-	-	2	-	2 Medusas	Escasa NM

Tabla II. Continuación...

M	Pq¹	Pp²	Cop³	Dp⁴	Ost⁵	For⁶	Otros	Comentarios
VII-4	4	10	-	-	-	1	1 Larva pez	1 Org. gelatinoso
VII-5	1	37	-	-	-	-	!1 Insecto!	1 gran agregado de NM
VII-6	2	7	-	-	-	-	-	Algunos agr., un par de PF
VII-7	5	13	-	-	-	1	1 Medusa	Restos de zooplancton.
VII-8	12	6	1	1	-	1	Zooplancton	3 Escamas, casi no hay NM
VII-9	8	4	-	-	-	-	2 Medusas	1 gran agregado (1 cm L)
VII-10	11	3	1	-	1	-	2 Medusas	Varios agregados
VII-11	12	20	1	-	-	-	2 Medusas	Abundante zoopl., 2 escamas, NM
VII-12	4	8	1	2	-	1	2 Medusas	1 Escama, zoopl., NM difusa
VIII-1	21	3	-	2	-	1	1 Medusa	Restos de zoopl, ag. de NM
VIII-2	17	5	-	3	1	-	Macrozoo.	5 Escamas, NM difusa
VIII-3	3	-	-	1	-	-	1 Medusa	15 Escamas, Macrozoopl., agr.
VIII-4	14	-	1	1	-	15	1 Medusa	8 Escamas, algunos ag. de NM
VIII-5	6	-	1	-	-	3	Macrozoo.	1 gran PF compacta, NM difusa
VIII-6	2	-	-	-	-	-	1 Org. no Id.	Parte de Macrozoopl., NM escasa
IX-1	4	17	2	1	1	8	1 Medusa	1 Zoea, pocas PF, poca NM
IX-2	9	14	-	1	-	1	1 Medusa	Algunos ag. de NM, pocas PF
IX-3	6	17	1	1	-	11	1 Medusa	1 Huevo, 1 escama, PF, poca NM
IX-4	-	15	2	-	-	14	1 Huevo	Varias PF y varios agr. de NM
IX-5	2	64	1	-	-	2	1 Huevo	Varios agr., pocas PF, Macrozoopl.
IX-6	1	37	-	-	-	3	1 Huevo	Muchos AM, Macrozoopl., dos PF
IX-7	2	24	-	-	-	2	-	Algunos AM
IX-8	12	3	-	-	-	-	-	Abundantes PF y AM
IX-9	9	16	-	-	-	1	Zooplancton	Pocos ag. de NM
IX-10	5	7	-	-	-	-	3 org no id.	1 escama, zoopl., pocas PF y NM
IX-11	7	7	-	-	-	-	Macrozoo.	Poca NM
IX-12	8	-	-	1	-	-	1 Medusa	NM, PF, partículas minerales.
X-1	3	-	-	4	-	2	-	Poca NM
X-2	5	1	1	7	-	-	1 Langostilla	Parte Macrozoopl., poca NM
X-3	-	1	-	-	-	2	1 Langostilla	Macrozoopl., 1 Vértebra, varias PF
X-4	2	2	-	2	-	-	1 Medusa	Restos de Macrozoopl., pocas PF
X-5	4	-	-	-	-	1	Macrozoo.	2 escamas, algunas PF poca NM
X-6	7	4	-	-	2	-	1 escama	Algunos AM
X-7	2	-	-	-	1	-	-	NM escasa, 2 estructuras largas

Tabla II. Continuación...

M	Pq¹	Pp²	Cop³	Dp⁴	Ost⁵	For⁶	Otros	Comentarios
X-8	1	1	-	-	-	1	Macrozoo.	2 Escamas, algunas PF, poca NM
X-9	3	1	-	-	-	-	1 org no Id.	4 Caudas de crustáceos, poca NM
X-10	-	2	-	-	-	2	Zooplanton	Macrozoo., 2 escamas, escasa NM
X-11	10	5	3	-	-	-	1 Medusa	Abundante zoopl., escasa NM
X-12	2	3	-	-	1	2	-	Partículas color marrón
XI-1	12	2	-	-	1	-	1 org no Id.	Un par de PF, NM escasa y difusa
XI-2	23	3	-	-	-	-	Zooplanton	1 escama, un par de PF, poca NM
XI-3	7	4	1	-	-	-	1 Huevo	Cauda Macrozoopl., pocas PF
XI-4	3	3	1	-	-	-	1 Medusa	Macrozoopl., 1 Huevo, escamas, NM
XI-5	4	3	1	-	-	3	2 gusanos	2 caudas, poca NM, un par de PF
XI-6	7	1	-	-	2	-	! 1 Vértebra!	1 escama, zoopl., escasa NM
XI-7	2	9	2	-	-	-	2 Escamas	Casi nada de NM
XI-8	6	12	-	-	-	1	2 Escamas	Grandes AM, algunas PF
XI-9	-	5	-	-	-	12	2 Huevos	1 escama, abundantes AM, dos PF
XI-10	1	11	-	-	-	1	1 Huevo	1 escama, 1 Medusa, pocos agr.
XI-11	-	23	1	-	-	5	4 org. no Id.	1 larváceos, varios agr. de NM
XI-12	1	15	-	-	-	2	1 Medusa	Macrozoopl., 1 escama, varios agr.
Σ	691	540	63	46	24	145		

Nieve marina (NM)
Agregados mucosos (AM)
Pelotillas fecales (PF)
Zooplanton (Zoopl.)